



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE ODONTOLOGIA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS**  
**ODONTOLÓGICAS**  
**ÁREA DE ANATOMÍA**  
**CENTRO DE ANÁLISIS CUANTITATIVO EN**  
**ANTROPOLOGÍA DENTAL**

**MORFOLOGÍA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MANDIBULAR EN**  
**POBLACIONES ACTUALES Y ARQUEOLÓGICAS QUE EJERCEN DISTINTAS**  
**INTENSIDADES DE CARGAS MASTICATORIAS DE ACUERDO A SU DIETA**

**Cristina del Rosario Morales Estruch**

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

**TUTORA PRINCIPAL**  
**Prof. Dra. Viviana Toro-Ibacache**

**Adscrito a Proyecto FONDECYT 11150175**

**Santiago – Chile**

**2018**





**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE ODONTOLOGIA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS**  
**ODONTOLÓGICAS**  
**ÁREA DE ANATOMÍA**  
**CENTRO DE ANÁLISIS CUANTITATIVO EN**  
**ANTROPOLOGÍA DENTAL**

**MORFOLOGÍA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MANDIBULAR EN**  
**POBLACIONES ACTUALES Y ARQUEOLÓGICAS QUE EJERCEN DISTINTAS**  
**INTENSIDADES DE CARGAS MASTICATORIAS DE ACUERDO A SU DIETA**

**Cristina del Rosario Morales Estruch**

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

**TUTORA PRINCIPAL**  
**Prof. Dra. Viviana Toro-Ibacache**

**Adscrito a Proyecto FONDECYT 11150175**

**Santiago – Chile**

**2018**

## AGRADECIMIENTOS

*A mi familia, mis padres Julia Estruch y Patricio Morales por su apoyo incondicional, sabiduría y entrega por sus hijos; mis hermanos Felipe, Nicolás y Álvaro por ayudarme a crecer y aconsejarme siempre. Gracias por inculcarme valores y enseñarme con sus acciones a ser la persona que soy hoy.*

*A mis amigos y amigas, que me acompañaron en esta aventura, por enseñarme a nunca rendirme y entregarme siempre alegrías y buenos recuerdos.*

*A mi tutora, Viviana Toro-Ibacache, por su entrega, por su inigualable capacidad de enseñar y su sed de conocimiento. Es una genio.*

*Al Dr. Germán Manríquez por su disposición y contribución a esta tesis.*

*Agradezco a los miembros del Centro de Análisis Cuantitativo en Antropología Dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile por permitirme realizar mi trabajo de investigación adscrito al proyecto FONDECYT 11150175, un excelente equipo y compañeros de trabajo.*

## ÍNDICE

<b>1. RESUMEN .....</b>	<b>7</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
2.1 INTRODUCCIÓN.....	8
2.2 EMBRIOLOGÍA Y DESARROLLO MANDIBULAR.....	9
2.3 ANATOMÍA MANDIBULAR .....	13
2.4 ANATOMÍA FUNCIONAL DE LOS MÚSCULOS DE LA MASTICACIÓN .....	15
2.5 FUNCIÓN MASTICATORIA Y MOVIMIENTOS MANDIBULARES .....	17
2.6 DIETA Y SU RELACIÓN CON LA ANATOMÍA MANDIBULAR .....	20
2.7 SECCIÓN TRANSVERSAL MANDIBULAR.....	21
2.8 JUSTIFICACIÓN Y RELEVANCIA ACTUAL .....	24
<b>3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>26</b>
<b>4. OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>26</b>
<b>5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>26</b>
<b>6. METODOLOGÍA.....</b>	<b>27</b>
6.1. MUESTRA.....	27
6.2. ANÁLISIS DE LAS DIFERENCIAS DE LA FORMA MANDIBULAR.....	32
6.3 ANÁLISIS DEL EFECTO DEL ERROR DE MEDICIÓN .....	39
6.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS: .....	40
<b>7. RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
7.1. ANÁLISIS PRELIMINARES .....	41
7.1.1 Test de normalidad .....	41
7.1.2. Efecto del error de medición .....	42
7.2 ANÁLISIS CONFIRMATORIOS .....	43
7.2.1 DIFERENCIAS DE CBA, TBA, $I_{MIN}$ E $I_{MAX}$ ENTRE GRUPOS.....	43
7.2.1.1 Primer molar derecho .....	43
7.2.1.2 Primer molar izquierdo.....	45
7.2.1.3 Sínfisis .....	47
7.2.2 COMPARACIÓN DE CBA EN RELACIÓN A TBA E $I_{MIN}$ EN RELACIÓN A $I_{MAX}$ .....	49
7.2.2.1 Primer molar derecho .....	49
7.2.2.2 Primer molar izquierdo.....	51
7.2.2.3 Sínfisis .....	53

**8. DISCUSIÓN ..... 55**

**9. CONCLUSIONES ..... 60**

**10. BIBLIOGRAFÍA ..... 61**

**ANEXO 1 ..... 65**

## 1. RESUMEN

La anatomía del ser humano moderno ha ido evolucionando con el paso de los años. Existen cambios significativos en la conformación de la cabeza ósea y sus componentes, tales como una inclinación más vertical de la cara, desarrollo de mentón y, dientes y músculos masticatorios más pequeños.

Uno de los factores que habría influenciado el cambio en la anatomía facial humana sería el cambio en la alimentación, pasando desde alimentos crudos y comidas duras y resistentes a comidas procesadas, generando así un cambio en los patrones de carga masticatoria y con ello, de la anatomía y estructura ósea mandibular. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo establecer si existe una relación entre intensidad de carga masticatoria y la cantidad y distribución de hueso cortical en el interior de la mandíbula.

Con este fin, se utilizaron las tomografías computadas (TCs) de 107 individuos arqueológicos y actuales de Chile y Argentina, los que fueron clasificados según su intensidad de carga inferida a través de su dieta; carga intensa (cazadores-recolectores), intermedia (agricultores), leve, leve-alterada Clase II y leve-alterada Clase III (actuales). Se realizaron reconstrucciones tridimensionales y se obtuvieron cortes transversales a nivel de primer molar derecho e izquierdo y sínfisis mandibular. Para cada corte se analizó la cantidad y distribución de hueso cortical y se probó estadísticamente la relación entre estas variables y la intensidad de carga masticatoria. Nuestros resultados arrojan una relación parcial entre ambas variables, sin patrón definido, pero si arrojan ciertas diferencias entre grupos que entregan información respecto a su resistencia ante las fuerzas masticatorias y ciertos tipos de movimientos, sobre todo en los grupos “extremos”: carga intensa, y carga leve-alterada Clase II y leve-alterada Clase III.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Introducción

Antropólogos y anatomistas, con el paso de los años han dilucidado las características que establecen de dónde provenimos y cuáles son las particularidades que nos definen como especie. Desde aquí, cabe preguntarse cómo seguimos evolucionando y cómo influyen en este proceso todas las variables a las que estamos sometidos.

La tecnología ha sido una herramienta que ha permitido avances extraordinarios para responder muchas interrogantes, en este ámbito el desarrollo de la radiología ha entregado muchas respuestas. Específicamente el desarrollo de la tomografía computada (TC) en la cual es posible visualizar tejidos blandos y duros con gran detalle y en los tres sentidos del espacio, nos entrega la materia prima para este trabajo. La TC es un examen que se solicita cada vez con mayor frecuencia en odontología. Además de permitir la evaluación general del maxilar y la mandíbula y sus dientes, ofrece la posibilidad de investigar con detalle la estructura interna del hueso, la que determina la respuesta mecánica de este ante la masticación.

La mandíbula como parte del sistema masticatorio, junto con las articulaciones temporomandibulares, los músculos masticatorios y los dientes insertados a través del hueso alveolar en el hueso mandibular, cumplen tanto funciones vitales, por ejemplo, alimentarse, como funciones de tipo social, como hablar. En el presente trabajo analizaremos la anatomía interna de la mandíbula, particularmente cantidad y distribución de hueso cortical, en poblaciones arqueológicas y actuales, con el objetivo de evaluar y describir su eventual relación con la carga ejercida durante la alimentación (inferida de acuerdo a sus dietas).

La presente tesis busca, mediante esta asociación, aportar conocimiento a la pregunta general de si la variación en la forma y estructura mandibular en poblaciones es producto de las distintas intensidades de fuerza masticatoria.

Para esto utilizaremos herramientas de análisis de la cantidad y distribución de hueso cortical en la mandíbula.



## 2.2 Embriología y desarrollo mandibular

Durante el desarrollo embrionario, la formación de los primeros cuatro arcos faríngeos es fundamental para el desarrollo craneofacial. Ellos emergen en una dirección cráneo-caudal durante la ontogenia (Meruane et al., 2012). El primer arco, proveniente del primer y segundo rombómero, es evidenciable a partir del 24° día de gestación; y junto con el proceso frontonasal dan origen a la mayoría de las estructuras faciales (Meruane et al., 2012; Parada & Chai, 2015) Las células mesenquimáticas provenientes de la cresta neural, llegan a un arco faríngeo para diferenciarse en distintos tipos celulares y originar tres componentes fundamentales en cada arco: nervios, hueso y cartílago (Meruane et al., 2012). Cada arco faríngeo presenta un cartílago que aporta y guía el crecimiento óseo (Velayos, 2012).

En la formación de la cara ocurre un proceso tridimensional que implica formación, crecimiento, fusión y moldeado de una gran variedad de tejidos. El prosencéfalo, vesícula encefálica primitiva del embrión, actúa como soporte y se encarga de emitir señales para el desarrollo facial primitivo (Meruane et al., 2012).

En la cuarta semana de gestación es posible ver el estomodeo o cavidad oral primitiva, que corresponde a ectomesénquima procedente de la cresta neural, y que al final del período somítico queda delimitado por (Figura 1):

- Hacia craneal por un proceso frontonasal único que dará origen a dos procesos nasales mediales y dos nasales laterales.
- A ambos lados por los procesos maxilares.
- Hacia caudal por los procesos mandibulares.

Los procesos maxilar y mandibular se establecen por la migración local y proliferación regional de las células provenientes de la cresta neural o células ectomesenquimáticas (Parada & Chai, 2015). El crecimiento se inicia por señales procedentes del ectodermo apical de estos procesos, estimulando el crecimiento del mesénquima de los primordios faciales (Meruane et al., 2012).

El estomodeo sufre modificaciones y hacia la séptima semana ya es posible reconocer características anatómicas de la cara humana.

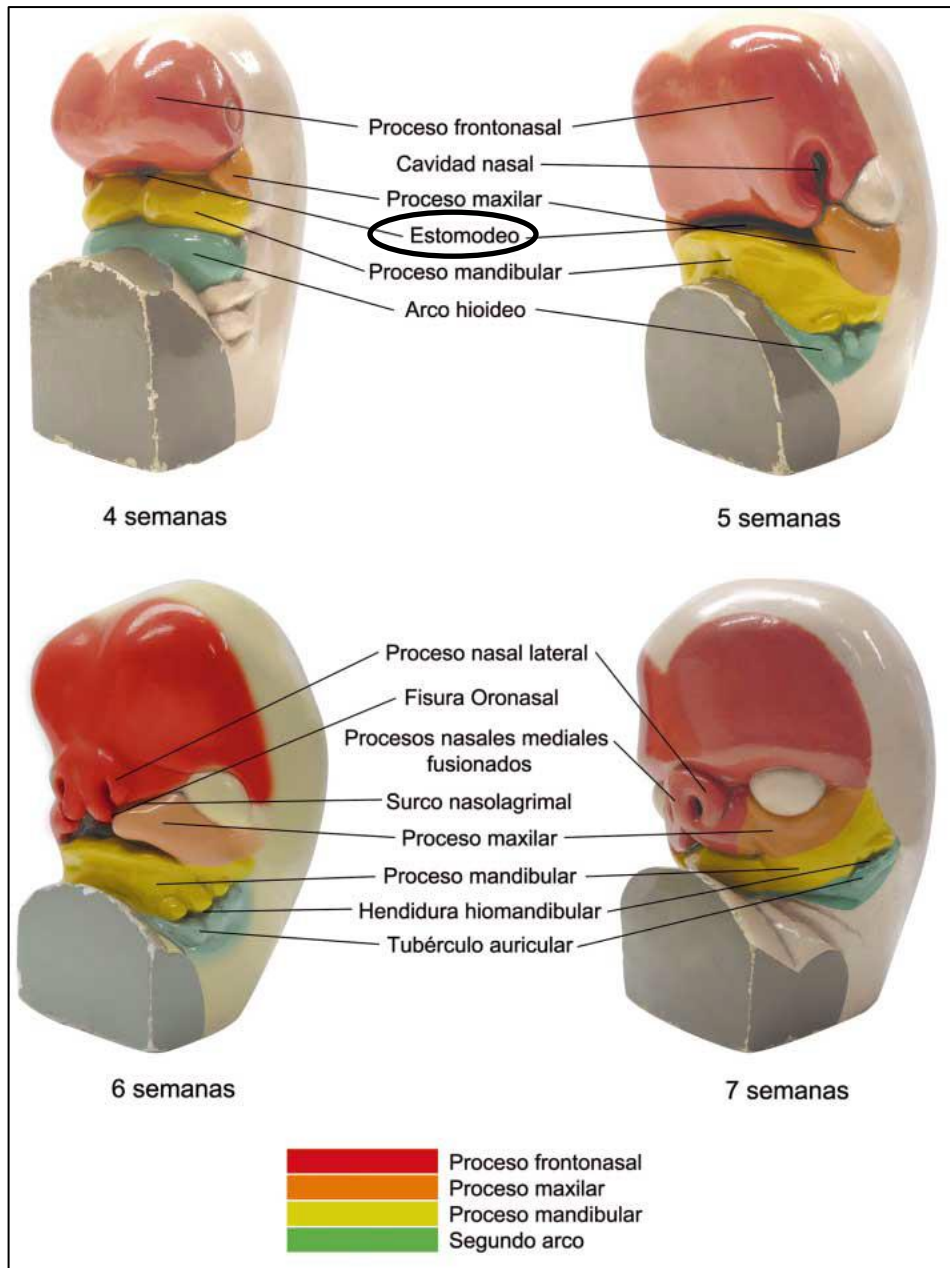


Figura 1. Desarrollo embrionario facial. Vistas frontales y laterales de modelos de cara humana entre cuatro y siete semanas de gestación. Cada arco/proceso queda representado por un color. A la cuarta semana se evidencia el estomodeo, y a la séptima la cara ya definida.

(Modificado de Meruane et al., 2012)

En el proceso mandibular parte de las células ectomesenquimáticas se diferencian en condrocitos y se organizan de manera característica, bilateral, formando el cartílago mandibular (de Meckel), antes de cualquier signo de osificación de la mandíbula (Parada & Chai, 2015).

El desarrollo óseo de la mandíbula se caracteriza por una combinación de los dos mecanismos de osificación dependiendo del sector: membranosa que se caracteriza por formación de hueso de manera directa a partir de tejido mesenquimático, y endocondral caracterizada por la osificación de un cartílago precedente (Bishara, 2001; Moyers, 1992). Durante la séptima semana de desarrollo, en dos centros de osificación membranosa, uno cercano al ángulo mandibular y el otro en la región donde posteriormente se desarrolla el germen del canino (Kjær et al., 1999; Velayos, 2012), se inicia la formación de un semianillo óseo alrededor del nervio mandibular, nervio alveolar inferior y de la arteria alveolar inferior. Las trabéculas óseas en formación se extienden hacia atrás, adelante, lingual y bucal, en relación con el cartílago mandibular. La particularidad que tiene, es que el cartílago que precede al hueso solo guía el crecimiento, y va sufriendo un proceso de reabsorción e involución a medida que progresa la osteogénesis, excepto en su parte distal donde origina el martillo y el yunque del oído medio, y en su extremo medial donde experimenta osificación endocondral de manera aislada y en islotes ubicados en la superficie vestibular de la mandíbula en desarrollo (Velayos, 2012). La sincondrosis mandibular se forma por la osificación de cartílago secundario que se va formando en el pericondrio de ambos extremos del cartílago mandibular, pero no a partir de este (Rodríguez-Vázquez et al., 1997). La Figura 2 ejemplifica las etapas de este proceso:

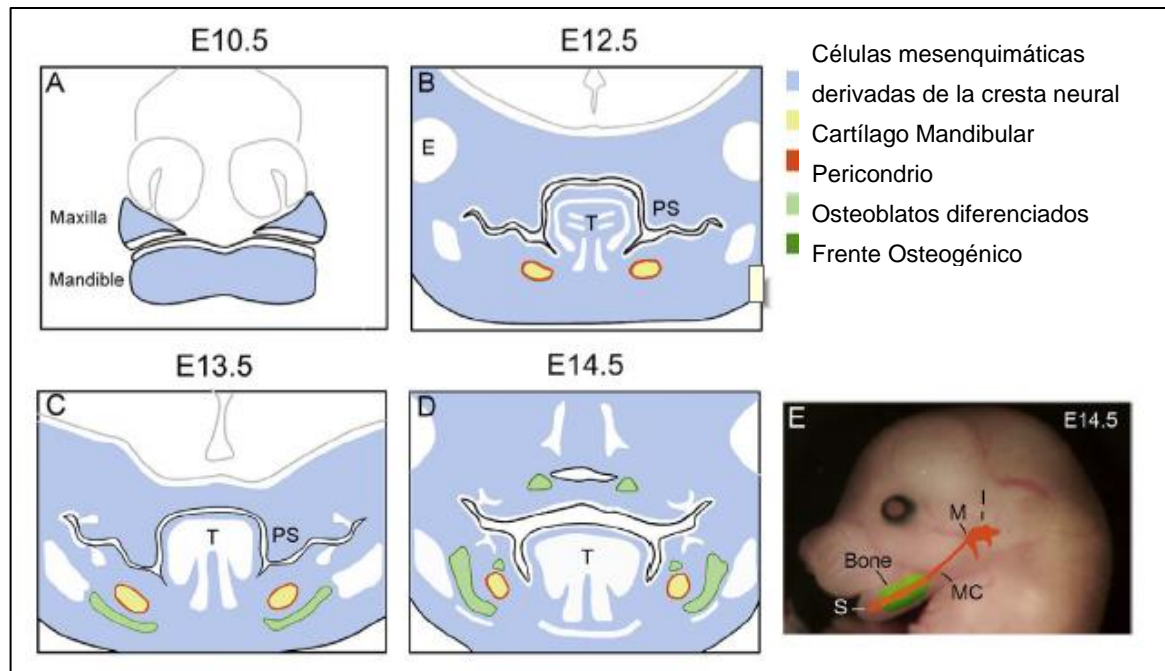


Figura 2. Desarrollo mandibular entre las etapas embrionarias (días) 10.5 y 14.5 del ratón. (A) El primer arco faríngeo se subdivide en los procesos maxilar y mandibular, formados por células mesenquimáticas derivadas de la cresta neural. (B) El cartílago mandibular se desarrolla dentro del proceso mandibular y células mesenquimáticas se condensan alrededor de él. (C) Células mesenquimáticas comienzan a diferenciarse a osteoblastos. (D) Progreso de diferenciación en el proceso mandibular. (E) El cartílago mandibular involuciona, pero se osifica en su parte distal para dar origen a la sínfisis y por proximal da origen a los huesos del oído medio, martillo y yunque. E=ojo; MC=cartilago mandibular; I=yunque; M=martillo; PS=procesos palatinos; S=sincondrosis mandibular; T=lengua (Modificado de Parada & Chai, 2015).

