



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE PREGRADO
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
ODONTOLÓGICAS
ÁREA DE ANATOMÍA
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN TRASLACIONAL
CRANEOFACIAL
CENTRO DE ANÁLISIS CUANTITATIVO EN ANTROPOLOGÍA
DENTAL

**FORMA FACIAL EN INDIVIDUOS QUE EJERCEN DISTINTAS MAGNITUDES
DE FUERZA DE MORDIDA MÁXIMA. ESTUDIO MEDIANTE MORFOMETRÍA
GEOMÉTRICA.**

Ana María Nocera Quezada

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
CIRUJANO-DENTISTA

TUTORA PRINCIPAL

Dra. Viviana Toro Ibacache

**Adscrito a Proyecto “Estudio Piloto: Forma y Función del esqueleto
Craneofacial humano: Relación entre Forma Craneal, Forma del Arco Dental,
Grado de Movilidad Mandibular y Fuerza de Mordida”
Santiago – Chile
2020**



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE PREGRADO
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
ODONTOLÓGICAS
ÁREA DE ANATOMÍA
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN TRASLACIONAL
CRANEOFACIAL
CENTRO DE ANÁLISIS CUANTITATIVO EN ANTROPOLOGÍA
DENTAL

**FORMA FACIAL EN INDIVIDUOS QUE EJERCEN DISTINTAS MAGNITUDES
DE FUERZA DE MORDIDA MÁXIMA. ESTUDIO MEDIANTE MORFOMETRÍA
GEOMÉTRICA.**

Ana María Nocera Quezada

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
CIRUJANO-DENTISTA

TUTORA PRINCIPAL

Dra. Viviana Toro Ibacache

**Adscrito a Proyecto “Estudio Piloto: Forma y Función del esqueleto
Craneofacial humano: Relación entre Forma Craneal, Forma del Arco Dental,
Grado de Movilidad Mandibular y Fuerza de Mordida”**

Santiago – Chile
2020

AGRADECIMIENTOS

A mamá Anita y papá Cosme, gracias a ustedes soy quien soy. Por la incondicionalidad y apoyarme en absolutamente todas, por guiarme y ser un gran ejemplo a seguir.

A mis hermanos Cosme, Bruno y Franco, por estar antes, durante y después; los mejores compañeros para crecer.

Al resto de mi familia: Mis primas, que son mis hermanas. Los golden y la cosa nostra.

A mis amigos, por hacer de mi experiencia en la universidad única e invaluable. Gracias por estar, por darme puros buenos momentos, risas y compañerismo.

A mi tutora, Dra. Viviana Toro, sin dudas la mejor guía que podría tener. Mil gracias por toda la ayuda, la buena disposición e infinita paciencia para enseñar y por asegurarse de estar presente aun cuando se tratasen de temas ajenos a la tesis.

A los integrantes de CA2, por hacerme sentir parte del grupo y ayudarme en lo que pudiesen. A la Cristi, Trini y Fran, que aparte de ser grandes amigas fueron quienes me presentaron el CA2 y me motivaron a entrar. A la Jesu, mi partner de tesis, por las juntas de estudio, los tecitos y la motivación.

ÍNDICE

1. RESUMEN	
2. MARCO TEÓRICO	1
2.1 INTRODUCCIÓN	1
2.2 CRECIMIENTO Y DESARROLLO CRANEOFACIAL	2
2.2.1 Osificación	2
2.2.2 Remodelamiento y crecimiento	3
2.2.3 Patrones de crecimiento facial	5
2.3 MUSCULATURA MASTICATORIA	6
2.4 FUERZA DE MORDIDA	10
2.5 FORMA FACIAL Y RELACIÓN CON FUERZA MASTICATORIA	14
2.6 MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA	18
2.6.1 Usos de la Morfometría Geométrica en Odontología	19
2.7 JUSTIFICACIÓN Y RELEVANCIA DEL ESTUDIO	20
3. HIPÓTESIS	21
4. OBJETIVO GENERAL	21
5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
6. MATERIALES Y MÉTODOS	21
6.1 MUESTRA	22
6.2 ESTUDIO MAGNITUD FUERZA DE MORDIDA MÁXIMA	23
6.3 ESTUDIO DE FORMA FACIAL	25
6.3.1 Obtención de datos primarios	25
6.3.2 Obtención de la forma “pura” o shape	28
6.3.3 Análisis preliminares	29
6.3.4 Análisis exploratorios y confirmatorios	30

7. RESULTADOS	32
7.1 ANÁLISIS DE FUERZA DE MORDIDA MÁXIMA	32
7.2 ANÁLISIS DE LA FORMA FACIAL	37
7.2.1 Análisis preliminares	37
7.2.2 Análisis exploratorios y confirmatorios	39
7.3 COVARIACIÓN ENTRE FORMA FACIAL Y FUERZA DE MORDIDA MÁXIMA	52
8. DISCUSIÓN	53
8.1 Fuerza Máxima de Mordida	53
8.2 Forma Facial	56
8.3 Relación entre Forma Facial y Fuerza Máxima de Mordida	58
8.4 Limitaciones y consideraciones para futuros estudios	60
9. CONCLUSIONES	61
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
11. ANEXOS	68

1. RESUMEN

Introducción: En la literatura, se ha relacionado la fuerza de mordida máxima con la morfología facial, ya sea por medio del examen clínico, uso de fotografías o análisis cefalométrico. Sin embargo, existen metodologías de análisis de la forma más completos – como la Morfometría Geométrica - en donde se considera la geometría y relación espacial de sus partes, en lugar de sólo sus medidas. La evidencia disponible que utiliza análisis morfológico facial con esta técnica es limitada, y hacen falta estudios con estas metodologías que analicen las posibles relaciones entre la fuerza de mordida máxima con la forma facial propiamente tal, siendo éste el propósito de la presente investigación.

Materiales y métodos: Esta tesis corresponde a un estudio piloto transversal descriptivo. Se contó con los registros de 19 individuos a quienes se les midió su fuerza de mordida máxima en las posiciones de máxima intercuspidadación, protrusión, lateralidad derecha e izquierda; se evaluaron las magnitudes máximas y promedio, (por posición y sexo). Para analizar la forma facial de los mismos individuos se contó con reconstrucciones 3D en base a estereofotogrametría. Se definió la morfología facial de cada individuo a través de 23 coordenadas espaciales (landmarks), y a partir de ellas se realizó un ANOVA para evaluar la influencia de la digitalización y el sexo sobre la forma facial (este último también se evaluó con un análisis de función discriminante). Se realizó una simetrización y regresión del sexo para hacer un análisis de componentes principales, obteniendo una visualización de los cambios en la forma facial. Finalmente, mediante análisis *partial least squares* se evaluó la covariación entre fuerza de mordida máxima y forma facial.

Resultados: El sexo fue un factor estadísticamente significativo en morfología facial, pero no en fuerza de mordida máxima. No hay una asociación estadísticamente significativa entre la forma facial y la fuerza de mordida máxima.

Conclusión: No hay una relación estadísticamente significativa entre forma facial y fuerza de mordida máxima, lo cual necesita ser analizado en una investigación a mayor escala.

Palabras Clave: *Forma facial, Fuerza de Mordida Máxima, Morfometría Geométrica.*

2. MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

El cráneo se ha definido como una de las estructuras óseas más complejas del organismo (Norton, 2007). Evolutivamente, éste ha presentado una serie de cambios morfológicos: el cráneo moderno tiene una reducción tanto en su longitud antero-posterior como altura supero-inferior, lo que se traduce en una cara más pequeña. En cuanto al sistema masticatorio, se presenta una disminución del tamaño de la cavidad oral, lengua y dientes (sobre todo en las coronas de los dientes postcaninos) (Lieberman, 2011). Asimismo, hay una reducción en el tamaño de los músculos masticatorios (Ledogar y cols., 2016). Se ha propuesto una causa multifactorial a dicha variación (González-José y cols., 2005; Lieberman, 2008; Menéndez y cols., 2014; von Cramon-Taubadel, 2011), siendo una de las causas el cambio de dieta, pasando de una poco procesada a una en base a alimentos industrializados, altamente procesados, con distinta consistencia y valor nutricional (Eyquem y cols., 2019; He y cols., 2013; Morales y cols., 2018). Esto ha significado una evolución en la función masticatoria a una de menor exigencia (He y cols., 2013), y se ha propuesto que esta reducción de demanda masticatoria contribuiría a variaciones faciales, tanto en tamaño como en forma (Eyquem y cols., 2019; Lieberman y cols., 2004; Toro-Ibacache y cols., 2019).

El sistema masticatorio es altamente complejo y está compuesto por huesos (cráneo y mandíbula), la articulación temporomandibular (ATM), músculos masticatorios, tendones, ligamentos, dientes y su ligamento periodontal (Firmani y cols., 2013; Okeson, 2019). Estos elementos se encuentran controlados neurológicamente por impulsos del sistema nervioso central, en donde los centros corticales y subcorticales producen patrones centrales que son modulados por el sistema nervioso periférico a nivel de estructuras orales, articulares y musculares (Firmani y cols., 2013). El sistema masticatorio es el encargado de cumplir funciones como la alimentación y el habla, pero también toma un rol en el crecimiento y desarrollo craneofacial (Lieberman, 2011). Los tres componentes esqueléticos principales a nivel de sistema masticatorio son el hueso temporal, maxilar y mandíbula, tomando en cuenta que los dos últimos son el soporte de los dientes y el hueso temporal es aquel que permite que exista una articulación entre la mandíbula y el

cráneo (ATM) (Okeson, 2019). Al morder, los músculos masticatorios generan fuerzas que son transmitidas a la estructura ósea craneofacial.

El presente trabajo busca evaluar la fuerza de mordida máxima (considerada como uno de los parámetros de funcionalidad del sistema masticatorio) y su relación con la morfología facial, mediante la metodología de Morfometría Geométrica.

2.2 CRECIMIENTO Y DESARROLLO CRANEOFACIAL

El desarrollo del macizo craneofacial comienza en la etapa embrionaria y continúa hasta el cese del crecimiento al final de la adolescencia (Carlson, 2019), con el cierre de la sincondrosis esfenoccipital, entre los 18 y 20 años de edad (Morales Estruch, 2018). Los componentes óseos craneofaciales presentan su propio tiempo de maduración: la base craneal alcanza su tamaño adulto en la infancia (4-6 años), mientras que la cara continúa su desarrollo durante la adolescencia, estando expuesta por más tiempo a factores que pueden influir en su forma (Eyquem, 2018). La morfología facial madura es uno de los objetos de estudio de este trabajo; para entender cómo se llegó a esta configuración espacial se deben considerar los tipos de osificación, los procesos de remodelamiento, el crecimiento facial y sus patrones.

2.2.1 Osificación

La osificación es el proceso por el cual se forma hueso o sustancia ósea y, dependiendo de la matriz en la cual se forme, se clasifica en osificación intramembranosa o endocondral, ambas presentes en el esqueleto craneofacial. La osificación **intramembranosa** (directa) es aquella en la que células mesenquimáticas indiferenciadas de tejido conectivo membranoso derivan a osteoblastos que sintetizan matriz osteoide, la cual se calcifica y crea hueso. Los huesos con esta osificación se forman rodeando órganos, tejidos o espacios (como la cavidad oral o el cerebro), los cuales influenciarán la forma ósea inicial y estimularán su crecimiento en etapas posteriores. Por otro lado, la osificación **endocondral** (cartilaginosa o indirecta) tiene al cartílago como tejido intermediario. En ésta, el tejido mesenquimático deriva en cartílago que posteriormente es reemplazado por tejido óseo; por lo general se presentan en huesos largos, los que pueden elongarse mientras mantienen funcionales las articulaciones de las que forman parte (Escobar Miranda, 2016; Lieberman, 2011; Manns y cols., 2011; Rouvière y cols., 2005).

En el esqueleto craneofacial, los huesos de la calvaria y cara se osifican de manera directa, mientras que la base de cráneo y las zonas de proceso condilar, proceso coronoides y sincondrosis mandibular se osifican de manera indirecta (Morales Estruch, 2018).

2.2.2 Remodelamiento y crecimiento

Desde la niñez se está en un proceso constante de crecimiento y remodelamiento, produciendo cambios morfológicos faciales (Som y cols., 2014), y las variaciones de tamaño y forma que se aprecian a simple vista responden, en parte, a procesos microscópicos (tisulares y celulares) como la remodelación ósea (Brachetta Aporta y cols., 2016; Lieberman, 2011).

La remodelación ósea es un proceso dinámico esencial para mantener la resistencia ósea y la homeostasis mineral, permitiendo la reparación de tejido óseo viejo o dañado, así como la adaptación de la arquitectura ósea a cambios de cargas externas (Wittkowske y cols., 2016). Este proceso se lleva a cabo por los osteoclastos que reabsorben tejido óseo (remueven matriz ósea) y los osteoblastos que depositan nueva matriz ósea (aposición ósea). Dichas células se encuentran en una unidad multicelular básica (UMB) (Raggatt y cols., 2010; Wittkowske y cols., 2016). Los osteocitos (células óseas maduras) son las células más abundantes en el hueso y se ha postulado que detectan y responden a estímulos mecánicos y/u hormonales, coordinando así la función osteoclástica-osteoblástica (Bellido, 2014). Dentro de los estímulos mecánicos, encontramos a los tendones y músculos insertados en el hueso que al contraerse generan un estrés mecánico que es sentido celularmente y produce consecuentemente remodelación ósea (Eyquem, 2018; Ruff y cols., 2006), modulándose así el crecimiento óseo y su dirección.

Las cargas que actúan sobre el esqueleto craneofacial pueden ser estáticas (debidas a la fuerza de gravedad durante la mantención de la postura) o dinámicas (contracción muscular, por ejemplo, al realizar fuerza de mordida) (Moss, 1997). La mayor fuente de estrés mecánico para el hueso es el tejido muscular (Yamada y cols., 2020) y, desde un punto de vista biomecánico, la masticación es la fuente primordial de cargas que actúan sobre el cráneo (Eyquem y cols., 2019), teniendo un efecto a nivel de crecimiento, desarrollo y morfología (Moss, 1997).

El remodelamiento, en términos de respuesta ósea ante un conjunto de señales celulares y fuerzas ejercidas por otros huesos y tejidos, se logra a través de tres fenómenos (Figura 1) (Lieberman, 2011) que coexisten y se conjugan para lograr patrones de crecimiento facial (Eyquem, 2018). Por un lado, en el proceso de **deriva o corrimiento** se tiene aposición ósea en una superficie (dirección del crecimiento) y reabsorción en la superficie contraria; el que aumento de grosor óseo dependerá del balance de la actividad osteoclástica-osteoblástica. Ejemplos de esto son la cavidad nasal y paladar, que son la misma pared y crecen con un movimiento hacia caudal. Por otra parte, tenemos al **desplazamiento**, en donde se tiene un movimiento en masa que produce un alejamiento del hueso con respecto a otras estructuras (por ejemplo, el cóndilo mandibular presiona contra la ATM y produce un desplazamiento mandibular hacia anterior, alejándose del temporal); este desplazamiento puede ser primario (producto del propio crecimiento del hueso) o secundario (producto de su interacción con fuerzas ajenas, como el crecimiento de otros componentes del sistema craneofacial o demandas funcionales de los tejidos blandos circundantes, y termina trasladándose) (Brachetta Aporta y cols., 2016; Eyquem, 2018; Lieberman, 2011; Manns & Biotti, 2011). Finalmente, la **rotación** es la combinación de deriva y desplazamiento, teniéndose los centros de aposición en ubicaciones cruzadas (Eyquem, 2018).

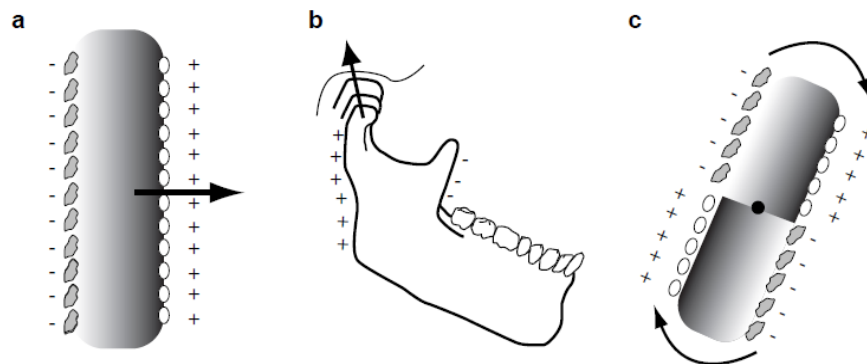


Figura 1. Tipos de remodelamiento óseo (Lieberman, 2011): a) Deriva b) Desplazamiento, ejemplificado a nivel condilar (pero también se observa deriva a nivel de la rama) c) Rotación

Además, existen tres mecanismos de crecimiento craneofacial: El **crecimiento sutural** es aquel por el cual se crece a expensas de aposición ósea en las suturas (a nivel facial: frontomaxilar, maxilomalar, cigomatotemporal y pterigopalatina). En el **crecimiento cartilaginoso** hay una proliferación inicial de cartílago que luego se osifica (a nivel facial: base del cráneo, tabique nasal, cóndilo y sínfisis mandibular). Finalmente, en el

crecimiento periostal endostal se tiene una proliferación ósea a partir de la membrana perióstica y espacios medulares internos (a nivel facial hay una aposición ósea superficial y remodelamiento interno) (Escobar Miranda, 2016).

2.2.3 Patrones de crecimiento facial

Los procesos de remodelación ósea cambian durante la ontogenia craneofacial (Figura 2) (Martinez-Maza y cols., 2013) y la distribución de las áreas de actividad celular ayuda a establecer patrones de crecimiento óseo (superficies de aposición indican el sentido del crecimiento y las de reabsorción indican una dirección de crecimiento contraria) (Brachetta Aporta y cols., 2016), evidenciándose así variaciones en la morfología.

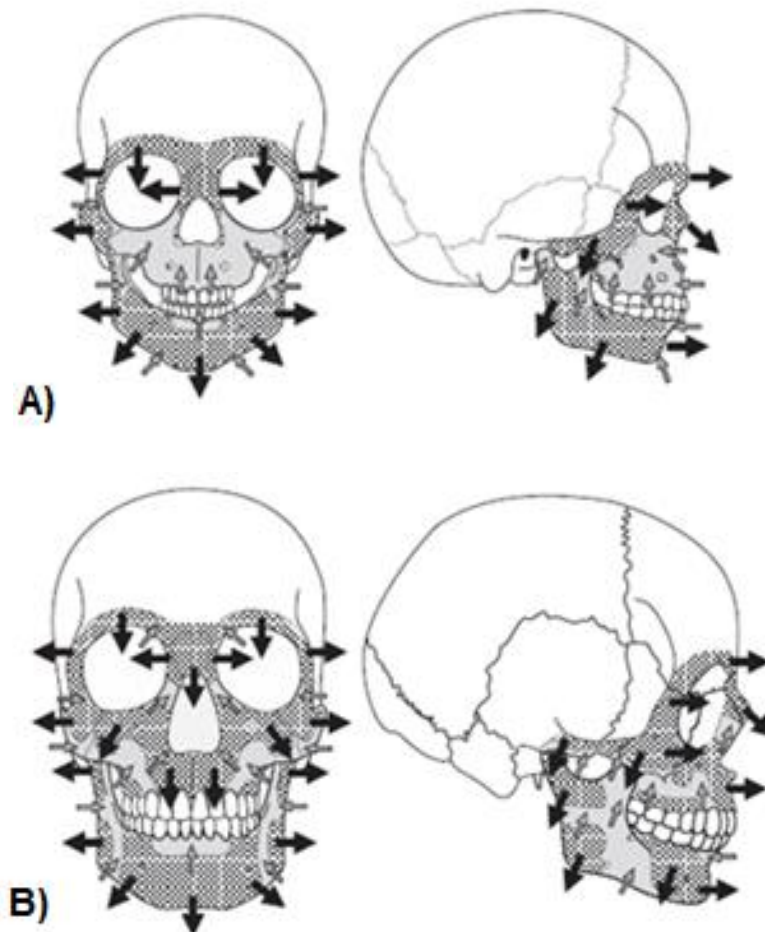


Figura 2. Patrones generales de remodelación ósea y vectores de crecimiento en individuos sub-adultos (A) y adultos (B), en vista frontal y sagital (modificado de Martinez-Maza y cols., 2013): Los patrones generales de remodelación ósea se representan en un área gris a las zonas de reabsorción ósea y las áreas achurada representan aposición ósea. Las flechas negras representan la dirección de crecimiento óseo producto de la aposición, mientras que las flechas grises representan la dirección de crecimiento por reabsorción ósea (Martinez-Maza y cols., 2013).

El crecimiento facial, a grandes rasgos, tiende a un vector antero-inferior (Lieberman, 2011; Martínez-Maza y cols., 2013; Som & Naidich, 2014) y responde a un gradiente cefalocaudal. Así, la mandíbula sigue creciendo después de que el maxilar haya terminado el suyo (Manns & Biotti, 2011), ya que a nivel condilar mantiene un crecimiento cartilaginoso que le permite tener un crecimiento hasta etapas más tardías. En consecuencia, el crecimiento del cartílago condilar tiene un componente adaptativo o compensatorio, en donde los estímulos mecánicos producirían variaciones en la respuesta celular condilar y en la velocidad de crecimiento mandibular (Castaldo y cols., 2015).

En resumen, la morfología craneofacial es el resultado de un conjunto de procesos complejos y coordinados de crecimiento e interacciones de los componentes esqueléticos con su entorno. Éstos están influenciados por factores internos (genética y hormonas) y externos (crecimiento de tejido blando, maduración dental, factores biomecánicos asociados a las cargas generadas por fuerza de gravedad, fuerza de mordida y contracción de músculos que se insertan en esos huesos), resultando en cambios de tamaño y forma (Eyquem, 2018; Martínez-Maza y cols., 2013) desde la etapa fetal hasta la adultez (Moss 1997).

2.3 MORFOFUNCIÓN DE LA MUSCULATURA MASTICATORIA

La actividad contráctil y sincrónica de los músculos masticatorios (inervados por ramas del nervio trigémino), junto con la ATM, permiten una serie de posiciones y movimientos mandibulares: elevación, depresión, traslación anteroposterior (protrusión y retrusión) y traslación medio-lateral (Lieberman, 2011; Manns & Biotti, 2011; Okeson, 2019; Rouvière & Delmas, 2005).

Los músculos masticatorios (Tabla 1) son un grupo constituido por cuatro pares de músculos: masetero, temporal, pterigoideo medial y pterigoideo lateral; si bien los digástricos no son considerados como músculos de la masticación, tienen un rol importante en la función mandibular (Okeson, 2019). La fuerza masticatoria es el resultado de la contracción isométrica de los músculos elevadores mandibulares y generan una fuerza intermaxilar medible: la fuerza de mordida (Manns & Biotti, 2011), que es el segundo objeto de estudio de este trabajo.

