



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Sociales
Departamento de Antropología

Dimorfismo Sexual del Diente Canino en Población Santiaguina Actual aplicando Morfometría Geométrica

Resumen

En comparación a otros primates, el diente canino en *Homo sapiens* se encuentra disminuido en tamaño. Esto se ha explicado cómo una disminución en el dimorfismo sexual debido a la relajación de la selección sexual. Aun así, distintas investigaciones han demostrado que el dimorfismo sexual en el diente persiste en humanos. Distintas evidencias sugieren que el canino podría presentar dimorfismo de forma. Como la forma y el tamaño de un diente presentan cierta independencia, la reducción en el dimorfismo de tamaño del canino puede no corresponder con una reducción del dimorfismo en la forma del mismo. A pesar de ello, esta hipótesis no se ha contrastado. Utilizando Morfometría Geométrica, el principal resultado de esta memoria fue que existe dimorfismo sexual tanto de forma como de tamaño en el canino en una muestra de población santiaguina actual, siendo el canino femenino de menor tamaño y con una forma cuadrangular, mientras que el masculino es de mayor tamaño y una forma romboidal. Asimismo, se descubrió que el canino funciona como un módulo, concentrándose el dimorfismo sexual en la cara bucal de la corona, siendo este no significativo en la cara palatal.

Palabras Clave: Dimorfismo Sexual, Diente Canino, Morfometría Geométrica, Población Santiaguina

Alumno: Felipe Rodríguez V.
Profesor Guía: Germán Manríquez S.
Profesor Asociado, Universidad de Chile

Santiago, Chile - 2017

«Que no está muerto lo que yace eternamente, y con el paso de extraños evos incluso la muerte puede morir»

Howard Phillips Lovecraft
«La Llamada de Cthulhu»

Para mi querido y amado perro Kyo:

*Puede que no hayas podido ver el final de este ciclo,
Pero dejaste bien marcada tu huella en mi futuro.
Cuando vea la luna llena en lo alto, te recordaré con cariño.
Y espero escuchar el murmullo de tus aullidos en el paso del viento.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente al equipo del Centro de Antropología Dental por permitirme realizar mi memoria en el mismo. Asimismo, agradezco las discusiones que se armaron y el apoyo entregado.

Agradezco a mi profesor guía, Germán Manríquez, por todo el apoyo y los comentarios que ha realizado, no sólo durante la memoria sino también en otros proyectos adyacentes que surgieron a partir de la misma. También le agradezco su buena disposición y sus acertados consejos tanto teóricos como prácticos, los cuales siempre tendré en consideración para el futuro.

Agradezco al profesor Alejandro Díaz por su ayuda en la obtención de varios individuos de la muestra, con los cuales esta memoria no habría podido realizarse en el tiempo que se realizó.

Agradezco a la PhD. Viviana Toro por la ayuda y discusión de los métodos empleados. También le agradezco por haberme facilitado la tomografía del diente canino que utilicé durante el warping para ayudar en la visualización.

Agradezco a mis compañeras de laboratorio, especialmente a Andrea Eyquem, Daniela Vidal y Paula Guzmán por el apoyo entregado, haber escuchado mis razonamientos sobre el tema, y ayudarme a expresarlo de forma clara.

También agradezco a mis compañeras Gabriela Olivares, Constanza Pino, Tamara Núñez y Astrid Ollarzú por haberme escuchado y ayudado en la realización de la presentación de este escrito.

Finalmente, agradezco al proyecto VID 3307002 ENL014/15 y el proyecto FIOUCH ENLACE 002/2015 por el apoyo entregado.

ÍNDICE

Agradecimientos	iv
Introducción	1
Antecedentes	3
Generalidades del Dimorfismo Sexual	3
Generalidades del Diente Canino	5
DS del Canino en Primates.....	6
DS del Canino en <i>Homo sapiens</i>	9
El aspecto Estructural en el Análisis del DS del Canino de los Primates y <i>Homo sapiens</i>	14
Objetivos.....	17
Hipótesis.....	18
Materiales y Métodos	20
Muestra	20
Características de la Muestra	20
Tamaño de la Muestra.....	21
Métodos	24
Técnicas de Recolección de los Datos.....	24
Técnicas de Análisis de los Datos.....	26
Estimación del Error Intraobservador.....	27
Resultados.....	28
Error Intraobservador	28
Análisis del Dimorfismo Sexual del Canino con Morfometría Geométrica.....	30
Discusión	35
Contexto Poblacional: Dimorfismo del Canino en Población Chilena	36
Contexto interpoblacional (intraespecifico)	37
Contexto interespecifico.....	43
Canino y Problemas observados en los Antecedentes.....	48
Limitaciones y comentarios Finales	49
Conclusiones	55
Bibliografía.....	56

INTRODUCCIÓN

La antropología física (o biológica) se define como el estudio de la variabilidad en el linaje homínido junto a las fuerzas que la producen y la transforman, dentro de un marco evolutivo que compromete la interacción de variables biológicas y culturales (Armelagos & Van Gerven, 2003; Jurmain et al., 2009; Mai et al., 2005).

Dada esa definición, el antropólogo se ve enfrentado a un vasto mar de preguntas, muchas de ellas circunscritas a áreas subdisciplinares que se nutren con la información obtenida de diversas fuentes. Finalmente, para poder responder a sus preguntas, el antropólogo ocupa diversas metodologías, muchas utilizadas en otras áreas del conocimiento, y que permiten no sólo esclarecer dudas previas, sino también aumentar el conocimiento del mismo, y dar cuenta de nuevos vacíos que antes estaban inexplorados.

A modo de ejemplificación, en el caso de esta memoria el principal foco de investigación es el dimorfismo sexual en el diente canino. Respecto de las fuentes que se utilizan para comprender este problema, aunque éstas son variadas se encuentran ligadas principalmente a la antropología forense, (Dawson et al., 2011; Garvin, 2012).

Igualmente, otras fuentes de las que se nutre esta memoria es a partir de una perspectiva evolutiva, centrada en la relación del ser humano (*Homo sapiens*) con otras especies cercanas, por ejemplo los chimpancés (*Pan troglodytes*), los gorilas (*Gorilla spp.*) o los orangutantes (*Pongo pygmaeus*). Es más, el canino es un rasgo muy importante en la evolución humana, pues en contraste con las otras especies cercanas, este se encuentra reducido en tamaño (Fruyer & Wolpoff, 1985; Plavcan, 2001).

Asimismo, esta memoria se nutre por otras fuentes que no tienen mucha relación con la antropología física en sí misma, pero que, de acuerdo a nuestra perspectiva, se considera muy importante. En este caso, recuperamos el aporte que realizó Seilacher (1970), y que posteriormente retomó Gould (2002), para poder entender las causas de la variación biológica observada. A partir de su propuesta de entender la causa de la variación en base a tres aspectos, consideramos que esto también se relaciona con entender las estructuras biológicas de forma multifactorial: más importante que dar una sola causa, consideramos que debería primar el ver cómo distintos factores se interrelacionan entre sí y dan respuestas (o nuevas preguntas) sobre un fenómeno.

Por otra parte, en términos metodológicos el investigador siempre tiene que estar atento no sólo a las metodologías clásicas que se utilizan en un área de estudio, sino también a nuevas metodologías que puedan ser aplicadas en la misma y enriquecer el conocimiento que se tiene de ellas. En los casos particulares del dimorfismo sexual del canino, el uso de morfometría lineal es generalizado tanto en humanos como en otros primates. A pesar de no ser tan reciente (si se considera que tiene 20-30 años de existencia), la morfometría geométrica revolucionó la forma de entender la variación cuantitativa de las estructuras biológicas (Adams et al., 2013; Slice, 2007). Nuestro interés surge al constatar la ausencia de estudios que utilicen las herramientas de la morfometría geométrica para responder al problema planteado, sentando un precedente a utilizar en futuras (y mejores) investigaciones.

Finalmente, no se puede separar la formación que he obtenido en la mención de antropología física, de uno de los resultados finales de dicha formación, cual es la presente memoria de título. El interés que se generó de la estadística, en particular del

poder estadístico y su uso en la creación de muestras (Krzywinski & Altman, 2013), al igual que la obtención de un programa que permite calcular el poder estadístico y extrapolar a la cantidad de muestra necesaria para cierto magnitud del efecto (Faul et al., 2007) está presente en varias partes de la memoria y de la interpretación de resultados.

Dicho todo lo anterior, es hora de abordar a fondo el tema que nos interesa en esta memoria: el dimorfismo sexual del canino en una población de *Homo sapiens*.

ANTECEDENTES

GENERALIDADES DEL DIMORFISMO SEXUAL

Por dimorfismo sexual¹ (DS de aquí en adelante) se entiende las diferencias morfológicas y conductuales entre los miembros de especies con reproducción sexual (i.e. anisogaméticas), que se deben a la presencia de secuencias génicas sexo específicas y a la acción hormonal diferencial, y que se expresan como alometrías y cambios funcionales de las estructuras dimórficas a partir de la pubertad (Blanco & Godfrey, 2006; Darwin, 1871; Frayer & Wolpoff, 1985; Mitteroecker et al., 2004; Plavcan, 2001, 2011; K. Schaefer et al., 2004; Wood, 1976).

Dentro de un linaje evolutivo como el orden de los Primates, se observa un patrón general en la expresión del DS (Frayer & Wolpoff, 1985; Plavcan, 2001). Por ejemplo, existe una semejanza en las zonas de expresión del DS en distintos segmentos esqueléticos, incluso en los mismos dientes (Wood, 1976). Aun así, este patrón presenta diferencias particulares de las especies del orden, produciendo variabilidad inter- e intraespecífica (Frayer & Wolpoff, 1985; Plavcan, 2001, 2011; Wood, 1976).

Debido a esta peculiaridad, es de interés explicar por qué un rasgo que es sexualmente dimórfico varía en su expresión al comparar una especie o un linaje. De acuerdo con Seilacher (1970), un enfoque que permite responder no sólo a esta pregunta, sino que las causas de variación de cualquier rasgo morfológico, es el que considera el rol que juegan los procesos de tipo histórico (ontogenéticos y filogenéticos), estructural y funcional (ver Figura 1).

El aspecto funcional hace referencia al estudio de las funciones que presenta una morfología dada, considerando el contexto ambiental y las presiones selectivas que puedan estar influyendo en su acción (Seilacher, 1970). En ese sentido, estudia también los mecanismos que generan las adaptaciones observadas en los organismos. El énfasis del estudio estaría en observar aquellos caracteres convergentes y analizar qué pudo causar dicha convergencia.