La osificación mandibular se completa con la formación de hueso alveolar sobre el cuerpo mandibular, lo que permitirá el adecuado desarrollo y soporte de los gérmenes dentarios. El hueso alveolar se forma por aposición en las superficies bucal y lingual del canal mandibular, formando ambas láminas o tablas alveolares (Kjær et al., 1999). Es importante destacar que el hueso alveolar depende exclusivamente de la presencia de dientes. En ausencia de ellos este hueso se reabsorbe por falta de función o fuerza oclusal, disminuyendo su tamaño y grosor de las trabéculas, se puede encontrar un adelgazamiento de la cortical con incremento de la porosidad desencadenando esclerosis ósea producto de la mayor mineralización, que incrementa la dureza y la probabilidad de fractura (Hutchinson et al., 2017; Júnior et al., 2008; Pérez et al., 2013). Finalmente, la

rama mandibular se forma por una extensión de la osificación desde el cuerpo, hacia atrás y debajo del foramen mandibular (Sperber et al., 2010).

El desarrollo craneofacial termina aproximadamente entre los 18 y 20 años de edad, con el cierre de la sincondrosis esfenooccipital. Es un proceso largo y complejo en el que participan los dos tipos de osificaciones, membranosa y endocondral. Los huesos de la calvaria y de la cara se osifican de manera directa, y la base de cráneo más zonas del proceso condilar, proceso coronoides y la sincondrosis mandibular, mediante osificación cartilaginosa. Además todos los huesos pasan por un tipo de crecimiento o modelamiento periostal-endostal, en donde existe remodelación, es decir, aposición y reabsorción, fundamental para el crecimiento, aumento en tamaño y cambio de forma, durante el desarrollo (Bishara, 2001; Moyers, 1992; Sperber et al., 2010).

Los procesos mandibulares fusionados tempranamente por debajo del estomodeo, además de participar en la formación ósea de la mandíbula, originan el labio inferior, el mentón y la mitad inferior de las mejillas. Por su parte, los procesos maxilares forman la mitad superior de las mejillas y las regiones laterales del labio superior (Meruane et al., 2012).

Durante la ontogenia las estructuras anatómicas aumentan en tamaño como consecuencia del crecimiento, que involucra multiplicación celular, y cambian de morfología, estructura o función debido tanto al desarrollo de los elementos anatómicos, como a modificaciones en la posición espacial de los mismos a través del tiempo (Brachetta Aporta et al., 2016).

La variación y mantenimiento de los patrones que se observan a nivel anatómico y morfológico es la manifestación de procesos menores no visibles, a nivel celular y tisular que están activos constantemente (Brachetta Aporta et al., 2016).

### 2.3 Anatomía mandibular

La mandíbula es un hueso impar, forma el tercio inferior del rostro y consta de tres partes principales, el cuerpo y las dos ramas (Latarjet & Ruiz Liard, 2004; Norton, 2012; Testut & Latarjet, 1964) (Figura 3).

El cuerpo es la mayor parte ósea, tiene forma de herradura, con una cara anterior o exterior, convexa; y la posterior o interior, cóncava. Un borde superior o alveolar, en el cual articulan los dientes, y un borde inferior libre (llamado comúnmente borde basilar):

La cara anterior se caracteriza por presentar en la línea media la sincondrosis (cuyo nombre en el adulto de acuerdo a la Terminología Anatómica es “sínfisis”, nombre que se utilizará en esta tesis) mandibular osificada, unión de los dos segmentos laterales mandibulares.

A ambos lados del cuerpo mandibular está la línea oblicua, cresta que se dirige posterior y superiormente hasta el borde anterior de la rama.

La cara posterior en la línea media posee las espinas mentonianas, que se pueden encontrar separadas, superiores o inferiores, o fusionadas. Ellas sirven de punto de inserción de los músculos genioglosos y genihioides. Posterior a ellas se encuentra la línea milohioidea, que presta inserción al músculo homónimo.

Las ramas, de forma rectangular alargada, presentan una cara medial y lateral, y en su extremo superior, presenta los procesos coronoides y condilar. En este último se encuentra la cabeza mandibular, que se articula con el hueso temporal para formar la articulación temporomandibular (Vogel et al.).

En su cara medial, en el tercio superior y medio, se encuentra la línula y agujero mandibular, por el cual penetra el nervio mandibular.

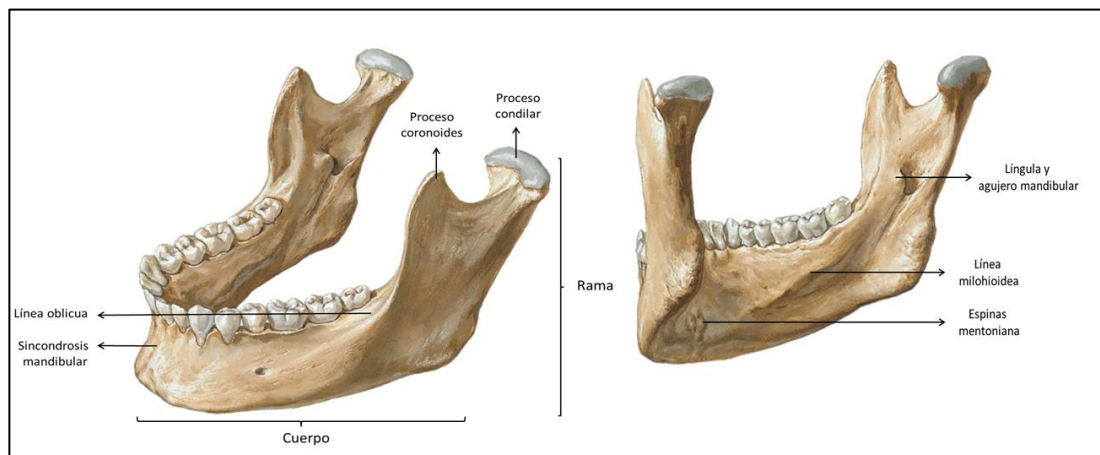


Figura 3. Anatomía de la mandíbula, visión anterior e interior. (Modificado de Norton, 2012)

## 2.4 Anatomía funcional de los músculos de la masticación

La masticación es un proceso complejo donde hay actividad sensorial y motora cuyo objetivo es formar el bolo alimentario. Ocurre al activarse los músculos elevadores, depresores y lateralizadores que permiten movimientos rítmicos de la mandíbula, generalmente siguiendo patrones establecidos que controla el tronco cerebral (Farias Gomes et al., 2010).

El tejido mesenquimático de origen mesodérmico formará los músculos estriados de la cara. Este tejido migra tempranamente desde el primer arco faríngeo, en el caso de los músculos masticadores (inervados por el nervio mandibular); y desde el segundo arco en el caso de los músculos del sistema musculoponeurótico superficial (inervados por el nervio facial) (Figura 4) (Meruane et al., 2012):

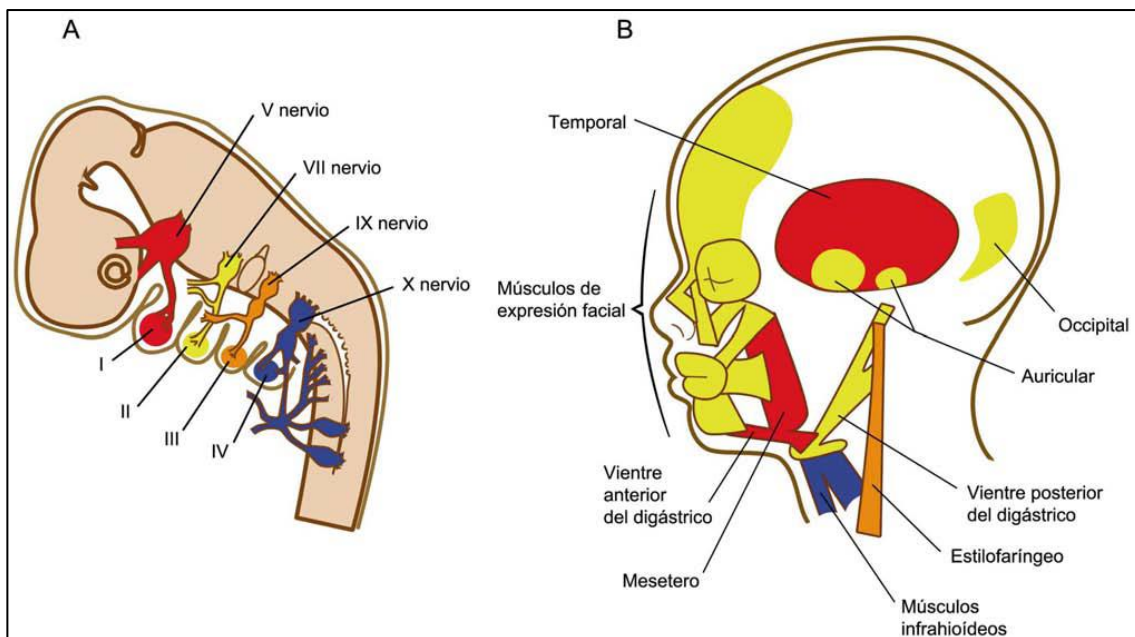


Figura 4. Origen de los músculos de la cara y su respectiva innervación dependiente del arco faríngeo de origen. (A) En rojo primer arco faríngeo y nervio trigémino; (B) En rojo músculos de la masticación temporal, masetero y vientre anterior del digástrico (Modificado de Meruane et al., 2012).

Los músculos de la masticación se originan en el cráneo o hueso hioides y se insertan en la mandíbula. Permiten movimientos de elevación, descenso, protrusión, retrusión y lateralidad de la mandíbula. La Tabla 1 resume sus características:

Tabla 1. Músculos de la masticación, descripción general (Modificado de Norton, 2012); (Complementado de Latarjet & Ruiz Liard, 2004; Palastanga et al., 2007).

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	Eleva la mandíbula La porción superficial participa durante la protrusión	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 Retrae la mandíbula (fibras posteriores)	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	Eleva, protruye y permite movimiento de lateralidad a la mandíbula	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	Desciende, protruye y permite movimiento de lateralidad a la mandíbula	Ramos pterigoideos laterales del nervio mandibular
Pterigoideo lateral, porción inferior	Cara lateral de la lámina lateral del proceso pterigoides	Fosita pterigoidea en el cuello mandibular		
Milohioideo	Línea milohioidea de la mandíbula	Rafe mediano milohioideo y hueso hioides	Desciende la mandíbula. Eleva hioides y piso de la cavidad oral	Nervio milohioideo (del nervio alveolar inferior, del nervio mandibular)
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

\* El vientre posterior del digástrico a pesar de no ser músculo de la masticación, colabora en la posición mandibular y del hueso hioides.



## 2.5 Función masticatoria y movimientos mandibulares

En la masticación la mandíbula está sometida a distintas fuerzas provenientes de la contracción muscular, más las fuerzas de reacción a nivel de la ATM y a nivel oclusal (Lieberman, 2011; van Eijden, 2000). Ante estas fuerzas, la mandíbula se deforma de distintas maneras sufriendo diferentes tipos de estrés (fuerza por unidad de área que experimenta una estructura cuando se le aplican cargas) (Lieberman, 2011; van Eijden, 2000)(Figura 5):

- Compresión: el hueso disminuye su tamaño en la misma dirección de la fuerza aplicada.
- Tensión: aumento del tamaño del hueso, en la misma dirección de la fuerza aplicada.
- Corte o cizalla: Se produce al recibir una fuerza en la superficie de un objeto y que esa parte del cuerpo sufra deformación y la otra, donde no está siendo aplicada la fuerza, se mantenga en posición. Esto se explica porque se genera un movimiento paralelo al de la sección transversal del objeto y a la fuerza aplicada.

Estos tres tipos de fuerza pueden combinarse y resultar en otros como:

- Flexión: corresponde a un movimiento combinado, se produce tensión en un lado (del eje mayor) del hueso y compresión en el otro.
- Torsión: es un movimiento angular en que en el extremo donde se está siendo aplicado un momento de fuerza (torque) se produce "rotación" en torno al eje longitudinal del elemento, y en el otro, se produce una rotación (o torque) en el sentido contrario. Existe un eje neutral que no está sometido a ninguno de estos dos y se mantiene constante.

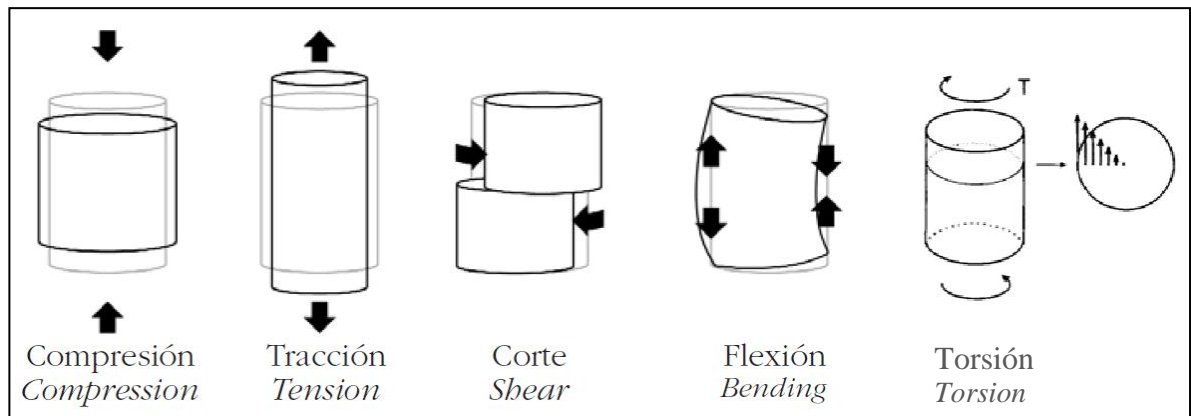


Figura 5. Tipos de deformación (*strain*). Compresión (*compression*), tracción o tensión (*tension*) y corte o cizalla (*shear*), flexión (*bending*) y torsión (*torsion*) donde además se muestra cómo la deformación aumenta hacia la superficie. El contorno de color gris indica la geometría inicial de la muestra, mientras que el contorno de color negro muestra su forma tras aplicarse la fuerza indicada (Modificado de Guede et al., 2013; van Eijden, 2000).

En la mandíbula, las resultantes de las fuerzas oclusales, musculares y de la ATM generan tres deformaciones básicas que se combinan para generar una distorsión final del cuerpo mandibular (Lieberman, 2011; van Eijden, 2000) (Figura 6):

- Flexión transversal: Se produce por la acción del componente lateral de la fuerza muscular del masetero y temporal en los lados de trabajo y balance y el componente lateral de la fuerza oclusal que ocurre durante la masticación. Es un movimiento tardío, que ocurre al final de la masticación, producto de la tardía y alta actividad del haz profundo del músculo masetero del lado de balance. Su magnitud incrementa desde posterior a anterior, alcanzando su máxima magnitud a nivel de la sínfisis. Produce finalmente compresión en la cortical vestibular y tensión en la cortical o superficie lingual.

- Flexión sagital: el cuerpo mandibular se mueve en relación a la fosa mandibular ya sea rotando o desplazándose en ella. Como resultado del componente vertical de la fuerza muscular, la fuerza de reacción a nivel de los cóndilos y la fuerza en el punto de mordida, se genera flexión sagital cuya magnitud dependen del punto de aplicación de la fuerza y el tamaño del brazo de las fuerzas aplicadas (es decir, las palancas generadas), y su localización del punto de mordida.

En el lado de trabajo, la fuerza de reacción de la ATM y la fuerza en el punto de mordida tienen un componente inferior, mientras que la fuerza muscular, hacia superior. Así, se genera compresión en el borde inferior y tensión en el lado oclusal del cuerpo y la rama mandibular. En el lado de balance, se genera esta misma flexión, pero en menor medida dado que no existe punto de mordida. Entre la sínfisis y el punto de mordida, sin embargo, se produce la flexión en el sentido inverso, con tensión en el borde inferior del cuerpo y compresión en el borde superior.

Si se realiza una carga simétrica, por ejemplo, en el contacto incisal, en ambos lados de la mandíbula es posible esperar una carga similar.

- Torsión del cuerpo: ocurre por la rotación del cuerpo mandibular en torno a su eje mayor, y simultáneamente con la flexión transversal y también la sagital. Se describe como un movimiento en que ocurre eversión del borde inferior del cuerpo mandibular y una inversión del reborde alveolar. Es la resultante del torque producido por la fuerza muscular lateralmente al eje y la fuerza de la masticación medialmente al eje neutral. Como resultado de la torsión, se produce además cizallamiento en las mismas zonas. Durante la incisión ocurre una torsión bilateral del cuerpo mandibular, generando flexión en la región de la sínfisis, específicamente compresión en el margen superior y tensión en el margen inferior.

