

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO**



**COVARIACIÓN DE LA POSICIÓN DEL HUESO HIOIDES
SEGÚN CLASE ESQUELETAL FACIAL
“UN ESTUDIO DE MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA”**

RODOLFO RENÉ SANZANA CUCHE

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS MÉDICAS Y
CIENCIAS BIOLÓGICAS MENCIÓN MORFOLOGÍA**

Director de Tesis: Prof. Dr. Juan Carlos Salinas

2014

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO**

INFORME DE APROBACIÓN TESIS DE MAGÍSTER

Se informa a la Comisión de Grados Académicos de la Facultad de Medicina, que la Tesis de Magister presentada por el candidato

RODOLFO RENÉ SANZANA CUCHE

ha sido aprobada por la Comisión Informante de Tesis como requisito para optar al Grado de **Magister en Ciencias Biomédicas** con **mención en Morfología** en Examen de Defensa de Tesis rendido el día 24 de Junio de 2014.

**Prof. Dr. Juan Carlos Salinas
Director de Tesis
Magíster en Cs. Odontológicas
Facultad de Odontología, Universidad de Chile**

COMISIÓN INFORMANTE DE TESIS

PROF. DR. ALBERTO RODRÍGUEZ

PROF. DR. ÁNGEL SPOTORNO

PROF. DR. GERMÁN MANRÍQUEZ

PROF. DRA. XIMENA ROJAS

**PROF. DRA. CLEOFINA BOSCO
COORDINADORA COMITÉ
MAGÍSTER MORFOLOGÍA**

DEDICATORIA

*A mi Padre y Madre que me formaron y me inculcaron los valores y actitudes que
me permiten alcanzar mis objetivos*

A mi señora Andrea por su incansable apoyo

“Lo imposible está sólo presente en la mente de quienes no lo intentan”

Cuche, M.

AGRADECIMIENTOS

A mi *familia* y en especial mi *señora* por el apoyo brindado en estos años de estudio.

A *Germán y Juan Carlos* por haber creído en mi proyecto y por dejarme cambiar el enfoque biológico a uno más clínico.

A *Viviana Toro*, que me ayudo a interpretar los complejos análisis estadísticos multivariados que esta tesis comprende y por haberme dedicado el tiempo necesario.

Al Dr. *Alberto Rodríguez* y la Dra. *Ximena Rojas* por haberme instado a realizar el magíster y haberme apoyado las veces que lo necesite.

Al Dr. *Ricardo Urzúa*, por dejarme acceder a los archivos de su centro imagenológico IMAX con toda la confianza que eso significa.

ÍNDICE

Página

I.	Resumen.....	5
II.	Abstract.....	7
III.	Introducción.....	9
IV.	Hipótesis.....	22
V.	Objetivos.....	23
VI.	Material y Método.....	24
VII.	Resultados.....	32
VIII.	Discusión.....	74
IX.	Conclusiones.....	84
X.	Referencias Bibliográficas.....	86
XI.	Anexos.....	92

I. RESUMEN

Gracias a las inserciones que presta a la lengua y otras estructuras cercanas, la posición del hueso hioides ha sido tema de estudio, ya sea relacionándolo a estructuras óseas o de tejido blando. Por otro lado las clases faciales dentoesqueletales descritas por Ricketts, tienen un alto valor clínico en los tratamientos de ortodoncia al permitir clasificar las relaciones craneomandibulares y predecir el crecimiento facial. La relación directa que podría existir entre el hueso hioides y las diferentes clases esqueléticas faciales hacen de este estudio una oportunidad para poder comprender, en forma objetiva, la variación de posición del hueso hioides y poder así asociar los resultados a las implicancias clínicas que podrían experimentar los pacientes. La morfometría geométrica es una herramienta que permite la valoración objetiva de la variación de la forma de las estructuras anatómicas, ocupando métodos de estandarización para comparar las diferentes estructuras entre sí y poder correlacionarlas objetivamente, independientemente de su tamaño. El objetivo principal de este trabajo es conocer la covariación que existe entre la posición del hueso hioides y las diferentes clases esqueléticas. Para esto se analizaron 125 telerradiografías en las cuales se consideraron diferentes hitos anatómicos para elaborar las configuraciones hioidea y craneofacial. Mediante el uso de la morfometría geométrica se realizaron los análisis estadísticos respectivos para estudiar diferentes tópicos, entre los cuales se incluyen dimorfismo sexual respecto de la forma y tamaño, análisis discriminante entre clases esqueléticas en relación a la

forma pura, pruebas de modularidad y análisis de covariación entre configuraciones usando el análisis de mínimos cuadrados de dos bloques separados. El estudio reportó que la covariación entre la configuración hioidea y la configuración craneofacial no es estadísticamente significativa y que por ende la posición del hueso no puede sólo estar asociada a factores óseos, por lo cual la posición del hueso es dependiente de factores funcionales y del desarrollo.

II. ABSTRACT

Because of the attachment that gives to the tongue and other nearby structures, the hyoid bone position has been a study theme, either by relating it to bony or soft tissue structures. On the other hand the facial dentoskeletal classes described by Ricketts have high clinical value on orthodontics treatments allowing the classification of the craneomandibular relationships and the prediction of facial growth. The direct relationships that could exist between the hyoid bone and the different dentoskeletal classes make of this study a chance to understand in an objective manner, how the hyoid bone varies in terms of position, so that one can make an association between the results and the clinical consequences that the patients can experiment. Geometric morphometric is a tool that allows the objective assessment of pure shape variation of the anatomical structures, using standardized methods to compare and correlate different structures between them in an objective manner, regardless of its size. The main objective of this study is to know the degree of covariation that exists between the hyoid bone position and the different skeletal classes. In order to do this 125 telerradiographies were analysed in which several anatomical landmarks were consider in order to generate a craniofacial and hyoid bone configuration. By the use of geometric morphometric statistical analysis were made in order to study different topics, among the ones we can include sexual dimorphism in relation to shape and size, discriminant function analysis between classes in relation to shape, modularity hypothesis and covariation analysis between configurations by using the two

separate blocks partial least square analysis. The study reported that the covariation between configurations did not have statistical significance, and that the hyoid bone position cannot be only associated with bony factors, therefore the hyoid bone position depends on functional and developmental factors.

III. INTRODUCCIÓN

CEFALOMETRÍA Y ANÁLISIS CEFALOMÉTRICOS

En la actualidad existen distintos métodos utilizados para el diagnóstico y toma de decisiones en el tratamiento ortodóncico de un paciente. Entre estos métodos, uno de los más utilizados es la cefalometría o antropometría radiográfica de la cabeza (Thilander et al. 2001) a través de la cual se pueden realizar mediciones de distintas estructuras, entre ellas base de cráneo, maxilar, mandíbula, dientes, plano oclusal y hueso hioides. El análisis oclusal permite realizar una clasificación anatómica del paciente, basado solamente en la relación existente entre sus arcos dentarios, principalmente la relación canina y del primer molar permanente, que es lo que se conoce como la clasificación de Angle (Angle, 1907) . La cefalometría, en cambio, permite realizar una clasificación esquelética, que involucra variables esqueléticas más allá de los arcos dentarios, tales como las relaciones entre las estructuras maxilo-mandibulares y la base de cráneo, la tendencia rotacional del crecimiento mandibular, posición del mentón, etc. Diferentes autores han destacado por sus análisis esqueléticos y entre los más clásicos se encuentran Björk (Björk, 1969), Steiner (Steiner, 1953), Ricketts (Ricketts & Langlade, 1978), Delaire (Delaire et al. 1981), entre otros. Oclusalmente, se distinguen 3 clases tipológicas según Angle (Angle, 1907): clase I donde existe una relación interdentaria sagital ideal, la disto oclusión o clase II consta de un arco inferior distal o posterior respecto del arco superior, y la clase III

o mesio oclusión, el arco inferior adopta una posición mesial o anterior respecto del arco superior.

La distribución de las mal oclusiones según la clasificación de Angle, ha sido determinada en distintas poblaciones, encontrándose importantes diferencias atribuidas principalmente al nivel socioeconómico y a la geneticidad de las poblaciones estudiadas (Thilander et al. 2001; Grant, 1965). En un estudio se analizaron 507 adolescentes latinos entre 12 y 18 años según la clasificación de Angle: los resultados arrojaron un 93,5% de prevalencia de mal oclusiones, sin determinar a qué tipo correspondían. Sólo un 6,5% presentó la clase I de normo oclusión (Silva & Kang, 2001).

En Chile la prevalencia de las mal oclusiones no ha sido analizada a escala nacional. Sin embargo, algunos estudios realizados en el área metropolitana estiman que éstas podrían afectar al 70% de la población (Minsal, 1998)

El análisis de Delaire (Delaire et al. 1981) pone de manifiesto que existen distintos complejos que pueden variar e interactuar entre sí en el mismo individuo, como por ejemplo la base de cráneo con la mandíbula y ésta con el macizo facial. Su análisis se basa en una variación interindividual más que en promedios poblacionales. Desde un punto de vista práctico, a diferencia del resto de los cefalogramas, el análisis de Delaire ofrece una visualización directa en el trazado cefalométrico de las desviaciones que presentaría un individuo determinado respecto de su configuración ideal. (Delaire, 1981)

Robert Ricketts desde 1956 (Ricketts, 1956) , y con la publicación de diversos trabajos en años sucesivos (Ricketts 1960; Ricketts & Langlade 1978) comienza a desarrollar su método de análisis cefalométrico. Este cefalograma se considera superior por las siguientes razones: descripción cefalométrica más completa y

sistematizada, con un mayor rigor científico apoyado en la bioestadística, incorporación de correcciones biológicas (sexo, edad, raza) y la introducción de la tecnología computarizada. (Tweed, 1946; Broadbent & Golden 1975; Fonseca & Klein 1978; Lin, 1985).

Respecto de las clases esqueléticas, la clasificación es similar en el sentido de la posición dental, pero lo que cambian son las variables analizadas, ya que en estos análisis se incluyen distintos hitos óseos de la mandíbula, maxilar, dientes y base de cráneo. Existen variados criterios para definir una clase esquelética, el que considera este estudio es el criterio de convexidad de Ricketts (Ricketts, 1956; Ricketts, 1960) el cual se establece mediante la distancia en mm. Entre el punto cefalométrico "A" (Punto más profundo en la parte media de la concavidad del maxilar, entre la espina nasal y el prostion) y el plano facial, el cual es un plano que une el punto nasion con el punto pogonion. La norma indica que para que la persona entre dentro de la clase I, esta distancia no debe ser mayor a 2mm, con una desviación estándar de ± 2 mm. A partir de los 8.5 años esta norma disminuye 0.2mm por año. Los valores sobre 2mm. Caerán dentro de la clase II (retrognatos) y los valores negativos en la clase III (prognatos) (Fig. 1)

Dentro de estos análisis, las clases esqueléticas II y III que se presentan moderadas o leves, podrían caer dentro de los parámetros de una clase I, lo cual genera controversia y falta de consenso respecto de qué se entiende por clases esqueléticas I, II o III. (Díaz, 2008)

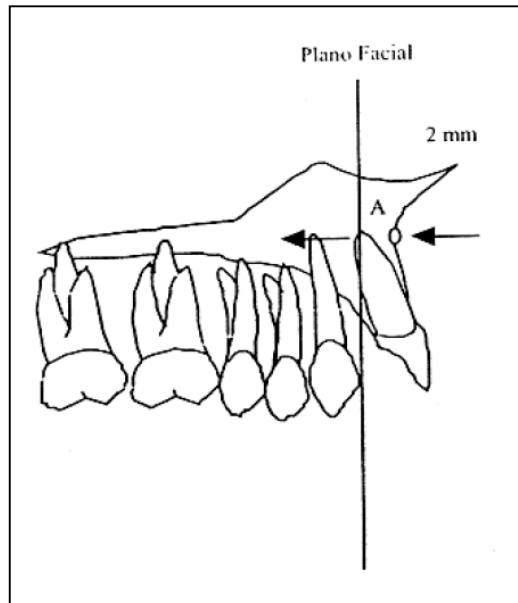


Figura 1.
La figura muestra un esquema de la distancia entre el punto A y el plano facial.

HUESO HIOIDES

Por otro lado, el esqueleto cervicofacial y el hueso hioides han sido analizados de manera puntual y específica por algunos autores (Lieberman et al. 2001; Lieberman & McCarthy 1999; Ricketts & Langlade 1978; Bibby & Preston 1981), aunque en general, el hueso hioides tiende a ser subvalorado o se le da poca atención. Sin embargo, el hioides es una estructura única en el hombre, ya que a diferencia de otros huesos de la cabeza y cuello, no tiene articulaciones directas con otros huesos. Rouvière (Rouvière, 2005) considera este hueso como una estructura compuesta por un cuerpo del cual se desprenden astas mayores y menores. El cuerpo y las astas del hueso reciben distintos tipos de inserciones, entre ellos, el ligamento estilohioideo, los músculos supra e infrahioides y es

preciso considerar también músculos asociados a órganos vecinos como son el músculo hiogloso que representa estrecha relación con la lengua y el músculo constrictor medio de la faringe. Por su parte la lámina superficial (de investimento) de la fascia cervical profunda, también presenta inserciones en el hueso, lo que genera una relación indirecta con los músculos trapecio y esternocleidomastoideo. La relación vertebral del hueso por lo general es la vertebra cervical nr. 3, lo que llevo a Bibby (Bibby & Preston 1981) a generar una forma de estudio de la posición espacial de este hueso, el triángulo hioideo, concluyendo que los músculos supra e infrahioideos que insertan en este hueso, hacen de este hueso un punto de anclaje extremadamente relevante para poder llevar a cabo su distintas funciones.

La posibilidad de cierta relación entre la posición del hueso hioides y la morfología de la mandíbula ha llevado a considerar las diferentes clases esqueléticas en este análisis pero, según Lee (Lee, 1978), los resultados son dispersos. Algunos investigadores encuentran correlaciones positivas entre la posición del hueso hioides y la clase esquelética, mientras que otros no encuentran dicha correlación (Grant, 1965). La medición de la posición del hueso hioides se realiza mediante un triángulo que se traza entre 3 puntos estratégicos en una telerradiografía lateral, siendo éstos. (Bibby & Preston 1981) (Fig. 2)

1. **C3**: El punto más anterioinferior del cuerpo vertebral de la tercera vértebra cervical
2. **RGn**: El punto más posteroinferior de la sínfisis mandibular
3. **H** (Hyoidale): El punto más anterosuperior del cuerpo del hueso hioides.

La posición del hueso hioides es un reflejo de la tensión relativa de los músculos, ligamentos y fascias que en él se insertan. Es por esto que el triángulo hioideo, que permite la valoración de la postura del hueso hioides en 3 direcciones, puede ser usado para valorar la posición fisiológica normal y funciones de la anatomía cercana a esta área, lo cual puede ser importante en ortodoncia y en la recidiva quirúrgica. (Bibby & Preston 1981; Bibby, 1984)



Figura 2.
La figura muestra los puntos C3, RGN y H, entre los cuales se trazan las líneas para formar el triángulo hioideo
Obtenido de Bibby, 1981 (Bibby & Preston 1981)

González observó que los Respiradores bucales tienden a mantener un descenso mandibular, lo que genera una relajación de la tracción por parte de los músculos suprahioides y un consecuente estrechamiento faríngeo. (Gonzalez & Manns, 1996). Contrario a esto, Haralabakis no encontró diferencias estadísticas en la posición anteroposterior del hueso hioides en pacientes con mordida abierta. (Haralabakis et al. 1993). Kollias describió que el hueso hioides en adultos asume una posición inferior respecto de los jóvenes (Kollias & Krogstad, 1999). Lieberman, describe el relevante rol del hueso hioides y sus estructuras asociadas observando que el descenso del hueso hioides y la laringe relativo a la mandíbula esta subyugado a la función de los músculos asociados a la deglución (Lieberman et al. 2001). Un estudio realizado por Ishida, en donde busca observar el patrón dinámico del hueso en las distintas funciones del sistema estomatognático,

observó que la a posición del hueso hioides varia en sus diferentes funciones ya sea deglutoria o fonatoria comportándose mu móvil durante la deglución y no así durante la fonación. (Ishida et al. 2002) Los estudios de cirugías orientadas a resolver problemas de apnea obstructiva del sueño, tienen resultados interesantes al momento de generar intervenciones a nivel del hueso hioides, es el caso de Krespi quien observó que la cirugía de suspensión hioidea, que consiste en unir el hioides a la mandíbula mediante unión directa, mejora en un 90% los síntomas de apnea obstructiva del sueño, generando mayor amplitud orofaríngea. (Krespi & Kacker 2002).

MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA (MG)

La teoría de la transformación de grillas cartesianas de D'Arcy Thompson (Arthur, 2006) revolucionó en su época el pensamiento biológico, debido a la integración de conceptos matemáticos y grillas que transformaban la forma original de una especie, en otra muy parecida, sólo con la aplicación de una fuerza de torsión a la grilla, transformando los cuadrados de la grilla en rombos y otras formas (Fig. 3) más complejas. (Thompson, 1917). La aplicación de la morfometría geométrica al estudio de la covariación de la forma con sus factores causales dio un gran paso con el uso de que logran capturar la geometría de la estructura objetivo. (Rohlf & Marcus 1993;

Adams & Rohlf 2012). Esto significa que la forma del objeto en estudio no se describe en términos de sus dimensiones lineales, sino de la relación espacial entre sus partes. La información relativa a la geometría de los objetos se puede recuperar, lo que permite la visualización de los cambios morfológicos. (Toro et al. 2010)

La geometría de la estructura se puede capturar como contornos o hitos «landmarks», lo que lleva a distintos métodos de análisis pero que básicamente, siguen tres pasos esenciales: 1) obtención de los datos, 2) obtención de la

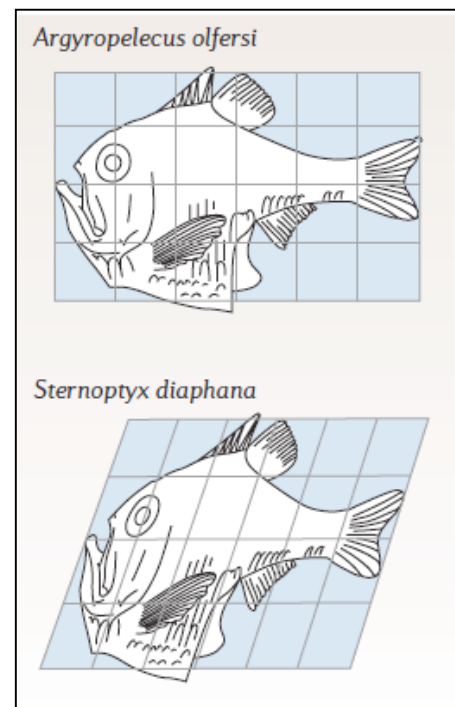


Figura 3.