¹ El DS se puede entender como una magnitud que compara el fenotipo expresado en un sexo con respecto al otro. Se suele suponer que siempre es la proporción entre el fenotipo del macho comparado con el de la hembra, debido a que se ha interpretado que el fenotipo expresado por la hembra sería "el basal" y el macho es el que se diferencia producto de la selección sexual (e.j. el tamaño corporal de la hembra es el que todos los machos tendrían si es que no hubiese selección sexual). Para dar cuenta del fenómeno contrario (i.e. donde la hembra sería "la distinta" pues la selección sexual ejerce presión sobre dicho sexo, teniendo como fenotipo basal al macho) surge el concepto de "DS Inverso" (e.j. la que presenta mayor tamaño corporal). Aun así, como bien indica Plavcan (2011), esto es erróneo pues supone un fenotipo "basal" inexistente: los caracteres evolucionan de forma conjunta (a veces independiente, otras interdependientes) y la magnitud del DS engloba todos los procesos evolutivos que afectan a los sexos. Por lo tanto, cuando nos refiramos al concepto de "DS" y de "DS inverso", se encuentra relativizado a lo esperado para el linaje que se está estudiando para un rasgo en particular (e.j. para el tamaño corporal, el "DS" esperado es el que el macho presente mayor tamaño que la hembra, siendo el "dimorfismo inverso" que la hembra sea más grande que el macho)

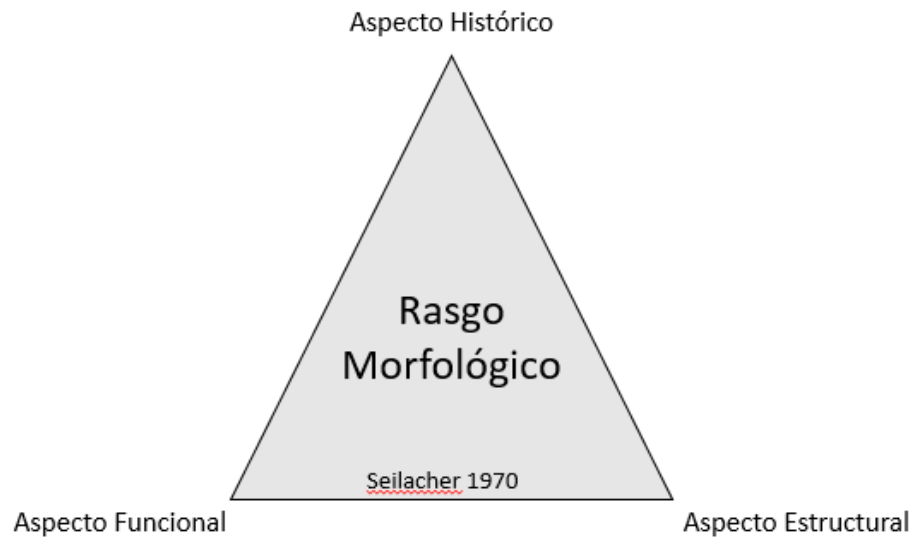


Figura 1: El “triángulo de Seilacher” expresando la interrelación de tres aspectos (funcional, histórico y estructural) para el estudio de los rasgos morfológicos

Aun así, Seilacher (1970) comenta que no necesariamente estas convergencias se deben a aspectos funcionales, sino que también puede ser convergencias debido a los otros aspectos. En ese sentido, hay que tener cuidado al catalogar cualquier convergencia como un producto de la adaptación (i.e. visión del programa adaptacionista o panadaptacionismo (Gould & Lewontin, 1979)), sino que entenderla siempre como una relación entre los tres aspectos.

Otro aspecto a considerar es el histórico, que está subdividido en el aspecto filogenético y el aspecto ontogenético. El aspecto histórico-filogenético se relaciona con comparar la expresión de rasgos morfológicos en distintas especies filogenéticamente relacionadas, considerando en dicho estudio variables espaciales y temporales. Esta comparación no sólo ocurre comparando el rasgo entre especies actuales, sino también comparando su expresión en conjunto a especies extintas.

El aspecto histórico-ontogenético se relaciona con el estudio de los cambios que experimenta una morfología dada en el tiempo de vida del individuo (Seilacher, 1970). Específicamente hablando, hace referencia a la forma en que un rasgo morfológico crece y se desarrolla, comparándolo con los de otros miembros de su especie y especies relacionadas en los mismos estadios del desarrollo.

Finalmente, el aspecto estructural (denominado “arquitectural” por Seilacher) se basa en entender la morfología como una estructura, un elemento que posee distintas “partes” heterogéneas que se encuentran integradas entre sí, presentando una relación particular. Las estructuras difieren ya sea teniendo “partes” de las que otras estructuras carecen, o en el tipo de relaciones entre las “partes”. Estos cambios estructurales pueden ser tanto

adaptativos como no-adaptativos, y diferenciarse por su historia ontogenética, filogenética y/o funcional.

Stephen Jay Gould (2002) profundizó el significado de lo que es el aspecto estructural en base a las heterocronías (i.e. cambios en los tiempos de desarrollo de ciertas estructuras), heterotropías (i.e. cambios en la localización de ciertos procesos de desarrollo) y en las restricciones estructurales (*constraint*). Para Gould (2002), la restricción estructural no sólo se entiende como una limitante en la variación, sino también como un elemento que canaliza los cambios y la evolución de los rasgos. Como los rasgos se encuentran en una estructura, estos son interdependientes entre sí. Cada uno de los rasgos presenta una limitante y, por lo mismo, la evolución de los mismos sólo puede darse dentro de estos parámetros

En el caso del DS, estos tres aspectos se pueden asociar de varias formas:

1. El aspecto funcional del dimorfismo que explica cómo la selección sexual (aunque también la selección natural) genera expresiones diferenciales de ciertos rasgos relacionados con las conductas de cortejo y apareamiento antes que con la reproducción en sentido estricto.
2. El enfoque histórico-filogenético permite conocer cuáles son los rasgos que presentan DS en un linaje y ver cómo cambian ya sea en su expresión (e.j. cambios en el color del pelaje) como en su magnitud (e.j. disminución o aumento en dicha diferencia sexual).
3. El aspecto histórico-ontogenético permite entender cómo estos rasgos se desarrollan en los estados iniciales de la ontogenia (e.j. la acción que tienen las hormonas sexuales en dicho carácter).
4. El enfoque estructural permite comprender cómo covarían las partes de una estructura sexualmente dimórfica en dos especies relacionadas, y buscar si las diferencias en esa covariación se debe a algún cambio que experimentaron estas especies, ya sea funcional, ontogenética o filogenética.
 - a. Considerando la propuesta de Gould (2002), también se puede estudiar si la evolución del rasgo sigue ciertos patrones, como por ejemplo, el aumento de la altura de la corona del canino con respecto a las dimensiones de su base, o cambios de tamaño del canino con respecto a otros dientes.

GENERALIDADES DEL DIENTE CANINO

Junto a los incisivos, el diente canino es uno de los dientes que forma parte del módulo anterior de la arcada dentaria y varía su forma en el suborden Antropoidea desde “dagas” prominentes a un cono bajo (Hillson, 2005; White et al., 2012)

Los primates tienen dos patrones dentarios: los deciduos y los permanentes. Estos difieren en que la dentadura decidua está relacionada con el tamaño de la arcada maxilar y mandibular que es mucho más corta en los individuos juveniles, mientras que el individuo adulto presenta arcadas mucho más pronunciadas producto del crecimiento normal de la zona (Hillson, 2005).

DS DEL CANINO EN PRIMATES

Al ser un rasgo morfológico, el canino de los primates se puede analizar en los aspectos funcional, histórico y estructural propuestos anteriormente.

En términos funcionales, el canino se ha entendido como un rasgo que ha sido seleccionado por diversos factores, siendo el más determinante la selección sexual (Harvey et al., 1978; Kay et al., 1988; Plavcan et al., 1995; Plavcan & van Schaik, 1997; Plavcan, 1998, 2001, 2011). En relación a este tipo de selección, el canino se relaciona con la competencia intrasexual tanto entre machos como entre hembras (Plavcan et al., 1995; Plavcan, 1998, 2011), actuando como un arma que permite dañar al adversario. Por este motivo, tradicionalmente su estudio se ha abordado a partir de los sistemas de apareamientos. Estos sistemas se subdividen en cuatro² grandes grupos: las especies con un sistema monógamo (i.e. un macho con una hembra), el sistema poligínico (i.e. un macho con muchas hembras), el sistema poliándrico (i.e. una hembra con muchos machos) y el sistema promiscuo (i.e. muchos machos con muchas hembras simultáneamente) (Plavcan, 2011). En este contexto, el DS del rasgo es mucho más pronunciado en aquellas especies donde el acceso al sexo opuesto es más limitado y, por consiguiente, la competencia es mayor (i.e. especies poliándricas y poligínicas). En cambio, las especies que no presentan estas limitaciones poseen un DS menor (i.e. especies monógamas).

Aun así, la competencia analizada desde el sistema de apareamiento no es tan eficiente. Al controlar por el sistema de apareamiento (i.e. analizar el dimorfismo dentro de un sistema sin considerar los otros), se mantiene una gran variabilidad en la expresión del DS, por lo que habrían otros factores involucrados. Esto hizo que algunos investigadores se preguntaran si el sistema de apareamiento era un buen predictor de la ocurrencia de competencia, o si sólo bastaba considerar el efecto de la selección sexual.

Según Kay et. al (1988) y Plavcan y van Schaik (1997) los análisis del grado de competencia deben tomar en cuenta los niveles de tolerancia e intensidad de la agresión. El primer factor se relaciona con especies de primates donde los machos presentan una mayor tolerancia al estar frente a otro y, por tanto, la agresión es menos frecuente. Por otro lado, la intensidad se relaciona al grado de agresión que existe entre dos machos al estar próximos entre ellos. Desde ese punto, se tienen cuatro sistemas diferentes de

²A veces se consideran sólo tres grupos: el monogámico, el promiscuo y el "multi", siendo este último el que integra la poliandria y la poliginia.

competencia: baja frecuencia con baja intensidad (e.j. los Gibones, *Hylobates* sp.), alta frecuencia pero de baja intensidad (e.j. *Pan paniscus* y *Pan troglodytes*), baja frecuencia pero con una alta intensidad (e.j. *Gorilla gorilla*) y una alta frecuencia e intensidad (e.j. *Papio cynocephalus*). Cuando se investiga el dimorfismo del canino a partir de estos factores, no sólo diferencia entre sistemas de apareamiento sino también entre distintas especies que comparten un mismo sistema (Plavcan & van Schaik, 1997). Plavcan y van Schaik (1997) hipotetizan que se podría deber a que existen distintos tipos de competencia. Se ha observado que un mayor tamaño de canino está relacionado con la selección sexual cuando es usado como arma en combate entre dos individuos y no entre grupos. Cuando la competencia es entre dos o más grupos de individuos el canino deja de ser importante en la lucha, siendo más relevante la fuerza total del grupo y la estrategia. Así, las especies, que muestran un alto nivel de competencia y de gran intensidad, tendrían caninos de menor tamaño.

Como el canino se relaciona con el uso como arma en la competencia intrasexual, el desgaste dental del canino está relacionado con la adecuación biológica del individuo. Leigh et al. (2008) estudiaron la relación entre el desgaste del canino y la reproducción en mandriles (*Mandrillus sphinx*). Observaron que el mandril macho comienza su vida sexual cuando erupciona por completo el canino permanente y termina cuando la altura del diente disminuye hasta los 30 mm., aproximadamente. En ese sentido, la selección sexual también estaría actuando sobre el canino de machos haciéndolos más resistentes al desgaste (Leigh et al., 2008; Plavcan & van Schaik, 1997).

Otro aspecto funcional importante es el biomecánico. Plavcan y Ruff (2008) analizan los caninos de los primates y los comparan con los caninos del orden Carnivora. Ambos órdenes ocuparían el canino como arma, siendo un arma para la competencia intrasexual en el caso de los primates. Producto de esto, la selección sexual no sólo debería favorecer caninos más grandes, sino también caninos más resistentes en un sexo por sobre otro de acuerdo al patrón de competencia intrasexual que estos tengan. Sin embargo, posterior a su estudio, Plavcan y Ruff (2008) notaron que el canino de primates machos y hembras presentan la misma resistencia y fuerza, ambos mayores que el orden *Carnivora*. Este resultado es sorprendente dada la diferencia en los tamaños de los caninos de machos y hembras en los primates, lo que debería haberse traducido en diferencias biomecánicas.

Otros aspectos funcionales del canino que no están relacionados con la selección sexual sería su uso como arma contra los depredadores. Se ha observado que existen diferencias en los tamaños de canino dependiendo del hábitat en que se encuentran las especies, siendo menor el dimorfismo en aquellas especies arbóreas y mayor en las que están en sabanas (Plavcan & van Schaik, 1997). Aun así, se ha cuestionado si esto se debe específicamente al tipo de ambiente y no al sistema de apareamiento, pues estos presentan correlación entre sí.