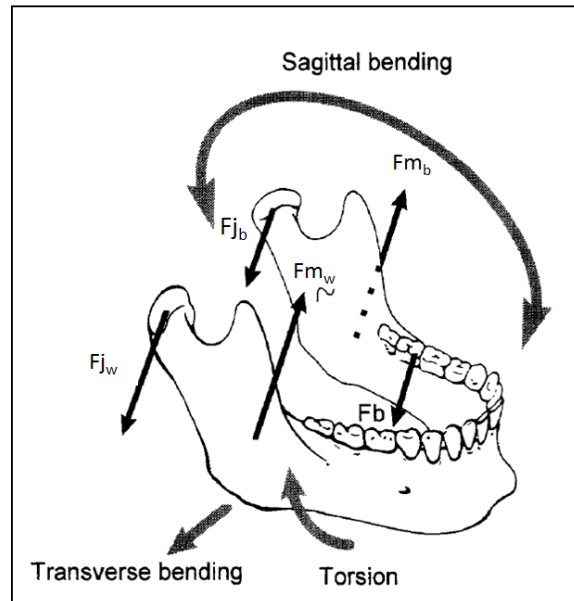


Figura 6. Fuerzas y movimientos a los que es sometida la mandíbula durante la masticación molar unilateral.  $F_b$  es la fuerza masticatoria,  $F_{m_b}$  y  $F_{m_w}$  son las fuerzas musculares,  $F_{j_b}$  y  $F_{j_w}$  son las fuerzas articulares, que ocurren en el lado de trabajo y en el de balance. La distorsión del cuerpo se describe como una combinación de flexión sagital (*sagittal bending*), flexión transversal (*transverse bending*) y torsión (*torsion*) (Modificado de van Eijden, 2000).

## 2.6 Dieta y su relación con la anatomía mandibular

Durante la evolución humana, el paso de una dieta de tipo cazadora-recolectora a una basada en la agricultura estableció una dieta más predecible, alta en azúcares y baja en proteínas, más blandas; por lo tanto, requieren menos demanda mecánica masticatoria que los cazadores-recolectores (von Cramon-Taubadel, 2017), cuya dieta consiste en alimentos más duros y tenaces, que producen una mayor actividad y fuerza muscular y masticatoria (Agrawal et al., 1998). Diferencias en las propiedades mecánicas de los alimentos entonces son capaces de evocar distintas respuestas de remodelación ósea, y con ello afectar la anatomía externa e interna mandibular,

von Cramon-Taubadel (2011), estableció importantes diferencias entre la anatomía mandibular entre grupos de cazadores recolectores y agricultores, controlando el posible efecto confundente de la historia de las poblaciones, geografía y clima. Encontró que la mandíbula, en contraste con el cráneo, refleja

de manera significativa la economía de subsistencia, y no respondería a un patrón de evolución neutral. La autora describe que cazadores recolectores tienen mandíbulas más “largas y estrechas” que los agricultores (von Cramon-Taubadel, 2011). Estos resultados apoyan que una disminución en el estrés masticatorio de grupos agricultores provoca que la mandíbula se desarrolle y crezca de manera diferente.

Katz et al. (2017) demuestran pequeños pero consistentes efectos de una dieta blanda producto de la agricultura sobre la morfología craneal y mandibular.

Daegling and Grine (1991), establecieron que los cambios de las propiedades materiales de la dieta se debe no sólo a los alimentos sino también el tipo de procesamiento que reciben antes de ser consumidas (Daegling & Grine, 1991).

Todos estos argumentos apoyan la hipótesis de que cambios en la dieta producen cambios morfológicos mandibulares.

## 2.7 Sección transversal mandibular

Al aplicar una carga masticatoria los tres movimientos, flexión sagital, transversal y torsión, producen estrés en la superficie interna (cóncava) y externa (convexa) del cuerpo mandibular. El estrés es mayor en la superficie interna que la externa (contrario a lo que pasa en los huesos largos), ya que la mandíbula es un hueso irregular donde el eje neutral no pasa por el centro de masa, entendiendo este como el punto en donde todos los vectores de posición de todas las partes de un sistema suman cero, en donde al aplicar una fuerza en este no ocurre ningún cambio. Así, la flexión que ocurre en una sección transversal de un hueso curvo no está distribuida linealmente (Figura 7).

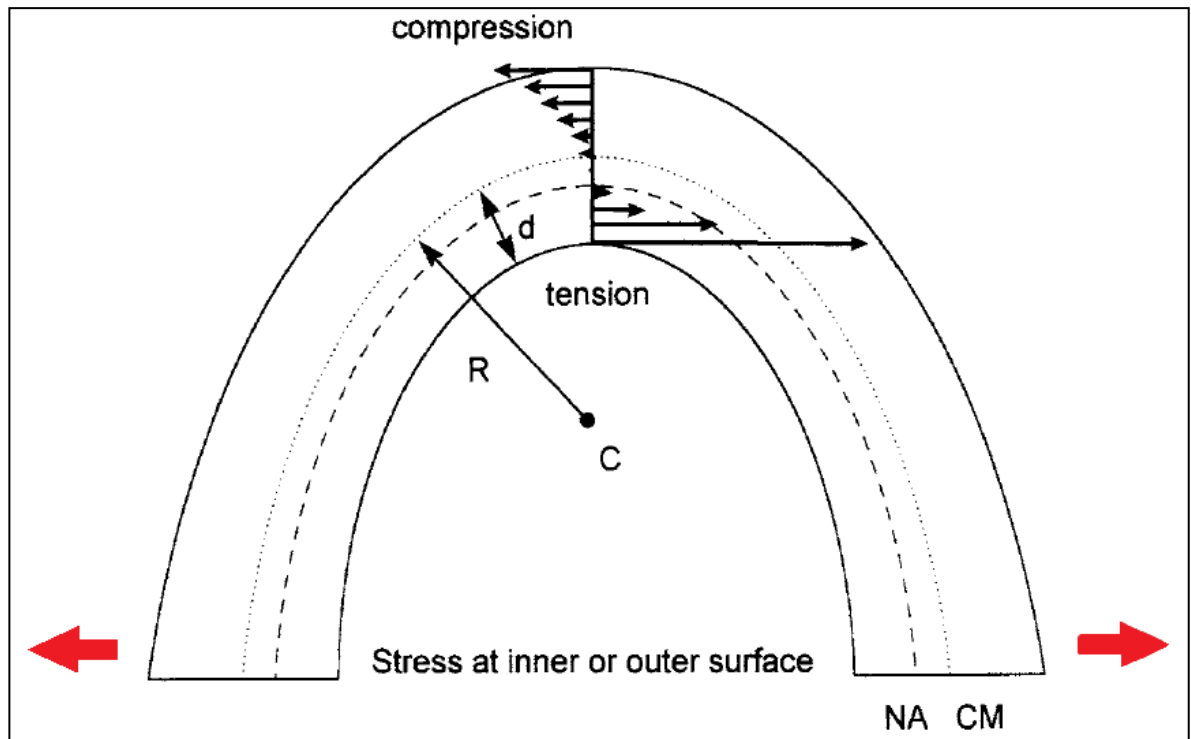


Figura 7. Representación del estrés en una viga curva como resultado de una carga, en este caso, flexión transversal (flechas rojas). El estrés es cero en el eje neutro (NA: neutral axis) y alcanza su mayor valor en las superficies externa e interna. La superficie interna experimenta tensión y la externa compresión en diferentes magnitudes (tamaños de flechas), la cantidad de estrés es mayor en la superficie interna que externa. (C) centro de curvatura; (R) radio de la curvatura; (d) distancia desde el centro de masa a la superficie; (CM) centro de masa (Modificado de van Eijden, 2000).

La plasticidad ósea es la capacidad del hueso de modificar su fisiología (y con ello su forma) ante los distintos estímulos a los que está sometido (Vicente et al., 2013). Así, el hueso sufre un proceso de adaptación funcional ante la carga mecánica, lo que va generando cambios morfológicos a nivel micro y macroscópico que varían dependiendo de la ubicación en el esqueleto y del entorno del hueso en cuestión y que permiten soportar de mejor manera el nuevo escenario de carga (Ruff et al., 2006).

La respuesta plástica mandibular ante la carga masticatoria puede estimarse a través de cortes transversales de tomografías computadas (TCs) para evaluar la distribución y ubicación del hueso cortical, el que se reorganiza para resistir estructuralmente a la fuerza aplicada y responder ante las distintas necesidades

del aparato masticatorio. Existen zonas de mayor exigencia (particularmente áreas en tensión y/o cizallamiento) que por lo tanto deben aumentar la aposición ósea, y zonas en que la exigencia es menor o bien zonas en compresión en las que aumenta la reabsorción ósea (Ruff et al., 2006). Ambos procesos, reabsorción y aposición logran finalmente un equilibrio en el que no se sobre-exige el metabolismo (Ruff et al., 2006). En la mandíbula, estas situaciones de mayor/menor exigencia, se dan, por ejemplo, en las dietas de distintas poblaciones, donde las diferencias en las propiedades mecánicas de sus alimentos implican la generación de mayores o menores fuerzas y como consecuencia, una mayor o menor carga mecánica, y que serán la base de esta tesis.

La distribución de hueso cortical puede estudiarse a través del segundo momento de área o Momento de Inercia de Área (MIA), y la cantidad a través del Área de hueso cortical (CBA) (Antón et al., 2011; Gregson et al., 2013) (Figura 8):

- Momento de Inercia de Área (MIA): corresponde a la distribución de hueso alrededor de los ejes neutral máximo y mínimo de la sección transversal ( $I_{\max}$  e  $I_{\min}$ ). Representa la resistencia a la flexión alrededor del eje principal del cuerpo mandibular.
- Área de hueso cortical (CBA) corresponde al área de hueso cortical que conforma la parte externa de la mandíbula. Se expresa solo o en relación al área total de hueso subperióstico (Steinberger et al.).

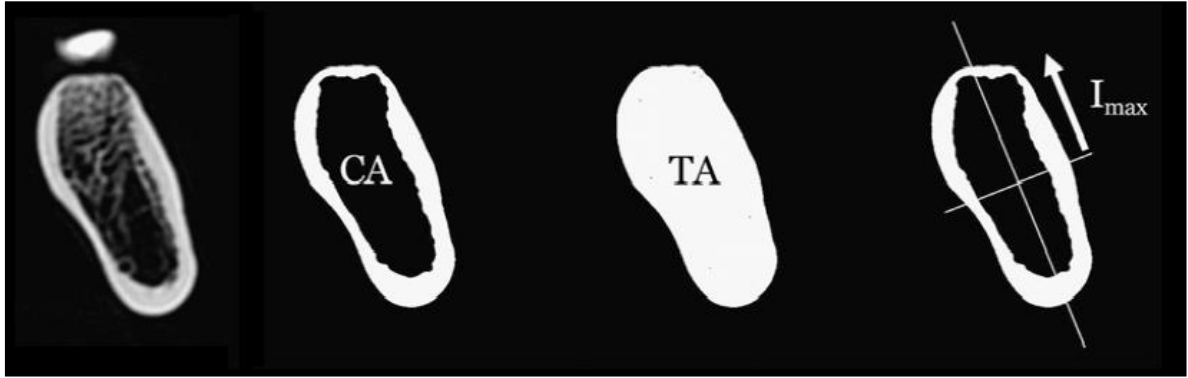


Figura 8. De izquierda a derecha: Ejemplo de un corte transversal de mandíbula en una TC. Luego la ilustración de los datos y dimensiones posibles de obtener, CA, área cortical (CBA en este estudio); TA, área total subperióstica;  $I_{max}$ , segundo momento de inercia máximo (MIA en este estudio) (Modificado de Antón et al., 2011).

## 2.8 Justificación y relevancia actual

El conocimiento de la morfología transversal mandibular y cómo cambia de acuerdo a las cargas que sufre es de amplia utilidad en anatomía funcional, y antropología física. Curiosamente, su estudio aún no es del todo común en odontología.

Es por esto que, además de responder al interés científico en conocer la relación entre la morfología interna mandibular y la mecánica masticatoria, la presente tesis busca exponer la utilidad del análisis del corte transversal mandibular en la clínica, aspecto poco o nada contemplado en la formación odontológica actual.

La tomografía computada permite ver la ubicación, características y dirección de las raíces dentarias e incluso evaluación de rebordes desdentados con fines terapéuticos. En implantología la TC y cortes transversales mandibulares se utilizan para hacer los análisis previos y una buena planificación de la cirugía, obteniendo mejores resultados post-operatorios (Buser et al., 2017). En el análisis preoperatorio es posible ver el largo y ancho del implante a utilizar y la dirección en que se debe realizar la entrada mediante fresas específicas. Todo esto, de acuerdo con la anatomía y resistencia que ofrezca la mandíbula. En el análisis postoperatorio es posible evidenciar la oseointegración del implante, el neo-hueso formado alrededor de este y en el tiempo, evaluar o comparar la carga a la que está(n) sometido(s) (Lahoti et al., 2016). Es importante además, en ortodoncia



saber si la morfología transversal mandibular es compatible con el tratamiento, ya que existen casos en que los movimientos son muy agresivos y desencadenan procesos reabsortivos en las corticales y raíces de los dientes involucrados en el movimiento ortodóncico (Wehrbein et al., 1996).

El estudio de la anatomía interna en términos de cantidad y distribución de hueso cortical puede entonces complementar la información para el diagnóstico y planificación de tratamiento desde una perspectiva biomecánica.

En cirugía y traumatología, hay escasa evidencia que relacione las características internas del hueso cortical mandibular con la mecánica masticatoria y la planificación de cirugía ortognática. Podría ser una herramienta útil el evaluar el grosor de hueso cortical mandibular para establecer guías de tratamientos quirúrgicos en cuanto a la factibilidad de soportar mecánicamente una cirugía de cierta envergadura o ver las posibilidades de osteotomías al realizar cirugía ortognática y para estudiar las consecuencias de las extracciones traumáticas (con eliminación de hueso alveolar) de molares.

De esta manera, conocer los cambios de la sección transversal mandibular y cómo éstos modifican la resistencia ósea ante las cargas masticatorias tiene un potencial de uso aún no explorado en la clínica odontológica (Pero ver excepción en Holton et al., 2015). Así, proponemos que un mejor conocimiento por parte del odontólogo podría contribuir a la toma de decisiones terapéuticas y una mejor evaluación de tratamiento.

### **3. HIPÓTESIS.**

La distribución y cantidad de hueso cortical en la mandíbula se relaciona con intensidad de las cargas masticatorias (intensa, intermedia, leve o leve-alterada) requeridas por sus dietas.

### **4. OBJETIVO GENERAL.**

Estudiar la relación entre la cantidad y distribución de hueso cortical en la mandíbula y la intensidad de las cargas masticatorias, generadas por diferentes tipos de alimentación.

### **5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Generar cortes transversales a partir de las tomografías computarizadas de mandíbulas humanas procedentes de colecciones antropológicas y bases de datos clínicas.
- Calcular el momento de inercia de área ( $I_{\min}$  e  $I_{\max}$ ) y área de hueso cortical (CBA) a nivel de sínfisis y primer molar.
- Describir y comparar MIA y CBA entre los grupos con distinta intensidad de carga masticatoria.

## 6. METODOLOGÍA.

El diseño del estudio corresponde a un estudio transversal, descriptivo y analítico.

Esta tesis realiza una comparación de la morfología interna mandibular (en cortes transversales de mandíbula) en individuos de poblaciones con dietas de distinta consistencia y diferentes métodos de obtención y/o procesamiento de los alimentos y que por ello ejercen fuerzas musculares y oclusales de distinta intensidad.

### 6.1. Muestra.

La muestra está compuesta por un total de 107 individuos de poblaciones arqueológicas y actuales, representando dietas que requieren distinta intensidad de cargas masticatorias.

Los individuos corresponden a adultos, sin malformaciones congénitas ni signos de trauma masivo craneofacial; con arcos dentales completos o al menos algunos molares en posición apta para la oclusión (no extruidos ni rotados hacia mesial). La edad adulta será determinada por el cierre apical del tercer molar y/o el cierre de la sincondrosis esenooccipital.

Se excluyeron del análisis los sitios mandibulares que tengan pérdida dentaria antemortem por la reabsorción ósea alveolar que esta produce, para evitar alteraciones en los datos. De este modo, existen diferencias en el número total de datos obtenidos para cada sitio.

La muestra se clasificó en cuatro grupos según carga masticatoria: "intensa", "intermedia", "leve", "leve-alterada clase II" y "leve-alterada clase III. La descripción de la muestra, incluyendo su origen geográfico, se encuentra en la Tabla 2 y la Figura 9.

- **Grupo de carga intensa:** corresponde a individuos de poblaciones de cazadores-recolectores. Estos son considerados en diversos estudios como poblaciones que hacen uso intenso de su sistema masticatorio (González-José et al., 2005; von Cramon-Taubadel, 2011). Este grupo se caracteriza por ser nómades y basan su subsistencia en la caza de animales marinos y

terrestres y la recolección de frutos, semillas y/o mariscos (Bernal et al., 2006; Kelly, 1983). Como representantes de este grupo se incluirán individuos de la Patagonia y Tierra del Fuego, ubicados en Chile y Argentina.

- **Grupo de carga intermedia:** Los agricultores, representantes de este grupo, son individuos que se establecieron en lugares cercanos a agua y climáticamente aptos para habitarlos, lo que les permitió cultivar y cocinar sus propios alimentos, cambiando la consistencia y procesamiento respecto al grupo anterior (González-José et al., 2005). Los agricultores se establecieron en distintas partes de América del Sur, se incluirán en este estudio individuos mapuches de Chile y Argentina, así como representantes del complejo Pica Tarapacá del norte de Chile.