La figura muestra la grilla normal de una especie y la grilla torsionada que genera la forma de una especie cercana.

Obtenido de On Growth and form, D'Arcy Thompson (Thompson, 1917)

información que describe la forma “pura” o «shape» y 3) análisis exploratorios y confirmatorios de covariación de la forma con factores causales. Los métodos de MG más utilizados son la Morfología geométrica de hitos discretos, el análisis de elementos finitos (FEM) y el análisis matricial de distancias euclídeas (EDMA). En esta investigación usaremos la MG de hitos discretos.(Toro et al. 2010)

MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA DE HITOS DISCRETOS

Obtención de datos

Los datos utilizados para el análisis de morfometría geométrica resultan de la transformación de configuraciones definidas por un conjunto de hitos representativos de una forma. Un hito (o «landmark») corresponde a un punto del espacio que representa zonas de diferenciación tisular (hitos Tipo I), inserción muscular (hitos Tipo II), o de superficies curvas (hitos de Tipo III), como los puntos cefalométricos u otros definidos por el operador, y que corresponden a coordenadas cartesianas x , y en formas bidimensionales, o x , y , z en tridimensionales, que son las que describen su posición en el espacio. (Bookstein, 1991)

Obtención de la información que describe la forma “pura” (Shape) a través del ajuste de Procrustes (Adams & Rohlf 2012).

Este proceso, se realiza en espacios matemáticos multidimensionales - Hipersferas. Entre ellos el espacio de las configuraciones, el espacio Pre-Kendalliano y el espacio de la forma o espacio de Kendall. De todos estos espacios, el espacio de las configuraciones es el que tiene todas las formas posibles de una configuración, es por eso que a medida que Escalamos, Trasladamos y finalmente Rotamos obtenemos un espacio de la forma (Espacio de Kendall) en donde se han eliminado variables como el tamaño, posición y rotación (Adams & Rohlf 2012). Las distancias en estos espacios son medidas mediante “Distancias de Procrustes” que se miden en radianes y capturan la curvatura del espacio por descomposición vectorial. Finalmente, en el espacio de la forma, se genera un segundo tratamiento del tamaño (Tamaño de centroide), ajustando las distancias de Procrustes hasta que la distancia entre los puntos y su centroide sea la mínima para todos los puntos. Para poder luego realizar análisis estadísticos multivariados es que necesitamos extraer estos datos de los espacios curvos y llevarlos a una tangente o plano euclidiano. (Toro *et al*, 2010)

Análisis exploratorios y confirmatorios de covariación de la forma con factores causales.

Con los datos en el plano euclidiano podemos analizarlos de distintas formas, entre éstas tenemos análisis exploratorios como el análisis de componentes principales (PCA) (O'Higgins 2000; Zelditch et al. 2012), análisis de variantes canónicas (CVA). (Zelditch et al. 2012), análisis de deformación relativa -«relative warps analysis», que corresponde al PCA de los «partial warps scores» (Zelditch et al. 2012; Rohlf 1999) y otros análisis para la puesta a prueba de hipótesis, como análisis multivariado de la varianza - MANDEVA-, regresiones multivariadas (Zelditch et al. 2012), análisis de mínimos cuadrados (Rohlf & Corti 2000), análisis de función discriminante (Klingenberg 2011), confirmación de hipótesis de modularidad (Klingenberg 2008) y varios test no paramétricos. Así, las morfo coordenadas permiten probar la diferencias entre formas promedio, probar el grado de correlación y covariación de la forma con el tamaño, covariación de la forma con factores externos, la covariación entre formas distintas a través del análisis parcial de cuadrados mínimos -«partial least squares analysis» (Rohlf & Corti 2000), el estudio de la variación de formas simétricas y pruebas de la presencia de los distintos tipos de asimetría (Klingenberg & McIntyre 1998; Klingenberg 2008).

Los organismos están integrados para funcionar como un todo, pero esta integración no es uniforme en un concepto global (Olson & Miller 1958). Los individuos y sus mayores unidades morfológicas están compuestas por múltiples partes que son más o menos distintas unas de las otras debido a la función, estructura anatómica y el origen embriológico. Esta coordinación hacia las

subunidades se ha conocido como “integración morfológica” (Olson & Miller 1958; Cheverud 1984) y se ha convertido en el foco de un interés renovado en la biología evolutiva del desarrollo bajo el título de modularidad (Klingenberg 2008). La integración y la modularidad hace referencia a la covariación entre partes de una estructura, la cual puede ser estudiada por métodos morfométricos. Una importante tarea para la investigación en morfometría geométrica es determinar si una estructura es una sola estructura integrada o consiste en varios módulos distintos, si es así, identificar esos módulos. La integración y modularidad han sido investigadas en muchos sistemas diferentes (Klingenberg 2008).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Realizar un adecuado tratamiento de ortodoncia, implica un equipo multidisciplinario que evalúe, diagnostique y trate en forma integral todas las aristas relacionadas a la patología y/o alteración del paciente

La posición del hueso hioides retoma un lugar relevante en la evaluación cefalométrica por lo cual es imperante conocer su comportamiento espacial en relación al esqueleto craneofacial, además la posición relacionada a la tensión producida por los músculos suprahioides e infrahioides es considerada importante al momento de realizar un plan de tratamiento

IV. HIPÓTESIS

HE0: La forma craneofacial en las diferentes clases esqueléticas es independiente de la posición del hueso hioides.

HEA: Existe una covariación entre la forma craneofacial en las diferentes clases esqueléticas y la posición del hueso hioides, lo cual se traduce en que a mayor protrusión mandibular de la configuración craneofacial existe un ascenso del hueso hioides, por el contrario a menor protrusión mandibular existe descenso del hueso hioides.

HB0: La forma del esqueleto craneohioideo en las diferentes clases esqueléticas de adultos y jóvenes es independiente del tamaño y/o sexo de los individuos.

HBA: La forma del esqueleto craneohioideo en las diferentes clases esqueléticas de adultos y jóvenes es dependiente del tamaño y/o sexo de los individuos.

V. OBJETIVOS

GENERAL

1. Conocer la covariación entre la posición del hueso hioides y las diferentes clases esqueléticas

ESPECÍFICOS

1. Conocer los patrones de variación general de la forma en las configuraciones craneofacial y hioidea para cada clase esquelética
2. Conocer y estimar el efecto del sexo en las configuraciones craneofacial y hioidea para cada clase esquelética
3. Conocer y estimar el efecto del tamaño en las configuraciones craneofacial y hioidea para cada clase esquelética
4. Conocer y estimar la covariación entre las configuraciones craneofacial y hioidea para cada clase esquelética

VI. MATERIAL Y MÉTODO

La muestra esta constituida por 125 telerradiografías de pacientes chilenos (Tabla 1 y 2) de ambos sexos y de distintas edades que no tuvieran malformaciones congénitas o del desarrollo craneofacial, seleccionadas aleatoriamente entre los pacientes que asistieron al centro de imágenes dentales IMAX, en la ciudad de Santiago de Chile. A través del programa Nemoceph Nx 2006 (Nemotec, Madrid, España), un odontólogo especialista en radiología fue el responsable de analizar las telerradiografías y clasificar al paciente en una clase esquelética determinada según el criterio de convexidad de Ricketts.

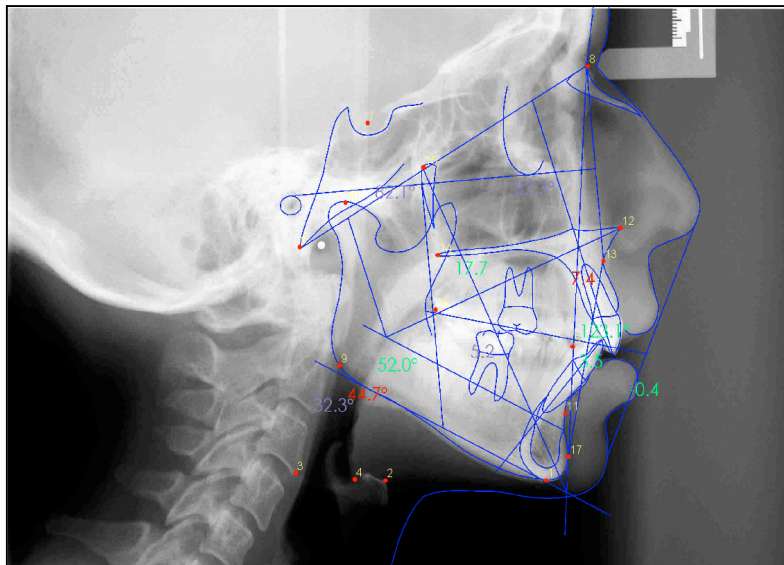
Tabla 1.
Datos de la muestra por sexo

Sexo/Edad	<i>Jóvenes (4-17 años)</i>	<i>Adultos (18-58 años)</i>	<i>Media de la edad (años)</i>	<i>Desviación estándar (años)</i>
<i>Femenino</i>	45	24	18.58	12.43
<i>Masculino</i>	39	17	19.14	12.33
<i>Total</i>	84	41	18.84	12.34

Tabla 2.
Datos de la muestra por clase esquelética

Clase esquelética / Edad	<i>Jóvenes (4-17 años)</i>	<i>Adultos (18-58 años)</i>	<i>Total</i>
<i>Clase 1</i>	31	8	39
<i>Clase 2</i>	26	24	50
<i>Clase 3</i>	27	9	36
<i>Total</i>	84	41	125

Para el análisis morfométrico se confeccionó un mapa de homología de 20 hitos anatomoclínicos (Fi. 4) (Tabla 3), según el criterio de Bookstein (Bookstein 1991).



Como las telerradiografías a analizar son digitales, se utilizará el programa TPS dig (Rohlf, 2005) para digitalizar los hitos.

Figura 4. Hitos superpuestos en la Telerradiografía

Tabla 3.

Descripción de los hitos anatómicos de la configuración general.

<i>Hito</i>	<i>Nombre</i>	<i>Abreviación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Tipo de Hito</i>
1	Mentón	Me	Punto más inferior del mentón	I
2	Hioides	H	Borde anterosuperior del cuerpo del hueso hioides	I
3	C3	C3	Borde anteroinferior cuerpo C3	I
4	Vallécula	V	Fondo de la vallécula	II
5	Apex Lingual	Al	Punto más anterior del ápex lingual	II
6	Basion	Ba	Borde anterior del foramen Magno	III
7	Silla	S	Centro de la fosa hipofisaria	Pseudohito
8	Nasion	Na	Sutura frontonasal	I
9	Gonion	Go	Punto más convexo del Angulo mandibular	II
10	Condilo	Co	Punto de mayor convexidad del cóndilo mandibular	III
11	Punto B	Pb	El punto en la parte más profunda de la cavidad de la sínfisis mandibular, entre infradental y Pogonion	III
12	Espina Nasal Anterior	ENA	Punto más anterior de la espina nasal anterior	I
13	Punto A	Pa	Es el punto más profundo en la parte media de la concavidad del maxilar, entre la espina nasal y el prosthion	III
14	Espina Nasal Posterior	ENP	Espina nasal posterior	I
15	Pterigoideo	Pts	Mayor concavidad del borde superior de la fosa pterigopalatina	III
16	Dorso Lingual	DI	Dorso Lingual	Pseudohito
17	Pogonion	Po	Punto más anterior del borde del mentón óseo	III
18	Hioides Superior	Hs	Punto más superior del cuerpo del hueso hioides	I
19	Hioides Inferior	Hi	Punto más inferior del cuerpo del hueso hioides	I
20	Hioides Posterior	Hp	Punto más cóncavo de la parte posterior del hueso hioides	II

Una vez analizadas todas las telerradiografías, se obtuvieron los valores x,y de cada paciente para generar las matrices de coordenadas. Todas las matrices fueron unidas en un archivo mediante el programa TPS Util (Rohlf, 2010). Una vez generado el archivo con las matrices de coordenadas de los 20 hitos de todos los pacientes, los datos fueron analizados con el programa MorphoJ (Klingenberg 2011).

Un vez ingresados los datos al programa MorphoJ (Klingenberg 2011), se procedió con los análisis exploratorios y confirmatorios.

Uno de los primeros análisis a considerar es el ajuste de Procusto, el cual consiste en comparar los datos de todos los pacientes, obtenidos a través de las telerradiografías, para poder “ajustar” toda la muestra a una forma consenso. Esto se logra removiendo las diferencias debidas a escala, rotación y traslación, para luego registrar la variación de la forma mediante la superposición de hitos homólogos y obtener así un estimador del tamaño geométrico (tamaño del centroide) y una configuración promedio o consenso respecto de la cual se estudia la variación de la forma. Gracias a este análisis la forma consenso queda dentro del espacio de la forma o espacio de Kendall (Toro et al. 2010). El cual considera un número de dimensiones correspondientes con la siguiente fórmula $2k-4$ dimensiones, donde el 2 es debido a que es una configuración bidimensional (planar), k obedece al número de hitos de la configuración, en este caso 20 y se restan 4 dimensiones debido a que el ajuste de Procusto al escalar resta 1 dimensión, al trasladar resta 2 dimensiones y al rotar resta 1 dimensión. De esta forma nuestra configuración de 20 hitos quedaría con 36 dimensiones en el espacio de la forma.

A través de la función de placa delgada, del inglés “Thin plate spline” (TPS) se recupera la información obtenida de los objetos biológicos mediante la interpolación de las matrices entre los especímenes, lo cual permite expresar las diferencias entre las configuraciones de manera continua.

Al finalizar el análisis de Procrustes, se obtiene la matriz de covarianza para poder realizar el análisis de componentes principales, del inglés “Principal component analysis” (PCA), este análisis detalla los componentes de la forma, en los cuales podemos visualizar los cambios de la forma respectivos y los ordena desde el que tiene la “principal” o mayor variación (PC1) hasta el que tiene la menor (PC36).

Dividimos la configuración general en dos configuraciones con el programa MorphoJ (Klingenberg 2011), para así poder realizar los análisis posteriores de covariación y modularidad, la configuración craneofacial de 11 hitos (Tabla 4) y la configuración hioidea de 7 hitos (Tabla 5). Para cada una de estas nuevas configuraciones se tuvo que nuevamente realizar el ajuste de Procrustes y el PCA.

Es importante hacer notar, que los puntos “dorso lingual” y “ápex lingual” fueron removidos del estudio por ser puntos de extrema variabilidad en su posición y de poca utilidad al momento de ser contrastados en relación a una estructura ósea. En el presente estudio se optó por considerar como punto más anterior del triángulo hioideo al punto mentón (Me) debido que tiene un mayor grado de homología según el criterio de clasificación de Bookstein (Bookstein 1991).

Tabla 4.
Hitos anatómicos de la configuración craneofacial

<i>Hito</i>	<i>Nombre</i>	<i>Abreviación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Tipo de Hito</i>
6	Basion	Ba	Borde anterior del foramen Magno	I
7	Silla	S	Centro de la fosa hipofisiaria	Pseudohito
8	Nasion	Na	Sutura frontonasal	I
9	Gonion	Go	Punto más convexo del Angulo mandibular	II
10	Cóndilo	Co	Punto de mayor convexidad del cóndilo mandibular	III
11	Punto B	Pb	El punto en la parte más profunda de la cavidad de la sínfisis mandibular, entre infradental y Pogonion	III
12	Espina Nasal Anterior	ENA	Punto más anterior de la espina nasal anterior	I
13	Punto A	Pa	Es el punto más profundo en la parte media de la concavidad del maxilar, entre la espina nasal y el prostion	III
14	Espina Nasal Posterior	ENP	Espina nasal posterior	I
15	Pterigoideo	Pts	Mayor concavidad del borde superior de la fosa pterigopalatina	III
17	Pogonion	Po	Punto más anterior del borde del mentón óseo	III

Tabla 5.
Hitos anatómicos de la configuración hioidea

<i>Hito</i>	<i>Nombre</i>	<i>Abreviación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Tipo de Hito</i>
1	Mentón	Me	Punto más inferior del mentón	I
2	Hioides	H	Borde anterosuperior del cuerpo del hueso hioides	I
3	C3	C3	Borde anteroinferior cuerpo C3	I
4	Vallécula	V	Fondo de la vallécula	II
18	Hioides superior	Hs	Punto más superior del cuerpo del hueso hioides	I
19	Hioides inferior	Hi	Punto más inferior del cuerpo del hueso hioides	I
20	Hioides posterior	Hp	Punto más cóncavo de la parte posterior del hueso hioides	III

Se realizó un análisis de función discriminante, del inglés “*Discriminant function analysis*” (DFA) para confirmar en forma estadística, la diferencia de forma pura “shape” para las distintas clases esqueléticas en ambas configuraciones .

Para poder poner a prueba la hipótesis biológica alternativa, se realizaron análisis de función discriminante y de regresión en el programa MorphoJ (Klingenberg 2011), para así poder estimar el efecto del sexo y/o tamaño en la forma como variable dependiente. Para dar mayor validez a estos análisis, es que la muestra aparte de ser dividida en clases I, II y III, se dividió además por grupos etarios. De esta manera se obtuvieron dos grupos por clases, grupo jóvenes, sujetos menores a 18 años y grupo adultos, sujetos mayores a 18 años.

Se usó el t-test, para poder comparar las medias de los tamaños (tamaño del centroide) entre especímenes masculinos y femeninos.

Una vez obtenidos todos estos datos se procedió a poner a prueba nuestra hipótesis estadística alternativa de la tesis en cuestión mediante el uso del análisis de mínimos cuadrados parciales de dos bloques separados, del inglés “*2 separate blocks partial least squares analysis*” (2SBPLSA) (Rohlf & Corti 2000) y así poder confirmar o desechar la hipótesis estadística alternativa. En conjunto con este análisis pusimos a prueba la hipótesis de modularidad entre configuraciones (craneofacial y hioidea) en el programa MorphoJ.

