



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES
ANTROPOLOGÍA

**RECONSTRUCCIÓN FACIAL DIGITAL TRIDIMENSIONAL DE UN
INDIVIDUO RAPA NUI: ESTUDIO PILOTO MEDIANTE SOFTWARE DE
CÓDIGO ABIERTO**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de
Concepción para para optar al título profesional de Antropóloga con mención
en Antropología Física

Por VALENTINA CARDOZA MUÑOZ

Profesora Guía: Ivanna Toyo Semeco

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

A mis padres, Brenda y Patricio, por ser mi escudo en tiempos de guerra. Gracias por acompañarme y darme valor en cada paso que me atrevo a dar. Ustedes fueron el principal motor para terminar este trabajo. Esta memoria, que es su legado y uno de sus deseos más grandes para mí, es tan suya como mía.

A mis hermanos, Álvaro y Fernando. Crecer a su lado me ha permitido ser la mujer que soy.

A los cuatro, los amo profunda y eternamente. Reconocer sus rostros en el mío me recuerda que nunca estaré sola.

A mi profesora guía, Ivanna Toyo, por su paciencia, comprensión y orientación durante este proceso.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
III.	JUSTIFICACIÓN Y VIABILIDAD	6
IV.	ANTECEDENTES Y CONTEXTO	10
	4.1. Introducción a la reconstrucción facial	10
	4.1.1. Reconstrucciones faciales en Chile	13
	4.2. Antecedentes prácticos de reconstrucciones faciales	14
	4.2.1. Dante Alighieri (Italia)	14
	4.2.2. Individuo de Els Altimiris (Cataluña, España)	15
	4.2.3. Individuo de Ostrovica (Croacia)	16
	4.2.4. Individuo de San Juan (Argentina)	16
	4.2.5. Individuos precolombinos (Antofagasta, Chile)	17
	4.3. Bioarqueología de las poblaciones del Pacífico y Rapa Nui	17
	4.3.1. Morfología biológica de Rapa Nui y Polinesia	22
	4.4. Espesores de tejidos blandos faciales en poblaciones significativas	29
	4.4.1. Poblaciones del Pacífico y Oceanía	29
	4.4.2. Poblaciones del Sudeste Asiático	29
	4.4.3. Poblaciones del Este Asiático	30
	4.4.4. Poblaciones Americanas	31
V.	OBJETIVOS	33
	5.1. Objetivo general	33
	5.2. Objetivos Específicos	33
VI.	MARCO TEÓRICO	34
	6.1. Desarrollo ontogenético de la estructura craneofacial	34
	6.2. Morfología del cráneo	35
	6.3. Anatomía de los tejidos blandos faciales	37
	6.3.1. Musculatura facial	38
	6.3.2. Tejido adiposo facial	41
	6.3.3. Piel y estructuras superficiales	43

6.4. Variación poblacional en espesores de tejidos blandos	44
6.4.1. Diferencias en los tejidos faciales de poblaciones	44
6.4.2. Determinantes de variación en espesores tisulares	44
6.5. Fundamentos anatómicos y antropométricos de la reconstrucción facial	46
6.6. Metodologías de reconstrucción facial: comparación crítica	50
6.6.1. Método anatómico (escuela rusa)	50
6.6.2. Método antropométrico (escuela americana)	51
6.6.3. Método Manchester (enfoque integrado)	52
6.6.4. Métodos computacionales	53
6.7. Tecnologías digitales aplicadas a reconstrucción facial	55
6.7.1. Digitalización tridimensional de especímenes	55
6.7.2. Software de modelado y esculpido digital	57
6.7.3. Renderizado y visualización fotorrealista	58
6.8. Validez de los métodos de reconstrucción facial digital	58
6.9. Aplicación y valor de la reconstrucción facial en contextos antropológicos	60
VII. METODOLOGÍA	63
7.1. Tipo de estudio	63
7.2. Muestra	64
7.3. Instrumentos y herramientas	65
7.4. Caracterización antropológica	66
7.5. Digitalización tridimensional	70
7.5.1. Fotogrametría	70
7.5.2. Procesamiento en Agisoft Metashape	71
7.6. Análisis de datos de referencia y puntos de referencia seleccionados	72
7.7. Promedio de datos para población Rapa Nui	74
7.8. Reconstrucción facial digital con método Manchester	75
VIII. RESULTADOS	80
8.1. Caracterización antropológica	80
8.1.1. Estimación de sexo	82

8.1.2. Estimación de edad	84
8.1.3. Rasgos morfológicos	85
8.1.4. Análisis craneométrico cuantitativo	86
8.2. Puntos de referencia seleccionados	87
8.3. Proceso de fotogrametría	87
8.4. Digitalización del modelo en Agisoft Metashape	88
8.4.1. Cráneo	88
8.4.2. Mandíbula	90
8.5. Reconstrucción facial digital en Blender	92
IX. ANÁLISIS DE RESULTADOS	101
9.1. Resultados morfológicos	101
9.2. Morfología craneal y rasgos faciales resultantes	102
9.3. Aplicación de los espesores de tejidos blandos	105
9.4. Método digital para la reconstrucción facial	106
9.5. Limitaciones de la reconstrucción facial	109
X. CONCLUSIÓN	113
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
XII. ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo de índices cefalométricos descritos por Krenzer (2006) en base a la sistematización de Martin (1928).	69
Tabla 2. Datos de espesores de tejido blando de poblaciones afines genéticamente.	73
Tabla 3. Resultados de rasgos sexuales descritos por Walrath y colaboradores (2004).	83
Tabla 4. Registro de las suturas craneales y su obliteración según lo descrito por Meindl y Lovejoy (1985).	84
Tabla 5. Clasificación de índices cefalométricos.	86
Tabla 6. Sistematización de datos de espesores de tejidos blandos para Rapa Nui.	87
Tabla 7. Resultados de ecuaciones de regresión para proyección nasal.	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Mapa de Oceanía.	19
Figura 2. Triángulo Polinésico.	19
Figura 3. Límites regionales de Rapa Nui	26
Figura 4. Nativos de Rapa Nui. Expedición USS Mohican (1889).	27
Figura 5. Nativa de Rapa Nui. Expedición Mana (1919).	27
Figura 6. Cráneo rotulado (anterior).	36
Figura 7. Cráneo rotulado (lateral).	37
Figura 8. Estructura del tejido blando facial.	37
Figura 9. Musculatura facial rotulada.	41
Figura 10. Compartimientos subcutáneos.	43
Figura 11. Puntos de referencia craneométricos establecidos por Stephan y Simpson (2008).	49
Figura 12. Obliteración de suturas.	68
Figura 13. Flujo de trabajo en Blender.	76
Figura 14. Proyección nasal.	78
Figura 15. Cráneo IP-UO116.	81
Figura 16. Mandíbula IP-UO118.	82
Figura 17. Protuberancia en sutura lambdoidea.	85
Figura 18. Tipo de paladar.	85
Figura 19. Nube de puntos del cráneo.	89
Figura 20. Modelo sólido del cráneo.	89
Figura 21. Modelo texturizado del cráneo.	90
Figura 22. Nube de puntos de la mandíbula.	91
Figura 23. Modelo sólido de la mandíbula.	91
Figura 24. Modelo texturizado de la mandíbula.	92
Figura 25. Modelo craneal en Blender.	93

Figura 26. Modelo craneal con globos oculares, iris y puntos craneométricos.	93
Figura 27. Dimensiones craneométricas medidas y proyecciones nasales en cráneo IP-UO116.	94
Figura 28. Modelo con primera capa de músculos.	95
Figura 29. Modelo con segunda capa de músculos.	96
Figura 30. Modelo con tercera capa de músculos.	96
Figura 31. Modelo craneal con guía para pabellón auricular.	97
Figura 32. Modelo de base para capa de piel.	97
Figura 33. Modelo en gris.	98
Figura 34. Modelo con pigmentación de piel y cejas.	98
Figura 35. Modelo de aproximación facial final (variante 1).	99
Figura 36. Modelo de aproximación facial final (variante 2).	100

I. INTRODUCCIÓN

La antropología, como una disciplina que se dedica al estudio holístico e integral del ser humano, ha buscado comprender no sólo las estructuras culturales que nos rodean, sino también reconstituir las trayectorias de vida por medio del análisis óseo en distintos contextos temporales (Ember et al., 2004; Kottak, 2011). La antropología física, y particularmente la bioarqueología, ha desarrollado herramientas que permiten estimar y reconstruir las identidades sociales de poblaciones del pasado, cumpliendo con una función de puente para interpretar cómo vivían estas poblaciones a través del estudio osteológico (Knudson y Stojanowski, 2008; Larsen, 2004). Este enfoque de la bioarqueología ha impulsado el desarrollo de metodologías sofisticadas para extraer información del tejido óseo, incluyendo estimación de sexo y edad, análisis de paleopatologías, estudios de dieta y movilidad (Knudson y Stojanowski, 2008). Sin embargo, existen herramientas que son menos usadas, como es el caso de la reconstrucción facial.

La reconstrucción facial es una técnica que permite estimar la apariencia probable de un individuo a partir de las estructuras óseas y los tejidos blandos que las recubren (Vanni et al., 2025; Wilkinson, 2008). En el ámbito forense, es utilizada como una herramienta auxiliar cuando los procesos de identificación con otras técnicas y métodos no han sido efectivos (Faúndez, 2024), mientras que en contextos bioarqueológicos contribuye en espacios de divulgación patrimonial al acercar al público a las poblaciones antiguas por medio de representaciones visuales (Vanni et al., 2025).

A pesar de su potencial, la reconstrucción facial es objeto de un extenso debate dentro de la academia. Una de las principales críticas recae en la tensión entre lo científico y lo interpretativo de la práctica, lo que cuestiona su validez y precisión (Wilkinson, 2010). Además, se reconoce que se trata de

una técnica que inherentemente conlleva grados de incertidumbre, sobre todo por la estimación de rasgos blandos variables, situación que limita la exactitud de los modelos generados (Wilkinson, 2008).

No obstante, la aproximación facial adquiere un valor significativo al referirse sobre la humanización de los restos óseos. En un contexto donde los restos óseos suelen ser percibidos como meras colecciones, la reconstrucción del rostro permite facilitar la conexión entre las sociedades actuales con las antiguas (Vanni et al., 2025).

En el caso de poblaciones como Rapa Nui, la ausencia de registros visuales aumenta la relevancia de este tipo de investigaciones al corresponder a una de las pocas vías para explorar la apariencia facial de individuos antiguos. En este contexto, la presente investigación tiene como propósito aplicar un método de reconstrucción facial (Manchester) a un individuo precontacto de Rapa Nui mediante el uso del software de código abierto *Blender*, con el objetivo de evaluar los alcances y limitaciones de esta técnica en un entorno digital. Del mismo modo, se priorizan las herramientas y métodos de bajo costo con la intención de democratizar el acceso a metodologías de reconstrucción facial.

Enmarcada en un estudio descriptivo y con un diseño de estudio de caso, la presente investigación considera una revisión bibliográfica extensa correspondiente al desarrollo histórico de la reconstrucción facial desde sus inicios en el siglo XIX hasta la actualidad, su situación en Chile, antecedentes bioarqueológicos de Rapa Nui, anatomía humana relevante para la realización de una aproximación, las metodologías de reconstrucción, tecnologías aplicadas en esta práctica, entre otros. De esta forma, el presente estudio busca colaborar con el conocimiento y discusión sobre la reconstrucción facial en bioarqueología, reconociendo abiertamente sus limitaciones metodológicas y su potencial en la representación y comprensión de individuos pretéritos.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La aproximación facial conforma una herramienta interdisciplinaria que mezcla principios de antropología física, anatomía y arte con la finalidad de recrear la imagen del rostro de un individuo al momento de su fallecimiento (Claes et al., 2010) y, a su vez, contribuyendo a la identificación o divulgación cultural e histórica.

Se trata de un término usado comúnmente para describir el procedimiento de estimar y recrear una imagen reconocible del rostro de un individuo basándose en la morfología del cráneo. En el ámbito forense es usada como una de las últimas herramientas para colaborar en la identificación de un individuo, mientras que en arqueología se utiliza para ilustrar rostros, generalmente con un mayor grado de libertad artística — siempre que se mantenga en los márgenes apropiados— en aspectos fenotípicos como color de ojos, tono y textura de piel, cabello y vello facial (Faúndez, 2024; Rynn et al., 2010).

Estudios osteológicos han documentado características morfológicas de población Rapa Nui antigua por medio de análisis esqueléticos y craneométricos, lo que ha revelado patrones de homogeneidad (Stefan, 2004) y de variación dentro del territorio insular. No obstante, estos trabajos no han abordado la aproximación facial de individuos particulares a partir de sus restos óseos. Esta ausencia es relevante, ya que aunque los datos osteológicos y métricos son fundamentales para entender la biología de poblaciones, estos no permiten visualizar la apariencia posible de los individuos, lo que resulta en una cierta despersonalización de los individuos del pasado. La ausencia de representaciones faciales de individuos colabora a que estos permanezcan como entidades abstractas en lugar de personas que formaron parte de una comunidad. Las reconstrucciones faciales

representan una herramienta que permiten reintegrar la dimensión humana de los restos óseos y, en contextos de divulgación científica y museográficos, pueden contribuir a la comunicación del conocimiento y a la conexión del público con las poblaciones del pasado (Vanni et al., 2025).

Rapa Nui cuenta con una gran cantidad de investigaciones, sobre todo en áreas de ecología y monumentalidad, dejando postergados estudios morfológicos de la población previo al contacto europeo. Si bien hay estudios e investigaciones arqueológicas que han colaborado importantemente a la comprensión de la cronología, genoma y transformación social de la isla — tales como la investigación de Moreno-Mayar y coautores (2014) sobre patrones de ascendencia del genoma Rapa Nui o la etnografía de Métraux (1940)—, existe un vacío respecto a la representación anatómica y facial de los individuos que vivieron y formaban parte de la isla previo a la llegada de los europeos en 1722. Esta laguna en el conocimiento es una problemática si nos referimos a cómo la aproximación facial digital supone una herramienta de divulgación patrimonial, cultural y educativa, involucrando al público y fomentando una conexión con el pasado, tal como definen autores como Vanni y colaboradores (2025). Las reconstrucciones faciales ofrecen una dimensión interpretativa adicional, fomentando una comprensión más profunda sobre la vida de individuos del pasado, reforzando un sentido de humanidad compartida (Kelly, 2007, como se citó en Vanni et al., 2025). En esta misma línea, al ponerle un rostro al pasado, se atrae a un público que, de otra forma, consideraría los restos óseos impersonales o difíciles de interpretar (Moyer, 2007; Bitu et al., 2017, como se citó en Vanni et al., 2025).

No obstante, es necesario reconocer los desafíos metodológicos y éticos que esta práctica conlleva. Investigaciones como la de Vanni y colaboradores (2025) se refieren a la aproximación y representación facial de pueblos originarios, destacando que este tipo de prácticas requiere de una reflexión profunda sobre la función social de las imágenes obtenidas.

Desde una mirada técnica, se reconoce la necesidad de validar métodos digitales modernos, particularmente el uso de *software* de

modelados tridimensionales como *Blender* para la aproximación facial de carácter arqueológica, teniendo en cuenta que gran parte de los estudios realizados hacen uso de plataformas de alto costo que limitan la accesibilidad a los procedimientos. Democratizar las herramientas digitales de reconstrucción facial debe reconocerse como un desafío metodológico que debe ser abordado con su respectiva rigurosidad.

En definitiva, podemos articular el problema de investigación a la siguiente interrogante principal: ¿Es factible trabajar el método Manchester para la aproximación facial digital de un individuo precontacto de Rapa Nui por medio de la aplicación de *software* de libre acceso, teniendo en consideración las limitaciones existentes de datos específicos de tejidos blandos para población polinesia? De esta pregunta fundamental, a su vez, se desglosa una secundaria: ¿Cuáles son las referencias antropológicas más acertadas para poblaciones polinesias ante la falta de datos para esta población?

La hipótesis general de la investigación es que la reconstrucción facial digital de un individuo precontacto de Rapa Nui por el uso de *Blender*, *software* de modelado tridimensional, y el uso de datos de poblaciones correlacionadas, demuestra la factibilidad de esta aproximación para casos bioarqueológicos similares, constituyendo un aporte al desarrollo de protocolos aplicables en patrimonio e investigación bioarqueológica.

A raíz de la hipótesis general, se pueden desligar otras hipótesis de carácter específico. La primera es que los datos de espesor de tejidos blandos que han sido documentados para poblaciones asiáticas corresponden a una aproximación metodológicamente justificable para la reconstrucción facial de este individuo de Rapa Nui, debido a las afinidades genéticas que han sido documentadas entre las poblaciones. En un segundo lugar, *Blender* gracias a sus herramientas de esculpido y modelado digital anatómico, permitirá obtener una representación anatómica fundamentada al aplicarse el protocolo de Manchester. En tercer y último lugar, la reconstrucción facial digital integrará principios de ética bioarqueológica, generando resultados que sean culturalmente apropiados y rigurosos.

III. JUSTIFICACIÓN Y VIABILIDAD

Científicamente, la presente investigación se justifica en aspectos bioarqueológicos, metodológicos y tecnológicos. La reconstrucción facial fundamentada científicamente integra diferentes tipos de evidencia bioarqueológica (datos craneométricos, información contextual, análisis morfoscópicos, entre otros) (Wilkinson, 2008), contribuyendo al conocimiento de la variabilidad morfológica de Rapa Nui. Tecnológica y metodológicamente, el uso de *software* de código abierto (*Blender*) libera el acceso a herramientas tecnológicas, descentralizando el conocimiento científico y facilitando que museos y centros de investigación en contextos de recursos limitados puedan implementar estos protocolos sin la necesidad de invertir en *software* de propietario especializado (Errickson et al., 2014; Preuß et al., 2025).

Existe una tensión en bioarqueología entre la cosificación científica del individuo (marcada por las mediciones osteológicas y el análisis estadístico) y el reconocimiento del individuo como persona. Aunque ha habido una evolución respecto a la ética en el manejo de restos humanos, tales como el trato digno y respetuoso, el otorgamiento de autoridad a los descendientes y comunidades de origen para determinar el destino de sus ancestros (DeWitte, 2015; Gregoricka, 2023), autores como Fuentes (2026), en base a su experiencia en el Museo de Arqueología y Antropología de la Universidad de Cambridge, sostienen que las normativas suelen enfocarse en los aspectos institucionales y legales, descuidando los significados cosmológicos e históricos que las poblaciones de origen le entregan a los restos.

La aproximación facial puede presentarse como una opción para contrarrestar la cosificación de los restos humanos, al devolver una representación visual individualizada a personas que normalmente aparecen

sólo como datos osteológicos. Las investigaciones sugieren que estas representaciones visuales mejoran la participación pública y refuerzan el reconocimiento de la personalidad del sujeto (Leopold y Rhodes, 2010; Zhuravska, 2015, como se citó en Vanni et al., 2025), permitiendo que personas no especializadas puedan entender y apreciar la investigación bioarqueológica de una forma más llamativa que con un reporte técnico tradicional, colaborando socialmente en la divulgación científica.

Si bien existe un consenso sobre el trato digno de los restos humanos, equilibrar la investigación científica con las sensibilidades culturales sigue siendo un desafío. Por ejemplo, la exhibición de restos humanos en instituciones como museos es un tema complejo que involucra sectores políticos, científicos y éticos. Históricamente, y bajo una mirada evolucionista y colonialista, los restos humanos fueron tratados como un ejercicio biopolítico de apropiación simbólica (Alegría et al., 2009, como se citó en Hermosilla, 2023). No obstante, desde la década de 1960 (ante la lucha y presiones tanto de asociaciones como de comunidades indígenas) la mirada ha cambiado hacia una posición basada en la comunicación y el respeto, entendiendo los restos óseos como sujetos con derechos.

Ante esto, existen posturas sobre la exhibición de restos óseos reales. Defensores de esta práctica sostienen que los cuerpos son fuentes de información sobre la salud y el modo de vida del pasado que no puede ser reemplazado, ya que nada puede sustituir el impacto educativo de un cuerpo real (Alberti et al., 2015). Además, agregan que se deben cumplir directrices como motivos que justifiquen la exposición, un consentimiento de las comunidades indígenas que se vinculan al individuo expuesto y una correcta conservación de los restos humanos que se exponen (Hermosilla, 2023). Por su parte, los críticos a la exhibición de restos humanos argumentan que esta en muchas ocasiones roza el morbo o sensacionalismo, perdiendo su carácter educativo. Alberti y equipo (2015) plantean que al exponer un resto humano este se ve ubicado en un contexto particular, con información restringida que se selecciona para interpretar al individuo según nuestros propios propósitos.

Además, agregan que modelos digitales pueden expresar los sistemas biológicos de una forma más respetuosa, sostenible y económica (Csordas, 2000, como se citó en Alberti et al., 2015).

Éticamente y en esta misma línea, la aproximación facial puede entregar un enfoque alternativo, permitiendo la representación de individuos sin la exposición directa de restos óseos y disminuyendo la manipulación repetitiva de los mismos.

La investigación tiene un alto grado de viabilidad que se fundamenta en la disponibilidad tecnológica, metodológica y de los recursos esenciales para su ejecución. Primeramente, el acceso a cráneos preeuropeos de Rapa Nui para el análisis científico es factible a través de la colección disponible en el Laboratorio de Osteología del Departamento de Antropología de la Universidad de Concepción.

Por su parte, la digitalización tridimensional craneal mediante fotogrametría corresponde a una tecnología económica y validada en contextos arqueológicos, descrita por autores como Porter y colaboradores (2016). El equipo necesario —cámara digital, trípode, iluminación controlada— y el *software* de procesamiento fotogramétrico (*Agisoft Metashape*) están disponibles y son de fácil acceso. Respecto al proceso, los protocolos de captura fotogramétrica se encuentran ampliamente documentados en literatura, entregando guías metodológicas que aseguran la calidad del modelo digital (Means, 2015; Porter et al., 2016).

Blender supone un programa de modelado y esculpido digital de código abierto, gratuito y ampliamente documentado por una comunidad global de usuarios. Su capacidad para el esculpido orgánico digital ha sido validado en diferentes contextos de reconstrucción antropológica, evidenciando su suficiencia para labores de reconstrucción facial (Medina, 2017).

El uso de tabletas gráficas con sensibilidad de presión para esculpido digital es una tecnología accesible y de costo prudente, con opciones de

diferentes precios que se adecuan a los presupuestos personales. Aunque se requiere práctica y dedicación, la curva de aprendizaje es oportuna dentro del marco de tiempo disponible para la realización de la investigación.

Metodológicamente, la investigación adquiere su viabilidad gracias a la disponibilidad de datos de espesor de tejidos blandos para poblaciones asiáticas afines genéticamente que, aunque es información mucho más restringida que la existente para poblaciones de otras regiones, es suficiente para realizar una reconstrucción fundamentada y válida científicamente. Estudios de investigadores como Simpson y Henneberg (2002), Sarilita y coautores (2020), Chen y colaboradores (2011), Stephan y Simpson (2008), entre otros, han descrito sistemáticamente espesores de tejido blando en poblaciones de Asia y Oceanía, facilitando referentes antropométricos aplicables a poblaciones de la Polinesia. Howells (1989) y Pietrusewsky (1994), por su parte, han realizado estudios craneométricos de poblaciones del Pacífico, documentando caracterizaciones morfológicas que conceden la opción de evaluar la validez de las reconstrucciones faciales generadas gracias a la comparación con parámetros poblacionales conocidos.

Económicamente, los costos principales de la investigación se centran en el equipamiento fotográfico y tableta gráfica —única inversión que es útil para futuros proyectos—. El uso de *software* de código abierto permite eliminar costos en licencias de herramientas con propietario especializado.

IV. ANTECEDENTES Y CONTEXTO

4.1. Introducción a la reconstrucción facial

También denominada “aproximación facial”, la reconstrucción facial es un proceso científico y artístico que se utiliza para formular una hipótesis sobre la apariencia probable de un individuo basándose en los restos óseos del cráneo (Vanni et al., 2025), el cual al ser una estructura biológica debe ser comprendido anatómicamente a profundidad para el éxito de este tipo de métodos antropológicos (Stephan y Davidson, 2008). Se trata de una disciplina científica que engloba diversos campos del conocimiento, incluyendo la anatomía humana, antropología física, arqueología y arte (Prag y Neave, 1997). Su procedimiento implica el modelado manual de rasgos faciales usando materiales como arcilla sobre una réplica del cráneo o mediante la reconstrucción digital con el uso de software para construir un modelo virtual tridimensional del rostro (Vanni et al., 2025).

La teoría detrás de la reconstrucción facial es que de la misma manera que todos los humanos tienen rostros únicos, todos tienen cráneos únicos y son las pequeñas variaciones en la forma y proporciones del cráneo las que conducen a variaciones significativas en los rostros (Wilkinson, 2008).

Se trata de una práctica que ha evolucionado desde sus orígenes en el siglo XIX hasta el presente, pasando desde aproximaciones intuitivas y simples hasta protocolos estandarizados, científicos y con base objetiva.

Prag y Neave (1997) describen que los primeros intentos de reconstrucción facial científicamente controlada se le atribuyen a Wilhelm His, anatomista alemán que en 1895 reconstruyó el rostro de Johann Sebastian Bach usando como referencia su cráneo exhumado. Su primera tarea fue recopilar mediciones del grosor de los tejidos blandos utilizando nueve puntos

de referencia anatómicos de la línea media y seis laterales, lo que suma un total de veintiún puntos. Estas mediciones se realizaron introduciendo la punta de una aguja afilada a través de un pequeño trozo de goma blanda. La punta saliente se colocó sobre el punto seleccionado del rostro y se introdujo a través del tejido blando hasta alcanzar el hueso, marcando la goma el nivel de la piel. Al retirar la aguja, se pudo medir la distancia desde la punta hasta la goma (Prag y Neave, 1997). Posteriormente, His “modelled the flesh over a cast of the skull using the soft tissue measurements to control the development of the face” [modeló la carne sobre un molde del cráneo utilizando las mediciones de los tejidos blandos para controlar el desarrollo del rostro] (Prag y Neave, 1997, p. 15).

Aunque el método de His es básico y sumero para el estándar actual, forjó el principio fundamental de la reconstrucción facial; los tejidos blandos del rostro tienen espesores predecibles en ubicaciones específicas y conociendo estos espesores se puede aproximar la apariencia facial a partir de un cráneo.

En el siglo XX, los investigadores fueron desarrollando metodologías más sofisticadas tales como la del antropólogo y arqueólogo soviético Mikhail Gerasimov, quien desde la década de 1920 realizó un método anatómico de reconstrucción facial basado en el conocimiento profundo de las inserciones óseas y musculatura facial (Prag y Neave, 1997). Este, al ser de carácter riguroso y preciso, disminuía la interpretación artística subjetiva y relacionaba cada decisión a un conocimiento anatómico verificable.

Simultáneamente, en Norteamérica se desarrollaban reconstrucciones que hacían hincapié en el uso de datos cuantitativos de espesor de tejidos blandos obtenidos por mediciones en cadáveres o individuos vivos, aproximando las profundidades promedio tabuladas del tejido en un conjunto de puntos de referencia (Claes et al., 2010). De esta manera, se diferenciaba del método ruso de Gerasimov al priorizar los datos estadísticos de espesores tisulares sobre puntos de referencia craneométricos.

En la Universidad de Manchester se desarrolla el método de nombre homónimo. Richard Neave y Caroline Wilkinson integran los elementos de los métodos anatómico y antropométrico, buscando un balance entre los fundamentos de ambas técnicas (Claes et al., 2010).

A partir de 1990 comienzan a trabajarse las reconstrucciones faciales digitales gracias al desarrollo de los sistemas de computación que permiten generar modelos tridimensionales de estructuras óseas y tejidos blandos (Vanezis et al., 1989). Con esta nueva técnica “not only can more anatomical data be incorporated, but within a matter of minutes, it is possible to generate several faces compatible with the underlying skull but with small variations in facial features” [no solo se pueden incorporar más datos anatómicos, sino que en cuestión de minutos es posible generar varios rostros compatibles con el cráneo subyacente, pero con pequeñas variaciones en los rasgos faciales] (Vanezis et al., 1989, p. 83), representando una ventaja gracias a su facilidad de modificación, además de una mejor capacidad de documentación exhaustiva del proceso y disminuyendo la manipulación física directa de las osamentas.

Durante el presente siglo, la reconstrucción facial ha presentado un desarrollo acelerado con la incorporación de escaneos tridimensionales de alta resolución, herramientas de visualización fotorrealistas y modelados morfométricos estadísticos, junto con la evaluación constante de los resultados que se espera conduzcan a reconstrucciones más precisas (Claes et al., 2010).

Aunque en el contexto arqueológico el reconocimiento del rostro no suele ser el objetivo principal, la reconstrucción facial se ha aplicado con el fin de visualizar a individuos de sociedades pasadas, colaborando al conocimiento científico respecto a las características fenotípicas de individuos antiguos y generando recursos de divulgación cultural y conexión emocional del público contemporáneo con el pasado arqueológico (Prag y Neave, 1997).

4.1.1. Reconstrucciones faciales en Chile

La reconstrucción facial en Chile no corresponde a un campo consolidado ni frecuente. Los pocos trabajos disponibles se vinculan a contextos bioarqueológicos y en el ámbito forense el desarrollo es limitado ante la falta de datos de espesores de tejidos blandos para población chilena, lo que coarta la aplicación sistemática de las técnicas y dificulta la creación de parámetros anatómicos confiables, ya sea para aproximaciones bioarqueológicas o forenses. Además, la investigación de Valenzuela (2021) sobre espesores faciales en población chilena concluye que variables como sexo, edad e índice de masa corporal afectan significativamente al grosor de los mismos.

Sin embargo, los casos de reconstrucción facial que se han producido en Chile son sobre todo proyectos de divulgación arqueológica. Así fue el caso de las momias Chinchorro, las cuales por medio de un enfoque multidisciplinario fueron reconstruidas para ser expuestas temporalmente en el Museo Nacional de Historia Natural (MNHN) en la exhibición “Chinchorros Trascender a la Muerte”. El proyecto incluyó la reconstrucción facial de un individuo masculino y uno femenino a partir de tomografías computarizadas y técnicas sofisticadas de análisis médico que, junto con las técnicas antropométricas, buscó “identificarnos y conectarnos de una forma más humana con este antiguo pueblo de nuestro pasado prehispánico, además de mostrar de forma visual todo el proceso científico que hay detrás de la reconstrucción facial” (Museo Nacional de Historia Natural [MNHN], s.f.).

En el ámbito forense, la aproximación facial se utiliza cuando la identificación directa no es posible, ya sea por la falta de ADN o de registros ante mortem (Faúndez, 2024). La limitación de su uso forense tiene varios motivos: prioridad de métodos más confiables, tensiones entre lo subjetivo y lo objetivo, además de, nuevamente, la falta de datos poblacionales.

Faúndez (2024) menciona que existen proyectos pilotos desde el año 2019 por el Departamento de Anatomía y Medicina Legal de la Universidad de

Chile (DAMEL), lo que indica cierto interés académico por desarrollar la técnica a nivel nacional. A su vez, el autor menciona en su investigación un estudio específico realizado en población adulta chilena desarrollado por Suazo (2007), el cual se intentó encontrar en la web, pero cuya búsqueda no tuvo éxito.