En su aspecto histórico-ontogenético, el DS del canino se puede entender bajo el concepto de bimaturo. Este concepto hace referencia a diferencias en la duración de las trayectorias de desarrollo entre los sexos sin observar cambios en el ritmo de desarrollo (Moss & Moss-Salentijn, 1977; Schwartz & Dean, 2001, 2005; Schwartz et al., 2005). En términos de la odontogénesis, implica que la periodicidad de la aposición del esmalte en individuos masculinos y femeninos es el mismo y que la diferencia se encuentra en la duración total de la aposición y secreción del esmalte. Aun así, Schwartz et al. (2005), da cuenta de que, al principio, el modelo en que se diferenciaban los caninos de los primates era por cambios en los ritmos de formación del esmalte, por lo que este bimaturo sería más tardío.

Distintas investigaciones han demostrado que el canino permanente de los individuos masculinos y femeninos comienza su desarrollo alrededor del momento de nacimiento y termina su erupción alrededor de los 12 y 13 años (Dean, 2000; Moss & Moss-Salentijn, 1977; Schwartz & Dean, 2001, 2005). Aun así, dado que el canino presenta diferencias en la duración de su desarrollo, no se tiene certeza si en el momento de la erupción difiere el estado de completitud que presenta la raíz (Dean, 2000).

Se ha observado que este patrón general presenta diferencias interespecíficas entre los grandes primates. Schwartz & Dean (2001) compararon distintas especies (i.e. *Homo sapiens*, *Pan troglodytes*, *Gorilla gorilla* y *Pongo pygmaeus*) respecto de los tiempos de aposición de esmalte. Los investigadores observaron que las diferencias se encuentran tanto en el ritmo como en los tiempos de aposición del esmalte, ya sea la duración total como la duración de la aposición de esmalte cuspídeo y esmalte lateral. Proporcionalmente al tiempo total de formación de la corona, las especies *Homo sapiens* y *Pongo pygmaeus* son las que mayor tiempo de formación de esmalte cuspídeo presentan. En cambio, *Gorilla gorilla* y *Pan troglodytes* presentarían proporcionalmente mayor tiempo de aposición de esmalte lateral.

Por otra parte, Schwartz y Dean (2005) no observaron diferencias en la duración de la aposición del esmalte cuspídeo entre sexos de *Homo sapiens*. Esto es sorprendente ya que es esta aposición de esmalte la que más se relaciona con el aumento en la altura de la corona (Dean, 2000). En ese sentido, la mayor altura del canino masculino se podría deber o a la mayor duración total del proceso de formación del canino (Schwartz & Dean, 2001, 2005) o a una mayor secreción o aposición de esmalte en la zona cuspídea en estos individuos (aspecto que no se ha investigado).

En su aspecto histórico-filogenético, el diente canino presenta DS de forma transversal en los Primates Antropoideos (Plavcan, 2001; Wood, 1976). El canino del maxilar es más dimórfico en comparación con los de la mandíbula. Los individuos masculinos son los que suelen presentar el canino de mayor tamaño, pero también se han encontrado especies de primates cuyos individuos femeninos son los que presentan el canino más grande (Plavcan, 2011).

El dimorfismo de este diente se encuentra altamente correlacionado con la filogenia, incluso más que el dimorfismo por tamaño corporal (Thorén et al., 2006). Esto significa que existe una independencia en los cambios que se producen en el dimorfismo del tamaño corporal con los cambios que puedan afectar al dimorfismo del canino. El canino sería un mejor rasgo para dar cuenta de relaciones de proximidad entre especies primates que el tamaño corporal (Thorén et al., 2006).

En la revisión que realizan Plavcan y van Schaik (1993) y, posteriormente, Plavcan (2011) sobre el dimorfismo en el canino, observan distintos mecanismos que pueden relacionar el dimorfismo del diente con la filogenia. Estos son la inercia filogenética, la respuesta correlacionada y la selección correlacionada.

La inercia filogenética hace referencia a que la expresión que presenta una especie sobre un rasgo se encuentra correlacionada con la expresión que tenía una especie ancestral del mismo. Esto implica que observar un canino de mayor tamaño no necesariamente se relaciona con una presión selectiva hacia ese rasgo, sino que el ancestro del que derivó nuestra especie de estudio presentaba un canino de gran tamaño. Esto puede deberse a semejanzas genéticas y de desarrollo que presentan ambas especies (Plavcan & van Schaik, 1993). El problema que presenta este mecanismo es que existen distintos rasgos (morfológicos, conductuales y ecológicos) que se relacionan también con la filogenia por lo que la relación con el dimorfismo del canino puede ser espuria (Plavcan & van Schaik, 1993) (i.e. estos otros factores relacionados con la filogenia son los que producen la misma o similar presión selectiva hacia el canino, generando un fenotipo similar).

Otro factor que podría estar dando cuenta del dimorfismo como producto de la filogenia es la respuesta correlacionada. Este mecanismo hace referencia directa a la herencia del rasgo. Si este se genera por una herencia autosomal cuantitativa, entonces la selección de un fenotipo del rasgo en un sexo generará un fenotipo similar en el sexo opuesto cuando los individuos se reproduzcan (Plavcan & van Schaik, 1993; Plavcan, 1998, 2011). En antropoides, el canino de los individuos femeninos serían resultado de una acción conjunta entre la respuesta correlacionada y la competencia intrasexual (Plavcan, 1998).

Por último, la selección correlacionada hace referencia a que la selección de un rasgo en un sexo produce una presión selectiva en el opuesto, generando una respuesta similar (Plavcan, 2011) (e.j. si se selecciona un mayor tamaño corporal en machos, como las hembras tienen que parirlos, entonces será una presión que generará un aumento en el tamaño de la hembra)

DS DEL CANINO EN *HOMO SAPIENS*.

Si bien el canino de *Homo sapiens* es bastante similar al de los demás primates, hay diferencias muy importantes, especialmente en el aspecto funcional y en el aspecto histórico-filogenético.

En su aspecto funcional, pareciera ser que el canino no estaría bajo selección sexual. A diferencia de otros primates, el canino de *Homo sapiens* no protruye hacia el exterior de la boca (Hillson, 2005) por lo que no podría ser ocupado como arma en competencia intrasexual (aspecto que sí ocurriría en los otros primates).

Por otra parte, el canino humano no estaría presentando diferencias notorias en la dimensión de sus caninos, imposibilitando una estimación visual del sexo. Radlanski et al. (2012) hicieron un cuestionario en el que mostraron 50 fotos de arcadas dentales (25 masculinas y 25 femeninas) a un total de 100 encuestados. Se les pidió que dijeran cuál era el sexo de la persona a la que se le tomó la foto sólo viendo sus dientes. Los resultados mostraron que la tasa de error era elevada, incluso en aquellos encuestados que eran odontólogos profesionales. Un caso similar reportaron Ferreira et al. (2012), donde además se consideró el error intraobservador para aquellos que tomaron el cuestionario. Alrededor de un 50% de los individuos fue sexado correctamente, pero no había ninguna concordancia entre distintas repeticiones (i.e. cuando en la primera estimación se dijo que era masculino, en la segunda dijeron que era femenino). Estas dos investigaciones demostrarían que ni los individuos femeninos ni masculinos pueden reconocer diferencias fenotípicas en este diente a simple vista. Si no es reconocible, no puede ser seleccionado intersexualmente.

En ese sentido, ante la inhabilidad de que el rasgo pueda ser seleccionado intrasexual e intersexualmente, el aspecto funcional que quedaría sería aquel relacionado con la selección natural. Lamentablemente, no se encontraron investigaciones que aborden dicha problemática en *Homo sapiens*.

En el aspecto histórico-ontogenético, el canino deciduo erupciona aproximadamente entre los dos y tres años de edad, mientras que el permanente lo hace a los doce años (Schaefer et al., 2009; White et al., 2012). En comparación con los otros primates, *Homo sapiens* es la especie que más se demora en formar la corona del esmalte, pero resalta en la mayor proporción de tiempo invertido en la formación cuspida con relación al tiempo total de formación de la corona (Schwartz & Dean, 2001).

Los ritmos de formación del esmalte en el canino son similares en individuos femeninos y masculinos, observándose diferencias sólo en la duración de esta formación (Schwartz & Dean, 2001). Al igual que en otras especies de primates, la hembra presenta mayor aposición de esmalte horizontal que el macho (Schwartz & Dean, 2001) produciendo una corona de mayor grosor (Schwartz & Dean, 2005). La diferencia con respecto a otras taxa es que el macho presentaría mayor aposición de dentina que la hembra (Schwartz & Dean, 2005).

El **aspecto histórico-filogenético** en *Homo sapiens* es bastante importante debido a que el canino de esta especie presenta una disminución con respecto al resto de los primates, particularmente dentro de la superfamilia Hominoidea (Fruyer & Wolpoff, 1985). Esta

reducción en el tamaño hace que adquiera una forma que se asemeja a la de los incisivos (Hillson, 2005). La reducción del tamaño del canino se encuentra acompañado con la reducción del tamaño de otros elementos esqueléticos y dentales como lo es el tamaño corporal, la mandíbula y el segundo molar (Bhargavi et al., 2013; Frayer & Wolpoff, 1985; Washburn & Ciochon, 1974).

Para explicar esta disminución, se ha propuesto cambios en el aspecto funcional, argumentándose como posibles causas cambios en la agresividad y en la competencia intrasexual (Frayer & Wolpoff, 1985; Plavcan, 2001, 2011). También se ha propuesto desde la ontogenia cambios en el desarrollo del rasgo producto de las diferencias interespecíficas (Schwartz & Dean, 2001, 2005) o a cambios en la arquitectura del aparato masticatorio relacionados, por ejemplo, con la dieta (Bhargavi et al., 2013; Frayer & Wolpoff, 1985).

Aun así, paradójicamente, no queda claro por qué a pesar de la disminución del canino todavía se mantiene el DS en este rasgo si se supone que disminuyeron las presiones que producirían tales diferencias (Frayer & Wolpoff, 1985). Es probable que esta mantención sea producto de la inercia filogenética que esté operando

En poblaciones humanas actuales se puede observar una alta variabilidad en términos del DS en el rasgo. En la Figura 2 y Figura 3, se pueden observar los valores que presentan las poblaciones Griegas (Zorba et al., 2011), Chilena (Suazo et al., 2008), Kosovo-Albanesa (Staka & Bimbashi, 2013), India (Prabhu & Acharya, 2009), Colombiana (Castillo et al., 2012), Estonia de la edad de hierro (Limbo, 2011), Serbia (Filipovic et al., 2013), Brasileña (da Costa et al., 2012), Nepalesa (Acharya & Mainali, 2007) y Egipcia (Omar & Azab, 2009) para las variables longitud Mesio-Distal (MD) y Bucolingual (BL) respectivamente. La Figura 4 muestra la magnitud de dimorfismo³ (Garn et al., 1967) calculado con los valores obtenidos de las poblaciones mencionadas.

Como muestran las Figura 2 y Figura 3, el canino presenta una alta variabilidad para las variables mesiodistales y bucolinguales en distintas poblaciones, las que agrupan tanto diferencias de tamaño de la pieza dentaria como diferencias en la expresión del DS. Cuando se observa la magnitud del dimorfismo (Figura 4), pareciera ser que los grupos americanos (excepto por Brasil) son los que presentan menor grado de dimorfismo, cosa que también dio cuenta Zorba et al. (2011) al analizar distintas poblaciones humanas. Zorba et al. (2011) observaron que los individuos caucasoides tienden a presentar un DS bastante marcado, con la población mongoloide presentando menor DS y los individuos amerindios/americanos siendo los menos dimórficos en estas variables, cosa que también podemos observar en la Figura 4.