VII. RESULTADOS

ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LA VARIACIÓN DE LA FORMA EN LA CONFIGURACIÓN GENERAL

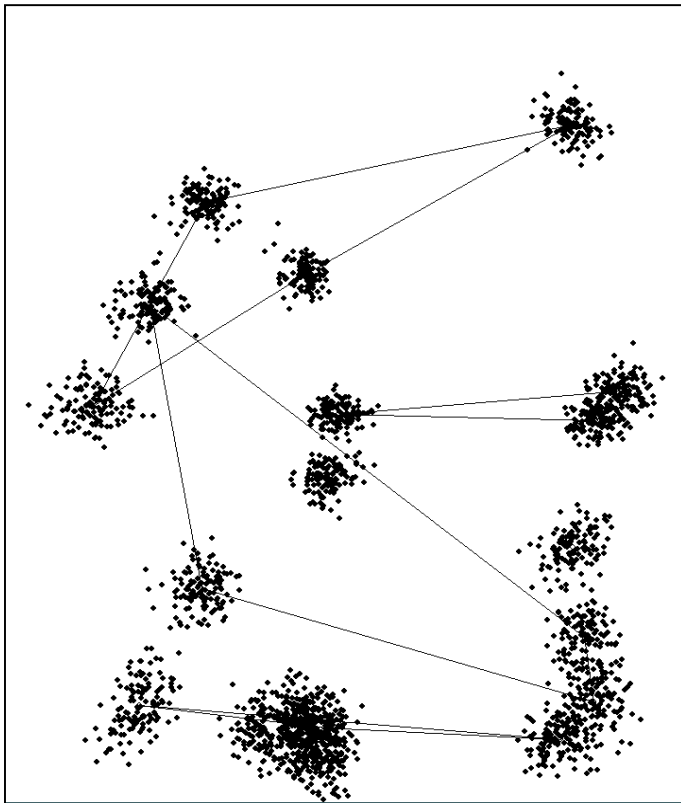


Figura 5. Forma consenso para la configuración general. Los puntos alrededor de cada hito muestran la dispersión después del ajuste de Procrusto para toda la muestra

La Figura 5. muestra el consenso y la dispersión de cada uno de los especímenes observados, después de realizar el análisis de Procrusto y la función de placa delgada. Al análisis exploratorio, es evidente la gran dispersión que hay a nivel de hueso hioides y columna cervical (C3).

Al sobreponer la forma consenso con cada uno de los especímenes, la expresión vectorial puede ser graficada en la grilla cartesiana deformada, la cual se visualiza en un espacio morfométrico definido por los ejes de deformación relativa o “relative warps” equivalentes al análisis de componentes principales (PCA). La figura 6 y 7, muestran la deformación de la grilla para el PC1 y PC2 respectivamente.

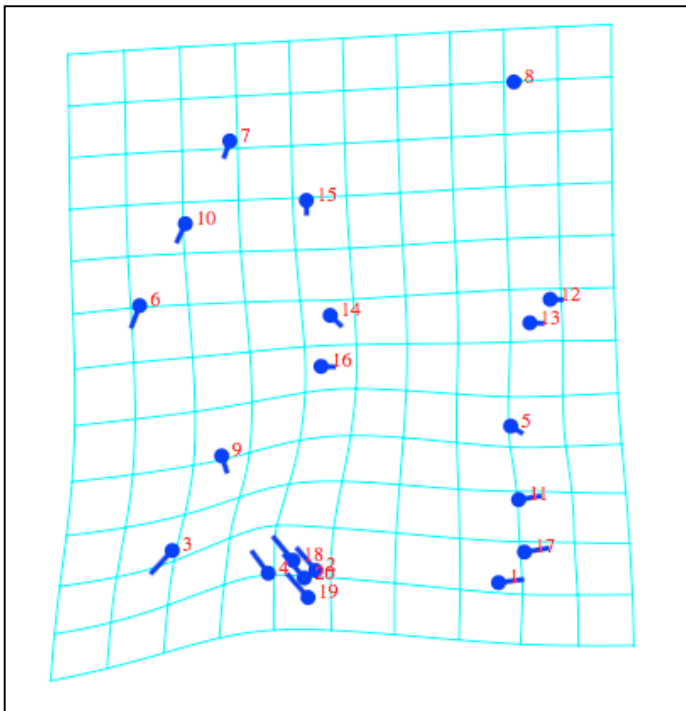


Figura 6. Deformación de la grilla en el PC1. El “lollypop graph” muestra la dirección del cambio de forma. El PC1 explica el 26,744% de la varianza

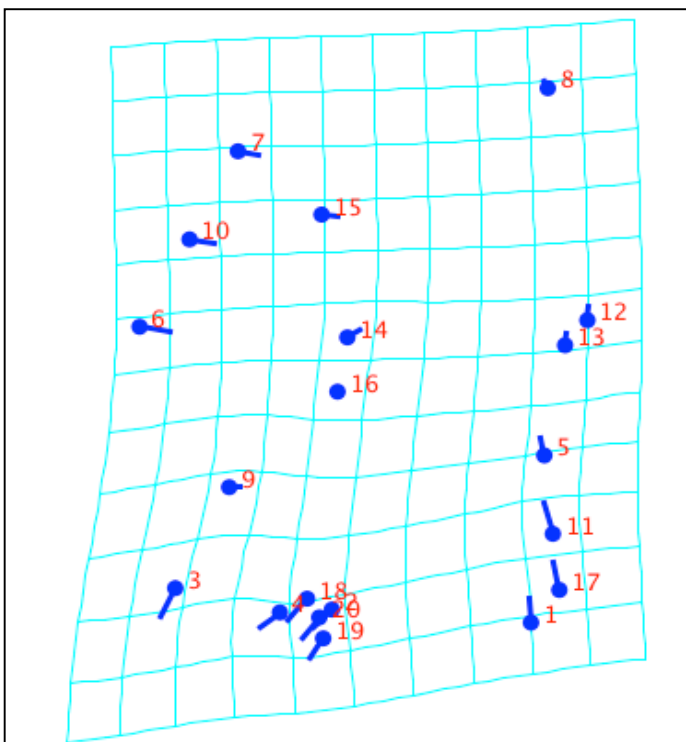


Figura 7. Deformación de la grilla en el PC2. El “lollypop graph” muestra la dirección del cambio de forma. El PC2 explica el 24,069% de la varianza.

La Figura 8, muestra el gráfico de dispersión entre el PC1 y PC2 en donde se aprecia una leve tendencia de los sujetos clase II y clase III a agruparse hacia los extremos del PC2 y una tendencia de los sujetos clase I a agruparse al centro de las 2 clases anteriores.

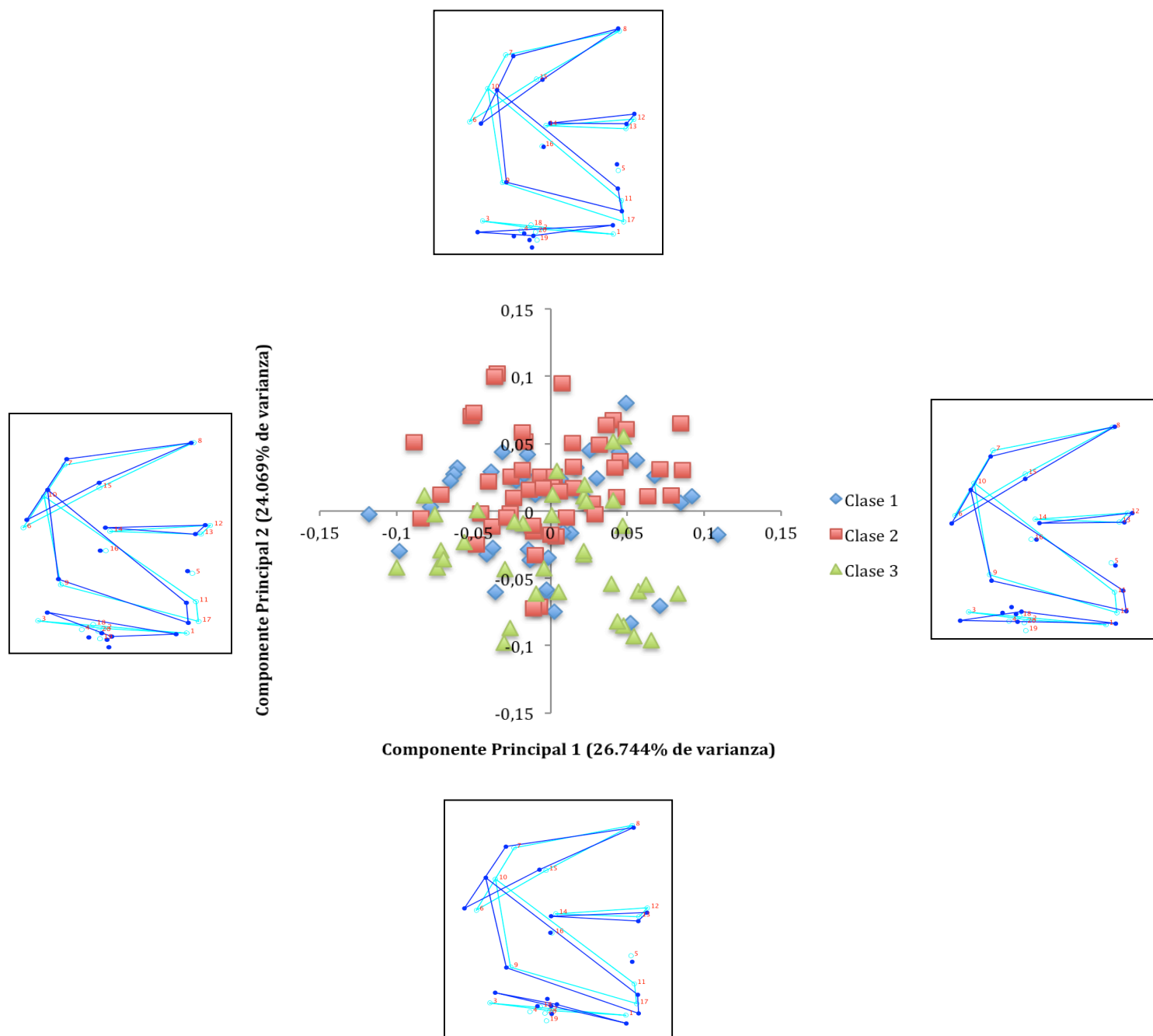


Figura 8. Análisis exploratorio de la forma entre el PC1 vs PC2 según clase esquelética. clase I rombos, clase II cuadrados y clase III triángulos en la configuración general.

ANÁLISIS CONFIRMATORIO DE LA VARIACIÓN DE LA FORMA ENTRE LAS CLASES ESQUELETALES EN LA CONFIGURACIÓN GENERAL

Este análisis de función discriminante confirmó con significancia estadística ($p < 0.05$) la diferencia entre las clases 3 clases esqueléticas. Se puede apreciar en las figuras 9, 10 y 11, la marcada diferencia de cada una de las clases, lo cual se confirmó con los resultados arrojados por el análisis discriminante. Los resultados se muestran en la tabla 6.

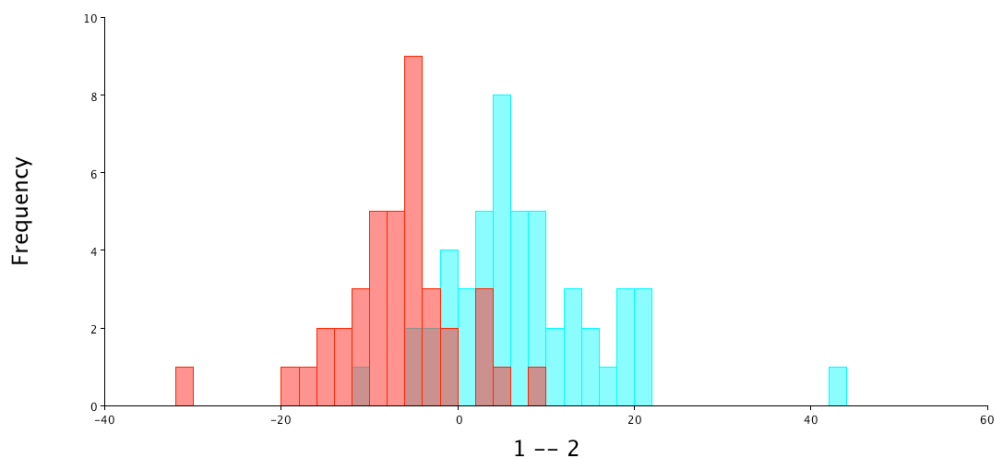


Figura 9. DA entra la clase I y II de la configuración general

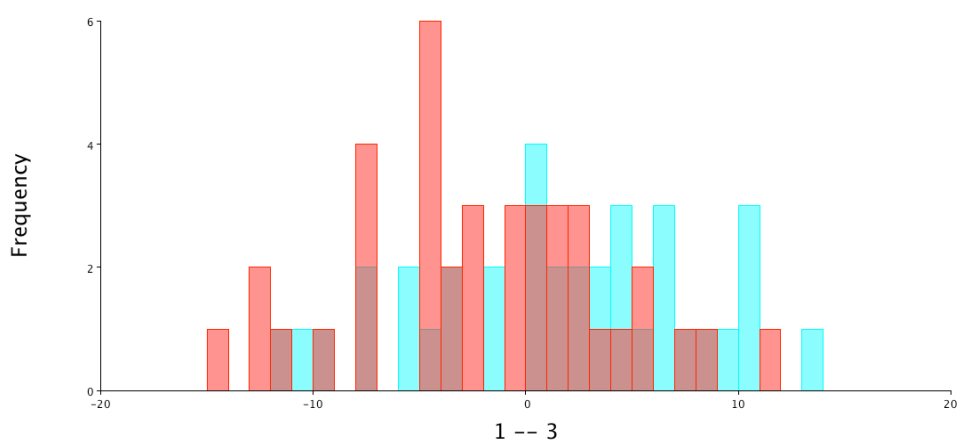


Figura 10. DA entra la clase I y III de la configuración general

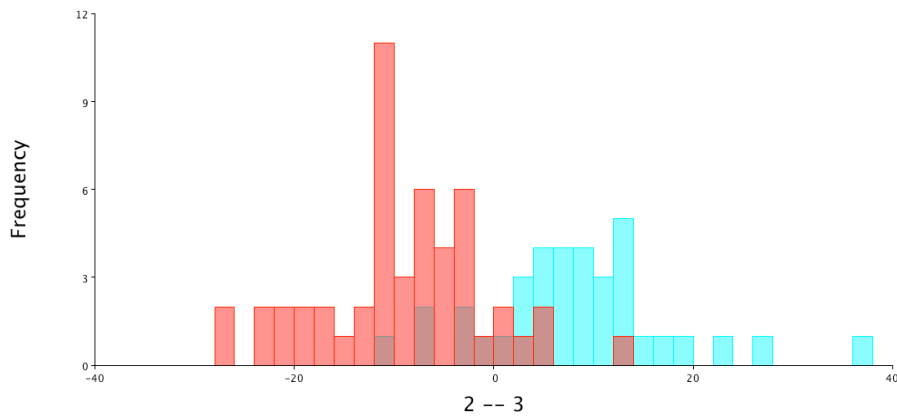


Figura 11. DA entra la clase II y III de la configuración general

Tabla 6. Análisis discriminante entre las diferentes clases

Clases (muestra) / Valores	<i>Diferencia entre las medias (Distancia de Mahalanobis)</i>	<i>Significancia estadística</i>
<i>Clase I (39) vrs Clase II (50)</i>	<i>41.125</i>	<i>p<.0001*</i>
<i>Clase I (39) vrs Clase III (36)</i>	<i>28.080</i>	<i>p=0.0120*</i>
<i>Clase II (50) vrs Clase III (36)</i>	<i>45.331</i>	<i>p<.0001*</i>

Existió significancia estadística (*p<0.05) para los tres análisis, por lo cual se puede afirmar estadísticamente que la forma de la configuración general es diferente entre las 3 clases esqueléticas

ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LA VARIACIÓN DE LA FORMA EN LA CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL

Se realizó el análisis de Procrustes y el análisis de componentes principales para la configuración craneofacial, el cual arroja el siguiente gráfico de dispersión entre el PC1 y el PC2 (Fig. 12)

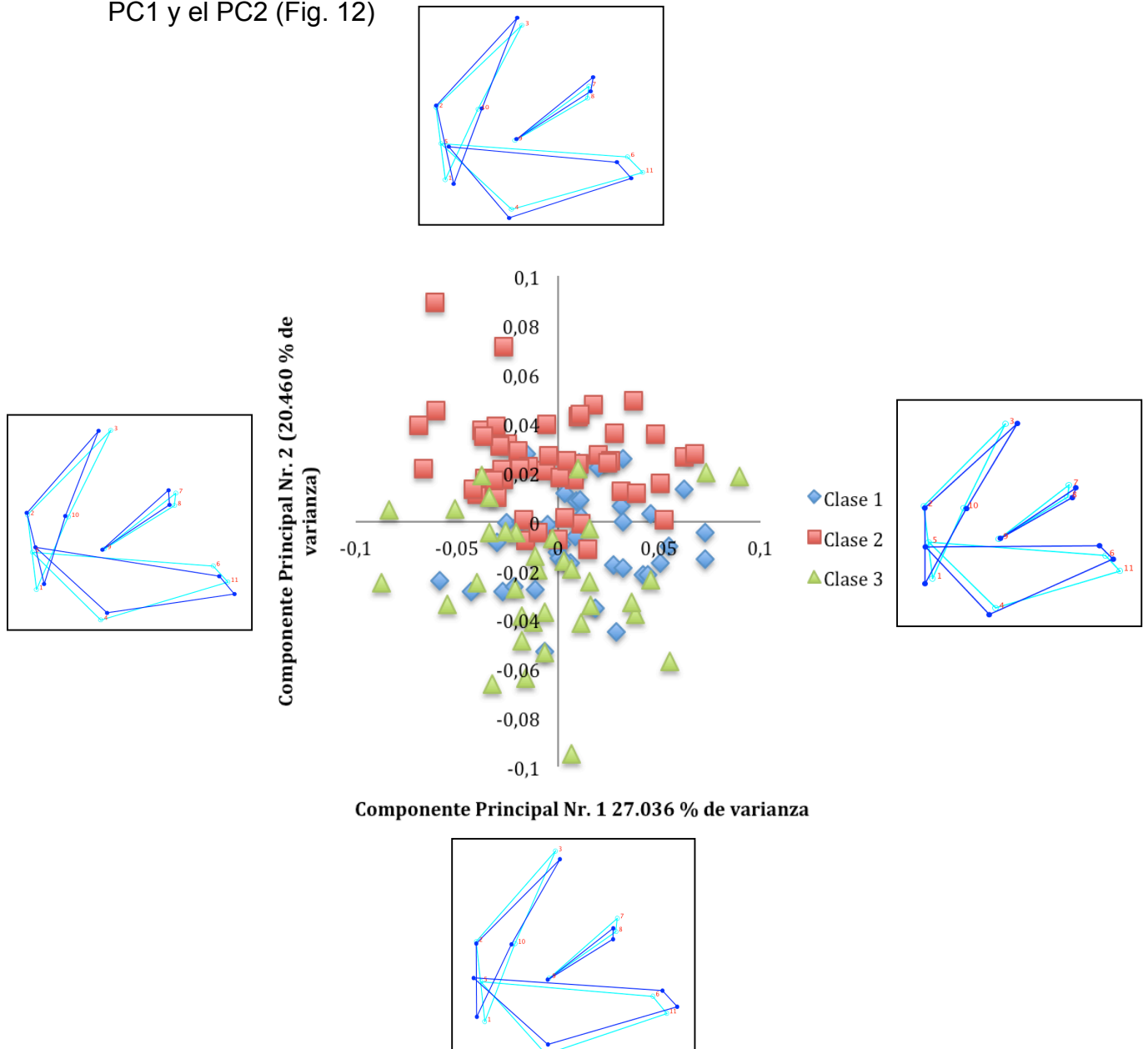


Figura 12. Análisis exploratorio de la forma entre el PC1 vs PC2 según clase esquelética. clase I rombos, clase II cuadrados y clase III triángulos, en la configuración craneofacial

El análisis exploratorio de la variación de la forma (PCA) es bastante clarificador en como se separan las 3 clases esqueléticas en relación al PC2 quedando la clase I en el centro y las clases II y III orientadas hacia los extremos.