En síntesis, Faúndez (2024) describe a la aproximación facial como una disciplina en desarrollo y que se han realizado esfuerzos para su implementación, aunque suelen priorizarse otros métodos más precisos y rápidos, tales como pruebas de ADN, mientras que la reconstrucción facial es dejada como una alternativa para cuando los métodos científicos directos no pueden ser aplicados o no hay muestras de cotejo de familia.

4.2. Antecedentes prácticos de reconstrucciones faciales

Luego de una extensa revisión bibliográfica, se concluyó que no hay disponibles reconstrucciones faciales de individuos Rapa Nui. No obstante, sí hay diversos estudios de casos de aproximaciones que utilizan herramientas digitales (durante todo o cierta parte del desarrollo del trabajo) con la aplicación del método Manchester, las cuales serán revisadas a continuación.

4.2.1. Dante Alighieri (Italia)

Benazzi y coautores (2009) reconstruyeron el rostro del poeta italiano Dante Alighieri a partir del modelado virtual y escaneo 3D basados en datos métricos y moldes de yeso creados por el antropólogo Fabio Frassetto en 1921, puesto que no contaban con su mandíbula.

El modelo de yeso fue replicado digitalmente con un escáner láser 3D no invasivo. La mandíbula nunca fue hallada, por lo que los investigadores seleccionaron una que fuera morfológicamente similar a la de Dante. Una vez obtenido el modelo digital en su totalidad, se fabricó una copia física por medio de una impresión 3D. El resto del trabajo fue realizado de forma manual tradicional, pero siguiendo lo determinado por el protocolo de Manchester.

Se colocaron estacas en los puntos craneométricos específicos para definir el espesor de los tejidos blandos y luego se reconstruyeron los músculos faciales con plastilina. Se moldearon los rasgos específicos como nariz, ojos y boca y se aplicó la capa que representaba la piel. Finalmente, se añadieron arrugas y textura de una persona de 56 años para representar la edad de Dante al morir.

Benazzi y equipo (2009) recalcan que el resultado obtenido no tiene intención de ser un retrato definitorio, debido a que hay aspectos subjetivos que no pueden ser establecidos a partir de las osamentas, pero consideran que presentaron la recreación de un rostro que morfológicamente se ajusta con fidelidad a los rasgos anatómicos del cráneo de Dante.

4.2.2. Individuo de Els Altimiris (Cataluña, España)

Medina (2017) realizó la reconstrucción facial 3D aplicada a un individuo del siglo XI encontrado en el sitio Els Altimiris (Cataluña, España). En su investigación describe el proceso de trabajo compuesto por las siguientes líneas: (1) estudio antropológico para determinar sexo, edad y posibles patologías, (2) digitalización del cráneo por fotogrametría para generar un modelo 3D de alta precisión, (3) escalado del modelo digital a una escala real y ubicación de marcadores de espesor de tejidos blandos en sitios específicos del cráneo, (4) posicionamiento de globos oculares, (5) modelado de musculatura, partes blandas como nariz, orejas y labios, y capa de piel siguiendo la guía de un atlas de anatomía para no caer en interpretaciones subjetivas, y (6) detalles finales como textura, cabello y barba basados en la iconografía de la época.

Medina (2017) le atribuyó al individuo un sexo masculino, piel morena y ojos marrones, signos de envejecimiento a raíz de la estimación etaria (entre 40-60 años) y cabello largo hasta los hombros, además de vello facial.

La autora describe que este método cuenta con una fiabilidad aproximada del 80%, según especialistas y concluye que “las

reconstrucciones faciales virtuales son una gran herramienta para el análisis y la difusión del patrimonio cultural e histórico” (Medina, 2017, p. 24).

4.2.3. Individuo de Ostrovica (Croacia)

Curić y colaboradores (2024) realizaron la reconstrucción facial de un guerrero medieval encontrado en un cementerio en un sitio arqueológico de Croacia. Una vez realizado el análisis antropológico —en el que se identificaron traumas craneales severos, fracturas curadas y traumas peri mortem—, realizaron una tomografía computarizada multicorte del cráneo. A partir de la imagen, generaron la malla de superficie con una nube de puntos tridimensionales. Ubicaron cilindros para representar los 25 puntos de referencia anatómicos con sus espesores correspondientes y el modelo fue importado a un *software* para crear una cara realista en base a los marcadores y la estructura ósea.

El modelo fue impreso y, a partir de él, se creó un molde de silicona para obtener una réplica en arcilla. La escultura final incluyó detalles de realismo extremo, la cual fue protegida con barniz y diseñada para ser exhibida en una exposición de guerreros de la Croacia de la Alta Edad Media.

4.2.4. Individuo de San Juan (Argentina)

Hayes (2011) realizó la aproximación facial 2D de un individuo prehistórico de la comunidad Huarpe (Argentina). Usando tecnologías digitales recreó la apariencia de un individuo a partir de métodos anatómicos y promedio estadísticos de tejidos blandos.

Una vez determinado el perfil biológico, la autora describe que las osamentas corresponden a un individuo masculino adulto (35-50 años) que pertenecía al grupo de agricultores extinto Huarpes. Hayes (2011) aplicó los promedios estadísticos de espesor de tejidos blandos de Stephan y Simpson (2008) y fue modelando estructuras faciales y musculatura por capas hasta obtener la apariencia final. Las características fenotípicas fueron hechas teniendo por referencias imágenes de indígenas sudamericanos

contemporáneos. Al finalizar, Hayes (2011) aplicó un filtro para que la imagen pareciera un boceto, debido a que no quería que el resultado fuese entendido como una foto definitiva.

La autora hace énfasis en que las reconstrucciones deben interpretarse como estimaciones indicativas y no como retratos definitivos.

4.2.5. Individuos precolombinos (Antofagasta, Chile)

En el caso de Chile, la aproximación facial cuenta con muy pocos artículos formales, pero sí existen proyectos como el de Muñoz y coautores (2017), cuyo contenido corresponde a la aproximación facial de siete individuos precolombinos. Cronológicamente, los restos óseos abarcaban los periodos Arcaico IV, Formativo e Intermedio Tardío y provenían de yacimientos de la costa de Antofagasta.

Debido a que trabajaron el método tradicional, realizaron réplicas craneales en yeso piedra para no dañar las osamentas originales. Utilizando la técnica del método Manchester, aplicaron marcadores de espesor de tejidos blandos “escogidos considerando su adecuada adaptación a la forma y tamaño de cada cráneo” (Muñoz et al., 2017, p. 39). Así, trabajaron datos de poblaciones mexicanas, norte de China y población subadulta hispanoamericanos. Siguiendo el método, reprodujeron las capas de músculos y estructuras faciales como ojos, cartílago nasal y forma labial.

Los investigadores compararon los resultados obtenidos con la información etnohistórica existente sobre la fisonomía de los Changos, concluyendo que, aunque la muestra no representaba fielmente lo descrito por los autores, si poseían ciertos rasgos que les caracterizan.

4.3. Bioarqueología de las poblaciones del Pacífico y Rapa Nui

El poblamiento del Pacífico es uno de los episodios más extraordinarios de la historia demográfica de nuestra especie, involucrando la dispersión de

poblaciones humanas a través de decenas de miles de kilómetros de océano abierto hacia más de 500 islas remotas (Wilmshurst et al., 2011).

Esta expansión se caracteriza comúnmente en dos periodos de expansión poblacional: “early movements of people into Sahul (the former continent comprising New Guinea and Australia) during the Pleistocene, and then a much later period of human migration(s) in the mid-Holocene finally reaching Remote Oceania” [los primeros movimientos de personas hacia Sahul (el antiguo continente que comprendía Nueva Guinea y Australia) en el Pleistoceno y un periodo más tardío de migración humana a mediados del Holoceno que llegó a la Oceanía Remota] (Kayser, 2010, p. 194).

Esta expansión habría comenzado hace unos 5.5 kya¹ (miles de años atrás) en Taiwán, con sus últimas raíces en algún lugar del sur de China y que distribuyó cerámica y herramientas a Filipinas y más al sur hasta las islas del Sudeste Asiático, “arriving about 3.4 kya in the Bismarck Archipelago of northern Island Melanesia” [llegando hace unos 3.4 kya al archipiélago de Bismarck en la isla norte de Melanesia] (Kayser, 2010, p. 197). Es en este último donde se habría desarrollado el complejo cultural Lapita, elementos que se distribuyeron hacia la Polinesia occidental y cruzando, por primera vez, el límite biogeográfico entre la Oceanía Cercana y Remota hace aproximadamente 3.2 kya (Kayser, 2010) (Figura 1). Kayser (2010) agrega que no hay evidencia arqueológica de que se llegara a ninguna isla de la Oceanía Remota antes de esta fecha.

¹ kya (thousand years ago) indica miles de años antes del presente (1950).

Nota. En color gris se destaca el Triángulo Polinesio, cuyos vértices corresponden a Hawai'i por superior, Nueva Zelanda en occidental y Rapa Nui en oriental. (Museo de Rapa Nui, 2024, p. 3)

En el caso de Rapa Nui, se cree que la isla experimentó una única colonización alrededor del año 1.200 d.C., con una población de entre 30 y 100 hombres, mujeres y niños distribuidos en dos o más canoas de doble casco (Moreno-Mayar et al., 2014).

El poblamiento de la isla es objeto de constante debate debido a que las estimaciones han variado en los últimos años. Junto con Moreno-Mayar y colaboradores (2014), otros autores como Wilmshurst y equipo (2011) sugieren que las dataciones radiocarbónicas más confiables ubican el poblamiento humano de Rapa Nui hacia el año 1200 d.C., lo que corresponde a fechas mucho más tardías que las estimaciones previas. Estas fechas implican que la población de Rapa Nui se desarrolló completamente — construcción de plataformas ahu y moai, escritura rongorongo, transformación ambiental de la isla, entre otros— en un periodo de 500 a 600 años antes del contacto europeo en 1722. Este entendimiento temporal es importante para interpretar los procesos de adaptación local de la población.

Pese a su increíble dispersión geográfica, las poblaciones polinesias —grupo al cual pertenecen los Rapa Nui ancestralmente— cuentan con una unidad biocultural que es parcialmente homogénea, caracterizada por “(1) a linguistic identity, (2) a distinct culture and ceramic series called “Lapita”, and (3) shared design in sailing outrigger canoes” [(1) una identidad lingüística, (2) una cultura distintiva y una serie cerámica denominada “Lapita” y (3) un diseño compartido en canoas de vela con estabilizadores] (Moreno-Mayar et al., 2014, p. 2518).

Investigaciones de ADN antiguo y genética en poblaciones han sido de particular relevancia para la información sobre los orígenes e historia demográfica de Rapa Nui. Moreno-Mayar y colaboradores (2014) analizaron datos de más de 650.000 marcadores SNP (Polimorfismos de Nucleótido Único) de 27 individuos nativos de Rapa Nui, evidenciando que los polinesios se habrían originado “from an admixture event between Southeast Asians

(w80%) and Melanesians (w20%), dated to around w3,000 years ago” [a partir de una mezcla entre los habitantes del Sudeste Asiático (w80%) y los Melanesios (w20%), que data de hace aproximadamente w3000 años] (Moreno-Mayar et al., 2014, p. 2522). Se sugiere una continuidad genética entre los polinesios de Futuna, Niue, Samoa, Tokelau, Tonga, Tuvalu, las islas Cook y Rapa Nui.

De igual forma, se detectó una mezcla europea en todo el genoma de un 16% en un contexto predominantemente polinesio y un 8% de mezcla con nativos americanos. Se sugiere que la época de mezcla con los nativos americanos es mucho más antigua que la de los europeos, estimándose fechas de 1310-1420 d.C. para los primeros y 1850-1870 d.C. para los segundos (Moreno-Mayar et al., 2014).

Por su parte, el análisis de la dieta en Rapa Nui es vital en el análisis bioantropológico, ya que permite estudiar la adaptación biológica de la población a un entorno aislado.

Existe un debate respecto a la proporción de recursos terrestres y marinos consumidos, basado en la interpretación del análisis de isótopos estables (Commendador et al., 2019). El análisis de colágeno óseo y carbonatos ha considerado que la dieta de los Rapa Nui era principalmente terrestre, concentrada en el cultivo de camote y proteína de animales. Sin embargo, investigaciones han analizado isótopos de aminoácidos específicos para plantear que el 54% de la proteína consumida por los isleños provenía del mar (Jarman et al., 2017, como se citó en Commendador et al., 2019). No obstante, Commendador y coautores (2019) debaten esta idea, defendiendo que ese dato responde a la proporción de carbono asimilado en el colágeno y no necesariamente a la biomasa total consumida. Dicho de otra forma, debido a que el pescado tiene más proteína que el camote, se debe consumir una biomasa mayor de plantas para obtener la misma cantidad de aminoácidos esenciales. Al ajustar los modelos para considerar la dependencia de la concentración de proteínas la estimación de consumo marino cae a un 34%, alineándose mejor con otros datos.

El análisis de cálculos dentales sumado a los estudios arqueobotánicos confirman que la composición de la dieta Rapa Nui se basaba en el consumo de camote, tubérculos, plátanos y caña de azúcar. Las fuentes de proteína, por su parte, se reducían al consumo de pollo y ratas polinesias (Commendador et al., 2019; Owsley et al., 1994). Respecto a los recursos marinos, la pesca era escasa en comparación a otras islas de la Polinesia debido a la falta de una barrera de coral (Owsley et al., 1994), por lo que los Rapa Nui complementaban su dieta con recursos marinos de manera oportunista. Así, estudios etnográficos sugieren el consumo de anguilas, pulpos, algas, tortugas y algunos peces de alta mar, mientras que registros arqueológicos incluyen mariscos y peces como lábridos, morenas y pargos (Commendador et al., 2019).

Investigaciones actuales basadas en el análisis sistemático de evidencia arqueológica, características del clima, temperatura y estudios de capacidad agrícola estiman que el tamaño poblacional de la isla correspondía a un poco más de 3.000 individuos en su época de mayor densidad. Se plantea un máximo de 29.120 individuos en caso de no existir un control de fertilidad (Puleston et al., 2017). Este estudio sugiere que Rapa Nui corresponde a una sociedad adaptada a las limitaciones propias de la realidad insular, contradiciendo la idea de un colapso demográfico planteado por autores como Diamond (2013) a causa de la sobreexplotación ambiental y que la drástica reducción demográfica documentada en los siglos XVIII y XIX responden a situaciones post contacto, tales como enfermedades, esclavización y quiebres sociales.

4.3.1 Morfología biológica de Rapa Nui y Polinesia

Respecto a la corporalidad y rasgos fenotípicos de Rapa Nui, no fue posible revisar ciertos documentos que podían tener información relevante del tema, debido a que no se contaba con acceso para aquellas plataformas. Por este motivo, la revisión sobre morfología Rapa Nui se reduce a los estudios a los que sí se logró acceder, que en su mayoría correspondían a

investigaciones osteológicas y otros que engloban y describen a los pobladores Rapa Nui dentro del grupo general de los polinesios.

Las poblaciones polinesias poseen una morfología craneofacial que ha sido caracterizada por estudios craneométricos clásicos y morfométricos geométricos, estableciendo un patrón morfológico distintivo que diferencia a los polinesios de poblaciones melanesias del Pacífico occidental, “occupy a separate but isolated branch within a larger Asian complex” [ocupando una rama separada, pero aislada, dentro de un complejo asiático más amplio] (Pietrusewsky, 1994, p. 422).

En 1994, Owsley y colaboradores realizan un amplio estudio sistemático de la caracterización bioarqueológica para individuos Rapa Nui, cuyos entierros datan de periodos Prehistórico Tardío y Protohistórico. Analizaron los cráneos de 94 individuos (52 masculinos y 42 femeninos), comparándolos con 113 individuos caucásicos (80 masculinos y 33 femeninos) y revelando que “Easter Island skulls have greater middle and lower facial prognathism, wider noses, larger brow ridges, and narrower and higher heads than Caucasians” [los cráneos de la Isla de Pascua presentan mayor prognatismo facial medio e inferior, narices más anchas, arcos superciliares más amplios y cabezas más estrechas y altas que los caucásicos] (Owsley et al., 1994, p. 170).

De la misma forma, es típico en individuos de Rapa Nui un cráneo largo y grande, un paladar elíptico, huesos lambdoideos wormianos, una línea de sutura coronal obliterada de tres puntos y una forma orbital elíptica. Respecto al dimorfismo sexual, los análisis indican que los cráneos masculinos son más robustos y grandes que los femeninos, con diferencias marcadas en dimensiones faciales, lo cual es consistente con otras poblaciones de la Polinesia (Owsley et al., 1994).

En aspectos de salud, los investigadores detectaron cambios patológicos asociados a sífilis y tuberculosis, además de viruela según registros históricos. Estos patógenos habrían ingresado a la isla a causa del

contacto europeo y sus consecuencias fueron devastadoras para la población que no contaba con un sistema inmune para combatirlos. En su estudio, Owsley y equipo (1994) no se refieren a indicadores que puedan reportar evidencias de enfermedades nutricionales, metabólicas o dentales.

Respecto a traumas, se encontraron lesiones en particular en huesos frontales y parietales las cuales son compatibles con piedras arrojadas o sostenidas con la mano. Además, uno de los individuos presentaba una herida de bala con perdigones que permanecían incrustados en el hueso frontal. La mayoría de las lesiones presentaban reabsorción ósea y/o cicatrización y son el reflejo de tensiones vividas entre la misma comunidad y encuentros hostiles con europeos (Owsley et al., 1994).

Los investigadores plantean que la evidencia ósea muestra que, si bien la presencia de fracturas craneales por traumas es común, la mayoría muestran signos de curación, siendo de carácter no letal. Los investigadores sugieren que “the frequency of warfare and lethal events was exaggerated in folklore, presumably because of its horrific results and importance in the daily lives of participants” [la frecuencia de las guerras y los sucesos letales se exageraba en el folclore, presumiblemente por sus horribles consecuencias y su importancia en la vida cotidiana de los participantes] (Owsley, 1994, p. 174).

Por su parte, Gill y equipo (1997) examinaron los orígenes biológicos de los habitantes antiguos de Rapa Nui por medio del análisis de restos óseos. Su muestra correspondía a 536 esqueletos prehistóricos y protohistóricos, 426 fueron recuperados durante expediciones entre los años 1979 y 1981 y los 110 restantes provenían de museos en Norteamérica y Sudamérica. Las evidencias muestran una base principalmente de Polinesia Oriental, aunque describen ciertos rasgos que evocan una influencia sudamericana.

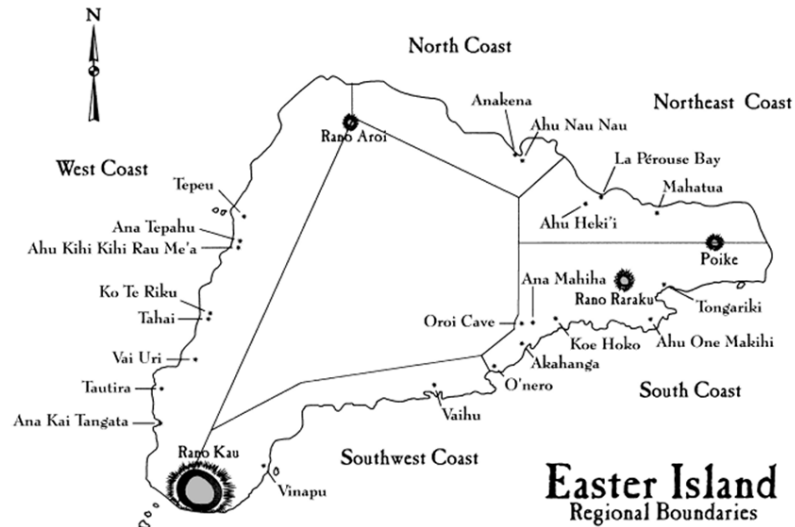
Entre los rasgos físicos que observaron se encuentran: (1) la “mandíbula en balancín” (*rocker jaw*), en la que la mandíbula posee una base convexa que le permite balancearse sobre la superficie plana. Se trata de un

distintivo de la ascendencia polinesia, pero en Rapa Nui tiene una frecuencia de sólo el 48,5%, correspondiendo a la incidencia más baja de toda la Polinesia. (2) Hueso inca, el que es observado principalmente en individuos del sector noreste de la isla (Mahatua) y que no se repite en otras regiones. (3) Sutura cigomaticomaxilar, la cual se detectó tenía una frecuencia intermedia de suturas anguladas, ubicándose entre el perfil peruano (forma angulada) y polinesio (curva). (4) Forma del paladar, cuya forma en polinesios suele ser parabólica, pero los autores describen que en la costa noreste de Rapa Nui las frecuencias denotan paladares elípticos, el cual es un rasgo típico de poblaciones amerindias. Gill y colaboradores (1997) destacan que no todos los habitantes presentaban estas características de la misma manera, siendo la región noreste donde los rasgos no polinesios son más evidentes.

En contraparte, Stefan (1999) analizó 50 mediciones craneofaciales recolectadas de 334 cráneos de los periodos prehistórico tardío (1680 ± 1722) y protohistórico (1722 ± 1868). Del total de la muestra, 205 cráneos tenían información de procedencia para determinar la región de la que fueron recuperados. La muestra se dividía en cinco regiones, siendo estas Norte, Noreste, Sur, Suroeste y Oeste (Figura 3).

El autor concluyó que los habitantes de la isla eran biológicamente muy homogéneos, lo que sugiere que no hubo un aislamiento genético entre las poblaciones prehistóricas que conformaban la región. Además, la evidencia biológica indica la práctica de exogamia restringida y el flujo genético entre tribus. Se agrega a este último punto que los datos proponen una mayor movilidad masculina, contradiciendo la idea de un aislamiento total de los linajes (Stefan, 1999).

Figura 3. Límites regionales de Rapa Nui



Nota. Mapa de sitios de las muestras, correspondientes a cinco regiones: Norte, Noreste, Sur, Suroeste y Oeste. (Stefan, 1999, p. 410)

Respecto a la estatura de los habitantes antiguos del periodo prehistórico tardío/protohistórico, Chapman y Gill (1998) realizaron un análisis osteológico a 92 individuos Rapa Nui —54 masculinos y 38 femeninos— cuyos resultados indicaron que, aunque los Rapa Nui eran altos se sitúan en los grupos más bajos de la Polinesia, lo que podría atribuirse a las limitaciones nutricionales de la isla. En promedio, la estatura media de individuos masculinos correspondía a 1,72 m y la de individuos femeninos 1,59 m.

Si bien no hay registros de población precontacto, hay información e imágenes tempranas recolectadas durante las primeras expediciones realizadas a la isla, como la Expedición USS Mohican (1886) con el documento de Thomson (1889) y la Expedición Mana (1914-1915) con el documento publicado por Routledge (1919).

Thomson (1889) describe que los nativos eran de estatura media. Los hombres eran altos, pero delgados. Las mujeres eran más bajas y de huesos más pequeños que los hombres. Destaca que los niños no eran mucho más morenos que los europeos, pero su piel iba adquiriendo un tono marrón a

medida que crecían y se exponían al sol. No obstante, según las descripciones los isleños tenían la piel clara, con ojos color café oscuro, cejas negras y pocas pestañas. Su ángulo facial era ligeramente retraído, la nariz aguileña y bien proporcionada, junto a un mentón prominente con labios finos. Su cabello era grueso, negro y liso u ondulado, nunca rizado. Las mujeres usaban el cabello largo recogido en trenzas y los hombres lo mantenían corto (Figuras 4 y 5).

Figura 4. *Nativos de Rapa Nui. Expedición USS Mohican (1889)*



Nota. Fotografías tomadas durante la expedición USS Mohican (1886). (Thomson, 1889, pp. 460, 463)

Figura 5. *Nativa de Rapa Nui. Expedición Mana(1919)*



Nota. Fotografía tomada durante la expedición Mana (1914-1915). (Routledge, 1919, p. 145)

Es relevante destacar que estos registros no son directamente comparables con poblaciones precontacto ni deben usarse como una verdad anatómica, sino que su uso es principalmente referencial.

Con el fin de aumentar un poco más de información respecto a rasgos físicos, se decidió revisar crónicas y etnografías antiguas de la Polinesia, las que se describen a continuación:

Kirch (2017) se refiere a las descripciones físicas de polinesios como un grupo general, en el que se ve incluida la población Rapa Nui. Identifica que un fenotipo polinesio común, que incluye un gran tamaño corporal con una complexión física robusta, “mandíbula en balancín” y un cráneo de forma pentagonal. Del mismo modo, citó las descripciones de los primeros viajeros. Así, menciona que Dumont d’Urville en un viaje realizado en 1832 clasificó a la gente que habitaba las islas de la Polinesia Oriental como “a light-skinned people spread over the islands of the eastern Pacific, including Tahití, Hawai’i, Rapa Nui, and New Zealand” [un pueblo de piel clara que habitaba las islas del Pacífico oriental, incluyendo Tahití, Hawai’i, Rapa Nui y Nueva Zelanda] (p. 4).

Gardiner (1898) realizó una caracterización de los pobladores de Rotuma, Fiji. Respecto a los rostros, describió labios gruesos, boca grande, nariz aplanada y ancha, pómulos prominentes y frente alta. Menciona que con la edad, los hombres no cambiaban, mientras que las mujeres pasan de rostros redondos y suaves a mejillas y ojos hundidos a medida que envejecen. Tenían cabello negro, liso y rara vez lo tenían en el rostro u otras zonas del cuerpo. Gardiner (1898) agrega que algunos isleños tenían rasgos similares a chinos y japoneses, pero con una textura muscular mucho más grande y corpulenta.

MacCaughey (1917) caracterizó a la antigua población de Hawai’i. Describió que eran altos y bien proporcionados, con buenos rasgos y ojos amables. Contaban con una cabeza bien formada y su mandíbula demarcaban un mentón y mejillas bien formados. La nariz estaba bien formada y arqueada, con una buena longitud (destacan la costumbre de masajear el cartílago nasal de los recién nacidos). Los ojos eran grandes, en algunos casos extraños eran oblicuos, con pestañas y cejas bien formadas y abundantes. Los labios solían ser de grosor medio, con el labio superior un

poco más corto que el inferior y con dientes en excelente forma y disposición. Su cabello era negro, levemente ondulado.

4.4. Espesores de tejidos blandos faciales en poblaciones significativas

La validez de las reconstrucciones faciales descansa sobre la disponibilidad de datos cuantitativos de espesor de tejidos blandos faciales, siendo estos el fundamento empírico de esta práctica. Como se describió anteriormente, no existen datos específicos para población Rapa Nui, motivo por el que este segmento revisa los datos disponibles de poblaciones que pueden ser útiles como referencia.

4.4.1. Poblaciones del Pacífico y Oceanía

La literatura para estas poblaciones es notoriamente más limitada que la existente para poblaciones europeas o asiáticas continentales, por lo que los datos más relevantes provienen de las investigaciones realizadas en poblaciones del Pacífico y Oceanía.

Simpson y Henneberg (2002) usaron resonancia magnética para medir espesores de tejido blandos faciales en 40 (17 masculinos y 23 femeninos) cadáveres adultos australianos, cuyo rango etario oscilaba de 52 a 101 años. Realizaron mediciones de 20 puntos de referencia faciales, entre los cuales se encuentran glabella (masculino: 6.69 mm/femenino: 5.83 mm), nasion (6.69/5.32 mm), rhinion (3.04/2.59 mm), subnasale (13.46/10.89 mm), pogonion (8.04/8.89 mm), gonion (18.52/13.61 mm), y zigion (10.88/9.07 mm). Los autores destacaron que en seis de los 20 puntos se denotan diferencias significativas entre individuos masculinos y femeninos.

4.4.2. Poblaciones del Sudeste Asiático

Los datos de tejidos blandos de poblaciones del Sudeste Asiático son probablemente la mejor información disponible dada la afinidad genética entre las poblaciones polinesias con las de esta región que fue mencionada con anterioridad.

Sarilita y colaboradores (2020) documentaron datos de espesores de tejidos blandos faciales en población de Indonesia —analizando a 335 individuos (83 masculinos y 252 femeninos), cuya edad oscilaba entre 17 a 51 años— haciendo uso de imágenes de rayos X de cefalogramas laterales. Midieron 10 puntos de referencia y reportaron valores para puntos como glabella (masculino: 5.13 mm/femenino: 4.97 mm), nasion (6.04/5.50 mm), rhinion (3.00/2.45 mm), subnasale (14.06/12.01 mm), pogonion (11.46/11.77 mm) y gnathion (8.12/7.17 mm).

Los valores expuestos por la investigación de Sarilita y colaboradores (2020) son especialmente relevantes teniendo en cuenta que Indonesia es parte de los pueblos austronesios, compartiendo conexión con la Polinesia.

Sahni y colaboradores (2008) documentaron datos de 300 individuos (173 masculinos y 127 femeninos) de la India, cuyo rango oscila entre 18 a 70 años haciendo uso de imágenes de resonancia magnética. Midieron un total de 21 puntos de referencia, con datos tales como glabella (masculino: 5.18 mm/femenino: 5.24 mm), nasion (5.86/5.76 mm), midphiltrum (11.84/10.68 mm), labio superior (10.44/10.01 mm), labio inferior (11.56/11.07 mm), entre otros.

4.4.3 Poblaciones del Este Asiático

Las poblaciones de China (sobre todo la zona del sur) y Taiwán son genéticamente importantes como fuente ancestral de las expansiones austronesias que poblaron la Oceanía Remota y, en consecuencia, la Polinesia (Kayser, 2010). No obstante, no se encontró información sobre este último territorio.

Chen y coautores (2011) realizaron un extenso estudio al analizar 425 individuos (233 masculinos y 192 femeninos) adultos chinos del sur con imágenes de resonancia magnética, midiendo 31 puntos de referencia, entre los que incluyeron glabella (masculino: 5.43 mm/femenino: 5.32 mm), subnasale (11.85/10.64 mm), rhinion (2.64/2.40 mm), pogonion (9.42/9.12 mm), gonion (14.98/14.72 mm), entre otros. Los investigadores registraron

que los valores medios en individuos masculinos son superiores a los femeninos en la mayoría de los puntos de referencia, además de diferencias estadísticamente significativas en las interacciones entre edad y sexo en todos los puntos de referencia (Chen et al., 2011).

Hwang y colaboradores (2012) documentaron los datos en 100 individuos adultos coreanos (50 masculinos y 50 femeninos) con el uso de escáner de tomografía computarizada de haz cónico. Tomaron en consideración 31 puntos de referencia, registrando espesores promedio para puntos como glabella (masculino: 5.6 mm/femenino: 5.3 mm), nasion (6.4/5.4 mm), midphiltrum (12.5/10.7 mm), gonion (14.3/12.9 mm), entre otros. Su análisis mostró las diferencias más grandes según sexo en 18 puntos, con los valores más altos detectados en individuos masculinos.

Utsuno et al. (2010) reportaron los datos en 45 individuos femeninos adultos japoneses, documentando los espesores en 10 puntos de referencias glabella (5.57 mm), nasion (6.44 mm), rhinion (2.52 mm), subnasal (13.36 mm), entre otros.

4.4.4. Poblaciones Americanas

Como se mencionó con anterioridad, estudios genéticos como el realizado por Moreno-Mayar y coautores (2014) detectaron componentes de nativos americanos en Rapa Nui. La proporción entregada (8%) es demasiado pequeña como para utilizar datos de estas poblaciones como una referencia principal, pero puede ser importante en discusiones respecto a variabilidad.