Tabla 1. Principales músculos de la masticación y descripción general (modificado de Morales Estruch, 2018 y complementado con Okeson, 2019)

Músculo	Origen	Inserción	Acción principal	Inervación
Masetero, porción superficial	Borde inferior de los 2/3 anteriores del arco cigomático	Ángulo mandibular; Parte inferior y lateral de la rama mandibular	Elevador mandibular La porción superficial participa durante la protrusión y la profunda puede facilitar la retrusión mandibular	Ramo masetérico del nervio mandibular (ramo del nervio trigémino)
Masetero, porción profunda	Borde medial del arco cigomático; Borde inferior del 1/3 posterior del arco cigomático	Parte superolateral de la rama mandibular hasta el proceso coronoides		
Temporal	Fosa temporal hasta la línea temporal inferior; Cresta infratemporal	Proceso coronoides y la cresta temporal	Elevador mandibular Fibras posteriores participan en la retrusión mandibular	Ramos temporales profundos anterior y posterior del nervio mandibular
Pterigoideo medial, porción profunda	Fosa pterigoidea (lámina lateral)	Cara medial de la rama y ángulo mandibular	Elevador mandibular. Se activa bilateralmente en la protrusión y su contracción contralateral facilita la lateroprotrusión	Ramo pterigoideo medial del nervio mandibular
Pterigoideo medial, porción superficial	Tuberosidad del maxilar; Proceso piramidal del hueso palatino			
Pterigoideo lateral, porción superior	Ala mayor del esfenoides; Cresta infratemporal	Disco y cápsula de la ATM	Estabiliza el cóndilo y el disco durante la carga mandibular, interviene en cierre mandibular (sobre todo en apriete dentario en dirección retrusiva)	Ramos pterigoideos laterales del nervio mandibular
Pterigoideo lateral, porción inferior	Cara lateral de la lámina lateral del proceso pterigoideo	Fosita pterigoidea en el cuello mandibular	Protruye la mandíbula. Permite los movimientos de lateralidad y desciende la mandíbula	
Digástrico, vientre anterior	Tendón intermedio del músculo digástrico	Cara inferior del tubérculo mentoniano Fosa digástrica	Desciende la mandíbula	Nervio milohioideo
Digástrico, vientre posterior	Incisura mastoidea	Tendón intermedio del músculo digástrico	Elevación hueso hioides (permite deglución)	Nervio facial

Para poder adentrarnos en el comportamiento macromecánico de la musculatura masticatoria, es necesario primero repasar la histología de ella. Los miocitos (unidad celular muscular) tienen un gran número de miofibrillas que están compuestas por sarcómeros (unidad contráctil de las fibras musculares), los cuales tienen dos tipos de miofilamentos: actina y miosina. La miosina está compuesta por dos cadenas pesadas (MyHC, importante para la generación de fuerza y velocidad de contracción) y cuatro livianas (MyLC, importante para la generación del movimiento). En base a su contenido de MyHC, se pueden clasificar las fibras musculares en lentas (tipo I) y rápidas (tipo II). A su vez, existen varias isoformas de MyHC (I, IIA, IIX, IIB, extraocular, embrionaria, fetal/neonatal, cardíaca) que contribuyen a una mayor diversidad en la composición muscular. Si se presenta una isoforma en la fibra, se le llamará fibra pura, y si tiene dos o más isoformas se denominará fibra híbrida (Grünheid y cols., 2009; Guimarães y cols., 2013; Korfage y cols., 2005a; Korfage y cols., 2003; Pette y cols., 2000; Yamada y cols., 2020).

Los músculos masticatorios tienen un mayor porcentaje de fibras híbridas (sobre todo los músculos de elevación mandibular). Además, cuentan con la presencia de MyHC-cardíaca y fetal, aun cuando éstas se presentan normalmente en el atrio del cardíaco y en músculos que se están desarrollando o temporalmente en procesos regenerativos, respectivamente (Grünheid y cols., 2009; Guimarães y cols., 2013; Korfage y cols., 2005b). El hecho que no haya un tipo de fibra adecuada para realizar todas las actividades eficientemente explica por qué los músculos masticatorios presentan varias combinaciones de isoformas de MyHC, lo que contribuye a una mayor diversidad funcional y les permite realizar mayor cantidad de tareas motoras (Korfage y cols., 2016; Pette & Staron, 2000). Se ha visto que el tipo de composición (puras/híbridas y cantidad o tipo de isoformas de MyHC) de fibras masticatorias varía entre individuos, entre grupos de músculos (apertura-cierre), en distintas regiones de un mismo músculo (Grünheid y cols., 2009; Guimarães y cols., 2013) y dentro de la longitud de una misma fibra (Korfage y cols., 2016).

Las fibras musculares son entidades versátiles capaces de ajustar sus propiedades

fenotípicas en respuesta a alteraciones de demanda funcional (Pette & Staron, 2000) para optimizar la eficiencia y uso de energía. Aparte del factor genético que determina las proporciones de fibras musculares, la expresión de diversos fenotipos musculares masticatorios puede ser influenciada por la actividad neuromuscular, carga mecánica, edad, hormonas, dieta, uso de prótesis removible y morfología craneofacial (Korfage y cols., 2005b; Pette & Staron, 2000). Con respecto a este último ítem, se ha visto que en personas con cara corta hay un aumento relativo de fibras tipo II, mientras que en los de cara alargada disminuye (Yamada y cols., 2020). Además, tanto el tamaño y función muscular como las propiedades moleculares de las fibras (sobre todo las isoformas de MyHC) afecta al componente vertical de la cara y forma craneofacial (Sciote y cols., 2012; Yamada y cols., 2020).

Otro aspecto importante en la composición de la fuerza masticatoria es la dirección que presentan las fibras en cada músculo (que se condice con su origen e inserción), la cual determinará su acción y vector de fuerza (Figura 3) (Okeson, 2019). Por ejemplo: el masetero presenta una porción superficial con una dirección de fibras hacia abajo y ligeramente a posterior, mientras que la porción profunda tiene fibras con un componente vertical con dirección hacia adelante y abajo. Por otro lado, el músculo temporal se puede dividir en tres áreas: la porción anterior presenta fibras con una orientación casi vertical, la media con fibras más oblicuas y la porción posterior tiene fibras prácticamente horizontales (Manns & Biotti, 2011; Okeson, 2019). Por su parte, las fibras del pterigoideo medial se extienden hacia abajo, atrás y fuera, mientras que las de la porción superior del pterigoideo lateral tienen un recorrido horizontal y levemente oblicuo hacia abajo, atrás y afuera, en estrecha relación con la base craneal. Finalmente, la porción inferior del pterigoideo lateral tiene una convergencia de sus fibras hacia arriba, fuera y atrás (Manns & Biotti, 2011).

Durante su crecimiento y desarrollo postnatal, los músculos del esqueleto facial se adaptan y cambian su forma, organización interna y orientación de sus fibras, adaptando consecuentemente propiedades musculares como la fuerza, velocidad de contracción y fatigabilidad. Estos cambios responden, en parte, al crecimiento

vertical maxilar y mandibular, la erupción dental y la maduración del sistema nervioso central, que permite el desarrollo de nuevas funciones orales que van siendo progresivamente más complejas (Manns & Biotti, 2011). Además, los músculos masticatorios cambian su forma, inserción y orientación a lo largo de su desarrollo, lo que conlleva a una alteración en sus vectores de fuerza. Por ejemplo: el masetero tiene una inserción el ángulo mandibular, el periostio migra dorsalmente, llevando consigo al masetero en la misma dirección; así, las fibras del masetero se van tornando más horizontales y, consecuentemente, va variando la dirección de su vector de fuerza y aumenta su componente protrusivo. En la musculatura masticatoria madura, y a modo general, se tiene una acción muscular y fuerza direccional anterosuperior (Manns & Biotti, 2011).

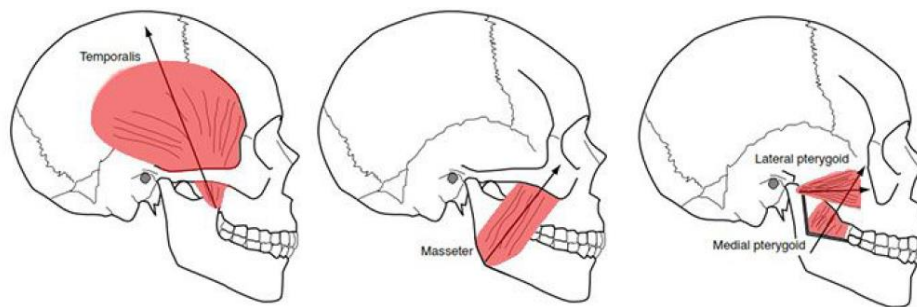


Figura 3. Los músculos principales de la masticación, extraído de Eyquem (2018) : Las flechas indican la orientación aproximada de los vectores de fuerza finales de cada músculo.

2.4 FUERZA DE MORDIDA

La eficiencia masticatoria es la capacidad de cada persona para triturar el alimento en una cantidad determinada de ciclos masticatorios que termina posteriormente en la deglución. El proceso se ve influido por la cantidad de dientes en oclusión, Fuerza de Mordida (FM), el área oclusal de contacto, la biomecánica articular, longitud del sarcómero, sección transversal o volumen muscular (sobre todo del masetero), sexo, edad, siendo los dos primeros los más influyentes (Alfaro y cols., 2012a).

La FM corresponde a la fuerza aplicada al ocluir dientes maxilares y mandibulares, y su valor más alto se denomina Fuerza masticatoria o de Mordida Máxima (FMM), la cual puede ser Anatómica (FMMA) o Funcional (FMMF) (Manns & Biotti, 2011).

La FMMA corresponde al cálculo teórico de cuánta sería la potencia contráctil de los músculos elevadores mandibulares, calculada en base a la suma de las fuerzas teóricas máximas que podría llegar a desarrollar cada uno de los músculos elevadores (en base a medidas aproximadas de fuerza muscular por unidad de área transversal). Se ha registrado que la FMMA tiene valores entre los 210 y 400 kgf (2059,4 y 3922,6 N). Por otro lado, la FMMF es la fuerza real que se mide en un sujeto por medio de un dispositivo de registro durante el apriete dentario máximo, en donde se produce la contracción voluntaria máxima que registra realmente un individuo. Los rangos de FMMF van de los 60-70 kgf (588,4 y 686,47 N), siendo mucho menores que los de FMMA.

Entonces, ¿por qué la FMMF es menor que la FMMA? Hay que considerar que al medir la FMMF, también se suman factores condicionantes y limitantes que no se consideran al calcular la FMMA, como la acción de los mecanismos neuromusculares sensoriales y el feedback periférico del control de la actividad muscular, que controlan la potencia contráctil del apriete dentario para que no exceda la capacidad de soporte de cargas a nivel periodontal y mioarticular. Así, los receptores periodontales y pulpares ejercen un mecanismo nervioso de control inhibitorio sobre los músculos ante fuerzas mandibulares elevadas, mientras que los receptores a nivel de la ATM, músculos y tendones, limitan en conjunto la fuerza ejercida para proteger la integridad morfofuncional de los componentes del sistema estomatognático (Manns & Biotti, 2011). Dado a que la FMMF es la que se mide en este trabajo, de aquí en adelante nos referiremos a ella sólo como fuerza de mordida máxima (FMM). Además, hay varios factores que influyen en la medición de la FMM, los cuales pueden ser biológicos (propios del sujeto, relacionados con su fisiología y morfología) o mecánicos (relacionados con el dispositivo y técnica):

Factores biológicos:

- **Morfología craneofacial:** La FMM varía con la morfología craneofacial, geometría mandibular y ancho muscular (Bakke, 2006; Bonakdarchian y cols., 2009; Koc y cols., 2010). Por ejemplo, individuos con mayor divergencia mandibular (menor paralelismo entre los arcos dentales superior e inferior)

tienen menor FMM que aquellos que presentan mayor paralelismo entre maxilar y mandíbula (Okeson, 2019), e individuos con cara alargada se asocian con menores valores de FMM (Alfaro y cols., 2012b). Se profundizará sobre esta relación en el punto 2.6.

- **Edad:** La FMM aumenta desde la infancia hasta tener un peak a los 18-20 años, el cual se mantiene constante por un periodo de tiempo y luego decrece con la edad. (Koc y cols., 2010).
- **Sexo:** Generalmente, los hombres tienen mayor FM que mujeres (Okeson, 2019), lo que se puede deber a diferencias anatómicas musculares, dentales-periodontales y hormonales (Bakke, 2006; Bonakdarchian y cols., 2009; Koc y cols., 2010; Serra y cols., 2013), lo que no quita que hombres pueden presentar FMM menor al promedio femenino y viceversa (Weisskircher, 2013).
- **Soporte periodontal:** Como los mecanorreceptores periodontales controlan las fuerzas de masticación, un soporte periodontal reducido podría afectar en el umbral de los mecanorreceptores y, por lo tanto, a la FMM (Koc y cols., 2010).
- **Dolor o signos-síntomas de trastornos temporomandibulares (TTM):** Se ha visto una limitación de la FMM en sujetos con TTM, lo que se puede explicar por la presencia de dolor y/o inflamación muscular o de la ATM (Bonakdarchian y cols., 2009; Koc y cols., 2010; Weisskircher, 2013). Sin embargo, hay estudios que han reportado que no hay relación entre TTM y FMM (Koc y cols., 2010). No hay un consenso en cuanto a si las personas con bruxismo tienen mayor FMM o no (Weisskircher, 2013) Algunos estudios dicen que no hay relación entre bruxismo y FMM, mientras otros muestran que personas que bruxan tienen hasta el doble de FMM que aquellos que no bruxan (Alfaro y cols., 2012b; Koc y cols., 2010; Todić y cols., 2017), y la hipótesis que el bruxismo puede cambiar los valores de FMM mediante el fortalecimiento muscular no ha sido comprobada (Todić y cols., 2017).
- **Estado de la dentición:** Existe una correlación positiva entre el número-posición de dientes en la arcada, número de contactos oclusales y la FMM. Además, sujetos con dentición natural y con más altura del proceso alveolar tienen mayor FMM, mientras quienes presentan maloclusiones generalmente presentan

menor valores (Bakke, 2006; Koc y cols., 2010) , como también el uso de prótesis parciales o totales se asocia a una disminución en los valores de FMM (Manns & Biotti, 2011; Okeson, 2019). También hay menor valor de FMM en condiciones patológicas como caries, pulpitis, periodontitis y lesiones apicales, lo que se relaciona a un efecto antálgico (Manns & Biotti, 2011).

Factores mecánicos:

- **Dispositivo del registro:** Pueden ser directos (mecánicos, eléctricos o mixtos, con un transductor intraoral; Verma y cols., 2017) o indirectos a través de la medición de variables fisiológicas (Alfaro y cols., 2012a; Koc y cols., 2010).
- **Posición del transductor:** Mientras más anterior se fija el dispositivo, menor es la FM (Bakke, 2006; Edmonds y cols., 2020; Koc y cols., 2010; Okeson, 2019; Serra & Manns, 2013), y el valor más alto de FM se obtiene a nivel del primer molar (Manns & Biotti, 2011; Okeson, 2019). Además, la FM bilateral es mayor que la unilateral (30-50% aproximadamente) (Bakke, 2006; Koc y cols., 2010; Weisskircher, 2013).
- **Uso de cubierta:** La respuesta neuromuscular al morder un metal duro genera movimientos irregulares que afectan a la FM, por lo que el uso de placa de acrílico aumenta el valor de FMM (Koc y cols., 2010). Hay diferencias en la activación de mecanorreceptores periodontales según la dureza de la superficie que se está mordiendo; mientras más blanda sea la superficie, más activación de músculos elevadores hay, mientras que si es dura se inhibirá tempranamente la acción muscular y se tendrán valores de FMM sub-máximos (Serra & Manns, 2013).
- **Apertura oral gracias al dispositivo:** A medida que sea mayor 15-20mm de distancia interincisal, la FMM disminuirá; es probable que esa distancia corresponda a la longitud óptima de los sarcómeros de los músculos elevadores (Bakke, 2006).

Además, el paciente debiese estar con una posición de la cabeza normal (no extendida ni flexionada) y se tendría que tener un periodo de descanso de mínimo 30 segundos entre mediciones, para evitar fatiga muscular (Koc y cols., 2010).

Factores psicológicos, como la motivación y cooperación del paciente, pueden afectar la medición de FMM (Bakke, 2006). Finalmente, se debería considerar la dieta del paciente, ya que aquellos que tienen una dieta con alto porcentaje de dureza, desarrollarían una mayor FMM (Okeson, 2019). Esto se correlacionaría con estudios que muestran un aumento de FMM al realizar ejercicios y entrenamiento de la musculatura masticatoria (He y cols., 2013; Okeson, 2019).

Gracias a la variedad de factores que pueden influir en la medición de la FM, existe un amplio rango para ella: desde 70 a 1200 N según Weisskircher (2013) y desde 446 a 1221 N según la revisión de la literatura de Koc y cols (2010). Además, la FMM varía según dónde se esté midiendo en la arcada dental: generalmente entre los molares va desde los 588,3 a 735,4 N, en la zona premolar-canina de 343,2 a 539,3 N y en los incisivos de 147,1 a 245,1 N (Manns). El mayor valor de FMM reportado es 4337 N, realizado por un hombre (Gibbs y cols., 1986; Okeson, 2019).

En esta tesis se trabajará en base a los valores de FMM registrada en los sujetos de estudio por medio del dispositivo biteFork. Características del dispositivo y la medición se detallan en punto 6.

2.5 FORMA FACIAL Y RELACIÓN CON FUERZA MASTICATORIA

Dada la gran variación en cuanto a características morfológicas y funcionales faciales en humanos, se han desarrollado diversas clasificaciones de biotipos o formas faciales. El biotipo facial (Figura 4) corresponde al conjunto de características morfodiferenciales de un individuo, tomando en cuenta distintos rasgos del esqueleto facial que presentan en común los individuos de una misma especie, y que estarían determinados por la genética y el ambiente. La definición tradicional de biotipo facial indica predominancias dimensionales faciales verticales (alto) y/u horizontales (ancho) (Bishara y cols., 1985; Cerda-Peralta y cols., 2019; Schulz-Rosales y cols., 2018). En resumidas cuentas, se han descrito tres formas faciales de acuerdo a predominancias dimensionales faciales (Cerda-Peralta y cols., 2019; Martins y cols., 2012; Quevedo Rojas y cols., 2004):

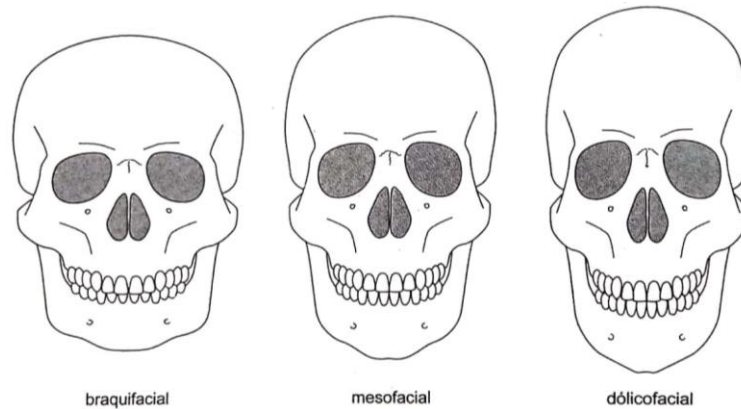


Figura 4. Representación de biotipos faciales, extraído de (Romo Ormazábal y cols., 2017)

- I. *Predominancia de altura facial:* Biotipo leptoprosópico, cefalométricamente asociado a biotipo dólicofacial (predominancia de crecimiento facial vertical).
- II. *Predominancia de ancho facial:* Biotipo euriprosópico, cefalométricamente asociado a biotipo braquifacial (predominancia de crecimiento facial horizontal).
- III. *La altura y ancho facial de proporciones similares:* Biotipo mesoprosópico, cefalométricamente asociado a biotipo mesofacial (crecimiento facial balanceado).

Dentro de algunas de las características de los braquifaciales, encontramos un tercio facial inferior reducido, menor altura facial anterior y mayor altura de la rama mandibular (expresado como una rotación mandibular anterior) y una rama mandibular más ancha, un ángulo goniaco más cerrado con tendencia a recto, mentón proyectado hacia adelante, mayor paralelismo entre los maxilares, mayor distancia interpupilar, fosas nasales más anchas y músculos elevadores extensos, bien desarrollados y alineados relativamente verticales con respecto a los molares, lo que les otorga biomecánica y estructuralmente mayor poder y capacidad de desarrollar altas fuerzas mandibulares. Por su parte, los dolicofaciales presentan un aumento del tercio facial inferior, mayor altura facial anterior y menor altura en la rama (expresado como una rotación mandibular), una rama mandibular más angosta, un ángulo goniaco más abierto con tendencia a obtuso, divergencia de las bases maxilares y los músculos elevadores se insertan posterior a los primeros molares y son más débiles, presumiblemente debido a una menor sección

transversal con generación de menores fuerzas mandibulares. Por lo general, la mandíbula se posiciona más abajo y posterior del maxilar, pudiendo asociarse a una mandíbula retrognática. Finalmente, los mesofaciales constituyen al patrón facial intermedio con características que yacen entre el biotipo braquifacial y dólcofacial. (Manns & Biotti, 2011; Schulz-Rosales y cols., 2018).

La función masticatoria y su relación con el crecimiento y forma craneofacial ha sido estudiada tanto en animales como en humanos. Esto se ha estudiado en animales con distintas metodologías, pero en general se ha propuesto que no sería adecuado extrapolar los resultados de experimentos en animales a humanos, porque si bien entregan información valiosa sobre las bases biomecánicas y cómo podría influir la función masticatoria al crecimiento craneofacial (remodelación ósea, crecimiento condilar y crecimiento sutural), los sistemas entre las distintas especies animales y humanos difieren tanto en forma como en función (Kiliaridis, 2006).

Dentro de las metodologías que se usan para evaluar la forma facial en humanos, encontramos algunas basadas en examen clínico, fotográfico y análisis cefalométricos (Cerdeira-Peralta y cols., 2019; Martins & Vigorito, 2012; Quevedo Rojas & Jeldes Aguilar, 2004; Schulz-Rosales y cols., 2018). Para evaluar su relación con distintos aspectos de la musculatura masticatoria, se han complementado con dispositivos de evaluación de FMM, electromiogramas (EMG), morfometría muscular (con tomografía computada, resonancia magnética o ultrasonografía), viéndose, en términos generales, que individuos con musculatura masticatoria fuerte o mayor FMM presentan una forma facial con mayor dimensión transversal (Abu Alhajja y cols., 2010; Kiliaridis, 2006), mientras que hay una mayor variación de morfología facial tanto en individuos con musculatura débil (Kiliaridis, 2006) como en individuos con función masticatoria reducida (por ejemplo, distrofia miotónica); estos últimos presentan alteraciones en crecimiento craneofacial en sentido vertical y una menor magnitud de FMM (Kiliaridis y cols., 1989). Además, se ha registrado que la falta de contracción de músculos craneofaciales puede conllevar a hipertelorismo, aplanamiento del cigomático y tercio medio facial, cavidad oral y capacidad de apertura disminuida, microretrognatia, lengua pequeña

y paladar anormal (Castaldo & Cerritelli, 2015).

Se ha visto que ciertos determinantes de la función masticatoria son más favorables en individuos de biotipo braquifacial (por ejemplo: mejor biomecánica, mayor fuerza de mordida), mientras que quienes presentan una musculatura menos eficiente para generar fuerza masticatoria – y por lo tanto quienes presentan peor rendimiento – son los individuos con biotipo dólicofacial (Abu Alhaija y cols., 2010; Bonakdarchian y cols., 2009; Farias Gomes y cols., 2010; Throckmorton y cols., 1980), deduciéndose que las diferencias en cuanto a morfología facial ocasionan diferencias en ventajas mecánicas en su musculatura (Throckmorton y cols., 1980). De esta forma, la FMM es menor a medida que se tienen mayores dimensiones de altura facial, inclinación mandibular y ángulo goniaco. Sin embargo, Weisskircher señala que la forma facial de un paciente no permite concluir cuál es su FMM (Weisskircher, 2013).