ANÁLISIS CONFIRMATORIO DE LA VARIACIÓN DE LA FORMA ENTRE LAS CLASES ESQUELETALES EN LA CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL

Para poder confirmar esta separación gráfica se realizó el análisis discriminante el cual arrojo los siguientes resultados resumidos en las figuras 13, 14 y 15 y en la tabal 7.

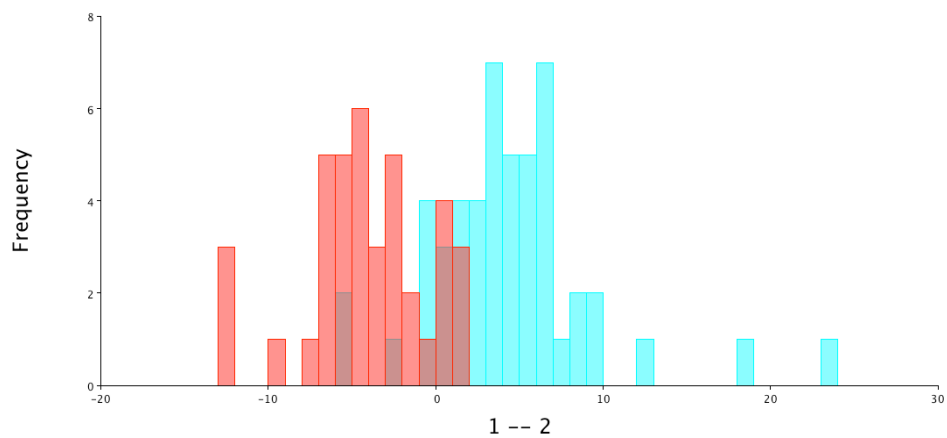


Figura 13. DA entra la clase I y II de la configuración craneofacial

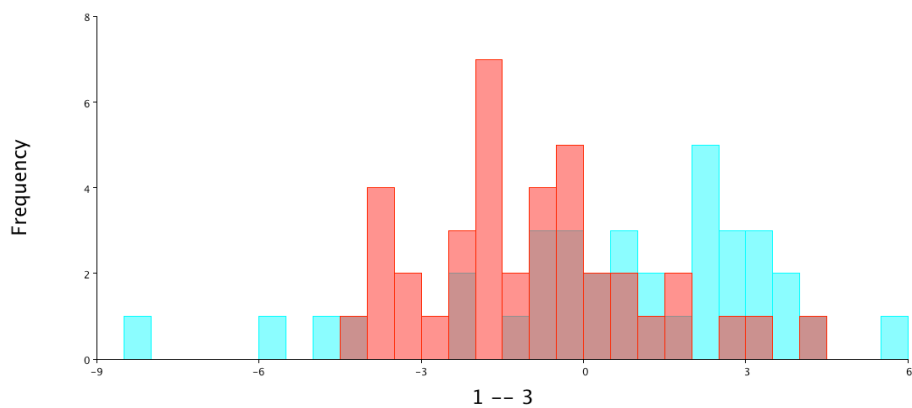


Figura 14. DA entra la clase I y III de la configuración craneofacial

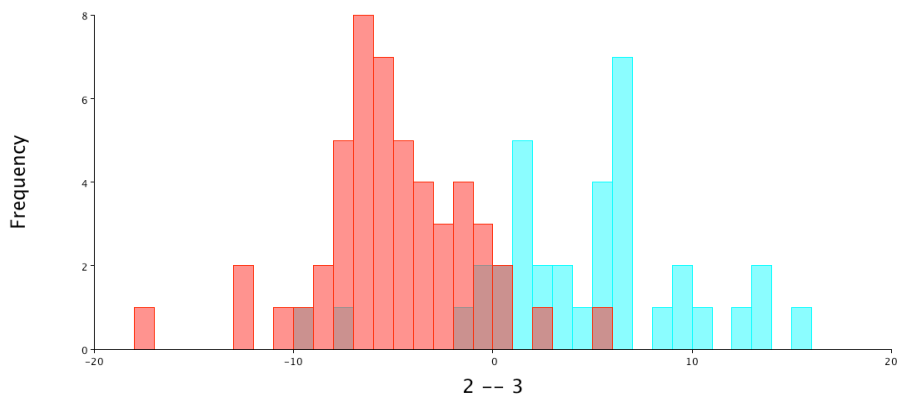


Figura 15. DA entre la clase II y III de la configuración craneofacial

Tabla 7. Análisis discriminante entre las diferentes clases esqueléticas de la configuración craneofacial

Clases (muestra) / Valores	<i>Diferencia entre las medias (Distancia de Mahalanobis)</i>	<i>Significancia estadística</i>
<i>Clase I (39) vrs Clase II (50)</i>	3.0592	<i>p<.0001*</i>
<i>Clase I (39) vrs Clase III (36)</i>	1.7348	<i>p=0.0020*</i>
<i>Clase II (50) vrs Clase III (36)</i>	3.3018	<i>p<.0001*</i>

Los análisis fueron estadísticamente significativos (* $p < 0.05$) por lo cual se puede afirmar que la forma de la configuración craneofacial es diferente para las 3 clases esqueléticas.

ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LA VARIACIÓN DE LA FORMA EN LA CONFIGURACIÓN HIOIDEA

Para la configuración hioidea, se realizó al igual que en las configuraciones anteriores, un ajuste de Procrustes y un análisis de componentes principales, que arrojó los siguientes resultados (Fig. 16)

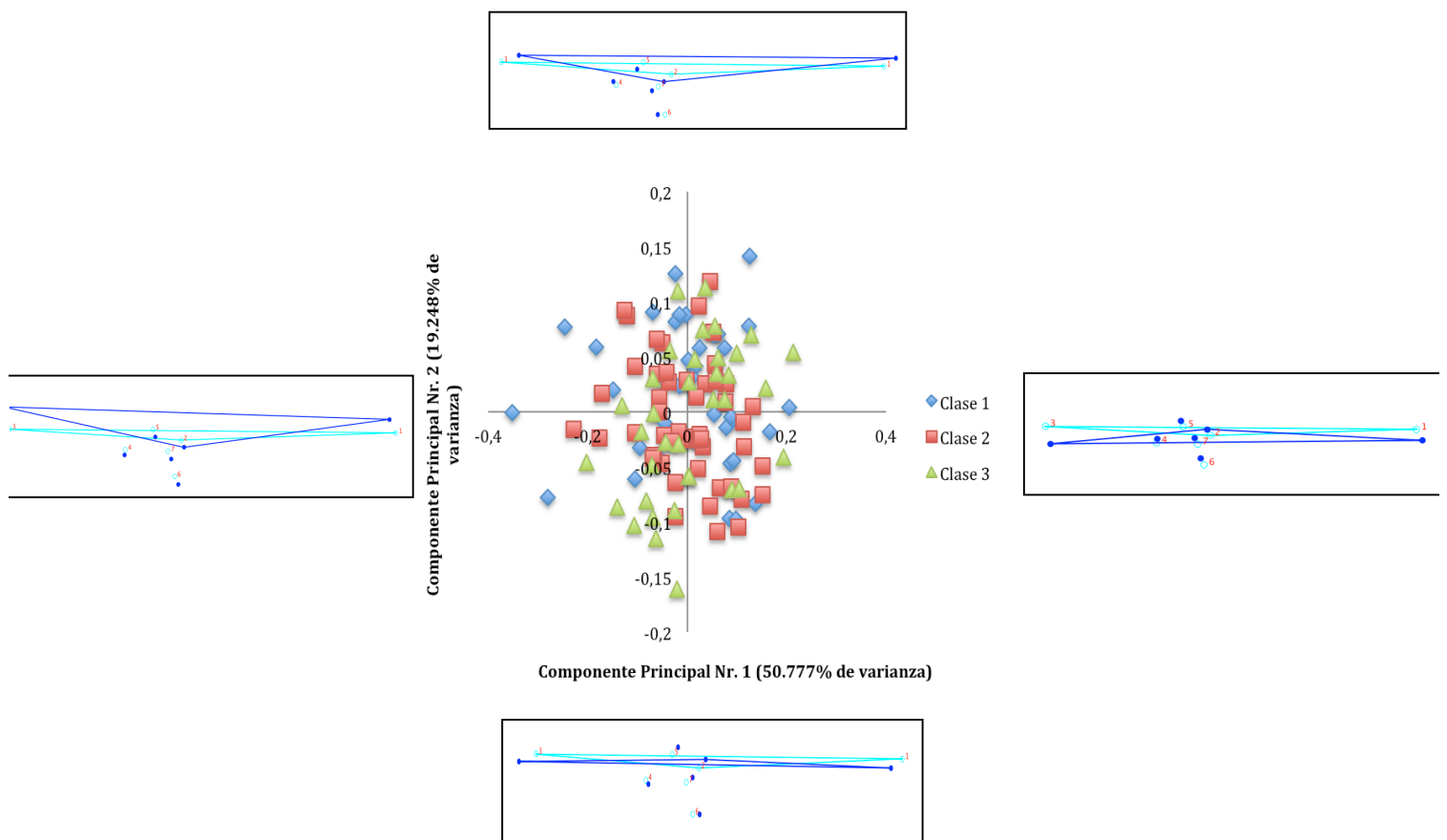


Figura 16. Análisis exploratorio de la forma entre el PC1 vs PC2 según clase esquelética. clase I rombos, clase II cuadrados y clase III triángulos, en la configuración hioidea.

El análisis exploratorio no es claro en la diferenciación de los grupos por clase esquelética, el gráfico de dispersión muestra una distribución homogénea de la muestra por lo cual no se puede inferir formas diferentes entre las distintas clases

ANÁLISIS CONFIRMATORIO DE LA VARIACIÓN DE LA FORMA ENTRE LAS CLASES ESQUELETALES EN LA CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL

El análisis confirmatorio, respecto de las diferencias de forma entre las clases esqueléticas para la configuración hioidea, se resume en las figuras 17, 18 y 19 y en la tabal 8.

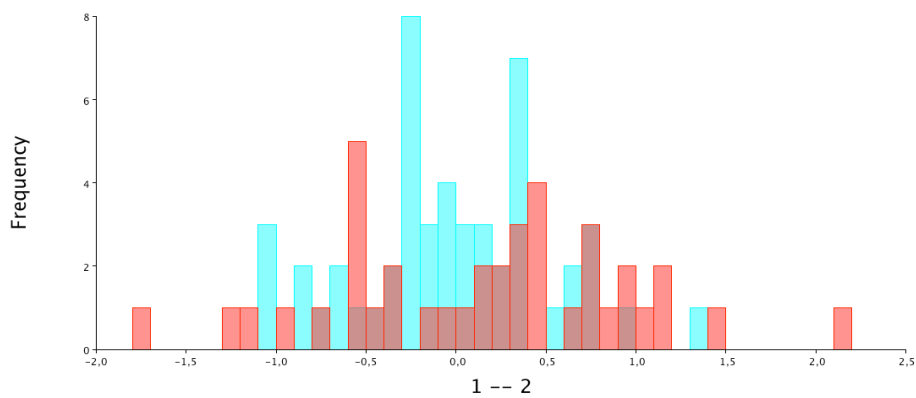


Figura 17. DA entra la clase I y II de la configuración hioidea

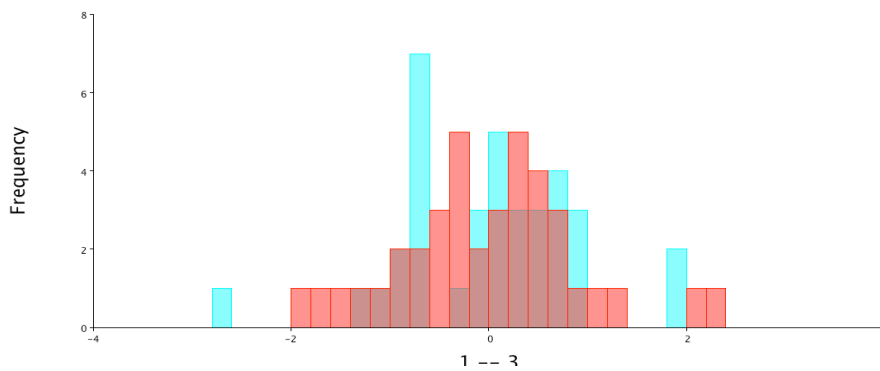


Figura 18. DA entra la clase I y III de la configuración hioidea

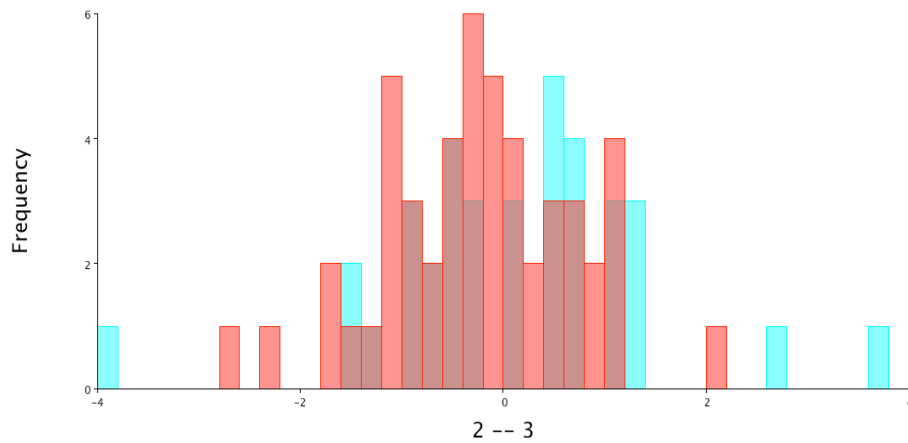


Figura 19. DA entra la clase II y III de la configuración hioidea

Tabla 8. Análisis discriminante entre las diferentes clases esqueléticas de la configuración hioidea

Clases (muestra) / Valores	<i>Diferencia entre las medias (Distancia de Mahalanobis)</i>	<i>Significancia estadística</i>
<i>Clase I (39) vrs Clase II (50)</i>	0.5742	<i>P= 0.7900</i>
<i>Clase I (39) vrs Clase III (36)</i>	0.7619	<i>p= 0.4780</i>
<i>Clase II (50) vrs Clase III (36)</i>	0.9379	<i>P= 0.1170</i>

EFFECTO DE LAS VARIABLES BIOLÓGICAS

Lo que buscan estos análisis es estimar el efecto de las variables sexo y tamaño en la variación de la forma dentro de las diferentes clases esqueléticas. Esto nos permite generar una adecuada subdivisión de grupos al momento de compararlos con el método de 2SBPLS.

Para estimar el efecto de la variable sexo sobre la forma, se usó el análisis discriminante y para estimar el efecto de la variable tamaño se usó el análisis de regresión.

Con el objetivo de resumir los resultados, es que se representarán en forma concisa con sus respectivos valores estadísticos.

ESTIMACIÓN DEL EFECTO DEL SEXO SOBRE LA VARIACIÓN DE LA FORMA
EN LAS DIFERENTES CLASES ESQUELETALES PARA LA CONFIGURACIÓN
CRANEOFACIAL EN JÓVENES Y ADULTOS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS
DISCRIMINANTE (DA)

Los resultados, se resumen en la tabla 9.

Tabla 9. Análisis discriminante entre sexo para la configuración craneofacial

<i>Grupo</i>	<i>Muestra (M-F)</i>	<i>Diferencia entre las medias (Distancia de Mahalanobis)</i>	<i>Significancia estadística</i>
<i>DA de la configuración craneofacial en sujetos clase I por sexo</i>			
Adultos	5-3	0.9604	p=0.7910
Jóvenes	14-17	1.4809	p=0.9580
<i>DA de la configuración Craneofacial en sujetos clase II por sexo</i>			
Adultos	8-16	4.9651	p=0.2780
Jóvenes	12-14	1.8821	p=0.9610
<i>DA de la configuración Craneofacial en sujetos clase III por sexo</i>			
Adultos	4-5	1.4528	p=0.6020
Jóvenes	13-14	3.8222	p=0.2310

El DA de las clases por sexo y estadio etario, no arrojó ningún valor significativamente estadístico ($p > 0.05$), por lo cual no se puede rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias entre grupos (sexo), lo que significa que no se puede afirmar que exista dimorfismo sexual en la muestra por clases y estadio etario para la forma de la configuración craneofacial (Tabla 9).