Tedeschi-Oliveira y colaboradores (2009) documentaron datos de tejidos blandos en 40 cadáveres en Brasil (26 masculinos y 14 femeninos), cuya edad oscilaba entre los 17 y 90 años. Consideraron un total de 21 puntos anatómicos, entre los que se encuentran: glabella (masculino: 5.5 mm/femenino: 4.6 mm), nasion (5.9/5.0 mm), rhinion (5.2/4.2 mm), midphiltrum (10.6/7.7 mm), gonion (12.7/10.9 mm), entre otros.

Perlaza (2013) registró valores para la población colombiana. Mediante el uso de tomografía computarizada de haz cónico, estudió imágenes de 30 individuos (26 masculinos y 4 femeninos), midiendo un total de 17 puntos de referencia entre los que se hallan nasion (masculino: 6.9 mm/femenino: 6.4 mm), rhinion (2.5/1.8 mm), mid-philtrum (14.55/12.9 mm), entre otros.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Aplicar el protocolo metodológico de Manchester para la aproximación facial de un individuo Rapa Nui, integrando el análisis osteológico y parámetros anatómicos utilizados en la antropología física.

5.2 Objetivos específicos

OE1: Analizar las características osteológicas del individuo con el fin de estimar perfil biológico.

OE2: Establecer una base de datos antropométrica para la aplicación de parámetros apropiados a través de la sistematización de datos de espesor de tejidos blandos faciales disponibles en la literatura para poblaciones asiáticas, polinesias y otros grupos afines genéticamente.

OE3: Identificar los alcances y limitaciones del protocolo metodológico Manchester en la aproximación facial.

VI. MARCO TEÓRICO

6.1. Desarrollo ontogenético de la estructura craneofacial

El crecimiento facial es un proceso que requiere interrelaciones morfogénicas íntimas entre todos los tejidos blandos y duros que lo componen, tanto en crecimiento como en cambio y en funcionamiento (Enlow y Hans, 1996). Entender estos procesos es primordial para contextualizar las regularidades y variabilidad en el nexo entre morfología craneal y facial que sustentan la reconstrucción facial.

Tradicionalmente, el cráneo se divide en neurocráneo, que rodea y protege el cerebro y los órganos de los sentidos, y el viscerocráneo, que responde al esqueleto facial (Wilkie y Morris-Kay, 2001). El neurocráneo se desarrolla por osificación intramembranosa para los huesos de la bóveda craneal y osificación endocondral para los huesos de la base craneal. Por su parte, el viscerocráneo se forma a partir de la cresta neural, la cual es un tejido mesenquimal que migra desde los bordes laterales de la placa neural epitelial para formar una gran variedad de tipos celulares. Solo la cresta neural derivada de la parte craneal de la placa neural tiene el potencial de formar tejido esquelético (Opperman, 2000; Wilkie y Morriss-Kay, 2001).

Respecto al ritmo de crecimiento, Wilkinson (2008) describe que al nacer la cara cuenta con una cuarta parte de su tamaño adulto y durante la etapa de infancia el desarrollo del cerebro es precipitado al desarrollo del rostro. Durante el primer año de vida, la cara duplicará su tamaño y en la infancia los huesos y cartílagos se desarrollan alterando las proporciones y forma del rostro. Para la edad adulta el rostro sigue cambiando de forma sutil, con la aparición de arrugas, pérdida de tensión en labios, pérdida de dientes

y variación en el cabello. No obstante y “despite all these changes the individual’s identity remains apparent” [a pesar de todos estos cambios, la identidad del individuo sigue siendo evidente] (p. 6).

La influencia funcional y la estructura básica del rostro ha evolucionado principalmente por necesidades biológicas. En esta línea, Wilkinson (2008) explica que las posiciones de los ojos y los oídos permiten la percepción a distancia, la posición de las fosas nasales en relación con la boca elimina la asfixia y los labios y la mandíbula están perfectamente diseñados para la masticación, la deglución, la respiración y la comunicación verbal.

La mayor parte de la apariencia facial está determinada al nacer por factores genéticos y, aunque los factores ambientales afectarán y alterarán aspectos de la apariencia facial, la cara se desarrolla y envejece de acuerdo con un cronograma predeterminado (Landau, 1989, como se citó en Wilkinson, 2008).

6.2. Morfología del cráneo

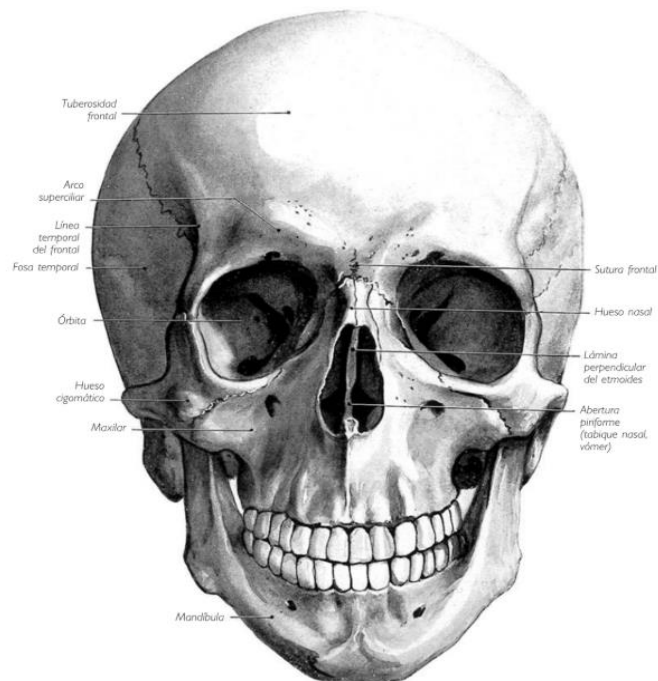
El esqueleto de la cabeza cuenta con dos partes: el cráneo y la cara (Figuras 6 y 7). El primero “es una caja ósea que contiene el encéfalo. Se distingue una porción superior o bóveda y una porción inferior plana denominada base. La cara es un macizo óseo suspendido de la mitad anterior de la base del cráneo” (Rouvière y Delmas, 2005, p. 39).

El cráneo se conforma por ocho huesos, correspondientes al “hueso frontal, el etmoides, el esfenoides, el occipital, los dos huesos temporales y los dos huesos parietales” (Rouvière y Delmas, 2005, p. 39). Llamados huesos planos, se encuentran cubiertos por un periostio y por dentro se encuentran revestidos por la duramadre. De igual forma, “están formados por dos láminas de tejido óseo compacto denominadas tablas externa e interna, entre las que se encuentra una capa de tejido esponjoso, de espesor variable, llamada diploe” (Latarjet y Ruiz, 2005, p. 65).

El macizo facial se divide en dos porciones: esqueleto facial o viscerocráneo y mandíbula. La primera se compone de trece huesos: vómer (único impar), maxilares, lagrimales, palatinos, cornetes nasales inferiores, nasales y cigomáticos. La mandíbula corresponde a un hueso único (Rouvière y Delmas, 2005). Mientras que “las piezas que forman el esqueleto facial están soldadas entre sí, la mandíbula es móvil y participa en forma activa en la masticación” (Latarjet y Ruiz, 2005, p. 84).

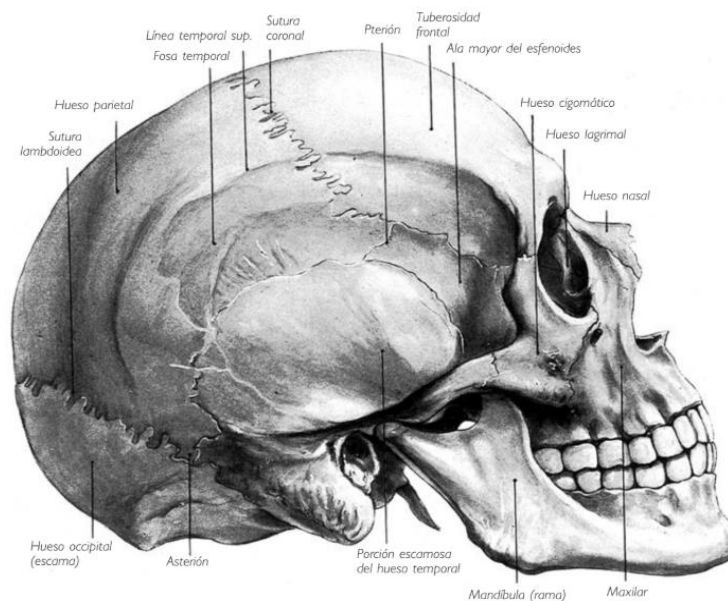
El cráneo entrega la armadura básica a la que se unen los tejidos duros y blandos de la cara y la forma de esta depende de la estructura esquelética, los tejidos duros (como el cartílago) y los tejidos blandos (como los músculos, la grasa y la piel) (Wilkinson, 2008).

Figura 6. *Cráneo rotulado (anterior)*



Nota. Cráneo humano rotulado por vista anterior. (Rouvière y Delmas, 2005, p. 116)

Figura 7. Cráneo rotulado (lateral)

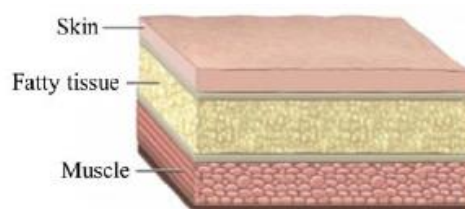


Nota. Cráneo humano rotulado por vista lateral derecha. (Rouvière y Delmas, 2005, p. 86)

6.3. Anatomía de los tejidos blandos faciales

Los tejidos blandos faciales abarcan desde la superficie de la piel hasta la del hueso, constando de tres capas (Figura 8) que corresponden a (1) músculo, (2) tejido subcutáneo y (3) piel, “where the subcutaneous layer is mainly composed of fatty tissue” [donde la capa subcutánea está compuesta principalmente por tejido graso] (Xu y Yang, 2015, p. 2). La comprensión minuciosa de la anatomía de tejidos blandos faciales es primordial para la reconstrucción facial, ya que estos tejidos conforman literalmente lo que será reconstruido sobre la estructura ósea.

Figura 8. Estructura del tejido blando facial



Nota. De arriba a abajo: piel, tejido graso y músculo. (Xu y Yang, 2015, p. 2)

6.3.1. Musculatura facial

Los músculos de la expresión facial (Figura 9) tienen tres características principales: todos cuentan con una inserción móvil cutánea, todos se agrupan alrededor de los orificios del rostro, siendo constrictores o dilatadores y provienen del segundo arco branquial y son inervados por el nervio facial (VII par craneal) (Rouvière y Delmas, 2005).

Rouvière y Delmas (2005) explican que los músculos faciales son organizados en grupos funcionales y anatómicos, siendo estos:

Músculos de los párpados y cejas. Músculo occipitofrontal se ubica en la bóveda craneal, extendiéndose desde la línea nuchal superior hasta las cejas. Músculo orbicular del ojo forma un anillo que rodea la órbita con zonas palpebral en párpados y orbital en periferia, su contracción cierra los párpados y genera arrugas. Músculo corrugador de las cejas se forma en la región medial del arco superciliar y se añade en piel de la ceja medial, generando su elevación.

Músculos de la oreja. Músculo auricular anterior se ubica anterior a la oreja, terminando en la espina del hélix. Músculo auricular superior se encuentra superior a la oreja, insertándose en la fosa triangular del antehélix. Músculo auricular posterior se une a la base del proceso mastoideo, “inferior y lateralmente a las inserciones del vientre occipital del músculo occipitofrontal; por otra parte, a la convexidad de la concha de la oreja” (p. 172).

Músculos nasales. Músculo prócer parte desde el hueso nasal hasta piel de glabella, ubicándose en la “parte superior del dorso de la nariz a cada lado de la línea media” (p. 170), traccionando inferiormente la piel del espacio interciliar. Músculo nasal tiene una porción transversa —que se extiende “sobre la parte media de la nariz, desde el dorso de la nariz hasta la fosa canina” (p. 172) y se encarga de dilatar las narinas— y una alar —que “se extiende en el espesor del ala de la nariz, del surco nasolabial al borde lateral de la narina correspondiente” (p. 172) y se encarga de desplazar el ala de la

nariz lateralmente—. Músculo depresor del tabique nasal se extiende “desde el arco alveolar hasta el borde posterior de las narinas” (p. 173) y se encarga de descender el ala de la nariz. Estos músculos son importantes para la reconstrucción facial ya que sus inserciones óseas en los huesos nasales entregan datos sobre la forma de tejidos blandos nasales.

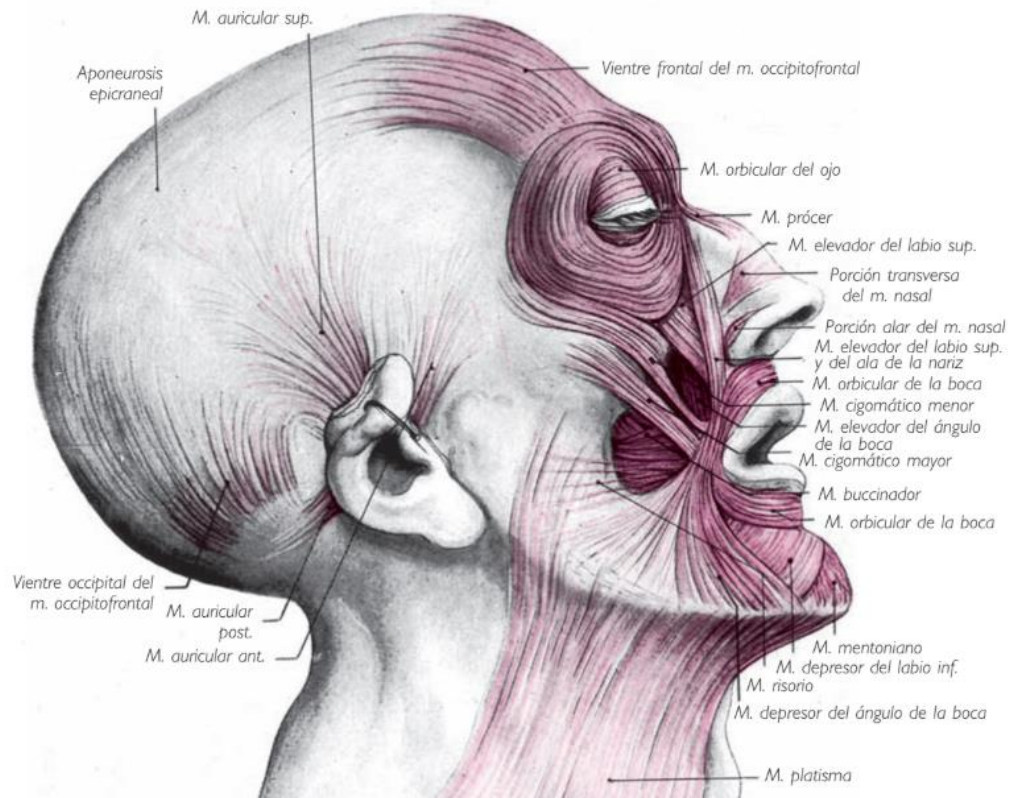
Músculos de los labios. Músculos dilatadores corresponden a: músculo elevador del labio superior y del ala de la nariz (se ubica “desde el reborde medial de la órbita hasta el labio superior” (p. 176), encargándose de tirar hacia superior del ala de la nariz y labio superior), músculo elevador del labio superior (se ubica desde el reborde de la órbita al labio superior y su acción “se confunde con la del músculo elevador del labio superior y del ala de la nariz” (p. 176), músculo elevador del ángulo de la boca (se ubica desde la fosa canina hasta el labio superior, encargándose de elevar la comisura y labio inferior), músculos cigomáticos menor y mayor (el primero se inserta por superior en la zona media de la cara lateral del cigomático y por inferior sobre la cara profunda del labio superior, encargándose de tirar superior y lateralmente el labio superior; el segundo surge de la cara lateral del cigomático y desciende hasta unirse a la piel de la comisura de los labios, encargándose de traccionar esta misma de forma lateral y superior), músculo buccinador (se ubica en la zona profunda de la mejilla, encargándose de tirar hacia posterior las comisuras labiales y ayudan en la masticación), músculo risorio (se ubica desde la zona media de la mejilla a la comisura de los labios, encargándose de traccionar lateral y posteriormente a esta última), músculo depresor del ángulo de la boca (se ubica entre la mandíbula y comisura de los labios, encargándose de traccionar a esta última inferior y lateralmente), músculo depresor del labio inferior (se ubica en la zona lateral del mentón y labio inferior, encargándose de “tirar inferior y lateralmente de la mitad correspondiente del labio inferior” (p. 174)), músculo mentoniano (se ubica entre los dos músculos depresores del labio inferior, encargándose de elevar el mentón y labio inferior) y músculo platisma (cubre “la región anterolateral del cuello y la parte inferior de la cara. Se extiende desde el tórax hasta la mandíbula y la mejilla ... El platisma tira inferiormente de la piel del mentón y

hace descender la comisura labial” (p. 177-178). Músculos constrictores corresponden a: músculo orbicular de la boca (con forma elíptica se ubica concéntricamente alrededor del orificio bucal, encargándose de la oclusión de la boca) y músculo compresor de los labios (se extiende “de anterior a posterior alrededor de la hendidura bucal y a través de las fibras de la porción labial del músculo orbicular de la boca ... Este músculo comprime los labios de anterior a posterior” (p. 179).

Músculos masticadores. Los músculos masticadores se encuentran inervados por el nervio trigémino V y son esenciales para la reconstrucción facial debido a que establecen el volumen de las regiones laterales de la cara. Músculo temporal surge en la fosa temporal e inserta en el proceso coronoides mandibular; su volumen establece el contorno de la región temporal. Músculo masetero “se extiende desde el arco cigomático hasta la cara lateral de la rama de la mandíbula” (p. 162); su grosor establece el contorno de la región mandibular posterior. Músculos pterigoideos lateral (“situado en la región infratemporal o pterigomaxilar. Se extiende desde la apófisis pterigoides hasta el cuello de la mandíbula” (p. 165)) y medial (“situado medialmente al músculo pterigoideo lateral. Se extiende oblicuamente desde la fosa pterigoidea hasta la cara medial del ángulo de la mandíbula” (p. 166)) son menos visibles debido a su profundidad, pero contribuyen en el volumen infratemporal.

El conocimiento de las inserciones óseas de estos músculos es crítico para la reconstrucción facial, debido a que permite inferir las trayectorias y volúmenes aproximados desde las características del cráneo.

Figura 9. Musculatura facial rotulada



Nota. Músculos del complejo craneofacial humano (Rouvière y Delmas, 2005, p. 175)

6.3.2. Tejido adiposo facial

La observación clínica y las investigaciones de laboratorio sugieren que la grasa subcutánea facial se distribuye en compartimentos anatómicos diferenciados separados por barreras, correspondiendo a regiones que se comportan de forma diferente durante el envejecimiento (Rohrich y Pessa, 2007). Para intereses de la reconstrucción facial, es importante considerar que el tejido adiposo es uno de los componentes más impredecibles de los tejidos blandos a causa de su variabilidad. Los compartimentos adiposos faciales descritos por Rohrich y Pessa (2007) corresponden a (Figura 10):

Compartimento de grasa nasolabial. Se ubica anterior a la grasa medial de la mejilla y se superpone a la grasa de la papada. El borde inferior del músculo cigomático mayor se encuentra adherido a este compartimento.

Compartimento de grasa de la mejilla. Existen tres: (1) medial, (2) media y (3) temporal-mejilla lateral. La grasa de la mejilla medial se ubica lateral al pliegue nasolabial y limita por superior con el ligamento de retención del orbicular y el compartimento orbitario lateral. La grasa de la mejilla media se adhiere en su porción superior al músculo cigomático mayor y se encuentra anterior y superficial a la glándula parótida. El compartimento temporal-mejilla lateral se encuentra inmediatamente superficial a la glándula parótida y conecta la grasa temporal a la grasa subcutánea cervical.

Compartimento de grasa frontal y temporal. La grasa de la frente se compone de tres compartimentos: (1) compartimento central, (2) temporal media y (3) temporal-mejilla lateral. El compartimento central se ubica en la línea media de la frente, colindando con los compartimentos temporales medios a ambos lados. El compartimento temporal-mejilla lateral fue descrito anteriormente.

Compartimento graso orbitario. Existen tres: (1) superior, (2) inferior y (3) lateral. El compartimento superior se encuentra delimitado por el ligamento de retención orbicular, que recorre la órbita superior. El compartimento inferior es una fina capa ubicada debajo del tarso palpebral inferior, limitando con el ligamento de retención orbicular. El compartimento lateral se encuentra adherido al músculo cigomático mayor.

Compartimento graso de la papada. Se encuentra separada de la grasa nasolabial. Se adhiere al músculo depresor del ángulo de la boca y su límite medial es el músculo depresor del labio, mientras que el límite inferior se encuentra determinado por la fusión membranosa del músculo platisma.

Figura 10. *Compartimientos subcutáneos*



Nota. Representación artística de los compartimientos subcutáneos del rostro (Rohrich y Pessa, 2007, p. 2220)

6.3.3. Piel y estructuras superficiales

La piel se compone de dos tipos de tejido. La primera de ellas, denominada epidermis “está compuesta de epitelio escamoso estratificado que es capaz de queratinizarse, o de endurecerse, y de volverse más resistente” (Marieb, 2008, p. 115). La dermis, que se encuentra subyacente, está mayoritariamente formada por tejido conectivo denso. Por debajo de esta última se halla el tejido subcutáneo, el cual es adiposo principalmente y no se considera parte de la piel, sino que más bien es entendido como un fijador de esta con los órganos subyacentes (Marieb, 2008).

La piel en el rostro oscila en espesor considerablemente. Por ejemplo, “the nasal tip skin thickness to be approximately 3.3 times thicker than the upper eyelid” [el grosor de la piel de la punta nasal es aproximadamente 3,3 veces mayor que el del párpado superior] (Ha et al., 2005, p. 1772). Esta variación es sistemática según zona anatómica, sexo y edad.

Lemperle et al. (2001) describe que las arrugas o líneas de expresión “are the visible effects of deep dermal creasing caused by repeated facial movement and expression combined with dermal elastosis [son los efectos visibles de las arrugas dérmicas profundas causadas por movimientos repetidos y expresiones faciales combinados con elastosis dérmica] (p. 1735), motivo por el cual son perpendiculares a la dirección de los músculos faciales

subyacentes. Por ejemplo, las líneas glabellares resultan de fruncir el ceño repetidamente y las líneas periorbitarias y pliegues nasolabiales son el resultado de sonreír. En la reconstrucción facial de individuos de edad avanzada, las líneas de expresión colaboran con la impresión de edad, pero se debe considerar que estas varían considerablemente entre sujetos.

6.4. Variación poblacional en espesores de tejidos blandos

Uno de los desafíos metodológicos más grandes para una reconstrucción facial es la variación en morfología facial y espesores de tejidos blandos entre las poblaciones humanas, sobre todo en el caso de poblaciones que no cuentan con datos específicos. Por ello, se debe tener en consideración la variación existente entre poblaciones.

6.4.1. Diferencias en los tejidos faciales de poblaciones

Wilkinson (2008) recopiló los datos obtenidos de diversos estudios, documentando las diferencias registradas entre grupos de diferente ancestría. Resume que los rostros chinos contaban con tejido más gruesos que los europeos en frente, labio superior, mentón y cigomáticos; rostros japoneses tienen menos diferencia entre el nasion y tejidos medionasales que europeos, chinos y africanos, además de contar con el tejido más grueso en el punto supraglenoideo; indios del suroeste mostraban tejidos más gruesos en todas áreas que los japoneses, pero más delgados respecto a grupos europeos, americanos y sudafricanos. En la población china el espesor de tejido blando en la parte superior del rostro es más delgado que en la parte inferior (Chen et al., 2011). La autora incluye que se debe reconocer la variación entre individuos de la misma población, lo que es consistente con la estructura general de la variación genética humana.

6.4.2. Determinantes de variación en espesores tisulares

Wilkinson (2008) se refiere a los factores que influyen en los espesores de tejidos blandos faciales, destacando los siguientes puntos:

Sexo. Individuos masculinos tienen más tejido que los femeninos en la mayoría de los puntos faciales, aunque son similares en los puntos nasion, rhinion, labiomenal, entre otros. Individuos femeninos tienen más tejido solo en el punto del arco cigomático. Individuos masculinos tienden a tener más tejidos en regiones de las cejas, boca y mandíbula, mientras que los femeninos tienen más tejido en mejillas. Todos los estudios de grupos étnicos mostraron resultados de dimorfismo sexual (Wilkinson, 2008).

Edad. Los espesores tisulares incrementan desde la infancia hasta la edad adulta (50 años) para luego disminuir con el envejecimiento. A raíz de diversos estudios en diferentes poblaciones se puede concluir que los cambios en tejidos relacionados con la edad son muy variables. No obstante, los resultados mayoritariamente sugieren que los tejidos de la boca y parte inferior de las mejillas tienden a disminuir con la edad, mientras que los tejidos de la frente y del mentón pueden aumentar (Wilkinson, 2008).

Ancestría poblacional. Las partes blandas del rostro varían más que los cráneos entre los diferentes grupos étnicos (Birkner, 1907, como se citó en Wilkinson, 2008). Esto puede reflejar la variación del grupo étnico, la estatura y el peso o la enorme variación entre individuos en una población mundial. Wilkinson (2008) describe que las variaciones más consistentes son, por ejemplo, que —aparentemente— los rostros africanos tienen un tejido más grueso en general que otros grupos y que los rostros japoneses tienen tejidos más delgados que la mayoría de los demás grupos, excepto en el pliegue mentoniano-labial y en el lateral de la cabeza.

Estado nutricional. La autora describe que His (1895) descubrió que todos los tejidos eran más delgados en los cadáveres demacrados que en los bien nutridos, excepto en el puente nasal, y observó que las diferencias más evidentes se daban en la eminencia mentoniana, mandíbula, mejillas y debajo del mentón. Estudios de Kollman y Buchly (1899) coinciden con los de His. Se sugiere que las zonas más afectadas son aquellas con altos niveles de grasa subcutánea o músculos bien desarrollados (Wilkinson, 2008).

6.5. Fundamentos anatómicos y antropométricos de la reconstrucción facial

El cimiento científico de la reconstrucción facial yace en el conocimiento profundo de las relaciones anatómicas entre el esqueleto craneofacial y los tejidos blandos que lo cubren. El complejo craneofacial consta de 22 huesos distintos, de los cuales 14 forman el esqueleto facial como tal, dando soporte estructural a los tejidos blandos (Burns, 2008).

Los tejidos blandos faciales se organizan anatómicamente de una manera estratificada y compleja. La capa más profunda se conforma por los músculos de la expresión facial, derivados del segundo arco branquial e inervados por el nervio facial (VII par craneal) que son los encargados de los movimientos faciales y la expresión emocional. La musculatura masticatoria, inervada por la rama mandibular del nervio trigémino (V par craneal) contribuyen significativamente al volumen y contorno de las regiones temporal y mandibular (Rouvière y Delmas, 2005).

Por encima de la musculatura se encuentra una capa de tejido adiposo subcutáneo que varía en espesor según las regiones faciales e individuos, obedeciendo a factores como sexo, edad, estado nutricional y ancestría poblacional (Simpson y Henneberg, 2002). Rohrich y Pessa (2007) plantean que la distribución de este tejido no es uniforme, sino que se encuentra altamente compartimentada, concluyendo que en zonas como las mejillas, mentón y alrededor de la órbita ocular presenta concentraciones específicas, mientras que en áreas como la frente, región nasal y labios presentan espesores mínimos de grasa subcutánea (Rohrich y Pessa, 2007).

La variabilidad de espesor de los tejidos blandos faciales es un factor crítico en la reconstrucción facial, motivo por el que su caracterización cuantitativa ha sido objeto de estudios durante más de un siglo, usando diversas técnicas de mediciones como punción con aguja, calibradores técnicos radiografías (2D y 3D), ultrasonidos, tomografía computarizada e imágenes por resonancia magnética (Stephan y Simpson, 2008). Los primeros

estudios de espesores de tejidos blandos fueron realizados con mediciones directas con agujas sobre cadáveres, práctica llevada a cabo por His en 1895 y que fue continuada en el siglo XX por otros investigadores (Prag y Neave, 1997). Gracias a estos estudios se establece que los espesores tisulares varían de forma sistemática según diversos factores, siendo estos el sexo, la edad, ancestría, condición nutricional, ubicación anatómica específica en el rostro, entre otros.

Los puntos de referencia o *landmarks* craneométricos son usados para la aplicación de datos de espesores tisulares y su manejo ha sido estandarizado con el paso del tiempo. En 2008, Stephan y Simpson identificaron un aproximado de 50 puntos de referencia al revisar la nomenclatura utilizada en 62 estudios que presentaban diferencias en la definición anatómica precisa y las nomenclaturas. No obstante, los autores terminaron proponiendo un conjunto estandarizado de puntos de referencia (Figura 11) que corresponden a:

a. Puntos de la línea media facial

- Opisthocranion (op): punto ectocraneal de la línea media en la longitud de cuerda más alejada de la glabella.
- Vertex (v): punto ectocraneal más alto de la línea media.
- Glabella (g): punto más anterior de la línea media del hueso frontal.
- Nasion (n): punto medio en la sutura nasofrontal.
- Mid-nasal (mn): punto en la sutura internasal a medio camino entre nasion y rhinion.
- Rhinion (rhi): punto medio en el extremo inferior de la sutura internasal.
- Subnasale (sn): punto de la línea media justo debajo de la espina nasal anterior.
- Mid-philtrum (mp): punto medio entre la base de la espina nasal y el prostión, en el borde anterior de los maxilares.

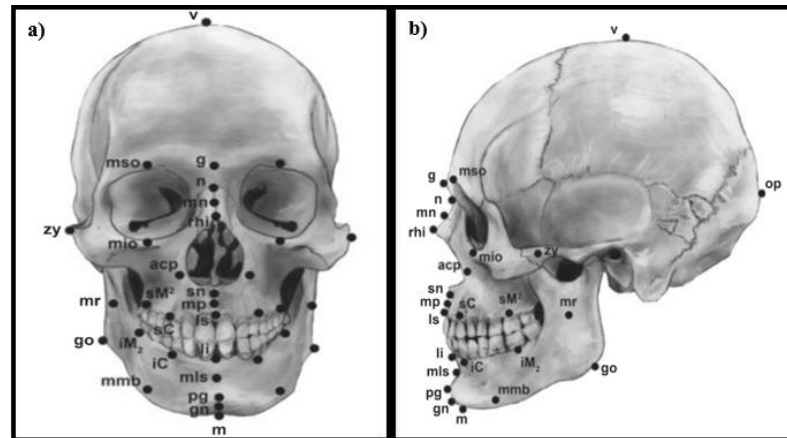
- Labrale superius (ls): punto de la línea media en el borde más anterior de la cresta alveolar del maxilar (o prosión).
- Labrale inferius (li): punto de la línea media en el borde más anterior de la cresta alveolar inferior de la mandíbula.
- Mentolabial sulcus (mls): punto medio más profundo del surco superior a la eminencia mentoniana.
- Pogonion (pg): punto más anterior de la línea media en la eminencia mentoniana de la mandíbula.
- Gnathion (gn): punto medio entre los puntos pogonion y mentón.
- Menton (m): punto más inferior de la línea media en la sínfisis mentoniana de la mandíbula.

b. Puntos bilaterales

- Mid-supraorbital (mso): punto en el borde supraorbitario en el plano sagital medio de la órbita.
- Mid-infraorbital (mio): punto en el borde infraorbitario en el plano sagital medio de la órbita.
- Alare curvature point (acp): punto a unos 3 mm lateral al borde de la abertura nasal.
- Gonion (go): punto en la cara lateral del borde del ángulo mandibular donde una tangente divide el ángulo formado por el borde de la rama posterior y el borde del cuerpo inferior.
- Zygion (zy): extensión más lateral de la superficie lateral del arco cigomático.
- Supra canine (sC): punto en la cresta alveolar superior a la corona de los caninos maxilares.
- Infra canine (iC): punto en la cresta alveolar inferior a la corona de los caninos mandibulares.
- Supra M² (sM²): punto en la cresta alveolar superior a la corona del segundo molar maxilar.
- Infra M₂ (iM₂): punto en la cresta alveolar inferior a la corona del segundo molar mandibular.
- Mid-ramus (mr): punto en el centro de la rama mandibular.