También se ha visto que el volumen o área seccional transversal del masetero afecta significativamente a la FMM (Alfaro y cols., 2012b; Bakke, 2006; Bonakdarchian y cols., 2009; Todić y cols., 2017), y junto al temporal presentan mayor volumen en sujetos con cara corta, quienes coincidentemente presentan mayores valores de FMM (Alfaro y cols., 2012b).

Se ha propuesto que a mayor FMM y/o área de contacto oclusal, se tiene una masticación más eficiente. Farias Gomes y cols. han analizado distintas características de la masticación y su relación con biotipos faciales: se observó mayor cantidad de contactos oclusales en el lado izquierdo en los tres biotipos, pero sin preferencia por un lado al masticar; asimismo, individuos meso y braquifaciales presentaron simetría en cuanto a FMM, mientras que los individuos dolicofaciales presentaron mayor FMM en el lado izquierdo (Farias Gomes y cols., 2011).

En su mayoría, los estudios que investigan la relación entre FMM y distintos aspectos de las dimensiones craneofaciales se basan en un análisis de la forma en base a radiografías o fotografías, que representan a la estructura en una visión bidimensional (Curiqueo y cols., 2016). Sin embargo, existen estudios que utilizan

metodologías de análisis de la forma más completos, considerando la geometría del objeto o estructura (es decir, la relación espacial entre sus partes) en lugar de sólo sus medidas; dentro de estas metodologías se encuentra el análisis por medio de Morfometría Geométrica (MG). Bajo esta línea, se ha observado una asociación significativa entre la forma mandibular y el área seccional transversal (*cross-sectional-area* CSA) muscular del masetero y temporal, en donde a mayor CSA - y de forma independiente al sexo - la mandíbula presenta una rama más ancha y trapezoidal, una coronoides más grande, un cuerpo más rectangular y mayor curvatura del arco basal (Sella-Tunis y cols., 2018). En otro estudio, se vio que la proporción del CSA total del temporal se asocia débilmente a la morfología craneal, destacando que individuos con un temporal proporcionalmente más grueso respecto de otros elevadores mandibulares presentan una tendencia a una cara más ancha, un maxilar más angosto y con una orientación más vertical en el espacio, además de una posición descendida del proceso coronoides (Toro-Ibacache y cols., 2016). Eyquem y cols. también utilizaron la MG para investigar cómo la intensidad de la carga masticatoria y relaciones craneomandibulares influyen a la variación de la forma craneofacial entre poblaciones pre-Hispánicas y modernas de Sudamérica, viéndose que a una menor intensidad de carga de dirección vertical, disminuye la restricción de la fuerza sobre el desarrollo facial y, en consecuencia, aumenta el grado de variación morfológica poblacional (Eyquem y cols., 2019). Si bien estos estudios tratan sobre la forma de elementos del esqueleto craneofacial y cargas masticatorias, hacen falta estudios con estas metodologías que analicen las posibles relaciones entre FMM (aquella que realmente pueden alcanzar las personas y no la que sus músculos teóricamente alcanzan) y la forma facial propiamente tal.

2.6 MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA

Dentro de los métodos y herramientas que se han desarrollado para el estudio de las estructuras y sus variaciones se encuentra la técnica de morfometría geométrica, la cual se centra en el estudio de la forma y su dimensión espacial más que en la del tamaño de la estructura a analizar (Toro-Ibacache y cols., 2010). Geométricamente, se entiende por “forma” a la información que queda tras

descartar las diferencias atribuidas a translaciones, rotaciones y dilataciones (Kendall, 1984).

Un aspecto relevante de la técnica es la adquisición de los datos primarios, llamados *hitos* o *landmarks*, los cuales son un punto del espacio con un nombre y coordenadas cartesianas que indican su lugar en el espacio bi o tridimensional, según corresponda (Toro-Ibacache y cols., 2010). Los landmarks tienen una correspondencia en cuanto a homología biológica, es decir, se encuentran en un “mismo lugar” (tejido, estructura homóloga, etc.) en la forma de la muestra a analizar y en el promedio de todas las formas analizadas (Mitteroecker y cols., 2009). En su metodología, hay cuatro etapas esenciales para el análisis morfométrico (Mitteroecker & Gunz, 2009; Toro-Ibacache y cols., 2010):

- I. Obtención de los datos (landmarks representativos de la forma a estudiar).
- II. Obtención de la información de la forma “pura” o shape, minimizando con procedimientos geométricos y estadísticos las diferencias de forma que se pueden deber al tamaño (escala), posición y rotación.
- III. Análisis exploratorios y confirmatorios de covariación de la forma y factores causales, poniendo a prueba la hipótesis a través de las diferencias entre las formas promedio, el grado de correlación y covariación de la forma con el tamaño, covariación de la forma con factores externos, covariación entre formas distintas y/o pruebas de asimetría.

En el presente estudio se analizó la morfología facial a través de la MG de hitos discretos. En el Anexo A se describen algunos términos clave de la MG.

2.6.1 Usos de la Morfometría Geométrica en Odontología

Teniendo en cuenta la metodología y la calidad de los datos resultantes del estudio por medio de la morfometría geométrica, no es de extrañarse que sea un método que se ha ido utilizando cada vez más en distintas áreas de las ciencias, incluyendo odontología. Se ha utilizado en estudios de odontogeriatría y rehabilitación oral, (Guevara Perez y cols., 2019), cirugía maxilofacial (Espinosa y cols., 2019; Santana y cols., 2019), odontología forense (Alarcón y cols., 2016; Kieser y cols., 2007) e

implantología (Meleo y cols., 2012). También ha sido la metodología de trabajo en un estudio de ciencias básicas odontológicas para analizar los efectos de la toxina botulínica en ratones a nivel molecular y microanatómico en el músculo masetero, tejido óseo subcondral del cóndilo mandibular y a nivel dental (Balanta-Melo y cols., 2018). Además, se ha usado en antropología para estudiar la relación entre forma y función craneal, dental y de la ATM (Terhune y cols., 2015), aspectos que se relacionan con los propósitos del presente trabajo.

2.7 JUSTIFICACIÓN Y RELEVANCIA DEL ESTUDIO

En el presente trabajo se analizará la forma facial con morfometría geométrica y su relación con la magnitud de fuerza de mordida máxima. Los posibles hallazgos de este estudio serían de utilidad en áreas de antropología y anatomía funcional, ya que ayudarían a tener una mayor comprensión del hombre moderno, porque si bien se ha observado una amplia literatura en la que se acepta que hay una relación entre la morfología facial y la FMM, se hace necesario la confirmación y establecimiento de parámetros funcionales (Farias Gomes y cols., 2010), ya que no hay un consenso de cómo se presenta esta relación en humanos modernos (Eyquem y cols., 2019; Toro-Ibacache y cols., 2016). Considerar la forma facial de un paciente en rehabilitación puede llevar a un mejor resultado de tratamiento si se logra establecer una relación entre forma facial y FMM (Bonakdarchian y cols., 2009), como también en áreas de ortodoncia, cirugía maxilofacial y áreas afines.

HIPÓTESIS

Existe una relación entre la magnitud de fuerza de mordida máxima y la forma facial de los individuos de estudio.

¿Qué se espera observar?

Se espera que haya una diferencia en la presentación de magnitud de fuerza de mordida máxima en las distintas formas faciales, en donde quienes presentarían una menor magnitud de fuerza de mordida máxima serían los individuos con una forma facial con predominancia vertical (cefalométricamente asociados a dólicofacial), seguidos por los de un forma facial con una altura y ancho facial similar (cefalométricamente asociados a mesofaciales) y quienes presentarían una mayor magnitud de fuerza de mordida máxima serían los individuos con una forma facial con predominancia transversal (cefalométricamente asociados a braquifaciales).

3. OBJETIVO GENERAL

Estudiar la relación entre la forma facial y magnitud de fuerza de mordida máxima de los individuos de estudio.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Identificar las variaciones de forma facial presentada en los individuos de estudio.
- 2) Identificar las variaciones en las magnitudes de fuerza de mordida máxima en las posiciones de máxima intercuspidad (MIC), lateralidad derecha, lateralidad izquierda y protrusión en los individuos de estudio.
- 3) Relacionar la forma facial de cada individuo de estudio con su magnitud de fuerza de mordida máxima.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño metodológico corresponde a un estudio de tipo transversal descriptivo observacional, con una adición de análisis estadísticos para testear la hipótesis de trabajo. Con esta metodología se buscó relacionar la forma facial y magnitud de fuerza de mordida máxima en y entre los individuos de estudio.

6.1 MUESTRA

La muestra estudiada está constituida por 19 personas (8 hombres, 11 mujeres). Los sujetos estudio - que eran estudiantes de odontología - fueron reclutados durante el desarrollo del proyecto marco de esta investigación en la Escuela de Odontología de la Universidad de Leipzig, Alemania, y cumplían con los siguientes criterios:

- Criterios de inclusión:
 - Edad entre los 23 y 30 años.
 - Índice de Masa Corporal entre 20 y 24,9 en hombres y 19 a 23,9 en mujeres.
 - Dentición completa (sin incluir a los terceros molares en el cálculo).
 - Ausencia de sintomatología muscular y articular.
- Criterios de exclusión:
 - Patrones extremos de oclusión alterada (protrusión o retrusión marcada, mordida cruzada).
 - Historia de cirugía ortognática.
 - Historia de tratamiento ortodóncico.
 - Historia de tratamiento de trastornos temporomandibulares, patología funcional muscular y/o articular.
 - Historia de periodontitis.
 - Presencia de dolor orofacial.
 - Presencia de restauraciones de consideración (que ocupen gran parte de la corona del diente).

Todos los participantes seleccionados para el estudio firmaron un consentimiento informado (Anexos B y C), el cual fue aprobado por la Facultad de Medicina de la Universidad de Leipzig, Alemania (Anexos D y E). Tanto la metodología como la autorización ética se encuentran visadas y registradas en la Dirección de Investigación de la Facultad de Odontología Universidad de Chile. El trabajo de los datos y su posterior análisis y fue realizado en las dependencias del Centro de Análisis Cuantitativo en Antropología Dental y el Laboratorio de Investigación Traslacional Craneofacial de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.

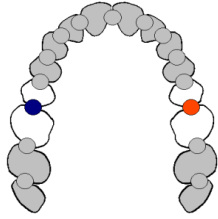
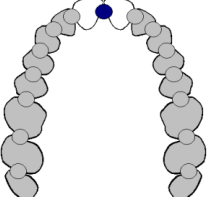
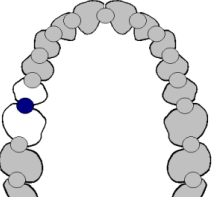
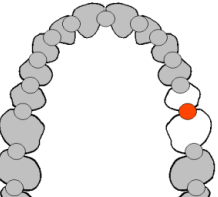
6.2 ESTUDIO MAGNITUD FUERZA DE MORDIDA MÁXIMA

Las mediciones fueron realizadas en etapas iniciales del proyecto marco en la Escuela de Odontología de la Universidad de Leipzig. Las medidas fueron registradas con una resolución de 0,001 segundos en una planilla MS Excel (Microsoft Office, Windows 2007, USA), la cual fue enviada posteriormente al Centro de Análisis Cuantitativo en Antropología Dental y el Laboratorio de Investigación Traslacional Craneofacial de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.

Los datos de fuerza de mordida fueron obtenidos mediante el sistema de medición de fuerzas biteFork System (ViMeS, <http://www.bitefork.de/>), el cual es un sistema con forma de horquilla (“fork”) que mide la fuerza a través de unas láminas de sensores de 0,2 mm entre un bloque de mordida de 2 a 5 mm de altura; el dispositivo digitaliza el voltaje medido y lo convierte en unidades Newton (N), mostrándolo posteriormente como un gráfico en un computador o como valores numéricos en la pantalla del biteFork (Weisskircher, 2013). Se registró la fuerza de mordida máxima en distintas posiciones: máxima intercuspidadación (MIC), protrusión, lateralidad derecha e izquierda.

La medición de fuerza de mordida en máxima intercuspidadación (MIC) fue a la altura del primer molar derecho e izquierdo, para protrusiva a la altura de ambos incisivos centrales, para lateralidad derecha a la altura del primer molar derecho y para la lateralidad izquierda a la altura del primer molar izquierdo (Tabla 2). Para lograr una mejor repetibilidad en las mediciones de cada posición en los individuos, se añadió un fijador de silicona por mesial del primer molar y entre los incisivos centrales. Cabe destacar que en la medición de MIC, se obtuvieron dos resultados (ya que se usaron dos sensores, uno a cada lado): MIC derecho y MIC izquierdo. Se calculó el promedio de ambos (MIC promedio), obteniéndose finalmente tres valores para esta posición.

Tabla 2. Posición del medidor biteFork System

Posición	Figura
<p>Máxima intercuspidadación (MIC)</p> <p>Medición de máxima fuerza de mordida de primeros molares bilaterales, con posición de fijador entre segundos premolares y primeros molares.</p>	
<p>Protrusión</p> <p>Medición de máxima fuerza de mordida de incisivos centrales, con posición de fijador entre incisivos centrales.</p>	
<p>Lateralidad derecha</p> <p>Medición de máxima fuerza de mordida de primer molar derecho, con posición de fijador entre segundo premolar derecho y primer molar derecho.</p>	
<p>Lateralidad izquierda</p> <p>Medición de máxima fuerza de mordida de primer molar izquierdo, con posición de fijador entre segundo premolar izquierdo y primer molar izquierdo.</p>	

Los datos de FMM fueron tabulados según individuo y posición en una planilla Excel, sobre la cual se calcularon los valores máximos en cada posición, los promedios y medias por posición y por sexo. Se utilizó el software PAST (Paleontological Statistics Software, Hammer et al., 2001) para evaluar por medio de un análisis multivariado de la varianza en base a permutaciones (one-way PERMANOVA; Anderson, 2001) si la fuerza de mordida en las posiciones de MIC promedio, protrusión y cada lateralidad está estadísticamente influenciada por el sexo del individuo. Posteriormente se realizó un test de Kruskal Wallis analizando cada posición por separado con respecto al sexo y finalmente se realizó un análisis de componentes principales (*principal component analysis* – PCA) para ver cuáles de los datos de FMM es más relevante en cuanto a posición.

6.3 ESTUDIO DE FORMA FACIAL

El estudio de la forma facial de la muestra se realizó por medio del método de Morfometría Geométrica. Se trabajó en base a de archivos de superficie (formato .stl) representando la anatomía facial de los participantes, las cuales fueron realizadas usando la técnica de estereofotogrametría con el escáner facial Vectra M3 (Fa. Canfield) en una etapa previa a esta tesis, en la Escuela de Odontología de la Universidad de Leipzig, Alemania. A grandes rasgos, la estereofotogrametría - también llamada fotografía 3D - es un método no invasivo que sirve para obtener reproducciones de estructuras faciales altamente precisas a partir de fotografías estandarizadas (Parra y cols., 2019). Antes de tomar las fotografías, un participante del proyecto marco registró con un lápiz la posición de landmarks en la piel de los participantes, previa palpación.

Tras la obtención de las fotografías 3D, estas fueron enviadas al Centro de Análisis Cuantitativo en Antropología Dental y el Laboratorio de Investigación Traslacional Craneofacial de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile para realizar la obtención de datos primarios y análisis morfométrico.

6.3.1 Obtención de datos primarios

Las coordenadas de los landmarks fueron adquiridas durante el desarrollo de esta tesis, en donde se importaron los archivos de superficie de anatomía facial de los 19 individuos de estudio al software MeshLab (Cignoni y cols., 2008) y se trabajó de forma individual en cada uno de ellos digitalizando 23 landmarks que representan la forma facial, seleccionados según los objetivos del estudio y en base a trabajos previos (Miyazato y cols., 2014). Cada landmark corresponde a un punto en el espacio – en este caso tridimensional – con una configuración de coordenadas cartesianas (x,y,z) que describen su posición; dichas coordenadas fueron almacenadas en formato Morphologica (de uso en software estándar de morfometría geométrica) y son los datos primarios en base a los cual se trabajó posteriormente.

En la Tabla 3 se ejemplifica la digitalización de landmarks en un sujeto de estudio y su *wireframe* (set de líneas que conectan a los landmarks en un gráfico, con el fin

de ayudar a la visualización de la forma), y en la Tabla 4 se desglosan los nombres y descripciones de los landmarks. Los wireframes fueron creados en la etapa de obtención de la forma pura en el programa MorphoJ (Klingenberg, 2011).

Tabla 3. a) Digitalización de landmarks en un sujeto de estudio y b) Su wireframe con los landmarks.

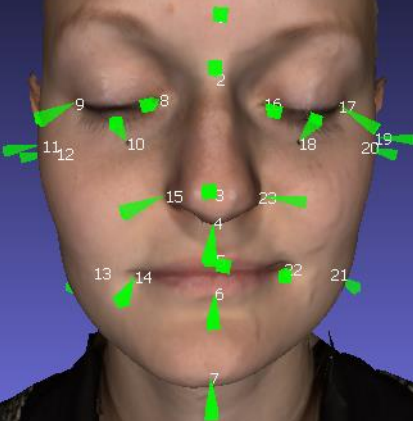
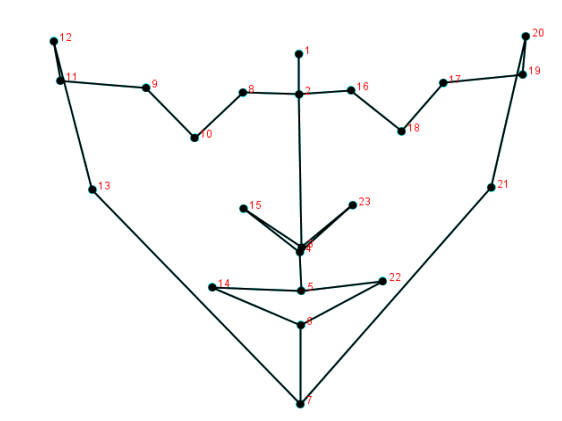
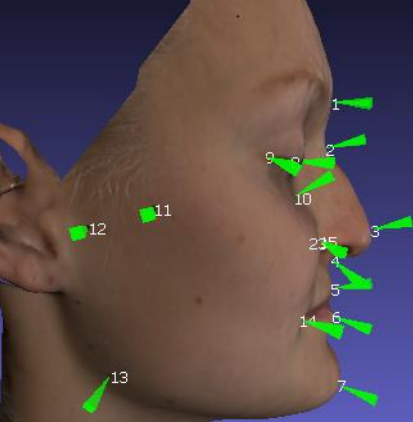
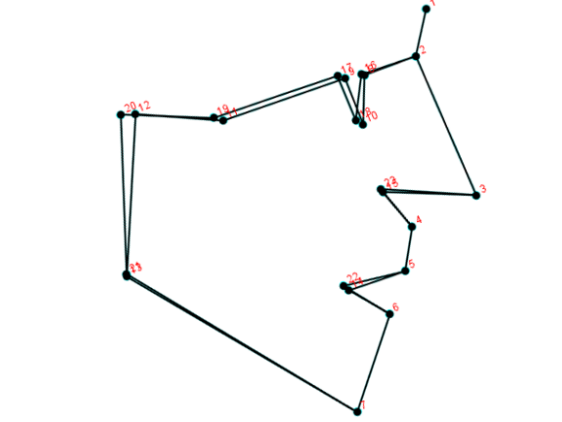
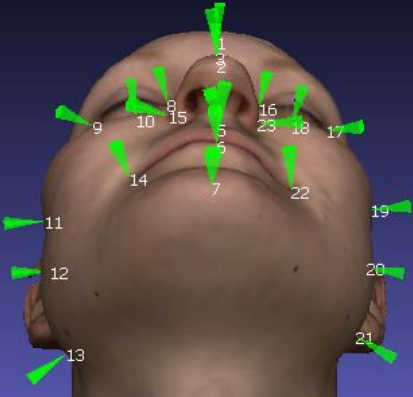
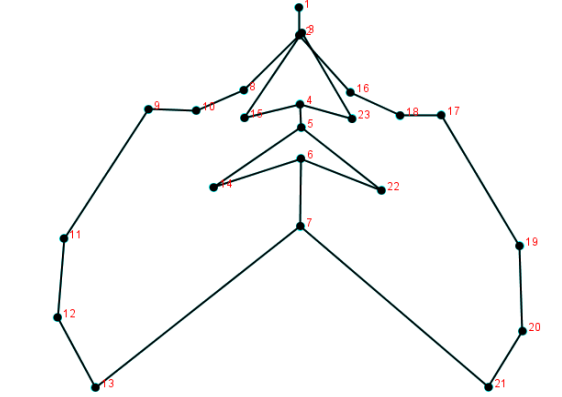
Vista	Landmarks en sujeto de estudio	Wireframe asociado
Frontal		
Lateral		
Infero-superior		

Tabla 4. Landmarks seleccionados.

Estructura	Abr.	Landmark	Definición	M- R/L	N°
Frente	G	Glabella	Glabela; Punto más prominente de la frente en el plano medio sagital, entre los arcos supraciliares (Langley y cols., 2016).	M	1
	Se	Sellion	Nasion; Punto de intersección de la sutura nasofrontal y el plano medio sagital (Langley y cols., 2016). Representa en tejido blando en el punto más cóncavo retruído que cubre el área de la sutura frontonasal (Suazo Galdames y cols., 2007), y que corresponde a la raíz nasal (Krenzer, 2006).	M	2
Ojos / Órbita	En	Entocanthion	Entocanto; Punto situado en la comisura mesial de la cavidad orbitaria (Hajeer y cols., 2002; Toma y cols., 2009).	R/L	8/16
	Ex	Exocanthion	Exocanto; Punto situado en la comisura lateral de la cavidad orbitaria (Hajeer y cols., 2002; Toma y cols., 2009).	R/L	9/17
	Inf	Infraorbitale	Infraorbital; Punto más bajo en el margen inferior de cada órbita (Suazo Galdames y cols., 2007).	R/L	10/18
Nariz	Prn	Pronasale	Pronasal; Punto más anterior de la punta nasal (Barahona Cubillo y cols., 2006; López y cols., 2012).	M	3
	Sn	Subnasale	Subnasal; Punto en el plano medio sagital donde la base nasal se encuentra con el labio superior (López y cols., 2012), siendo el punto mediano en el ángulo de la base de la columela (Toma y cols., 2009).	M	4
	Ac	Alar Curvature	Curvatura alar; Punto más lateral de la curvatura alar, siendo la inserción facial del ala nasal (Kau y cols., 2011).	R/L	15/23
Mejillas	Zy	Zygion	Punto más lateral del arco cigomático (Langley y cols., 2016).	R/L	11/19
	Cdl	Condylion laterale	Punto más lateral en los cóndilos mandibulares (Krenzer, 2006; Sella-Tunis y cols., 2018).	R/L	12/20
Boca	Chl	Chellion	Comisura; Punto lateral ubicado en cada comisura labial (Toma y cols., 2009).	R/L	14/22
	LS	Labiale superius Labiale inferius	Punto mediano situado en el borde del bermellón del labio superior (Barahona Cubillo & Benavides Smith, 2006; Hajeer y cols., 2002; Toma y cols., 2009).	M	5
	Li		Punto mediano situado en el borde del bermellón del labio inferior (Barahona Cubillo & Benavides Smith, 2006; Hajeer y cols., 2002; Toma y cols., 2009).	M	6
Mandíbula	Sgn	Supragnathion	Supragnation; Punto mediano que se encuentra en la posición más anteroinferior del mentón, entre pogonion y gnation (Kaur y cols., 2017).	M	7
	Go	Gonion	Gonion; Punto lateral en donde se encuentran el margen inferior del cuerpo mandibular con el margen posterior de la rama, siendo el punto del ángulo mandibular en su posición más inferior, posterior y lateral. (Langley y cols., 2016).	R/L	13/21

* Abr.: Abreviación del landmark; M: Medial; R: Derecha; L: Izquierda; N°: Número designado al landmark

6.3.2 Obtención de la forma “pura” o shape

Para el análisis de datos se utilizó el software MorphoJ, donde la totalidad de configuraciones de landmarks se sometieron a un Análisis Generalizado de Procrusto (AGP) (Figura 5). En este, se centraron las configuraciones de landmarks en el centroide (centro geométrico), y luego se escalaron las configuraciones de hitos al tamaño del centroide =1. Después se seleccionó una configuración referencial sobre la cual se rotó el resto de la información, disminuyendo al máximo las distancias euclidianas entre landmarks homólogos (Mitteroecker & Gunz, 2009), minimizando así las diferencias de forma debidas a tamaño (escala), posición y rotación tanto entre los individuos como con respecto a la configuración de consenso (Toro-Ibacache y cols., 2010).