³ *Magnitud Dimorfismo* = $\frac{\bar{X} \text{ Masculino}}{\bar{X} \text{ Femenino}} - 1$

La variabilidad también está presente al observar DS inverso en algunas poblaciones, en particular la colombiana. Prabhu y Acharya (2009) también encontraron este DS inverso en otros dientes de la población Griega.

También se ha observado que hay diferencias en la expresión del DS cuando los individuos han presentado patologías congénitas en la región maxilofacial. Rawashdeh y Bakir (2007) analizaron la expresión del DS en el canino de pacientes que presentaban labio leporino, contrastándolo con individuos sanos de la misma procedencia. Observaron que estos individuos presentaban no sólo una disminución general en el tamaño de sus dientes, sino que también invertían relaciones de DS presente en los mismos (i.e. dientes que presentaban DS en población sana no lo presentaban en la del labio leporino y viceversa).

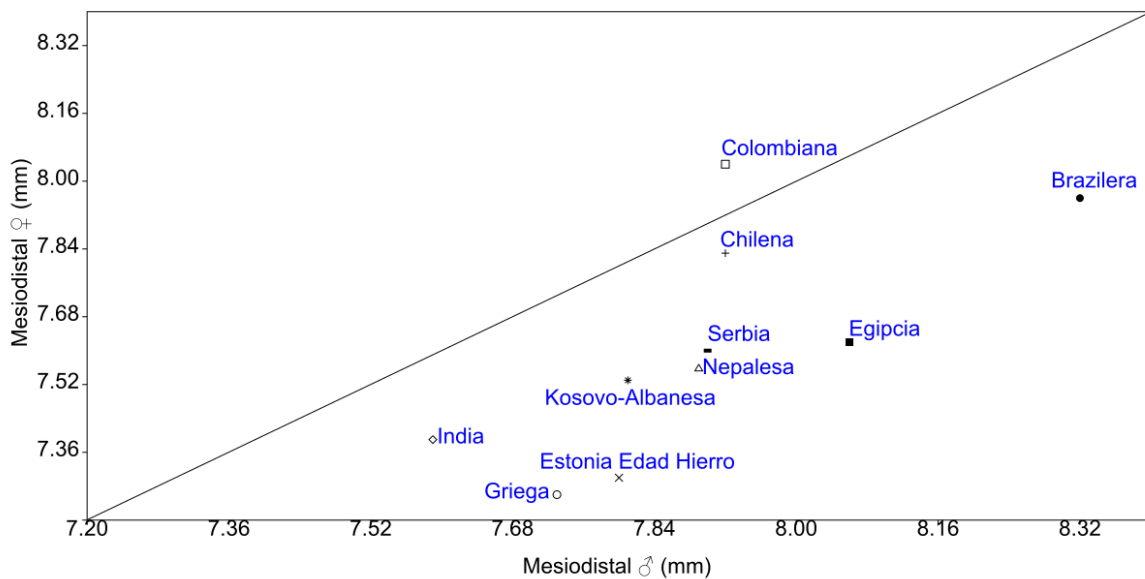


Figura 2: Valores que presenta la variable “longitud mesiodistal” del canino para distintas poblaciones humanas a partir de datos publicados en distintos estudios. La recta representa los valores donde la media de los sexos masculinos y femeninos para la variable son los mismos.

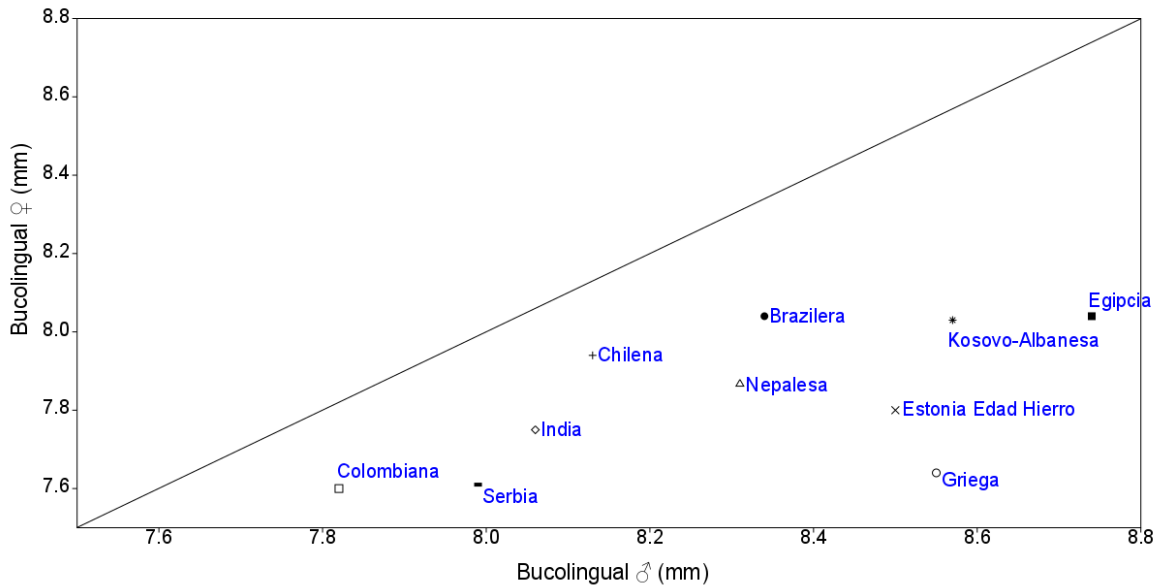


Figura 3: Valores que presenta la variable “longitud bucolingual” del canino para distintas poblaciones humanas a partir de datos publicados en distintos estudios. La recta representa los valores donde la media de los sexos masculinos y femeninos para la variable son los mismos.

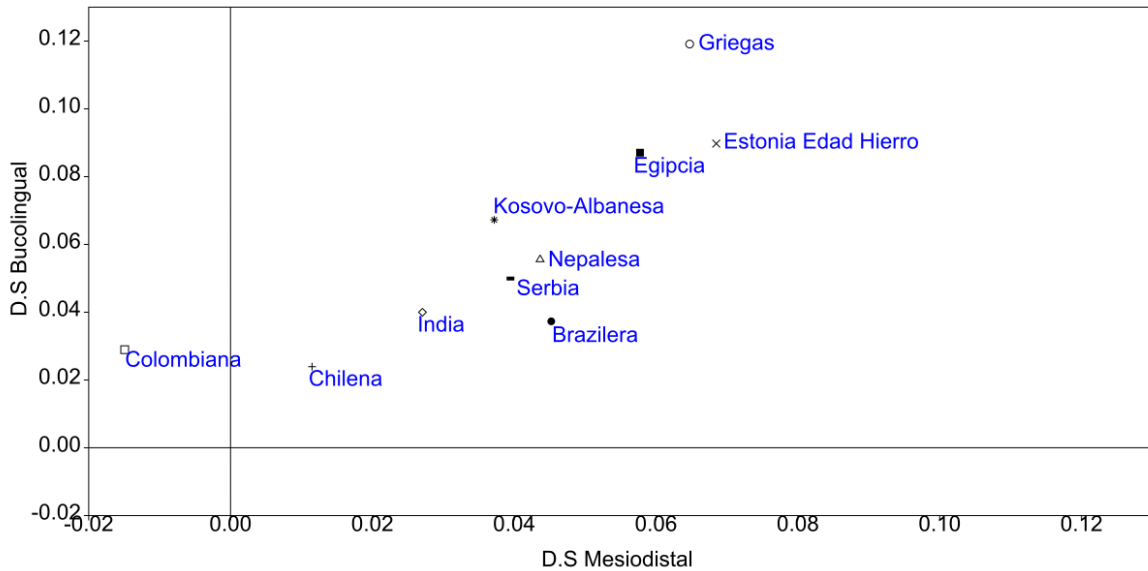


Figura 4: Índice de DS para las variables longitud mesiodistal (eje x) y bucolingual (eje y). El cálculo se basa en la ecuación propuesta por Garn et al (1967). Las rectas representan el punto en el que los promedios de los sexos masculinos y femeninos para la variable son los mismos, por lo que habría ausencia de DS. Valores negativos representan DS inverso.

EL ASPECTO ESTRUCTURAL EN EL ANÁLISIS DEL DS DEL CANINO DE LOS PRIMATES Y *HOMO SAPIENS*

El aspecto estructural entiende una estructura como un elemento que posee distintas partes, las que pueden ser heterogéneas u homogéneas, y se integran y relacionan de una manera particular y propia de cada especie (Seilacher, 1970). Una “parte heterogénea” sería un elemento discreto que se puede reconocer como un elemento distinto a otro dependiendo del nivel de organización de la materia que se observa o analiza. En el caso de un diente (o de un hueso), partes heterogéneas son los distintos hitos anatómicos y los sectores que rodean a las estructuras que interactúan distintos tejidos.

Dos estructuras que presentan homología van a diferir de dos formas: la primera es teniendo “partes” que otras estructuras carecen (e.j. la aparición de un foramen por el que pasa un paquete vasculonervioso) o en diferencias en las relaciones entre “partes”. Estas diferencias son el resultado de la acción conjunta de los procesos de crecimiento (i.e. aumento en la cantidad de materia y de células) y el desarrollo (i.e. cambios que ocurren en un tejido, órgano u organismo durante el tiempo).

En ese sentido, el estudio estructural se vuelve un estudio de las alometrías, que es equiparable a estudiar la relación que presenta los cambios en la forma con respecto al tamaño.

En la actual teoría de la forma (ver Adams et al. (2013), Slice (2007), y Zelditch et al. (2004)) la forma (*shape*) se define como aquel elemento que resulta al eliminar los efectos que tiene la traslación, escala (tamaño) y rotación sobre la morfología. Según Bookstein (1989), la forma puede ser entendida como el elemento geométrico de la morfología obtenido a partir de distintos hitos discretos y reconocibles de un rasgo. En contraposición, el tamaño es entendido de múltiples formas sin un consenso establecido (Bookstein, 1989). Se podría entender como una magnitud escalar que representa el espacio que contiene un objeto. En términos biológicos, sería la representación de todo aquello que conforma una estructura y que le otorga un volumen dado en el espacio. En morfometría geométrica, el componente escalar está operacionalizado en base al “Tamaño del Centroide” que es la sumatoria de todas las distancias que hay entre estos hitos con respecto al centroide geométrico de la figura que representa la morfología (Zelditch et al., 2004).

En ese sentido, el estudio alométrico busca entender tanto de los cambios uniformes como de los que ocurren a nivel local (ver Figura 5), analizando primero de manera separada los componentes de la forma y del tamaño y luego integrándolos para poner a prueba su eventual independencia (modularidad). Como los cambios de forma no necesariamente depende de cambios en el tamaño, dos estructuras con formas diferentes mantendrán sus diferencias a pesar de que se vuelvan equivalentes en su tamaño. En el caso específico del canino, si el DS está presente en la forma del rasgo, entonces es

factible que la reducción filogenética del canino no haya afectado su DS. Por consiguiente, se vuelve necesario estudiar si el canino en *Homo sapiens* presenta diferencias de forma que sean independientes del tamaño, y que estas formas distintas estén relacionadas con el sexo.

Teniendo mayor claridad de cómo se podría estudiar este “aspecto estructural”, habría que dar cuenta de cómo éste se incorpora (o se puede incorporar) al estudio del DS del canino.

Directamente, no se ha abordado el tema dentro de este aspecto. Los estudios suelen abordar el canino desde cinco mediciones (Figura 6 y Tabla 1) pero nunca se ha intentado abordar el cómo covarían estas variables entre sí. Más allá de saber que el canino del individuo masculino presenta mayor altura que el del femenino, no hay un análisis ulterior.