Las TCs de estos dos grupos pertenecen a los individuos de diferentes colecciones en la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile (Santiago de Chile); el Museo de Historia Natural de Florencia (Florencia, Italia) y el Museo de La Plata (La Plata, Argentina), cuyas TCs se encuentran en el Instituto Max Planck de Antropología Evolutiva (Leipzig, Alemania).

- **Grupo de carga leve:** Los seres humanos modernos de poblaciones urbanas contemporáneas, se caracterizan por basar su alimentación en el consumo de comestibles industriales altamente procesados fuera de la cavidad oral (Monteiro et al., 2010; Smith, 1984). Se utilizarán dos fuentes de TCs, la primera del banco de datos de pacientes del Hospital Clínico Universidad de Chile en Santiago de Chile (cedidos para su uso en formato encriptado). Los datos estarán anonimizados y las TCs se habrán practicados por razones médica ajenas a los objetivos de este estudio. La segunda fuente será la colección Cementerio General disponible en la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile, correspondiente a chilenos de nivel socioeconómico medio-bajo de mediados del siglo XX.

Cada uno de estos grupos contará con individuos de distinto origen geográfico, lo que servirá para separar el efecto de la intensidad masticatoria de un posible componente hereditario de ancestría. Todos ellos tienen una relación máxilo-mandibular normal. Adicionalmente, al aumentar de manera considerable la prevalencia de maloclusiones en el hombre moderno, estudiamos grupos que tienen por su tipo de alimentación, una carga leve de su sistema masticatorio, pero que han sido diagnosticados con maloclusión.

- **Grupos de carga leve-alterada:** Las maloclusiones y extremas variaciones en la relación máxilo-mandibular son comunes en poblaciones urbanas contemporáneas (Corruccini, 1984). Para este grupo se seleccionaron tomografías tipo cone beam de pacientes Clase II o Clase III esquelética (Cobourne & DiBiase, 2010) tomadas para diagnóstico y planificación de tratamiento en una clínica privada (Instituto de cirugía, Ortodoncia, Rehabilitación Oral y Máxilo-Facial, Santiago de Chile, [www.icor.cl](http://www.icor.cl)). Estas imágenes fueron cedidas por la clínica en formato encriptado y anonimizado. La clasificación de Clase II y Clase III son en morfología y tipo de oclusión extremadamente diferentes por lo que se subdividió este grupo en carga leve-alterada Clase II y carga leve-alterada Clase III, al momento de realizar los análisis.

Tabla 2. Descripción de la muestra. F= Sexo femenino; M= Sexo masculino; I= Sexo indefinido

<b>Grupo (intensidad de carga)</b>	<b>Colección/ población</b>	<b>n</b>	<b>Origen geográfico</b>	<b>Origen de la muestra</b>
Intensa	Chonos	F=0 M=0 I=10	Zona sur, Isla de Chiloé y alrededores	Facultad de Ciencias Sociales Universidad de Chile
	Chubut	F=3 M=9 I=2	Zona centro-sur de la Patagonia argentina	Museo de La Plata
	Fueguinos	F=3 M=8 I=1	Tierra del Fuego, extremo sur de Argentina	Museo de La Plata y Museo de Historia Natural de Florencia
Intermedia	Pica-8	F=8 M=2 I=2	Complejo Pica-Tarapacá, norte de Chile	Facultad de Ciencias Sociales Universidad de Chile
	Pampa Grande	F=6 M=1 I=0	Colinas de Las Pirgüas, noroeste de Argentina	Museo de La Plata
	Mapuches	F=4 M=4 I=0	Zona centro-sur de Chile y Argentina	Museo de La Plata
Leve	Cementerio General	F=5 M=6 I=0	Zona central de Chile	Facultad de Ciencias Sociales Universidad de Chile
	Población actual urbana	F=5 M=7 I=0	Zona central de Chile	Hospital Clínico Universidad de Chile
Leve-alterada Clase II	Población actual urbana	F=10 M=3 I=0	Zona central de Chile	Instituto de cirugía, Ortodoncia, Rehabilitación Oral y Máxilo-Facial
Leve-alterada Clase III	Población actual urbana	F=2 M=6 I=0	Zona central de Chile	Instituto de cirugía, Ortodoncia, Rehabilitación Oral y Máxilo-Facial

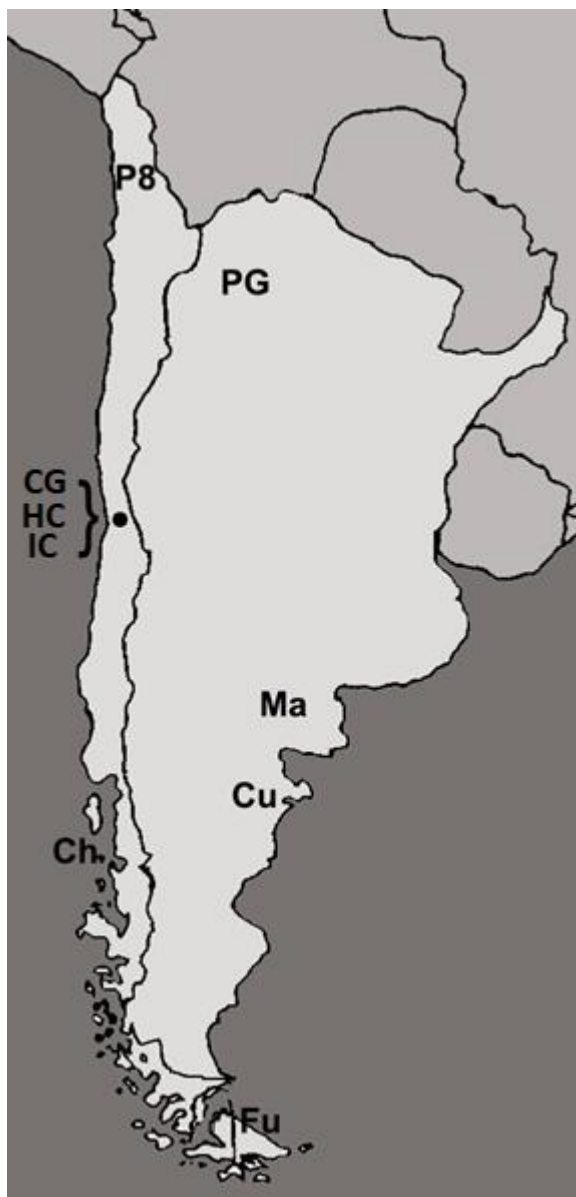


Figura 9. Mapa con origen geográfico aproximado de los distintos grupos de individuos. P8: Pica-8, PG: Pampa Grande, CG: Cementerio General, HC: HCUCH, IC: ICOR, Ma: Mapuches, Cu: Chubut, Ch: Chonos, Fu: Fueguinos.

Las TCs de los individuos de cada grupo se encuentran disponibles en el marco del proyecto FONDECYT 11150175, y su uso cuenta con la autorización de las instituciones correspondientes, así como la autorización del Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile (Proyecto 203-2015; Anexo 1).

## 6.2. Análisis de las diferencias de la forma mandibular.

La obtención de los cortes transversales de las mandíbulas se realizó siguiendo un protocolo estandarizado basado en el trabajo previo de Daegling and Grine (1991), Daegling (1993), Antón et al. (2011).

Se utilizó el software Avizo® (v. 9.0.1, FEI, Hillsboro, OR, USA) en el que a partir de los cortes 2D (axial, sagital, coronal) de una tomografía computada es posible reconstruir de manera 3D un cráneo humano y aislar la mandíbula, el hueso de interés en este trabajo.

La reconstrucción tridimensional comienza con el proceso de segmentación del tejido óseo de la TC, el que permite eliminar del volumen de datos las zonas de desinterés, tales como aire y tejidos blandos, etc. El proceso de segmentación es combinado, primero automático en base a la selección de grado de radiopacidad de la estructura, y luego manual con el fin de completar o refinar las estructuras de interés.

Una vez terminada la segmentación, se aísla la mandíbula del resto del cráneo y vértebras en caso de pacientes y se genera una imagen 3D de ella (archivo de superficie en formato polygon o .ply) (Figura 10). Parte de los datos en este estudio fueron segmentados en el transcurso de otra tesis perteneciente al mismo proyecto FONDECYT 11150175 (Ugarte Cisternas, 2017).



Figura 10. Proceso de segmentación y reconstrucción 3D mandibular en Avizo®. (A) Selección automática en base a escala de grises. (B) Imagen 3D mandibular (superficie) obtenida luego de la segmentación.



En la superficie 3D se ubican los puntos de referencia, o *landmarks*, que permitirán orientar los cortes en sentido perpendicular al eje mayor del cuerpo mandibular, perpendicular al plano oclusal y en el plano mediano (Daegling, 2001; Daegling & Grine, 1991) (Tabla 3 y Figura 11).

Tabla 3. Nombre y ubicación de landmarks en imagen 3D de mandíbula.

Landmark	Ubicación
A	Borde del proceso alveolar por distal y vestibular del segundo o tercer molar (en el caso que haya ocupado posición del segundo, por ausencia).
B	Reborde alveolar entre el primer y segundo molar por vestibular, perpendicular al eje mayor del cuerpo mandibular (línea que une landmarks A y D).
C	Reborde alveolar entre el primer y segundo molar por lingual, perpendicular al eje mayor del cuerpo mandibular.
D	Borde del proceso alveolar por distal al canino.
E	Borde inferior del cuerpo mandibular, perpendicular al plano oclusal (plano que une puntos A y el punto F) y pasando por el punto B y C.
F	Reborde alveolar mesial a ambos incisivos centrales.
G	Punto más bajo de la sínfisis mentoniana.
H	Límite superior mediano de las espinas mentonianas

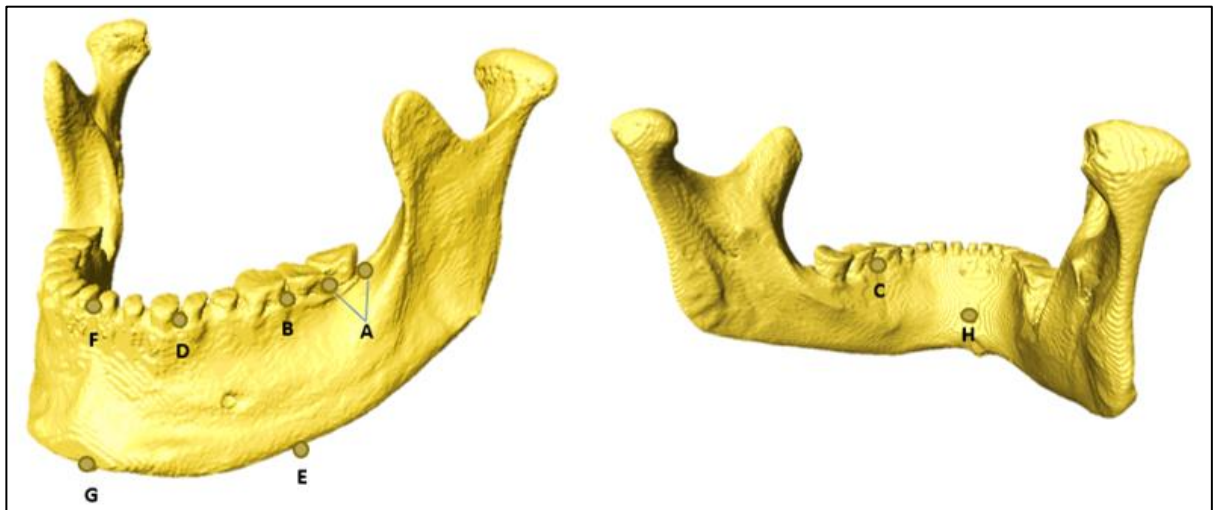


Figura 11. Visión y ubicación de los 13 *landmarks* en superficie mandibular reconstruida.

Los *landmarks* se ubicarán con el fin de identificar:

- **Plano oclusal:** es el plano establecido entre las superficies oclusales e incisales de los dientes, que normalmente no es un plano, pero se considera como el plano medio de la curvatura de estas superficies. Al tratarse en gran parte de una muestra de origen arqueológico, un gran porcentaje de la muestra presenta pérdida dentaria postmortem. Por ello, se definió el plano oclusal como el plano comprendido entre los *landmarks* alveolares A (derecho e izquierdo) y F (Figura 12).

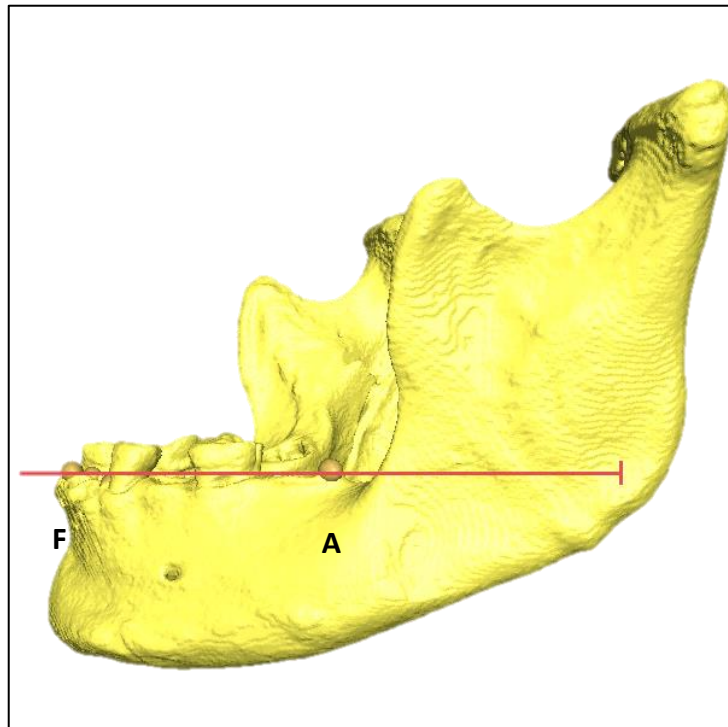


Figura 12. Línea mostrando plano oclusal a nivel del reborde alveolar del lado izquierdo.

- **Eje mayor del cuerpo mandibular:** Se definió mediante la línea que une los puntos A y D (Figura 13).

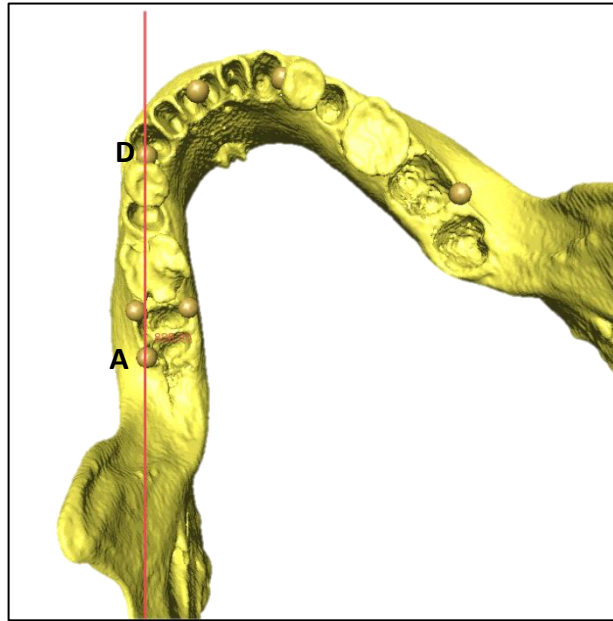


Figura 13. Definición del eje mayor del cuerpo mandibular entre los puntos A y D.

- **Sección transversal del cuerpo mandibular del primer molar:** Definido por los puntos B y C, ubicados paralelamente en la superficie vestibular y lingual en relación al eje mayor del cuerpo mandibular (Figura 14); y E, perpendicular al plano oclusal y pasando por el punto B (Figura 15).

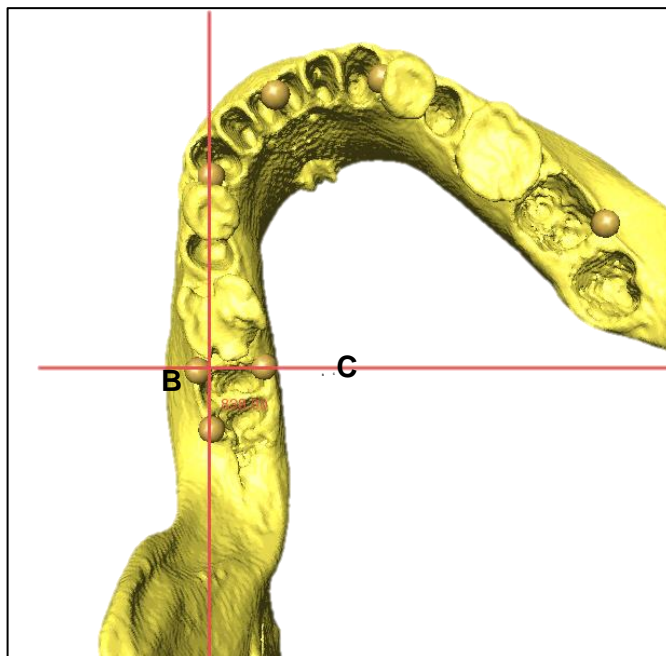


Figura 14. Ubicación de landmark "C" de manera paralela al "B" y en relación perpendicular al eje mayor del cuerpo mandibular.