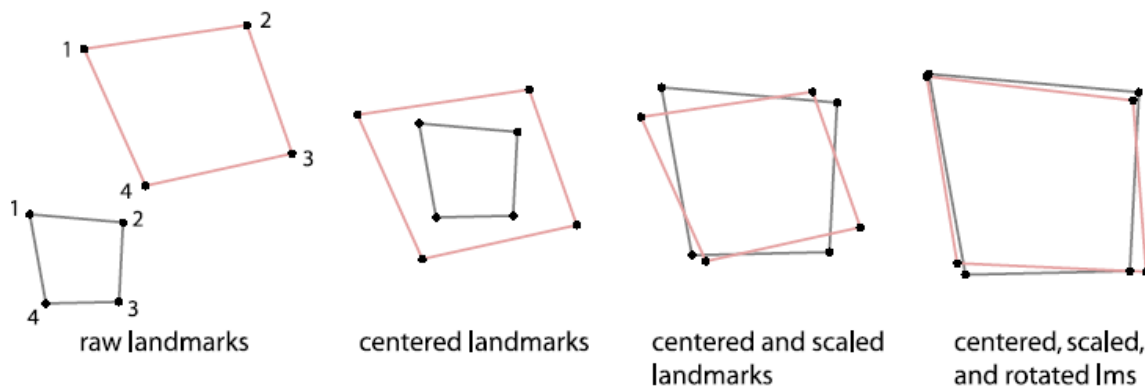


Figura 5. Pasos de AGP a partir de los datos primarios, según (Mitteroecker & Gunz, 2009).

Las coordenadas de Procrusto obtenidas como resultado del AGP son variables representativas de la forma del objeto sobre las cuales se realizaron análisis preliminares para evaluar el efecto de factores confundentes para el estudio, y análisis estadísticos exploratorios y confirmatorios. La configuración consenso actúa como una configuración promedio de referencia, por lo que se puede realizar una medición (a través de la métrica de Procrusto) de cuánto difieren los individuos de la muestra con respecto al promedio. Tanto las coordenadas de Procrusto como las distancias de Procrusto son variables consideradas como dependientes (o variables de la forma) en el análisis estadístico multivariado (Toro-Ibacache y cols., 2010; Ugarte Cisternas, 2017).

6.3.3 Análisis preliminares

Para analizar los factores de sexo y error del observador sobre las variables representativas de la forma facial, se procedió a realizar una estimación del efecto de estas dos variables a través de la función de análisis de varianza (ANOVA) de Procrustes en el programa MorphoJ (Fruciano, 2016; Klingenberg, 2011), ya que con el ANOVA se obtiene una estimación de la contribución relativa de cada factor a la variación total de la forma (Fruciano, 2016). El nivel de significancia estadística fue fijado en $p < 0.05$.

Efecto del error del observador

El efecto del error del observador en la digitalización puede actuar como factor confundente al momento de realizar los análisis. Para su evaluación, se realizó una doble digitalización de los landmarks por la misma operadora (Ana Nocera Quezada) y fue en base a esto que se realizó el ANOVA de Procrustes para comparar la varianza debida a las diferencias entre individuos con la varianza generada por las digitalizaciones repetidas. Esto es de gran importancia, ya que en caso de ser significativo puede provocar errores en distintas etapas del análisis morfométrico que potencialmente resulten en una pérdida del poder estadístico del estudio (Fruciano, 2016), pudiendo confundirse la forma de un individuo de la muestra y describa con caracteres que realmente no tiene, o bien que la geometría se altere de tal manera que quede como dato atípico (*outlier*) (Ugarte Cisternas, 2017).

Efecto del sexo

Con frecuencia se ha reportado un dimorfismo sexual en la forma facial y mandibular humana (Alarcón y cols., 2016), razón por la cual se estudió este factor con el ANOVA de Procrustes para ver su contribución en la variación de la forma facial de la muestra de este estudio. Además, se realizó un análisis de función discriminante (DFA) para evaluar, mediante test de 10.000 rondas de permutación (Eyquem y cols., 2019), si hay una diferencia estadísticamente significativa entre ambos sexos, para considerarlo en análisis posteriores.

Simetrización

En humanos existen distintos grados de asimetría a nivel facial – que son sutiles y no patológicos - siendo unas personas más simétricas que otras. Esta asimetría puede actuar como variable confundente, en caso de que la pregunta de investigación no considere la asimetría facial. En la presente tesis, el objetivo tiene que ver con vectores generales de variación, por lo que se procedió a realizar un proceso de simetrización de los datos. De esta forma, se obtuvo el componente simétrico y asimétrico de la forma y, para estudiar en específico la variación de la forma facial, se trabajó en base al componente simétrico, eliminando así la asimetría como factor confundente. Cabe destacar que previo a la simetrización, se procedió a realizar una comparación entre los PCA de los individuos simetrizados y no simetrizados, para ver qué tanto afecta el proceso de simetrización a la distribución espacial (representativa de las diferencias geométricas) de los individuos en ambos casos. Una vez simetrizados los datos, se procedió a evaluar los patrones de variación de la forma.

6.3.4 Análisis exploratorios y confirmatorios

Ya que el análisis preliminar del efecto del sexo sobre la forma facial indicó que este es estadísticamente significativo (ver detalles en resultados), se realizó una corrección de datos a través de una regresión con respecto al factor sexo como variable dicotómica (femenino=0, masculino=1), obteniendo como resultado a los residuales, que son la parte del dato primario que no se encuentra explicada por el sexo del individuo. En consecuencia, se crea un nuevo set de datos en base a los residuales y, por lo tanto, se tiene una nueva variable de la forma que es independiente del sexo (Eyquem y cols., 2019). Este es el set de datos a utilizar en tanto en el análisis de componentes principales (*principal component analysis* – PCA) para estudiar los patrones generales de variación de forma facial como en el análisis de covariación entre forma facial y fuerza de mordida máxima.

Patrones de variación de la forma

Se trabajó en base a los PCA de los primeros cinco componentes principales y se visualizaron los patrones de variación de forma a través de un esquema de líneas

(*wireframes*) en los tres planos del espacio, superponiendo cada componente principal sobre la configuración consenso para poder describir la variación correspondiente a cada componente principal.

6.4 ESTUDIO DE COVARIACIÓN ENTRE FORMA FACIAL Y MAGNITUD DE FUERZA DE MORDIDA MÁXIMA

Se realizó un análisis de *partial least squares* (PLS) de las variables de la forma (residuales, del componente simétrico de la forma facial) versus la magnitud de fuerza de mordida máxima en las distintas posiciones para cuantificar el grado de covariación. Ambas variables fueron consideradas en dos bloques separados y tanto la significancia estadística (fijada en $p < 0,05$) como el coeficiente RV fueron evaluadas mediante 10.000 rondas de permutación.

El coeficiente RV indica el grado de covariación de un conjunto de variables. Los valores de RV oscilan entre cero y uno; cuando RV tiene un bajo valor o cercano a cero, significa que las covarianzas entre las variables son bajas. Si RV tiene un valor alto o cercano a uno, significa que hay mayor covarianza entre las variables (Klingenberg, 2009). En el caso de esta tesis, las variables serían forma facial y fuerza de mordida máxima en sus distintas posiciones; por lo tanto, si se obtiene un valor de RV bajo o cercano a cero, hay poca correlación entre forma facial y fuerza de mordida máxima, mientras que si RV es alto, significa que hay alta correlación entre ellas.

7. RESULTADOS

7.1 ANÁLISIS DE FUERZA DE MORDIDA MÁXIMA

Tras la realización de las mediciones de la FMM en las distintas posiciones, se procedió a tabular los resultados (Tabla 5). Cabe destacar que se realiza la distinción de MIC derecho y MIC izquierdo porque al momento de realizar la medición de MIC había un sensor a cada lado, de esta forma se permite ver el grado de asimetría presente al realizar la FMM en esta posición (MIC promedio corresponde al promedio entre MIC derecho e izquierdo). El mayor valor de MIC izquierdo y de lateralidad izquierda fueron realizados por individuos de sexo femenino, mientras que los mayores valores de MIC derecho, MIC promedio, protrusión y lateralidad derecha fueron realizadas por individuos de sexo masculino. De todas las mediciones, el mayor valor fue realizado por un hombre, registrada en la posición de lateralidad derecha. Cabe destacar que dos individuos tuvieron valores mayores de FMM en protrusión en comparación con la posición de MIC de los sensores individuales y promedio (F-19-23 y M-06-26, siendo este último el individuo que obtuvo el valor más alto de FMM en la posición de protrusión).

Tabla 5. Valores de FMM (en Newton) en las distintas posiciones medidas. Los valores máximos para cada posición se señalan en negrita. F= femenino y M= masculino.

Individuo	Sexo	MIC izquierdo	MIC derecho	MIC promedio	Protrusión	Lateralidad derecha	Lateralidad izquierda
F-04-27	F	279,099	236,803	257,951	60,408	385,687	267,501
F-07-23	F	406,964	178,558	292,761	154,511	271,025	396,297
F-08-23	F	333,901	109,818	221,859	206,508	201,061	377,196
F-09-23	F	267,824	271,426	269,625	76,549	328,206	362,28
F-10-29	F	384,55	146,332	265,441	137,517	167,597	316,501
F-12-23	F	159,918	48,561	104,239	56,698	78,912	142,473
F-13-27	F	215,331	127,867	171,599	66,567	221,051	248,615
F-15-23	F	99,586	283,403	191,494	27,853	406,497	106,282
F-16-25	F	197,909	126,084	161,996	56,684	356,703	293,835
F-17-23	F	312,212	243,767	277,989	76,708	395,64	436,757
F-19-23	F	232,235	86,789	159,512	273,039	155,63	627,615
M-01-29	M	186,355	144,646	165,500	60,543	165,821	434,324
M-02-29	M	249,776	356,995	303,385	81,372	506,869	354,674
M-03-27	M	321,389	515,453	418,421	87,898	648,929	333,673
M-05-24	M	270,542	64,252	167,397	143,813	99,03	496,461
M-06-26	M	293,374	67,684	180,529	301,032	59,231	461,359
M-11-26	M	304,988	180,762	242,875	39,92	302,368	376,045
M-14-26	M	399,307	100,402	249,854	91,515	125,679	330,313
M-18-22	M	399,819	173,157	286,488	172,454	137,474	441,002

En cuanto a los promedios de FMM (Tabla 6), la posición con el mayor promedio del total de la muestra fue en la posición de lateralidad izquierda (358,083 N). La lateralidad izquierda presentó un promedio de 107,72 N mayor que el derecho, mientras que el sensor de MIC izquierdo presentó un promedio 97,49 N mayor que el derecho, evidenciándose de forma general una tendencia mayor FMM en el lado izquierdo. El sexo masculino presentó el mayor promedio de FMM en todas las posiciones, exceptuando la lateralidad derecha.

Tabla 6. Valores promedio de FMM (en Newton) en las distintas posiciones medidas y según sexo.

Muestra	MIC izquierdo	MIC derecho	MIC promedio	Protrusión	Lateralidad derecha	Lateralidad izquierda
Mujeres	262,684	169,037	215,860	108,458	269,819	325,032
Hombres	303,193	200,418	251,806	122,318	219,790	403,481
Total	279,741	182,250	230,995	114,294	250,363	358,063

El PERMANOVA de valores de FMM en MIC promedio, protrusión y cada lateralidad de hombres versus mujeres con respecto a la FMM, resultó en un $F=0,704$ y un valor de $p=0,513$, por lo que se concluye que no hay diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres en sus FMM. Sin embargo, al realizar esta prueba se toman todas las posiciones y se analizan en conjunto, pudiendo existir la posibilidad que una de las posiciones en específico sí presentara una diferencia estadísticamente significativa entre sexo y que se pasara por alto en el resultado general. Debido a esto, se procedió a realizar un test de Kruskal Wallis para analizar la FMM de cada posición por separado con respecto al sexo (Tabla 7), confirmándose que no hay ninguna diferencia estadísticamente significativa en cada una de las posiciones, por lo que el sexo no influiría en la FMM.

Tabla 7. Medianas para cada posición, sus valores extremos (en Newton) y su test de Kruskal Wallis asociado.

Posición	Mujeres	Hombres	Kruskal Wallis
MIC promedio	221,859	246,364	H=0,681
	Máximo: 292,761	Máximo: 418,421	p=0,409
	Mínimo: 104,2395	Mínimo: 165,5005	
Protrusión	76,549	89,706	H=0,681
	Máximo: 273,039	Máximo: 301,032	p=0,409
	Mínimo: 27,853	Mínimo: 39,92	
Lateralidad derecha	271,025	137,474	H=0,825
	Máximo: 406,497	Máximo: 648,929	p=0,363
	Mínimo: 78,912	Mínimo: 59,231	
Lateralidad izquierda	316,501	405,184	H=2,727
	Máximo: 627,615	Máximo: 496,461	p=0,098
	Mínimo: 106,282	Mínimo: 330,313	

* $H=H(\chi^2)$; $p=$ valor de p ; Mínimo= valor mínimo de FMM; Máximo=valor máximo de FMM

Posteriormente se realizó un PCA en el programa PAST, para ver cuál de los datos de FMM es más relevante en cuanto a los valores medidos de FMM. El PC1 explica el 60,087% de la varianza de la FMM (Figura 6). Un aspecto interesante es que al realizar un gráfico de saturación para el PC1 (que señala el grado de correlación de cada variable con el PC señalado; Figura 6), se evidencia que hay dos variables que son las más importantes en cuanto a varianza: MIC derecho y lateralidad derecha, lo que sugiere un componente asimétrico de la fuerza.

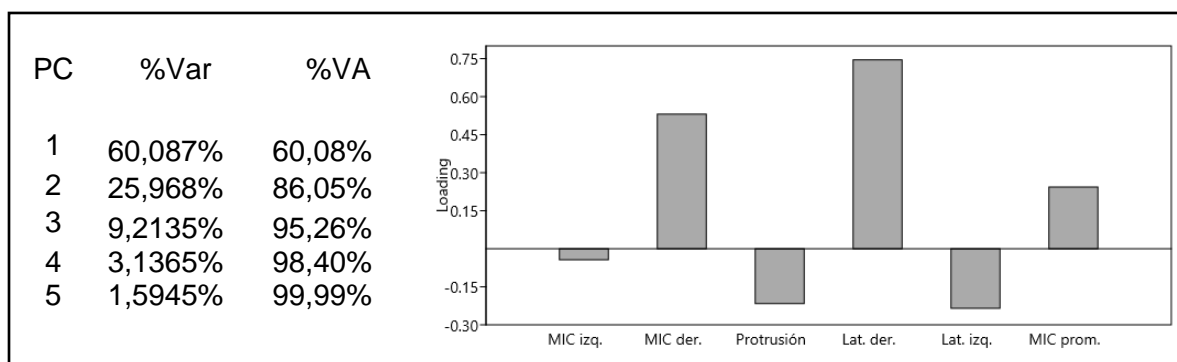


Figura 6. PCA de fuerza de mordida máxima y saturación factorial de PC1: A la derecha se presenta el PCA de fuerza de mordida máxima; PC=Componente Principal, %Var=Porcentaje de varianza total explicado por cada PC, %VA= Porcentaje acumulado de la varianza. A la izquierda se grafica el gráfico de saturación factorial PC1 de fuerza de mordida máxima.

Debido a este aparente efecto de la asimetría sobre los datos, se decidió complementar los resultados realizando un test de Mann-Whitney (test no paramétrico que compara la mediana de dos grupos) en PAST para evaluar la asimetría de la fuerza de mordida de toda la muestra (hombres y mujeres), obteniendo para el análisis de MIC derecho contra izquierdo una asimetría estadísticamente significativa de $p=0,002$, mientras que para lateralidad derecha contra izquierda se obtuvo un $p=0,042$. Finalmente, se evaluó si esta asimetría podría estar relacionada con el sexo. Se calculó para cada individuo un valor de asimetría (A), igual al valor absoluto de la diferencia aritmética entre MIC derecho y MIC izquierdo (A_{MIC}), y entre lateralidad derecha y lateralidad izquierda (A_{Lat}), y se compararon sus valores entre hombres y mujeres mediante tests de Mann Whitney. A_{MIC} no mostró diferencia estadísticamente significativa ($p=0,3$), mientras A_{Lat} si ($p=0,02$). Ya que solo se pudo observar un efecto estadísticamente significativo del

sexo solo sobre A_{Lat} , es posible que la importancia de la asimetría encontrada en valores unilaterales de FMM en MIC y lateralidad en determinar la variación de FMM en la muestra se deba a otro factor que no sea posible de ser controlado o evaluado en esta muestra.

7.2 ANÁLISIS DE LA FORMA FACIAL

7.2.1 Análisis preliminares

El efecto del error del observador no actúa como un factor confundente en esta investigación, ya que en el ANOVA de Procusto se observó que la varianza (cuadrados medios) de la forma facial debido a la digitalización repetida de landmarks es menor a la variación explicada por diferencias propias de los individuos (Tabla 8). Sin embargo, se observó que la variación de la forma facial debido al factor sexo es aproximadamente 4 veces mayor a la variación propia de los individuos de la muestra, por lo que el factor sexo si tiene un efecto significativo en la muestra para forma facial.

Tabla 8. ANOVA de Procusto para factor repetición y sexo.

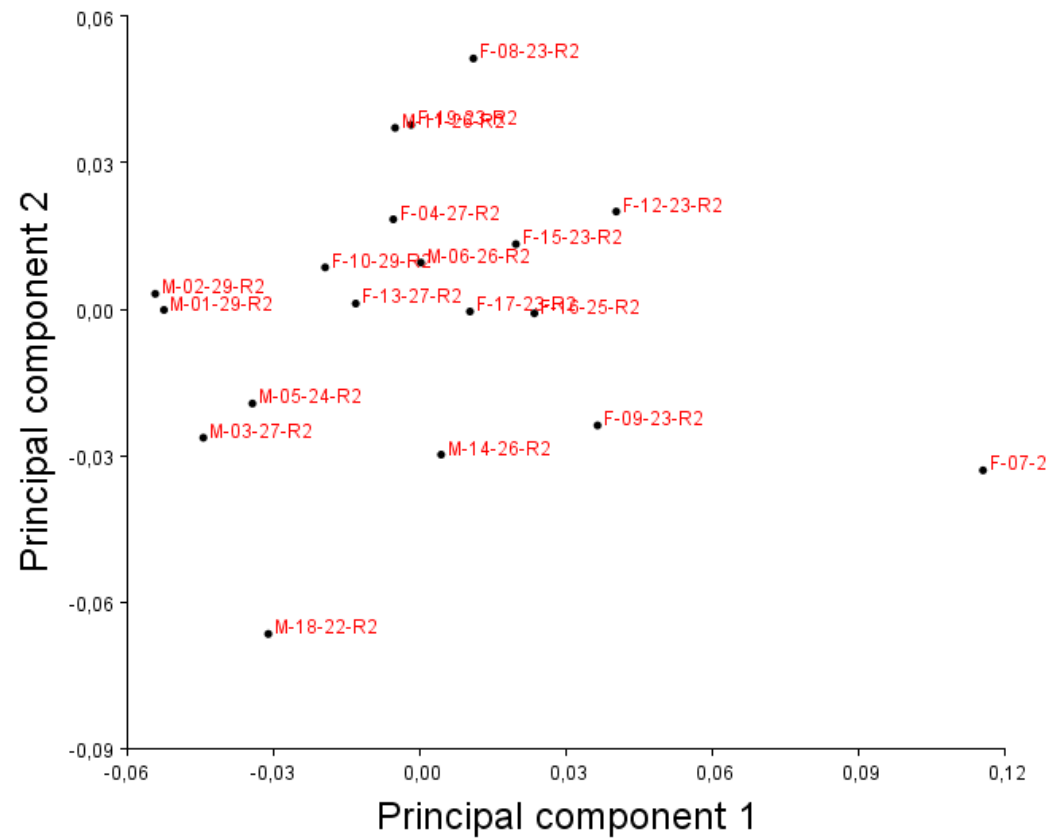
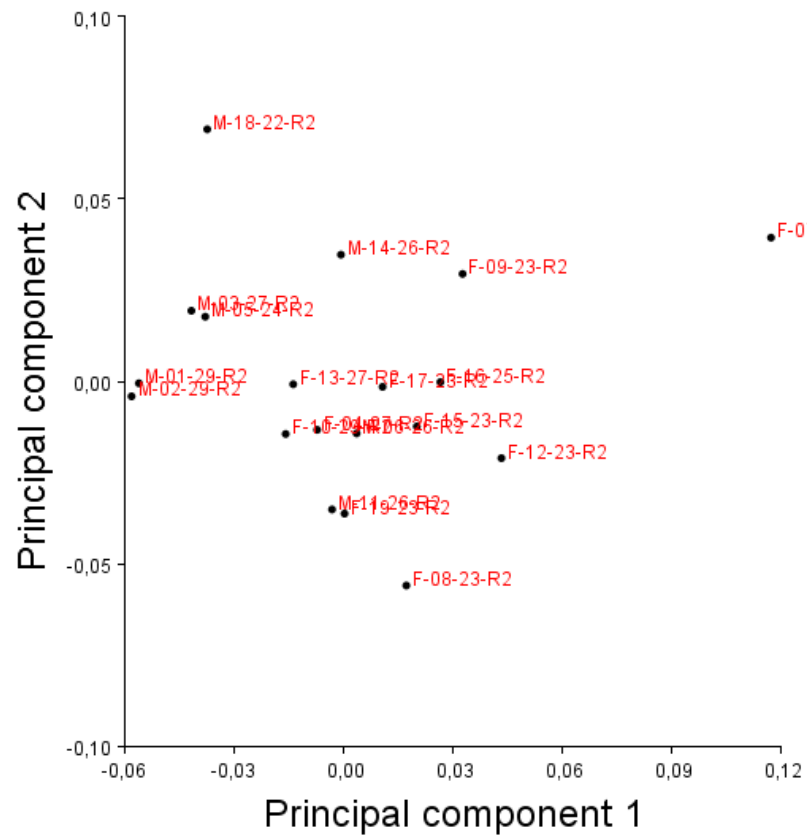
Efecto	SC	CM	G.I.	F	P
Sexo	0,030	$4,9551 \times 10^{-4}$	62	3,15	<0,0001
Individual	0,165	$1,5724 \times 10^{-4}$	1052	30,86	<0,0001
Repetición	0,006	$0,0509 \times 10^{-4}$	1178		

SC=Suma de cuadrados; CM=Cuadrados medios; G.I.=Grados de libertad; F=Estadístico ANOVA de Procusto; P= Valor de p; Individual=Muestra del estudio

Luego, se realizó un análisis discriminante en función del sexo, en donde se puso a prueba la hipótesis de nulidad que los hombres y mujeres son iguales en cuanto a forma facial, lo cual fue rechazado con un valor de $p < 0,0001$, lo que indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de hombres y mujeres en cuanto a forma facial, lo cual será considerado en análisis posteriores.