ESTIMACIÓN DEL EFECTO DEL TAMAÑO SOBRE LA VARIACIÓN DE LA
FORMA EN LAS DIFERENTES CLASES ESQUELETALES PARA LA
CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL EN JÓVENES Y ADULTOS A TRAVÉS DEL
ANÁLISIS DE REGRESIÓN (RA)

El RA mostro que el tamaño si explica la variable forma para la configuración craneofacial, pero sólo en el grupo de jóvenes de la clase I y III, en donde los valores son estadísticamente significativos $p < 0.05$ (Tabla 10.) (Figuras 20 y 21)

Tabla 10. Análisis de regresión para la estimación del efecto del tamaño en la variación de la forma de la configuración craneofacial. (SC) Suma de los cuadrados. * $p < 0.05$

<i>Grupo</i>	<i>Significancia estadística</i>	<i>SC totales</i>	<i>SC predictivos</i>	<i>SC residuales</i>	<i>Muestra</i>
<i>RA de la configuración craneofacial en sujetos clase I contra tamaño</i>					
<i>Adultos</i>	$p=0.5357$	0.02577661	0.00339688	0.02237973	8
<i>Jóvenes</i>	$p=<.0001^*$	0.10765089	0.01503089	0.09262	31
<i>RA de la configuración craneofacial en sujetos clase II contra tamaño</i>					
<i>Adultos</i>	$p=0.1060$	0.08217206	0.00587983	0.07629224	24
<i>Jóvenes</i>	$P=0.4004$	0.09135585	0.00366085	0.087695	26
<i>RA de la configuración Craneofacial en sujetos clase III contra tamaño</i>					
<i>Adultos</i>	$p=0.0690$	0.04723148	0.01160948	0.035622	9
<i>Jóvenes</i>	$p=0.0022^*$	0.12551908	0.01545242	0.11006667	27

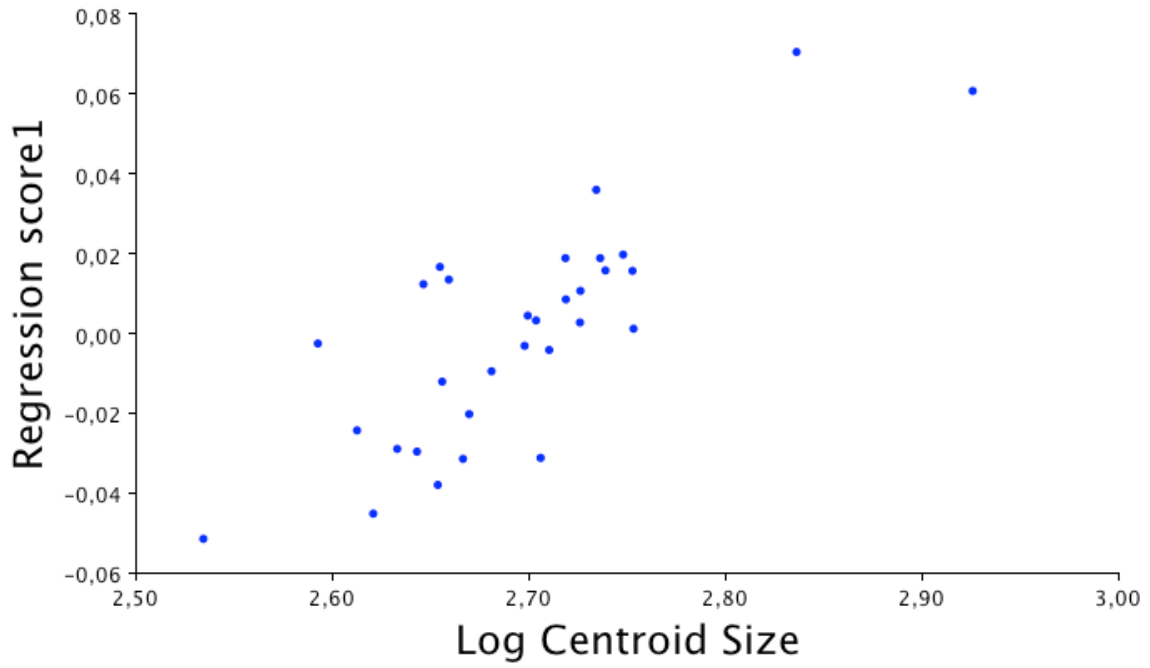


Figura 20. Análisis de regresión entre el tamaño y la forma para jóvenes clase I de la configuración craneofacial

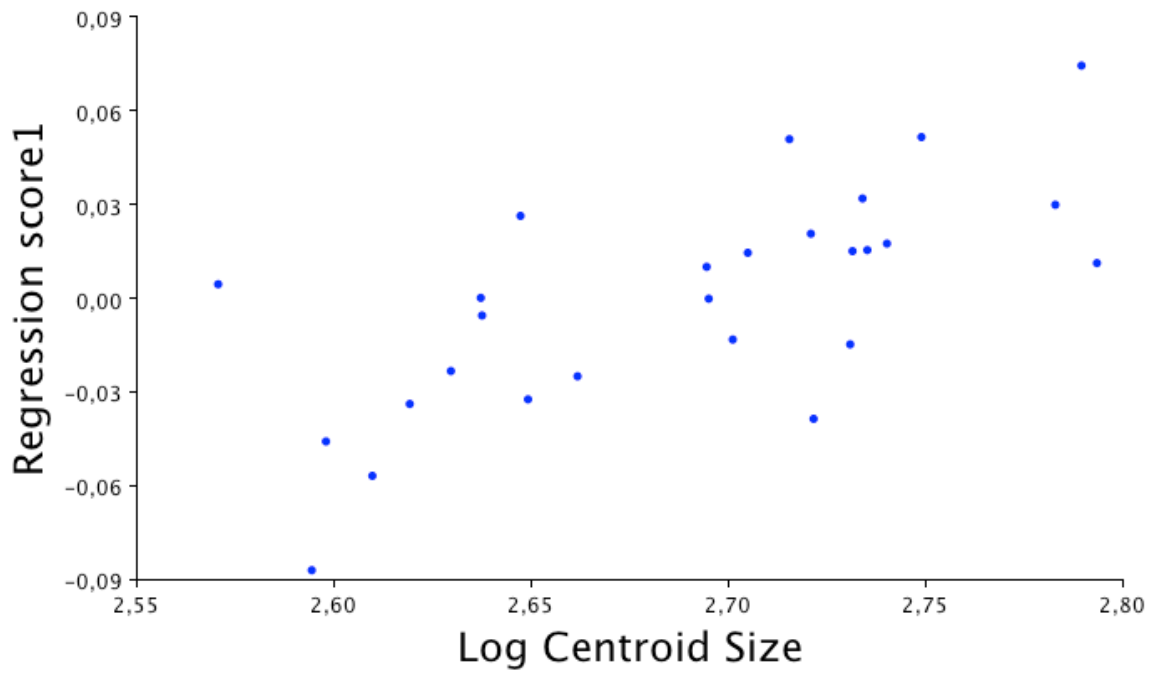


Figura 21. Análisis de regresión entre el tamaño y la forma para jóvenes clase III de la configuración craneofacial

ESTIMACIÓN DEL EFECTO DEL SEXO SOBRE LA VARIACIÓN DE LA FORMA
EN LAS DIFERENTES CLASES ESQUELETALES PARA LA CONFIGURACIÓN
HIOIDEA EN JÓVENES Y ADULTOS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS
DISCRIMINANTE (DA)

El DA de las clases por sexo y estadio etario, no arrojó ningún valor significativamente estadístico para los grupos de adultos, por el contrario, para el grupo jóvenes clase I si existió dimorfismo sexual con un $P < 0.05$ para la forma de la configuración hioidea.

Tabla 11. Análisis discriminante entre sexos para la configuración hioidea.
* $p < 0,05$

<i>Grupo</i>	<i>Muestra (M-F)</i>	<i>Diferencia entre las medias (Distancia de Mahalanobis)</i>	<i>Significancia estadística</i>
<i>DA de la configuración craneofacial en sujetos clase I por sexo</i>			
<i>Adultos</i>	5-3	8.8059	$p=0.0800$
<i>Jóvenes</i>	14-17	2.5908	$p=0.0050^*$
<i>DA de la configuración Craneofacial en sujetos clase II por sexo</i>			
<i>Adultos</i>	8-16	1.9523	$p=0.3750$
<i>Jóvenes</i>	12-14	1.3880	$p=0.6280$
<i>DA de la configuración Craneofacial en sujetos clase III por sexo</i>			
<i>Adultos</i>	4-5	6.5650	$p=0.1300$
<i>Jóvenes</i>	13-14	1.8839	$p=0.2060$

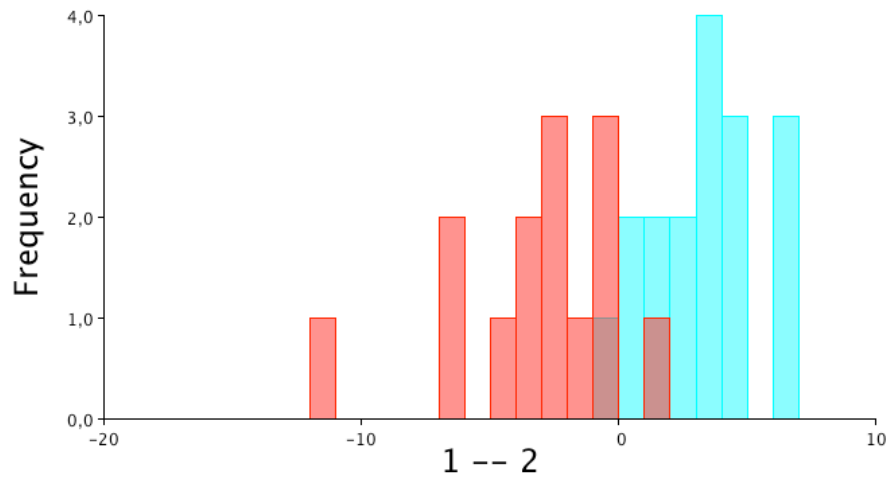


Figura 22. DA entre jóvenes clase I de sexo masculino (1) y femenino (2) de la configuración hioidea

ESTIMACIÓN DEL EFECTO DEL TAMAÑO SOBRE LA VARIACIÓN DE LA
FORMA EN LAS DIFERENTES CLASES ESQUELETALES PARA LA
CONFIGURACIÓN HIOIDEA EN JÓVENES Y ADULTOS A TRAVÉS DEL
ANÁLISIS DE REGRESIÓN (RA)

El RA mostro que el tamaño no explica la variable forma en la configuración hioidea, ya que no hubo significancia estadística ($p > 0.05$), por lo cual no se puede rechazar la hipótesis nula de independendencia entre las variables que propone el análisis (Tabla 12).

Tabla 12. Análisis de regresión para la estimación del efecto del tamaño en la variación de la forma de la configuración hioidea. (SC) Suma de los cuadrados.

<i>Grupo</i>	<i>Significancia estadística</i>	<i>SC totales</i>	<i>SC predictivos</i>	<i>SC residuales</i>	<i>Muestra</i>
<i>RA de la configuración hioidea en sujetos clase I contra tamaño</i>					
<i>Adultos</i>	$P=0.5122$	0.16981875	0.02091509	0.14890366	8
<i>Jóvenes</i>	$p=0.1988$	0.71174715	0.0349151	0.67683204	31
<i>RA de la configuración hioidea en sujetos clase II contra tamaño</i>					
<i>Adultos</i>	$p=0.3303$	0.39790915	0.01912225	0.3787869	24
<i>Jóvenes</i>	$p=0.4562$	0.32683091	0.01162174	0.31520917	26
<i>RA de la configuración hioidea en sujetos clase III contra tamaño</i>					
<i>Adultos</i>	$p=0.1453$	0.21455614	0.04540859	0.16914755	9
<i>Jóvenes</i>	$p=0.2492$	0.43850089	0.02223293	0.41626796	27

ANÁLISIS CONFIRMATORIOS DEL EFECTO DEL SEXO EN RELACIÓN AL
TAMAÑO EN LA CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL DE ADULTOS CLASES I,
II Y III

Tabla 13.

Comparación de las medias del tamaño del centroide entre adultos masculinos y femeninos clase I en la configuración craneofacial

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<i>Masculino</i>	5	16.004	0.20354	10.635	0.17558	1.3755	0.21812
<i>Femenino</i>	3	15.625	0.019138				

Tabla 14.

Comparación de las medias del tamaño del centroide entre adultos masculinos y femeninos clase II en la configuración craneofacial

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<i>Masculino</i>	8	16.236	0.40171	2.068	0.22687	4.2791	0.00030514*
<i>Femenino</i>	16	15.290	0.19484				

Tabla 15.

Comparación de las medias del tamaño del centroide entre adultos masculinos y femeninos clase III en la configuración craneofacial

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<i>Masculino</i>	4	16.591	0.77647	2.6808	0.36462	2.422	0.045955*
<i>Femenino</i>	5	15.444	0.28964				

El análisis de la prueba t, permite rechazar la hipótesis nula de igualdad entre medias de individuos masculinos y femeninos para los adultos clase II y III en la configuración craneofacial con un $p < 0.05^*$. (Tabla 14 y 15)

ANÁLISIS CONFIRMATORIOS DEL EFECTO DEL SEXO EN RELACIÓN AL
TAMAÑO EN LA CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL DE JÓVENES CLASES I,
II Y III

Tabla 16.

Comparación de las medias del tamaño del centroide entre jóvenes masculinos y femeninos clase I en la configuración craneofacial

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<i>Masculino</i>	14	15.141	2.1764	5.4318	0.0020243	1.2593	0.22501
<i>Femenino</i>	17	14.609	0.40067				

Tabla 17.

Comparación de las medias del tamaño del centroide entre jóvenes masculinos y femeninos clase II en la configuración craneofacial

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<i>Masculino</i>	12	15.205	0.50917	1.8711	0.30501	1.7056	0.101
<i>Femenino</i>	14	14.625	0.9527				

Tabla 18.

Comparación de las medias del tamaño del centroide entre jóvenes masculinos y femeninos clase III en la configuración craneofacial

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<i>Masculino</i>	13	14.997	0.67744	1.3967	0.56988	1.4154	0.1693
<i>Femenino</i>	14	14.504	0.94616				

El análisis de la prueba t, no fue estadísticamente significativo en la comparación de medias entre individuos masculinos y femeninos jóvenes clase I, II y III en la configuración craneofacial. Por lo cual la hipótesis nula de igualdad entre medias no se puede rechazar. (Tabla 16, 17 y 18)

ANÁLISIS CONFIRMATORIOS DEL EFECTO DEL SEXO EN RELACIÓN AL
TAMAÑO EN LA CONFIGURACIÓN HIOIDEA DE ADULTOS CLASES I, II Y III

Tabla 19.

Comparación de las medias del tamaño del centroide entre adultos masculinos y femeninos clase I en la configuración hioidea

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<i>Masculino</i>	5	5.9148	0.074566	3.2087	0.29487	0.35396	0.73548
<i>Femenino</i>	3	5.8217	0.23926				

Tabla 20.

Comparación de las medias del tamaño del centroide entre adultos masculinos y femeninos clase II en la configuración hioidea

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<i>Masculino</i>	8	5.9457	0.1852	1.4003	0.67649	3.1796	0.004335*
<i>Femenino</i>	16	5.2772	0.25933				

Tabla 21.

Comparación de las medias del tamaño del centroide entre adultos masculinos y femeninos clase III en la configuración hioidea

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<i>Masculino</i>	4	5.4609	0.066394	2.4998	0.47758	-1.64	0.14502
<i>Femenino</i>	5	5.8472	0.16597				

La prueba t, fue solo estadísticamente significativa ($p < 0.05^*$) en la comparación de medias entre masculino y femenino para los adultos clase II en la configuración hioidea. (Tabla 19, 20 y 21)

ANÁLISIS CONFIRMATORIOS DEL EFECTO DEL SEXO EN RELACIÓN AL
TAMAÑO EN LA CONFIGURACIÓN HIOIDEA DE JÓVENES CLASES I, II Y III

Tabla 22.

Comparación de las medias del tamaño del centroide entre jóvenes masculinos y femeninos clase I en la configuración hioidea

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<i>Masculino</i>	14	5.1464	0.60369	2.2135	0.13402	-0.47075	0.64134
<i>Femenino</i>	17	5.2567	0.27273				

Tabla 23.

Comparación de las medias del tamaño del centroide entre jóvenes masculinos y femeninos clase II en la configuración hioidea

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<i>Masculino</i>	12	5.379	0.10688	2.1113	0.22216	1.5938	0.12407
<i>Femenino</i>	14	5.1195	0.22566				

Tabla 24.

Comparación de las medias del tamaño del centroide entre jóvenes masculinos y femeninos clase III en la configuración hioidea

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Varianza</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
<i>Masculino</i>	13	5.239	0.16063	2.3628	0.14661	0.33308	0.74185
<i>Femenino</i>	14	5.1718	0.37952				

El análisis de la prueba t, no fue estadísticamente significativo en la comparación de medias entre individuos masculinos y femeninos jóvenes clase I, II y III en la configuración hioidea. Por lo cual la hipótesis nula de igualdad entre medias no se puede rechazar. (Tabla 22, 23 y 24)

EVALUACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE MODULARIDAD ENTRE
CONFIGURACIÓN HIOIDEA VERSUS CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL EN
ADULTOS CLASE I, II Y III

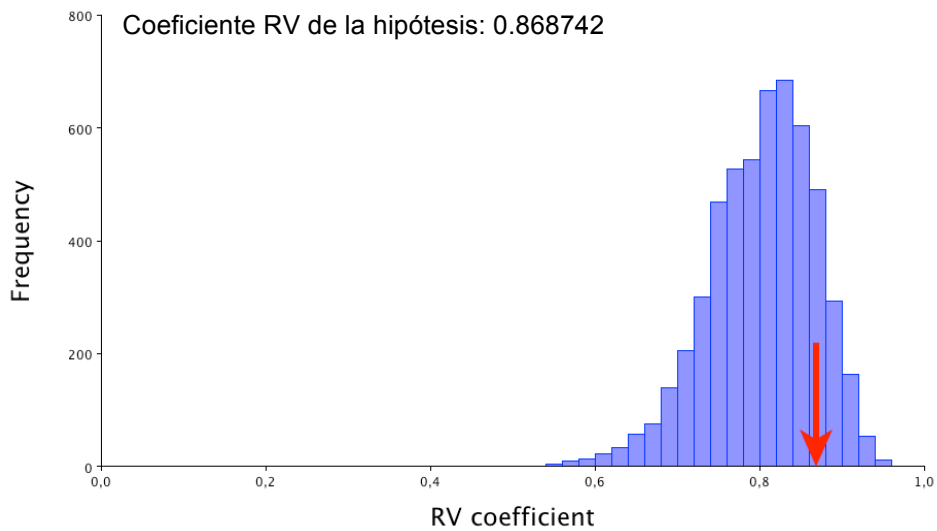


Figura 23. Histograma de la distribución del coeficiente RV para las particiones alternativas (barras) y la partición hipótesis (flecha) en adultos clase I.

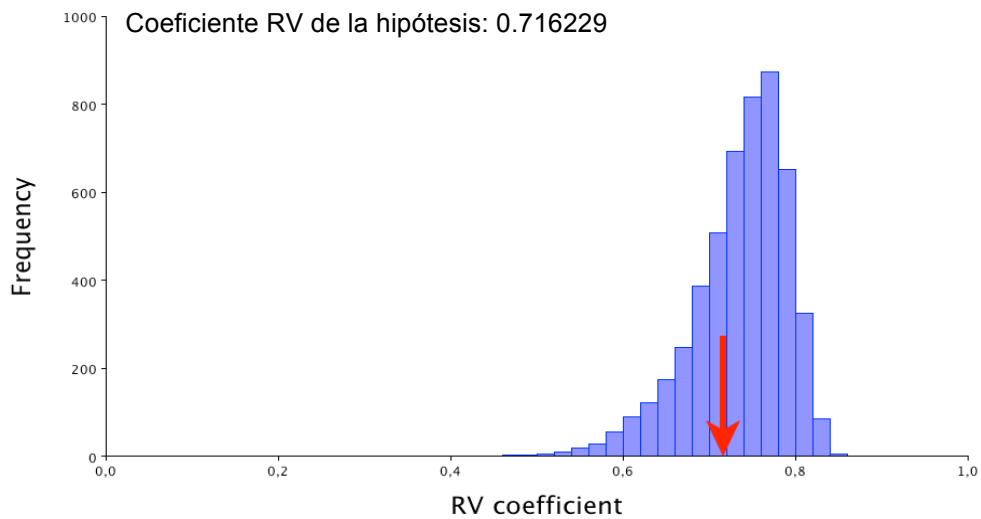


Figura 24. Histograma de la distribución del coeficiente RV para las particiones alternativas (barras) y la partición hipótesis (flecha) en adultos clase II.