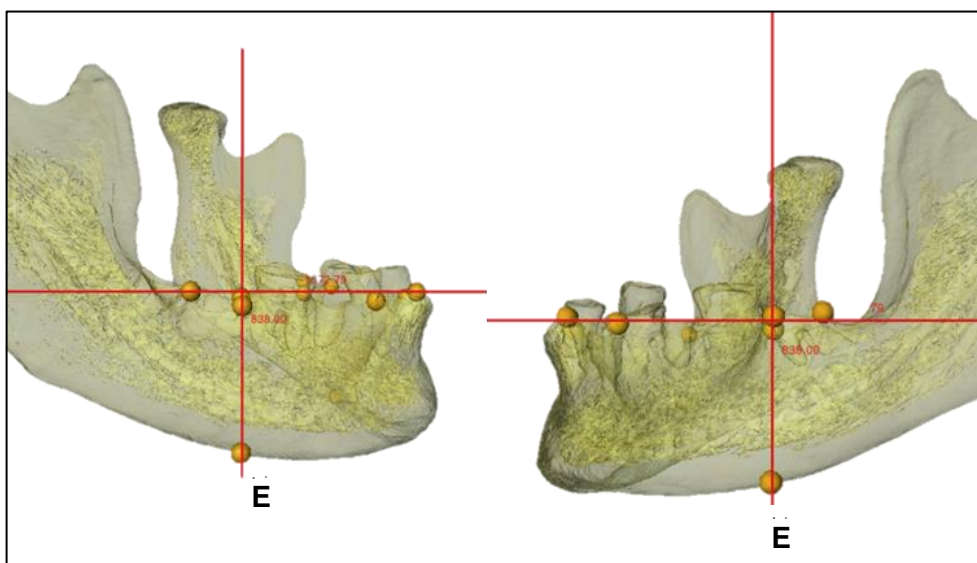


Figura 15. Ubicación de landmark "E" de manera paralela a landmarks "B" y "C"; y perpendicular al plano oclusal, superficie mandibular en transparencia.

- **Sección transversal de la sínfisis mandibular:** Formado por los puntos F, G y H.

Finalmente se obtiene de la TC original el corte transversal con su imagen radiográfica (Figura 16).

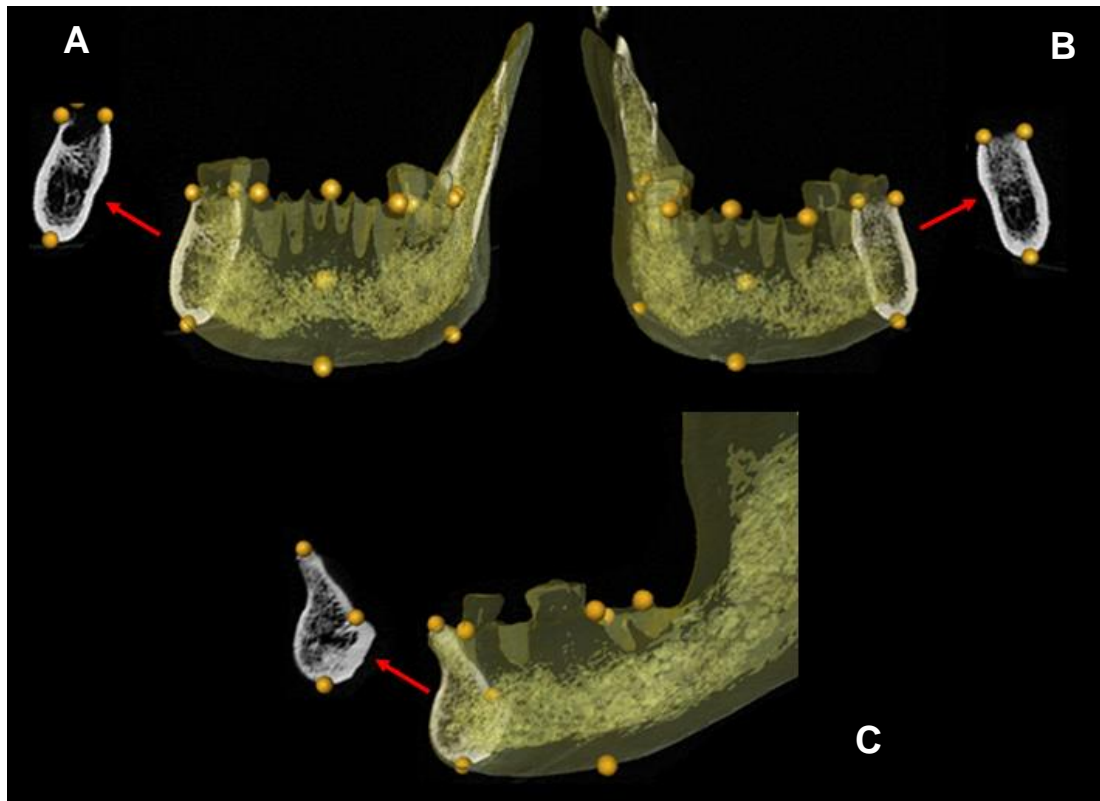


Figura 16. Obtención de la imagen de la sección transversal mandibular mediante Avizo. Mandíbula segmentada, puntos de interés y cortes transversales del cuerpo mandibular obtenidos del (A) área molar derecha, (B) izquierda y (C) sinfisiaria, superficie mandibular en transparencia.

El corte transversal obtenido de cada área (molar derecha e izquierda, y sinfisiaria) pasa por un segundo proceso de selección y segmentación más detallado (Figura 17, A); en el cual se elimina el tejido óseo esponjoso, se mantiene y “cierra” (es decir, se genera un contorno cerrado) el tejido óseo cortical (Figura 17, B), estructura de interés en este trabajo. Así se obtiene una imagen del hueso cortical al corte transversal.

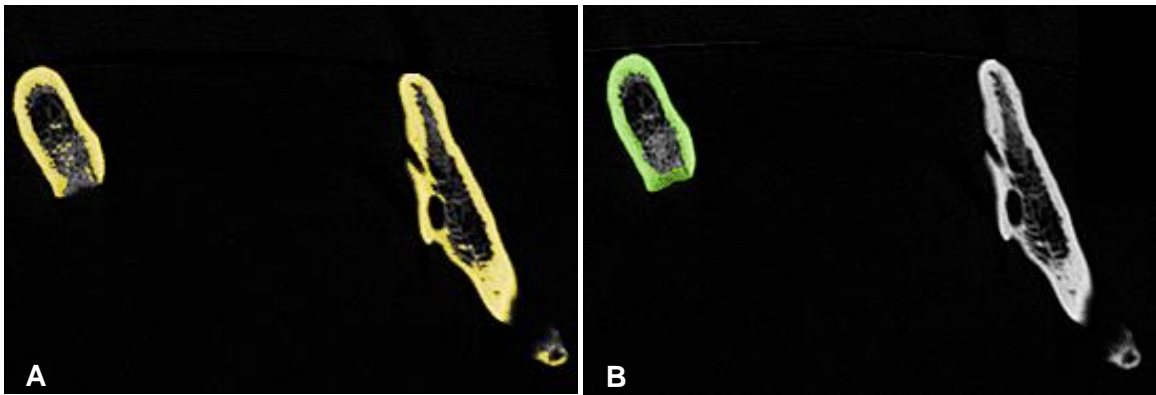


Figura 17. Ejemplo de segmentación de corte transversal. (A) Selección ósea general mediante escala de grises. (B) Selección manual complementaria de estructura ósea cortical y selección del área de interés específico.

Estas imágenes luego fueron exportadas en formato tiff al software Image J (Schneider et al., 2012) (Figura 18), y mediante el plugin MomentMacro ([www.hopkinsmedicine.org/fae/mmacro.html](http://www.hopkinsmedicine.org/fae/mmacro.html)) se determinaron los ejes anatómicos mayor y menor, y se calcularon CBA, TBA y MIA (Tabla 4).



Figura 18. Imágenes exportadas a ImageJ que serán procesadas para la obtención de datos.

Tabla 4. Definición y significado de parámetros a evaluar.

Variable	Definición	Cálculo	Significado funcional
CBA	Corresponde al área de hueso cortical que conforma la parte externa de la mandíbula	Directo	
TBA	Área total de hueso subperióstico mandibular	Directo	
Imax	Corresponde a la distribución de hueso alrededor del eje neutral máximo de la sección transversal	Directo	Representa la resistencia a la flexión alrededor del eje principal máximo del cuerpo mandibular
Imin	Corresponde a la distribución de hueso alrededor del eje neutral mínimo de la sección transversal	Directo	Representa la resistencia a la flexión alrededor del eje principal mínimo del cuerpo mandibular
<b>Índices calculados a partir de los datos obtenidos del corte transversal</b>			
% de Hueso Cortical	Es la cantidad de hueso cortical en relación a la cantidad de hueso total en un corte transversal	$\frac{CA}{TA} \times 100$	Es la cantidad relativa de hueso cortical en una sección transversal, indica la distribución "económica" ósea
Índice de Flexión	Entrega el grado de circularidad en la distribución de hueso cortical de una sección transversal	$\frac{Imin}{Imax} \times 1000$	Refleja el grado de resistencia a la torsión

### 6.3 Análisis del efecto del error de medición

Con el fin de verificar la exactitud de los resultados obtenidos y descartar el efecto sobre ellos del error de medición inherente a la técnica, se realizó una re-obtención de los cortes y remediación de los datos de 20 individuos de toda la muestra, escogidos al azar.

Este proceso fue realizado en dos sesiones de trabajo, en días distintos, por la misma operadora (C. Morales) y siguiendo el mismo protocolo explicado anteriormente.

Las diferencias entre mediciones repetidas fueron analizadas con el test de Friedman para datos no paramétricos (ver secciones 7.1.1 y 7.1.2 en resultados), utilizando el software PAST (Hammer et al., 2001).

#### 6.4. Análisis estadísticos:

Con el fin de aumentar el tamaño muestral y eliminar el efecto confundente del sexo (que probó ser significativo para algunos de los parámetros), se realizó una regresión lineal de CBA, TBA,  $I_{\min}$  e  $I_{\max}$  contra sexo como variable dicotómica (mujer=0, hombre=1). Los residuales de dicha regresión fueron luego analizados como dato primario (Suits, 1957).

Ya que los residuales  $I_{\min}$  e  $I_{\max}$  no mostraron normalidad en todos los casos, para comparar los valores primarios (CBA, TBA,  $I_{\min}$  e  $I_{\max}$ ) entre grupos se utilizó análisis de Kruskal Wallis, más test de Mann-Whitney entre pares de grupos. La proporción de hueso cortical y el índice de flexión, se compararon entre grupos de manera cualitativa mediante gráfico de dispersión (TBA e  $I_{\max}$  en X, y CBA e  $I_{\min}$  en eje Y). De esta manera, una mayor pendiente de la recta, indicando la relación entre ejes, es indicador de una mayor proporción de hueso cortical y una mayor homogeneidad en la distribución de hueso cortical en el contorno mandibular al corte transversal. La hipótesis de igualdad de las pendientes fue testada mediante análisis de covarianza (ANCOVA). Previo a esto, y debido a que los residuales  $I_{\min}$  e  $I_{\max}$  no presentan distribución normal, los datos fueron transformados a rangos para ser sometidos a ANCOVA (Conover & Iman, 1982). Todos los análisis se realizaron con el software PAST.

El poder estadístico para el análisis por separado de las variables, CBA, TBA,  $I_{\min}$  e  $I_{\max}$  se estimó *a priori* como 0.9 para muestra de 35 individuos. Esto se calculó utilizando el software G\*Power 3 (Faul et al., 2007) en base a los resultados de Antón et al. (2011, p. 75) que demuestran un tamaño del efecto alto (sobre 0.8) para las mismas variables en una muestra de 103 individuos.



## 7. RESULTADOS

Los valores obtenidos para cada grupo se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5. Tabla resumen por grupo y zona estudiada. (Sinf=sínfisis, M1R=primer molar derecho, y M1L=primer molar izquierdo)

Grupo	Región Corte Transversal	n	Mediana					
			CBA	TBA	I <sub>min</sub>	I <sub>max</sub>	% Hueso Cortical*	Índice de Flexión**
Carga intensa	M1R	30	189,00	356,10	3423,95	16718,38	53,10	218,69
	M1L	34	185,69	358,29	3379,76	16476,00	49,67	224,09
	Sinf	35	196,20	338,63	3500,90	17132,51	57,60	201,54
Carga intermedia	M1R	23	162,67	321,89	2895,20	12798,88	51,14	218,39
	M1L	21	163,65	321,89	2895,20	13080,55	51,14	218,39
	Sinf	27	166,99	319,12	2895,20	13080,55	51,24	218,39
Carga leve	M1R	18	166,63	295,61	2464,33	12073,55	59,57	216,03
	M1L	19	171,62	297,08	2500,92	12225,48	59,82	216,03
	Sinf	23	169,12	296,35	2482,63	12149,52	60,35	214,40
Carga leve-alterada Clase II	M1R	13	156,85	276,58	2285,15	11259,41	56,82	250,46
	M1L	13	153,72	276,97	2305,99	10215,90	53,92	242,36
	Sinf	13	152,25	264,39	2004,13	13630,72	58,44	162,14
Carga leve-alterada Clase III	M1R	8	156,85	276,11	2105,08	11259,41	56,56	219,72
	M1L	8	149,05	271,35	2063,85	10206,37	54,60	225,53
	Sinf	8	166,15	275,32	2492,46	15427,65	61,56	163,32

\* Proporción de hueso cortical calculado como:  $\frac{CBA}{TBA} \times 100$

\*\* Índice de flexión calculado como:  $\frac{I_{min}}{I_{max}} \times 1000$

### 7.1. Análisis preliminares

#### 7.1.1 Test de normalidad

El test de normalidad indicó que los valores de CBA y TBA presentan dicha distribución, mientras que I<sub>min</sub> e I<sub>max</sub>, no (Tabla 6).

Tabla 6. Test de normalidad, poder estadístico calculado a través de Shapiro-Wilk.

Región Corte Transversal	Variable	Test de Normalidad	
		W de Shapiro-Wilk	P
Primer molar derecho	CBA	0,99	0,88
	TBA	0,98	0,29
	I <sub>min</sub>	0,96	6x10 <sup>-3</sup>
	I <sub>max</sub>	0,96	0,02
Primer molar izquierdo	CBA	0,98	0,35
	TBA	0,98	0,4
	I <sub>min</sub>	0,96	0,01
Sífnisis	I <sub>max</sub>	0,96	0,02
	CBA	0,99	0,69
	TBA	0,98	0,36
	I <sub>min</sub>	0,98	0,21
	I <sub>max</sub>	0,91	6,98x10 <sup>-6</sup>

De este modo, para la comparación de valores crudos se utilizó test de Kruskal-Wallis y de Mann-Whitney para pares de grupos, en tanto que para el análisis confirmatorio de los datos derivados (Proporción de hueso cortical e índice de flexión) mediante ANCOVA se utilizaron los datos crudos de CBA y TBA, y transformación a rangos (Conover & Iman, 1982) para I<sub>min</sub> e I<sub>max</sub>. La constante x100 en la proporción de hueso cortical y x1000 en el índice de flexión no fueron considerados para el análisis.

#### 7.1.2. Efecto del error de medición

El test de Friedman para mediciones repetidas sobre los datos de 20 individuos mostró que no existe un error significativo del error de medición tanto para CBA ( $\chi^2=0,83$ ,  $p=0,37$ ), TBA ( $\chi^2=0,01$ ,  $p=1$ ), I<sub>min</sub> ( $\chi^2=0,01$ ,  $p=1$ ), e I<sub>max</sub> ( $\chi^2=0,83$ ,  $p=0,37$ ).

## 7.2 Análisis confirmatorios

### 7.2.1 Diferencias de CBA, TBA, $I_{\min}$ e $I_{\max}$ entre grupos.

A continuación, se presentan los resultados de los tests de Kruskal-Wallis (estadístico H) y Mann-Whitney (con corrección de Bonferroni) para pares de grupos por zona.

#### 7.2.1.1 Primer molar derecho

Los valores de CBA no difieren significativamente entre grupos ( $H=6,77$ ;  $p=0,15$ ). Entre pares de grupos los resultados se muestran en la Tabla 7:

Tabla 7. Análisis de pares de grupos para CBA. Triángulo inferior muestra el valor del estadístico U, y el triángulo superior, el valor de p.

	INTENSA	INTERMEDIA	LEVE	ALTERADA A3	ALTERADA A2
INTENSA		0,27	0,86	0,76	1
INTERMEDIA	222		1	1	1
LEVE	189	196		1	1
ALTERADA A3	70	81	66		1
ALTERADA A2	143	148	110	46	

Para TBA el test de Kruskal Wallis muestra diferencias estadísticamente significativas entre grupos ( $H=19,81$ ;  $p=5 \times 10^{-4}$ ). Entre pares de grupos los resultados se muestran en la Tabla 8:

Tabla 8. Análisis de pares de grupos para TBA. Triángulo inferior muestra el valor del estadístico U, y el triángulo superior, el valor de p. En negrita se muestran valores de p estadísticamente significativos.

	INTENSA	INTERMEDIA	LEVE	ALTERADA A3	ALTERADA A2
INTENSA		1	<b><math>6 \times 10^{-3}</math></b>	0,11	0,08
INTERMEDIA	281		0,07	0,15	0,65
LEVE	109	104		1	1
ALTERADA A3	49	38	69		1
ALTERADA A2	95	93	101	43	

Para  $I_{\min}$  existen diferencias estadísticamente significativas entre grupos ( $H=13,61$ ;  $p=8 \times 10^{-3}$ ). Entre pares de grupos los resultados se muestran en la Tabla 9:

Tabla 9. Análisis de pares de grupos para  $I_{\min}$ . Triángulo inferior muestra el valor del estadístico U, y el triángulo superior, el valor de p.

	INTENSA	INTERMEDIA	LEVE	ALTERADA A3	ALTERADA A2
INTENSA		1	0,1	0,3	0,43
INTERMEDIA	1		0,2	0,35	0,6
LEVE	0,1	0,2		1	1
ALTERADA A3	0,3	0,35	1		1
ALTERADA A2	0,43	0,6	1	1	

Los valores de  $I_{\max}$  analizados mediante Kruskal-Wallis son estadísticamente significativos ( $H=10,02$ ;  $p=0,04$ ), por lo que hay diferencias entre grupos. Entre pares de grupos los resultados se muestran en la Tabla 10:

Tabla 10. Análisis de pares de grupos para  $I_{\max}$ . Triángulo inferior muestra el valor del estadístico U, y el triángulo superior, el valor de p.