En la evaluación de los PCA de los individuos simetrizados versus los no simetrizados, se ve a grandes rasgos una tendencia de distribución similar de la muestra en cuanto a su relación espacial aproximada (Figura 7), preservando las posiciones relativas de los individuos que, en este caso, se ven como imágenes especulares en torno al eje y.

Figura 7: Comparación de gráficos de a) individuos no simetrizados y b) individuos simetrizados. Cada código corresponde a un individuo distinto. Individuos con identificación F son femeninos y M masculinos.



7.2.2 Análisis exploratorios y confirmatorios

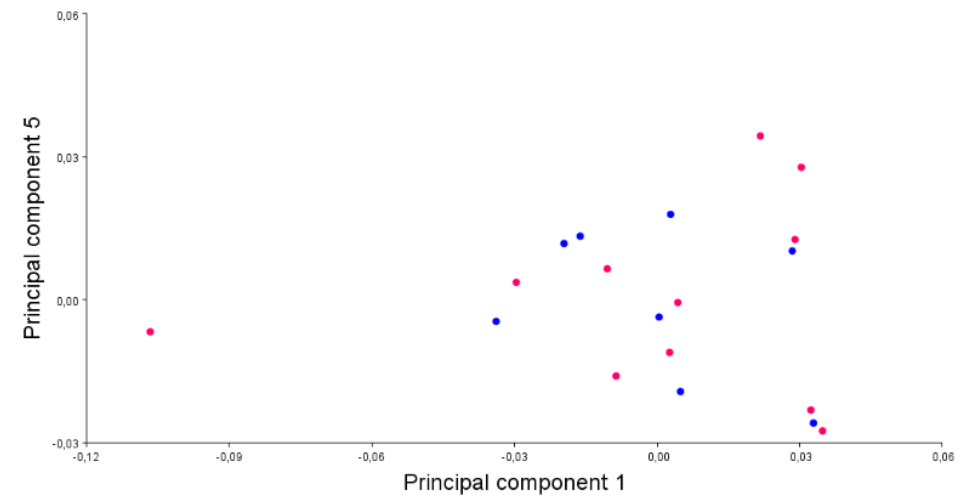
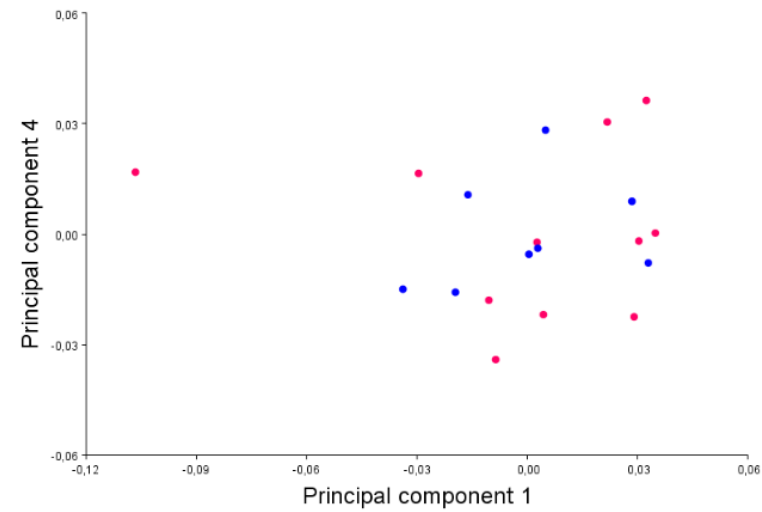
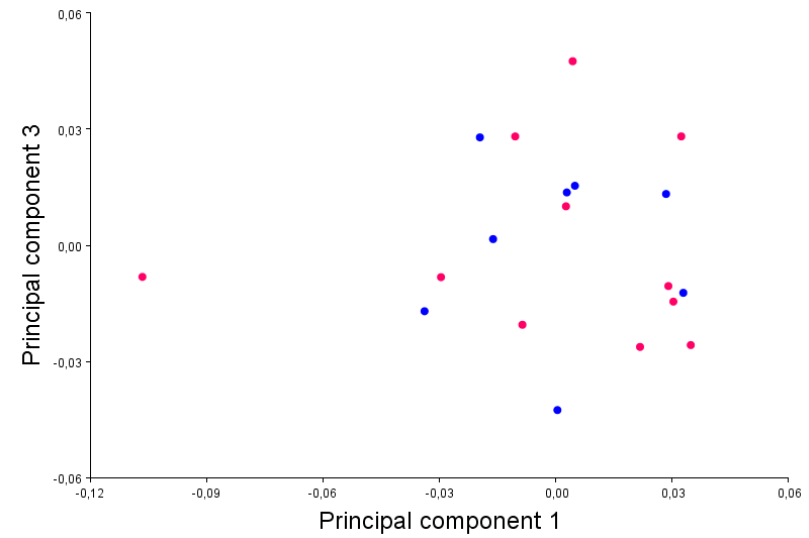
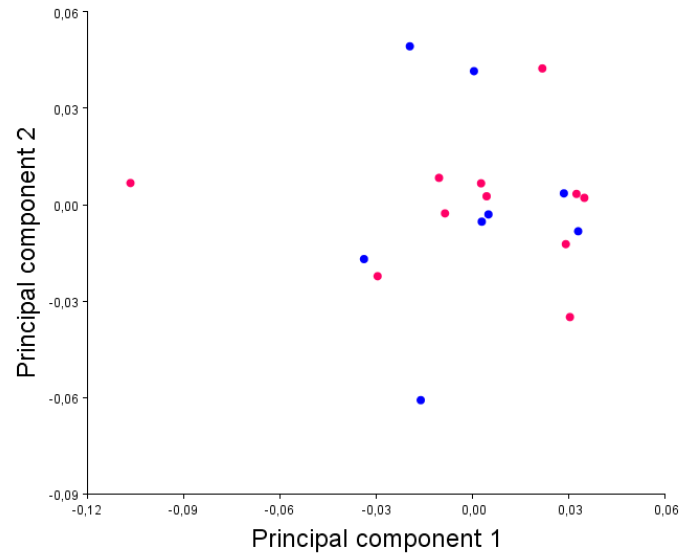
El PCA de los residuales del componente simétrico de la forma facial arrojó como resultado que los primeros cinco componentes presentan el mayor porcentaje de varianza (Tabla 9). Los gráficos de dispersión de los primeros cinco componentes principales (Figura 8) muestra que existe un individuo femenino que se escapa del resto de la muestra (punto rosado más cercano a 0 en el eje x en la Figura 10); además, se tiene una mezcla en cuanto a la distribución de individuos de sexo femenino y masculino, ya que se trabajó en base a los residuales del sexo.

Tabla 9. Resultados del PCA de forma facial

PC	VP	%Var	%VA
PC1	11,465×10 ⁻⁴	28,347%	28,347%
PC2	6,730×10 ⁻⁴	16,641%	44,988%
PC3	5,443×10 ⁻⁴	13,459%	58,447%
PC4	3,804×10 ⁻⁴	9,406%	67,853%
PC5	3,173×10 ⁻⁴	7,845%	75,698%
PC6	2,422×10 ⁻⁴	5,988%	81,687%
PC7	1,878×10 ⁻⁴	4,644%	86,330%
PC8	1,332×10 ⁻⁴	3,295%	89,625%
PC9	0,843×10 ⁻⁴	2,085%	91,711%
PC10	0,751×10 ⁻⁴	1,859%	93,569%
PC11	0,690×10 ⁻⁴	1,707%	95,277%
PC12	0,574×10 ⁻⁴	1,421%	96,698%
PC13	0,497×10 ⁻⁴	1,229%	97,927%
PC14	0,336×10 ⁻⁴	0,832%	98,759%
PC15	0,260×10 ⁻⁴	0,644%	99,403%
PC16	0,170×10 ⁻⁴	0,422%	99,825%
PC17	0,070×10 ⁻⁴	0,175%	100%

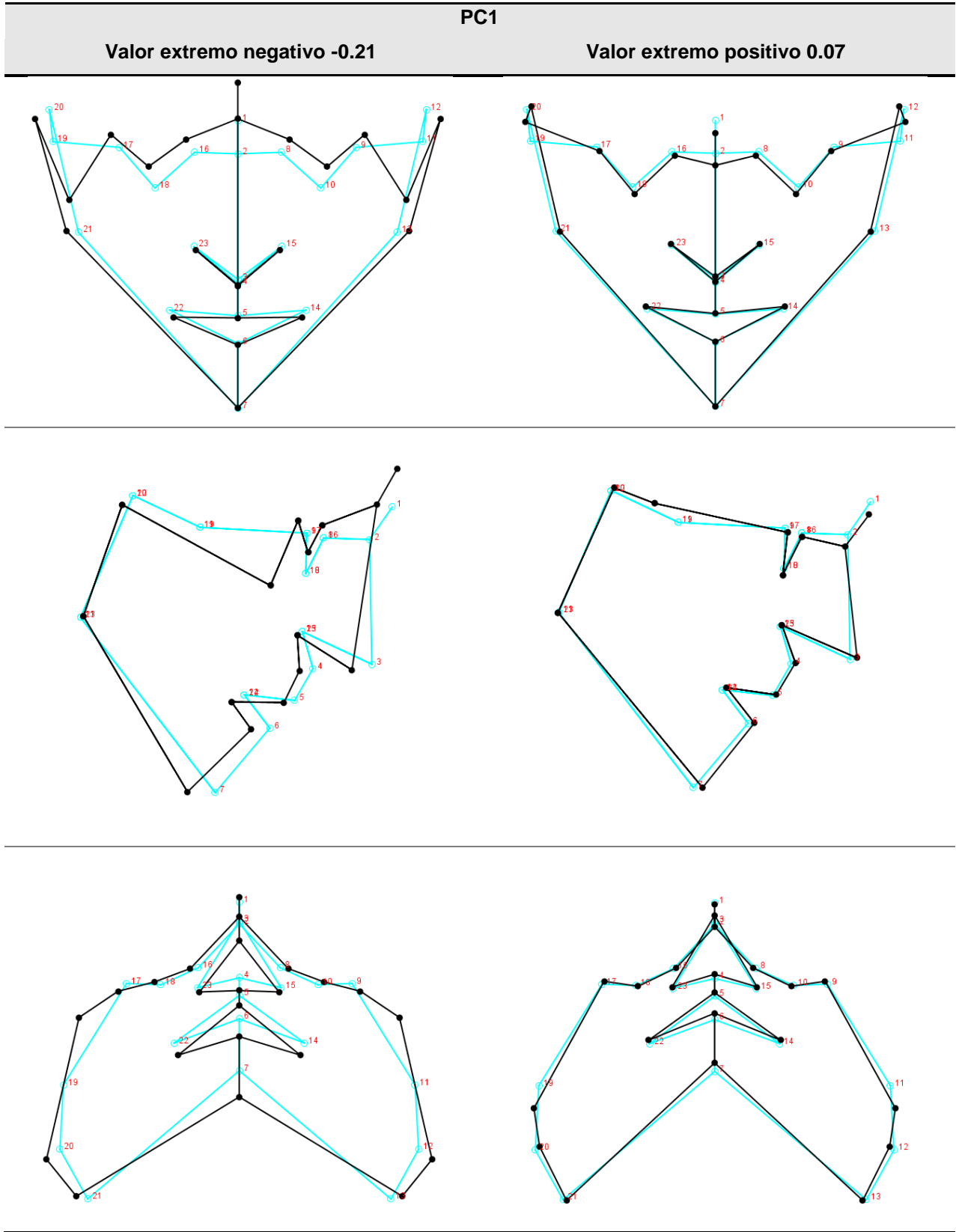
Resultados del PCA de la forma facial: PC= Componente Principal; VP= Valor Propio; % Var= Porcentaje de la varianza total explicado por cada PC; %VA= Porcentaje acumulado de la varianza

Figura 8. Resultados del Análisis de componentes principales para la morfología facial. Gráficos de dispersión para los primeros cinco componentes principales en base a los residuales de la muestra. De color azul están representados los hombres y rosado las mujeres.



Además, se procedió a realizar una visualización y descripción de cambios de la forma facial a través de *wireframes* en los tres ejes del espacio de los primeros cinco componentes principales PC (Tablas 10,11,12,13,14). En estas tablas, se presentan las formas asociadas a los valores extremos de cada PC (que varían de valor para PC, representados por el wireframe en negro) que representan a los extremos de la forma en dicho componente principal, abarcando así el rango de variación de forma de ese componente. Se pueden ver los wireframes de la configuración consenso (celeste), y superpuesto el de la varianza de la forma del PC descrito (negro), por lo que la descripción de cada PC será en relación a la configuración consenso (aquella que resulta del promedio de todas las configuraciones) y las diferencias en la disposición de los landmarks entre ellos.

Tabla 10. Wireframes para PC1 en los tres ejes del espacio.

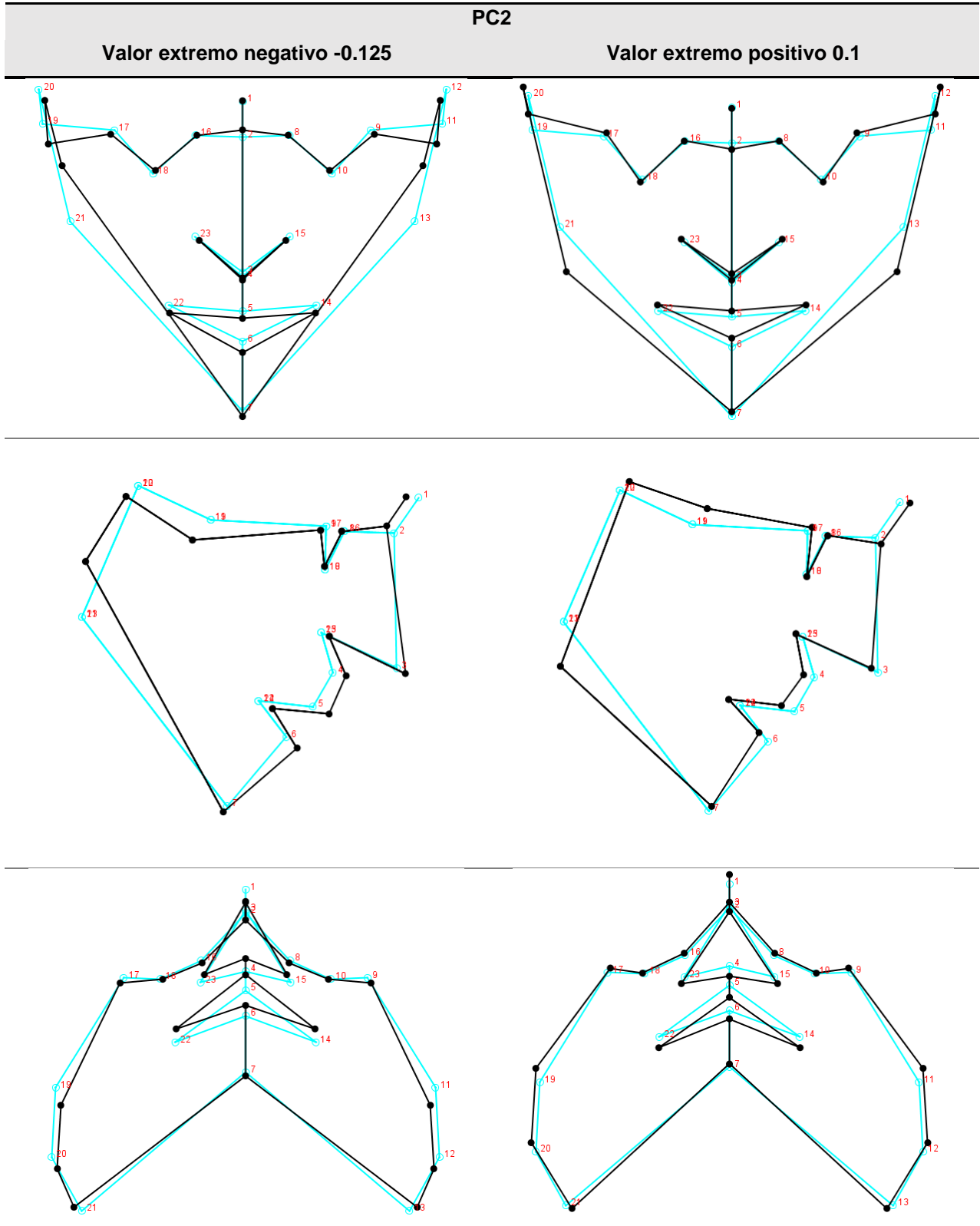


El primer componente principal explica el 28,347% de la varianza de la forma facial. Cabe resaltar la diferencia entre el valor extremo negativo y positivo: el individuo que representa al extremo negativo difiere el doble de distancia en scores que el positivo (-0.21 versus 0.07).

A modo general, la forma del **valor extremo negativo** se presenta una cara más larga y ancha que el promedio. Uno de los caracteres más marcados se da a nivel de la zona de mejillas, específicamente en zygion, landmark que se encuentra en una posición más anterior e inferior. Condylion laterale se presenta en una posición más posterior, inferior y lateral, mientras que gonion más lateral y supragnathion más posterior; así, el ángulo mandibular es mayor que el de la configuración consenso y se sugiere una tendencia a rotación posterior mandibular. En la zona de frente y órbita hay una posición ascendida y lateralizada de los landmarks que describen estas zonas, mientras que en la zona nasal, bucal y mentoniana hay una posición más descendida y posterior; en consecuencia, se presenta una posición más lateral de los ojos, una raíz nasal más superior y una punta nasal descendida, por lo que el largo de la nariz es mayor al consenso. La altura facial anterior se ve aumentada, y la posterior disminuida.

A diferencia del valor extremo negativo, la forma del **valor extremo positivo** no presenta posiciones de landmarks tan distantes con respecto al promedio. A modo general, en la vista frontal se evidencia que esta forma presenta un leve acortamiento en el sentido vertical, mientras que el componente transversal facial se mantiene bastante similar al promedio. El punto de mayor variación sigue siendo zygion, y en este caso se encuentra en una posición más lateral, posterior y superior. La zona de la frente y orbital se encuentra más antero-inferior, y la punta nasal se encuentra levemente elevada y hacia anterior, por lo que la nariz es más pequeña que la del consenso. El tercio inferior tiene una posición levemente más hacia anterior. En la vista sagital se ve que condylion laterale se encuentra levemente más a superior, gonion preserva su posición relativa en el espacio y supragnathion se encuentra más hacia anterior, lo que resulta en un ángulo mandibular menor al de la configuración consenso. En cuanto a alturas faciales, la anterior se encuentra disminuida y la posterior levemente aumentada, sugiriéndose un leve componente de rotación anterior mandibular.

Tabla 11. Wireframes para PC2 en los tres ejes del espacio.

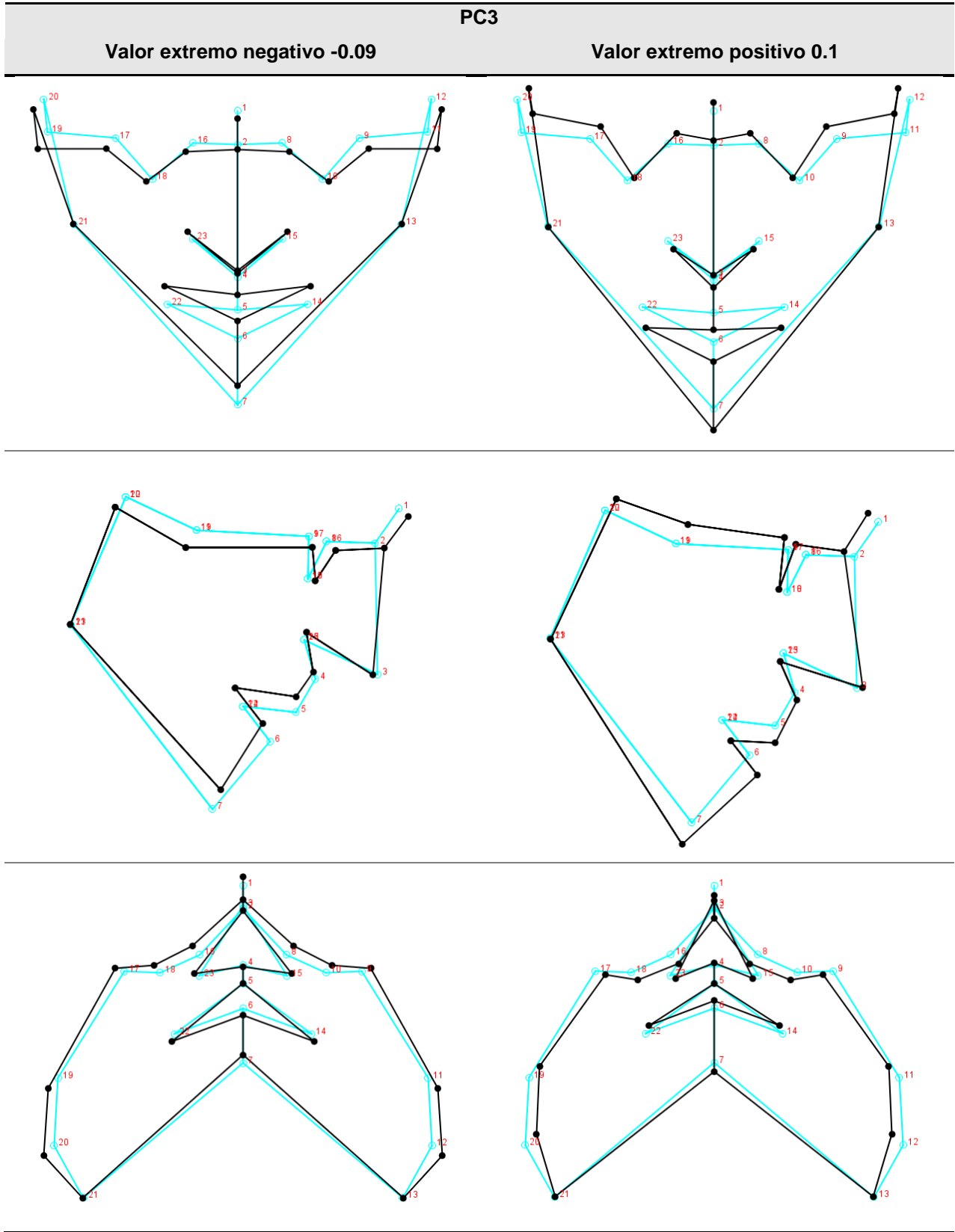


El segundo componente principal explica el 16,641% de la varianza de la forma facial. La mayor variación de la forma en este PC se ve a nivel de la altura facial posterior (entre condylion laterale y gonion): en el valor extremo positivo se ve una altura facial menor al de la configuración consenso, mientras que en el valor extremo negativo es mayor.