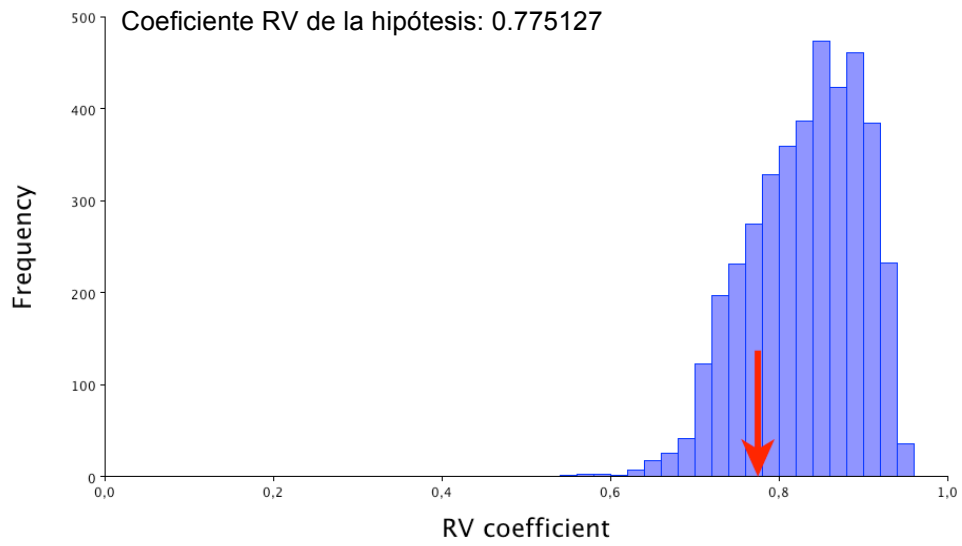


Figura 25. Histograma de la distribución del coeficiente RV para las particiones alternativas (barras) y la partición hipótesis (flecha) en adultos clase III.

Los análisis de la hipótesis de modularidad arrojan que todos los coeficientes RV de las configuraciones hipótesis (Craneofacial y Hioidea) para las clases I, II y III de adultos no son menores que los coeficientes RV de las particiones alternativas, por lo cual se rechaza la hipótesis de modularidad entre la configuración craneofacial y hioidea.

EVALUACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE MODULARIDAD ENTRE MÓDULO HIOIDEO VERSUS MÓDULO CRANEOFACIAL EN JÓVENES CLASE I, II Y III

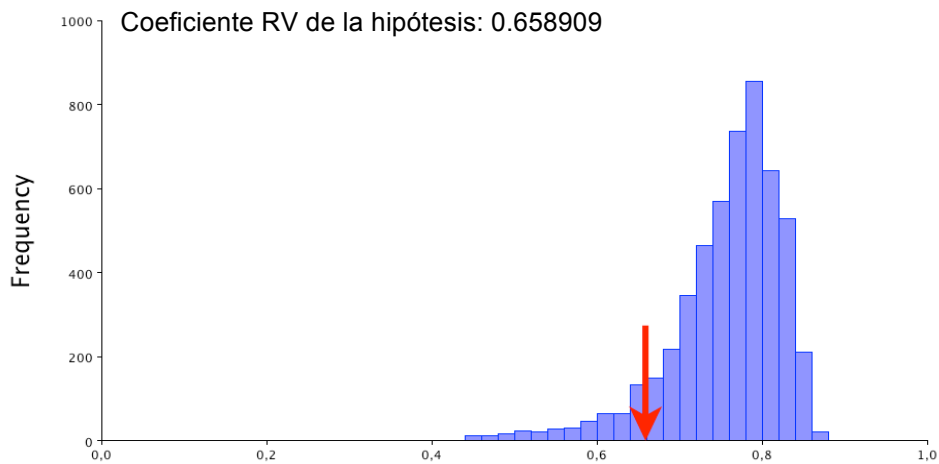


Figura 26. Histograma de la distribución del coeficiente RV para las particiones alternativas (barras) y la partición hipótesis (flecha) en jóvenes clase I.

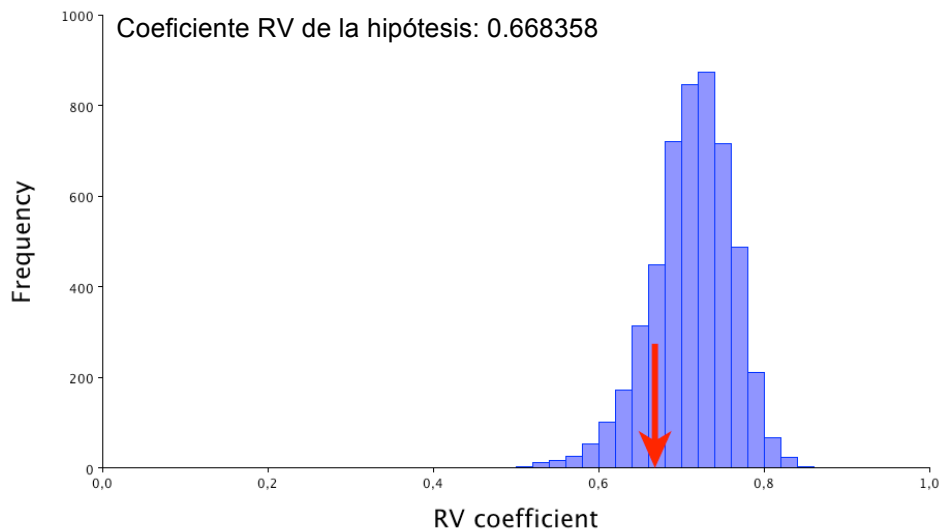


Figura 27. Histograma de la distribución del coeficiente RV para las particiones alternativas (barras) y la partición hipótesis (flecha) en jóvenes clase II.

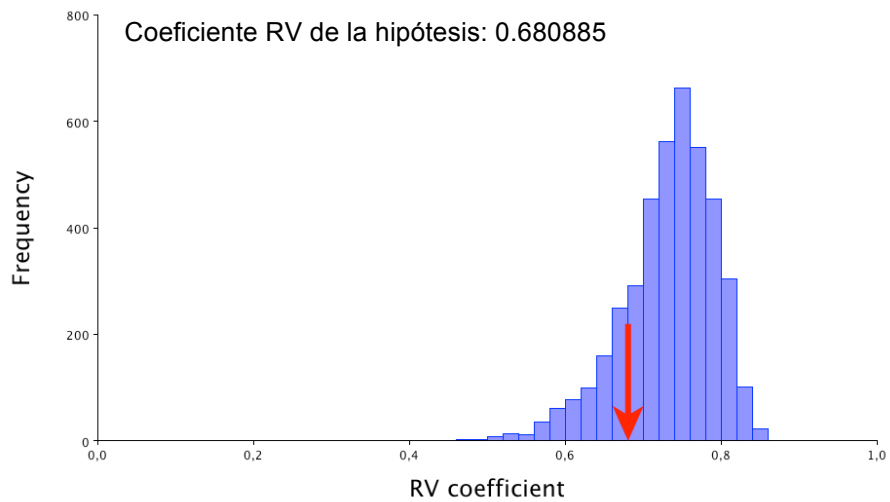


Figura 28. Histograma de la distribución del coeficiente RV para las particiones alternativas (barras) y la partición hipótesis (flecha) en jóvenes clase III.

Los análisis de la hipótesis de modularidad arrojan que todos los coeficientes RV de las configuraciones hipótesis (Craneofacial y Hioidea) para las clases I, II y III de jóvenes no son menores que los coeficientes RV de las particiones alternativas, por lo cual se rechaza la hipótesis de modularidad entre la configuración craneofacial y hioidea.

ANÁLISIS CONFIRMATORIO DE LA COVARIACIÓN ENTRE LA
CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL Y LA CONFIGURACIÓN HIOIDEA DE LA
MUESTRA TOTAL USANDO ANÁLISIS DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS
PARCIALES DE DOS BLOQUES SEPARADOS (2SBPLS).

Se puede inferir en base al resultado del 2BPLS que la covariación entre la configuración craneofacial y hioidea es media y es estadísticamente significativa en base el test de permutación, $p < 0.05$. Por lo cual se puede rechazar la hipótesis nula de independencia entre bloques (configuraciones) (Tabla 25).

Tabla 25. Valores singulares y correlaciones pares de los resultados el 2SBPLS entre la configuración craneofacial e hioidea e la muestra total

	<i>Valor singular</i>	<i>P-value (perm.)</i>	<i>% total covar.</i>	<i>Correlación</i>	<i>P-value (perm.)</i>
PLS1	0.00080402	0.1391	54.675	0.36941	0.0251
PLS2	0.00051067	0.0488	22.057	0.26965	0.4586
PLS3	0.00048049	0.0003	19.527	0.33888	0.0451
PLS4	0.00013945	0.9490	1.645	0.25487	0.3252
PLS5	0.00010702	0.8064	0.969	0.23187	0.4730
PLS6	0.00007942	0.6954	0.533	0.26907	0.1255
PLS7	0.00006616	0.2419	0.370	0.19912	0.5269
PLS8	0.00004761	0.1588	0.192	0.26063	0.0507
PLS9	0.00001485	0.9939	0.019	0.13443	0.8110
PLS10	0.00001246	0.7911	0.013	0.12644	0.6011
Coefficiente RV	0.0608				
Valor-p	0.0390*				

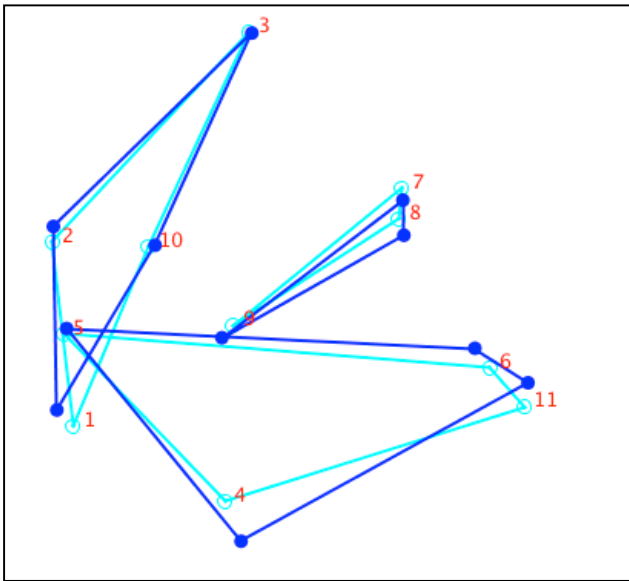


Figura 29. PLS1 de la configuración craneofacial de la muestra total

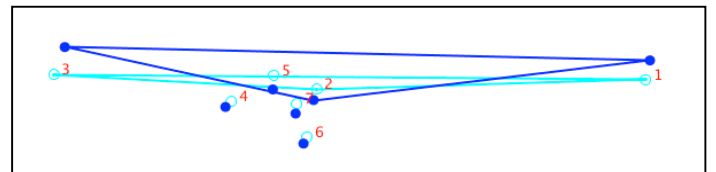


Figura 30. PLS1 de la configuración hioidea de la muestra total

Respecto de la forma en como covarían, se pudo inferir gracias a la Figura 30, que en la muestra total el hueso hioides tiende a descender levemente, mientras la mandíbula (Figura 29) tiende a protruir y descender a nivel del gonion.

ANÁLISIS CONFIRMATORIO DE LA COVARIACIÓN ENTRE LA
CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL Y LA CONFIGURACIÓN HIOIDEA DE LOS
ADULTOS CLASE I, USANDO ANÁLISIS DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS
PARCIALES DE DOS BLOQUES SEPARADOS (2SBPLS).

Se puede inferir en base al resultado del 2BPLS que la covariación entre la configuración craneofacial y hioidea es media y no es estadísticamente significativa en base el test de permutación, $p > 0.05$. Por lo cual no se puede rechazar la hipótesis nula de independencia entre bloques (configuraciones) (Tabla 26).

Tabla 26. Valores singulares y correlaciones pares de los resultados el 2SBPLS entre la configuración craneofacial e hioidea en adultos clase I

	<i>Valor singular</i>	<i>Valor-p (perm.)</i>	<i>% total covar.</i>	<i>Correlación</i>
<i>PLS1</i>	0.00277481	0.4006	53.703	0.89004
<i>PLS2</i>	0.0020567	0.1727	29.504	0.83329
<i>PLS3</i>	0.00127771	0.1212	11.387	0.91207
<i>PLS4</i>	0.00081075	0.2267	4.585	0.89662
<i>PLS5</i>	0.00026628	0.9466	0.495	0.89681
<i>PLS6</i>	0.00021358	0.4619	0.318	0.80061
<i>PLS7</i>	0.00003499	0.8665	0.009	0.83208
Coefficiente RV	0.5613			
Valor-p	0.2082			

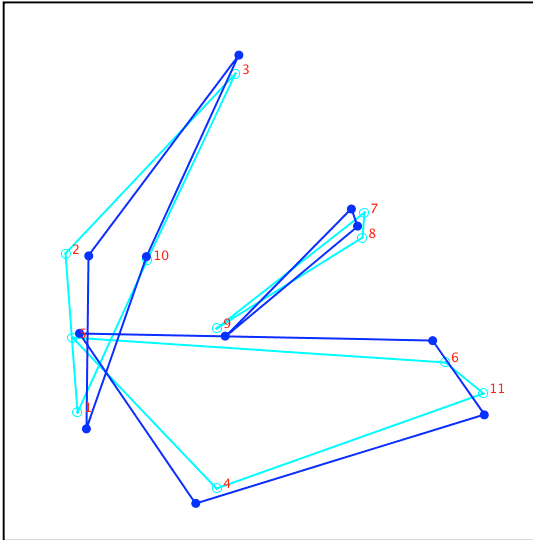


Figura 31. PLS1 de la configuración craneofacial de adultos clase I

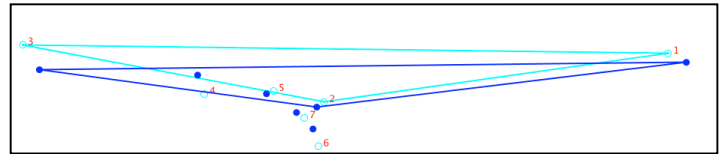


Figura 32. PLS1 de la configuración hioidea de adultos clase I

Respecto de la forma en como covarían, se pude inferir gracias a la Figura 32, que en los Adultos clase I el hueso hioides tiende a ascender levemente, mientras la mandíbula (Figura 31) tiende a retroceder y descender generando una rotación posterior.

ANÁLISIS CONFIRMATORIO DE LA COVARIACIÓN ENTRE LA
CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL Y LA CONFIGURACIÓN HIOIDEA DE LOS
ADULTOS CLASE II, USANDO ANÁLISIS DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS
PARCIALES DE DOS BLOQUES SEPARADOS (2SBPLS)

Se puede inferir en base al resultado del 2BPLS que la covariación entre la configuración craneofacial e hioidea es baja y no es estadísticamente significativa en base el test de permutación, $p > 0.05$. Por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de independencia entre bloques (configuraciones) (Tabla 27).

Tabla 27. Valores singulares y correlaciones pares de los resultados el 2SBPLS entre la configuración craneofacial e hioidea en adultos clase II

	<i>Valor singular</i>	<i>Valor-p (perm.)</i>	<i>% total covar.</i>	<i>Correlación</i>
<i>PLS1</i>	0.00110239	0.7223	53.552	0.63117
<i>PLS2</i>	0.00083779	0.2416	30.930	0.4591
<i>PLS3</i>	0.00044203	0.6584	8.610	0.45318
<i>PLS4</i>	0.00031869	0.2949	4.476	0.5285
<i>PLS5</i>	0.0001557	0.825	1.068	0.49555
<i>PLS6</i>	0.00012302	0.6144	0.667	0.60007
<i>PLS7</i>	0.0001115	0.1168	0.548	0.52171
Coficiente RV	0.1424			
Valor-p	0.6604			

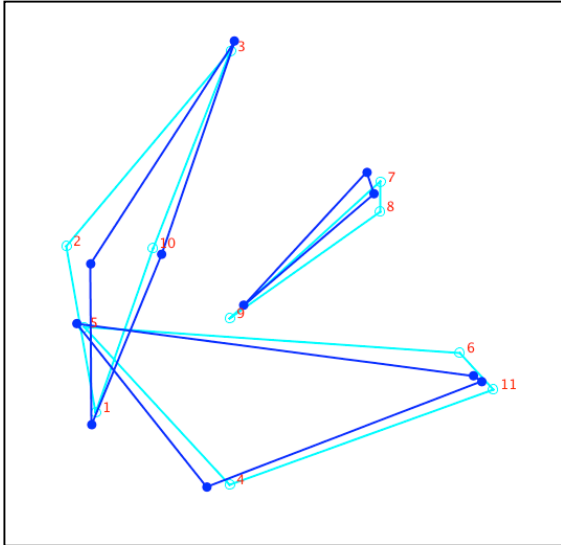


Figura 33. PLS1 de la configuración craneofacial de adultos clase II

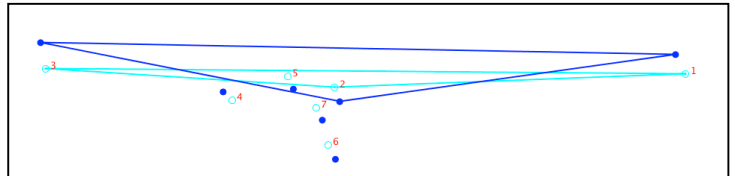


Figura 34. PLS1 de la configuración hioidea de adultos clase II

Respecto de la forma en como covarían, se pudo inferir gracias a la Figura 34, que en los Adultos clase II el hueso hioides tiende a descender, mientras la mandíbula (Figura 33.) tiende a generar una leve retroposición y un estrechamiento anterior.

ANÁLISIS CONFIRMATORIO DE LA COVARIACIÓN ENTRE LA
CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL Y LA CONFIGURACIÓN HIOIDEA DE LOS
ADULTOS CLASE III USANDO ANÁLISIS DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS
PARCIALES DE DOS BLOQUES SEPARADOS (2SBPLS)

Se puede inferir en base al resultado del 2BPLS que la covariación entre la configuración craneofacial e hioidea es baja y no es estadísticamente significativa en base el test de permutación, $p > 0.05$ por lo cual no se puede rechazar la hipótesis de independencia entre bloques (configuraciones) (Tabla 28).