- Mid-mandibular border (mmb): punto en el borde inferior del cuerpo mandibular entre el pogonion y gonion (Stephan y Simpson, 2008).

Figura 11. *Puntos de referencia craneométricos establecidos por Stephan y Simpson (2008).*



Nota. a) Vista frontal del cráneo; b) Vista lateral izquierda. (adaptado de Stephan y Simpson, 2008, p. 1269)

La aplicación práctica de los datos en reconstrucción facial puede guiarse por protocolos metodológicos diversos. El método anatómico desarrollado por Gerasimov daba énfasis en la reconstrucción de la musculatura siguiendo las inserciones óseas, incluyendo luego las capas de tejido adiposo y piel según los espesores promedio de la región (Prag y Neave, 1997), haciendo uso de los puntos de referencia para validar más que como un determinante. Por su parte, en el método antropométrico los espesores tisulares son señalados sobre el cráneo con marcadores de longitud que corresponden al espesor que está documentado para cada punto de referencia y luego se modela la superficie facial intentado que pase a través de los extremos de todos los marcadores (Vanni et al., 2025). El método Manchester mezcla ambas aproximaciones, produciendo una reconstrucción muscular al mismo tiempo que usa los datos de espesores tisulares como una guía continua durante el procedimiento (Wilkinson, 2010).

6.6. Metodologías de reconstrucción facial: comparación crítica

Desde las primeras investigaciones en el siglo XIX, las metodologías de reconstrucción facial han evolucionado notablemente, distinguiéndose unas de otras por sus fundamentos teóricos, procedimientos y tipos de evidencia.

6.6.1. Método anatómico (escuela rusa)

Desarrollado y refinado a mediados del siglo XX por Mikhail Gerasimov, basa las reconstrucciones faciales en un conocimiento profundo de la anatomía de tejidos blandos como la musculatura y las relaciones de esta con las estructuras óseas (Prag y Neave, 1997), modelando la anatomía completa de músculos y tejidos blandos, recubiertos por una fina capa que imita la piel sobre el cráneo (Claes et al., 2010), por lo que se va trabajando en capas anatómicas progresivamente. Trabajando únicamente a partir de restos óseos y sin conocimiento previo de los rasgos faciales del individuo, el enfoque de Gerasimov se basa en la idea de que una comprensión precisa de la estructura muscular es esencial para reconstruir un rostro con precisión (Verzé, 2009; Campbell et al., 2021, como se citó en Vanni et al., 2025). La solidez de este método, en consecuencia, reposa en la fundamentación directa entre las relaciones anatómicas entre el cráneo y los tejidos blandos, característica que minimiza la especulación.

Gerasimov planteó que los detalles de la nariz se podrían determinar desde los huesos nasales, la ceja y el maxilar; la boca a partir de los dientes y maxilares; los ojos desde la raíz nasal, huesos orbitales y conductos lagrimales; y las orejas a partir de los procesos mastoides, rama de la mandíbula y conducto auditivo (Wilkinson, 2008).

No obstante, Stephan (2003) expone las limitaciones del método anatómico. En primer lugar, se requiere un conocimiento profundo y detallado de la musculatura facial, trayectorias e inserciones, lo que constituye un saber que se obtiene únicamente con un entrenamiento anatómico extenso. En segundo lugar, el volumen específico de los músculos no se puede determinar

de forma precisa desde el cráneo, pese a que las inserciones musculares entregan información sobre la ubicación y dirección de los mismos. El autor destaca que “out of roughly 30 individual muscles contributing to the surface anatomy of the face only two pairs, temporalis and masseter, have “well demarcated” origins and insertions on the skull that appear to lend themselves to prediction” [de los 30 músculos individuales que contribuyen a la anatomía de la cara, solo dos pares, el temporal y el masetero, tienen orígenes e inserciones bien definidos que pueden colaborar con la predicción] (p. 194). En tercer lugar, la distribución del tejido adiposo subcutáneo no está definida por la anatomía muscular y debe ser estimada a partir de la información general sobre la constitución corporal. Se agrega además el hecho que la forma, tamaño y posición relativa de los músculos varían entre individuos en relación con la matriz ósea y algunos músculos de la expresión facial pueden estar ausentes, duplicados o bifurcados (Pessa et al., 1998; Hu et al., 2008, como se citó en Wilkinson, 2010).

6.6.2. Método antropométrico (escuela americana)

Desarrollado a mediados y finales del siglo XX en Estados Unidos gracias a la colaboración de Krogman, Betty Pat Gatliff y Clyde Snow, consiste en construir las capas de tejido blando en bloque, sin prestar mucha atención al detalle de la anatomía subyacente, aproximando las profundidades medias tabuladas del tejido en un conjunto disperso de puntos de referencia en el cráneo e interpolando entre ellas (Claes et al., 2010). Se basa en promedios estadísticos del grosor del tejido en diversos puntos craneométricos, derivados de estudios de poblaciones vivas (Verzé, 2009; Işcan and Steyn, 2013, como se citó en Vanni et al., 2025). Los marcadores se colocan sobre el cráneo en puntos de referencia que cuentan con las longitudes correspondientes a los espesores de tejido blando que se encuentran registrados para la población de referencia apropiada y luego se modela el rostro de manera que pase por los extremos de todos los marcadores. A partir de este método se desarrollaron las tablas de grosor promedio del tejido, considerando variables como la sexo, edad y ascendencia (Vanni et al., 2025).

La ventaja principal de este método radica en que la estandarización de los puntos de referencia y los procedimientos agudiza la reproducibilidad del método. En la misma línea, las decisiones tomadas durante el proceso se basan en datos cuantitativos que son obtenidos a partir de mediciones sistemáticas de poblaciones. Por otra parte, el uso de variación poblacional, sexual y etaria en los datos de espesores tisulares permite generar reconstrucciones según las características del individuo (Wilkinson, 2008).

Ahora bien, las limitaciones del método antropométrico consideran la dependencia ante la disponibilidad de datos de espesores tisulares apropiados para la población a la que pertenece el individuo, lo cual es una problemática para poblaciones arqueológicas o grupos que no se encuentran documentados en estudios, además de que el método no usa directamente la información anatómica de musculatura individual, perdiendo la variación que se relaciona con el desarrollo muscular específico (Stephan, 2003; Wilkinson, 2008).

6.6.3. Método Manchester (enfoque integrado)

Desarrollado en la Universidad de Manchester por Richard Neave y posteriormente sistematizado por Caroline Wilkinson, se trata de una técnica combinada del método anatómico y del antropométrico con el objetivo de aprovechar las ventajas de ambos (Claes et al., 2010). Los principios anatómicos se centran en la estructura del cuerpo humano, incluyendo la ubicación de los músculos y la profundidad del tejido, mientras que los antropométricos se basan en medidas y proporciones estandarizadas derivadas de estudios de población (Vanni et al., 2025). De esta forma, durante el proceso se reconstruyen estructuras anatómicas particulares — como los globos oculares— y musculatura facial con el conocimiento anatómico al mismo tiempo que se dispone de datos de espesores tisulares en puntos de referencia a modo de guía durante el curso de la reconstrucción. Los defensores de este método afirman que, dado que el rostro se reconstruye según las reglas de la anatomía, se reduce la subjetividad artística en zonas con mediciones limitadas de la profundidad del tejido (Claes et al., 2010).

Comúnmente, el método sigue las siguientes etapas descritas por Wilkinson (2008); una vez realizado el perfil biológico del individuo y analizadas las características del cráneo, se procede con la elección de los datos de profundidad del tejido —la que se determina por los resultados obtenidos desde el perfil biológico— y se localizan los marcadores de espesores tisulares en puntos de referencia específicos. Luego se ubican los globos oculares, normalmente de 24-25 mm y se comienza el modelado de músculos uno por uno a partir de las inserciones óseas e incorporan las estructuras como cartílago nasal, labios y orejas. El siguiente paso corresponde a la aplicación de tejido adiposo y la capa de piel. Finalmente se agregan detalles como textura cutánea y características fenotípicas como color de ojos y cabello.

Gracias a la integración de las fortalezas de los métodos anatómico y antropométrico, el método Manchester permite usar beneficiosamente la información anatómica propia del cráneo a la vez que se usan datos empíricos de espesores tisulares para fundamentar la reconstrucción. Wilkinson et al. (2006) destaca su fiabilidad y reproducibilidad, mencionando que diferentes practicantes con diferentes niveles de experiencia lograron producir reconstrucciones con un nivel similar de semejanza, surgiendo que los resultados no dependen sólo de la habilidad artística y subjetiva del profesional.

Ahora bien, entre las limitaciones del método Wilkinson (2008) destaca la necesidad de un conocimiento anatómico y antropométrico profundo, además de que el método no resuelve las limitaciones importantes y comunes en los protocolos reconstructivos en aspectos esencialmente indeterminados de las características no óseas (forma de la nariz, oreja, forma de los labios, entre otros).

6.6.4. Métodos computacionales

Los métodos de reconstrucción manual requieren un alto grado de experiencia en modelado anatómico y artístico, lo que aumenta su dificultad

de ejecución. El progreso de la informática y la mejora en tecnologías en los últimos años ha llevado al desarrollo de metodologías alternativas basadas en computadora (Claes et al., 2010). Con una generación más rápida, sencilla y eficiente, “the CFR process becomes accessible to a wide range of people without the need for extensive expertise” [el proceso de reconstrucción facial se vuelve accesible a una amplia gama de personas sin necesidad de una amplia experiencia] (Claes et al., 2010, p. 139). Comúnmente la información tridimensional del cráneo y tejidos blandos se obtienen mediante tomografía computarizada e imágenes de resonancia magnética y los métodos se basan en modelos estadísticos de covariación entre morfología craneal y facial construidos a partir de las bases de datos de individuos de los que se tiene información (Errickson et al., 2014).

Las técnicas computarizadas tienden a compartir el mismo flujo de trabajo basados en modelos. Claes y colaboradores (2010) describen que el proceso comienza cuando se realiza una examinación del cráneo para estimar perfil biológico, seguida de la digitalización del cráneo para obtener una copia virtual y obteniendo el modelo craneofacial. A continuación, se obtiene una reconstrucción “by finding the geometrical relationship between the CFM and the unknown skull based on an appropriate choice of skull representation” [determinando la relación geométrica entre el modelo craneofacial y el cráneo desconocido, basándose en una representación craneal adecuada] (Claes et al., 2010, p. 139). Las últimas etapas corresponden al texturizado de la piel.

Las ventajas de estos métodos radican en su objetividad, reproducibilidad, velocidad y fundamentación en las relaciones empíricas cráneo-cara medidas en poblaciones reales (Wilkinson, 2008). Ahora bien, las metodologías computacionales tienen limitaciones importantes que deben ser consideradas. La complejidad computacional de los algoritmos representa una dificultad, debido a que “las técnicas modernas a veces necesitan mucha potencia de procesamiento, lo que las hace inadecuadas para aplicaciones en tiempo real o dispositivos con capacidad de procesamiento limitada” (Hernández et al., 2023, p. 141). Se suma la necesidad de una base de datos

lo suficientemente grande que abarque de forma representativa la población —esto se agrava en poblaciones arqueológicas que no se encuentran representadas en bases o estudios modernos— que se está trabajando; de no contar con ella la precisión de los modelos se ve afectada por el sobreajuste y mala generalización a causa de la escasez de los datos (Hernández et al., 2023).

Al igual que con los métodos anteriores, su principal limitación radica en la dependencia de la experticia, lo que puede complicar la reproducibilidad si no se usan protocolos que estén documentados metodológicamente. Se incluye como otra problemática de la técnica computacional la limitada biblioteca de rasgos faciales y la excesiva dependencia de un número reducido de datos de profundidad del tejido facial (Wilkinson, 2008).

6.7. Tecnologías digitales aplicadas a reconstrucción facial

El paso de metodologías manuales a digitales en labores de reconstrucción facial ha reconfigurado la práctica en los últimos años, entregando capacidades que eran difíciles de lograr con las técnicas de esculpido tradicionales (Claes et al., 2010).

6.7.1. Digitalización tridimensional de especímenes

La adquisición de modelos digitales tridimensionales de cráneos constituye la etapa inicial fundamental y de las más importantes del flujo de trabajo reconstructivo digital, pues de ellos depende el éxito de las etapas que le siguen. Las tecnologías básicas consideran:

Imagen por Resonancia Magnética (IRM). Usa campos magnéticos y ondas de radio para generar imágenes de la estructura interna del cuerpo. Se trata de una técnica fiable para obtener imágenes de tejidos blandos (Errickson et al., 2014).

Tomografía Computarizada (TC). Usa un haz de radiación ionizante que atraviesa un objeto. Un detector registra la radiación y la convierte en una

imagen digital de alta resolución, entregando volúmenes tridimensionales con resolución submilimétrica y contraste entre tejidos de diferente densidad (Errickson et al., 2014).

Escaneo Láser Tridimensional. Tecnologías de luz estructurada que capturan la superficie de objetos, de manera que “thousands of polygons form a mesh structure of geometric and surface data that can be viewed in three dimensions” [miles de polígonos forman una estructura de malla de datos geométricos y de superficie que puede visualizarse en tres dimensiones] (Tocheri, 2009, como se citó en Kuzminsky y Gardiner, 2012).

Fotogrametría digital. Procesamiento computacional que “works by finding reference points on digital images taken from multiple angles and then determining the relative position of these points in 3D space via triangulation” [funciona encontrando puntos de referencia en imágenes digitales tomadas desde múltiples ángulos y determinando la posición relativa de esos puntos en el espacio 3D por triangulación] (Luhmann et al., 2013, como se citó en Porter et al., 2016). Se deben tomar entre 50 a 200 fotografías con un solapamiento del 60 al 80% con una iluminación controlada que no permita sombras duras o brillos (Porter et al., 2016), además de un procesamiento computacional que suele tardar un par de horas en computadores normales para producir modelos de alta resolución. Para este proceso se utilizan *software* como *RealityCapture*, *3DF Zephyr*, *Agiosoft Metashape* (con propietarios) o *Meshroom* y *COLMAP* (código abierto).

La calidad de los modelos tridimensionales obtenidos (normalmente en formatos como STL, OBJ o PLY) es decisiva para el proceso reconstructivo, debido a que son la base geométrica sobre la que se efectuará la reconstrucción facial.

Para esta investigación, la fotogrametría digital es el método más viable gracias a su accesibilidad económica y tecnológica, cumpliendo con una precisión más que adecuada para reconstrucción facial donde las variaciones de tejidos blandos son del orden de milímetros (Ha et al., 2005).

6.7.2. Software de modelado y esculpido digital

Blender, software de código abierto elegido para este proyecto, fue liberado en 2002 como una organización independiente de beneficio público cuyo objetivo es entregar un sistema completo y gratuito para la creación de contenido 3D (Blender Foundation, 2025), contando con funciones compatibles a alternativas de alto costo o con propietarios.

Para intereses de la reconstrucción facial, *Blender* cuenta con modo *Sculpt* que entrega varias opciones de pincel que simulan el esculpido tradicional en el mundo digital:

Brushes básicos. (1) *Draw*, mueve los vértices hacia adentro o afuera; (2) *Clay*, crear y eliminar volúmenes; (3) *Clay Strips*, parecido pero con bordes más marcados, útil para la musculatura; (4) *Grab*, arrastra la geometría sin intervenir en el volumen, lo que es entendido como moldear con los dedos arcilla; (5) *Inflate*, expande o contrae de manera uniforme; (6) *Smooth*, suaviza la posición de los vértices para pulir superficies o eliminar volumen (Blender Foundation, 2025).

Brushes especializados. (1) *Pinch*, atrae la geometría hacia un punto, útil para párpados o labios; (2) *Blob*, desplaza vértices hacia afuera produciendo una curvatura esférica más consistente; (3) *Crease*, crea hendiduras o depresiones tirando de la malla; (4) *Scrape*, raspa la malla creando un borde afilado (Blender Foundation, 2025).

Blender permite el trabajo con tabletas gráficas, las cuales otorgan un control intuitivo similar a la escultura tradicional, donde la presión ejercida sobre la zona sensible de la tableta controla la intensidad del pincel. Este punto es relevante para generar un modelado orgánico de buena calidad que es necesario para una reconstrucción facial.

Además de lo expuesto con anterioridad, *Blender* cuenta con herramientas para remallado dinámico (que ajusta la densidad de polígonos, manteniendo una resolución geométrica correcta) y sistemas de opciones que

permiten crear materiales fotorrealistas incluyendo *subsurface scattering*, importante para simular la translucidez de la piel humana (Blender Foundation, 2025).

6.7.3. Renderizado y visualización fotorrealista

Las reconstrucciones faciales requieren de una presentación final que cuente con un renderizado de alta calidad de manera que se logren imágenes fotorrealistas que sean apropiadas. *Blender* cuenta con dos motores de renderizado:

Cycles. Motor de renderizado que se basa en *path tracing*, simulando propagación de luz (reflexiones, refracciones, cáusticas y dispersión subsuperficial), generando nodos de sombreado flexibles y obteniendo imágenes fotorrealistas (Blender Foundation, 2025). Autores como d'Eon y Luebke (2007) detallan que la piel es difícil de renderizar y que las dificultades surgen principalmente por la dispersión subsuperficial, proceso por el cual la luz pasa por debajo de la superficie de la piel, se dispersa, se absorbe parcialmente y sale por otro lugar. Es esta misma dispersión la que permite simular la translucidez de la piel donde la luz atraviesa unos milímetros antes de dispersarse, lo que diferencia los renderizados plásticos de los fotorrealistas, por ello su importancia para rostros humanos.

EEVEE. Motor de renderizado en tiempo real fundamentado en una rasterización que otorga una retroalimentación visual al momento del modelado, pero con menor realismo que *Cycles*. Es útil en aquellos proyectos que priorizan velocidad por sobre realismo (Blender Foundation, 2025).

6.8. Validez de los métodos de reconstrucción facial digital

Short y equipo (2014) evaluaron la precisión de una técnica de reconstrucción facial (forense) computarizada en 3D. Compararon los modelos creados virtualmente a partir de restos óseos con los tejidos blandos reales de 10 pacientes para validar el método. La precisión fue medida por un análisis cuantitativo comparativo entre la reconstrucción obtenida y el tejido

blando real del individuo, usando datos de tecnologías de tomografía computarizada con haz cónico.

El texto menciona que existen varios métodos específicos para medir, siendo estos: (1) análisis de los puntos de referencia y las distancias, para evaluar que tan bien ubicado está cada punto respecto a su posición real, (2) comparar las mediciones lineales (como la altura del rostro) y medidas angulares (como el triángulo nasal) entre la reconstrucción y el modelo real con la aplicación de pruebas estadísticas para concluir si las diferencias son o no importantes, (3) distancia entre las mallas de reconstrucción y del tejido real (se define que el margen de error es $\pm 2,5$ mm), (4) mapas de error por color, los cuales definen la desviación entre la reconstrucción y el cráneo original (los niveles de margen oscilan entre $\pm 2,5$ mm o $\pm 5,0$ mm, según que tan delgado es el tejido), (5) Superposición de Procrustes, alinea dos puntos por rotación, escalado o traslación, ayudando a reducir la diferencia de posición y alerta respecto a problemas de profundidad de tejido o en la ubicación de marcadores, (6) *Face pools* (conjunto de caras), compara la reconstrucción con una serie de rostros con los que comparte edad, sexo y grupo étnico, motivo por el que es un método subjetivo (Short et al., 2014).

Como resultado obtuvieron que las proporciones faciales no tuvieron diferencias significativas estadísticamente, por lo que la reconstrucción digital es un método válido, aunque los errores se dieron principalmente en área de la nariz y mejillas y, de igual forma, se ve afectada por la variabilidad individual. Los autores plantean que la precisión podría mejorar con bases de datos de espesores de tejido blando más representativos (Short et al., 2014).

Wilkinson y colaboradores (2006) evaluaron la precisión de reconstrucciones faciales por computadora. Usaron datos de tomografías computarizadas de personas vivas para producir rostros digitales a partir de la estructura ósea, aplicando el método Manchester. El margen de error de las superficies reconstruidas fue menor a 2,5 mm y sus resultados lograron una tasa de identificación del 70%, demostrando una alta fiabilidad.

Miranda y coautores (2018) evaluaron la precisión de los programas gratuitos para producir aproximaciones faciales a partir de tomografías computarizadas. Con el uso de *Blender* y *MakeHuman* modelaron los rostros de cuatro voluntarios basándose sólo en datos de sexo, edad y etnia. Al analizar el total de puntos de cada reconstrucción, entre el 63,20% y el 73,67% presentó una distancia dentro del rango de -2,5 y 2,5 mm entre la aproximación y la cara real, al mismo tiempo que el *software Picasa* reconoció el 100% de las imágenes generadas como rostros humanos. Respecto a las imprecisiones, mencionan que el grosor de tejido blando nunca será completamente preciso, ya que los marcadores de grosor tisular son promedios y que las mayores discrepancias se observan en ojos, mejillas, mentón y región cigomática.

6.9. Aplicación y valor de la reconstrucción facial en contextos antropológicos

El proceso requiere de un análisis profundo del cráneo, identificación exacta de puntos de referencia anatómicos, evaluación de perfil biológico y análisis de modificaciones culturales o presencia de patologías, lo que responde a una evaluación antropológica minuciosa que trasciende una descripción osteológica estándar (Wilkinson, 2008). De igual forma, en individuos arqueológicos la aproximación facial se combina con análisis morfológicos y estadísticos de variación con la intención de plantear interpretaciones sobre rasgos fenotípicos de poblaciones humanas antiguas, colaborando en el conocimiento de la diversidad biológica (Hayes, 2011).

En el espacio educativo, las reconstrucciones faciales se defienden por su capacidad para hacer que las poblaciones antiguas sean más identificables para el público (Smith et al., 2020; Sertalp et al., 2023, como se citó en Vanni et al., 2025), sirviendo como una herramienta que comunica conocimiento arqueológico y antropológico a personas que no están especializadas en el área. Los seres humanos poseen la capacidad emocional para conectar con sus pares, por lo que las representaciones faciales ayudan en la conexión de

los observadores con las personas del pasado, colaborando con la comprensión más profunda de las vidas y culturas antiguas, sin los desafíos éticos y emocionales que se asocian con la exhibición pública de restos humanos reales (Vanni et al., 2025).

Desde una mirada ética, la aproximación facial ayuda a contrarrestar la objetivación de los restos humanos. Las osamentas a menudo se perciben como artefactos más que como individuos que alguna vez vivieron (Vanni et al., 2025). La reconstrucción facial puede significar un acto de restitución simbólica de identidad para individuos que han existido como ejemplares numerados en colecciones osteológicas. Vanni y colaboradores (2025) destacan lo señalado por Sayer (2010), quien explica que los museos ofrecen oportunidades para la reflexión tanto personal como colectiva sobre la muerte y las aproximaciones faciales pueden facilitar esta participación de una manera que sea a la vez informativa y respetuosa.

La antropología física en contextos forenses ha aplicado la reconstrucción facial en aquellos casos donde otras técnicas no pueden aplicarse o no dieron resultados positivos. Faúndez (2024) describe que las aplicaciones principales corresponden a identificación en catástrofes y alternativa ante la falta de ADN para cotejar. De igual manera, el autor reconoce la efectividad de modelos tridimensionales que ofrecen diferentes ángulos y estimulan la memoria de testigos de forma eficiente.

Serrulla y Gómez (2008) describen la aproximación facial como un recurso para la identificación humana. En su trabajo, reconstruyeron el rostro de tres esqueletos cedidos por el Museo Arqueológico de Coruña (España), los cuales fueron situados entre los siglos III y VII, y de un cadáver esqueletizado casi carbonizado cuyo cuerpo no había sido reclamado. Los autores concluyen que la técnica tiene un número alto de imprecisiones y requiere una elevada inversión económica y de tiempo, lo que no la hace útil en la práctica diaria forense. Sin embargo, los autores también destacan que estas limitaciones no significan una descalificación absoluta en el ámbito forense y que "estas técnicas pueden ser la única herramienta que tengamos

para identificar a una persona cuando la genética forense no tiene campo de actuación” (Serrulla y Gómez, 2008, p. 306).

Sumado a su uso cuando otros métodos fallan, Gupta y equipo (2015) agrega que los resultados de aproximaciones permiten a entidades gubernamentales producir listas de presuntas víctimas, las que pueden reducirse y por medio de métodos forenses convencionales obtener una identificación positiva.

Ante esto, es necesario aclarar que la reconstrucción facial no es un método de identificación como tal, sino una herramienta para el reconocimiento. En situaciones forenses, puede contribuir al reconocimiento y conducir a una identificación positiva o descartar sospechosos (Wilkinson, 2010).

VII. METODOLOGÍA

7.1. Tipo de estudio

El presente estudio corresponde a una investigación aplicada de alcance descriptivo y un enfoque mixto.

Una investigación aplicada consiste en la aplicación práctica del conocimiento científico para mejorar situaciones o resolver problemas. Tiene por objetivo “utilizar los resultados de la investigación para desarrollar soluciones prácticas y abordar necesidades específicas en diversos campos ... Se basa en el conocimiento adquirido a través de la investigación básica y busca traducirlo en aplicaciones concretas” (González, 2021, como se citó en Vizcaíno et al., 2023). Bajo esta premisa, esta investigación usa conocimientos de antropología, anatomía humana y una técnica de reconstrucción facial con la intención de generar como resultado una aproximación facial digital de un individuo precontacto de Rapa Nui. Por su parte, los estudios descriptivos se caracterizan por buscar especificar propiedades importantes de cualquier fenómeno que sea analizado (Hernández et al., 2014), por ende, el carácter descriptivo del estudio se debe a que se describen y documentan las características morfológicas del cráneo y del proceso reestructivo aplicando un método técnico (Manchester en modelado digital). La intención del estudio es caracterizar y representar la apariencia facial probable del individuo. Se agrega un pequeño componente exploratorio, el cual se aplica “cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado” (Hernández et al., 2014, p. 91) y, en este caso, se explica en que no existen antecedentes de espesores para población Rapa Nui y el estudio permite explorar la aplicabilidad del método para este caso específico.

El diseño mixto se define como “la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una “fotografía” más completa del fenómeno” (Chen, 2006, como se citó en Hernández et al., 2014). En esta investigación los elementos cuantitativos se ven representados en el análisis morfométrico craneal y la aplicación de datos de espesores de tejidos blandos, mientras que los elementos cualitativos se reflejan en las decisiones reconstructivas basadas en la literatura e interpretación anatómica.

Cabe destacar que el proyecto corresponde a un estudio de caso, ya que se enfoca en el análisis profundo y exhaustivo de un estudio particular (en este caso, un cráneo Rapa Nui). Esta metodología de investigación tiene la intención de analizar de forma detallada una única unidad de estudio dentro de un contexto más grande. La esencia de un estudio de caso es intentar esclarecer una decisión o un conjunto de decisiones, priorizando el análisis detallado por sobre el número de muestra (Schramm, 1971, como se citó en Yin, 2018).

7.2. Muestra

Las osamentas evaluadas para la selección de muestra se encuentran localizadas y resguardadas bajo la custodia del Departamento de Antropología de la Universidad de Concepción. Según la información descrita por Henckel (1939), el material corresponde a ocho cráneos (y otros segmentos como húmeros, ulnas, radios, fémures, tibias y fibula) que fueron levantados de sepulturas de Vai Mata y Kuo-Kuo en Rapa Nui por Ottman Wilhelm en el año 1934, en el contexto de un viaje del buque-escuela “General Baquedano” perteneciente a la armada chilena.

El cráneo fue seleccionado teniendo en consideración que su estado de conservación fuera de regular a bueno, el cual permitiera estimar perfil biológico y generar un modelo digital lo más completo y claro posible. De igual forma, se consideró el cráneo que contaba con la mayor cantidad de piezas dentales en cavidad con la intención de poder generar una buena estimación

de la posición de los labios. Sumado a lo anterior, la elección de tablas de espesores de tejido blando requiere que haya un conocimiento sobre la ascendencia del individuo cuyo rostro se quiere aproximar, por lo que se consideró un cráneo del cual se tuviera claridad sobre su lugar de origen. Se excluyeron de la selección cráneos que se encontraran fragmentados, con ausencia de hitos anatómicos relevantes para la reconstrucción y sin piezas dentales.

La elección de trabajar con sólo un cráneo gira en torno a tres ejes principales. Como se mencionó anteriormente, el presente proyecto corresponde a un estudio de caso, lo que implica analizar a profundidad una unidad, con el uso de diversas fuentes de información y cuya intención es explorar un fenómeno poco estudiado. Desde una mirada técnica, la reconstrucción facial digital conlleva etapas que requieren un tiempo y dedicación considerable; el proceso de fotogrametría, su posterior digitalización y el modelado facial exigen una demanda técnica, por lo que se priorizó un proceso bien desarrollado a un tamaño de muestra mayor. Finalmente, se consideró la poca experiencia en el tema y el tiempo limitado para desarrollar el proyecto.

Con base a lo descrito anteriormente, se seleccionó el cráneo codificado como IP-UO116 y su respectiva mandíbula codificada como IP-UO118, que según lo descrito por Henckel (1939) fue levantado del sitio arqueológico Vai Mata (sepultura Sur). No se cuenta con una datación radiocarbónica del segmento óseo, pero se sabe que el individuo habría vivido en el periodo previo al contacto europeo.

7.3. Instrumentos y herramientas

El perfil biológico fue realizado siguiendo los parámetros presentes en la literatura estandarizada de Walrath et al. (2004) para estimación de sexo y Meindl y Lovejoy (1985) para estimación de edad. Para el análisis craneométrico, las medidas fueron tomadas con un calibrador Vernier y un calibrador de ramas curvas (marca genérica). Todas las medidas fueron

medidas en milímetros. Los cálculos para obtener los índices cefalométricos fueron realizados con una calculadora científica Dexin DC-1800N en base a las fórmulas presentadas por Krenzer (2006).