Hay evidencia que nos permitiría sospechar que el canino presenta diferencias sexuales en su forma. Plavcan y Ruff (2008), al analizar los aspectos biomecánicos del canino, se dan cuenta que pese a las diferencias en sus variables métricas, el canino de individuos masculinos y femeninos no presentan diferencias biomecánicas. Los autores señalan que esto se podría deber a diferencias en la forma que presentan los caninos y que sopesan las diferencias biomecánicas que debería haber producto de las dimensiones dispares del diente presente entre sexos.

Como se dijo anteriormente, Schwartz y Dean (2001) analizaron la ontogenia de distintos primates para ver diferencias en las trayectorias y ritmos en la aposición del esmalte. Uno de los resultados ya mencionados es que el canino no presenta diferencias sexuales en los tiempos de aposición de esmalte cuspídeo. Al ser este tipo de esmalte el que se relaciona con la altura de la corona (Dean, 2000), la presencia de una mayor altura de la corona se relacionaría o con diferencias en el ritmo de aposición de esmalte en dicha zona o en diferencias en la cantidad de esmalte secretado en esa misma cantidad de tiempo. En cualquiera de los dos casos, se podría esperar diferencias en cómo se relacionan distintas partes del canino, dando origen a diferencias estructurales. Lamentablemente, esto no se ha estudiado en el orden de los primates.

Asimismo, Plavcan (2011) argumenta que los rasgos que presentan DS responden a presiones y procesos evolutivos que pueden ser distintos en cada sexo. Esto se puede observar a partir de la gran varianza observada al comparar el canino de los machos con las hembras y al comparar el tamaño del canino dentro de cada sexo (Plavcan et al., 1995; Wood, 1976). En ese sentido, al responder a distintas presiones, se pueden esperar diferencias que vayan más allá de diferencias en sus dimensiones lineales sino también diferencias completas en su forma.

Debido a todo lo anterior, se hace necesario investigar si es que este diente presenta diferencias de forma en su DS. Es por esto que en el presente diseño nos planteamos como pregunta de investigación: ¿Cómo se relaciona el dimorfismo sexual del canino con

la forma y el tamaño del canino izquierdo del maxilar (LC¹) en una muestra de la población actual de Santiago, Chile?

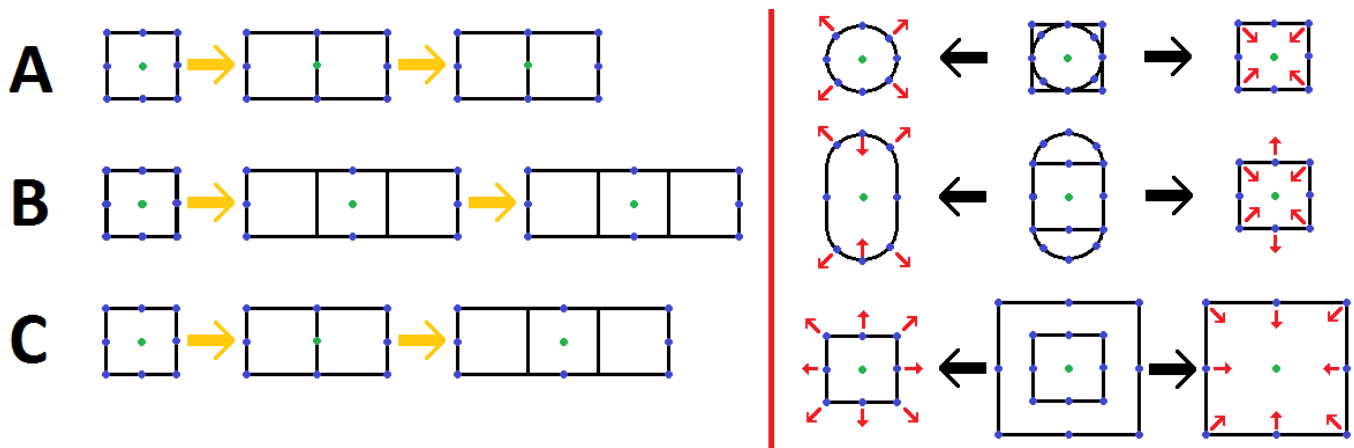


Figura 5: Diferencias estructurales en el crecimiento (izquierda) y el desarrollo (derecha). Las estructuras presentan distintos hitos que son homólogos entre sí (puntos azules) y un centroide geométrico (punto verde). Izquierda: tres estructuras (**a**, **b** y **c**) presentan diferencias en el crecimiento en distintos tiempos (flechas amarillas). Se observa distintos ritmos de crecimiento (caso **a** y **b**, donde **b** aumenta más de tamaño que **a** al pasar un sólo tiempo) o de duración (**a** y **c**, donde **c** crece un tiempo más que **a** al mismo ritmo). El mayor tamaño se puede entender debido a que aumenta las distancias que existen entre los hitos homólogos y el centroide geométrico. Derecha: se observan tres casos (**a**, **b** y **c**) que presentan estructuras con hitos homólogos, pero la relación entre estos hitos difiere entre cada estructura (líneas negras). Las flechas rojas muestran los cambios que tendría que sufrir una estructura para ser similar a la comparada. En los casos **a** y **b**, se observan cambios localizados en algunos de los hitos (i.e. hay hitos que se mantienen invariantes en comparación con otros), lo que produce tanto diferencias de tamaño como diferencias de forma. En el caso **c** se muestra un cambio uniforme en toda la estructura, por lo que las diferencias se deberían solamente al tamaño y no de forma.

Tabla 1: Definiciones de las mediciones odontológicas ocupadas en el estudio del DS.

Variable	Definición	Número (Figura 6)
dcMD	Distancia máxima en el cérvix desde el punto de unión con el cemento mesial hasta el distal.	1
dMD	Distancia máxima desde el borde distal hacia el borde mesial del diente.	2
AC	Altura de la corona. Distancia entre la unión cemento-esmalte hasta el ápex.	3
dcBL	Distancia máxima en el cérvix desde el punto medio de la unión con el cemento labial con el palatal.	4
dBL	Distancia máxima desde la superficie labial hasta la superficie palatal del diente.	5

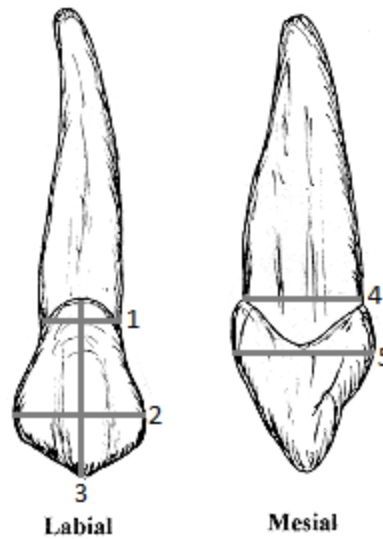


Figura 6: Mediciones del canino ocupados en el estudio del DS (imagen modificada de <http://www.uic.edu/classes/orla/orla312/canines.htm>)

OBJETIVOS

Objetivo General

Conocer la relación entre el dimorfismo sexual del canino con la forma y el tamaño del canino permanente maxilar izquierdo en una muestra de la población actual de Santiago, Chile.

Objetivos Específicos

1. Estimar los componentes de tamaño, forma y su relación en canino permanente maxilar izquierdo.
2. Analizar el efecto que tiene el sexo en estos tres componentes.
3. Describir las diferencias significativas que presentan los sexos con respecto a su estructura.

HIPÓTESIS

Las hipótesis estadísticas que se contrastarán en este estudio son:

H_{Σ_0} : Caninos masculinos y femeninos presentan la misma forma

H_{Σ_1} : Caninos masculinos y femeninos presentan formas distintas

H_{Σ_0} : Caninos masculinos y femeninos presentan el mismo tamaño

H_{Σ_1} : Caninos masculinos y femeninos presentan distinto tamaño

H_{Σ_0} : La forma de los caninos depende del tamaño

H_{Σ_1} : La forma de los caninos es independiente del tamaño

Sobre las hipótesis biológicas, la primera que se manejará es que las variaciones en la forma (Figura 7) y el tamaño se deben al sexo de los individuos. Si esto es cierto, se puede predecir que el análisis estructural serviría para estimar el sexo de los individuos.

Por otra parte, la segunda hipótesis es que la forma de estos caninos es independiente del tamaño del mismo (Figura 8). Si esto es cierto, entonces los componentes de la forma de un individuo no debiesen predecir en su totalidad el tamaño del canino del mismo individuo.

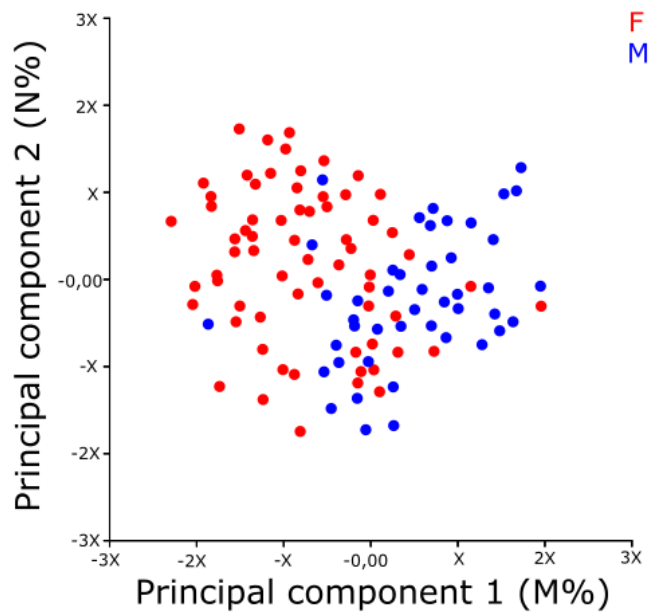


Figura 7: Hipótesis biológica esperada para diferencias en la forma en la muestra

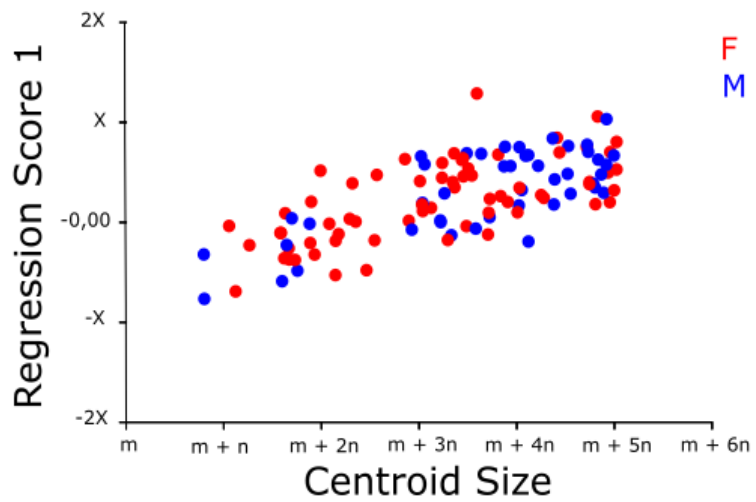


Figura 8: Hipótesis biológica esperada para independencia del tamaño con la forma.

MATERIALES Y MÉTODOS

MUESTRA

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

En esta investigación retrospectiva se ocuparán moldes dentarios que se encuentren disponibles para el investigador. No está contemplado realizar moldes dentarios nuevos. Se tiene acceso a varios moldes que se encuentran en las dependencias del "Centro de Análisis Cuantitativo en Antropología Dental (CA2)". Aun así, en caso de requerir más moldes de los que se encuentran en dicho lugar, no se descarta pedir autorización a otras instituciones y/o centros para que presten moldes en caso de no tener el tamaño muestral óptimo (ver más abajo). Si llega a ocurrir esto, se le pedirá a la institución y/o centro que los moldes entregados se encuentren anonimizados, sin información personal del individuo al que se le realizó, excepto por su sexo.