En la forma del **valor extremo negativo** hay una tendencia a una posición hacia posterior en las zonas de frente, órbita y mejilla; a esta última zona también se le suma un componente hacia inferior y mesial. En la zona nasal, la raíz presenta una posición más a posterior mientras que la punta nasal presenta una posición más anterior. Los landmarks de la zona bucal tienen una posición más antero-inferior. Subnasal presenta una posición más hacia anterior, lo mismo que en los landmarks que describen la zona bucal, lo que sugiere una posición más prognática del maxilar. Condylion laterale presenta una posición más infero-posterior y mesial, gonion supero-posterior y supragonion levemente más hacia inferior, lo que resulta en un ángulo mandibular mayor al promedio y, la forma facial en vista sagital sugiere una rotación mandibular anterior.

La forma del **valor extremo positivo** presenta una tendencia a una posición una tendencia hacia anterior en las zonas de frente, órbita y mejilla; ésta última también presenta una posición más hacia superior. La zona nasal presenta una raíz más adelantada y una punta nasal más hacia posterior. Subnasal presenta una posición más hacia posterior, al igual que los landmarks que describen a los labios, lo que sugiere una posición más retrognática maxilar. Condylion laterale presenta una posición más superior, inferior y lateral, gonion infero-anterior y supragonion levemente más hacia anterior, lo que resulta en un ángulo menor (casi recto) al de la configuración consenso y, la forma facial en vista sagital sugiere una rotación mandibular posterior.

Tabla 12. Wireframes para PC3 en los tres ejes del espacio.

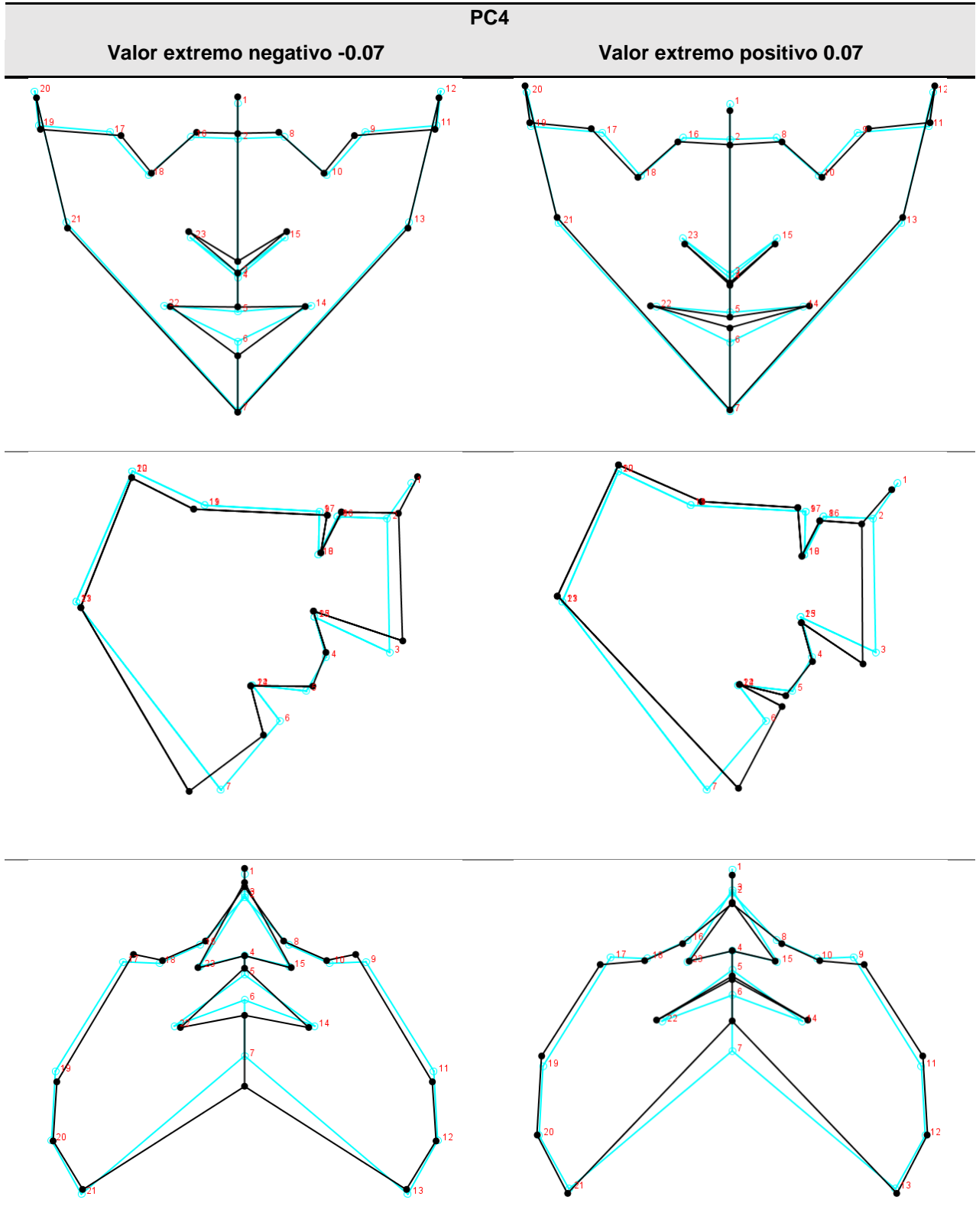


El tercer componente principal explica el 13,459% de la varianza de la forma facial. La mayor variación de la forma para este PC se encuentra a nivel de la altura facial anterior y el ancho transversal facial, resultando para el valor extremo negativo una forma facial más acortada en sentido vertical y ancho en sentido transversal, mientras que para el valor extremo positivo presenta una forma facial más alargada en sentido vertical y acortada en sentido transversal.

En la forma del **valor extremo negativo** hay un descenso y lateralización de los landmarks que describen las zonas de la frente, órbita y mejillas, mientras que las zonas de la boca y mentón presentan una posición de los landmarks más a superior, resultando en un acortamiento de altura facial anterior y posterior. La nariz por su parte presenta un adelantamiento de la posición de su raíz, leve descenso de la punta nasal. Condylion laterale presenta una posición más hacia posterior, lateral e inferior, mientras que gonion preserva su posición espacial y supragonathion se eleva y protruye, resultando así un ángulo mandibular menor al promedio.

En la forma del **valor extremo positivo** hay un ascenso y desplazamiento hacia medial de los landmarks que describen las zonas de la frente, órbita y mejillas, mientras que las zonas de los labios y mentón presentan un descenso y mesialización, resultando en un alargamiento de la altura facial anterior y posterior. La nariz presenta una raíz más a posterior que el consenso, y es más delgada a nivel de las alas nasales. Condylion laterale presenta una posición más a mesial, superior y anterior, mientras que gonion preserva su posición espacial y supragonathion desciende y se retruye, por lo que el ángulo mandibular es mayor al promedio.

Tabla 13. Wireframes para PC4 en los tres ejes del espacio.



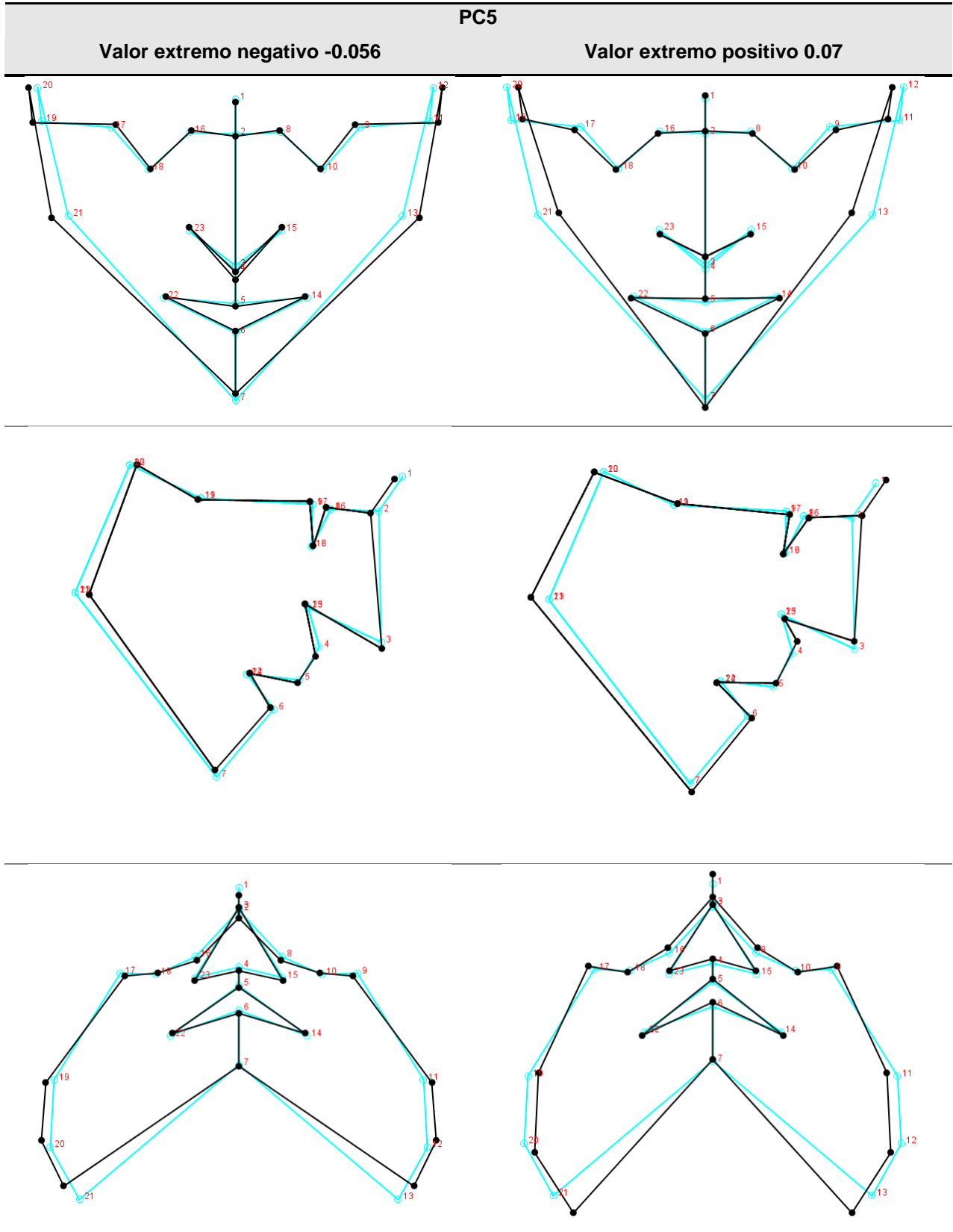
El cuarto componente principal explica el 9,406% de la varianza de la forma facial. La mayor variación de la forma para este PC se encuentra a nivel de la altura facial anterior, la cual se ve aumentada para el valor extremo negativo y disminuida para el positivo.

En la forma del **valor extremo negativo** los landmarks de la frente y nariz se ven levemente elevados y hacia anterior, los de la zona orbital levemente a mesial y los de levemente hacia inferior. Con respecto a la configuración consenso, condylion laterale y gonion se encuentran levemente hacia inferior y anterior, mientras que supragnathion se encuentra hacia posterior e inferior, lo que se traduce en un ángulo mandibular mayor al de la configuración consenso. Asimismo, el labio superior y comisura mantuvieron su distribución espacial, mientras que el labio inferior se encuentra hacia inferior, deduciéndose que los labios son más gruesos en sentido vertical. La altura facial anterior se ve aumentada.

En la forma del **valor extremo positivo** se ve que la distribución de los landmarks de la frente se encuentran levemente descendidos. Contrario a la forma que se presenta en el valor extremo negativo, la punta nasal se encuentra descendida. Condylion laterale y gonion se encuentran levemente hacia posterior y superior, mientras que supragnathion se encuentran hacia anterior y superior, lo que provoca que el ángulo mandibular sea menor al de la configuración consenso. Asimismo, se mantiene la disposición espacial del labio superior y comisuras, pero el labio inferior se encuentra más elevado, por lo que se deduce que los labios para esta configuración son delgados. La altura facial anterior se ve disminuida y sugiere un prognatismo mandibular.

Al comparar los labios entre ambas escalas, la forma del valor extremo negativo presenta unos más delgados y la del extremo positivo unos más gruesos. En cuanto a las puntas nasales, en la forma del valor extremo negativo se encuentra más descendida y en el valor extremo positivo un poco más elevada.

Tabla 14. Wireframes para PC5 en los tres ejes del espacio.



El quinto componente principal explica el 7,845% de la varianza de la forma facial. La mayor variación de la forma para este PC se encuentra a nivel del landmark gonion.

En la forma del **valor extremo negativo** presenta la mayor variación de esta forma a nivel transversal, en donde la zona de mejillas y gonion se encuentran más laterales, por lo que la cara se ve más ancha. Con respecto a la configuración consenso, se ve que la posición de condylion laterale está levemente más anterosuperior, gonion más hacia anterior y lateral (lo que se traduciría en una distancia intergoniaca aumentada), y supragnathion más hacia superior, resultando en un ángulo mandibular levemente mayor al del promedio. La altura facial anterior se ve levemente disminuida. Asimismo, hay otros cambios sutiles en esta forma: mesialización de los orbitales, y una punta nasal levemente más hacia anterior y descendida.

En la forma del **valor extremo negativo** se presenta la mayor variación a nivel transversal, pero en este caso encontramos en donde hay una mesialización de los puntos de la mejilla y gonion se encuentra más hacia posterior y medial (lo que se traduciría en una distancia intergoniaca reducida), viéndose como una cara más delgada. Sumado a esto, condylion laterale se encuentra, en menor medida, en una posición más posterior, mientras que supragnathion se encuentra en una posición más inferior; como consecuencia, el ángulo mandibular de esta forma es levemente menor al de la configuración consenso. Hay otros cambios, pero que son más leves: la punta nasal se encuentra en una posición más posterior y superior, mientras que su raíz más hacia anterior y superior.

7.3 COVARIACIÓN ENTRE FORMA FACIAL Y FUERZA DE MORDIDA MÁXIMA

Los resultados del PLS (Tabla 15) arrojaron que el grado de covariación para las variables de la forma facial (es decir, los residuales del componente simétrico de la forma, libres del efecto del sexo) con respecto a la FMM no es estadísticamente significativo. Esto tiene sentido al ver el valor de RV, que indica que hay baja correlación entre las distintas posiciones de fuerza de mordida y la forma facial.

Tabla 15. Resultados del PLS de residuales del componente simétrico de la forma.

PLS Residuales simétricos versus FMM en distintas posiciones		
Posiciones analizadas	RV	p asociado
MIC izquierdo	0,184	0,205
MIC derecho	0,121	0,576
MIC promedio	0,138	0,459
Lateralidad derecha	0,098	0,769
Lateralidad izquierda	0,051	0,987
Protrusión	0,097	0,784
MIC promedio, lateralidad derecha, lateralidad izquierda, protrusión	0,129	0,948
MIC derecho, MIC promedio, lateralidad derecha	0,119	0,698

8. DISCUSIÓN

El presente estudio investiga la relación entre la forma facial y la fuerza de mordida máxima usando una muestra de 19 individuos y poniendo a prueba la hipótesis que existe una relación entre la magnitud de la fuerza de mordida máxima (en los sitios de máxima intercuspidadación, protrusión, lateralidad derecha e izquierda, obtenidos en una etapa previa a esta tesis) y la forma facial en los sujetos de estudio. Tanto para el análisis de forma facial como para el análisis de covariación entre fuerza de mordida máxima y forma facial se utilizaron metodologías enmarcadas dentro de la Morfometría Geométrica. Para entrar en la discusión de la relación entre estas dos variables, es necesario analizar primero cada una por separado.

8.1 Fuerza de Mordida Máxima

De los 19 sujetos de la muestra, 11 eran mujeres y 8 hombres, los cuales tenían entre 23 y 30 años. En la literatura, se tiene una aceptación general que los hombres tienen mayor fuerza de mordida que las mujeres (Bakke, 2006; Bonakdarchian y cols., 2009; Koc y cols., 2010; Serra & Manns, 2013). Koc (2010) realizó una revisión de la literatura sobre los factores que influyen la medición de la fuerza de mordida, y señala que si bien hay estudios que no encuentran diferencias significativas en la fuerza de mordida de hombres y mujeres, la mayoría de los estudios confirman que si la hay (Koc y cols., 2010). Nuestros resultados coinciden con los resultados de Abu Alhaja y cols (2010) y Farias y cols (2011), en donde tampoco se vio relación entre FMM y sexo. Weisskircher (2013) señala que “en general, los hombres tienen mayor fuerza de mordida de mujeres. Sin embargo, se debe entender que algunos hombres tienen fuerzas masticatorias mucho menores que el promedio de la fuerza en mujeres y viceversa”. En nuestro estudio, individuos del sexo femenino fueron las que realizaron las mayores magnitudes de FMM en las posiciones de MIC izquierdo y lateralidad izquierda, mientras que en las posiciones de MIC derecho, MIC promedio, protrusión y lateralidad derecha fueron obtenidas en individuos de sexo masculino. El mayor valor de FMM fue realizada por un hombre (648,929 N, en posición lateralidad derecha) y el menor valor fue obtenido por una mujer (27,853 N, en posición protrusión). El análisis estadístico demostró que no hay diferencias estadísticamente significativas en la FMM entre hombres y mujeres (tanto en el PERMANOVA como en el test de Kruskal Wallis).

Koc (2010) destaca en su revisión que la mayoría de los estudios muestran mayor FMM al realizar una medición bilateral versus una unilateral, lo cual tiene concordancia con los hallazgos de esta investigación. En cuanto a la posición del dispositivo de medición, la revisión de Koc (2010) señala que mientras más a posterior el dispositivo de medición sea puesto, mayores serán los valores de FMM obtenidas; bajo esta línea, Okeson (2019) señala que el mayor valor se obtendría a nivel del primer molar, lo cual se condice con los resultados generales de este estudio. Sin embargo, y contrario a lo que se esperaría, un individuo de sexo femenino y otro masculino (F-19-23 y M-06-26, que constituyen el 10,5% de la muestra) obtuvieron mayores valores de fuerza de mordida máxima en la posición de protrusión (por sobre MIC o lateralidades) (Tabla 5). En esta tesis no se tuvo como criterio de exclusión ser clase II o III de Angle para favorecer el grado de variación morfológica de los individuos, ni se determinó un rango de overbite o overjet como límite de aceptación para poder así tener una muestra más heterogénea y parecida a la realidad de la población. Estos factores pueden incidir en la fuerza de mordida realizada a nivel incisal (Curiqueo y cols., 2016), y el individuo F-19-23 presenta Clase I de Angle, overjet aumentado y overbite normal, mientras que el individuo M-06-26 presenta Clase III de Angle, overjet levemente disminuido y overbite normal.

Un aspecto interesante a destacar es que al analizar las magnitudes de fuerza de mordida máxima, se evidenció un componente asimétrico en donde hubo una tendencia a mayores valores en el lado izquierdo: MIC izquierdo tenía un promedio 97,4 N mayor que el derecho, mientras que lateralidad izquierda presentó un promedio 107,7 N mayor que su contraparte derecha (Tabla 6). Así mismo, al realizar el PCA de los datos de FMM, se observó que en el gráfico de saturación del primer componente principal -que explicaba un 60,087% de la varianza - las dos variables más importantes sobre la varianza de FMM eran MIC derecho y lateralidad derecha (Figura 6). Tras realizar un test de Mann Whitney para evaluar la asimetría de la FMM, se vio que hay una asimetría estadísticamente significativa, sobre todo entre MIC derecho e izquierdo ($p=0,002$); en estricto rigor, también hay una diferencia estadísticamente significativa (aunque cercano al valor límite de $p=0,05$) entre lateralidad derecha e izquierda ($p=0,042$), por lo que la asimetría es menos potente estadísticamente en lateralidad que en MIC. Así, es posible concluir que en general la asimetría de la fuerza de mordida es un factor relevante en determinar diferencias entre individuos. Más estudios son necesarios para analizar si esto puede

relacionarse con distintos grados de asimetría facial entre individuos.

Un estudio de Weisskircher (2013), realizado al igual que en este estudio en individuos alemanes utilizando el dispositivo biteFork System, la media de FMM fue de 376 N en posición de MIC (372 N en mujeres y 380 N en hombres), mientras que en esta tesis la media fue de 242,87 N en posición MIC (221 N en mujeres y 246 N en hombres). Además, en el estudio de Weisskircher se concluye que tanto el sexo como el dolor en la región maxilofacial influyen de forma significativa en la asimetría de la FMM, mientras que en esta tesis -si bien no se puede hablar de dolor porque no fue estudiado- no se encontró una influencia del género en la FMM, pero si en la asimetría de la FMM específicamente en la posición de lateralidad, mas no en MIC (que sería la zona evaluada por Weisskircher, por lo que nuestros resultados no se condicen). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el estudio de Weisskircher difería del nuestro tanto en tamaño muestral (154 individuos) como en rango etario (entre 9 a 87 años), además de incluir a individuos con dolor a nivel maxilofacial. Todas estas diferencias podrían explicar las discrepancias de los resultados entre los estudios. Cabe destacar que los estudios a la fecha sobre la influencia del sexo en asimetría de FMM son escasos.

Además, existe evidencia sobre una relación entre asimetría de la FM y preferencia de lado de masticación (Bicaj y cols., 2015; Martinez-Gomis y cols., 2009), presencia de dolor (Weisskircher, 2013) y asimetría de actividad electromiográfica maseterina y temporal (Coelho-Ferraz y cols., 2008; Van Der Bilt y cols., 2008), siendo posibles explicaciones para la asimetría de mordida encontradas en esta tesis. A su vez, el lado preferente de mordida se ha relacionado con la asimetría de área oclusal de contacto (Martinez-Gomis y cols., 2009), por lo que tampoco se debería descartar como posible factor influyente en la asimetría de la fuerza de mordida.

Finalmente, también hay que destacar que las características y distribución de la asimetría encontradas en esta tesis (tanto en la muestra en general como al evaluar la influencia del sexo) pueden deberse también al azar, ya que esta es una muestra pequeña en número.