Para la fotogrametría se utilizaron cuatro pliegos de cartón color negro Artel y una base giratoria Novystor, que cumplían la función de dar un fondo opaco para no capturar ruidos de fondo que pudieran entorpecer la calidad del modelo digital y mover el cráneo teniendo control de solapamiento entre imágenes, respectivamente (Porter et al., 2016). Las fotografías fueron tomadas con una cámara digital Canon EOS Rebel T100 y un trípode Sunpak Ultra 7000TM, el cual fue usado para mantener la misma distancia y altura de los anillos descritos por Porter y equipo (2016). Durante todo el proceso se contó con una escala métrica que fuera visible para el programa de digitalización. Para pasar las imágenes obtenidas al equipo de trabajo se utilizó un lector de tarjeta de memoria Spektra.

El trabajo de digitalización y modelado 3D fue realizado en un computador HP Pavilion 15, cuyas especificaciones corresponden a Windows 64 bit con RAM 7.68 GB y un CPU 12th Gen Inter(R) Core(TM) i5-1235U.

Las fotografías en 2D fueron transformadas en un modelo 3D con el programa *Agisoft Metashape* (2.2.3) en su versión gratuita de 30 días. Una vez obtenidos los modelos, estos fueron exportados en formato OBJ e importados al *software* de código abierto *Blender* (4.5.3), donde se trabajó con una tableta gráfica XP-PEN Deco 01 V2 para obtener un resultado más orgánico.

7.4. Caracterización antropológica

Previo a la digitalización, se generó un registro que contextualice al individuo. En este sentido se considera fotografías de 6 vistas estándar, estimación de sexo y edad, análisis craneométrico cuantitativo y evaluación de patologías, traumas o modificaciones.

La estimación de sexo se realizó siguiendo lo pautado por Walrath y equipo (2004), quienes evalúan la valoración de 10 rasgos mediante una escala de -2 a +2, donde los extremos representan un carácter femenino y masculino, respectivamente (ver Anexo 1). A cada uno de los rasgos se les otorga un peso del 1 al 3 según su relevancia como rasgo de diferenciación. A continuación, se debe calcular el índice de sexualización (IS), representado en la fórmula:

$$IS = \frac{\sum (\text{peso} \times \text{valoración})}{\sum \text{peso}}$$

Los valores positivos identifican a individuos masculinos, mientras que los negativos a los femeninos. Los resultados cercanos a 0 ($\pm 0,2$) llevan a considerar al individuo como indeterminado.

La estimación de edad se realizó con el método de Meindl y Lovejoy (1985), quienes propusieron un método para estimar edad analizando la obliteración de las suturas craneales en la tabla externa (Figura 12). Seleccionaron sitios específicos (divididos en lateral-anterior y bóveda) a los cuales se les debe asignar uno de los cuatro grados de cierre siguientes:

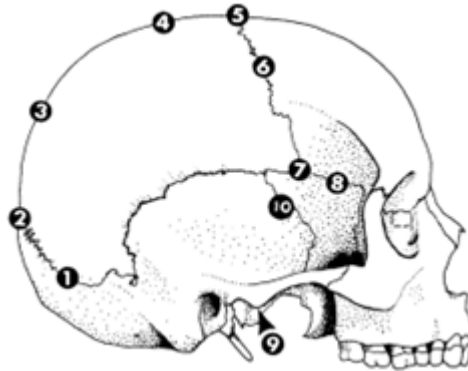
0: Abierto; no hay evidencia de cierre ectocraneal en el sitio.

1: Cierre mínimo; se ha producido cierto cierre mínimo a moderado.

2: Cierre significativo; grado marcado de cierre, pero aún no se encuentra completamente fusionada.

3: Obliteración completa; sitio completamente fusionado.

Figura 12. Obliteración de suturas



Nota. Regiones observadas para el análisis de obliteración de suturas. (Meindl y Lovejoy, 1985, p. 60)

Cabe destacar que la precisión de este método para la estimación de edad es bastante baja, debido a que entrega rangos demasiados amplios a la par que tiende a sobreestimar la edad en adultos jóvenes y a subestimar en individuos mayores, por lo que no se recomienda usar por sí solo, sino más bien combinarlo con otros métodos para mejorar la precisión diagnóstica (Ruengdit et al., 2018; Ruengdit et al., 2020). Sumado a lo anterior, Hershkovitz y colaboradores (1997) incluyen que algunos patrones de cierre de suturas son heredados genéticamente, lo que reduce su fiabilidad.

Sin embargo, y pese a lo anterior, en este caso se contaba únicamente con el cráneo y mandíbula como recursos orientadores para estimar la edad del individuo y no hubo posibilidad de aplicar otros indicadores como la sínfisis púbica o la superficie auricular que complementarían el análisis.

Además, se realizó un análisis craneométrico cuantitativo en base a las medidas tomadas en el cráneo y mandíbula, las cuales fueron calculadas con un calibrador Vernier y un calibrador de ramas curvas. Todas las medidas fueron mensuradas en milímetros.

Los índices craneométricos responden a fórmulas que no fueron establecidas por una sola persona, sino que son el resultado de la evolución de la antropología física durante los siglos XIX e inicios del XX, siendo Rudolf

Martin quien las termino por sistematizar definitivamente en el año 1928. Otros autores que trabajaron en estas numeraciones son Paul Broca y William Henry Flower. Dado que su obra se encuentra en alemán, para este trabajo se utilizaron las fórmulas descritas por Krenzer (2006), el cual desarrolló un compendio que considera el trabajo de Martin (1928) (Tabla 1).

Tabla 1. *Cálculo de índices cefalométricos descritos por Krenzer (2006) en base a la sistematización de Martin (1928)*

Índice cefalométrico	Fórmula
Índice Craneal longitudinal	$\text{Anchura craneal máxima} * 100 / \text{Longitud craneal máxima}$
Índice vértico transversal	$\text{Altura craneal} * 100 / \text{Longitud craneal máxima}$
Índice facial superior	$\text{Altura facial superior} * 100 / \text{Anchura facial máxima}$
Índice nasal	$\text{Anchura nasal} * 100 / \text{Altura nasal}$
Índice craneofacial transversal	$\text{Anchura facial máxima} * 100 / \text{Anchura craneal máxima}$
Índice frontotransversal	$\text{Anchura frontal mínima} * 100 / \text{Anchura craneal máxima}$
Índice jugomandibular	$\text{Anchura bigoniáca} * 100 / \text{Anchura facial máxima}$
Índice orbital de Broca	$\text{Altura orbital} * 100 / \text{Anchura decrial}$
Índice gnatico de Flower	$\text{Longitud de la base craneal} * 100 / \text{longitud basi-alveolar}$
Índice palatino	$\text{Anchura del paladar} * 100 / \text{Longitud del paladar}$

Índice mandibular	$\text{Longitud mandibular} * 100 / \text{Anchura bicondilar}$
Índice maxiloalveolar	$\text{Anchura alveolar} * 100 / \text{Longitud maxiloalveolar}$

Nota. Las medidas se tomaron y aplicaron en milímetros (mm).

7.5. Digitalización tridimensional

7.5.1 Fotogrametría

La fotogrametría necesita de una preparación cuidadosa, por lo que el cráneo debe ser limpiado con una brocha suave que elimine polvo que interfiera en la captura fotográfica. Posteriormente, debe ser ubicado en una superficie sólida y estable con el objetivo de moverlo sin el peligro de rodamiento. De la misma manera, Porter y colaboradores (2016) destacan que debe considerarse un fondo neutro que ayude al procesamiento fotogramétrico a eliminar elementos confusos. Con el fin de evitar sombras, se debe contar con 2-4 fuentes de luz que estén ubicadas en distintos ángulos. Como en cualquier proceso fotográfico, se debe contar con un testigo o escala métrica visible que permita obtener una calibración precisa del modelo que sea producido.

Las fotografías deben capturar el objeto completamente con un solapamiento suficiente. Deben tomarse fotos cada 30°, girando el objeto hasta que este haya rotado completamente. Porter y colaboradores (2016) describen que deben tomarse las fotos en diferentes elevaciones: anillo inferior (20-30° bajo horizonte, capturando base craneal), anillo horizontal (0°, capturando región media), anillo superior (20-40° sobre horizonte, capturando calota), anillo cenital (70-90°, paralelo al suelo). Para cada anillo se deben tomar un aproximado de 24 fotos, asegurando un solapamiento entre cada una.

De igual forma, se deben considerar fotografías adicionales en áreas complejas, tales como suturas, forámenes, cavidades orbitarias/nasales y base craneal (si el cráneo puede ser rotado seguramente, tomar fotografías desde abajo).

Para el final del proceso se debe tener un estimado de entre 100 a 150 fotografías, las cuales para mejor organización pueden ser nombradas de forma informática o documentadas en una hoja de metadatos (Porter et al., 2016).

7.5.2. Procesamiento en *Agisoft Metashape*

Las fotografías 2D se transforman en un modelo 3D con algoritmos computacionales sofisticados en software especializados (Porter et al., 2016). Para este proyecto se usará *Agisoft Metashape* (2.2.3), el cual cuenta con una prueba gratuita de 30 días y es un estándar gracias a su precisión y flujo de trabajo bien documentado.

Una vez abierto el programa, las fotografías deben ser añadidas y alineadas, proceso donde el programa encuentra las correspondencias entre las fotos y calcula las posiciones de la cámara (Agisoft, 2024). Este proceso tiene un tiempo estimado de procesamiento que depende del número de fotografías, considerando los cinco minutos en adelante.

El siguiente paso corresponde a la construcción de la nube densa o nube de puntos —con la que se puede reconstruir un modelo de malla poligonal— generando miles de puntos que reflejan la superficie (Agisoft, 2024). Este paso responde al más intensivo computacionalmente y el tiempo de procesamiento dependerá de las capacidades computacionales del equipo, pudiendo tardar desde una a 20 o más horas.

Los últimos pasos corresponden a la construcción de textura y exportación del modelo final en formato OBJ con archivo MTL y la textura en formato JPG para que sea compatible con el *software* 3D elegido (Agisoft, 2024).

7.6. Análisis de datos de referencia y puntos de referencia seleccionados

Como se ha mencionado en páginas anteriores, no se han documentado datos específicos de espesores de tejidos blandos para población Rapa Nui, por lo que es obligatorio realizar una compilación sistemática de poblaciones relacionadas genéticamente.

Para la búsqueda bibliográfica, se ingresó a bases de datos y portales como Elsevier, ScienceDirect, Ebsco, JSTOR y PubMed buscando los conceptos "*digital facial reconstruction*" y "*soft tissue thickness polynesian, pacific or asian*". Se revisó la bibliografía citada en los artículos revisados inicialmente con la intención de ir ampliando la lista de referencias.

Para los estudios tomados en consideración para esta investigación se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- 1) Criterios de inclusión: Estudios que (1) contaban con una descripción de los puntos de referencia medidos en tejidos blandos faciales, (2) detallaban a la población estudiada en aspectos como tamaño de la muestra, edad y método usado, (3) datos fueron separados por sexo, (5) el nombre dado a los puntos de referencia corresponde a los protocolos de Stephan y Simpson (2008) o De Greef y colaboradores (2006).
- 2) Criterios de exclusión: Estudios que (1) fueron realizados en población de infantes o individuos juveniles, (2) contaban con una muestra pequeña, con menos de 20 individuos y (3) que no establecen de forma clara los puntos de referencia o metodología utilizada.

Aunque se revisaron datos de varias poblaciones asiáticas, para la reconstrucción facial se utilizaron aquellas que tenían el mejor respaldo genético en base a la información recolectada por investigaciones de ADN antiguo y genética de poblaciones. De esta forma, se concluye que los datos más apropiados a utilizar como referencia son los obtenidos por estudios provenientes de poblaciones del Sudeste Asiático insular (Indonesia) (ver Anexo 2), seguido del Este Asiático (China del sur) (ver Anexo 3)

Los puntos de referencia seleccionados para la aproximación facial (Tabla 2) fueron aquellos que estaban ampliamente usados en estudios de espesores de tejido blando, priorizando los que se encontraban presentes en las tablas de poblaciones elegidas para este proyecto y que contaban con definiciones similares, correspondiendo a la investigación de Sarilita y colaboradores (2020) en población de Indonesia y el trabajo de Chen y equipo (2011) en población de China del sur.

Se mantuvo la nomenclatura planteada por Stephan y Simpson (2008). Debido a la diferencia entre los puntos trabajados en los estudios seleccionados, se consideraron un total de 8 puntos correspondientes a: (1) glabella, (2) nasion, (3) rhinion, (4) subnasale, (5) labrale superius, (6) labrale inferius, (7) pogonion y (8) gnathion. Dado el resultado obtenido en la estimación de sexo, se consideraron solo los datos para población masculina.

Tabla 2. *Datos de espesores de tejido blando de poblaciones afines genéticamente*

Punto craneométrico	Abreviación	Indonesia (n = 83)	China del sur (n = 233)
Glabella	g	5,13	5,43
Nasion	n	6,04	4,44
Rhinion	rhi	3,00	2,64
Subnasale	sn	14,06	11,85
Labrale superius	ls	14,21	11,75
Labrale inferius	li	14,36	12,48
Pogonion	pg	11,46	9,42
Gnathion	gn	8,12	5,57

Nota. Los datos se encuentran en milímetros (mm).

7.7. Promedio de datos para población Rapa Nui

La recolección del espesor promedio del tejido blando facial en puntos de referencia faciales específicos es importante para obtener una reconstrucción facial correcta (Sehrawat y Ahlawat, 2023). Por ello, se calculó la media para cada punto de referencia por promedio simple y desviación estándar.

La media aritmética “sirve como “punto de equilibrio” del conjunto de datos ... Se calcula sumando todos los valores del conjunto de datos y dividiendo el resultado por el número de valores considerados” (Levine et al., 2012, p. 73). La media se expresa con el símbolo X y se encuentra representada en la siguiente fórmula:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Donde:

X = media aritmética.

n = número de valores.

X_i = cada uno de los datos individuales considerados en el cálculo de la media.

$\sum_{i=1}^n$ = sumatoria de todos los valores X_i de la muestra (Levine et al., 2012).

La desviación estándar de una muestra “es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las diferencias con respecto a la media dividida por el tamaño de la muestra menos uno” (Levine et al., 2012, p. 82). Mide el grado de dispersión de los datos respecto a la media y se representa en la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n - 1}}$$

S = desviación estándar.

X = media aritmética.

n = tamaño de la muestra.

X_i = cada valor en el conjunto de datos.

$\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2$ = sumatoria de los cuadrados de las diferencias entre los valores de X_i y X (Levine et al., 2012).

7.8. Reconstrucción facial digital con método Manchester

La aplicación del método Manchester en *Blender* traslada los principios de la aproximación facial tradicional (marcadores de espesores de tejido blando con el modelado de la estructura muscular) a un espacio virtual.

Se siguió el flujo de trabajo descrito por Wilkinson (2008) y Preuß y colaboradores (2025). Estos últimos describen la línea de trabajo en *Blender* considerando las siguientes etapas:

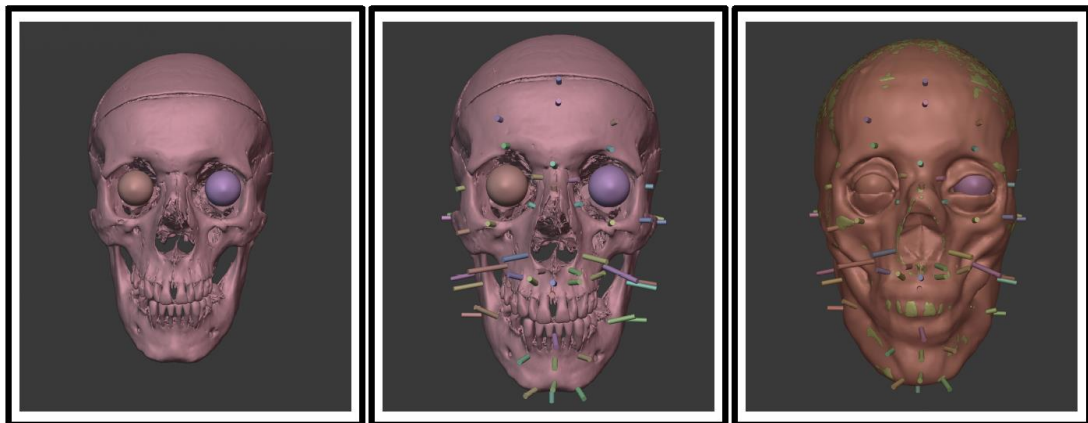
- a. Importación y preparación del modelo craneal (considera la limpieza de ser necesaria e instaurar la escala anatómica correcta).
- b. Identificación y marcar puntos de referencia (*landmarks*) craneométricos sobre puntos específicos y globos oculares.
- c. Modelado de musculatura y reconstrucción de rasgos faciales (forma de la nariz, boca y orejas).
- d. Refinamiento de detalles anatómicos como surcos faciales, transiciones de regiones anatómicas y modelado de cabello.
- e. Aplicación de texturas que simulan características de la piel humana.
- f. Iluminación y renderización para una imagen fotorrealista.

Tanto el cráneo como la mandíbula fueron importados a *Blender* (4.5.3) en formato OBJ. Para verificar que la escala y dimensiones del cráneo sean las correctas y que el trabajo sea realizado en las unidades correspondientes,

en la opción de “preferencias” se debe seleccionar la opción de longitud en milímetros (mm).

A continuación, se articuló la mandíbula al cráneo, se ubicaron los globos oculares y los puntos craneométricos de referencia. Para los primeros, se crearon dos esferas de 24 mm de diámetro con sus respectivos iris de 12 mm de diámetro, los cuales se ubicaron teniendo en consideración la altura y anchura orbital, posicionándose justo en el centro (Stephan y Davidson, 2008; Wilkinson, 2008) (Figura 13). Para los puntos craneométricos, se crearon cilindros a los que se les da el espesor correspondiente de tejido blando según la tabla creada para Rapa Nui. Para diferenciarlos de mejor manera visualmente, se colorearon de tonalidad verde.

Figura 13. Flujo de trabajo en Blender



Nota. Posicionamiento de globos oculares, puntos de referencia y modelado de musculatura descrito por Preuß et al., 2025, p. 7.

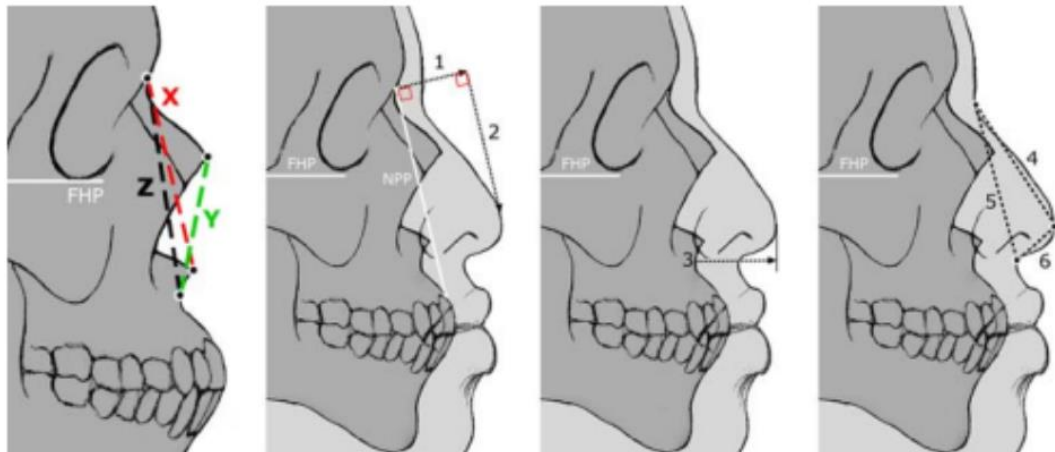
El esculpido facial es un proceso progresivo que va desde lo general a lo específico, entrelazando lo anatómico con los puntos de referencias. Se siguió el orden de reconstrucción de musculatura pautado por Wilkinson (2008), correspondiente a: (1) m. temporal, (2) m. masetero, (3) m. buccinador, (4) m. orbicular de la boca, (5) m. mentoniano, (6) m. depresor del labio inferior, (7) m. depresor del ángulo de la boca, (8) m. orbicular de los párpados, (9) cartílago nasal y forma nasal básica, (10) m. elevador del labio superior y del ala de la nariz, (11) m. nasal, (12) m. elevador del ángulo de la boca, (13) m. elevador del labio superior, (14) m. cigomáticos mayor y menor, (15) m.

corrugador superciliar, (16) m. prócer, (17) m. occipitofrontal, (18) glándula parótida, (19) orejas, (20) grasa subcutánea, (21) piel y (22) labios.

Con el uso de la tableta gráfica y en la opción *Sculpt Mode*, se utilizaron brushes como *Grab*, *Elastic Grab*, *Flatten* y *Smooth* para ir modelando uno a uno los músculos a partir de una esfera como geometría base, intentando respetar la ubicación anatómica de estos y su grosor (Blender Foundation, 2025; Wilkinson, 2008). Durante todo el esculpido se debe ir suavizando la superficie y verificando desde diferentes puntos de vista. Del mismo modo, los músculos fueron coloreados con un tono granate pálido (RGB: 0.6, 0.15, 0.15) con la intención de simular su alta vascularización y acercarse a las imágenes anatómicas.

La región nasal representa una de las regiones más desafiantes debido a que el cartílago nasal no se preserva. Sin embargo, el estudio de Rynn y coautores (2010) describe que la anchura nasal se correlaciona con la abertura nasal determinada por la apertura piriforme. Además, el puente nasal sigue el contorno de los huesos nasales con 2-4 mm de cartílago agregado. Al utilizar lo planteado por Rynn y colaboradores (2010) se debe tener la consideración de que su estudio fue realizado en población europea, por lo que las dimensiones que se tomaron para este proyecto corresponden a aquellas que pueden ser usadas en todas las poblaciones, siendo estas: proyección pronasal anterior, proyección pronasal vertical, proyección pronasal en plano Horizontal de Frankfurt y profundidad nasal (Figura 14). Luego de calcular las medidas y, considerando la falta de experiencia en modelado digital, se optó por utilizar un *add-ons* llamado *MakeHuman*, el cual cuenta con el modelo de diferentes prototipos humanos. Con opciones de esculpido como *Grab* se fue moldeando la malla de la nariz hasta que calzara con los datos obtenidos para la proyección nasal.

Figura 14. Proyección nasal



Nota. Dimensiones craneométricas medidas. X= nasion-acanthion; Y= rhinion-subspinale; Z= nasion-subspinale; 1= proyección pronasal anterior; 2= proyección pronasal vertical; 3= proyección pronasal en el Plano Horizontal de Frankfurt (PHF); 4= profundidad nasal. Las Medidas 5 y 6 no se consideraron. (Rynn et al., 2010, p. 26)

Luego del modelado de los músculos y el cálculo de la región nasal se aplica la glándula parótida, la cual es la glándula salival más grande y se ubica “en la región parotidomaseeterina, por detrás y lateral a la rama de la mandíbula, delante de la apófisis mastoides” (Latarjet y Ruiz, 2005, p. 1260). Para simular su textura, se utilizó la opción de *Metaball*, la cual tiene la función de fusionarse unas con otras generando un aspecto lobulado. Además, se aplicó una tonalidad rosa pálida (RGB: 0.8, 0.489, 0.579) para simular el tejido conectivo que la recubre.

Para la región auricular, se utiliza el conducto auditivo externo como indicador para posicionar la oreja, ubicándola al centro vertical del pabellón auricular (Wilkinson, 2008). Debido a que la morfología específica no se puede determinar a partir del cráneo, se suelen utilizar formas y modelos promedio, evitando detalles excesivos. Debido a esto último, se aplicó nuevamente la extensión *MakeHuman*, utilizando como guía dos cilindros ubicados en el conducto auditivo externo.

El modelado de la piel se generó moldeando la malla de *MakeHuman* descrita anteriormente. En *Edit Mode* se subdividió dos veces para agregar resolución a la malla al dividir las caras o bordes en unidades más pequeñas. Posteriormente, en *Sculpt Mode* con las herramientas *Grab* y *Smooth* se modeló la malla y suavizó el área (Blender Foundation, 2025).

VIII. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis morfológico y el trabajo digital realizado a las osamentas correspondientes al cráneo codificado como IP-UO116 y su respectiva mandíbula codificada como IP-UO118.

8.1. Caracterización antropológica

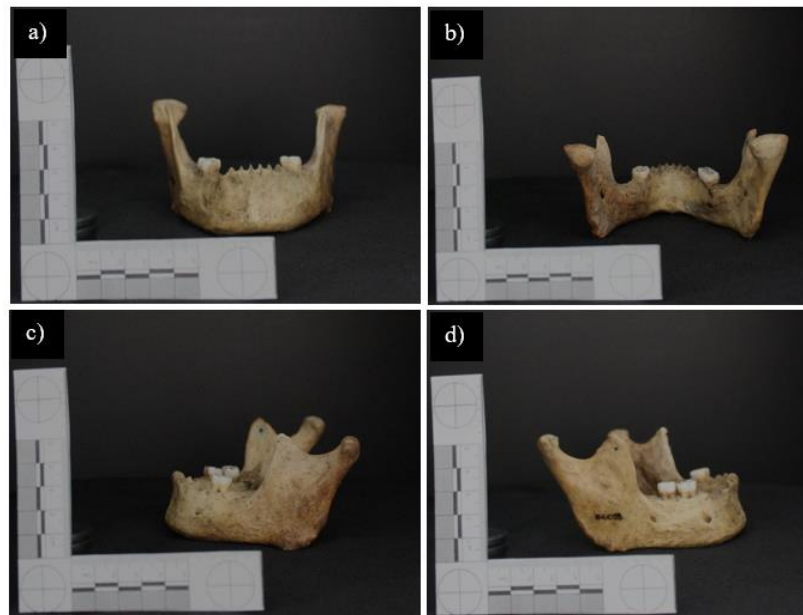
El cráneo se encontraba en un buen estado de conservación y completitud. En lo que respecta a patologías, la constitución del tejido óseo sugiere una buena salud (Figura 15 y 16).

Figura 15. Cráneo IP-UO116



Nota. Cráneo IP-UO116 en sus seis vistas estándar. (a) Anterior; (b) Posterior; (c) Lateral izquierda; (d) Lateral derecha; (e) Superior; (f) Inferior.

Figura 16. Mandíbula IP-UO118



Nota. Mandíbula IP-UO118 en cuatro vistas estándar. (a) Anterior, (b) Posterior, (c) Lateral izquierda, (d) Lateral derecha.

Respecto a las piezas dentarias, se encontraban en cavidad un total de seis piezas correspondientes a primer molar superior derecho (16), segundo premolar superior izquierdo (25), primer molar superior izquierdo (26), primer molar inferior izquierdo (36), primer molar inferior derecho (46) y segundo molar inferior derecho (47). Se encuentra asociada a la mandíbula una pieza fuera de cavidad que corresponde posiblemente a un canino inferior izquierdo (33). El resto de las piezas dentarias se encontraban ausentes con pérdida post mortem debido a que no se presentaba reabsorción alveolar, con excepción del espacio correspondiente a primer premolar derecho (44) que si exponía una pérdida ante mortem (ver Anexo 4). Las piezas dentarias presentan poco desgaste oclusal.

8.1.1. Estimación de sexo

En base a los rasgos observados en el cráneo y lo descrito por Walrath y equipo (2004) (ver Anexo 1), se estimaron los valores presentados en la Tabla 3:

Tabla 3. Resultados de rasgos sexuales descritos por Walrath y colaboradores (2004)

Rasgo	Peso	Valoración	Peso x Valoración
Glabela	3	1	3
Proceso mastoides	3	0	0
Plano nucal	3	2	6
Proceso temporal del cigomático	3	1	3
Arcos superciliares	2	1	2
Eminencias frontales y parietales	2	1	2
Protuberancia occipital externa	2	2	4
Cigomáticos	2	1	2
Perfil frontal	1	1	1
Forma orbital	1	1	1
Total	22	11	24

$$IS = \frac{24}{22} = 1,09$$

Considerando lo descrito por Walrath y colaboradores (2004) y el resultado obtenido, se estima que el sexo biológico del individuo corresponde a sexo masculino.

8.1.2. Estimación de edad

La estimación de edad fue realizada según lo establecido por Meindl y Lovejoy (1985). La mejor estimación para un cráneo de edad desconocida se determina por medio de los cinco valores del sistema lateral-anterior, los cuales deben ser sumados para obtener un resultado total que se compara con los rangos etarios descritos por los autores (Anexo 5). Las siete suturas de la bóveda proporcionan una estimación similar (Meindl y Lovejoy, 1985) (Tabla 4).

Tabla 4. Registro de las suturas craneales y su obliteración según lo descrito por Meindl y Lovejoy (1985)

N°	Región	Región sutural	Grado de obliteración
1		Lambda medio	1
2		Lambda	2
3		Obelion	2
4	Bóveda	Sagital anterior	1
5		Bregma	1
6		Mediocoronal ¹	1
7		Pterión ²	3
8		Esfenofrontal	3
9	Lateral-anterior	Esfenotemporal inferior	2
10		Esfenotemporal superior	1

Nota. 1= Punto mediocoronal se considera tanto para la región de bóveda como en la región lateral-anterior; 2= Punto pterión se considera tanto para la región de bóveda como en la región lateral-anterior.

La suma de los puntajes correspondiente a los cinco puntos lateral-anterior fue de 10. De acuerdo con los rangos propuestos por los autores, el valor se asocia a una edad media de 51,9 años dentro de un rango de 33 a 76 años.

8.1.3. Rasgos morfológicos

Sobre la intersección de las suturas de los huesos parietales, temporales y occipital se observan unas protuberancias que no se asocian a alguna patología conocida (Figura 17). Aunque se encuentran en ambas lateralidades, es más prominente aquella se percibe en el lado derecho.

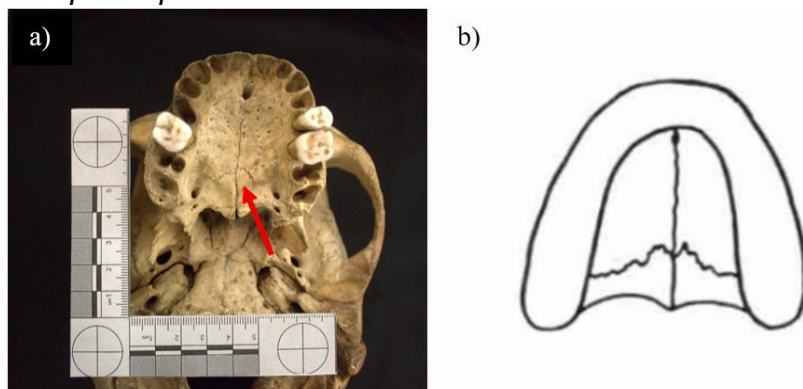
Figura 17. *Protuberancias en sutura lambdoidea*



Nota. a) Vista lateral izquierda, en círculo rojo se destaca protuberancia; b) Vista lateral derecha, en círculo amarillo se destaca protuberancia.

El paladar, según la descripción de Gill y equipo (1997) correspondería a un paladar de tipo parabólico (Figura 18).

Figura 18. *Tipo de paladar*



Nota. a) Vista inferior del cráneo donde se observa el paladar. Con la flecha roja se señala sutura palatina transversa; b) Dibujo del tipo de paladar parabólico (Gill et al., 1997, p. 66).