Esto último se debe a que este estudio no contempla el uso de información personal de quien se realizó el molde. El individuo se encontrará completamente anonimizado, sólo teniendo información de su sexo. Los modelos virtuales que se realicen de estos moldes se nombrarán de acuerdo a los siguientes criterios: sigla que indique el lugar de obtención del molde, número correlativo de digitalización y sexo del individuo (e.j. CD07_F: "Clínica Dental", "Individuo 7", "Sexo: Femenino").

El uso de esta muestra está respaldada por el Comité Científico de Investigación de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile.

Para formar parte de la muestra, los moldes tienen que cumplir los siguientes criterios de inclusión (puntos 1) y de exclusión (puntos 2, 3 y 4). Estos criterios son:

1. Tener presente LC¹, el Incisivo lateral izquierdo (LI²) y el 1er Premolar Izquierdo (LP¹).
2. Tener registro previo de malformaciones en el complejo maxilofacial o de patologías que pudiesen haber alterado el desarrollo normal dentario (Rawashdeh & Bakir, 2007).
3. Presentar desgaste dentario mayor a grado 1 (i.e. sólo se ve afectado el esmalte y no la dentina) en LC¹
4. Presentar giroversiones o sobreposición ("apiñamiento") que impida ver claramente los hitos en LC¹

TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para calcular el tamaño muestral de la investigación, se realizó primero una investigación exploratoria con el fin de obtener el poder estadístico⁴ por medio del programa G*Power v.3.1.9.2 (Faul et al., 2007). Posteriormente, y a partir de la distribución de las distintas variables calculadas en dos grupos (masculino y femenino), se extrapoló cuántos individuos se requerirían para tener un poder estadístico mínimo de 0.8.

Primero se digitalizaron un total de 111 moldes (45 individuos masculinos y 66 femeninos) que forman parte de la colección de moldes dentales del CA2. Se aplicó el mapa de hitos de esta investigación (ver en la sección “Recolección de Datos” Tabla 3) con el programa Landmark y dichos datos se exportaron para que fuesen leídos por el programa MorphoJ, con el cual se obtuvo el tamaño del centroide y los componentes de la forma. También se realizó un Procrustes ANOVA de los datos, para obtener el valor de la prueba “Pillai-Trace” para ver los efectos generales que tiene el sexo sobre la forma y el tamaño.

Los datos del tamaño de centroide y los valores obtenidos en los PCA fueron exportados a un archivo el cual fue leído con el programa PAST3 y se obtuvo la estadística descriptiva de cada variable para los grupos (promedio y desviación estándar). En el mismo programa, se analizó si estas variables presentaban diferencias con respecto al sexo de los individuos. Las pruebas realizadas fueron la Wilcoxon Mann-Whitney y la Prueba-t para muestras independientes.

El cálculo del poder estadístico se basó en dos pasos: el primero para conocer los efectos globales que tiene el sexo en la muestra y, posteriormente, ver el efecto que tiene el sexo en efectos particulares (i.e. cambios de forma específicos y en el tamaño del centroide). En ambos casos el poder fue calculado con ayuda del programa G*Power.

Para conocer los efectos globales, se aplicó la prueba MANOVA: efectos globales de la familia de pruebas F, en un análisis de poder *post-hoc*. Esta prueba se utilizó porque el Procrustes ANOVA es una forma particular del MANOVA para datos morfogeométricos (Klingenberg et al., 2002). Para determinar la magnitud del efecto se ocupó el valor del Pillai-Trace obtenido del Procrustes ANOVA realizado en MorphoJ.

Para conocer los efectos particulares, se ingresaron los datos de las medias y las desviaciones estándares de las variables obtenidas del PCA que presentaban diferencias significativas en la variable del sexo en el programa G*Power. También se ingresó el

⁴ El siguiente protocolo es un resultado anexo a esta memoria, ya que no se tenía conocimiento de investigaciones previas que tuviesen esta perspectiva aplicando datos morfométricos. A pesar de que exista un programa creado por F. James Rohlf llamado TPSpower v1.06 (<http://life.bio.sunysb.edu/morph/soft-tutorial.html>) para el cálculo del poder estadístico, este no permite hacer extrapolaciones a cuál sería el tamaño muestral más adecuado, ni entrega los valores como la magnitud del efecto. Si bien el programa de Rohlf fue creado exclusivamente para datos morfométricos mientras que G*power es para datos de naturaleza lineal, como toda la estadística construida para datos de coordenadas se basa precisamente en una linealización del espacio de Kendall, el uso de este programa a partir de los valores linealizados se vuelve factible y prometedora. Si bien una mayor discusión sería interesante, se escapa a los fines de esta memoria.

promedio y la desviación estándar del tamaño del centroide. Se aplicaron dos pruebas para calcular el poder: la prueba no paramétrica de Wilcoxon Mann-Whitney y la comparación de medias de muestras independientes, ambas de la familia de pruebas T. El tipo de análisis del poder estadístico fue el *post-hoc*. Además de obtener el poder, se registró la magnitud del efecto que tiene el sexo en la muestra. También se calculó cuál tendría que ser el tamaño muestral mínimo (poder: 0,8) para cada componente. Estos resultados se pueden observar en la Tabla 2.

Para decidir cuántos individuos se ocuparán, hay que considerar los efectos globales que tiene el sexo sobre la muestra y, posteriormente, la cantidad de componentes de la forma que serían válidos de ocupar y el porcentaje de explicación de la varianza que acumularía dicho tamaño muestral (Tabla 2). En términos de los efectos globales, la muestra de 111 individuos ya es suficientemente grande como para explicar las diferencias de sexo presentes en la muestra, ya que el poder estadístico tendería a 1. Algo similar ocurre con las diferencias de tamaño.

Aun así, la diferencia radica en cuáles son los componentes de la forma que se verían afectados por el sexo. De los 49 componentes resultantes, sólo nueve se relacionan con diferencias significativas en los valores que presentan los individuos dado su sexo. Esto sería aproximadamente un 25% de la varianza total. De ésta, un total de 165 individuos son suficientes para validar el análisis de un 22% de la varianza con un poder cercano del 0,8.

Dado lo anterior, se decide que el tamaño mínimo de la muestra es de 165 individuos. Como tamaño óptimo se utilizará una muestra total de 176 individuos (poder estadístico = 0,8)

Tabla 2: Distribución de la explicación que tiene cada componente de la forma con respecto al tamaño muestral cuando el componente presenta un poder estadístico de 0.8

Variable	Explicación de Varianza (%)	Magnitud del Efecto	Tamaño Óptimo ⁵ Wilconxon	Tamaño Óptimo t-student
Centroide	-	1	40	30
PC1	18,507	0,4595	165	160
PC10	2,854	0,4619	165	155
PC18	1,098	0,3738	250	240
PC22	0,7	0,3343	300	295
PC23	0,565	0,3614	265	255
PC24	0,538	0,5144	135	125
PC25	0,503	0,3474	285	275
PC28	0,39	0,3670	260	245
PC38	0,155	0,4819	150	145

⁵ Se considera tamaño óptimo de la muestra cuando el poder alcanza un valor cercano a 0,8.

MÉTODOS

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

Para el análisis de morfometría geométrica se digitalizarán los moldes dentarios ocupando un digitalizador NextEngine que forma parte de los equipos del CA2, al cual se tiene acceso. La formación de los modelos 3D se realizarán con el programa asociado al hardware ScanStudio v.2.0.0. Luego de obtener los modelos virtuales, se ocupará el programa gratuito Landmark V3.0.0.6. (Institute for Data Analysis and Visualization, 2002-2006) para colocar el mapa de hitos definidos en la Tabla 3 y que se muestran en la Figura 9 y Figura 10.

Tabla 3: Mapa de homologías para los hitos en el diente

Número de Hito	Definición	Tipo de Hito
1	Punto de contacto interdental mesial bucal	Tipo 2
2	Punto medio del margen gingival bucal	Tipo 2
3	Punto de contacto interdental distal bucal	Tipo 2
4	Punto de contacto interdental distal palatal	Tipo 2
5	Punto medio del margen gingival palatal	Tipo 2
6	Punto de contacto interdental mesial palatal	Tipo 2
7	Vértice mesial de la corona	Tipo 3
8	Vértice distal de la corona	Tipo 3
9	Ápex de la corona	Tipo 1
10	Cíngulo	Tipo 1
11	Proyección hacia la gíngiva del punto medio de la cuerda entre el hito 4-5	Tipo 3
12	Proyección hacia la gíngiva del punto medio de la cuerda entre el hito 6-5	Tipo 3
13	Intersección entre las cuerdas formadas por la unión entre hitos 2-9 y 7-8	Pseudohito
14	Intersección entre las cuerdas formadas por la unión entre hitos 2-9 y 1-3	Pseudohito
15	Proyección hacia la corona del punto medio de la cuerda entre el hito 7-9	Tipo 3
16	Proyección hacia la corona del punto medio de la cuerda entre el hito 8-9	Tipo 3
17	Proyección hacia la gíngiva del punto medio de la cuerda entre el hito 3-2	Tipo 3
18	Proyección hacia la gíngiva del punto medio de la cuerda entre el hito 1-2	Tipo 3

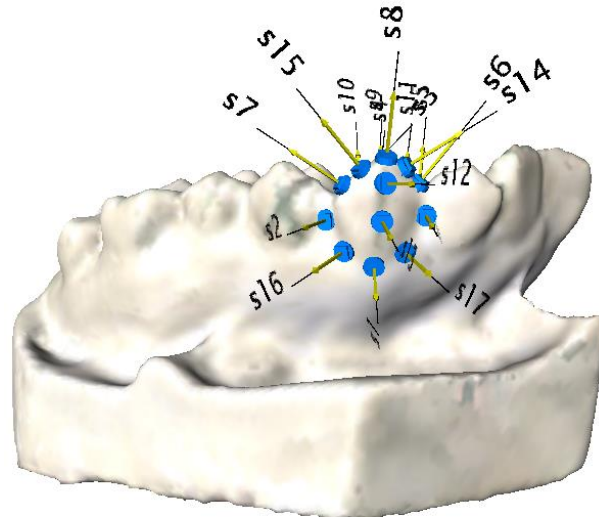


Figura 9: Mapa de hitos homólogos a emplear sobre un molde virtual del arco dentario del hueso maxilar, vista desde bucal.

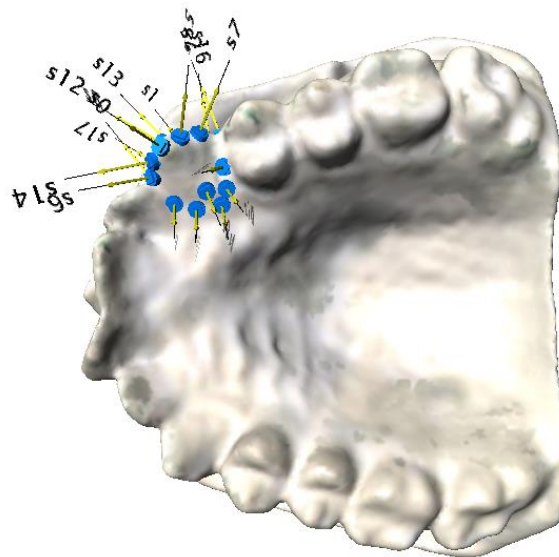


Figura 10: Mapa de hitos homólogos a emplear sobre un molde virtual del arco dentario del hueso maxilar, vista oclusal.

TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para llevar a cabo los análisis de morfometría geométrica se empleará los programas MorphoJ (Klingenberg, 2011) y PAST V.3.08 (Hammer et al., 2001), teniendo como valor de corte para establecer significancia estadística un valor de alfa del 5%.

Para cumplir con el primer objetivo específico “Estimar los componentes de tamaño, forma y su relación en LC¹”, y con el fin de eliminar los efectos de la escala, traslación y rotación de las configuraciones de hitos, la matriz de datos primarios será sometida a un ajuste de Procrusto generalizado (GPA). Como resultado secundario, se obtendrá el tamaño del centroide, el cual será exportado para un análisis posterior. Luego se obtendrá una matriz de covarianza de los diferentes hitos, para posteriormente realizar un PCA (Relative Warps) y así obtener los componentes de la forma. Estos serán exportados para realizar análisis multivariados posteriores en el programa PAST.

Para controlar que el tamaño del canino no es afectado por el tamaño de los dientes del individuo, se realizará una regresión ocupando el tamaño del centroide del Incisivo Central como variable explicatoria y el tamaño del centroide del canino como variable explicada.

Para realizar el segundo objetivo “Analizar el efecto que tiene el sexo en estos tres componentes”, ya exportados los componentes de tamaño y los componentes de la forma, se ingresarán en el programa PAST para realizar los análisis univariados y multivariados. Para ver la asociación entre el tamaño y el sexo, se realizará un ANOVA con el tamaño del centroide teniendo como grupos los dos sexos. Posteriormente, se realizará la misma prueba pero para cada componente de la forma para ver cuál de estas variables se relacionan con el sexo del individuo.

Para estimar la independencia de la forma respecto del tamaño, se realizará un análisis de regresión entre de los componentes de la forma prediciendo el componente de tamaño (expresado en el logaritmo del tamaño del centroide).

Por último, se realizará un análisis discriminante ocupando las variables sexualmente dimórficas. Como el análisis discriminante en MorphoJ permite realizar validación cruzada de los datos (i.e. se genera la función discriminante sin un individuo, y luego se le asigna a ese individuo para ver si hay concordancia entre el sexo real con el estimado), lo que resulta mucho más riguroso, se espera que a partir de dicha validación se haya podido clasificar bien a los individuos a lo menos en un 80% de los casos.

Finalmente, para el objetivo “Describir las diferencias que presentan los sexos con respecto a su estructura”, se realizará un "Warping" ocupando el programa Landmark. Para esto, desde MorphoJ, se exportarán la configuración de cada hito que se encuentre en un factor de escala determinado (los más extremos).

ESTIMACIÓN DEL ERROR INTRAOBSERVADOR

El error intraobservador será estimado a partir del método de superposición total de hitos (O'Higgins & Jones, 1998), junto al uso de un análisis de variables canónicas (CVA) para distinguir las diferencias entre distintas réplicas en la obtención de los hitos.

Primero, se elegirá al azar un total del 10% de los modelos de la muestra final. En estos modelos, se volverán a digitalizar los distintos hitos un total de tres veces. Posterior a eso, se aplicará un GPA en el programa MorphoJ considerando estas tres réplicas.

Luego de realizar ese procedimiento, se realizará un Procrustes ANOVA, obteniendo los valores de variabilidad que tienen los individuos y la variabilidad generada por las repeticiones. Estos dos valores se dividirán, viendo cuantas veces es mayor la variabilidad interindividual con respecto a la variabilidad de las réplicas. En caso de que sea siete veces mayor, se procederá a aplicar el CVA.

El CVA se aplica para saber si las réplicas pueden o no distinguirse entre si. Para eso, se observarán las distancias de procrusto que existan entre los grupos (en este caso, definidos por la réplica) y viendo los valores de p generados por las permutaciones.

RESULTADOS

ERROR INTRA OBSERVADOR

La muestra total analizada se compone de 176 individuos, 103 individuos femeninos y 73 masculinos.

El análisis del error intraobservador se realizó con 20 individuos obtenidos al azar y realizando cuatro réplicas de cada uno de los hitos. El CVA (Figura 11) no mostró diferencias significativas entre las cuatro réplicas en las distancias de procrusto (Tabla 2). Si bien la figura muestra una separación clara entre la réplica 1 con respecto a las otras, esto puede relacionarse a que el CVA maximiza las diferencias entre las variables analizadas. Al no encontrar resultados significativos entre las réplicas cuando se realizan las permutaciones, se procede a cuestionar esa separación mostrada en el gráfico.

Tabla 4: Distancias de Procrusto entre las cuatro réplicas realizadas con sus respectivos valores de p sobre la diagonal (permutaciones=10000).

	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4
Réplica 1		p-value= 0,1498	p-value=0,4611	p-value= 0,45
Réplica 2	0,0468		p-value=0,8908	p-value=0,9375
Réplica 3	0,0377	0,0273		p-value=0,9813
Réplica 4	0,0378	0,0251	0,0231	

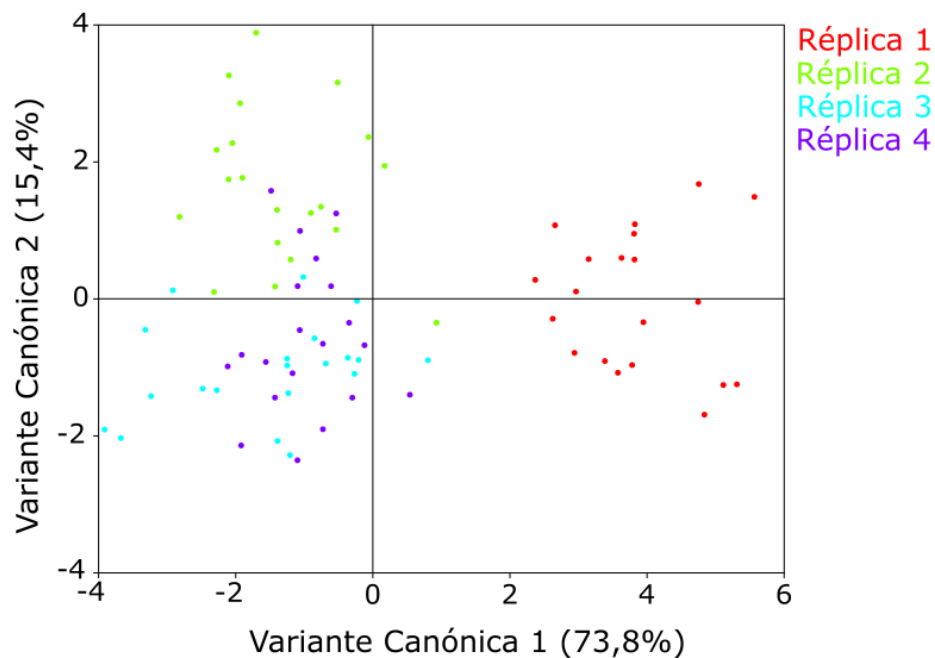


Figura 11: Análisis de variantes canónicas para los cuatro réplicas de los hitos.

Por otra parte, considerando el análisis del error intraobservador propuesto por O'Higgins y Jones (1998), podemos observar que existe una gran sobreposición entre los distintos individuos en el espacio morfométrico. Analizando el gráfico (Figura 12) obtenido del PC1 (37,055%) y el PC2 (11,518%), observamos que gran parte de las elipses de confianza se sobreponen con las de otros individuos. Aun así, el efecto que tiene la varianza de las réplicas con respecto a la varianza total de los individuos es 13 veces menor (Mean Squares_{total}: 0,0010959988; Mean Squares_{réplicas}: 0,0000866220).

Cuando se considera este resultado con respecto al resultado obtenido en el análisis canónico, se decide continuar el estudio realizando dos réplicas de todas las muestras, promediar los dos resultados para cada individuo, y continuar el análisis.

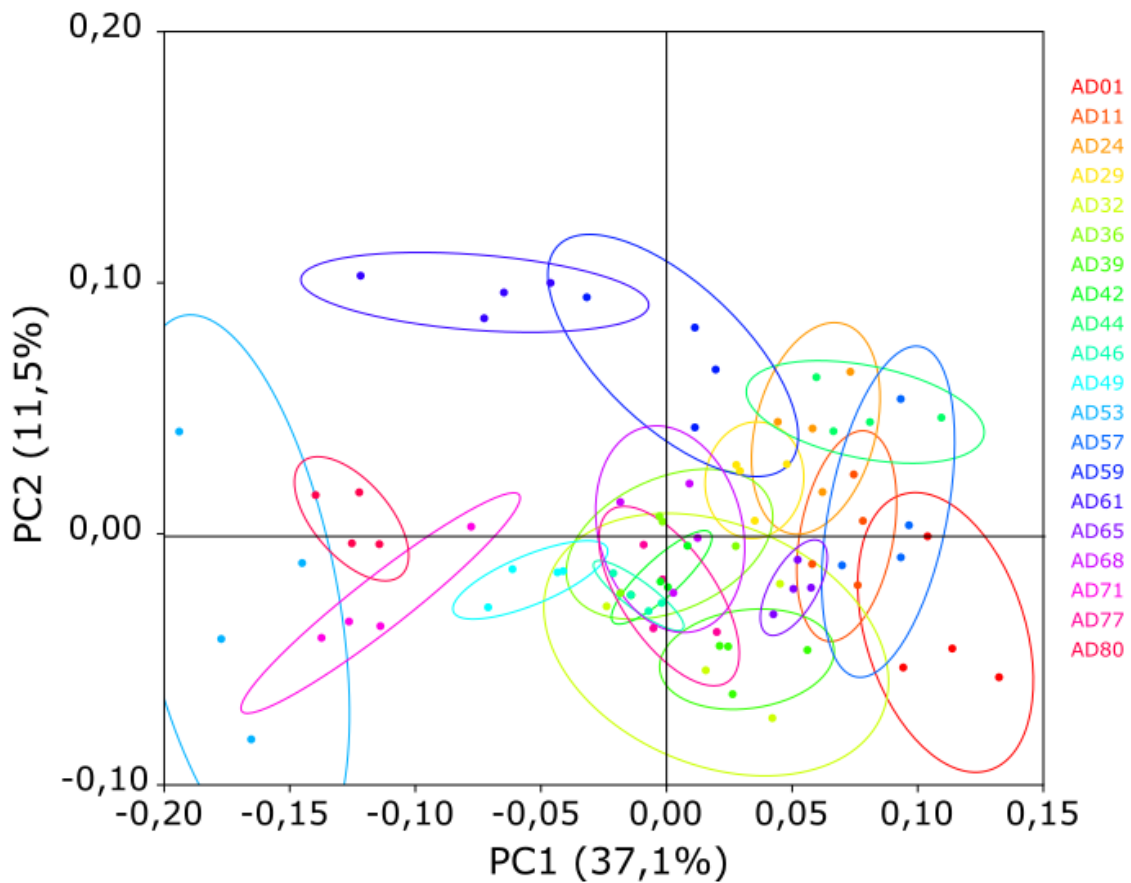


Figura 12: Representación gráfica entre el primer y segundo componente de la forma. Las elipses indican donde estaría un individuo considerando un 90% de confianza.

ANÁLISIS DEL DIMORFISMO SEXUAL DEL CANINO CON MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA

Luego de obtener las dos réplicas de los 176 individuos de la muestra, se realizó una prueba t-student para conocer las diferencias en los tamaños del centroide dado los sexos de los individuos (Tabla 5). Asimismo, se procedió a realizar un Procrustes ANOVA para observar diferencias con respecto al sexo en la forma que tienen los caninos (Tabla 6). En ambos casos, las diferencias son significativas, con una magnitud del efecto mediano hacia alto (>0,8) y con un poder estadístico de 1.