8.2 Forma Facial

El primer componente principal explica el 28,347% de la varianza de la forma facial, viéndose en un extremo a un individuo con una más larga y levemente más ancha y en el otro positivo se ve a un individuo con una leve disminución en la altura facial anterior y aumento en la posterior. Si es que se realiza una extrapolación de los wireframes del PC1 (Tabla 10) a los biotipos faciales tradicionales (dólicofacial, braquifacial, mesofacial), el extremo negativo se asemeja a un biotipo dólicofacial en el sentido sagital, ya que tiene una menor altura facial posterior, mayor altura facial anterior y un ángulo mandibular más obtuso. Sin embargo, si nos fijamos en la visión frontal e infero-superior, el extremo negativo se asemeja más a un biotipo braquifacial, ya que tiene una mayor expansión transversal (la cual se evidencia a nivel del landmark zygion, que es el de mayor variación con respecto a la configuración consenso). Por su parte, el extremo positivo se asemeja a un biotipo braquifacial en la vista sagital, ya que tiene mayor altura facial posterior, menor altura facial anterior y un ángulo mandibular más recto; sin embargo, en el sentido transversal no tiene grandes variaciones. Es interesante hacer este alcance, ya que en los biotipos faciales los individuos braquifaciales son aquellos que tienen mayor dimensión transversal, pero en nuestro análisis, quien se asemeja a un biotipo dólicofacial es quien presenta mayor expansión transversal.

Por el contrario, si nos fijamos en el segundo componente principal (Tabla 11), ahí si se puede ver una correlación con las características tanto sagitales como transversales de los biotipos faciales: el extremo negativo se asemeja más a un individuo dólicofacial, en donde hay menor altura facial posterior, mayor altura facial anterior y un ángulo mandibular más obtuso en una vista sagital, mientras que en una vista frontal se tiene una menor expansión transversal. Por el otro lado, el individuo del extremo positivo se asemeja a un biotipo braquifacial tanto en sentido sagital como transversal.

Estas faltas de correlaciones entre la forma facial analizada por morfometría geométrica con la clasificación tradicional de biotipo facial evidencia que esta última es más limitada en cuanto a la descripción de la forma y se pueden pasar por alto una serie de conjunto de caracteres morfológicos que podrían determinar la forma facial y, gracias a que la morfometría geométrica toma en cuenta la geometría y relación espacial de sus partes por medio de un análisis más detallado de la forma, esos conjuntos de caracteres se

evidencian y se hace complicado usar la clasificación tradicional de biotipos faciales. Además, si bien la cefalometría es una técnica específica y estandarizada (lo que permite un análisis comparable en el tiempo y entre poblaciones), existe una serie de autores que utilizan distintas referencias de puntos, trazados y medidas para definir el patrón facial y, en consecuencia a esta variabilidad de clasificaciones, un mismo individuo podría ser catalogado en dos biotipos según el autor de referencia usado al momento de realizar el análisis (Sciaraffia Rubio, 2016).

El PCA inicial (Figura 7), que es previo a la obtención de los residuales del sexo, indica una clara diferencia de distribución espacial entre individuos masculinos y femeninos, en donde los individuos masculinos se encuentran a la izquierda, luego hay un solapamiento de ambos sexos (es decir, hombres y mujeres que tienen una forma facial similar) y hacia la derecha se agrupa el resto de las mujeres, infiriéndose un dimorfismo sexual facial, el cual fue comprobado con ANOVA de Procusto y análisis de función discriminante. Estos resultados se condicen con los de Alarcón y cols (2016), quienes a través del uso de morfometría geométrica encontraron que hay rasgos mandibulares asociados al sexo que se comportan de manera diferente según el patrón facial vertical (biotipos faciales), mas no en el sentido sagital (clase I, II, III esqueléticas) (Alarcón y cols., 2016), evidenciando un dimorfismo sexual específicamente en el sentido vertical de la morfología facial en una muestra de 187 adultos entre 20 y 30 años de Granada, España. Sin embargo, y contrario a los resultados de nuestra investigación, González y cols (2011), también usando morfometría geométrica, encontraron un dimorfismo sexual craneofacial relativamente bajo, ya que tuvieron una gran superposición entre individuos femeninos y masculinos al realizar el PCA en una muestra arqueológica constituida por 125 cráneos humanos de sexo conocido, edad desde los 15 hasta mayores de 50 años y con data de muerte entre 1904 y 1936, del museo antropológico de Coimbra, Portugal (Gonzalez y cols., 2011). La muestra de Alarcón y cols (2016) se asemeja a la de esta tesis tanto en rango etario como en localización geográfica (Europa), pero con la ventaja de presentar un mayor número muestral; por su parte, la muestra de Gonzalez y cols (2011) si bien también es europea, difiere de la nuestra tanto en época, como en edad y tamaño muestral.

La diferencia estadísticamente significativa entre hombres y mujeres en cuanto a forma facial en esta tesis pueden deberse a que efectivamente existe un dimorfismo sexual o

bien, se puede deber al tamaño de muestra. También la diferencia encontrada entre hombres y mujeres en cuanto a morfología facial podría estar explicada por la alometría, la cual hace referencia al efecto del tamaño en los cambios de rasgos morfológicos entre individuos, en donde aquellos de mayor tamaño no debiesen considerarse como una versión escalada de los individuos más pequeños, si no que presentan propiedades morfométricas distintas entre sí (Klingenberg, 2016; Ugarte Cisternas, 2017); y se ha visto que el tamaño es un factor importante que influencia las diferencias de sexo en el macizo craneofacial humano (Rosas y cols., 2002).

8.3 Relación entre Forma Facial y Fuerza de Mordida Máxima

En el presente estudio no se vio una relación estadísticamente significativa entre la forma facial y la magnitud de fuerza de mordida máxima (FMM), rechazándose la hipótesis establecida que existe una relación entre ambas variables.

Quiudini y cols (2016) estudiaron a los extremos de morfología facial por medio del estudio de individuos braquifaciales severos y dolicofaciales severos (a diferencia de nuestro estudio, en donde tuvimos una muestra heterogénea y diversa en cuanto a forma facial) y encontraron que los individuos braquifaciales severos tenían una media significativamente mayor a los dolifaciales severos, pero también se presentaron casos de dolifaciales severos con mayor valores de fuerza de mordida que braquifaciales severos. Por su parte, Abu Alhaija y cols (2009) encontró diferencias estadísticamente significativas de fuerza de mordida máxima entre los grupos catalogados como “cara corta” y “cara alargada”, siendo este último el grupo con una media menor de FMM. Finalmente, la revisión de Koc y cols (2010) señala que individuos con cara corta tendrían mayores valores de FMM e individuos con cara alargada se asocian a valores menores (Koc y cols., 2010). Si bien en nuestro estudio el primer componente principal muestra una varianza de la forma en donde en un extremo tenemos a un individuo con una cara más larga que el promedio y en el otro extremo muestra a un individuo con la cara levemente más corta que el promedio, al realizar el análisis de covariación entre la forma facial y la magnitud de fuerza de mordida máxima por medio de un PLS, no se obtuvo una relación estadísticamente significativa, por lo que en nuestro estudio no se condice con la aseveración de “caras cortas, mayor fuerza de mordida; caras alargadas, menor fuerza de mordida”; así, los resultados de esta tesis son contrarios a lo señalado de forma

tradicional en la literatura, en donde si hay una asociación entre forma facial y fuerza de mordida y los individuos con mayor dimensión transversal tienen mayor FMM que individuos con mayor dimensión vertical (es decir, individuos braquifaciales han demostrado mayor FMM que dolicofaciales). Otro estudio que tampoco se condice con esa aseveración es el Osorno y cols (2019), los cuales encontraron que los biotipos braquifacial y mesofacial tenían la misma significancia estadística de fuerza de mordida, y el biotipo que presentó mayor fuerza de mordida no fue el braquifacial, sino el biotipo mesofacial.

Como se mencionó antes, uno de los resultados interesantes de esta tesis es que se encontró un componente asimétrico en la fuerza de mordida. Por su parte, Farias Gomes y cols (2011) estudiaron el lado preferente de mordida, la simetría de fuerza de mordida y el área oclusal de contacto en individuos con diferentes patrones faciales verticales, observando que hay mayor cantidad de contactos oclusales en el lado izquierdo en los tres biotipos, pero sin preferencia por un lado al masticar; asimismo, individuos meso y braquifaciales presentaron simetría en cuanto a FMM, mientras que los individuos dolicofaciales presentaron mayor FMM en el lado izquierdo (Farias Gomes y cols., 2011), lo que se condice parcialmente con los hallazgos de esta tesis, ya que nuestros resultados se encontró asimetría de FMM pero sin haber correlación de FMM con la forma facial. Por otro lado, Bonakdarchian y cols (2009), evaluando la forma facial con fotografías 2D, encontraron que sujetos con cara cuadrada (similar al biotipo braquifacial) tenían los mayores valores de fuerza de mordida, mientras que las otras formas faciales no la afectarían de forma significativa. Además, en su muestra se evidenciaron diferencias en la fuerza de mordida en el lado derecho e izquierdo, en donde un 55% de los sujetos presentaron mayores fuerzas en la del lado derecho, aunque no se tuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las fuerzas generadas en cada lado ($p > 0,05$). Sin embargo, al considerarlos como un “lado más fuerte” y un “lado más débil”, se vio una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,001$).

Otro aspecto interesante a analizar es que la muestra estudiada estaba constituida por humanos modernos, los cuales tienen una dieta distinta a la de especies pasadas del hombre. Eyquem y cols (2019) realizaron una investigación en donde uno de los aspectos a estudiar era la fuerza de mordida entre poblaciones pre-Hispánicas y modernas de

Sudamérica, encontrando que no hay una influencia clara de la carga masticatoria en la forma craneofacial, particularmente en las poblaciones urbanas-modernas, es decir, quienes tienen una dieta más suave y mecánicamente menos demandante, lo cual tiene relación con los resultados obtenidos en esta tesis. De esta forma, sería interesante que en un estudio a mayor escala se tenga en consideración el tipo de dieta que tienen los individuos, ya que una dieta de mayor porcentaje de dureza conllevaría al desarrollo de mayores valores de FMM (Okeson, 2019).

8.4 Limitaciones y consideraciones para futuros estudios

Dentro de las limitaciones del presente estudio, el cual se encuentra enmarcado dentro de un estudio piloto, se tiene un tamaño reducido de la muestra con el cual se pueden pasar por alto ciertos resultados o hallazgos que se pueden evidenciar en un estudio a mayor escala (donde se ha calculado el número de participantes necesarios para que la muestra sea estadísticamente significativa).

Otra limitación del estudio se centra en los criterios de inclusión y exclusión o, más bien, en la metodología de selección para ver si los individuos cumplían con los criterios. Tanto los signos y síntomas considerados como criterios de inclusión (ausencia de sintomatología muscular y articular) y exclusión (presencia de dolor orofacial) fueron evaluados por medio de auto reporte, y no se realizó un protocolo clínico o una encuesta validada para realizar un diagnóstico. Además, se consideró como criterio de exclusión si el individuo tenía historia de trastornos temporomandibulares o historia de periodontitis, y el estado actual del individuo también se registró por medio de auto reporte, por lo que no se realizó un examen periodontal básico (y periodontograma en caso de requerirse) o un examen funcional, para corroborar dicho auto reporte. Cabe destacar que los criterios de inclusión y exclusión fueron planteados de forma general – evitando criterios de selección estrictos – con el fin de permitir variación morfológica y de fuerza de mordida en los individuos, representando a la realidad de la población y no sólo una sección limitada de ésta. Sin embargo, para el estudio a mayor escala se recomienda utilizar métodos diagnósticos para evaluar el estado clínico actual del sujeto de estudio al momento de realizarse las mediciones de fuerza de mordida máxima, ya que, como se detalló en el punto 2.4 del marco teórico, hay síntomas y patologías que pueden afectar a la fuerza de mordida máxima realizada por el individuo.

Entonces, tomando en cuenta los resultados de esta investigación y la evidencia disponible, se requiere más información e investigaciones sobre la relación entre la fuerza de mordida máxima y forma facial, sobre todo en cuanto a los aspectos de asimetría de la fuerza de mordida máxima propiamente tal (más que sobre lados preferentes en masticación, área oclusal de contacto o la actividad electromiográfica de los músculos elevadores al momento de morder).

9. CONCLUSIONES

1. Existe un dimorfismo sexual al momento de analizar la morfología facial, mas no en la magnitud de fuerza de mordida máxima.
2. El patrón de variación principal de la forma facial cambia desde una altura facial posterior disminuida a una aumentada, y de una altura facial anterior aumentada a una disminuida.
3. No existe una relación estadísticamente significativa entre forma facial y fuerza de mordida máxima.
4. Se requieren más estudios que investiguen la relación entre fuerza de mordida máxima y forma facial a través de metodologías como la Morfometría Geométrica.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu Alhaija ES, Al Zo'ubi IA, Al Rousan ME, Hammad MM. (2010). Maximum occlusal bite forces in Jordanian individuals with different dentofacial vertical skeletal patterns. *The European Journal of Orthodontics*, 32(1), 71-77.
- Alarcón JA, Bastir M, Rosas A. (2016). Variation of mandibular sexual dimorphism across human facial patterns. *Homo*, 67(3), 188-202.
- Alfaro P, Ángeles F, Osorno MdC, Núñez J, Romero G. (2012a). Fuerza de mordida: su importancia en la masticación, su medición y sus condicionantes clínicos. Parte I. *Revista de la Asociación Dental Mexicana*, 69(2), 53-57.
- Alfaro P, Ángeles F, Osorno MdC, Núñez J, Romero G. (2012b). Fuerza de mordida: su importancia en la masticación, su medición y sus condicionantes clínicos. Parte II. *Revista de la Asociación Dental Mexicana*, 69(3), 108-113.
- Anderson MJ. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26(1), 32-46.
- Bakke M. (2006). *Bite force and occlusion*. Paper presented at the Seminars in Orthodontics (Vol. 12, No. 2, pp. 120-126). WB Saunders.
- Balanta-Melo J, Bemann M, Toro-Ibacache V, Kupczik K, Buvinic S. (2018). Three-dimensional assessment of enamel and dentine in mouse molar teeth during masseter muscle hypofunction. *Revista Estomatología*, 26(2), 30-37.
- Barahona Cubillo JB, Benavides Smith J. (2006). Principales análisis cefalométricos utilizados para el diagnóstico ortodóntico. *Revista Científica Odontológica*, 2(1), 11-27.
- Bellido T. (2014). Osteocyte-driven bone remodeling. *Calcified Tissue International*, 94(1), 25-34.
- Bicaj T, Pustina T, Ahmedi E, Dula L, Lila Z, Tmava-Dragusha A, y cols. (2015). The Relation between the Preferred Chewing Side and Occlusal Force Measured by T-Scan III System. *Open Journal of Stomatology*, 5(04), 95-101.
- Bishara SE, Ortho D, Jakobsen JR. (1985). Longitudinal changes in three normal facial types. *American Journal of Orthodontics*, 88(6), 466-502.
- Bonakdarchian M, Askari N, Askari M. (2009). Effect of face form on maximal molar bite force with natural dentition. *Archives of Oral Biology*, 54(3), 201-204.
- Brachetta Aporta N, Gonzalez PN, Bernal V, Martinez Maza C. (2016). Cambios morfológicos en la mandíbula durante la ontogenia: un aporte desde la histología y la morfometría geométrica. *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 18 (2), 1-11.
- Carlson BM. (2019). *Embriología humana y biología del desarrollo*: Elsevier.
- Castaldo G, Cerritelli F. (2015). Craniofacial growth: evolving paradigms. *CRANIO®*, 33(1), 23-31.
- Cerda-Peralta B, Schulz-Rosales R, López-Garrido J, Romo-Ormazabal F. (2019). Parámetros cefalométricos para determinar biotipo facial en adultos chilenos. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 12(1), 8-11.
- Cignoni P, Callieri M, Corsini M, Dellepiane M, Ganovelli F, Ranzuglia G. (2008). *Meshlab: an open-source mesh processing tool*. Paper presented at the Eurographics Italian chapter conference.
- Coelho-Ferraz M, Bérzin F, Amorim C. (2008). Evaluación electromiográfica de los músculos masticadores durante la fuerza máxima de mordedura. *Revista Española de Cirugía Oral y Maxilofacial*, 30(6), 420-427.

- Curiqueo A, Borie E, Navarro P, Fuentes R. (2016). Relación entre fuerza masticatoria máxima funcional e índices antropométricos en adultos jóvenes chilenos. *Avances en Odontostomatología*, 32(5), 265-274.
- Edmonds HM, Glowacka HJJoA. (2020). The ontogeny of maximum bite force in humans. *Journal of Anatomy*, 2020;00:1–14.
- Escobar Miranda C. (2016). *Estudio cuantitativo del autoaprendizaje del tema "Crecimiento y Desarrollo Craneofacial"*. (Tesis para optar al título de Cirujano Dentista). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Espinosa S, Rabanal C, Toro-Ibacache V. (2019). Morphometric Characterization of Asymmetric Mandibles Due to Condylar Hyperactivity. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 77(5), 1056-1067.
- Eyquem AP. (2018). *Efecto de la intensidad masticatoria en la forma craneal en poblaciones arqueológicas y modernas de Chile y Argentina*. (Tesis para optar al título de Antropología Física). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Eyquem AP, Kuzminsky SC, Aguilera J, Astudillo W, Toro-Ibacache V. (2019). Normal and altered masticatory load impact on the range of craniofacial shape variation: An analysis of pre-Hispanic and modern populations of the American Southern Cone. *PLOS ONE*, 14(12), e0225369.
- Farias Gomes S, Custodio W, Faot F, Del Bel Cury A, Garcia R. (2010). Masticatory features, EMG activity and muscle effort of subjects with different facial patterns. *Journal of Oral Rehabilitation*, 37(11), 813-819.
- Farias Gomes S, Custodio W, Faot F, Del Bel Cury A, Garcia R. (2011). Chewing side, bite force symmetry, and occlusal contact area of subjects with different facial vertical patterns. *Brazilian Oral Research*, 25(5), 446-452.
- Firmani M, Becerra N, Sotomayor C, Flores G, Salinas J. (2013). Oclusión terapéutica. Desde las escuelas de oclusión a la Odontología Basada en Evidencia. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 6(2), 90-95.
- Fruciano C. (2016). Measurement error in geometric morphometrics. *Development Genes and Evolution*, 226(3), 139-158.
- Gibbs CH, Mahan PE, Mauderli A, Lundeen HC, Walsh EK. (1986). Limits of human bite strength. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 56(2), 226-229.
- González-José R, Ramírez-Rozzi F, Sardi M, Martínez-Abadías N, Hernández M, Pucciarelli HM. (2005). Functional-cranial approach to the influence of economic strategy on skull morphology. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 128(4), 757-771.
- Gonzalez P, Bernal V, Perez S. (2011). Analysis of sexual dimorphism of craniofacial traits using geometric morphometric techniques. *International Journal of Osteoarchaeology*, 21(1), 82-91.
- Grünheid T, Langenbach GE, Korfage JA, Zentner A, Van Eijden TM. (2009). The adaptive response of jaw muscles to varying functional demands. *The European Journal of Orthodontics*, 31(6), 596-612.
- Guevara Perez S, Behr M, Thollon L. (2019). Exploratory study of the three-dimensional morphological variation of the jaw associated to teeth loss. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 120(6), 523-528.
- Guimarães TB, Ferreira MB, Wakamatsu A, Oliveira SR, Guimarães AS, Galdames IS, y cols. (2013). Muscle fiber type composition, fiber diameter, capillary density in temporalis and masseter muscles and correlation with bite force. *International Journal of Morphology*, 31(2), 747-753.

- Hajeer MY, Ayoub AF, Millett DT, Bock M, Siebert JP. (2002). Three-dimensional imaging in orthognathic surgery: the clinical application of a new method. *The International Journal of Adult Orthodontics and Orthognathic Surgery*, 17(4), 318-330.
- He T, Stavropoulos D, Hagberg C, Hakeberg M, Mohlin B. (2013). Effects of masticatory muscle training on maximum bite force and muscular endurance. *Acta Odontológica Scandinavica*, 71(3-4), 863-869.
- Kau CH, Medina L, English JD, Xia J, Gateno J, Teichgraber J. (2011). A comparison between landmark and surface shape measurements in a sample of cleft lip and palate patients after secondary alveolar bone grafting. *Orthodontics: The Art and Practice of Dentofacial Enhancement*, 12(3), 188.
- Kaur K, Sehrawat JS, Bahadur R. (2017). Sex dependent variations in craniofacial soft-tissue thicknesses estimated from MRI and CT scans: A pilot study based on Northwest Indian subjects. *International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 4, 47.
- Kendall DG. (1984). Shape manifolds, procrustean metrics, and complex projective spaces. *Bulletin of the London Mathematical Society*, 16(2), 81-121.
- Kieser JA, Bernal V, Neil Waddell J, Raju S. (2007). The uniqueness of the human anterior dentition: a geometric morphometric analysis. *Journal of Forensic Sciences*, 52(3), 671-677.
- Kiliaridis S. (2006). *The importance of masticatory muscle function in dentofacial growth*. Paper presented at the Seminars in orthodontics.
- Kiliaridis S, Mejersjö C, Thilander B. (1989). Muscle function and craniofacial morphology: a clinical study in patients with myotonic dystrophy. *The European Journal of Orthodontics*, 11(2), 131-138.
- Klingenberg CP. (2009). Morphometric integration and modularity in configurations of landmarks: tools for evaluating a priori hypotheses. *Evolution & Development*, 11(4), 405-421.
- Klingenberg CP. (2011). MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*, 11(2), 353-357.
- Klingenberg CP. (2016). Size, shape, and form: concepts of allometry in geometric morphometrics. *Development Genes and Evolution*, 226(3), 113-137.
- Koc D, Dogan A, Bek B. (2010). Bite force and influential factors on bite force measurements: a literature review. *European Journal of Dentistry*, 4(02), 223-232.
- Korfage J, Koolstra JH, Langenbach GE, Van Eijden TM. (2005a). Fiber-type composition of the human jaw muscles—(part 1) origin and functional significance of fiber-type diversity. *Journal of Dental Research*, 84(9), 774-783.
- Korfage J, Koolstra JH, Langenbach GE, Van Eijden TM. (2005b). Fiber-type composition of the human jaw muscles—(part 2) role of hybrid fibers and factors responsible for inter-individual variation. *Journal of Dental Research*, 84(9), 784-793.
- Korfage J, Kwee K, Everts V, Langenbach G. (2016). Myosin heavy chain expression can vary over the length of jaw and leg muscles. *Cells Tissues Organs*, 201(2), 130-137.
- Korfage J, Van Eijden T. (2003). Myosin heavy-chain isoform composition of human single jaw-muscle fibers. *Journal of Dental Research*, 82(6), 481-485.
- Krenzer U. (2006). *Compendio de Métodos Antropológico Forenses para la Reconstrucción de Perfil Osteo-Biológico: Osteometría* (Primera Edición ed. Vol. 1). Ciudad, Guatemala.