	INTENSA	INTERMEDIA	LEVE	ALTERADA A3	ALTERADA A2
INTENSA		1	0,12	0,51	1
INTERMEDIA	264		0,6	1	1
LEVE	152	135		1	1
ALTERADA A3	65	66	66		1
ALTERADA A2	134	132	89	44	

En resumen, para el total de los cortes de primer molar derecho (92) hay diferencias significativas para TBA,  $I_{\min}$  e  $I_{\max}$  entre grupos, pero entre pares de grupo no existen diferencias estadísticamente significativas luego de aplicar corrección de Bonferroni, excepto en TBA, que presenta diferencias significativas entre el grupo de carga intensa y leve.

### 7.2.1.2 Primer molar izquierdo

Para CBA los resultados mediante Kruskal-Wallis no son estadísticamente significativos ( $H=7,5$ ;  $p=0,11$ ). Entre pares de grupos los resultados se muestran en la Tabla 11:

Tabla 11. Análisis de pares de grupos para CBA. Triángulo inferior muestra el valor del estadístico U, y el triángulo superior, el valor de p.

	INTENSA	INTERMEDIA	LEVE	ALTERADA A3	ALTERADA A2
INTENSA		0,4	0,79	0,75	0,76
INTERMEDIA	238		1	1	1
LEVE	228	190		1	1
ALTERADA A3	80	66	74		1
ALTERADA A2	146	122	120	50	

Para TBA los resultados mediante Kruskal-Wallis son estadísticamente significativos ( $H=20,9$ ;  $p=3 \times 10^{-4}$ ). Entre pares de grupos los resultados se muestran en la Tabla 12:

Tabla 12. Análisis de pares de grupos para TBA. Triángulo inferior muestra el valor del estadístico U, y el triángulo superior, el valor de p. En negrita se muestran valores de p estadísticamente significativos.

	INTENSA	INTERMEDIA	LEVE	ALTERADA A3	ALTERADA A2
INTENSA			<b><math>5 \times 10^{-3}</math></b>		
INTERMEDIA	306	1	<b>0,01</b>	0,22	0,08
LEVE	135	84		0,23	0,25
ALTERADA A3	64	37	73	1	1
ALTERADA A2	110	73	102	45	

Para  $I_{\min}$  hay diferencias estadísticamente significativas entre grupos ( $H=18,93$ ;  $p=8 \times 10^{-4}$ ). Entre pares de grupos los resultados se muestran en la Tabla 13:

Tabla 13. Análisis de pares de grupos para  $I_{\min}$ . Triángulo inferior muestra el valor del estadístico U, y el triángulo superior, el valor de p. En negrita se muestran valores de p estadísticamente significativos.

	INTENSA	INTERMEDIA	LEVE	ALTERADA A3	ALTERADA A2
INTENSA		1	<b><math>6 \times 10^{-3}</math></b>	0,17	0,09
INTERMEDIA	285		<b>0,04</b>	0,67	0,88
LEVE	139	95		1	1
ALTERADA A3	61	46	64		1
ALTERADA A2	112	88	118	42	

Para  $I_{\max}$  los resultados entre grupos mediante Kruskal-Wallis no son estadísticamente significativos ( $H=8,83$ ;  $p=0,06$ ). Entre pares de grupos los resultados se muestran en la Tabla 14:

Tabla 14. Análisis de pares de grupos para  $I_{\max}$ . Triángulo inferior muestra el valor del estadístico U, y el triángulo superior, el valor de p.

	INTENSA	INTERMEDIA	LEVE	ALTERADA A3	ALTERADA A2
INTENSA		1	0,17	1	0,84
INTERMEDIA	287		0,78	1	1
LEVE	194	134		1	1
ALTERADA A3	85	65	71		1
ALTERADA A2	148	112	103	45	

En resumen, para los 95 cortes de primer molar izquierdo, es posible decir que las diferencias significativas se dan para TBA e  $I_{\min}$ , entre todos los grupos, y que para estas mismas variables hay diferencias significativas entre los pares de grupos carga leve-carga intensa y carga leve-carga intermedia.

### 7.2.1.3 Síntesis

Para CBA los resultados mediante Kruskal-Wallis no son estadísticamente significativos ( $H=5,56$ ;  $p=0,23$ ). Entre pares de grupos los resultados se muestran en la Tabla 15:

Tabla 15. Análisis de pares de grupos para CBA. Triángulo inferior muestra el valor del estadístico U, y el triángulo superior, el valor de p.

	INTENSA	INTERMEDIA	LEVE	ALTERADA A3	ALTERADA A2
INTENSA		1	1	1	0,57
INTERMEDIA	446		1	1	0,17
LEVE	385	307		1	0,75
ALTERADA A3	134	102	90		0,88
ALTERADA A2	145	93	95	28	

Para TBA los resultados mediante Kruskal-Wallis son estadísticamente significativos ( $H=13,03$ ;  $p=0,01$ ). Entre pares de grupos los resultados se muestran en la Tabla 16:

Tabla 16. Análisis de pares de grupos para TBA. Triángulo inferior muestra el valor del estadístico U, y el triángulo superior, el valor de p. En negrita se muestran valores de p estadísticamente significativos.

	INTENSA	INTERMEDIA	LEVE	ALTERADA A3	ALTERADA A2
INTENSA		1	1	0,47	<b>0,03</b>
INTERMEDIA	444		1	0,62	<b>0,04</b>
LEVE	307	242		1	1
ALTERADA A3	76	60	77		1
ALTERADA A2	102	76	102	49	

Para  $I_{\min}$  los resultados mediante Kruskal-Wallis son estadísticamente significativos ( $H=11$ ;  $p=0,02$ ). Entre pares de grupos los resultados se muestran en la Tabla 17:

Tabla 17. Análisis de pares de grupos para  $I_{\min}$ . Triángulo inferior muestra el valor del estadístico U, y el triángulo superior, el valor de p.

	INTENSA	INTERMEDIA	LEVE	ALTERADA A3	ALTERADA A2
INTENSA		1	1	0,67	0,06
INTERMEDIA	436		1	1	0,12
LEVE	306	262		1	1
ALTERADA A3	81	67	77		1
ALTERADA A2	110	88	103	43	

Para  $I_{\max}$  los resultados mediante Kruskal-Wallis no son estadísticamente significativos ( $H=1,61$ ;  $p=0,8$ ). Entre pares de grupos los resultados se muestran en la Tabla 18:

Tabla 18. Análisis de pares de grupos para  $I_{\max}$ . Triángulo inferior muestra el valor del estadístico U, y el triángulo superior, el valor de p.

	INTENSA	INTERMEDIA	LEVE	ALTERADA A3	ALTERADA A2
INTENSA		1	1	1	1
INTERMEDIA	449		1	1	1
LEVE	390	302		1	1
ALTERADA A3	132	105	84		1
ALTERADA A2	184	123	134	39	

Finalmente, para los 106 resultados de sínfisis, se comportan de manera similar que el primer molar izquierdo. Para TBA e  $I_{\min}$ , las diferencias significativas se dan entre todos los grupos, aunque solo TBA muestra diferencias significativas entre pares de grupos, específicamente, carga leve-alterada Clase II y carga intensa e intermedia.



## 7.2.2 Comparación de CBA en relación a TBA e $I_{\min}$ en relación a $I_{\max}$ .

Se muestran gráficos de tendencia para la relación entre CBA y TBA (proporción de hueso cortical) e  $I_{\min}$  en relación a  $I_{\max}$  (índice de flexión) variables, y se entrega el valor de p del ANCOVA (estadístico F) para comparación de pendientes de rectas.

### 7.2.2.1 Primer molar derecho

Se puede ver que los grupos de carga intensa, intermedia, leve y leve-alterada Clase III tienen una tendencia a tener una proporción equilibrada de hueso cortical en relación al hueso total; se evidencia además que el grupo de carga leve-alterada Clase II tiene tendencia a una mayor proporción de hueso cortical en relación al total (Figura 19). La diferencia de las pendientes entre grupos no es estadísticamente significativa ( $F=0,77$ ,  $p=0,54$ ).

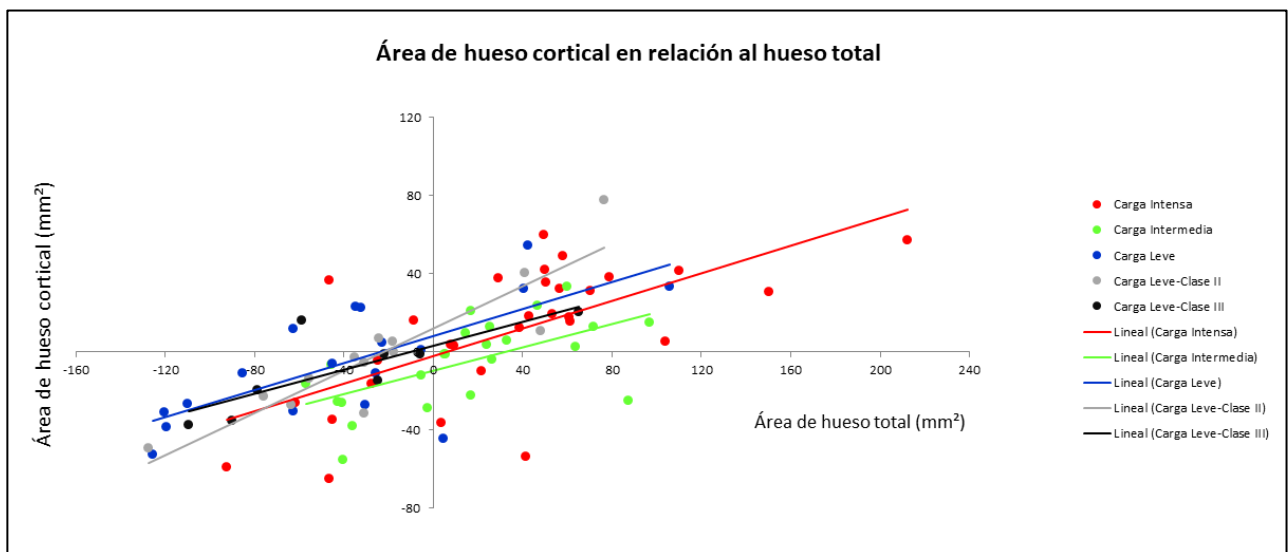


Figura 19. Área de hueso cortical en relación al hueso total en la zona del primer molar derecho.

Gráfico de dispersión con rectas de regresión.

Acerca de la relación entre  $I_{\min}$  e  $I_{\max}$ , se puede ver que el grupo de carga intensa y leve tienen tendencia a una distribución de hueso cortical a la sección transversal más redondeada o circular; los grupos de carga intermedia, leve-Clase II y leve-Clase III hay una tendencia a una anatomía más elíptica (Figura 20). La diferencia de las pendientes entre grupos no es estadísticamente significativa ( $F=0,41$ ,  $p=0,79$ ).

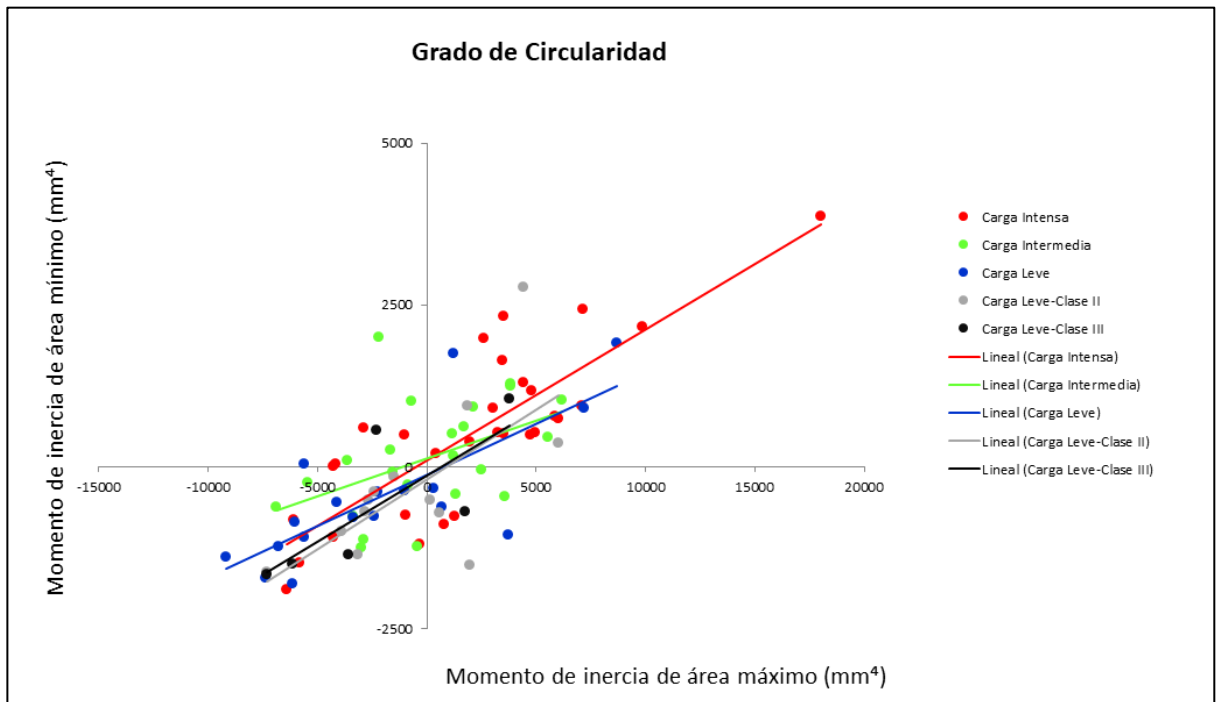


Figura 20. Relación entre momentos de inercia de área mínimo y máximo (índice de flexión) en la zona del primer molar derecho. Gráfico de dispersión con rectas de regresión. Las proporciones de los valores entre ejes han sido alteradas para facilitar la visualización de las tendencias.

### 7.2.2.2 Primer molar izquierdo

Se puede ver que el grupo de carga intensa tiene una tendencia a tener una proporción equilibrada de hueso cortical con relación al hueso total; el grupo de carga leve-Clase II a tener una mayor proporción de hueso cortical y el grupo de carga leve-Clase III tiene menor proporción de hueso cortical en relación al total (Figura 21).

La diferencia de las pendientes entre grupos no es estadísticamente significativa ( $F=0,51$ ,  $p=0,72$ ).

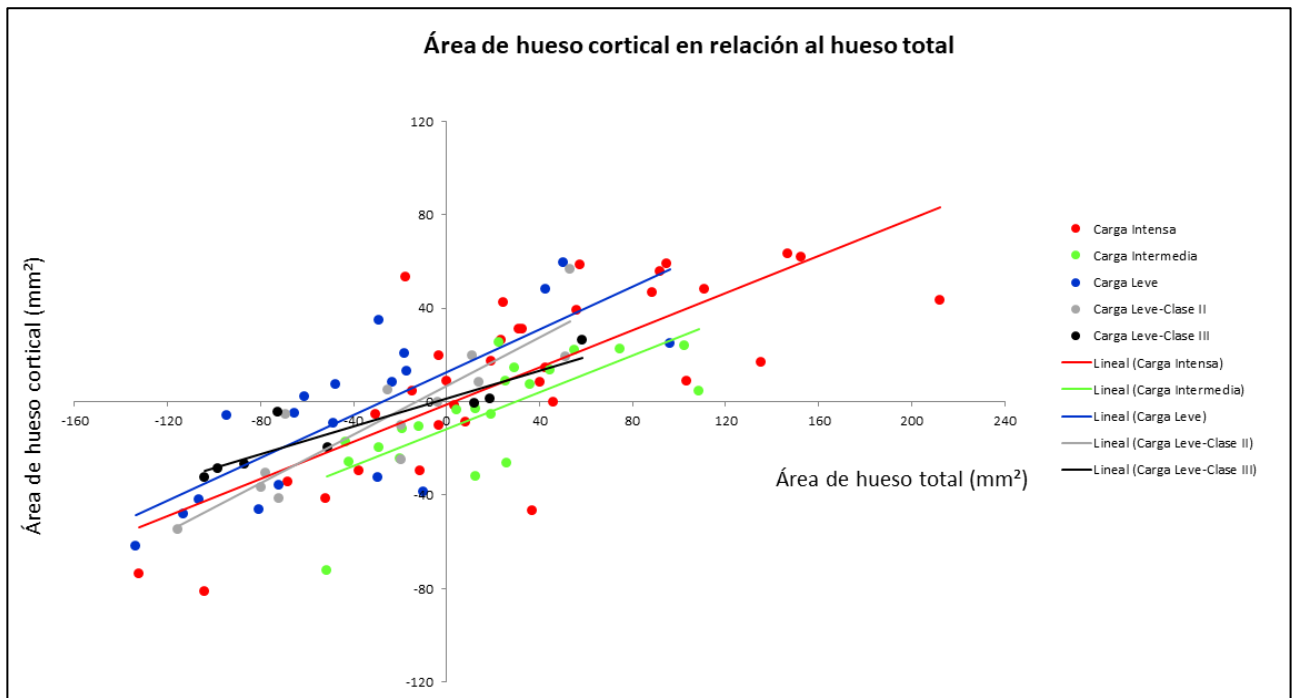


Figura 21. Área de hueso cortical en relación al hueso total en la zona del primer molar derecho.

Gráfico de dispersión con rectas de regresión.

El grupo de carga intermedia tiene tendencia a una sección transversal más elíptica. El resto de los grupos tienden a ser más circulares.

La diferencia de las pendientes entre grupos no es estadísticamente significativa ( $F=0,66$ ,  $p=0,61$ ).