8.1.4. Análisis craneométrico cuantitativo

Con las fórmulas entregadas por Krenzer (2006) en base a la sistematización de Martin (1928), se calcularon los índices cefalométricos con la intención de generar una comparación entre lo descrito en la literatura y lo observado en el cráneo IP-UO116 y mandíbula IP-UO118. Los resultados y clasificaciones se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. *Clasificación de índices cefalométricos*

Índice cefalométrico	Resultado	Clasificación
Índice craneal longitudinal	72,13	Dolicráneo
Índice vértico transversal	110,6	Acrocráneo
Índice facial superior	51,42	Mesenos
Índice nasal	51,85	Platirrino
Índice craneofacial transversal	106,06	Macropside
Índice frontotransversal	77,27	Eurimetópico
Índice jugomandibular	72,14	Mandíbula estrecha
Índice orbital de Broca	97,22	Hipsiconque
Índice gnatico de Flower	103,84	Prognatismo
Índice palatino	66	Leptoestafilino
Índice mandibular	66,6	Braquignata
Índice maxiloalveolar	85	Dolicourania

Nota. Los resultados se encuentran en milímetros (mm).

8.2. Puntos de referencia seleccionados

Los datos de espesor de tejidos blandos para individuos de Rapa Nui se realizaron calculando los promedios y desviación estándar de los datos de Indonesia y China del sur, teniendo como los resultados que se exponen en la Tabla 6:

Tabla 6. *Sistematización de datos de espesores de tejidos blandos para Rapa Nui*

Punto de referenci a	Abreviació n	Promedio	Desviación estándar	Intervalo de plausibilidad
Glabella	g	5,28	0,21	[5,07-5,49]
Nasion	n	5,24	1,13	[4,11-6,37]
Rhinion	rhi	2,82	0,25	[2,57-3,07]
Subnasal e	sn	12,95	1,56	[11,39-14,51]
Labrale superius	ls	12,98	1,73	[11,25-14,71]
Labrale inferius	li	13,42	1,32	[12,1-14,74]
Pogonion	pg	10,44	1,44	[9,00-11,88]
Gnathion	gn	6,84	1,8	[5,04-8,64]

Nota. Los datos se encuentran en milímetros (mm).

8.3. Proceso de fotogrametría

En total, durante el proceso de fotogrametría se tomaron 362 fotografías, de las que 220 corresponden a cráneo y las 142 restantes a

mandíbula. Luego de ser revisadas, se descartaron imágenes con desperfectos como exceso o falta de iluminación y desenfoque. En todo momento se contó con una escala métrica visible para que el programa de *Agisoft Metashape* pueda calibrar de manera correcta las osamentas.

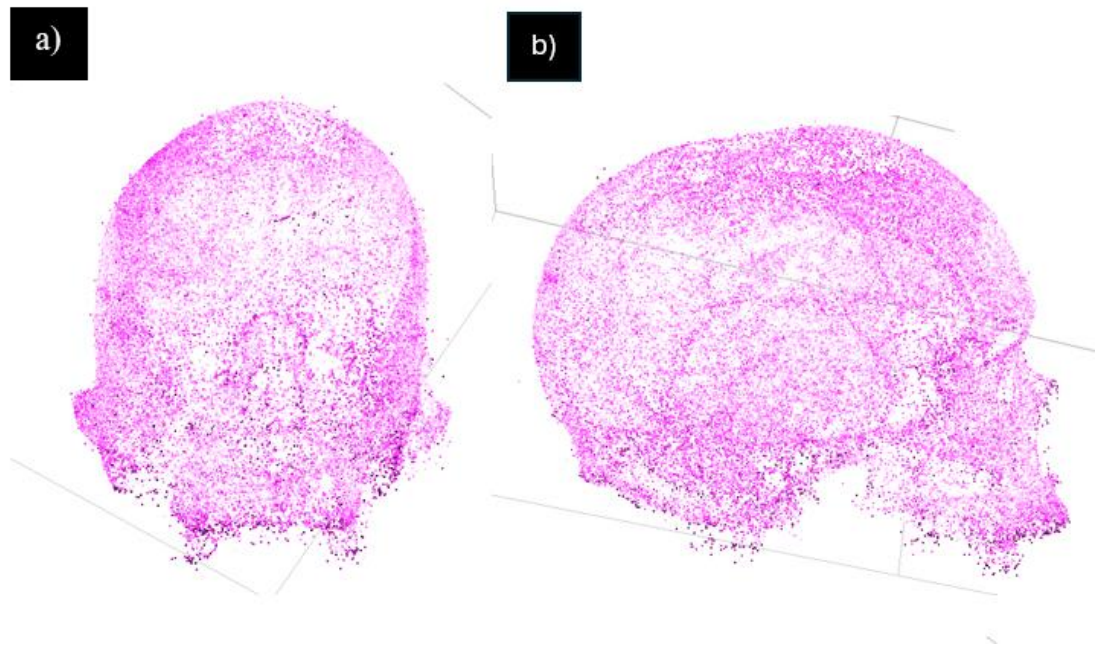
Finalmente, el número total de imágenes obtenidas durante la fotogrametría importadas al programa *Metashape* fue de 298 fotos.

8.4. Digitalización del modelo en *Agisoft Metashape*

8.4.1. Cráneo

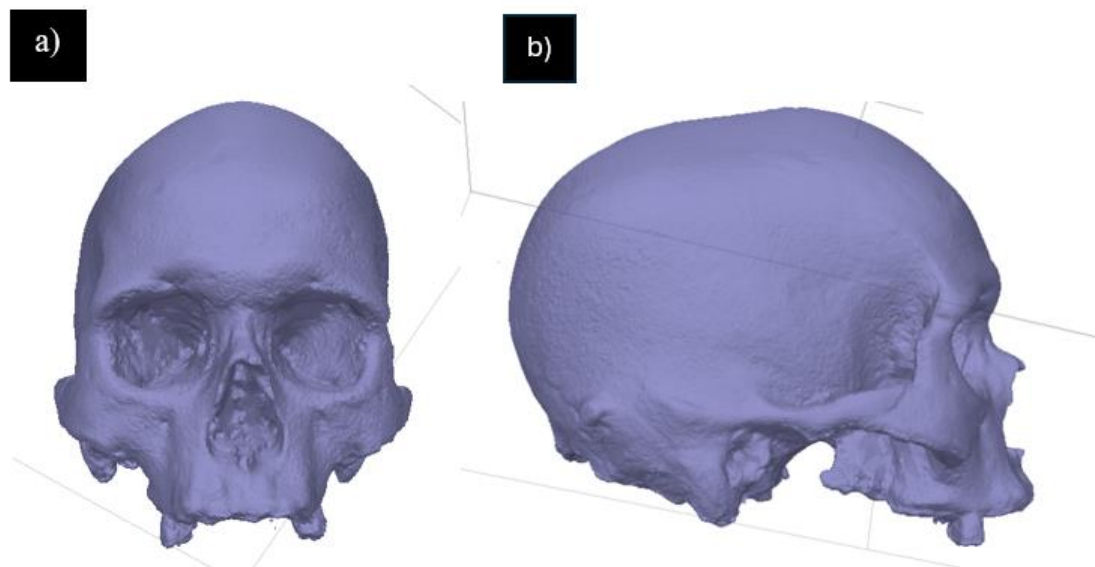
El número de imágenes total sacado durante la fotogrametría fue de 156 imágenes. Se generaron un total de 55.185 puntos. En el proceso de alineación se consideraron un total de 154 fotos y tardó un total de dos minutos con cuatro segundos. Los procesos para la generación de mapas de profundidad y la nube de puntos tardaron 11 horas con 12 minutos y 23 minutos con 44 segundos, respectivamente. El texturizado tardó un total de cinco minutos con un segundo (Figuras 19, 20 y 21).

Figura 19. *Nube de puntos del cráneo*



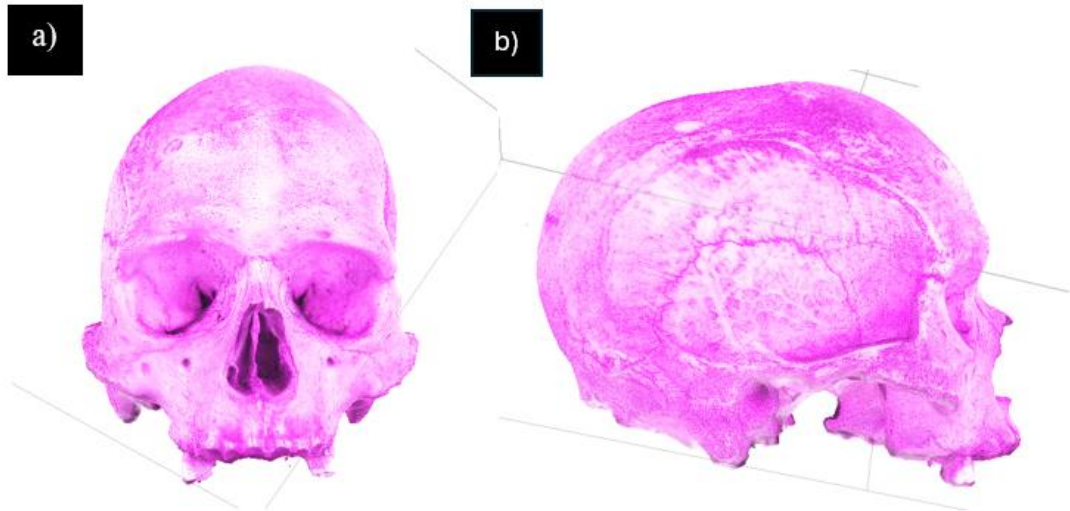
Nota. (a) Vista anterior; (b) Vista lateral derecha.

Figura 20. *Modelo sólido del cráneo*



Nota. (a) Vista anterior; (b) Vista lateral derecha.

Figura 21. Modelo texturizado del cráneo

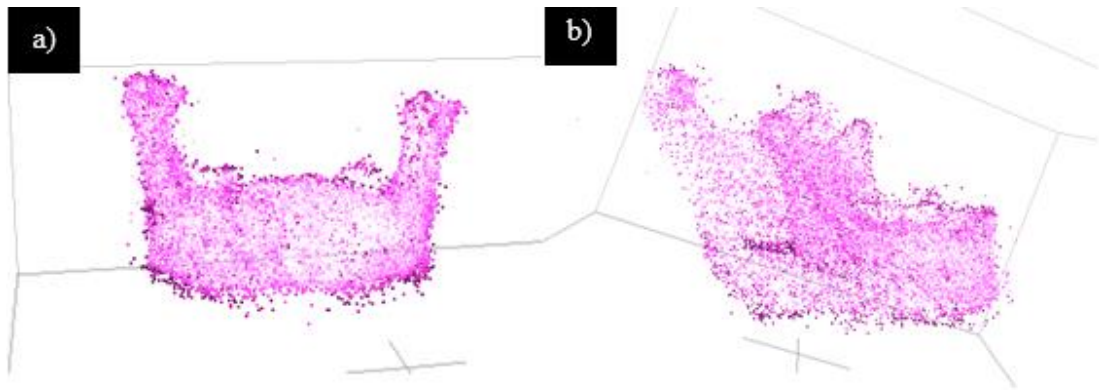


Nota. (a) Vista anterior; (b) Vista lateral derecha.

8.4.2. Mandíbula

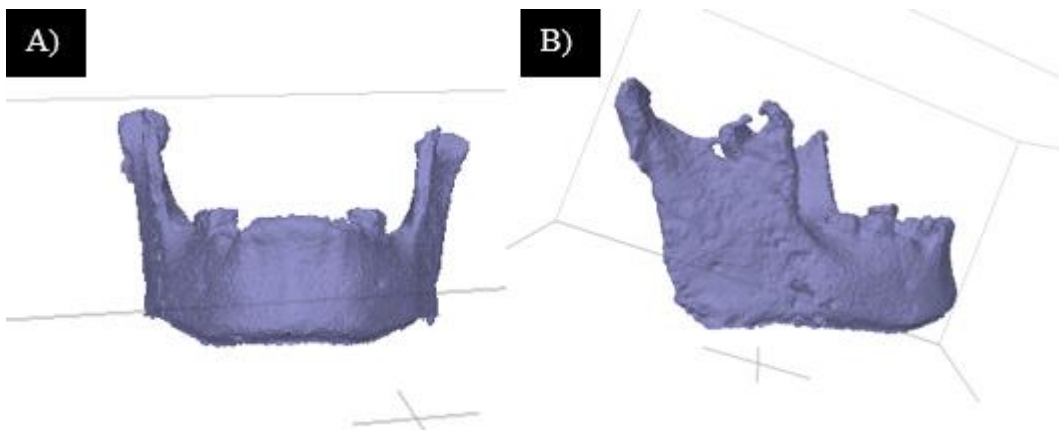
El número de imágenes total sacado durante la fotogrametría fue de 142. Se generaron un total de 22.875 puntos. En el proceso de alineación se consideraron un total de 140 fotos y tardó un total de tres minutos con dos segundos. Los procesos para la generación de mapas de profundidad y la nube de puntos tardaron 31 horas y ocho horas con cinco minutos, respectivamente. El texturizado tardó un total de 19 minutos con 12 segundos (Figuras 22, 23 y 24).

Figura 22. Nube de puntos de la mandíbula



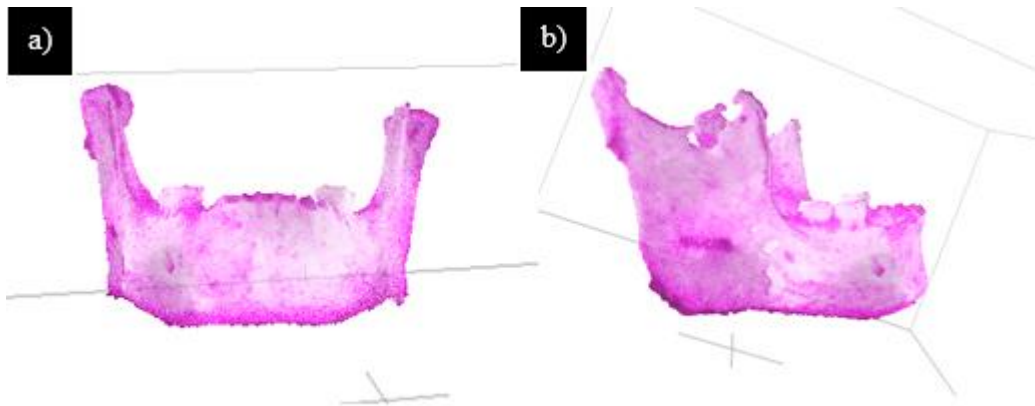
Nota. a) Vista anterior de nube de puntos; b) Vista lateral derecha de nube de puntos.

Figura 23. Modelo sólido de la mandíbula



Nota. A) Vista anterior del modelo sólido; B) Vista lateral derecha del modelo sólido.

Figura 24. Modelo texturizado de la mandíbula



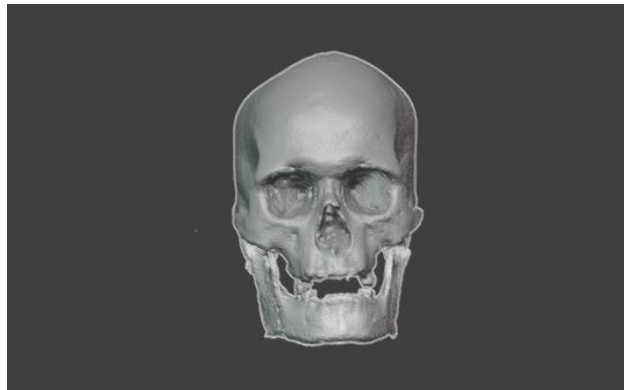
Nota. a) Vista anterior del modelo final texturizado; b) Vista lateral derecha del modelo final texturizado.

Para cada modelo se guardaron tres archivos. El primero corresponde al modelo en formato OBJ, el segundo es una imagen JPG con el texturizado y por último un reporte en formato PDF, donde se describen tiempos de procesamientos y los parámetros de los mismos.

8.5. Reconstrucción facial digital en *Blender*

El cráneo y mandíbula fueron importados al *software Blender* (Figura 25). La articulación mandibular se hizo respetando la articulación temporomandibular entre las cavidades glenoideas de los huesos temporales y los cóndilos mandibulares (Burns, 2008), considerando una posición de reposo y evitando la oclusión forzada.

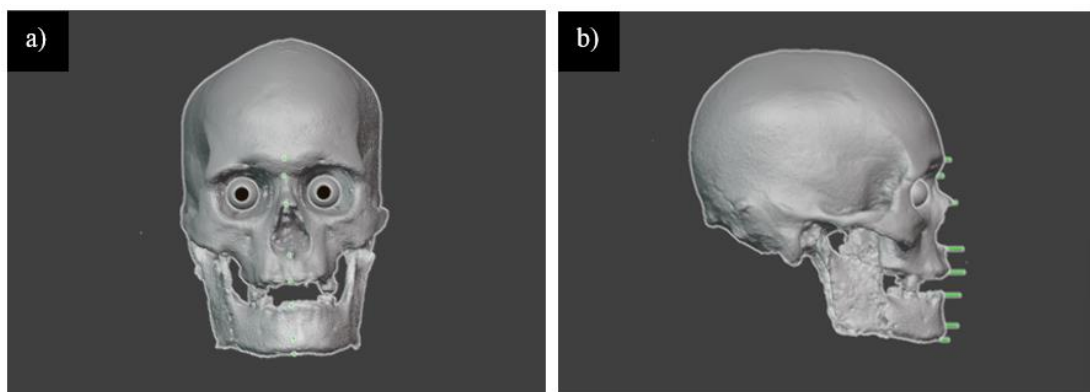
Figura 25. *Modelo craneal en Blender*



Nota. Vista anterior de cráneo y mandíbula importados y articulados.

La determinación de los rasgos faciales se realiza con la evaluación de los detalles óseos relacionados. La morfología ocular fue generada siguiendo lo planteado por Wilkinson (2010), quien describe que el globo ocular posee 24 mm de diámetro con un iris de 12 mm de diámetro. La posición del globo ocular se establece teniendo en consideración la altura y anchura orbital (Stephan y Davidson, 2008) que, en este caso, corresponden a 35 mm y 36 mm, respectivamente (Figura 26).

Figura 26. *Modelo craneal con globos oculares, iris y puntos craneométricos*

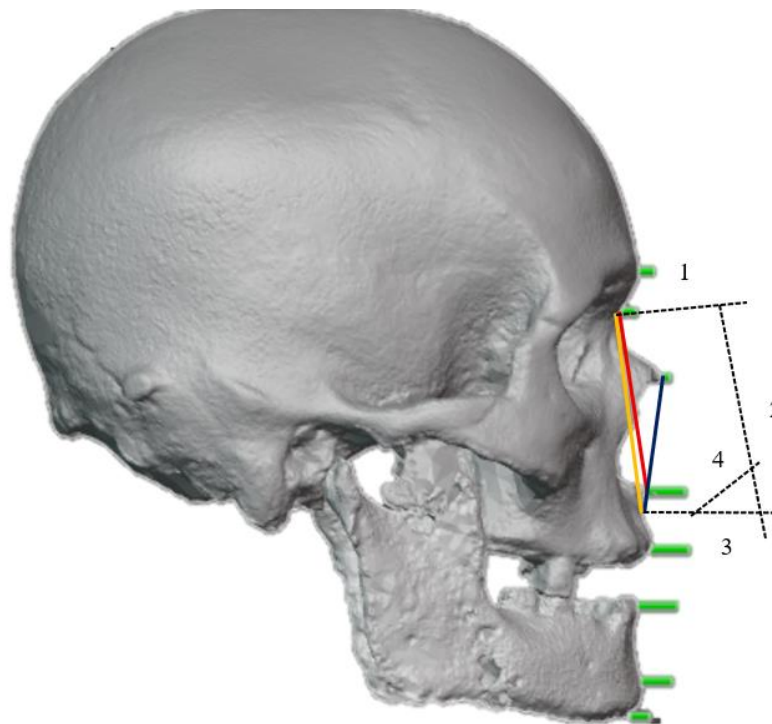


Nota. a) Vista anterior del modelo con globos oculares (24 mm), iris (12 mm) y puntos craneométricos de la línea media. b) Vista lateral derecha. En color verde, se observan cilindros correspondientes al espesor (en mm) de cada punto craneométrico.

El esculpido de la nariz se realizó considerando la apertura piriforme, que en este caso responde a 28 mm. Se deben calcular tres medidas correspondientes a la distancia de nasion a acanthion (X), de rhinion a subspinale (Y) y de nasion a subspinale (Z) (Figura 27) y, posteriormente, con

las ecuaciones de regresión entregadas por Rynn et al., (2010) se estimó que (1) la proyección pronasal anterior correspondía a 31,1 mm, (2) proyección pronasal vertical correspondía a 50 mm, (3) proyección pronasal en el Plano Horizontal de Frankfurt (PHF) correspondía a 32,8 mm y (4) la profundidad nasal correspondía a 21,7 mm (Tabla 7). Las otras dos proyecciones determinadas por los autores no fueron tomadas en consideración ya que se reducían particularmente a población europea. A partir de los puntos obtenidos con las medidas y proyecciones se comienza a modelar el cartílago nasal.

Figura 27. Dimensiones craneométricas medidas y proyecciones nasales en cráneo IP-UO116



Nota. Vista lateral derecha de modelo de cráneo IP-UO116. En color rojo distancia X, en color azul distancia Y, en color amarillo distancia Z. Las líneas punteadas corresponden a las proyecciones nasales, siendo estas: 1; pronasal anterior, 2; pronasal vertical, 3; pronasal en PHF, 4; profundidad nasal.

Tabla 7. Resultados de ecuaciones de regresión para proyección nasal

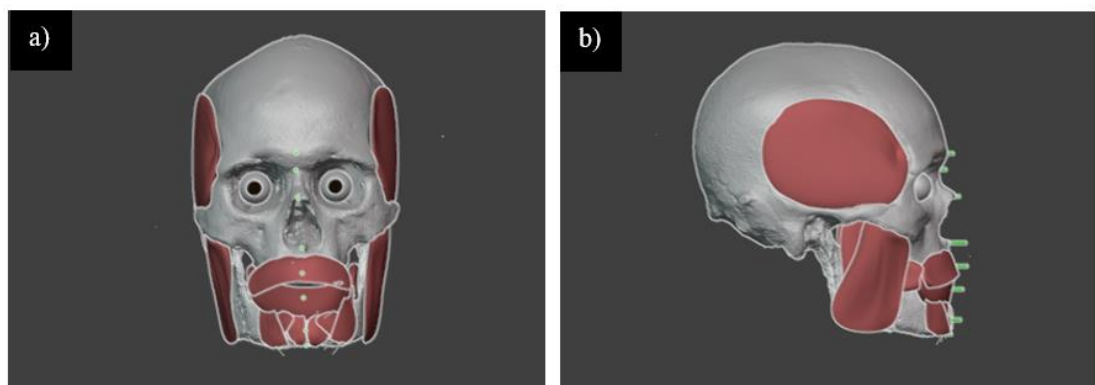
N°	Dimensión	Ecuación simplificada	Proyección
1	Proyección pronasal anterior	$0,83Y - 3.5$	31,1
2	Proyección pronasal vertical	$0,9X - 2$	50
3	Proyección pronasal en PHF	$0,93Y - 6$	32,8
4	Profundidad nasal	$0,4Y + 5$	21,7

Nota. Los datos se encuentran en milímetros (mm).

Una vez que los datos fueron aplicados al programa, se utilizó *MakeHuman* para tomar la forma base de la nariz e ir levemente con el *brush Grab* moldeando para que el cartílago correspondiera a los datos obtenidos con las ecuaciones de regresión de Rynn y equipo (2010).

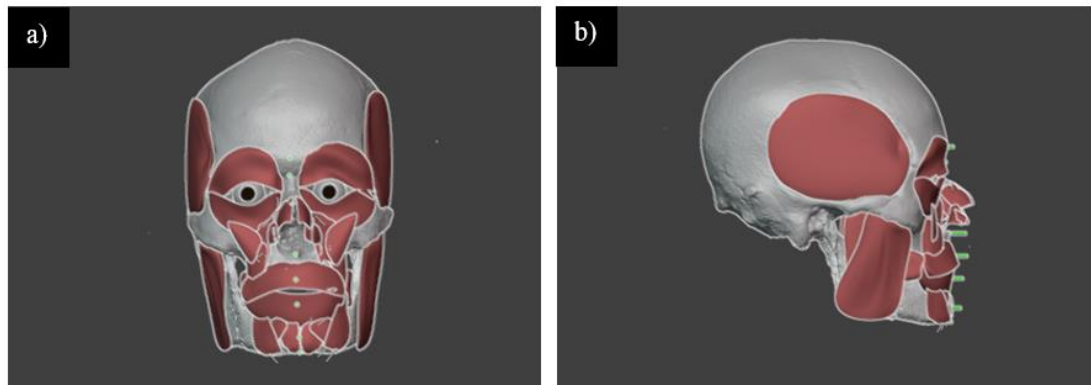
Se realizaron tres grandes capas de esculpido de musculatura, las que se detallan a continuación (Figuras 28, 29 y 30):

Figura 28. Modelo con primera capa de músculos



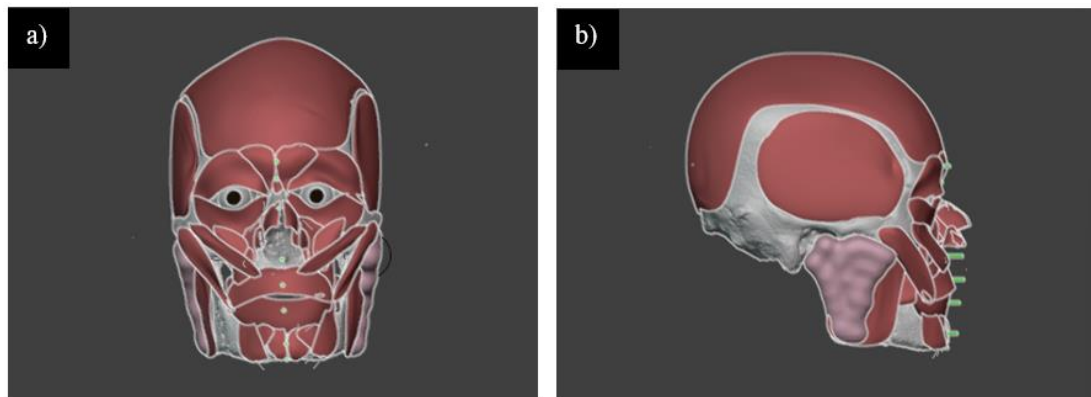
Nota. a) Vista anterior. Modelado de músculos correspondientes a temporal, masetero, buccinador, orbicular de la boca, mentoniano, depresor del labio inferior y depresor del ángulo de la boca; b) Vista lateral derecha. Modelado de músculos correspondientes a temporal, masetero, buccinador, orbicular de la boca, mentoniano, depresor del labio inferior y depresor del ángulo de la boca.

Figura 29. Modelo con segunda capa de músculos



Nota. a) Vista anterior. Se incluyen los músculos correspondientes a orbicular de los párpados, elevador del labio superior y del ala de la nariz, nasal, elevador del ángulo de la boca y elevador del labio superior; b) Vista lateral derecha. Se incluyen los músculos correspondientes a orbicular de los párpados, elevador del labio superior y del ala de la nariz, nasal, elevador del ángulo de la boca y elevador del labio superior.

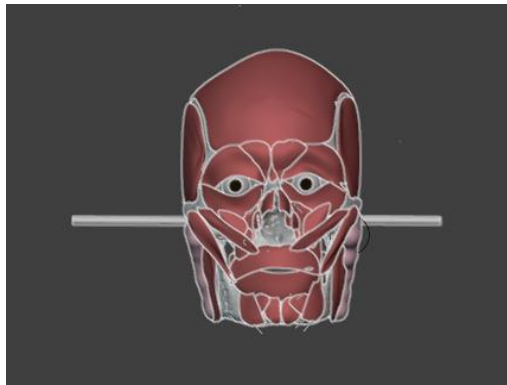
Figura 30. Modelo con tercera capa de músculos



Nota. a) Vista anterior. Se incluyen los músculos correspondientes a cigomático mayor y menor, corrugador superciliar, prócer y occipitofrontal. Se agrega en tonalidad rosa pálido la glándula parótida.; b) Vista lateral derecha. Se incluyen los músculos correspondientes a cigomático mayor y menor, corrugador superciliar, prócer y occipitofrontal. Se agrega en tonalidad rosa pálido la glándula parótida.

Una vez que todos los músculos se encontraban esculpidos, se posicionaron dos cilindros en el canal auditivo externo los cuales servirán como guía a la hora de ubicar la posición del pabellón auricular (Figura 31).

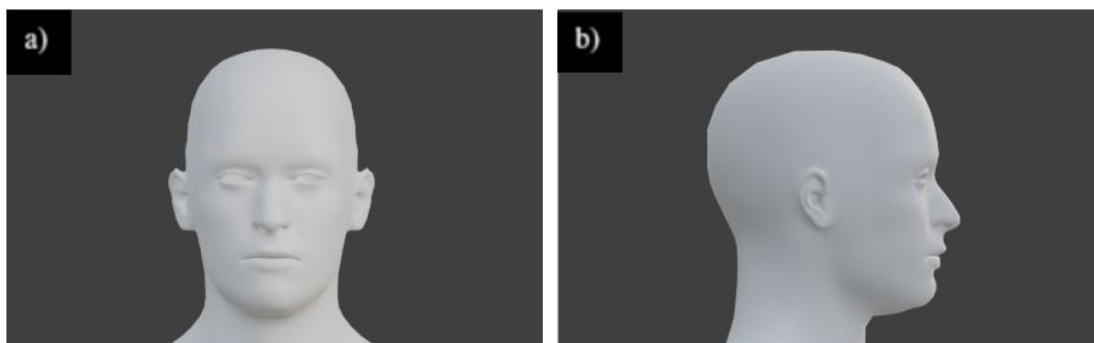
Figura 31. Modelo craneal con guía para pabellón auricular



Nota. Vista anterior. Cilindros fueron ubicados en el canal auditivo externo para ayudar en la posición de la oreja.

Lo siguiente corresponde a la formación de la capa de piel. Comúnmente, la capa de piel es formada a partir de una geometría base la cual se moldea y deforma hasta la forma del cráneo, dándole milímetros extras para representar el grosor del tejido. No obstante, se priorizó utilizar como base un extensor de modelo humano, descargado desde *MakeHuman* (Figura 32), que fue moldeado y corregido a las características del modelo creado, utilizando las herramientas de esculpido *Grab* y las opciones que ofrecía el mismo, respetando el espesor correspondiente a cada punto de referencia.

Figura 32. Modelo de base para capa de piel

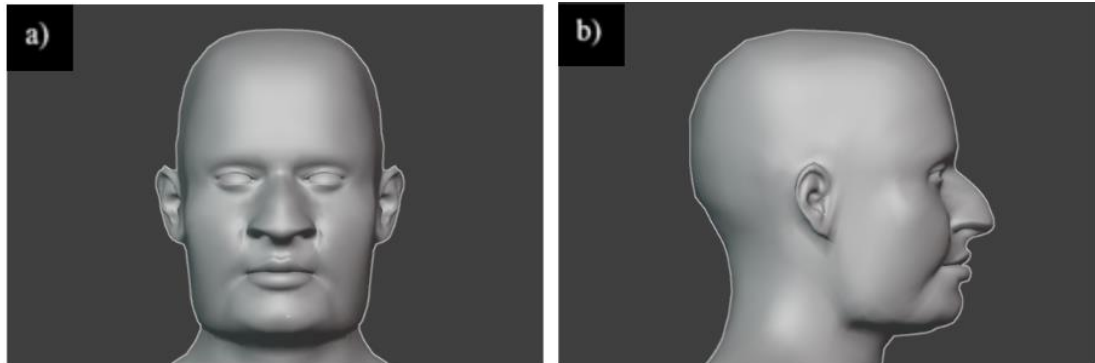


Nota. a) Vista anterior en gris del modelo de base; b) Vista lateral derecha del modelo de base.