Tabla 28. Valores singulares y correlaciones pares de los resultados el 2SBPLS entre la configuración craneofacial e hioidea en adultos clase III

	<i>Valor singular</i>	<i>Valor-p (perm.)</i>	<i>% total covar.</i>	<i>Correlación</i>
<i>PLS1</i>	0.00270767	0.88	51.035	0,60872
<i>PLS2</i>	0.00208103	0.2597	30.147	0.81693
<i>PLS3</i>	0.00129464	0.2604	11.667	0.82427
<i>PLS4</i>	0.00088925	0.2115	5.505	0.62499
<i>PLS5</i>	0.00045763	0.3811	1.458	0.78115
<i>PLS6</i>	0.00013793	0.9544	0.132	0.75736
<i>PLS7</i>	0.00007287	0.6256	0.037	0.66693
Coeficiente RV	0.2528			
Valor-p	0.8188			

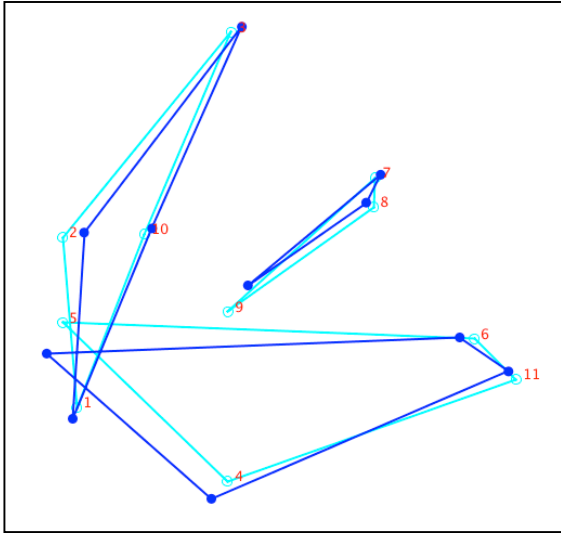


Figura 35. PLS1 de la configuración craneofacial de adultos clase III

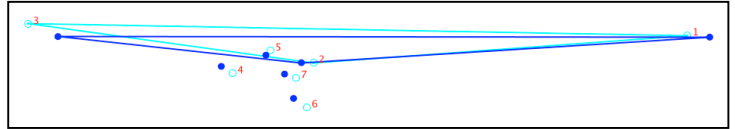


Figura 36. PLS1 de la configuración hioidea de adultos clase III

Respecto de la forma en como covarían, se pudo inferir gracias a la Figura 36, que en los Adultos clase III el hueso hioideo tiende a ascender levemente son invertir el triángulo hioideo, mientras que la mandíbula (Figura 35) tiende a generar una rotación anti-horaria.

ANÁLISIS CONFIRMATORIO DE LA COVARIACIÓN ENTRE LA
CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL Y LA CONFIGURACIÓN HIOIDEA DE LOS
JUVENILES CLASE I USANDO ANÁLISIS DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS
PARCIALES DE DOS BLOQUES SEPARADOS (2SBPLS)

Se puede inferir en base al resultado del 2BPLS que la covariación entre la configuración craneofacial e hioidea del grupo jóvenes clase I es baja y no es estadísticamente significativa en base el test de permutación. $p > 0.05$, por lo cual no se puede rechazar la hipótesis nula de independencia entre bloques (configuraciones) (Tabla 29).

Tabla 29. Valores singulares y correlaciones pares de los resultados el 2SBPLS entre la configuración craneofacial e hioidea en jóvenes clase I

	<i>Valor singular</i>	<i>Valor-p (perm.)</i>	<i>% total covar.</i>	<i>Correlación</i>
<i>PLS1</i>	0.00150618	0.2305	74.033	0.49776
<i>PLS2</i>	0.00062157	0.799	12.608	0.51812
<i>PLS3</i>	0.00045609	0.6298	6.788	0.50283
<i>PLS4</i>	0.00035283	0.3773	4.063	0.41801
<i>PLS5</i>	0.0001952	0.8744	1.243	0.51072
<i>PLS6</i>	0.00014543	0.7123	0.69	0.35111
<i>PLS7</i>	0.00009495	0.6555	0.294	0.4777
Coefficiente RV	0.1487			
Valro-p	0.3201			

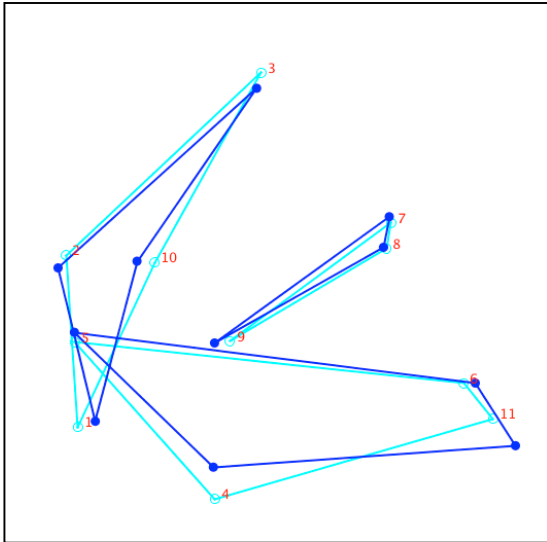


Figura 37. PLS1 de la configuración craneofacial de jóvenes clase I

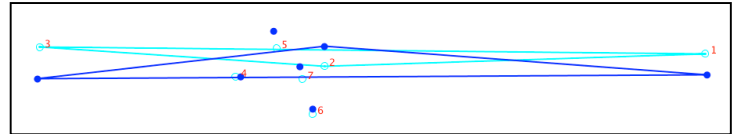


Figura 38. PLS1 de la configuración hioidea de jóvenes clase I

Respecto de la forma en como covarían, se pudo inferir gracias a la Figura 38, que en los Jóvenes clase I el hueso hioides tiende a ascender e invertir el triángulo hioideo, mientras que la mandíbula (Figura 37) tiende a rotar en el sentido horario, experimentado una alargamiento de su borde anterior.

ANÁLISIS CONFIRMATORIO DE LA COVARIACIÓN ENTRE LA
CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL Y LA CONFIGURACIÓN HIOIDEA DE LOS
JUVENILES CLASE II USANDO ANÁLISIS DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS
PARCIALES DE DOS BLOQUES SEPARADOS (2SBPLS)

Se puede inferir en base al resultado del 2BPLS que la covariación entre la configuración craneofacial e hioidea es baja y no es estadísticamente significativa en base el test de permutación. $p > 0.05$ por lo cual no se puede rechazar la hipótesis nula de independencia entre bloques (configuraciones) (Tabla 30)

Tabla 30. Valores singulares y correlaciones pares de los resultados el 2SBPLS entre la configuración craneofacial e hioidea en jóvenes clase II

	<i>Valor singular</i>	<i>Valor-p (perm.)</i>	<i>% total covar.</i>	<i>Correlación</i>
<i>PLS1</i>	0.00102623	0.4723	49.811	0.54523
<i>PLS2</i>	0.00074307	0.1284	26.115	0.67521
<i>PLS3</i>	0.00054164	0.0635	13.876	0.46597
<i>PLS4</i>	0.00033557	0.2993	5.326	0.54797
<i>PLS5</i>	0.00024425	0.2236	2.822	0.65723
<i>PLS6</i>	0.00015115	0.4154	1.081	0.53509
<i>PLS7</i>	0.00012115	0.0987	0.694	0.57082
Coeficiente RV	0.1903			
Valor-p	0.2948			

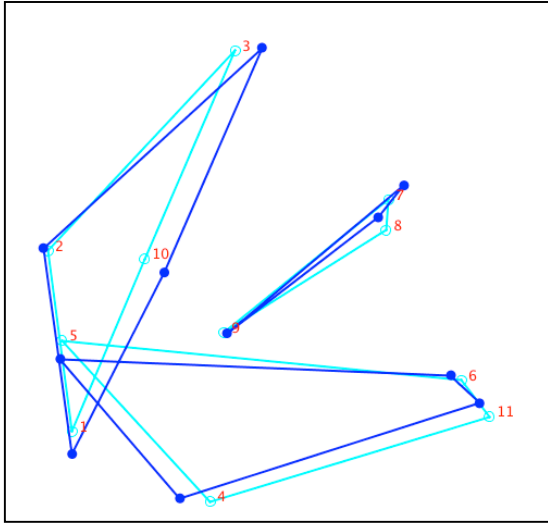


Figura 39. PLS1 de la configuración craneofacial de jóvenes clase II

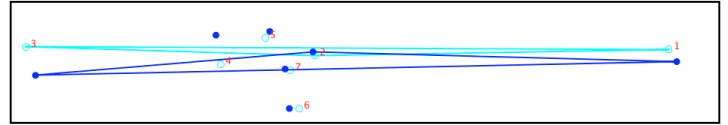


Figura 40. PLS1 de la configuración hioidea de jóvenes clase II

Respecto de la forma en como covarían ambas configuraciones, se pudo inferir gracias a la Figura 40, que en los jóvenes clase II el hueso hioides tiende a invertir su posición, mientras la mandíbula (Figura 39) tiende a ascender en relación al consenso.

ANÁLISIS CONFIRMATORIO DE LA COVARIACIÓN ENTRE LA
CONFIGURACIÓN CRANEOFACIAL Y LA CONFIGURACIÓN HIOIDEA DE LOS
JUVENILES CLASE III USANDO ANÁLISIS DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS
PARCIALES DE DOS BLOQUES SEPARADOS (2SBPLS)

Se puede inferir en base al resultado del 2BPLS que la covariación entre la configuración craneofacial e hioidea es baja y no es estadísticamente significativa en base el test de permutación. $p > 0.05$ por lo cual no se puede rechazar la hipótesis nula de independencia entre bloques (configuraciones) (Tabla 31).

Tabla 31. Valores singulares y correlaciones pares de los resultados el 2SBPLS entre la configuración craneofacial e hioidea en jóvenes clase III

	<i>Valor singular</i>	<i>Valor-p (perm.)</i>	<i>% total covar.</i>	<i>Correlación</i>
<i>PLS1</i>	0.0012186	0.6524	54.599	0.54898
<i>PLS2</i>	0.00073964	0.7078	20.114	0.45647
<i>PLS3</i>	0.0007178	0.0546	18.944	0.52606
<i>PLS4</i>	0.00027529	0.8957	2.786	0.5795
<i>PLS5</i>	0.00023427	0.4527	2.018	0.49611
<i>PLS6</i>	0.00014983	0.6394	0.825	0.42787
<i>PLS7</i>	0.00011509	0.438	0.487	0.2643
Coefficiente RV	0.1403			
Valor-p	0.6513			

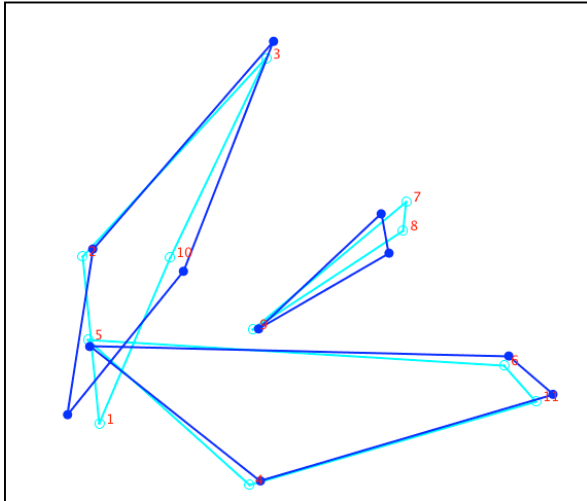


Figura 41. PLS1 de la configuración craneofacial de jóvenes clase III

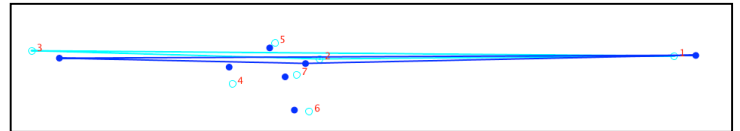


Figura 42. PLS1 de la configuración hioidea de jóvenes clase III

Respecto de la forma en como covarían, se pudo inferir gracias a la Figura 42, que en los jóvenes clase III el hueso hioides tiende a mantener su posición con leve retroceso, mientras la mandíbula (Figura 41) tiende a protruir y rotar en el sentido anti-horario levemente.

VIII. DISCUSIÓN

Con el objetivo de establecer relaciones de covariación entre la posición del hueso hioides, explicada por la forma del triángulo hioideo (Bibby & Preston 1981) en las distintas clase esqueléticas faciales, se realizó una investigación con una muestra extraída de forma aleatoria de pacientes que asistieron al centro imagenológico IMAX de la ciudad de Santiago de Chile. Se aplicó la técnica de morfometría geométrica (Rohlf & Marcus 1993; Adams & Rohlf 2012) para estimar el patrón de variación de la forma de las diferentes estructuras. En relación a los resultados obtenidos podemos afirmar que para la configuración general de la muestra, las clases esqueléticas fueron estadísticamente significativas en sus diferencias de forma. Por su parte la configuración craneofacial también presentó significancia estadística en las diferencias de forma para las 3 clases esqueléticas craneofaciales. Por el contrario, la configuración hioidea de 7 hitos no presentó significancia en la variación de la forma para las distintas clases esqueléticas. Esto hace sentido ya que el criterio para clasificar por clase esquelética (Ricketts, 1960) se encuentra asociado a puntos propios de la configuración craneofacial como lo son el punto "A" y el plano facial (Na-Po), por ende es esta configuración la que mayor variación intergrupala de forma va a presentar al agrupar a los individuos por clase esquelética. Por el contrario en la configuración hioidea, no es visible una clara agrupación de los sujetos por clase esquelética ya que el hueso adquiere comportamientos aleatorios y no específicos para una clase esquelética dada. Lieberman (Lieberman et al. 2001), describe la

fuerte asociación del hueso hioides y los músculos asociados a la deglución, lo que indica la relación del hueso hioides a funciones propias del sistema estomatognático y no a la configuración craneofacial per se. Además el autor vincula la posición del aparato hioideolaríngeo a variables como el ángulo entre base craneal posterior y macizo facial medio, la posición de la columna cervical y variables funcionales como la motricidad oral y deglución. En el presente estudio se logra observar una leve agrupación entre las clases I y III, cuestión que es contraria a lo que describe Díaz (Díaz, 2008) en su trabajo, en dónde observa una tendencia a agrupar la clase I con la clase II, esto puede verse influido principalmente por la muestra, ya que al seleccionar aleatoriamente a individuos de distintas clases esqueléticas, estos pueden caer dentro de una determinada clase dependiendo del criterio de clasificación de clases, el cual puede ser el ángulo ANB de Steiner o el criterio de convexidad de Ricketts (Steiner, 1953; Ricketts, 1960), pero más importante aún, es el hecho de que un individuo sea clase III por que presenta valores negativos a la norma, pudiendo estos valores variar en forma importante entre los propios individuos clase III, ocurriendo lo mismo para los individuos clase II y ser así, esta variación de valores, lo que haga que una clase se agrupe más con la otra.

Respecto del dimorfismo sexual en relación a la forma pura "shape", este no existió para la configuración craneofacial, por el contrario en la configuración hioidea se observó dimorfismo sexual de la forma pura para el grupo de jóvenes clase I. Existen reportes (Kaneko 1992; Lieberman & McCarthy 1999) del dimorfismo sexual en la posición del hioides en individuos puberales, pero no son consistentes en la relación que existe con las estructuras anatómicas vecinas como mandíbula, paladar y orofaringe, ni en la posición relativa del hueso

respecto de estos elementos. Una opción de interpretar esto es que en los individuos con norma oclusión, el desarrollo y descenso hioideolaríngeo se produzca en armonía respecto de las estructuras vecinas, generando una diferencia en forma del triángulo hioideo entre hombres y mujeres y por ende en posición, en tanto para pacientes con mal oclusión (clase II y III) estas relaciones “armónicas” se verían alteradas por las morfologías craneofaciales y el eventual defecto funcional ya sea deglutorio, fonatorio y/u ventilatorio, lo que llevaría al hioides a adoptar distintas posiciones en hombres y mujeres dependiendo de la morfología craneofacial y funciones alteradas.

El análisis de regresión demuestra una relación estadísticamente significativa entre el tamaño y la forma de sujetos jóvenes clase I y III en la configuración craneofacial. La variable tamaño está explicando diferencias de forma en jóvenes clase I y III asociadas a un cambio biológico de la forma del cráneo durante el desarrollo de un individuo. Esto se interpreta debido a que el cráneo se estructura en torno a diferentes módulos que crecen y se desarrollan a tasas diferentes. (Lieberman, 2011). Por lo cual la forma craneofacial va a depender del estadio etario, la cual se ve sobre todo diferenciada en jóvenes que están en etapa de desarrollo y no así en adultos donde el desarrollo ya se ha completado, cabe agregar que todos los análisis de regresión en los adultos no fueron estadísticamente significativos. Es probable que el análisis de regresión haya demostrado cambios de forma asociados al tamaño sólo en el grupo jóvenes clase I y III, dejando al grupo clase II fuera debido a que fue el grupo que menor varianza intragrupal presentó en la edad respecto de los otros grupos, considerando una media similar.

En los análisis respecto de las diferencias de tamaño entre hombres y mujeres, se reportó significancia estadística para la configuración craneofacial de adultos clase II y III y para la configuración hioidea de adultos clase II. En los jóvenes en donde la muestra de edades es amplia (4-17 años) es esperable que las diferencias de tamaño entre hombres y mujeres no sean significativas, debido al estadio de desarrollo en que se encuentran estas configuraciones, pudiendo encontrar configuraciones de hombres y mujeres de tamaño pequeño, es decir individuos en el extremo inferior de la muestra (4-7 años) comparándose con individuos en el extremo superior de la muestra, hombres y mujeres de 15-18 años. Un factor importante a considerar es que para conseguir el análisis t entre hombres y mujeres de cada clase esquelética, hubo que subdividir demasiado la muestra, quedando algunos análisis sólo con 3 y 5 datos para hombres y mujeres respectivamente, lo que provoca que el análisis no sea preciso.

La prueba de hipótesis de modularidad entre la configuración craneofacial y la configuración hioidea, reportó que no existen módulos entre las configuraciones para ningún estadio etario ni clase esquelética. Esto significa que existe una relación entre las configuraciones hioidea y craneofacial que se puede explicar por todas las uniones miofasciales y ligamentosas que existen entre el complejo hioideo y el craneofacial (Hiemae et al. 2002).