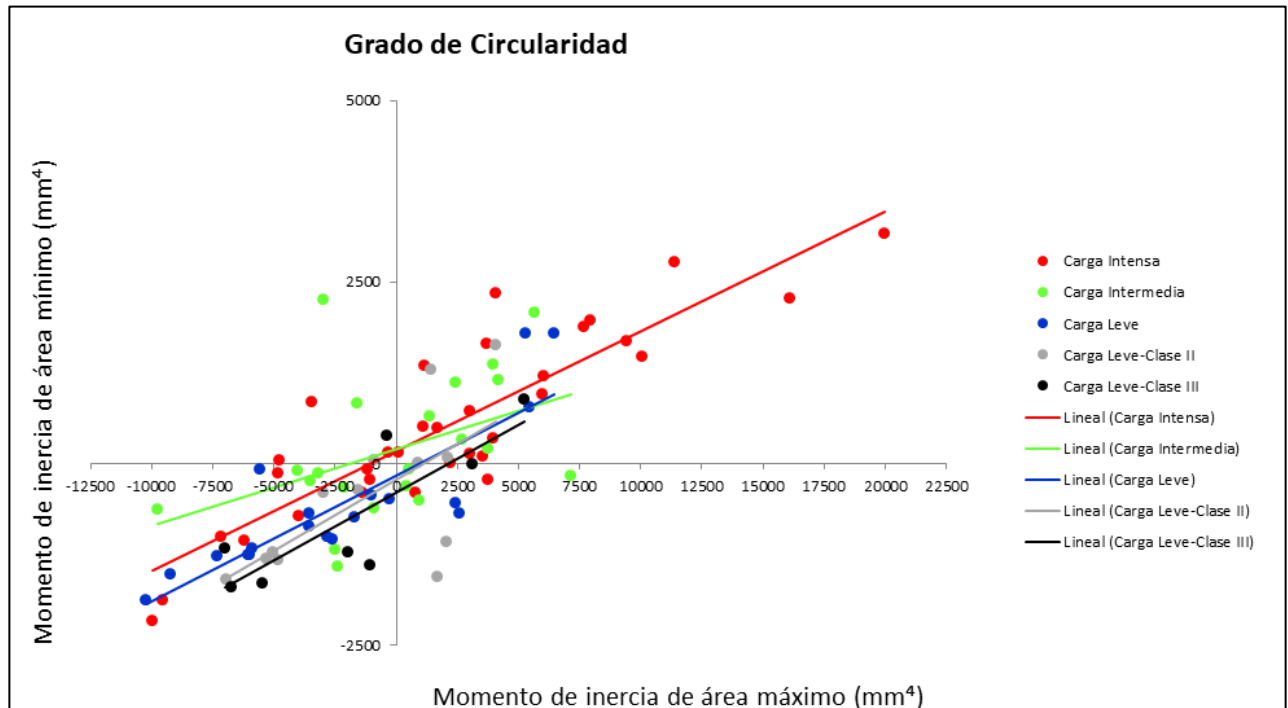


Figura 22. Relación entre momentos de inercia de área mínimo y máximo (índice de flexión) en la zona del primer molar derecho. Gráfico de dispersión con rectas de regresión. Las proporciones de los valores entre ejes han sido alteradas para facilitar la visualización de las tendencias.

### 7.2.2.3 Síntesis

Los grupos leve y leve-alterada Clase II tienen mayor proporción de hueso cortical. Grupos de carga Intermedia y de carga Intensa tienden al equilibrio. Por último, el grupo de carga leve-alterada Clase III tiene una menor proporción de hueso cortical en relación al total.

La diferencia de las pendientes entre grupos no es estadísticamente significativa ( $F=0,56$ ,  $p=0,68$ ).

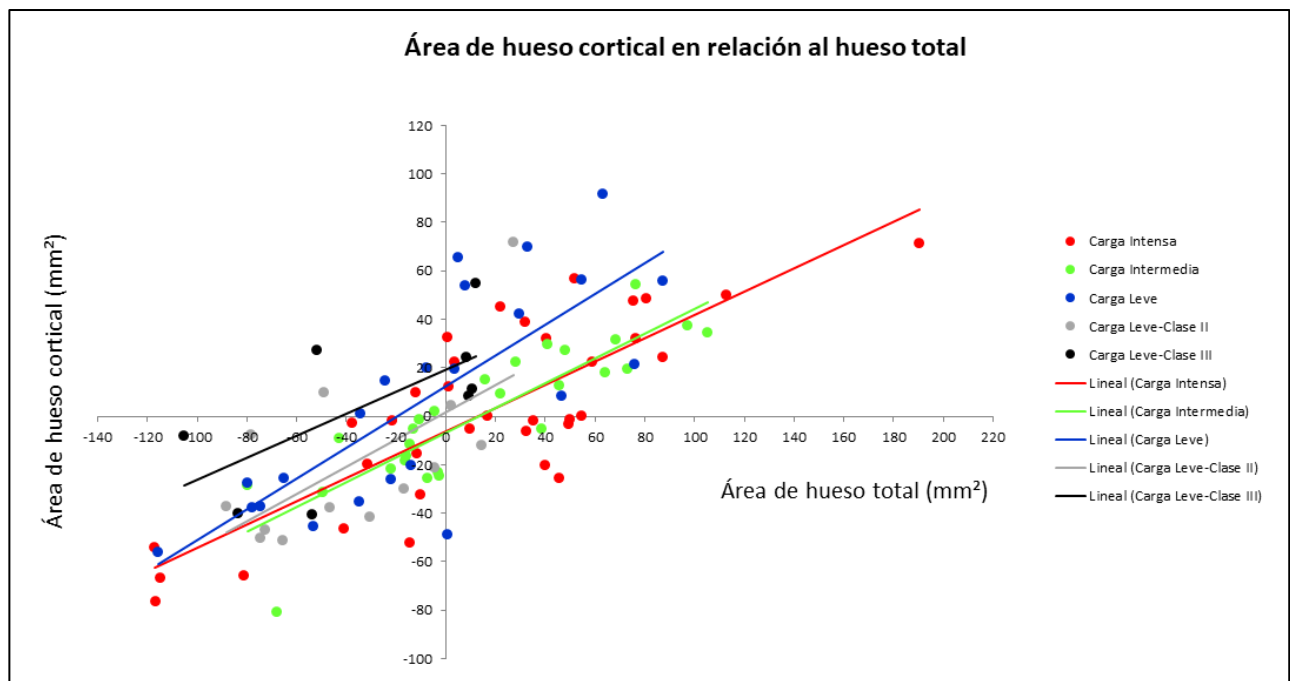


Figura 23. Área de hueso cortical en relación al hueso total en la zona del primer molar derecho. Gráfico de dispersión con rectas de regresión.

Los grupos de carga Intensa, Intermedia y leve-Clase II tienden a la circularidad, los grupos de carga leve y sobretodo leve Clase III tienden a una sección transversal más elíptica.

La diferencia de las pendientes entre grupos no es estadísticamente significativa ( $F=1,17$ ,  $p=0,32$ ).

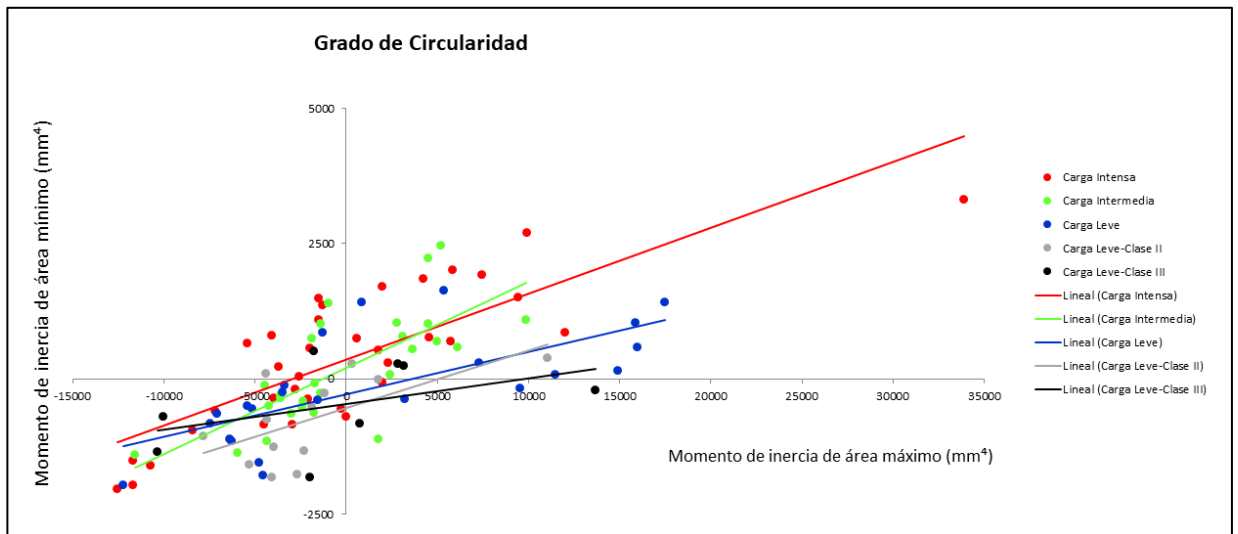


Figura 24. Relación entre momentos de inercia de área mínimo y máximo (índice de flexión) en la zona del primer molar derecho. Gráfico de dispersión con rectas de regresión. Las proporciones de los valores entre ejes han sido alteradas para facilitar la visualización de las tendencias.

## 8. DISCUSIÓN

Este trabajo se enfocó en el estudio del efecto de la variable “carga masticatoria” (definida como fuerza muscular y de mordida inferida de acuerdo a la alimentación) en la morfología interna mandibular, específicamente en la cantidad y distribución de hueso cortical.

La hipótesis planteada fue que existe una relación entre la intensidad de carga masticatoria y la distribución y cantidad de hueso cortical. Esto se pudo confirmar, pero solo parcialmente, entre algunos grupos de individuos y en ciertas variables o parámetros evaluados.

Existe poca evidencia sobre la influencia de factores ecológicos en la evolución más temprana del ser humano. El drástico cambio de hábitat; por el desarrollado sistema de locomoción, y la variedad de estos lugares de asentamiento desarrolló un cambio de posibilidades dietéticas, y con esto un cambio de comportamiento del ser humano. Específicamente la agricultura estableció una dieta más predecible, alta en azúcares y con menor cantidad de proteínas, de consistencia comparativamente más blanda por lo tanto requieren menos demanda mecánica masticatoria que los cazadores-recolectores y esto habría tenido un efecto en su anatomía externa (Marcé-Nogué et al., 2017; Teaford & Ungar, 2000; von Cramon-Taubadel, 2017). Cabe preguntarse el efecto de la intensidad de la carga masticatoria en la anatomía interna, la que es de vital importancia en la respuesta estructural del hueso (Ruff et al., 2006)

Mandíbulas más robustas pueden actuar resistiendo estrés extremo asociado a flexión transversal y torsión (Teaford & Ungar, 2000). Especies que usualmente comen o muerden alimentos duros tienen un cuerpo mandibular que es más resistente a la torsión y a la flexión para-sagital. Hay alimentos que requieren movimientos repetitivos para poder deglutirlos, este tipo de procesamiento requiere aplicar una carga reiterada y fuerte sobre una misma área, lo que sugiere una mayor robusticidad general de la mandíbula para poder resistir las cargas sin fracturarse (Marcé-Nogué et al., 2017). Cómo estas diferencias en la anatomía externa se traducen en diferencias en la anatomía interna ha sido estudiado en primates no humanos (Daegling & Hotzman, 2003; Vinyard & Ryan, 2006) u

homínidos (Antón et al., 2011; Daegling, 1989; Daegling & Grine, 1991; Fukase & Suwa, 2008; Hutchinson et al., 2017; Pampush & Daegling, 2016). Aunque éstos comparten elementos de la función masticatoria (o se infiere que lo hacen en el caso de especies extintas), con los humanos, sus diferencias con éstos hacen que los resultados no sean directamente extrapolables a humanos, de los cuales se tiene poca información (Antón et al., 2011).

Además de lo mencionado, es importante destacar un factor ausente en los otros primates: la presencia de alteraciones oclusales del complejo máxilo-mandibular, las cuales serían prácticamente exclusivas del humano moderno debido, al menos en gran parte, a una disminución en la intensidad de las cargas masticatorias (Corruccini, 1984; Sarig et al., 2013). En poblaciones que desarrollaron la agricultura tienden a tener una mayor incidencia de problemas ortodóncicos como maloclusiones y apiñamiento dentario, debido a que su tejido óseo mandibular no es estimulado suficientemente para llegar, a través de la respuesta mecánica, a un tamaño suficiente para que los dientes, que no responden a estímulos mecánicos, puedan erupcionar correctamente (Lieberman, 2011; von Cramon-Taubadel, 2011, 2017)

Con todos estos antecedentes, podemos entender de mejor manera nuestros resultados y entregar una contribución a los próximos estudios a desarrollarse

En nuestros resultados encontramos leves diferencias entre los grupos, en cantidad y distribución de hueso cortical, concordando con los resultados de Antón et al. (2011) (en humanos) y Daegling and Grine (1991) (en homínidos extintos) quienes concluyeron que hay una buena predicción entre las dimensiones internas mandibulares con las externas, que existen diferencias en las propiedades mecánicas mandibulares entre homínidos actuales y extintos y que el tamaño y forma del corte transversal se explican de mejor manera como la respuesta estructural para resistir elevados momentos de torsión. Debe señalarse que los tres estudios difieren levemente en el método de obtención de datos en los cortes, y que tanto Daegling and Grine (1991) como Antón et al. (2011) utilizan análisis de varianza para datos derivados (proporción de hueso cortical e índice de flexión), lo que no es correcto (Sokal & Rohlf, 1995).



Las diferencias evidenciadas en este estudio a pesar de no ser estadísticamente significativas nos entregan datos clave al momento de evaluar la morfología interna entre los diferentes grupos.

La morfología mandibular externa nos puede guiar a pensar que interiormente el hueso se comporta de forma correlativa, por ejemplo, una mandíbula robusta con una alta cantidad de hueso cortical, pero esto no siempre es así. A modo general, vimos que la cantidad de hueso cortical y el área de hueso total van disminuyendo a medida que disminuye la carga masticatoria y la diferencia se hace visiblemente importante entre los grupos de carga intensa en comparación a carga leve-alterada Clase II y leve-alterada Clase III. Sin embargo, la relación entre las variables CBA y TBA, e  $I_{\min}$  con  $I_{\max}$  respectivamente, nos muestran un panorama distinto. A nivel del primer molar derecho e izquierdo, el grupo de carga leve-alterada Clase II tiene una marcada tendencia a una mayor proporción de hueso cortical en relación al total, lo que es interesante ya que un individuo Clase II por definición tiene un menor desarrollo mandibular, una mandíbula más pequeña (McNamara et al., 2001), pero ¿A qué se debe una mayor cantidad de hueso cortical para ese tamaño mandibular?, esto puede deberse a que, la pequeña mandíbula de clase II requiere de una mayor cantidad de hueso cortical para resistir la carga masticatoria y por lo tanto reacciona plásticamente incorporando más hueso cortical en su interior. A nivel de primer molar izquierdo destaca que el grupo de carga leve-alterada Clase III tiene una menor proporción de hueso cortical en relación al total, que se interpreta como un uso más económico del tejido óseo. Esta asimetría entre ambos lados de la mandíbula puede deberse a alguna asimetría funcional en la muestra, por ejemplo, debida al uso preferente de un lado para masticar (Rovira-Lastra et al., 2014; Serel Arslan et al., 2017; Yamasaki et al., 2015). Un estudio más detallado evaluando los niveles de asimetría son necesarios para poner a prueba esta hipótesis. Finalmente a nivel de la sínfisis es posible destacar que los grupos de carga leve, leve-alterada Clase II y leve-alterada Clase III tienen una mayor proporción de hueso cortical en relación al total, infiriendo que posiblemente esta zona en individuos de dieta blanda es una de las que más se deforman durante la masticación (y son por lo tanto más susceptibles a la remodelación). Cabe señalar que los individuos de

carga leve presentan de hecho una anatomía mandibular externa más grácil, con una menor divergencia de las ramas mandibulares y una sínfisis mentoniana más alta (Ugarte Cisternas, 2017), lo que ofrecería, de hecho, menor resistencia a la flexión transversal.

En cuanto a la distribución, es importante destacar que al momento de evaluar la sección transversal, las diferencias sugieren que no necesariamente hay mandíbulas más o menos resistentes en términos absolutos, sino que cada individuo sometido a una carga estaría adaptado plásticamente para resistir a ella. A nivel de primer molar derecho grupos de carga intensa y leve tienen una distribución de hueso que tiende a la circularidad, los grupos de carga Intermedia, leve-Clase II y leve-Clase III hay una tendencia a una anatomía más elíptica; a nivel de primer molar izquierdo el grupo de carga intermedia tiene tendencia a una sección transversal más elíptica, el resto de los grupos tienden a ser más circulares. A nivel de la sínfisis grupos de carga intensa, intermedia y leve-Clase II tienden a la circularidad, los grupos de carga leve y sobretodo leve Clase III tienden a una sección transversal más elíptica. Podemos ver diferencias sostenidas entre un lado del cuerpo mandibular con el otro, lo que como se mencionó puede deberse a la masticación unilateral y a que existe una preferencia de lado masticatorio, por lo que un lado puede ser más susceptible a ciertos cambios y el otro no (Rovira-Lastra et al., 2014; Serel Arslan et al., 2017; Yamasaki et al., 2015). La morfología del del corte transversal particularmente la cantidad y la distribución del hueso cortical, nos entregan información de que una mandíbula más circular es más resistente a la torsión, un corte más elíptico es más resistente a la flexión sagital.

Finalmente, debe quedar claro que mandíbulas con anatomía de sección transversal circular pueden tener tanto hueso cortical como mandíbulas con anatomía de sección transversal elíptica, la diferencia fundamental es como está distribuido este hueso (Daegling & Grine, 1991) esto nos entrega una idea de que manera responde la mandíbula como unidad ante las cargas y ante que tipo de movimientos es más resistente.