- Langley NR, Jantz LM, Ousley SD, Jantz RL, Milner G. (2016). Data collection procedures for forensic skeletal material 2.0. *University of Tennessee and Lincoln Memorial University*.
- Ledogar JA, Dechow PC, Wang Q, Gharpure PH, Gordon AD, Baab KL, y cols. (2016). Human feeding biomechanics: performance, variation, and functional constraints. *PeerJ*, 4, e2242.
- Lieberman D. (2008). Speculations about the selective basis for modern human craniofacial form. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews*, 17(1), 55-68.
- Lieberman D. (2011). *The evolution of the human head*: Harvard University Press.
- Lieberman D, Krovitz G, Yates F, Devlin M, Claire M. (2004). Effects of food processing on masticatory strain and craniofacial growth in a retrognathic face. *Journal of Human Evolution*, 46(6), 655-677.
- López B, Toro V, Schilling A, Galdames IS. (2012). Nasal profile assessment using geometric morphometrics in a sample of Chilean population. Clinical and forensic implications. *International Journal of Morphology*, 30(1), 302-308.
- Manns A, Biotti J. (2011). *Sistema estomatognático: bases biológicas y correlaciones clínicas*. Santiago de Chile: Editorial Ripano.
- Martinez-Gomis J, Lujan-Climent M, Palau S, Bizar J, Salsench J, Peraire M. (2009). Relationship between chewing side preference and handedness and lateral asymmetry of peripheral factors. *Archives of Oral Biology*, 54(2), 101-107.
- Martinez-Maza C, Rosas A, Nieto-Díaz M. (2013). Postnatal changes in the growth dynamics of the human face revealed from bone modelling patterns. *Journal of Anatomy*, 223(3), 228-241.
- Martins LF, Vigorito JW. (2012). Photometric analysis applied in determining facial type. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 17(5), 71-75.
- Meleo D, Bedini R, Pecci R, Mangione F, Pacifici L. (2012). Microtomographic and morphometric characterization of a bioceramic bone substitute in dental implantology. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanita*, 48(1), 59-64.
- Menéndez L, Bernal V, Novellino P, Perez SI. (2014). Effect of bite force and diet composition on craniofacial diversification of Southern South American human populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 155(1), 114-127.
- Mitteroecker P, Gunz P. (2009). Advances in geometric morphometrics. *Evolutionary Biology*, 36(2), 235-247.
- Miyazato E, Yamaguchi K, Fukase H, Ishida H, Kimura R. (2014). Comparative analysis of facial morphology between Okinawa Islanders and mainland Japanese using three-dimensional images. *American Journal of Human Biology*, 26(4), 538-548.
- Morales Estruch CdR. (2018). *Morfología de la sección transversal mandibular en poblaciones actuales y arqueológicas que ejercen distintas intensidades de cargas masticatorias de acuerdo a su dieta*. (Tesis para optar al título de Cirujano Dentista). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Morales N, Toro-Ibacache V. (2018). La Transición a la Agricultura y la Industrialización Cambiaron la Cara del Ser Humano. ¿Puede el Vegetarianismo ser un Nuevo Factor de Cambio?. Revisión de la Literatura. *International Journal of Morphology*, 36(1), 35-40.
- Moss M. (1997). The hypothesis of the revised functional matrix. Part 4: The epigenetic antithesis and the resolving synthesis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 55(6), 410-417.

- Norton NS. (2007). *Netter. Anatomía de cabeza y cuello para odontólogos*: Elsevier Masson.
- Okeson JP. (2019). *Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion-E-Book*: Elsevier Health Sciences.
- Parra M, Pardo R, Haidar ZS, Alister JP, Uribe F, Olate S. (2019). Three-dimensional Analysis of Nasolabial Soft Tissues While Smiling Using stereophotogrammetry (3dMDTM). *International Journal of Morphology*, 37(1), 232-236.
- Pette D, Staron RS. (2000). Myosin isoforms, muscle fiber types, and transitions. *Microscopy Research and Technique*, 50(6), 500-509.
- Quevedo Rojas LA, Jeldes Aguilar G. (2004). *Análisis cefalométricos y estéticos más utilizados en planificación de tratamiento para cirugía ortognática*: Facultad de Odontología, Universidad de Chile.
- Raggatt LJ, Partridge NC. (2010). Cellular and molecular mechanisms of bone remodeling. *Journal of Biological Chemistry*, 285(33), 25103-25108.
- Romo Ormazábal FE, Díaz Guzmán W, Schulz Rosales R. (2017). *Tópicos de Odontología Integral II: Atención Odontológica para el Adulto Mayor* (Primera Edición ed.). Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Odontología.
- Rosas A, Bastir M. (2002). Thin-plate spline analysis of allometry and sexual dimorphism in the human craniofacial complex. *117(3)*, 236-245.
- Rouvière H, Delmas A. (2005). *Anatomía humana: Descriptiva, topográfica y funcional. Tomo 1, Cabeza y Cuello* (S. A. Masson Ed. 11° ed. Vol. 1, Cabeza y Cuello). Barcelona.
- Ruff C, Holt B, Trinkaus E. (2006). Who's afraid of the big bad Wolff?: "Wolff's law" and bone functional adaptation. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 129(4), 484-498.
- Santana N, Starbuck JM. (2019). Breaking Symmetry: A Quantitative Analysis of Facial Skeleton Disharmony in Children Born with Bilateral Cleft Lip and Palate. *The Anatomical Record*, 302(10), 1726-1732.
- Schulz-Rosales R, Núñez-Guerrero M, Cerda-Peralta B, Rivera-Rothgaenger M, Ponce de León E, López-Garrido J, y cols. (2018). Características esqueléticas para la determinación cualitativa del biotipo facial en telerradiografía lateral: Estudio Piloto. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 11(3), 164-166.
- Sciaraffia Rubio CV. (2016). *Correlación entre área del rectángulo de Ricketts y el biotipo facial definido por Björk-Jarabak, Steiner y Ricketts en individuos eugnásicos chilenos*. (Tesis para optar al título de Cirujano Dentista). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Sciote JJ, Horton MJ, Rowleron AM, Ferri J, Close JM, Raoul G. (2012). Human masseter muscle fiber type properties, skeletal malocclusions, and muscle growth factor expression. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 70(2), 440-448.
- Sella-Tunis T, Pokhojaev A, Sarig R, O'Higgins P, May H. (2018). Human mandibular shape is associated with masticatory muscle force. *Scientific Reports*, 8(1), 1-10.
- Serra C, Manns A. (2013). Bite force measurements with hard and soft bite surfaces. *Journal of Oral Rehabilitation*, 40(8), 563-568.
- Som P, Naidich T. (2014). Illustrated review of the embryology and development of the facial region, part 2: late development of the fetal face and changes in the face from the newborn to adulthood. *American Journal of Neuroradiology*, 35(1), 10-18.

- Suazo Galdames IC, Pérez Rojas FJ, Torres Muñoz SR. (2007). Grososres tisulares faciales en cadáveres de Españoles y su aplicación en la identificación médicolegal. *International Journal of Morphology*, 25(1), 109-116.
- Terhune CE, Cooke SB, Otárola-Castillo E. (2015). Form and function in the platyrrhine skull: A three-dimensional analysis of dental and TMJ morphology. *The Anatomical Record*, 298(1), 29-47.
- Throckmorton GS, Finn RA, Bell WH. (1980). Biomechanics of differences in lower facial height. *American Journal of Orthodontics*, 77(4), 410-420.
- Todić JT, Mitić A, Lazić D, Radosavljević R, Staletović M. (2017). Effects of bruxism on the maximum bite force. *Vojnosanitetski Pregled*, 74(2), 138-144.
- Toma AM, Zhurov A, Playle R, Ong E, Richmond S. (2009). Reproducibility of facial soft tissue landmarks on 3D laser-scanned facial images. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 12(1), 33-42.
- Toro-Ibacache V, Manriquez Soto G, Suazo Galdames I. (2010). Morfometría geométrica y el estudio de las formas biológicas: de la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa. *International Journal of Morphology*, 28(4), 977-990.
- Toro-Ibacache V, Muñoz VZ, O'Higgins P. (2016). The relationship between skull morphology, masticatory muscle force and cranial skeletal deformation during biting. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 203, 59-68.
- Toro-Ibacache V, Ugarte F, Morales C, Eyquem A, Aguilera J, Astudillo W. (2019). Dental malocclusions are not just about small and weak bones: assessing the morphology of the mandible with cross-section analysis and geometric morphometrics. *Clinical Oral Investigations*, 23(9), 3479-3490.
- Ugarte Cisternas F. (2017). *Morfología mandibular en poblaciones actuales y arqueológicas que ejercen distintas intensidades de cargas masticatorias de acuerdo a su dieta*. (Tesis para optar al título de Cirujano Dentista). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Van Der Bilt A, Tekamp A, Van Der Glas H, Abbink J. (2008). Bite force and electromyography during maximum unilateral and bilateral clenching. *European Journal of Oral Sciences*, 116(3), 217-222.
- Verma TP, Kumathalli KI, Jain V, Kumar R. (2017). Bite force recording devices-A review. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 11(9), ZE01.
- von Cramon-Taubadel N. (2011). The relative efficacy of functional and developmental cranial modules for reconstructing global human population history. *American Journal of Physical Anthropology*, 146(1), 83-93.
- Weisskircher H. (2013). Maximum bilateral masticatory forces in patients with and without pain Maximale bilaterale Beißkräfte bei Schmerz-und Nichtschmerzpatienten. *Zeitschrift für Kраниomandibuläre Funktion*, 5(1), 19-39.
- Wittkowske C, Reilly GC, Lacroix D, Perreault CM. (2016). In vitro bone cell models: impact of fluid shear stress on bone formation. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 4(87), 87.
- Yamada T, Sugiyama G, Mori Y. (2020). Masticatory muscle function affects the pathological conditions of dentofacial deformities. *Japanese Dental Science Review*, 56(1), 56-61.

11. ANEXOS

A. Conceptos clave en morfometría geométrica, sus sinónimos y descripción.

Término	Sinónimo; Descripción
Tamaño del centroide	Corresponde al tamaño en morfometría geométrica, el cual es independiente de la forma de la estructura y equivale a la raíz cuadrada de la suma de las distancias al cuadrado de cada hito desde el centroide; se puede escalar para llevar varias configuraciones a un tamaño común (Klingenberg, 2016; Toro-Ibacache y cols., 2010). Es la medida del tamaño general usado en el análisis de Procrustes (Mitteroecker & Gunz, 2009).
Configuración consenso	<i>Promedio de Procrustes, Mean shape</i> : El promedio de las coordenadas de Procrustes (Mitteroecker & Gunz, 2009).
Forma	Propiedades geométricas de un objeto que son independientes a la rotación y traslación (Mitteroecker & Gunz, 2009).
Distancia de Procrustes	Distancia euclidiana entre dos configuraciones de coordenadas de Procrustes usada como una medida métrica para ver las diferencias de la forma (Mitteroecker & Gunz, 2009). Su estimador corresponde a la métrica de Procrustes (Toro-Ibacache y cols., 2010).
Residuales de Procrustes	Desviación de una configuración de coordenadas de Procrustes con respecto a la configuración consenso (Mitteroecker & Gunz, 2009).
Coordenadas de Procrustes	<i>Coordenadas de la forma de Procrustes</i> ; Las coordenadas resultantes tras la superposición de Procrustes, representando la forma de un objeto (Mitteroecker & Gunz, 2009).
Superposición de Procrustes	<i>Procrustes fit, GPA</i> ; Superposición de una configuración de landmarks para calcular las coordenadas de la forma "pura" (Mitteroecker & Gunz, 2009).
Forma "pura"	Shape; Propiedades de un objeto independientes de la escala, rotación y traslación (Mitteroecker & Gunz, 2009).
Shape regression	Regresión multivariada de las coordenadas de la forma "pura" o de otra variable (Mitteroecker & Gunz, 2009).
Singular warp análisis	Corresponde al partial least square analysis de las coordenadas de forma de Procrustes (Mitteroecker & Gunz, 2009).
Centroide	Centro geométrico de la configuración de hitos, que describe su posición en el espacio de las configuraciones (Toro-Ibacache y cols., 2010).
Espacios morfométricos	Consiste en el espacio de las configuraciones, espacio pre-Kendalliano y espacio de Kendall (Toro-Ibacache y cols., 2010).
Espacio de las configuraciones	Espacio que contiene todas las formas posibles que compartan una configuración $k \times m$ idéntica en cuanto a características de la matriz (k =cantidad de hitos; m =coordenadas de cada hito), que describe un proceso de cambio morfológico estocástico (Toro-Ibacache y cols., 2010).
Landmarks	<i>Hitos</i> ; Punto en el espacio que tiene un nombre y coordenadas cartesianas (bi o tridimensionales), las cuales describen su posición en el espacio (Toro-Ibacache y cols., 2010).

B. Consentimiento informado (en alemán)

Patientenaufklärung

Form und Funktion des menschlichen Schädels: Zusammenhang zwischen Schädelform, Zahnbogenform, funktioneller Bewegungskapazität und Bisskraft

Sehr geehrte Studienteilnehmerin, sehr geehrter Studienteilnehmer,

eine bessere Kenntnis des Zusammenhangs zwischen Schädelform und Kaufunktion ist für die Zahnmedizin und Kieferorthopädie von großer Bedeutung. Das Ziel dieser Studie ist, diesen Zusammenhang zu beschreiben und zu erforschen. Dazu möchten wir die Schädel- und Zahnbogenform und deren Zusammenhänge mit der Bewegungskapazität des Unterkiefers sowie der maximalen Bisskraft untersuchen.

Hierfür wird Ihr Gesicht mittels eines fotografischen Verfahrens dreidimensional aufgenommen. Zur Erfassung der Zahnbogenform werden der Ober- und Unterkiefer konventionell abgeformt. Die Bewegungskapazität Ihres Unterkiefers wird mit Wachplatten registriert und die maximale Bisskraft mit einem Bisskraftnehmer gemessen. Anschließend analysieren wir die Daten mit Spezialsoftware. Ihre Angaben unterliegen selbstverständlich der Schweigepflicht. Die Untersuchung nimmt im Regelfall 2 Stunden in Anspruch.

Wir möchten die erhobenen Befunde *wissenschaftlich* auswerten. Durch Ihr Einverständnis, die Befunde einer wissenschaftlichen Auswertung zugänglich zu machen, helfen Sie mit, dass wir die Zusammenhänge zwischen Schädelform und Kaufunktion besser verstehen.

Falls Sie Fragen zu dieser Untersuchung haben, richten Sie diese bitte an die beiden Leiter dieser Studie:

Dr. med. dent. Oliver Schierz
Universitätsklinikum Leipzig AöR
Department für Kopf- und Zahnmedizin
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und
Werkstoffkunde
Liebigstraße 12, Haus 1, 04103 Leipzig
Tel.: 0341 – 9721300
Fax.: 0341 – 9721309
E-Mail: oliver.schierz@medizin.uni-leipzig.de

Dr. Viviana Toro-Ibacache, DDS, MSc, PhD
Max Planck Institut für Evolutionäre
Anthropologie
Abteilung für Human Evolution
Deutscher Platz 6, 04103 Leipzig
Tel.: 0341 - 3550 87
Facultad de Odontología Universidad de Chile
Sergio Livingstone Pohlhammer 943
Independencia, Santiago de Chile.
E-Mail: mtoroibacache@odontologia.uchile.cl

Versicherungsbliedenheiten:

Bedingt durch die hohen Kräfte bei der Bisskraftmessung kann eine Zahnschädigung nicht vollständig ausgeschlossen werden. Deshalb haben wir für Sie eine Versicherung abgeschlossen. Melden Sie bitte jede Verschlechterung des Gesundheitszustandes unverzüglich dem Studienleiter, welcher beurteilt, ob es sich um eine Gesundheitsschädigung handelt, die als Folge der klinischen Prüfung eingetreten sein könnte. Im Schadensfall ermächtigen Sie die behandelnden Ärzte dem Versicherer auf Verlangen Auskunft zu erteilen.

Einverständniserklärung

Ich wurde über die Ziele der Studie *Form und Funktion des menschlichen Schädels: Zusammenhang zwischen Schädelform, Zahnbogenform, funktioneller Bewegungskapazität und*

Bisskraft durch aufgeklärt.

Ich bin mit der Speicherung und mit der pseudonymen Bearbeitung, der im Rahmen der Studie erhobenen Daten zur wissenschaftlichen Auswertung, einverstanden. Ich kann jederzeit ohne Angabe von Gründen das Untersuchungsprogramm abbrechen, ohne dass mir daraus medizinische oder anderweitige Nachteile entstehen.

Name, Vorname

Leipzig, Unterschrift des Teilnehmers:

C. Traducción simple al español del consentimiento informado

Traducción simple del Consentimiento Informado

Información al Paciente

Forma y función del cráneo humano: relación entre la forma del cráneo, la forma del arco, la capacidad de movimiento funcional y la fuerza de mordida

Estimado y estimada participante del estudio,

Una mejor comprensión de la relación entre la forma del cráneo y la función de masticación es de gran importancia para la odontología y la ortodoncia. El objetivo de este estudio es describir y explorar esta relación. Para este propósito, nos gustaría examinar la forma del cráneo y el arco y sus relaciones con la capacidad de movimiento de la mandíbula y la fuerza máxima de mordida.

Para esto, la forma de su cara se registrará tridimensionalmente utilizando un proceso fotográfico. Para registrar la forma del arco dental, se utilizarán impresiones convencionales odontológicas en el maxilar y la mandíbula. La capacidad de movimiento de su mandíbula inferior se registrará con placas de cera y la fuerza de mordida máxima se mide con un aparato que registra a fuerza de mordida. Luego analizamos los datos con software especiales. Su información personal está sujeta a confidencialidad. El examen suele durar 2 horas.

Nuestro estudio tiene fines científicos. Al aceptar participar en él, nos ayuda a comprender mejor las relaciones entre la forma del cráneo y la función de masticación. Si tiene preguntas sobre este estudio, comuníquese a los dos investigadores de este estudio:

Dr. med. dent. Oliver Schierz
Escuela de Odontología Universidad de Leipzig
Clínica de Prótesis y Ciencias de Materiales
Liebigstraße 12, Haus 1, 04103 Leipzig
Tel.: 0341 – 9721300
Fax.: 0341 – 9721309
E-Mail: oliver.schierz@medizin.uni-leipzig.de

Dra. Viviana Toro-Ibacache, DDS, MSc, PhD
Instituto Max Planck de Antropología Evolutiva
Departamento de Evolución Humana
Deutscher Platz 6, 04103 Leipzig
Tel.: 0341 - 3550 87
Facultad de Odontología Universidad de Chile
Sergio Livingstone Pohlhammer 943
Independencia, Santiago de Chile.
E-Mail: mtoroibacache@odontologia.uchile.cl

Las obligaciones de seguro:

Debido a las grandes fuerzas en el Beißkraftmessung un daño dental no puede ser excluido por completo. Es por eso que hemos contratado un seguro para usted. Informe inmediatamente al líder del estudio de cualquier deterioro en su condición, quien evaluará si se trata de un problema de salud que puede haber ocurrido como resultado del ensayo clínico. En caso de daños, usted autoriza a los médicos tratantes a proporcionar información a la aseguradora a petición.

Consentimiento Informado

He sido informado de los objetivos del estudio *Forma y función del cráneo humano: relación entre la forma del cráneo, la forma del arco, la capacidad de movimiento funcional y la fuerza de mordida* por (nombre del académico) .

Estoy de acuerdo con el almacenamiento y el procesamiento anónimo de los datos para la evaluación científica recopilada en el estudio. Puedo cancelar el programa de examen en cualquier momento sin dar razones, sin ninguna desventaja médica o de otro tipo.

Apellido, Nombre (nombre del participante) .

Leipzig, (feche) .

Firma del participante: (firma del participante) .

D. Carta de aprobación del comité de ética y bioseguridad (en alemán)

UNIVERSITÄT LEIPZIG

Ethik-Kommission an der Medizinischen Fakultät
der Universität Leipzig

Vorsitzender: Professor Dr. R. Preiß

St. Geschäftsstelle der Ethik-Kommission an der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig,
Haus: Carl-Neuberg-Haus für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften,
Königsplatz 10, 04103 Leipzig

Unser Az.: 396-15-13072015 (Bitte stets angeben!)

“Pilotstudie – Form und Funktion des menschlichen Schädels: Zusammenhang zwischen Schädelform, Zahnbogen, funktioneller Bewegungskapazität und Beißkraft“

➤ OA Dr. med. dent. Oliver Schierz; Universitätsklinikum Leipzig AG, Department für Kopf- und Zahnmedizin, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde, Leipzigstr. 72, 04103 Leipzig

Die Ethik-Kommission an der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig erhebt keine ethischen und wissenschaftlichen Bedenken gegen das vorgelegte Studiendesign.

Die Kommission verweist darauf, dass die ethische und wissenschaftliche Verantwortung für die Durchführung der Untersuchungen beim Leiter der Studie verbleibt.

Der Kommission lagen folgende Unterlagen vor:

- Anschreiben_03.06.2015
- Antrag
- Patientenaufklärung-/einverständniserklärung
- CV OA Dr. med. dent. O. Schierz / Maria Viviana Toro Ibacache
- Fragebogen

Überarbeitung:

- Anschreiben_02.11.2015
- überarbeiteter Antrag
- Versicherungsbestätigung
- CE-Zertifikate
- Patientenaufklärung-/einverständniserklärung

Leipzig, den 25. November 2015

R. Preiß

Professor Dr. R. Preiß

Vorsitzender der Ethik-Kommission an der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Bei Vorlage von überarbeiteten Unterlagen sind sämtliche Änderungen deutlich im **FETTDRUCK ODER UNTERSTRICHEN** kenntlich zu machen und um die Angabe der aktuellen Versionsnummer sowie des Datums wird gebeten. Andernfalls erfolgt keine Bearbeitung durch die Ethik-Kommission.

E. Traducción simple de carta de aprobación del comité de ética y bioseguridad

Traducción simple de la aprobación por Comité de Ética

Universidad de Leipzig
 Comisión de Ética de la Facultad de Medicina Universidad de Leipzig
 Presidente: Profesor Dr. R. Preiß

Código interno: N° 396-15-13072015 (siempre entregar como referencia)

"Estudio piloto- Forma y Función del esqueleto craneofacial humano: Relación entre Forma Craneal, Forma del Arco Dental, Grado de Movilidad Mandibular y Fuerza de Mordida"

Dr. Oliver Schierz, Escuela de Odontología Universidad de Leipzig, Clínica de Prótesis y Ciencias de Materiales (N de la R: quien presenta el proyecto al Comité, el Investigador Alterno).

La Comisión de Ética de la Facultad de Medicina Universidad de Leipzig no presenta reparos éticos ni científicos al diseño de estudio.

La Comisión les recuerda que la responsabilidad de velar por el cumplimiento de la ética en la realización del estudio queda en la Investigadora Responsable.

A la Comisión se le han presentado los siguientes documentos:

- Carta de solicitud del 03-06-2015
- Proyecto en formato de postulación
- Consentimiento Informado para los participantes
- Curriculum Vitae del Dr. Oliver Schierz y de la Dra. María Vviiiana Toro Ibacache
- Cuestionario (N. de la R: correspondiente a datos de la persona)

Revisión:

- Carta con revisiones del 02-11-2015
- Proyecto en formato de postulación, revisada y con cambios
- Certificado de seguro (N. de la R: en caso de accidentes durante la adquisición de datos base, que no hubo)
- Certificado de cumplimiento de normas como producto médico del sistema de medición de fuerza de mordida BiteFork
- Consentimiento Informado para los participantes

Leipzig, 25 de noviembre de 2015.

Firma
 Profesor Dr. R. Preiß
 Presidente de la Comisión de Ética de la Facultad de Medicina Universidad de Leipzig

Tras la presentación de los documentos revisados, todos los cambios deben estar claramente marcados en negrita o subrayados y se solicita la indicación del número de versión actual y la fecha. De lo contrario, no habrá procesamiento por parte del Comité de Ética