La región nasal fue moldeada según los resultados obtenidos por las ecuaciones de regresión de Rynn et al. (2010), descritas anteriormente. Por su parte, los pabellones auriculares fueron ubicados considerando las guías

posicionadas en el canal auditivo externo, manteniendo la forma básica del modelo (Figura 33).

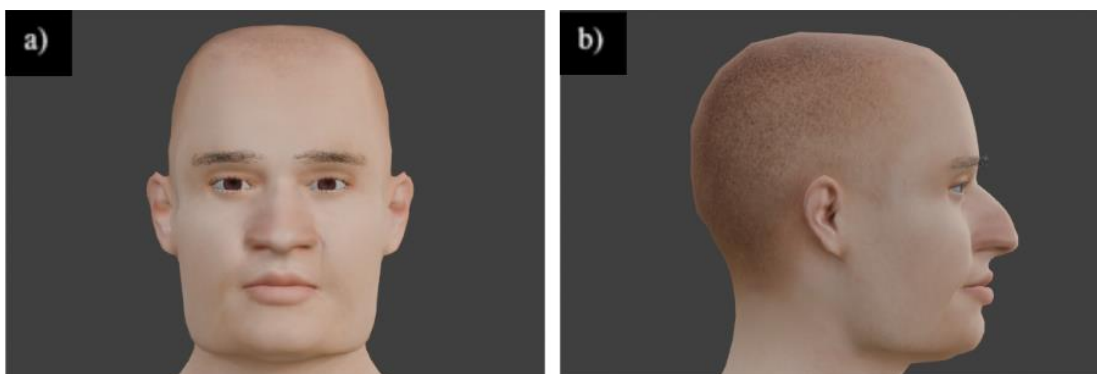
Figura 33. *Modelo en gris*



Nota. a) Vista anterior del modelo moldeado a las características subyacentes; b) Vista lateral derecha del modelo moldeado a las características subyacentes.

A continuación, se trabajó el texturizado de la piel y rasgos finales. Desde aquí, se deben tener presentes los sesgos ante la falta de datos sobre el fenotipo de individuos Rapa Nui precontacto. Se seleccionó la pigmentación más cercana a la descrita por las expediciones USS Mohican (1886) y Mana (1914-1915), las cuales corresponden a campañas tempranas que cuentan con documentos registrados por Thomson (1889) y Routledge (1919), respectivamente (Figura 34). El color de los ojos, estilo de cabello y grosor de las cejas fueron seleccionados bajo el mismo criterio anteriormente mencionado.

Figura 34. *Modelo con pigmentación de piel y cejas*



Nota. a) Vista anterior del modelo; b) vista lateral derecho del modelo.

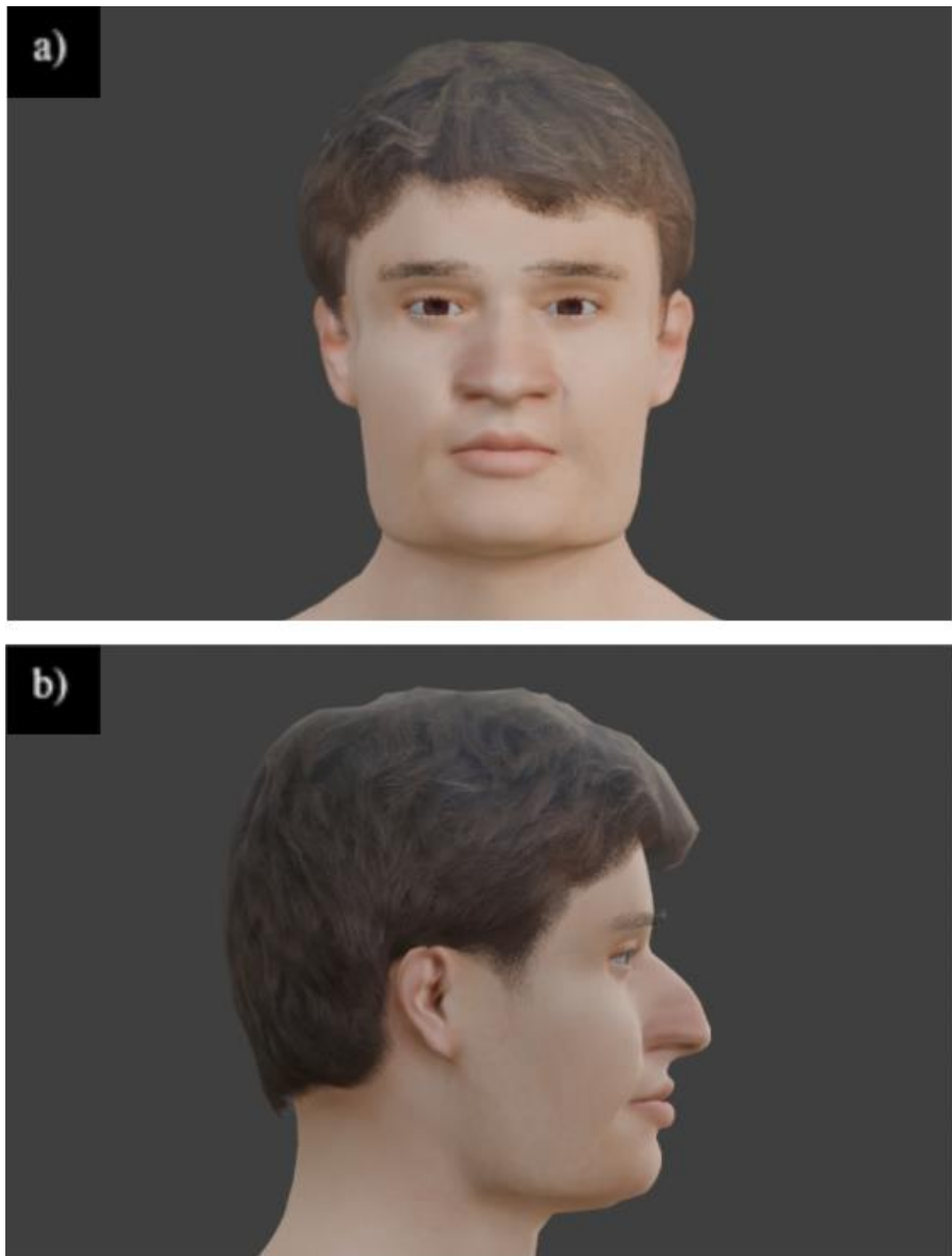
Finalmente, se realizaron dos variantes de tonalidad de cabello teniendo en consideración las crónicas de las expediciones. De esta forma, los modelos finales se presentan en las Figuras 35 y 36.

Figura 35. *Modelo de aproximación facial final (variante 1)*



Nota. a) Vista anterior de la primera variante del modelo final con cabello negro; b) vista lateral derecha de la primera variante del modelo final con cabello negro.

Figura 36. *Modelo de aproximación facial final (variante 2)*



Nota. a) Vista anterior de la segunda variante del modelo final con cabello castaño oscuro; b) vista lateral derecha de la segunda variante del modelo final con cabello castaño oscuro.

IX. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se expone la discusión a raíz de los resultados del estudio. Este segmento se dividirá en cinco ejes fundamentales, siendo estos un análisis de los resultados morfológicos obtenidos a partir de la caracterización antropológica, la relación entre la morfología craneal y los rasgos faciales obtenidos, la aplicación de los espesores de tejidos blandos, el uso de un método digital para la aproximación facial y las limitaciones de la práctica de reconstrucción.

9.1. Resultados morfológicos

Al analizar sistemáticamente a individuos Rapa Nui, Owsley y colaboradores (1994) revelan que los cráneos insulares contaban con un mayor prognatismo facial medio-inferior, narices anchas, pómulos prominentes, arcos superciliares amplios y cabezas mucho más estrechas que las de individuos caucásicos, además de cráneos largos y grandes. Estos resultados se relacionan positivamente con los obtenidos en el cráneo IP-UO116, cuyos datos describen una nariz ancha (platirrino), cara angosta (índice cigomandibular) y un cráneo alto (acrocráneo) y alargado (dolocráneo). Sumado a lo anterior, los resultados establecen un prognatismo maxilar (índice gnático) recíproco a lo definido por los autores.

En la misma línea, en la información entregada por Owsley et al. (1994) se suma la presencia de huesos lambdoideos wormianos, ubicados comúnmente en la sutura de nombre homónimo, entre los huesos parietales y occipital, que corresponden a huesos accesorios que se pueden asociar a factores genéticos o cierres tempranos de suturas, descripción que se relaciona y podría corresponder con las protuberancias descritas anteriormente en la misma ubicación (Figura 15) y que se encuentran

presentes en ambas lateralidades del cráneo, aunque es más notable en el lado derecho.

Owsley et al. (1994) y Gill et al. (1997) coinciden al describir que los paladares más frecuentes en sus muestras son de tipo elípticos, aunque el segundo equipo hace la distinción que esta característica es más común en la zona noreste de la isla y que la forma normal en individuos Rapa Nui suele ser parabólica. El cráneo fue levantado desde Vaimata, sitio ubicado en la zona norte de la isla, el cual cuenta con los rasgos asociados a un paladar parabólico, aspecto que se contradice con lo descrito por ambos equipos. Esta discrepancia puede explicarse por la variabilidad intra-poblacional, entendiendo que las poblaciones no son homogéneas y que los resultados de los autores responden a una tendencia y no explícitamente a un patrón universal.

9.2. Morfología craneal y rasgos faciales resultantes

a. Región orbital

La morfología orbital es determinante en la apariencia de la región ocular de una reconstrucción facial, de manera tal que aspectos como su forma general y profundidad influyen estrechamente en la posición del globo ocular. El ojo fue posicionado centrado en la órbita bajo lo descrito por Stephan y Davidson (2008), lo que fue útil para estimar su posición haciendo uso de la altura y anchura orbital con el objetivo de disminuir las decisiones subjetivas en el proceso de modelado. No obstante, pese a este protocolo metodológico, la profundidad específica en la que debe situarse el globo ocular sigue siendo un aspecto complejo de discernir debido a que este, durante la vida, se sostiene de tejido blando que no deja evidencia en las osamentas. Ante esto, el establecimiento de la profundidad del globo ocular dentro de la órbita es un desafío que normalmente se va perfeccionando con la práctica y experiencia (Wilkinson, 2008).

b. Región nasal

La apertura piriforme es uno de los indicadores principales para estimar la forma general de la nariz. En el presente caso, la anchura era considerable lo que propone una nariz relativamente ancha, asociándose positivamente con el cálculo del índice nasal cuyo resultado clasificaba la nariz de tipo platirrina. Estudios señalan una relación entre la anchura piriforme y el ancho del cartílago nasal (Wilkinson, 2008), lo que permite ver la estructura ósea nasal como una buena referencia en la estimación de la morfología nasal. Del mismo modo, rasgos como la espina nasal anterior y los huesos nasales entregan información relevante sobre la orientación y proyección del puente nasal. (Rynn et al., 2010; Wilkinson, 2008).

Durante este trabajo, la proyección nasal fue modelada siguiendo lo planteado por el método desarrollado por Rynn y equipo (2010), el que permite aproximar la proyección de la nariz con relaciones métricas entre puntos craneométricos. Aunque se trata de un modelo ampliamente utilizado debido a su base objetiva sustentada en las relaciones anatómicas entre hueso y tejido blando, es importante destacar que la reconstrucción de esta región permanece siendo una de las áreas más complejas y ambiguas de realizar dentro del proceso de aproximación facial. La cautela en la interpretación de los resultados encuentra su explicación en la falta de segmentos cartilagosos y tejido de la estructura nasal que no se preservan en la información ósea. Aunque la proyección general de la nariz fue generada con éxito, aspectos como la forma específica de la punta nasal o el grosor de las alas representan una incertidumbre en esta y cualquier reconstrucción (Rynn et al., 2010; Wilkinson, 2008).

Aún con estas limitaciones, la consideración de diferentes rasgos óseos concede una estimación científica de la forma general de la nariz. Por consiguiente, la proyección nasal obtenida en este proyecto debe ser entendida como una hipótesis fundamentada en la morfología osteológica y anatómicamente informada, afirmada en las relaciones entre las estructuras óseas y los tejidos blandos definidas en la literatura y no como una representación exacta de la nariz del individuo en vida.

c. Región bucal

Corresponde a una de las zonas más complejas de reconstruir debido a que la forma de los labios y su ubicación no se preservan en el registro osteológico. En condiciones favorables, la reconstrucción de la ubicación de la boca puede apoyarse de la posición de las piezas dentarias bajo la regla del ancho intercanino descrito por Stephan y Henneberg (2003), que establece una relación entre la distancia intercanina y la posición estimada de las comisuras labiales. No obstante, en el caso analizado la ausencia de piezas dentales impidió la aplicación de este método, limitando una estimación precisa del ancho de la boca. Wilkinson (2008) señala que la región bucal presenta uno de los mayores grados de incertidumbre en una reconstrucción *per se* y explica que el grosor de los labios se basa en el prognatismo de los dientes, donde los dientes pequeños son característicos de labios delgados y los dientes grandes son característicos de los labios gruesos. Además, la autora menciona que el prognatismo en polinesios sugiere la presencia de labios gruesos.

Debido a estos factores y considerando la limitación producida ante la falta de piezas dentales, la aproximación bucal obtenida en este proyecto debe interpretarse con cautela, reconociendo honestamente que la ubicación y forma obtenida son el resultado de una representación de carácter inherentemente especulativo.

d. Región auricular

Las orejas se fijan usando como referencia el conducto auditivo externo y muchos detalles sobre la forma, proyección y tamaño no se pueden determinar a partir de la morfología esquelética (Wilkinson, 2008). Debido a la complejidad del modelado del pabellón, para la reconstrucción se aplicó un *add-ons* que contaba con el diseño de una oreja, la cual fue ubicada haciendo coincidir el conducto auditivo externo con la zona central de la malla auricular. Por lo demás, se siguió el consejo de Wilkinson (2008) sobre dejar la oreja

con el diseño más estándar posible, evitando modificaciones que no pueden ser respaldadas osteológicamente.

9.3. Aplicación de los espesores de tejidos blandos

Para poblaciones como Rapa Nui que carecen de una base de datos de espesores de tejido blando se requiere generar la sistematización de datos a partir de las poblaciones más cercanas genéticamente (Sehrawat y Ahlawat, 2023). Sin embargo, se deben tomar ciertas precauciones. Miranda et al. (2018) mencionan que el grosor de tejido blando de un individuo nunca será completamente preciso, ya que estos marcadores de grosor tisular responden a promedios y que, por lo demás, la precisión también puede verse afectada por la falta de datos específicos.

En el caso de este proyecto, una de las principales precauciones que se deben destacar corresponde al número de muestras. Como se mencionó en páginas anteriores, la elección de población de Indonesia (Sarilita et al., 2020) y China del sur (Chen et al., 2011) estuvo basada en el proxy genético que significan para poblaciones polinesias (Kayser, 2010), sobre todo el primer país. No obstante, el total de individuos masculinos de la muestra de Indonesia es bastante reducido, correspondiendo a 83 de 335 individuos analizados. En segundo lugar, se encuentra la dependencia a los puntos de referencia trabajados por los estudios seleccionados. Los puntos craneométricos analizados en ambos estudios eran bastante diferentes y, en el caso de Indonesia, muy reducidos nuevamente correspondiendo a 10 puntos de la línea media. En cambio, la investigación de Chen et al. (2011) evalúa un total de 31 puntos craneométricos. Los puntos de referencia que pudieron ser definidos según Stephan y Simpson (2008), calculados y aplicados para la reconstrucción facial fueron de un total de ocho marcadores correspondientes a la línea media. De esta forma, fueron útiles para intuir ciertos rasgos como mentón, proyección nasal, glabellar, entre otros, pero insuficientes para otras regiones de la cara. Esto último debe ser tomado con extrema delicadeza puesto que los espesores de tejidos blandos son uno

de los principales determinantes de la forma final del rostro, sobre todo en la zona de las mejillas (Wilkinson, 2008).

9.4. Método digital para la reconstrucción facial

Blender permitió importar un modelo tridimensional del cráneo, previamente digitalizado por medio de fotogrametría, manteniendo las proporciones originales y concediendo verificar todo el tiempo la escala métrica (Blender Foundation, 2025), aspectos que permitieron que el grado de error métrico disminuyera y se mantuviera el resultado obtenido coherente con el cráneo real.

El trabajo digital entrega ventajas, como la visualización de piel y hueso por ajustes de transparencia, corrección de errores sin afectar otras zonas del modelo y, en caso de plataformas de código abierto, eliminar costos de licencias. Entre sus desventajas, Miranda y equipo (2018) destacan la lentitud de algunos métodos computacionales, además de que en muchas ocasiones se requiere de un nivel considerable de experiencia para manipular las herramientas que estos programas ponen a disposición. En adición, no hay herramientas computacionales aceptadas globalmente, por lo que aún se requiere establecer protocolos claros y reproducibles para evaluar la calidad de los resultados.

La aplicación del método Manchester, el cual se compone de la ubicación de marcadores tisulares en puntos craneométricos específicos — que en el programa fueron ubicados con cilindros a los que se les dio su densidad correspondiente según la sistematización de datos de poblaciones cercanas (Sehrawat y Ahlawat, 2023)—, y de un trabajo progresivo por capas de musculatura (Wilkinson, 2008) —que fueron modeladas por la opción de *Sculpt Mode* utilizando una tableta gráfica—, permitió un realizar un modelado orgánico. No obstante, se vuelve necesario reconocer que la falta de experiencia tanto en la práctica de reconstrucción facial como en la manipulación del *software* dio por resultado un modelo menos natural que el generado por especialistas.

Como se ha descrito anteriormente, hay decisiones morfológicas que no se hallan determinadas por la evidencia ósea, como el pabellón auricular o ciertas áreas del cartílago nasal (Wilkinson, 2008). Este punto es propio de la práctica y no corresponde intrínsecamente a un conflicto producido por la plataforma digital.

Durante el desarrollo del trabajo hubo dificultades en las etapas finales correspondientes al modelado de la piel. Los motivos principalmente son tres y se detallan a continuación.

En primer lugar, la falta de datos de rasgos fenotípicos Rapa Nui respaldados por literatura científica. Los pocos datos de fenotipo encontrados correspondían a Polinesia en general e incluso estas descripciones eran bastante someras. Los datos más cercanos corresponden a los descritos por las expediciones tempranas de 1886 y 1914-15 que, aunque fueron las bases de las decisiones tomadas para esta etapa, no corresponden a una comparación directa con las poblaciones precontacto. Los resultados en el tono de piel, cabello, cejas y ojos deben ser entendidas como los productos obtenidos a partir de información netamente referencial, por lo que deben ser mirados con la cautela que esto conlleva a fin de evitar concepciones erróneas o verdades irrefutables.

Ahora bien, aunque no fue posible encontrar descripciones de corporalidad y rasgos fenotípicos de los individuos que habitaron Rapa Nui previo al contacto europeo, las descripciones etnográficas tempranas de Gardiner (1898) y MacCaughey (1917) y el trabajo de Kirch (2017) sobre poblaciones polinesias coinciden al describir una complejión corporal robusta, labios de medios a gruesos, rostro ancho y nariz de media a amplia. La reconstrucción no permite evaluar la precisión de ciertos rasgos faciales más finos, pero si es posible observar las proporciones faciales, las cuales coinciden por lo descrito por los autores respecto a un rostro ancho y también coincide con el resultado del índice craneofacial transversal, que arrojó el resultado de una cara amplia (macropside).

En segundo lugar, la aplicación y el modelado de la capa de piel resultó ser un trabajo particularmente difícil, principalmente por aspectos técnicos de mallas, polígonos y vértices del modelo que debían ser manipulados con un nivel de precisión muy alto, lo que comenzó a retardar el procedimiento que en el plan ideal tomaría mucho menos tiempo. Esta situación resultó contraria a lo planteado por Claes y colaboradores (2010) y Wilkinson (2008) sobre la velocidad de trabajo y accesibilidad de los métodos computacionales para personas sin una amplia experiencia y coincidente con Miranda et al. (2018) sobre cómo estas metodologías digitales y anatómicas requieren cierto nivel de experiencia para evitar resultados poco realistas.

Sumado a esto en tercer lugar, a medida que se avanzaba en el proceso de reconstrucción la complejidad geométrica del modelo iba en aumento debido a la incorporación constante de detalles, lo cual exigió una mayor demanda de recursos de procesamiento y memoria por parte del *software Blender*, situación que coincide con lo establecido por Hernández y equipo (2023) respecto a las limitaciones de las técnicas computacionales para dispositivos con capacidad de procesamiento limitada. A raíz de esto, el equipo de trabajo (Notebook HP) comenzó a exponer problemas en su rendimiento, materializados en tiempos de respuesta excesivos y bloqueos del programa, lo que causaba el cierre abrupto de la plataforma y la pérdida del trabajo que no había alcanzado a ser guardada, dificultando el trabajo y la posibilidad de avanzar provechosamente a las etapas finales.

Si bien existen textos de ayuda para comprender el flujo de trabajo de *Blender*, tales como Gumster (2009) o los manuales que entrega Blender Foundation (2025), el dominio de las herramientas que se encuentran en la plataforma requiere de una curva de aprendizaje no menor, necesitando de competencias técnicas para la navegación por el programa. La reconstrucción facial generada en la presente investigación partió desde una experiencia nula, lo que significó un aprendizaje contemporáneo a la ejecución como tal. Esta condición es importante y debe ser destacada; ciertos detalles morfológicos que requieren alta precisión pueden no haber alcanzado un alto

nivel de finura que solo puede ser obtenido con la experiencia acumulada. El resultado, que tal como determina el título de esta investigación es de tipo piloto, debe entenderse como la primera interacción con una práctica que está expuesta al progreso de una mejoría técnica y no como el límite producible.

9.5. Limitaciones de la reconstrucción facial

Una de las principales limitaciones del presente estudio es que el análisis se reduce a un único individuo, lo que significa que los resultados no deben ser considerados como representativos de la población Rapa Nui. Por ello, las características morfológicas que fueron observadas y recopiladas y la reconstrucción facial obtenida deben ser interpretadas como una representación individual y no como un modelo generalizado y definitivo de la población insular. Como se mencionó anteriormente, este proyecto corresponde a un estudio de caso, el cual está orientado a generar un análisis detallado de un individuo particular. Desde esta perspectiva, los resultados y esta investigación no tienen por intención establecer un patrón poblacional para Rapa Nui, sino explorar la coherencia entre la morfología ósea del cráneo y los tejidos blandos que forman la reconstrucción en un caso específico, con la finalidad de contribuir en el desarrollo metodológico y aplicado en contextos bioarqueológicos.

La aproximación facial es una práctica de naturaleza indeterminada. Si bien hay características generales de la forma facial que están reciamente compelidas por la morfología craneal, sobre todo en zonas donde los tejidos blandos son delgados como en mentón y frente, “much of the soft tissue of the face is not directly associated with the skull making its prediction troublesome” [gran parte del tejido blando facial no está directamente asociado con el cráneo lo que dificulta su predicción] (Stephan, 2003, p. 194). Aunque los músculos tienen una gran asociación con el cráneo, es cierto que algunos no se insertan directamente en él, sino que se originan e insertan en el tejido blando. La forma de los labios, morfología específica de las orejas, distribución del tejido adiposo facial y presencia de características individuales (lunares,

asimetrías menores) no pueden ser determinadas a partir del cráneo de manera confiable (Wilkinson, 2008).

Podemos deducir que los rasgos faciales más complejos para la reconstrucción son aquellos que no tienen una relación directa con las estructuras óseas. A modo de ejemplo, la forma de la oreja es definida por cartílagos que tienen poca relación con la estructura ósea del hueso temporal, motivo por el que se realizan estimaciones muy generales de tamaño y posición basadas en la ubicación del conducto auditivo externo. Por ende, la reconstrucción de la morfología de la oreja es mayormente especulativa. En la misma línea, la forma exacta de la nariz ha sido motivo de debate, lo cual es previsible debido a que la nariz “is a salient feature of the face, of variable morphology, and predominantly composed of cartilage with relatively little bone support” [es un rasgo prominente del rostro, de morfología variable y compuesta predominantemente de cartílago con relativamente poco soporte óseo] (Rynn et al., 2010, p. 21), permitiendo producir aproximaciones generales de anchura, altura y proyección, pero no detalles específicos. Otro desafío importante son los labios. Si bien el ancho de la boca está influenciado por la posición de los caninos (Stephan y Henneberg, 2003) la forma del borde del labio (como el arco de Cupido) y el espesor no se pueden determinar desde el cráneo de forma fidedigna (Wilkinson, 2008).

El envejecimiento de los tejidos genera también un área de vacilación puesto que —aunque se puede estimar sensatamente la edad de un individuo a raíz de su esqueleto— la pérdida de elasticidad cutánea y el desarrollo de arrugas no ocurre de la misma forma en todos los sujetos, ya que se deben considerar variables genéticas, exposición solar, estilo de vida, entre otros (Lemperle et al., 2001). De la misma forma, la fijación de características fenotípicas como color de ojos, pigmentación de la piel, color y textura del cabello es otro desafío. Ante la falta de datos genéticos específicos, se debe inferir estas características a partir de la ancestría poblacional general, generando representaciones estándar que pueden no reflejar estrictamente la apariencia real del individuo (Wilkinson, 2008). Las modificaciones culturales

como tatuajes, perforaciones o adornos son parte también de los desafíos al no poder ser determinados desde los restos óseos, a pesar de que tienen un valor cultural y contextual significativo.

La extrapolación de datos de tejidos blandos de población de referencia a poblaciones para las que no existen datos específicos (como es el caso de este proyecto) agrega una nueva incertidumbre. Si bien las semejanzas genéticas pueden ser documentadas, no hay una garantía de que los espesores de tejidos blandos sean obligatoriamente similares, sobre todo si se presentan diferencias profundas en patrones de actividades y condiciones nutricionales que puedan influir la distribución de tejidos blandos (Stephan y Simpson, 2008). Este punto se agrava en poblaciones de períodos muy antiguos, pero es menos problemática para contextos más recientes temporalmente como lo es Rapa Nui preeuropea.

En definitiva, la evaluación de la precisión de reconstrucciones faciales afronta desafíos metodológicos fundamentales. En un contexto forense donde hay algún indicio de identidad, la reconstrucción puede ser comparada con fotografías o descripciones, contribuyendo al reconocimiento de fallecidos y conduciendo a una identificación positiva, aunque destacando que la reconstrucción no es un método de identificación, sino una herramienta para el reconocimiento usada cuando los canales de investigación rutinarios no han tenido éxito (Wilkinson, 2010). En cambio, en contextos arqueológicos donde la apariencia del individuo es intrínsecamente desconocida, no hay un estándar contra el cual evaluar la reconstrucción. Algunos científicos han llevado a cabo reconstrucciones faciales con la fina habilidad de un artista experimentado y ha habido artistas de reconstrucción con formación médica que han seguido los procedimientos científicos mientras permitían que sus habilidades artísticas interpretaran los datos (Wilkinson, 2008).

Cualquiera sea el caso, y pese a los desafíos, es relevante reconocer que las aproximaciones faciales al ser realizadas rigurosamente y reconociendo de manera honesta y abierta sus limitaciones, permiten producir representaciones razonables a la apariencia facial general de individuos,

aunque no puedan capturar del todo los detalles propios que caracterizaban a la persona en vida (Wilkinson, 2008). La transparencia sobre las limitaciones de la metodología —como la estimación del grosor de los tejidos blandos o la ausencia de datos genéticos— es esencial para evitar tergiversaciones (Vanni et al., 2025). Por ello, es necesaria la documentación profunda de metodologías y registro de decisiones, producción de variantes cuando la evidencia es incierta y la comunicación activa sobre qué puede y no puede ser determinado confiablemente. Garantizar la transparencia sobre la naturaleza especulativa de las aproximaciones e incorporar diversas perspectivas en su creación puede ayudar a mitigar los sesgos y al mismo tiempo maximizar su valor educativo y conmemorativo (Vanni et al., 2025).

X. CONCLUSIÓN

Desde las máscaras mortuorias hasta métodos avanzados de preservación, los seres humanos siempre han luchado por el recuerdo. De la misma forma que una fotografía en un cementerio inmortaliza a los difuntos, las aproximaciones faciales en bioarqueología pueden ser una vía para el recuerdo, afianzando la humanidad compartida y el patrimonio cultural (Vanni et al., 2025).

La investigación expuesta en estas páginas abarcó el tema de la reconstrucción facial, desarrollando su historia desde sus inicios hasta sus métodos más modernos y las bases científicas y anatómicas sobre las que se cementa, acompañada de la aproximación facial de un individuo preeuropeo Rapa Nui por medio del modelado en un *software* de código abierto que tenía como objetivo general la aplicación de la metodología Manchester. Aunque los rasgos fenotípicos carecen de un sustento firme en literatura, los procesos de ubicación de espesores de tejidos blandos y el esculpido de la musculatura fueron desarrollados con éxito, lo que valida la aplicación del método Manchester en contextos digitales y computacionales. Se vuelve necesario reiterar el carácter exploratorio de este proyecto y que el resultado obtenido debe ser mirado con cautela.

El método Manchester es informado como el más eficaz y preciso para la identificación positiva de individuos gracias a que articula de forma sistemática la información osteológica con los principios anatómicos del tejido blando, recogiendo las ventajas de ambos métodos americano y ruso, permitiendo un proceso de modelado progresivo basado en la disposición real de los músculos y sus puntos de inserción, lo que reduce la arbitrariedad al estructurar el proceso reconstructivo en etapas replicables y definidas (Wilkinson, 2008).

Durante el análisis antropológico del cráneo preeuropeo procedente de Rapa Nui, correspondiente al primer objetivo específico del estudio, se estimaron con éxito variables como sexo y edad, además del análisis de rasgos morfológicos y craneométricos con la intención de que los resultados fuesen comparados con la literatura revisada en los antecedentes de la investigación. De igual forma, el análisis fue un paso fundamental para el proceso de reconstrucción, orientando sobre todo las decisiones respecto a la elección de espesores de tejidos blandos.

De la mano con lo anterior, el segundo objetivo, correspondiente a la sistematización de los datos de espesor de tejidos blandos, fue realizada con éxito aplicando datos de Indonesia y China del sur, territorios que comparten afinidad genética con los pueblos polinesios y, por ende, con Rapa Nui. La construcción de una base de datos usando poblaciones afines genéticamente es una solución metodológica fiable y justificada (Sehrawat y Ahlawat, 2023), pero no por eso se encuentra libre de incertidumbres que deben ser descritas cuando corresponda, tales como la dependencia a los puntos de referencia utilizados en las investigaciones seleccionadas.