En el estudio actual una de las principales dificultades fue controlar el número de individuos por grupo, origen y sexo. Esto ya que se utilizó material arqueológico, cuya disponibilidad es restringida, y además el estado de conservación de éste limita el número de individuos disponible. Sin embargo, cabe destacar que los individuos de este estudio fueron seleccionados en base a un estricto criterio de inclusión que consideraba la presencia de dientes posteriores, lo que no fue considerado (o al menos no reportado) en estudios previos similares (Galland et al., 2016; von Cramon-Taubadel, 2011). Además, con el fin de fortalecer el tamaño muestral, se utilizaron en este estudio herramientas de eliminación del efecto de la variable sexo de manera de agrupar toda la muestra.

Es por todo lo anterior que este trabajo puede ser un gran aporte para seguir avanzando en desarrollar el estudio de la anatomía funcional mandibular, tanto para las ciencias básicas como para la clínica. A métodos cada vez más usados actualmente, como la morfometría geométrica o el análisis de elementos finitos, se puede agregar el estudio de la anatomía interna mandibular, cuya información es relativamente fácil de obtener en la clínica con datos imagenológicos de rutina como la TC tipo cone beam.

## 9. CONCLUSIONES

1. Existe una relación parcial entre la intensidad de la carga masticatoria y la cantidad y distribución de hueso cortical. Esta relación se da de manera más bien específica para algunas variables y grupos, sin un patrón general.
2. Cantidad de hueso cortical: El grupo de carga intensa presenta los mayores niveles de cantidad de hueso total, estos van descendiendo a medida que disminuye la carga masticatoria en los grupos, hasta ser considerablemente menor en los grupos de carga leve-alterada Clase II y leve-alterada Clase III.
3. Distribución de hueso cortical: Los niveles de  $I_{max}$  e  $I_{min}$  también muestran un patrón descendiente desde el grupo de carga intensa, pero se destaca que a nivel de la sínfisis en los grupos de carga leve-alterada Clase II y leve-alterada Clase III hay un aumento en los niveles en comparación con los valores de primer molar derecho e izquierdo.
4. Proporción de hueso cortical: El grupo carga leve-alterada Clase II presenta una mayor proporción de hueso cortical en relación al total. El grupo de carga intensa tiende a una proporción equilibrada.
5. Circularidad: Los grupos de carga intensa, intermedia y leve, tienden a una anatomía transversal más circular, por lo tanto, más resistentes a la torsión. Los grupos de carga leve-alterada Clase II y leve-alterada Clase III tienden a una anatomía de sección transversal más elíptica, es decir, más resistente a la flexión sagital.
6. Individuos de carga intensa tienden a proporciones equilibradas en cuanto a cantidad y distribución de hueso cortical.
7. Individuos de grupos de carga leve-alterada Clase II y leve-alterada Clase III muestran diferencias significativas en cuanto a cantidad y distribución de hueso cortical al momento de compararlos con el resto de los grupos. Se necesitan más estudios para establecer con claridad cuál es el punto clave que los diferencia.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Agrawal, K., Lucas, P., Bruce, I., & Prinz, J. (1998). Food properties that influence neuromuscular activity during human mastication. *Journal of Dental Research*, 77(11), 1931-1938.
- Antón, S. C., Carter-Menn, H., & DeLeon, V. B. (2011). Modern human origins: continuity, replacement, and masticatory robusticity in Australasia. *Journal of Human Evolution*, 60(1), 70-82.
- Bernal, V., Perez, S. I., & Gonzalez, P. N. (2006). Variation and causal factors of craniofacial robusticity in Patagonian hunter-gatherers from the late holocene. *American Journal of Human Biology*, 18, 748-765.
- Bishara, S. E. G. (2001). *Textbook of Orthodontics*. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Brachetta Aporta, N., Gonzalez, P. N., 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.
- Buser, D., Sennerby, L., & De Bruyn, H. (2017). Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontology 2000*, 73(1), 7-21.
- Cobourne, M. T., & DiBiase, A. T. (2010). *Handbook of orthodontics*. Philadelphia: Mosby Elsevier.
- Conover, W. J., & Iman, R. L. (1982). Analysis of covariance using the rank transformation. *Biometrics*, 715-724.
- Corruccini, R. S. (1984). An epidemiologic transition in dental occlusion in world populations. *American Journal of Orthodontics*, 86(5), 419-426.
- Daegling, D. J. (1989). Biomechanics of cross-sectional size and shape in the hominoid mandibular corpus. *American Journal of Physical Anthropology*, 80(1), 91-106.
- Daegling, D. J. (1993). The relationship of in vivo bone strain to mandibular corpus morphology in *Macaca fascicularis*. *Journal of Human Evolution*, 25(4), 247-269.
- Daegling, D. J. (2001). Biomechanical scaling of the hominoid mandibular symphysis. *Journal of Morphology*, 250(1), 12-23.
- Daegling, D. J., & Grine, F. E. (1991). Compact bone distribution and biomechanics of early hominid mandibles. *American Journal of Physical Anthropology*, 86(3), 321-339.
- Daegling, D. J., & Hotzman, J. L. (2003). Functional significance of cortical bone distribution in anthropoid mandibles: an in vitro assessment of bone strain under combined loads. *American Journal of Physical Anthropology*, 122(1), 38-50.
- Farias Gomes, S. G., Custodio, W., Moura Jufer, J. S., Del Bel Cury, A. A., & Rodrigues Garcia, R. C. M. (2010). Correlation of mastication and masticatory movements and effect of chewing side preference. *Brazilian Dental Journal*, 21(4), 351-355.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191.

- Fukase, H., & Suwa, G. (2008). Growth-related changes in prehistoric Jomon and modern Japanese mandibles with emphasis on cortical bone distribution. *American Journal of Physical Anthropology*, 136(4), 441-454.
- Galland, M., Van Gerven, D. P., Von Cramon-Taubadel, N., & Pinhasi, R. (2016). 11,000 years of craniofacial and mandibular variation in Lower Nubia. *Scientific Reports*, 6, 31040.
- González-José, R., Ramírez-Rozzi, F., Sardi, M., Martínez-Abadías, N., Hernández, M., & Pucciarelli, H. M. (2005). Functional-cranial approach to the influence of economic strategy on skull morphology. *American Journal of Physical Anthropology*, 128(4), 757-771.
- Gregson, C. L., Sayers, A., Lazar, V., Steel, S., Dennison, E. M., Cooper, C., Smith, G. D., Rittweger, J., & Tobias, J. H. (2013). The high bone mass phenotype is characterised by a combined cortical and trabecular bone phenotype: Findings from a pQCT case-control study. *Bone*, 52(1), 380-388.
- Guede, D., González, P., & Caeiro, J. R. (2013). Biomecánica y hueso (I): Conceptos básicos y ensayos mecánicos clásicos. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*, 5, 43-50.
- Hammer, Ø., Harper, D., & Ryan, P. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(4), 9.
- Holton, N. E., Bonner, L. L., Scott, J. E., Marshall, S. D., Franciscus, R. G., & Southard, T. E. (2015). The ontogeny of the chin: an analysis of allometric and biomechanical scaling. *Journal of Anatomy*, 226(6), 549-559.
- Hutchinson, E. F., Farella, M., Hoffman, J., & Kramer, B. (2017). Variations in bone density across the body of the immature human mandible. *Journal of Anatomy*, 230(5), 679-688.
- Júnior, A. C. F., Antenucci, R. M. F., Almeida, E. O. d., Rocha, E. P., & Silva, E. M. M. d. (2008). El sistema masticatorio y las alteraciones funcionales consecuentes a la pérdida dentaria. *Acta Odontológica Venezolana*, 46(3), 375-380.
- Katz, D. C., Grote, M. N., & Weaver, T. D. (2017). Changes in human skull morphology across the agricultural transition are consistent with softer diets in preindustrial farming groups. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(34), 9050-9055.
- Kelly, R. L. (1983). Hunter-Gatherer Mobility Strategies. *Journal of Anthropological Research*, 39(3), 277-306.
- Kjær, I., Keeling, J. W., & Fischer, B. H. (1999). *The prenatal human cranium-normal and pathologic development*. Copenhagen: Munksgaard.
- Lahoti, K., Pathrabe, A., & Gade, J. (2016). Stress analysis at bone-implant interface of single-and two-implant-retained mandibular overdenture using three-dimensional finite element analysis. *Indian Journal of Dental Research*, 27(6), 597.
- Latarjet, M., & Ruiz Liard, A. R. (2004). *Anatomía humana* (Vol. 2). Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana.
- Lieberman, D. E. (2011). *The evolution of the human head*. Harvard: University Press.

- Marcé-Nogué, J., Püschel, T. A., & Kaiser, T. M. (2017). A biomechanical approach to understand the ecomorphological relationship between primate mandibles and diet. *Scientific Reports*, 7(1), 8364.
- McNamara, J. A., Brudon, W. L., & Kokich, V. G. (2001). *Orthodontics and dentofacial orthopedics*. Ann Arbor, Michigan: Needham Press.
- Meruane, M., Smok, C., & Rojas, M. (2012). Face and neck development in vertebrates. *International Journal of Morphology*, 30(4), 1373-1388.
- Monteiro, C. A., Levy, R. B., Claro, R. M., Castro, I. R. R. d., & Cannon, G. (2010). A new classification of foods based on the extent and purpose of their processing. *Cadernos de Saúde Pública*, 26, 2039-2049.
- Moyers, R. E. (1992). *Manual de ortodoncia* (S. Leyt, Trans.). Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana.
- Norton, N. S. (2012). *Netter. Anatomía de cabeza y cuello para odontólogos*. Barcelona: Elsevier Masson.
- Palastanga, N., Field, D., & Soames, R. (2007). *Anatomía y movimiento humano. Estructura y funcionamiento* (P. González del Campo Román, Trans.). Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Pampush, J. D., & Daegling, D. J. (2016). The enduring puzzle of the human chin. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 25(1), 20-35.
- Parada, C., & Chai, Y. (2015). Mandible and Tongue Development. *Current Topics in Developmental Biology*, 115, 31-58.
- Pérez, L., Legrá Matos, S. M., Fernández Laplace, J., Quiñones Márquez, D., Piña Suárez, L., & Castellanos Almestoy, L. (2013). Enfermedades bucales en el adulto mayor. *Correo Científico Médico*, 17(4), 477-488.
- Rodríguez-Vázquez, J., Mérida-Velasco, J., Mérida-Velasco, J., Sánchez-Montesinos, I., Espín-Ferra, J., & Jiménez-Collado, J. (1997). Development of Meckel's cartilage in the symphyseal region in man. *The Anatomical Record*, 249(2), 249-254.
- Rovira-Lastra, B., Flores-Orozco, E. I., Salsench, J., Peraire, M., & Martínez-Gomis, J. (2014). Is the side with the best masticatory performance selected for chewing? *Archives of Oral Biology*, 59(12), 1316-1320.
- Ruff, C., Holt, B., & Trinkaus, E. (2006). Who's afraid of the big bad Wolff?: "Wolff's law" and bone functional adaptation. *American Journal of Physical Anthropology*, 129(4), 484-498.
- Sarig, R., Slon, V., Abbas, J., May, H., Shpack, N., Vardimon, A. D., & HersHKovitz, I. (2013). Malocclusion in Early Anatomically Modern Human: A Reflection on the Etiology of Modern Dental Misalignment. *PLoS ONE*, 8(11), e80771.
- Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature methods*, 9(7), 671.
- Serel Arslan, S., İnal, Ö., Demir, N., Ölmez, M. S., & Karaduman, A. A. (2017). Chewing side preference is associated with hemispheric laterality in healthy adults. *Somatosensory & Motor Research*, 1-4.
- Smith, B. H. (1984). Patterns of molar wear in hunter-gatherers and agriculturalists. *American Journal of Physical Anthropology*, 63(1), 39-56.
- Sokal, R., & Rohlf, F. (1995). *Biometry*, 3rd edn New York. NY: WH Freeman and Company.

- Sperber, G. H., Guttman, G. D., & Sperber, S. M. (2010). *Craniofacial Embryogenetics and Development* (Vol. 1). Shelton: People's Medical Publishing House.
- Steinberger, M., Föllner, M., Vogelgesang, S., Krautwald, M., Landsberger, M., Winkler, C., Kasch, J., Füchtbauer, E.-M., Kuhl, D., Voelkl, J., Lang, F., & Brinkmeier, H. (2014). Lack of the serum- and glucocorticoid-inducible kinase SGK1 improves muscle force characteristics and attenuates fibrosis in dystrophic mdx mouse muscle. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 1-10.
- Suits, D. B. (1957). Use of dummy variables in regression equations. *Journal of the American Statistical Association*, 52(280), 548-551.
- Teaford, M. F., & Ungar, P. S. (2000). Diet and the evolution of the earliest human ancestors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(25), 13506-13511.
- Testut, L., & Latarjet, A. (1964). *Tratado de anatomía humana* (Vol. 9). Barcelona: Salvat.
- Ugarte Cisternas, F. (2017). *Morfología mandibular en poblaciones actuales y arqueológicas que ejercen distintas intensidades de cargas masticatorias de acuerdo a su dieta*. (Trabajo de Investigación, requisito para optar al título de Cirujano Dentista), Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- van Eijden, T. M. (2000). Biomechanics of the Mandible. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 11(1), 123-136.
- Velayos, J. L. (2012). *Anatomía de la cabeza para Odontólogos*. Madrid: Ed. Médica Panamericana.
- Vicente, W. S., dos Reis, L. M., Graciolli, R. G., Graciolli, F. G., Dominguez, W. V., Wang, C. C., Fonseca, T. L., Velosa, A. P., Roschel, H., & Teodoro, W. R. (2013). Bone plasticity in response to exercise is sex-dependent in rats. *PLoS ONE*, 8(5), e64725.
- Vinyard, C. J., & Ryan, T. M. (2006). Cross-sectional Bone Distribution in the Mandibles of Gouging and Non-gouging Platyrrhini. *International Journal of Primatology*, 27(5), 1461-1490.
- Vogel, E. R., van Woerden, J. T., Lucas, P. W., Utami Atmoko, S. S., van Schaik, C. P., & Dominy, N. J. (2008). Functional ecology and evolution of hominoid molar enamel thickness: *Pan troglodytes schweinfurthii* and *Pongo pygmaeus wurmbii*. *Journal of Human Evolution*, 55(1), 60-74.
- von Cramon-Taubadel, N. (2011). Global human mandibular variation reflects differences in agricultural and hunter-gatherer subsistence strategies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(49), 19546-19551.
- von Cramon-Taubadel, N. (2017). Measuring the effects of farming on human skull morphology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201711475.
- Wehrbein, H., Bauer, W., & Diedrich, P. (1996). Mandibular incisors, alveolar bone, and symphysis after orthodontic treatment. A retrospective study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 110(3), 239-246.
- Yamasaki, Y., Kuwatsuru, R., Tsukiyama, Y., Matsumoto, H., Oki, K., & Koyano, K. (2015). Objective assessment of actual chewing side by measurement of bilateral masseter muscle electromyography. *Archives of Oral Biology*, 60(12), 1756-1762.



## Anexo 1

### Acta de aprobación de Proyecto de Investigación.



UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE MEDICINA  
COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN EN SERES HUMANOS



#### ACTA DE APROBACIÓN DE PROYECTO

FECHA: 04 de enero de 2016.

PROYECTO: "THE ROLE OF MASTICATORY LOAD INTENSITY AND DENTAL OCCLUSAL RELATIONSHIPS IN SHAPING THE MODERN HUMAN SKULL" (EL ROL DE LA INTENSIDAD DE LA CARGA MASTICATORIA Y LAS RELACIONES OCLUSALES DENTALES EN LA FORMA CRANEOFACIAL HUMANA MODERNA)" (Fondecyt Iniciación a la Investigación)

Investigadora Responsable: **Dra. Viviana Toro-Ibacache**, quien desempeña sus labores en la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.

Con fecha 22 de Diciembre de 2015, el proyecto ha sido analizado a la luz de los postulados de la Declaración de Helsinki, de la Guía Internacional de Ética para la Investigación Biomédica que involucra sujetos humanos CIOMS 1992, y de las Guías de Buena Práctica Clínica de ICH 1996.

Sobre la base de la información proporcionada en el texto del proyecto el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, estima que el estudio propuesto está bien justificado y que no significa para los sujetos involucrados riesgos físicos, psíquicos o sociales mayores o mínimos.

Cuenta con autorización de las siguientes autoridades para la adquisición de imágenes y uso de base de datos anonimizadas.

Director prof. Dr. Jean-Jacques HUBLIN, Director, Department of Human Evolution, Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie. (Institución Secundaria).

Prof. Dr. Lui Qevedo, ICOR, Instituto de Cirugía – Ortodoncia. Rehabilitación Oral y Maxilo Facial (base de datos de imágenes de tomografías computarizadas preoperatorias de pacientes ICOR)

Sebastián Krapivka F., Encargado de Colecciones Bioantropológicas, Departamento de Antropología, Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Chile (base de datos de resacas del Cementerio General de Santiago)

En virtud de las consideraciones anteriores el Comité otorga la aprobación ética para la realización del estudio propuesto, dentro de las especificaciones del protocolo.



UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE MEDICINA  
COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN EN SERES HUMANOS



04 ENE. 2016

**INTEGRANTES DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN  
EN SERES HUMANOS**

NOMBRE	CARGO	RELACION CON LA INSTITUCION
Dr. Manuel Oyarzún	Presidente	Sí
Prof. Gina Raineri	Secretaria Ejecutiva	Sí
Dr. Hugo Amigo	Miembro	Sí
Dra. Lucía Cifuentes	Miembro	Sí
Dra. María Eugenia Pinto	Miembro	Sí
Dra. María Angela Delucchi	Miembro	Sí
Dra. Grisel Orellana	Miembro	Sí
Prof. Ma. Julieta González	Miembro	Sí
Sra. Claudia Marshall	Miembro	No
Dr. Miguel O' Ryan	Miembro Suplente	Sí

Santiago, 04 de enero de 2016.

  
**Dr. Manuel Oyarzún Gómez**  
**PRESIDENTE CEISH**



MOG/lom.  
Proyecto N° 203-2015  
mtoroibacache@odontologia.uchile.cl