A continuación se procedió a realizar el análisis de los mínimos cuadrados de dos bloques separados (2SBPLS), los cuales consideraron a la configuración craneofacial e hioidea separadas sólo en adultos y jóvenes, excluyendo la separación por sexo. Los 2SBPLS arrojaron que no hubo covariación estadísticamente significativa entre la configuración craneofacial y la configuración hioidea para cada una de las clases esqueléticas en los diferentes grupos de adultos y jóvenes. Por el contrario al analizar la muestra general, es decir incorporar en el análisis la configuración hioidea y craneofacial de todas las edades, clases y sexos, si hubo una significancia estadística en la covariación entre las configuraciones. Esto nos orienta a que la covariación no es estadísticamente significativa entre configuraciones hioidea y craneofacial por clases y grupos etarios, debido a que el tamaño muestral puede no ser el suficiente para este tipo de análisis, otra posibilidad es que al agrupar los sujetos dentro de una misma clase esquelética la varianza de la forma disminuye dentro de ese grupo, por lo cual los cambios en la forma van a ser menores, generando esto una menor covariación de la forma entre configuraciones. Se puede además inferir de estos últimos análisis, que independientemente que las configuraciones no sean módulos, su covariación para la muestra dada no es significativa.

Lo que sí se desprende de este análisis son los cambios de posición y forma que experimentó el hueso hioideo y la mandíbula, principalmente, respecto de las diferentes clases esqueléticas.

Los adultos clase I experimentaron una rotación posterior de mandíbula con un aumento de altura a nivel de la parte anterior del cuerpo mandibular, la base craneal tiende a sufrir una rotación posterior en torno al punto Pt y el maxilar sufre

una rotación posterior, el hueso hioides se mantiene dentro de un triángulo hioideo normal, con una leve tendencia al ascenso.

En los adultos clase II, la base de cráneo tiende a mantener su forma y posición, el maxilar tiende a generar una rotación anterior y el ángulo mandibular tiende al cierre y a una rotación anterior, el hueso hioides experimenta un leve descenso dentro de un triángulo hioideo normal.

En los adultos clase III, la base craneal tiende a mantener su posición con leve rotación anterior, el maxilar queda en posición neutra y la mandíbula tiende a aumentar su ángulo y experimentar rotación anterior. El triángulo hioideo permanece normal con un leve descenso del hioides.

El escenario cambia en los sujetos jóvenes, donde al triángulo hioideo se ve alterado en las 3 clase esqueléticas, y se puede observar una forma invertida del triángulo hioideo, superando el hueso hioides al plano entre C3 y Me, en todas las clases. Los jóvenes clase I no experimentan mayor cambio en la configuración craneofacial, pero si lo hacen a nivel del triángulo hioideo el cual se ve claramente invertido.

Los sujetos jóvenes clase II tienden a rotar hacia anterior su base craneal y la mandíbula tiende a cerrar su ángulo, lo que se correlaciona con lo descrito anteriormente en los adultos clase II. El hioides de estos sujetos se encuentra sobre el plano C3-Me, construyendo un triángulo invertido.

Finalmente los sujetos jóvenes clase III demostraron un acortamiento en la forma del maxilar en conjunto con una apertura del ángulo mandibular y un ascenso del hueso hioides.

De lo anterior se puede inferir que los sujetos adultos tienden a regularizar la posición de sus estructuras blandas hacia una “normalidad” en base a la

adaptación de funciones tales como la deglución, fonación, ventilación entre otras. No así los sujetos jóvenes quienes están en periodo de transición y desarrollo, adaptándose a los requerimientos de las distintas funciones.

Se observó que la tendencia general del desplazamiento del hueso hioides es contraria al desplazamiento mandibular planteado en la hipótesis estadística alternativa, lo que se estaría explicando por que la posición del hueso hioides al parecer está estimulada por una serie de otros factores como la deglución, fonación, ventilación y configuración craneofacial (Coquerelle et al. 2013; Kollias & Krogstad 1999; Haralabakis et al. 1993; Lyberg et al. 2007), por lo que para poder detectar una explicación lógica del comportamiento espacial de la estructura hioidea es necesario considerar todas estas variables en conjunto. Si bien la prueba de hipótesis de modularidad dice que las 2 configuraciones no son módulos distintos, la covariación ente estos módulos no es significativa por la muestra y subdivisiones dadas, lo que no quiere decir que no haya covariación entre estructuras óseas.

FUNCIÓN VENTILATORIA

La forma del triángulo hioideo resulto ser bastante estable en los diferentes estadios etarios, siendo normal en el grupo adultos e invertido en el grupo jóvenes para las diferentes clases, lo cual coincide en el estudio de Bibby (Bibby, 1984) el cual estima que tanto los pacientes respiradores bucales como los pacientes con interposición lingual mantienen una posición estable del hueso hioides. Djupesland (Lyberg et al. 2007), investigó acerca de la posición vertical del hueso

hioides en relación a pacientes con apnea obstructiva del sueño y encontró que en estos pacientes la posición del hueso hioides era estadísticamente significativa, más baja que en el grupo control, lo que concuerda con la posición adquirida del hueso en el grupo adultos. El estudio de Pae (Pae et al. 2008) hace referencia a la posición del hueso hioides en pacientes con distinto tipo facial durante el envejecimiento, dentro de sus conclusiones destaca que con el envejecimiento la posición del hueso hioides tiende a descender y que está muy asociada con la función ventilatoria y el tipo facial. Además enfatiza que la posición del hueso difiere entre distintos tipos faciales. El estudio de Lin (Lin et al. 2011) resume como un aparato funcional llamado Activador o Bionator estimula el dorso lingual para mejorar la relación oclusal de Angle clase II a la clase I, y de esta forma prevenir la retrusión mandibular, ampliar los espacios oro y laringofaríngeos y aumentar el ascenso del hueso hioides. Se demuestra que la apnea obstructiva del sueño tiene una directa relación con pacientes con retrusión mandibular y disminución de los espacios oro y laringofaríngeos. Nuestro estudio demuestra como en el grupo adultos clase II el hueso hioides tiende al descenso, siendo justamente este grupo el que presenta mayor retrusión mandibular.

Dentro de las proyecciones que ofrece esta investigación, está la asociación a pacientes con patología obstructiva de la vía aérea en donde podríamos inferir los reales cambios morfométricos tanto de la vía aérea como de la posición del hueso hioides para encontrar datos clínicamente útiles en como abordar a este tipo de pacientes. Es de suma relevancia un estudio prospectivo en los cuales este tipo de pacientes puedan experimentar reeducación postural y eventuales cambios morfológicos de sus tejidos blandos.

FUNCIÓN DEGLUTORIA

Por lo general durante la deglución se le asigna al hioides una función activa en la elevación laríngea y faríngea, gracias a la función de los músculos suprahioides. Estos tienen la capacidad de elevar el hueso hioides tomando un punto fijo a nivel mandibular para así, durante su contracción, generar un movimiento de ascenso y desplazamiento anterior del hioides. Esto favorece la protección de la vía aérea durante la deglución. (Ishida et al. 2002)

El estudio de Kaneko (Kaneko 1992) encontró dimorfismo sexual en relación a la posición hioidea, encontrándose más bajo en los individuos hombres que en las mujeres, esto se veía reflejado en el estudio de Ishida (Ishida et al. 2002) en el cual durante la deglución, el ascenso del hueso hioides tiende a ser mayor en hombre que en mujeres debido a la diferencia en altura entre ambos sexos. Nuestra investigación no es concluyente respecto del dimorfismo sexual en la posición del hueso hioides para todas las clases, sólo es significativa en los jóvenes clase I donde habría una mayor diferencia de forma en el triángulo hioideo y por ende en la posición del hueso hioides.

CIRUGÍAS ORTOGNÁTICAS

Diversos estudios (Kitahara et al. 2010; Lye 2008) han demostrado que las personas con clase esquelética tipo III, tienden a tener mayores cavidades oro y laringofaríngeas, y además han estimado que seguido de la cirugía ortognática tienden a disminuir el volumen en estas cavidades, las cuales permanecen

disminuidas en el tiempo. Distinto sería el caso del hueso hioides que post-cirugía tiende a descender, recuperando su altura pasado cierto tiempo. Nuestro estudio no consideró pacientes post-quirúrgicos, pero es relevante tener en consideración como el tamaño y forma mandibular afectan a la posición del hioides. Si bien nuestros resultados no evidenciaron significancia estadística en la covariación entre estas estructuras sería esperable encontrarlas en muestras extremas de clases esqueléticas.

IX. CONCLUSIONES

A continuación exponemos las conclusiones más representativas de este trabajo.

- El dimorfismo sexual no explicó mayores cambios en la forma de las diferentes configuraciones.
- La variable tamaño explicó cambios de forma de la configuración craneofacial principalmente en individuos jóvenes.
- Se observó una diferencia en la forma del triángulo hioideo entre individuos adultos vrs jóvenes, tendiendo los adultos a una posición más baja del hueso respecto de los jóvenes.
- No existe modularidad entre las configuraciones hioidea y craneofacial, no obstante, la covariación entre las configuraciones para cada clase esquelética y estadio etario no es significativa, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de independencia entre configuraciones.
- Gracias al presente trabajo es posible afirmar que la posición del hueso hioides no depende exclusivamente de la clase esquelética sino de una serie de factores funcionales asociados, más aún, el hueso hioides no presenta el comportamiento esperado y planteado en la hipótesis estadística alternativa ante las diferentes clases esqueléticas faciales, por lo cual esta no se puede rechazar.

Alcances Clínicos

- El tratamiento de patologías del sistema estomatognático, debe tener un real enfoque multidisciplinario, ya que hay que integrar que el hueso hioides no se mueve exclusivamente en torno al comportamiento craneofacial o craneomandibular, es por esto que profesionales como fonoaudiólogos y kinesiólogos, juegan un rol preponderante en la atención del integral del paciente.
- El simple reposicionamiento maxilar y/o mandibular no asegura una adecuada reposición del hueso hioides.
- La terapia funcional postural, deglutoria, ventilatoria e incluso fonatoria, es una importante fuente de control de variable en la posición del hueso hioides.
- Pese a los alcances clínicos que se pueden hacer de esta tesis, es relevante mencionar que se requieren más estudios acabados, explicando las relaciones del hueso hioides con las variables funcionales.

X. REFERENCIAS

- Adams, D. & Rohlf, J., 2012. A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix, the Italian journal of mammalogy*, 24(1), pp.7–14.
- Angle, E., 1907. *Treatment of malocclusion of the teeth. Angle`s system*, Philadelphia.
- Anon, 1998. *Normas en la prevención e intercepción de las anomalías dentomaxilares.*, Santiago, Chile.
- Arthur, W., 2006. D'Arcy Thompson and the theory of transformations. *Nature reviews. Genetics*, 7(5), pp.401–6.
- Bibby, R.E., 1984. The hyoid bone position in mouth breathers and tongue-thrusters. *American journal of orthodontics*, 85(5), pp.431–3.
- Bibby, R.E. & Preston, C.B., 1981. The Hyoid Triangle. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, pp.92–97.
- Björk, A., 1969. Prediction of mandibular growth rotation. *American Journal of Orthodontics*, 55(6), pp.585–599.
- Bookstein, F., 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*,
- Broadbent, B. & Golden, W., 1975. *Bolton standards of dentofacial developmental growth*, St. Louis.

- Cheverud, J.M., 1984. Quantitative genetics and developmental constraints on evolution by selection. *Journal of Theoretical Biology*, 110(2), pp.155–171.
- Coquerelle, M. et al., 2013. Infant growth patterns of the mandible in modern humans: a closer exploration of the developmental interactions between the symphyseal bone, the teeth, and the suprahyoid and tongue muscle insertion sites. *Journal of anatomy*, 222(2), pp.178–92.
- Delaire, J., Schendel, S.A. & Tulasne, J.-F., 1981. An architectural and structural craniofacial analysis: A new lateral cephalometric analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 52(3), pp.226–238.
- Díaz, A., 2008. *Variación de la forma en patrones dentoesqueléticos de clases I, II y III. Estudio mediante morfometría geométrica*. Universidad de Chile.
- Fonseca, R.J. & Klein, W.D., 1978. A cephalometric evaluation of American Negro women. *American journal of orthodontics*, 73(2), pp.152–60.
- Gonzalez, H.E. & Manns, A., 1996. Forward head posture: its structural and functional influence on the stomatognathic system, a conceptual study. *Cranio : the journal of craniomandibular practice*, 14(1), pp.71–80.
- Grant, L.E., 1965. *A radiographic study of hyoid bone position in Angle's Class I, II, and III malocclusions*. University of Kansas City.
- Haralabakis, N.B., Toutountzakis, N.M. & Yiagtzis, S.C., 1993. The hyoid bone position in adult individuals with open bite and normal occlusion. *European journal of orthodontics*, 15(4), pp.265–71.
- Hiiemae, K.M. et al., 2002. Hyoid and tongue surface movements in speaking and eating. *Archives of oral biology*, 47(1), pp.11–27.

- Ishida, R., Palmer, J. & Hiemae, K., 2002. Hyoid Motion During Swallowing: Factors Affecting Forward and Upward Displacement. *Dysphagia*, 17(4), pp.1–20.
- Kaneko, I., 1992. A cinefluorographic study of hyoid bone movement during deglutitione. *Nihon Jibiinkoka Gakkai Kaiho*, 95(7), pp.974–987.
- Kitahara, T. et al., 2010. Changes in the pharyngeal airway space and hyoid bone position after mandibular setback surgery for skeletal Class III jaw deformity in Japanese women. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 138(6), pp.708.e1–10; discussion 708–9.
- Klingenberg, C.P., 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular ecology resources*, 11(2), pp.353–7.
- Klingenberg, C.P., 2008. Morphological Integration and Developmental Modularity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39(1), pp.115–132.
- Klingenberg, C.P. & McIntyre, G.S., 1998. Geometric morphometrics of developmental instability: Analyzing patterns of fluctuating asymmetry with Procrustes methods. *Evolution*, 52(5), pp.1363–1375.
- Kollias, I. & Krogstad, O., 1999. Adult craniocervical and pharyngeal changes--a longitudinal cephalometric study between 22 and 42 years of age. Part I: Morphological craniocervical and hyoid bone changes. *European journal of orthodontics*, 21(4), pp.333–44.
- Krespi, Y.P. & Kacker, A., 2002. Hyoid suspension for obstructive sleep apnea. *Operative Techniques in Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 13(2), pp.144–149.

- Lee, G., 1978. Hyoid Changes Following Orthopedic Treatment of Mandibular Prognathism. *Angle Orthod*, 48(1), pp.33–38.
- Lieberman, 2011. *The Evolution of the Human Head*, London.
- Lieberman, D.E. et al., 2001. Ontogeny of postnatal hyoid and larynx descent in humans. *Archives of oral biology*, 46(2), pp.117–28.
- Lieberman, D.E. & McCarthy, R.C., 1999. The ontogeny of cranial base angulation in humans and chimpanzees and its implications for reconstructing pharyngeal dimensions. *Journal of human evolution*, 36(5), pp.487–517.
- Lin, W.L., 1985. A cephalometric appraisal of Chinese adults having normal occlusion and excellent facial types. *Journal of Osaka Dental University*, 19(1), pp.1–32.
- Lin, Y.-C., Lin, H.-C. & Tsai, H.-H., 2011. Changes in the Pharyngeal Airway and Position of the Hyoid Bone After Treatment With a Modified Bionator in Growing Patients With Retrognathia. *Journal of Experimental & Clinical Medicine*, 3(2), pp.93–98.
- Lyberg, T., Krogstad, O. & Djupesland, G., 2007. Cephalometric analysis in patients with obstructive sleep apnoea syndrome. *The Journal of Laryngology & Otology*, 103(03), pp.287–292.
- Lye, K.W., 2008. Effect of Orthognathic Surgery on the Posterior Airway Space (PAS). , 37(8), pp.677–682.
- O'Higgins, P., 2000. The study of morphological variation in the hominid fossil record: biology, landmarks and geometry. *Journal of anatomy*, 197 (Pt 1, pp.103–20.
- Olson, E.C. & Miller, R.L., 1958. *Morphological Integration*, Chicago.

- Pae, E.-K. et al., 2008. Can facial type be used to predict changes in hyoid bone position with age? A perspective based on longitudinal data. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 134(6), pp.792–7.
- Ricketts, R.M., 1960. Cephalometric synthesis. *American Journal of Orthodontics*, 46(9), pp.647–673.
- Ricketts, R.M., 1956. The role of cephalometrics in prosthetic diagnosis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 6(4), pp.488–503.
- Ricketts, R.M. & Langlade, M., 1978. Cephalometric orientation. *Mondo ortodontico*, 3(1), pp.82–91.
- Rohlf, F., 2005. tpsDig, digitize landmarks and outlines, version 2.05. *Department of Ecology and Evolution, State University*.
- Rohlf, F.J., 1999. Shape Statistics: Procrustes Superimpositions and Tangent Spaces. *Journal of Classification*, 16(2), pp.197–223.
- Rohlf, F.J. & Corti, M., 2000. Use of two-block partial least-squares to study covariation in shape. *Systematic biology*, 49(4), pp.740–53.
- Rohlf, J. & Marcus, L.F., 1993. A revolution morphometrics. *Trends in ecology & evolution*, 8(4), pp.129–32.
- Rouvière, H., 2005. *Anatomía Humana* 11th ed., Barcelona.

- Silva, R.G. & Kang, D.S., 2001. Prevalence of malocclusion among Latino adolescents. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 119(3), pp.313–5.
- Steiner, C.C., 1953. Cephalometrics for you and me. *American Journal of Orthodontics*, 39(10), pp.729–755.
- Thilander, B. et al., 2001. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in children and adolescents in Bogota, Colombia. An epidemiological study related to different stages of dental development. *European journal of orthodontics*, 23(2), pp.153–67.
- Thompson, D., 1917. *On growth and form. Cap. IX Sobre la teoría de las trasformaciones, o la comparación de formas relacionadas*,
- Toro, M.V., Manríquez, G. & Suazo, I., 2010. Morfometría Geométrica y el Estudio de las Formas Biológicas : De la Morfología Descriptiva a la Morfología Cuantitativa. *International Journal of Morphology*, 28(4), pp.977–990.
- Tweed, C.H., 1946. The frankfort-mandibular plane angle in orthodontic diagnosis, classification, treatment planning, and prognosis. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*, 32(4), pp.175–230.
- Zelditch, M.L., Swiderski, D.L. & Sheets, H.D., 2012. *Geometric Morphometrics for Biologists*, Elsevier.

XI. ANEXOS

Exposiciones asociadas al trabajo

1. Exposición del proyecto de tesis en el “Workshop” de Morfometría Geométrica en Octubre de 2010, realizado en la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.
2. Presentación de la tesis en calidad de postulante a socio de la Sociedad Chilena de Anatomía, reunión realizada el sábado 31 de Mayo de 2014, en el Auditorio de Anatomía Humana, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Aceptado.