Finalmente, la identificación de los alcances y limitaciones de este protocolo (tercer objetivo) logró ser alcanzada con éxito. *Blender, software* de código abierto, es útil para ser empleado de manera reproducible y sistemática para una aproximación facial. Su aplicación requiere no sólo del conocimiento sobre el manejo de las herramientas que la plataforma pone a disposición, sino también de un equipo con un procesamiento computacional que sea capaz de rendir de forma eficaz ante la alta demanda de los recursos computacionales y que pueda manejar de forma óptima modelos tridimensionales de alta complejidad. Con este tipo de programas gratuitos y óptimos para el trabajo preciso y eficaz, se avanza un poco más en la democratización del conocimiento, colaborando en que la ciencia e información sea accesible para todos.

La honestidad respecto a la dificultad presentada durante el proceso y trabajo de modelado deja en evidencia una verdad un tanto difícil de admitir;

aunque el método Manchester entrega una estructura científica, la aproximación facial nunca logra ser neutral, sino que está marcada por las perspectivas subjetivas, valores y suposiciones de la persona que lleva a cabo el trabajo y los protocolos científicos que se deben incorporar. En la búsqueda por el respeto por los fallecidos, la precisión científica y el alcance al interés público, la comunicación clara, honesta y transparente sobre las decisiones y limitaciones del proceso ayudan a minimizar los malentendidos, destacando que las representaciones faciales deben ser consideradas como hipótesis y no como semejanzas definitivas (Vanni et al., 2025). Reconocer que la ciencia puede verse impactada por el contexto cultural en el que se encuentra inmersa no minimiza para nada su valor, por el contrario invita a un enfoque más reflexivo, sobre todo para la disciplina antropológica cuya intención es representar la vida y memoria de humanos del pasado.

Las limitaciones e incertidumbre de los métodos de aproximación facial no desbaratan la práctica, sino que tal como describe Stephan (2003) permiten determinar en qué etapa se encuentra la técnica, asentado las bases para seguir con su desarrollo y mejoría. El autor reflexiona que sin tener conciencia de las debilidades, no sería posible lograr un progreso eficiente dado que habría pocos motivos para generar mejoras.

Sin duda, las complejidades éticas sobre esta práctica no solo surgen por la incertidumbre inherente a ella, sino que también por la responsabilidad de mantener la dignidad de los individuos objetos de las investigaciones. Por ello, tal como plantean Vanni et al. (2025) y Faúndez (2024), el poder de las aproximaciones reside en su capacidad para evocar empatía y fomentar la conexión humana. El rostro humano es nuestro foco principal de identidad e interacción social. Al transformar los datos abstractos o distantes en rostros humanizados, la aproximación facial fomenta una conexión emocional más profunda con los individuos pretéritos, permitiendo que los espectadores los perciban no como un dato, sino como personas con su propia historia e identidad (Smith et al., 2020; Sertalp et al., 2023, como se citó en Vanni et al., 2025).

Por último, esta investigación piloto abre líneas de trabajo futuro, poniendo en evidencia la importancia de generar tablas de espesor de tejidos blandos para diversas poblaciones y la exploración de flujos de trabajo tecnológicos y digitales con el uso de *software* de código abierto, colaborando en la democratización del conocimiento. Estos aspectos representan una deuda metodológica de la disciplina con una práctica que de ser bien desarrollada, respetando las rigurosidades científicas y la dignidad humana, se pone al servicio del conocimiento antropológico.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agisoft Metashape (2024). *Features: Photogrammetric triangulation*.

Recuperado el 07 de enero de 2026 de

<https://www.agisoft.com/features/professional-edition/>

Alberti, S., Bienkowski, P. y Chapman, M. (2015). Should we display the dead? *Museum and Society*, 7(3), 133-149.

<https://doi.org/10.29311/mas.v7i3.144>

Benazzi, S., Fantini, M., De Crescenzo, F., Mallegni, G., Mallegni, F., Persiani, F. y Gruppioni, G. (2009). The face of the poet Dante Alighieri reconstructed by virtual modelling and forensic anthropology techniques. *Journal of Archaeological Science*, 36(2), 278-283.

<https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.09.006>

Blender (2025). *Blender 5.0 Manual*. Recuperado en 16 de diciembre de 2025 de <https://docs.blender.org/manual/en/latest/index.html>

Burns, K. R. (2008). *Manual de Antropología Forense*. Edicions Bellaterra, S.L.

Chapman, P. y Gill, G. (1998). Estimation of stature for the prehistoric/protohistoric Rapa Nui. *Journal of the Polynesian Society*, 107(2), 187-194. <https://www.jstor.org/stable/20706792>

Chen, F., Chen, Y., Yu, Y., Qiang, Y., Liu, M., Fulton, D. y Chen, T. (2011). Age and sex related measurement of craniofacial soft tissue thickness and nasal profile in the Chinese population. *Forensic Science International*, 212(1-3), 272.e1-272.e6.

<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.05.027>

- Claes, P., Vandermeulen, D., De Greef, S., Willems, G., Clement, J. y Suetens, P. (2010). Computerized craniofacial reconstruction: Conceptual framework and review. *Forensic Science International*, 201(1-3), 138-145. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.03.008>
- Commendador, A., Finney, B., Fuller, B., Tromp, M. y Dudgeon, J. (2019). Multiproxy isotopic analyses of human skeletal material from Rapa Nui: Evaluating the evidence from carbonates, bulk collagen, and amino acids. *American Journal of Physical Anthropology*, 169(4), 714-729. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23851>
- Curić, A., Jerković, I., Cavalli, F., Kružić, I., Bareša, T., Bašić, A., Mladineo, M., Jozić, R., Balić, G., Matetić, D., Tojčić, D., Dolić, K., Skejić, I. y Bašić, Ž. (2024). The Return of the Warrior: Combining Anthropology, Imaging Advances, and Art in Reconstructing the Face of the Early Medieval Skeleton. *Heritage*, 7(6), 3034-3047. <https://doi.org/10.3390/heritage7060142>
- d'Eon, E. y Luebke, D. (2007). *Advanced Techniques for Realistic Real-Time Skin Rendering*. NVIDIA Developer. <https://developer.nvidia.com/gpugems/gpugems3/part-iii-rendering/chapter-14-advanced-techniques-realistic-real-time-skin>
- DeWitte, S. (2015). Bioarchaeology and the Ethics of Research Using Human Skeletal Remains. *History Compass*, 13(1), 10-19. <https://doi.org/10.1111/hic3.12213>
- Diamond, J. (2013). *Colapso: Por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen*. Debolsillo.
- Ember, C., Ember, M. y Peregrine, P. (2004). *Antropología*. (10ª ed.). Pearson Educación.
- Enlow, D. y Hans, M. (1996). *Essentials of facial growth*. Philadelphia: Saunders. <https://archive.org/details/essentialsoffaci0000enlo/mode/1up>

- Errickson, D., Thompson, T. y Rankin, B. (2014). The application of 3D visualization of osteological trauma for the courtroom: A critical review. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 2(3), 132-137. <https://doi.org/10.1016/j.jofri.2014.04.002>
- Faúndez, G. (2024). Superposición de miradas en la reconstrucción cráneo-facial forense: El rostro recreado y el rostro recordado. *Revista de Antropología Visual*, (32), 1-12. <http://doi.org/10.47725/RAV.032.07>
- Fuentes, A. (2026). Human remains. material culture and collections: an object-based perspective on ethical custodianship. *World Archaeology*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/00438243.2026.2628059>
- Gardiner, J. S. (1898). The Natives of Rotuma. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 27, 407-410. <https://www.hawaii.edu/oceanic/rotuma/os/Gardiner/GdrCharacteristic.s.html>
- Gill, G., Haoa, S. y Owsley, D. (1997). Easter Island Origins: Implications of Osteological Findings. *Rapa Nui Journal*, 11(2), 64-71. <https://paperzz.com/doc/8869646/implications-of-osteological-findings>
- Gregoricka, L. (2023). The ethics of excavating: bioarchaeology and the case for rehabilitating legacy human skeletal collections in the Near East. *Levant*, 55(3), 294-303. <https://doi.org/10.1080/00758914.2023.2278287>
- Gupta, S., Gupta, V., Vij, H., Vij, R. y Tyagi, N. (2015). Forensic Facial Reconstruction: The Final Frontier. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(9), ZE26-ZE28. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/14621.6568>
- Ha, R., Nojima, K., Adams, W. y Brown, S. (2005). Analysis of Facial Skin Thickness: Defining the Relative Thickness Index. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 115(6), 1769-1773. <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000161682.63535.9b>

- Hayes, S. (2011). A man from San Juan: facial approximation within anthropology. *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 13(1), 71-81. <https://revistas.unlp.edu.ar/raab/article/view/403>
- Henckel, K. (1939). *Contribuciones al Estudio de la Antropología Chilena. IX. Observaciones Antropológicas acerca de la Isla de Pascua*. Instituto de Histología, Universidad de Concepción.
- Hermosilla-Gómez, G. (2023). Exhibición de cuerpos humanos en museos: los casos del Museo de Historia Natural de Valparaíso y del Museo Histórico-Arqueológico de Quillota. *Boletín de la Sociedad Chilena de Arqueología*, (55), 94-116. <https://doi.org/10.56575/BSCCHA.05500230805>
- Hernández, R., Fernández, C. y Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Hernández, V., González, M., Vilchis, C., Méndez, M. y Pérez, C. (2023). Modelos 3D de reconstrucción facial: Una breve revisión. *Research in Computing Science*, 152(7), 139-147. ISSN 1870-4069
- Hershkovitz, I., Latimer, B., Dutour, O., Jellema, L., Wish-Baratz, S., Rothschild, C. y Rothschild, B. (1997). Why Do We Fail in Aging the Skull From the Sagittal Suture? *American Journal of Physical Anthropology*, 103(3), 393-399. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1096-8644\(199707\)103:3%3C393::aid-ajpa8%3E3.0.co;2-r](https://doi.org/10.1002/(sici)1096-8644(199707)103:3%3C393::aid-ajpa8%3E3.0.co;2-r)
- Howells, W. (1989). *Skull Shapes and the Map: Craniometric Analyses in the Dispersion of Modern Homo*. Harvard University. <https://archive.org/details/skullshapesmapcr0000howe/page/n4/mode/1up>
- Hwang, H., Park, M., Lee, W., Cho, J., Kim, B. y Wilkinson, C. (2012). Facial Soft Tissue Thickness Database for Craniofacial Reconstruction in Korean Adults. *Journal of Forensic Sciences*, 57(6), 1442-1447. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2012.02192.x>

- Instituto Nacional de Estadísticas. (2016). *Medio Ambiente, Informe Anual 2015*.
- Kayser, M. (2010). The Human Genetic History of Oceania: Near and Remote Views of Dispersal. *Current Biology*, 20(4), R194-R201.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.12.004>
- Kirch, P. (2017). *On the road of the winds: an archaeological history of the Pacific islands before European contact*. University of California Press.
<https://www.jstor.org/stable/10.1525/j.ctv1xxsnq>
- Knudson, K. y Stojanowski, C. (2008). New Directions in Bioarchaeology: Recent Contributions to the Study of Human Social Identities. *Journal of Archaeological Research*, 16, 397-432.
<https://doi.org/10.1007/s10814-008-9024-4>
- Kottak, C.P. (2011). *Antropología cultural*. (14^a ed.). McGraw-Hill.
- Krenzer, U. (2006). *Compendio de métodos antropológicos forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico. Tomo 1 Osteometría*. Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas CAFCA.
- Kuzminsky, S. y Gardiner, M. (2012). Three-dimensional laser scanning: potential uses for museum conservation and scientific research. *Journal of Archaeological Science*, 39(8), 2744-2751.
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.04.020>
- Larsen, C. (2004). *Bioarchaeology. Interpreting behavior from the human skeleton*. Cambridge University Press.
- Latarjet, M. y Ruiz, A. (2005). *Anatomía Humana. Tomo 1*. (4^a ed.). Ed. Médica Panamericana.
- Latarjet, M. y Ruiz, A. (2005). *Anatomía Humana. Tomo 2*. (4^a ed.). Ed. Médica Panamericana.

- Lemperle, G., Holmes, R. y Lemperle, S. (2001). A Classification of Facial Wrinkles. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 108(6), 1735-1750.
- Levine, D., Krehbiel, T. y Berenson. (2012). *Estadística para administración* (4ª ed.). Pearson Educación.
<https://es.scribd.com/document/530810447/Estadística-descriptiva-Levine-Krehbiel-y-Berenson>
- MacCaughey, V. (1917). The Physique of the Ancient Hawaiians. *The Scientific Monthly*, 5(2), 166-174. <https://www.jstor.org/stable/22645>
- Marieb, E. (2008). *Anatomía y Fisiología Humana*. (9ª ed.). Pearson Education.
- Means, B. (2015). Promoting a More Interactive Public Archaeology. *Advances in Archaeological Practice*, 3(3), 235-248.
<https://doi.org/10.7183/2326-3768.3.3.235>
- Medina, M. (2017). Aproximación facial en el ámbito de la arqueología: caso práctico de un individuo del yacimiento de Els Altimiris (Prepirineo catalán). *Revista Eviterna*, (Especial 2), 16-26.
<https://doi.org/10.24310/Eviternare.v0i0.8405>
- Meindl, R. y Lovejoy, O. (1985). Ectocranial Suture Closure: A Revised Method for the Determination of Skeletal Age at Death Based on the Lateral-Anterior Sutures. *American Journal of Physical Anthropology*, 68(1), 57-66. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330680106>
- Métraux, A. (1971). *Ethnology of Easter Island*. Bishop Museum Press Reprints.
<https://archive.org/details/ethnologyofeaste0000metr/page/18/mode/1up>
- Miranda, G., Wilkinson, C., Roughley, M., Beaini, T. y Haltenhoff, R. (2018). Assessment of accuracy and recognition of three-dimensional

computerized forensic craniofacial reconstruction. *PLoS ONE*, 13(5), 1-13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196770>

Moreno-Mayar, J., Rasmussen, S., Seguin, A., Rasmussen, M., Liang, M., Tennebø, S., Lie, B., Duncan, G., Nielsen, R., Thorsby, E., Willerslev, E. y Malaspina, A. (2014). Genome-wide Ancestry Patterns in Rapanui Suggest Pre-European Admixture with Native Americans. *Current Biology*, 24(21), 2518-2525.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2014.09.057>

Muñoz, D., Palacios, C. y Andrade, P. (2017). Aproximación facial de individuos arqueológicos de la costa atacameña de Antofagasta. *Revista Taltalia*, (10), 29-52. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3723284>

Museo de Rapa Nui (2024). *Antecedentes Generales* [Anexo I].

<https://www.patrimoniocultural.gob.cl/sites/www.patrimoniocultural.gob.cl/files/2024-08/Anexo%20I.%20Antecedentes%20Generales%20RN.pdf>

Museo Nacional de Historia Natural. (s.f.). *Chinchorro Trascender a la Muerte*. <https://www.exposicionesmnhn.cl/chinchorro/tecnologia.html>

Opperman, L. (2000). Cranial Sutures as Intramembranous Bone Growth Sites. *Developmental Dynamics*, 219(4), 472-485.

[https://doi.org/10.1002/1097-0177\(2000\)9999:9999%3C::AID-DVDY1073%3E3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1097-0177(2000)9999:9999%3C::AID-DVDY1073%3E3.0.CO;2-F)

Owsley, D., Gill, G. y Owsley, S. (1994). Biological Effects of European Contact on Easter Island. En C. S. Larsen y G. R. Milner (Eds.), *In the Wake of Contact: Biological Responses to Conquest* (pp. 161-177). Wiley-Liss, Inc.

Perlaza, N. (2013). Facial soft tissue thickness of Colombian adults. *Forensic Science International*, 229(1-3), 160e1-160e9.

<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.03.017>

- Pietrusewsky, M. (1994). Pacific-Asian Relationships: A Physical Anthropological Perspective. *University of Hawai'i Press*, 33(2), 407-429. <https://doi.org/10.2307/3623136>
- Porter, S., Roussel, M. y Soressi, M. (2016). A Simple Photogrammetry Rig for the Reliable Creation of 3D Artifact Models in the Field. *Advances in Archaeological Practice*, 4(1), 71-86. <https://doi.org/10.7183/2326-3768.4.1.71>
- Prag, J. y Neave, R. (1997). *Making faces. Using forensic and archaeological evidence*. Trustees of the British Museum. https://archive.org/details/makingfacesusing0000prag_i7f9/page/n4/mode/1up
- Preuß, S., Becker, S., Rosenfelder, J. y Labudde, D. (2025). Computer-Aided Facial Soft Tissue Reconstruction with Computer Vision: A Modern Approach to Identifying Unknown Individuals. *Applied Sciences*, 15(11), 1-30. <https://doi.org/10.3390/app15116086>
- Puleston, C., Ladefoged, T., Haoa, S., Chadwick, O., Vitousek, P. y Stevenson, C. (2017). Rain, Sun, Soil, and Sweat: A Consideration of Population Limits on Rapa Nui (Easter Island) before European Contact. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00069>
- Rohrich, R. y Pessa, J. (2007). The Fat Compartments of the Face: Anatomy and Clinical Implications for Cosmetic Surgery. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 119(7), 2219-2227. [10.1097/01.prs.0000265403.66886.54](https://doi.org/10.1097/01.prs.0000265403.66886.54)
- Routledge, K. (1919). *The Mystery of Easter Island: The story of an expedition*. Sifton. Praed & Co. <https://dn721503.ca.archive.org/0/items/mysteryofeaster00rout/mysteryofeaster00rout.pdf>

- Rouvière, H. y Delmas, A. (2005). *Anatomía Humana: descriptiva, topográfica y funcional*. (11^a ed.). Ed. Masson.
- Ruengdit, S., Prasitwattanaseree, S., Mekjaidee, K., Sinthubua, A. y Mahakkanukrauh, P. (2018). Age estimation approaches using cranial suture closure: A validation study on a Thai population. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 53, 79-86.
<https://doi.org/10.1016/j.jflm.2017.11.009>
- Ruengdit, S., Case, T. y Mahakkanukrauh, P. (2020). Cranial suture closure as an age indicator: A review. *Forensic Science International*, 307, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.110111>
- Rynn, C., Wilkinson, C. y Peters, H. (2010). Prediction of nasal morphology from the skull. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 6(1), 20-34. <https://doi.org/10.1007/s12024-009-9124-6>
- Sahni, D., Sanjeev, Singh, G., Jit, I. y Singh, P. (2008). Facial soft tissue thickness in northwest Indian adults. *Forensic Science International*, 176(2-3), 137-146. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2007.07.012>
- Sapirstein, P. (2016). Accurate measurement with photogrammetry at large sites. *Journal of Archaeological Science*, 66, 137-145.
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.01.002>
- Sarilita, E., Rynn, C., Mossey, P., Black, S. y Fahmi, O. (2020). Facial average soft tissue depth variation based on skeletal classes in Indonesian adult population: A retrospective lateral cephalometric study. *Legal Medicine*, 43, 101665.
<https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2019.101665>
- Sehrawat, J. y Ahlawat, B. (2023). Systematic Review on Forensic Craniofacial Reconstruction. I. Facial Soft-Tissue Thickness. *Forensic Science Review*, 35(2), 108-136.
<https://research.ebsco.com/c/gzu3uf/viewer/pdf/65atwycwyn>

- Serrulla, F. y Gómez, M. (2008). Aplicaciones de la técnica de aproximación facial forense en la identificación humana individual. *Cuadernos de Medicina Forense*, 14(53-54), 291-307.
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062008000300010
- Short, L., Khambay, B., Ayoub, A., Erolin, C., Rynn, C. y Wilkinson, C. (2014). Validation of a computer modelled forensic facial reconstruction technique using CT data from live subjects: A pilot study. *Forensic Science International*, 237, 147.e1-147.e8.
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.12.042>
- Simpson, E. y Henneberg, M. (2002). Variation in Soft-Tissue Thicknesses on the Human Face and Their Relation to Craniometric Dimensions. *American Journal of Physical Anthropology*, 118(2), 121-133.
<https://doi.org/10.1002/ajpa.10073>
- Stefan, V. (2004). Assessing Intrasample Variation: Analysis of Rapa Nui (Easter Island) Museum Cranial Collections Example. *American Journal of Physical Anthropology*, 124(1), 45-58.
<https://doi.org/10.1002/ajpa.10331>
- Stefan, V. (1999). Craniometric Variation and Homogeneity in Prehistoric/Protohistoric Rapa Nui (Easter Island) Regional Populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 110(4), 407-419. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1096-8644\(199912\)110:4%3C407::aid-ajpa3%3E3.0.co;2-k](https://doi.org/10.1002/(sici)1096-8644(199912)110:4%3C407::aid-ajpa3%3E3.0.co;2-k)
- Stephan, C. (2003). Anthropological facial 'reconstruction' - recognizing the fallacies, 'unembracing' the errors, and realizing method limits. *Science & Justice*, 43(4), 193-200. [https://doi.org/10.1016/S1355-0306\(03\)71776-6](https://doi.org/10.1016/S1355-0306(03)71776-6)

- Stephan, C. y Davidson, P. (2008). The Placement of the Human Eyeball and Canthi in Craniofacial Identification. *Journal of Forensic Sciences*, 53(3), 612-619. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2008.00718.x>
- Stephan, C. y Henneberg, M. (2003). Predicting Mouth Width from Inter-Canine Width—A 75% Rule. *Journal of Forensic Sciences*, 48(4), 725-727. <https://doi.org/10.1520/JFS2002418>
- Stephan, C. y Simpson, E. (2008). Facial Soft Tissue Depths in Craniofacial Identification (Part I): An Analytical Review of the Published Adult Data. *Journal of Forensic Sciences*, 53(6), 1257-1272. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2008.00852.x>
- Tedeschi-Oliveira, S., Haltenhoff, R., Haddad, N. y Saavedra, A. (2009). Facial soft tissue thickness of Brazilian adults. *Forensic Science International*, 193(1-3), 127.e1-127.e7. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.09.002>
- Thomson, W. (1889). *Te Pito Te Henua, or Easter Island*. En *Report of the United States National Museum for the year ending June 30, 1889* (pp. 447-552). Smithsonian Institution. <https://hdl.handle.net/10088/29921>
- Utsuno, H., Kageyama, T., Uchida, K., Yoshino, M., Oohigashi, S., Miyazawa, H. y Inoue, K. (2010). Pilot study of facial soft tissue thickness differences among three skeletal classes in Japanese females. *Forensic Science International*, 195(1-3), 165.e1-165.e5. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.10.013>
- Valenzuela, Y. (2021). *Estudio retrospectivo de espesores faciales con Tomografía Computarizada en población chilena actual*. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/191935>
- Vanezis, P., Blowes, R.W., Linney, A.D., Tan, A.C., Richards, R. y Neave, R. (1989). Application of 3-D computer graphics for facial reconstruction and comparison with sculpting techniques. *Forensic Science*

International, 42(1-2), 69-84. [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(89\)90200-4](https://doi.org/10.1016/0379-0738(89)90200-4)

Vanni, A., Licata, M., Fusco, R., Rossetti, N. y Picozzi, M. (2025). Humanizing the past: a review on the role of approximation in museums and its public perception. *Environmental Archaeology*, 4, 1-16. <https://doi.org/10.3389/fearc.2025.1591662>

Vizcaíno, P., Cedeño, R. y Maldonado, I. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Internacional*, 7(4), 9723- 9762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658

Walrath, D., Turner, P. y Bruzek, J. (2004). Reliability Test of the Visual Assessment of Cranial Traits for Sex Determination. *American Journal of Physical Anthropology*, 125(2), 132-137. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10373>

Wilkie, A. y Morriss-May, G. (2001). Genetics of craniofacial development and malformation. *Nature Reviews Genetics*, 2(6), 458-468. <https://doi.org/10.1038/35076601>

Wilkinson, C. (2008). *Forensic Facial Reconstruction*. Cambridge University Press. <https://es.scribd.com/document/951482961/Caroline-Wilkinson-Forensic-Facial-Reconstruction-Cambridge-University-Press-2008?v=0.750>

Wilkinson, C. (2010). Facial reconstruction - anatomical art or artistic anatomy? *Journal of Anatomy*, 216(2), 235-250. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2009.01182.x>

Wilkinson, C., Rynn, C., Peters, H., Taister, M., How, C. y Richmond, S. (2006). A Blind Accuracy Assessment of Computer-Modeled Forensic Facial Reconstruction Using Computed Tomography Data From Live Subjects. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 2(3), 179-187. <https://doi.org/10.1007/s12024-006-0007-9>

Wilmshurst, J., Hunt, T., Lipo, C. y Anderson, A. (2011). High-precision radiocarbon dating shows recent and rapid initial human colonization of East Polynesia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 108(5), 1815-1820.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1015876108>

























Xu, M. y Yang, J. (2015). *Human facial soft tissue thickness and mechanical properties - A literature review* (DETC2015-46363). Conferencia IDETC/CIE, Boston, Massachusetts, USA.

<https://doi.org/10.1115/DETC2015-46363>

Yin, R. (2018). *Case Study Research and Applications*. (6ª ed.). SAGE.

XII. ANEXOS

Anexo 1. Rasgos para la evaluación visual de la estimación de sexo con cráneo (Walrath et al., 2004).

Trait	Weight	Sexualization				
		Hyperfeminine (-2)	Feminine (-1)	Indeterminate 0	Masculine (-1)	Hypermasculine (+2)
Glabella 	3	smooth 	slightly delimited 	delimited 	marked 	massive, prominent 
Mastoid process 	3	very small 	small 	medium 	large 	very large 
Nuchal plane	3	smooth	slightly arched traces of nuchal lines	nuchal lines and occipital crest evident	nuchal lines and occipital crest marked	nuchal lines and occipital crest with rough surface
Zygomatic process of the temporal	3	very thin and low	thin and low	medium	thick and high	very thick and high
Superciliary arches	2	smooth	slightly delimited	delimited, marked	marked	very marked
Frontal and parietal eminences	2	marked	medium	moderate	indistinct	missing
External occipital protuberance 	2	smooth 	hardly 	medium 	marked 	very marked 
Zygomatias	2	very low, smooth surface	low, smooth surface	medium, irregular surface	high, irregular surface	very high, irregular surface
Frontal profile	1	vertical	almost vertical	little inclined	medium inclined	strongly inclined
Orbital form 	1	very round, sharp border 	round, sharp border 	transitory form, medium border 	quadrangular, rounded border 	very quadrangular, rounded border 

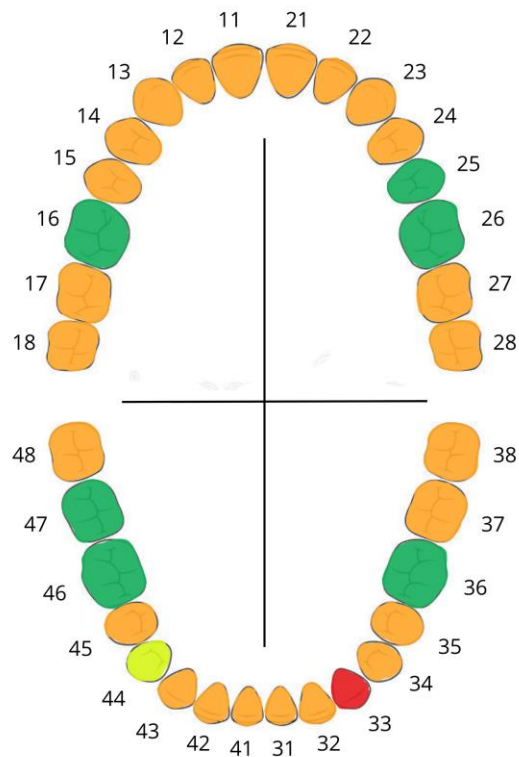
Anexo 2. Datos de espesores de tejido blando para Indonesia (Sarilita et al., 2020). Los puntos conservan el nombre dado por los investigadores y no se encuentran estandarizados según Stephan y Simpson (2008).

Grupo 1: Sudeste asiático					
Sarilita et al. (2020)	Punto de referencia	Masculino (n=83)		Femenino (n=252)	
		Valor medio	D.E	Valor medio	D.E
Indonesia	Glabela	5,13	0,87	4,97	0,74
	Nasion	6,04	1,06	5,5	1,04
	Rhinion	3	0,59	2,45	0,5
	Subnasal	14,06	1,7	12,01	1,58
	Prostion	14,21	2,28	11,96	1,74
	Estonion	5,13	2,31	3,89	1,56
	Infradental	14,36	2,12	12,94	1,91
	Labiomental	12,67	1,94	12,41	1,84
	Pogonion	11,46	2,48	11,77	1,84
	Gnation	8,12	4,65	7,17	1,72

Anexo 3. Datos de espesores de tejido blando para China del sur (Chen et al., 2011). Los puntos conservan el nombre dado por los investigadores y no se encuentran estandarizados según Stephan y Simpson (2008).

Grupo 2: Este asiático					
Chen et al. (2011)	Punto de referencia	Masculino (n=233)		Femenino (n=192)	
		Valor medio	D.E	Valor medio	D.E
China	1	5,19	1,39	4,62	1,14
	2	4,35	1,01	4,33	0,96
	3	5,97	1	6,04	1,12
	4	4,76	0,91	4,45	0,82
	5	3,98	0,71	3,59	0,6
	6	5,43	0,71	5,32	0,56
	7	4,44	0,67	4,15	0,66
	8	2,64	0,52	2,4	0,58
	9	11,85	1,43	10,64	1,17
	10	10,35	1,2	9,04	1,03
	11	11,75	1,62	10,52	1,23
	12	5,5	1,24	5,14	1,17
	13	12,48	1,3	11,13	1,21
	14	10,35	1,19	9,33	1,09
	15	9,42	1,62	9,12	1,52
	16	5,57	1,03	5,36	1,01
	17	4,41	0,68	4,05	0,66
	18	5,95	1,05	5,96	0,83
	19	5,27	0,94	5,47	1,17
	20	4,56	0,85	4,67	0,96
	21	11,68	1,66	10,38	1,25
	22	10,89	1,43	10,25	1,32
	23	18,16	3,43	17,52	3,2
	24	16,24	2,23	15,65	2,2
	25	21,18	3,34	20,86	2,6
	26	11,1	2,58	12,05	2,23
	27	14,98	3,73	14,72	2,98
	28	11,24	1,96	10,13	1,74
	29	6,51	1,81	7,4	1,82
	30	7,13	1,82	8,12	1,66
	31	8,53	1,54	7,32	1,37

Anexo 4. Odontograma en sistema de la Federación Dental Internacional (FDI). En color verde piezas dentarias presentes; en color naranja piezas dentarias ausentes con pérdida post mortem; en color amarillo pieza ausente con pérdida ante mortem; en color rojo pieza dentaria asociada fuera de cavidad.



Anexo 5. Tabla para estimar edad basada en la obliteración de suturas de la región lateral-anterior (Meindl y Lovejoy, 1985).

TABLE 6. Determination of age based on ectocranial lateral-anterior suture closure*

Composite score	No.	Mean age	Standard dev.	Mean dev.	Inter-decile range	Range
0 (Open)	42				-43	-50
1	18	32.0	8.3	6.7	21-42	19-48
2	18	36.2	6.2	4.8	29-44	25-49
3, 4, 5	56	41.1	10.0	8.3	28-52	23-68
6	17	43.4	10.7	8.5	30-54	23-63
7, 8	31	45.5	8.9	7.4	35-57	32-65
9, 10	29	51.9	12.5	10.2	39-69	33-76
11, 12, 13, 14	24	56.2	8.5	6.3	49-65	34-68
15 (Closed)	1					
	236					