Con posterioridad al Procrustes ANOVA, se realizó un PCA para obtener los distintos componentes de la forma y ver cuáles se relacionaban con el sexo. Los componentes que se relacionan con el sexo se encuentran en la Tabla 7, mientras que la distribución obtenida al comparar el PC1 y PC11 se observa en la Figura 13.

Tabla 5: Estadística descriptiva, podes estadístico y significancia de la variación del tamaño del centroide con respecto al sexo.

Sexo	N° Muestral	Promedio	Desv. St	Magnitud Efecto	Poder	t	Valor de P
Masculino	73	19,893	1,22	0,7826	1	-7,3086	<,0001
Femenino	104	18,973	1,08				

Tabla 6: Procrustes ANOVA de los componentes de la forma en la muestra.

Efecto	SS	MS	g.l.	F	Valor de P	Pillai Trace	Valor de P
Sexo	0,06363699	0,001353979	47	2,57	<,0001	0,45	0,0001
Individuos	4,33899545	0,000527537	8225	6,33	<,0001	33,89	<,0001
Error Intra.	0,68962582	8,33687E-05	8272				

Magnitud Efecto: 0,8181; Poder: 1

Tabla 7: PCA que se pueden relacionar con diferencias sexuales en la forma del canino.

PCA	%. Varianza	Magnitud Efecto	Poder Estadístico	t	Valor de P
PC1	26,324	0,3242	0,5605	-2,1611	0,032
PC11	2,108	0,6236	0,9822	-4,0988	<0,0001
PC15	1,387	0,3282	0,5707	2,1518	0,0327
PC20	0,684	0,5681	0,959	-3,6292	0,0003

Varianza Explicada: 30,5%

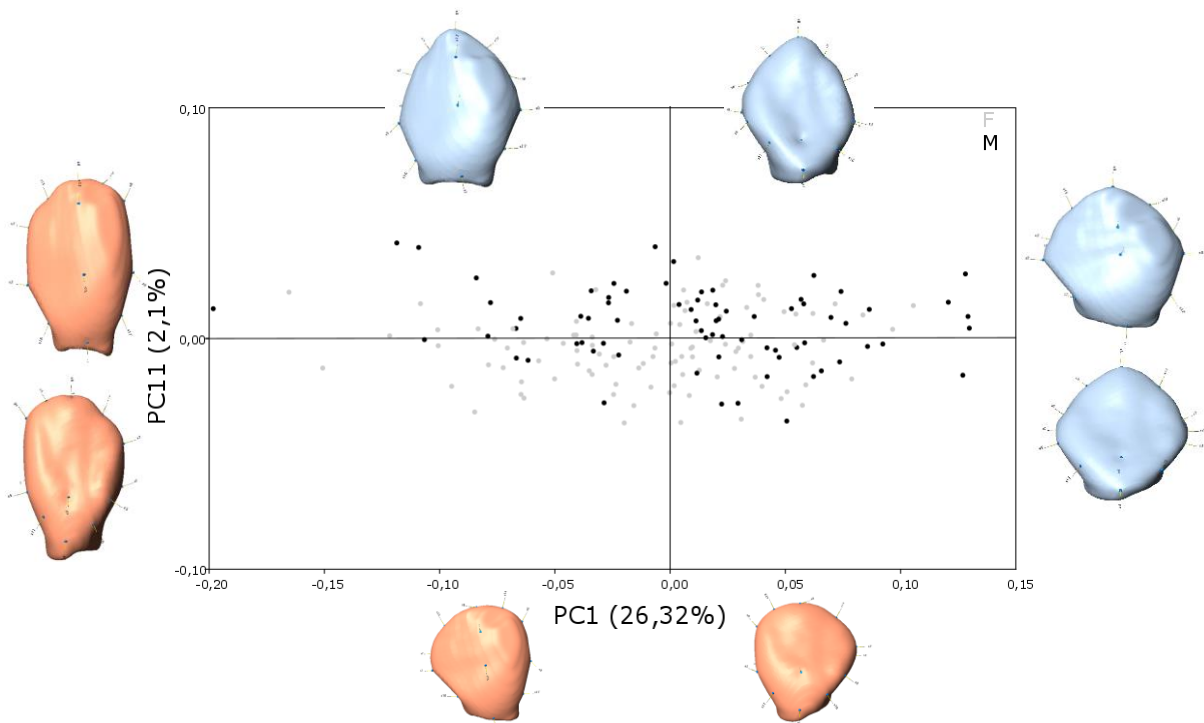


Figura 13: Cambios de forma observados en el PC1 y PC11.

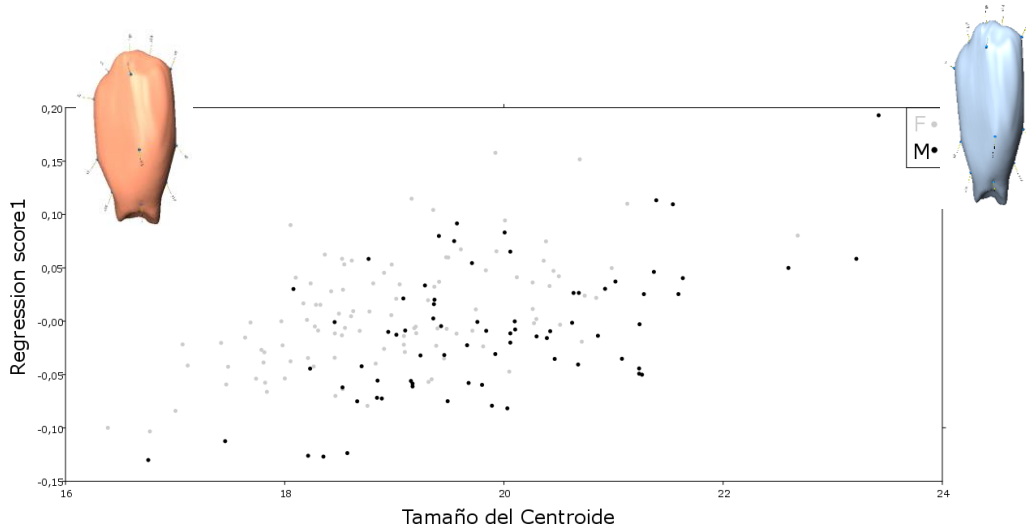


Figura 14: Regresión de los componentes de la forma contra el tamaño del centroide (explicación: 5%)

La regresión del tamaño sobre la forma (Figura 14) para conocer la independencia de las dos variables fue significativa (Permutaciones=10000; Valor de $P = <0,0001$). El tamaño de la corona explica un 5,2101% en los cambios del componente de la forma. Estos cambios se relacionan principalmente con la altura de la corona y su ancho. Los hitos 1-3 y 7-8 se acercan entre sí generando una compresión, mientras que los hitos 2-9 se separan levemente. Asimismo, el hito 10, que corresponde al cingulo, se acerca a la corona mientras aumenta el tamaño del centroide.

Por otra parte, para conocer las diferencias de forma entre los dos sexo se realizó un análisis discriminante s. Se observaron diferencias significativas tanto para las distancias de procrusto (Permutaciones= 10000; Valor de P: 0,0114) y las de Mahalanobis (Permutaciones= 10000; Valor de P= 0,0006). El análisis discriminante acertó en un 84,74% de los casos pero, si se considera la validación cruzada de los datos en el análisis, el acierto baja a un 62,71%.

Se planteó la posibilidad que el canino presente distinto grado de dimorfismo en su cara bucal y su cara palatal. Esto se debe a que, es la cara bucal la que está expuesta a la vista tanto para machos como para hembras. Al estar la cara palatal “escondida”, se podría esperar que esta no presentara diferencias sexuales, algo que es sugerido por la biomecánica del canino en la investigación de Plavcan y Ruff (2008).

Se realizó un análisis de modularidad (Figura 15) separando estas dos caras. La cara labial está dada por los hitos 1, 2, 3, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 17 y 18. Los hitos número 4, 5, 6, 10, 11 y 12 corresponden a la cara palatal. El análisis de modularidad mostró un coeficiente RV^6 de 0,375197, lo que concuerda con que, en el canino, la cara labial con la palatal sean módulos entre sí.

Al separar el módulo bucal, seguimos observando diferencias sexuales en los componentes del tamaño tamaño (Tabla 8) como en los componentes de la forma (Tabla 9).

Las diferencias sexuales observadas persisten también en el componente del tamaño en el módulo palatal del canino (Tabla 10), pero dejan de estar presente en los componentes de la forma (Tabla 11).

En el caso de las diferencias sexuales en el módulo bucal, el porcentaje de varianza que se relaciona con el sexo asciende a un 58,3% (Tabla 12). La distribución resultante se observa en la Figura 16

⁶ El coeficiente de RV es un valor que mide la covarianza que hay entre dos “bloques” de landmarks. El análisis de modularidad que genera el MorphoJ se basa en evaluar cómo se comporta una hipótesis particular de modularidad en relación a todas las posibles combinaciones que podrían generarse dadas las características entregadas por el usuario (e.j. si el usuario le dice que existen dos módulos, cada uno con 6 hitos, el programa distribuirá al azar los hitos en cada bloque, verá el valor de covarianza (RV), lo registrará, y luego vuelve a generar el análisis con otra combinación). Esto hace que, para una estructura dada, exista una distribución de valores RV. Mientras más alto sea el RV de nuestra hipótesis con respecto a esa distribución, mayor sería la integración de la estructura. Mientras más bajo sea en esta distribución, mayor sería la modularidad.

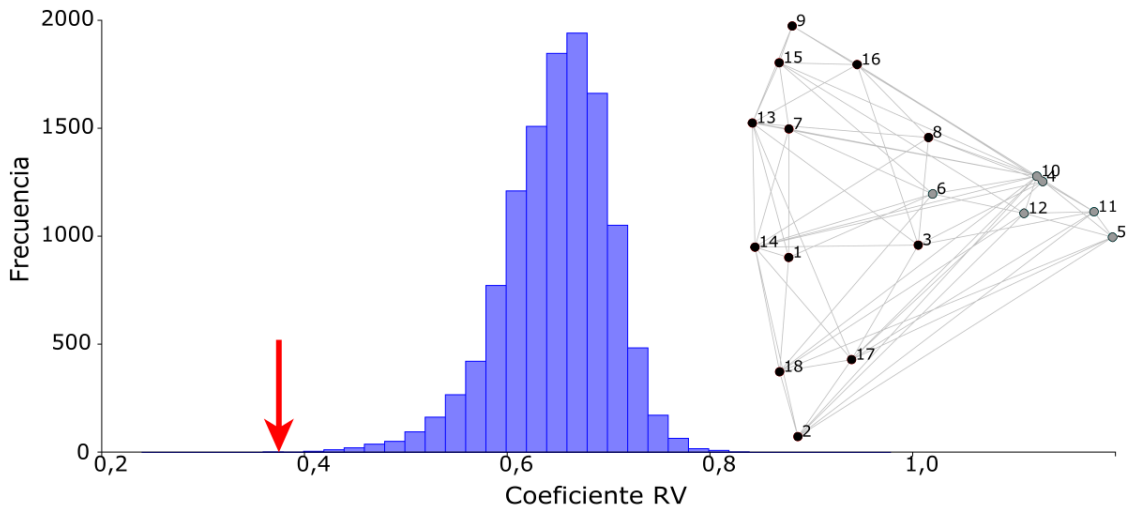


Figura 15: Análisis de modularidad en el canino. Los módulos son el Bucal (hitos en negros) y el palatal (hitos en gris).

Tabla 8: Estadística descriptiva, poder estadístico y significancia de la variación del tamaño del centroide con respecto al sexo en el módulo bucal del canino.

Sexo	N° Muestral	Promedio Centroide	Desv. St	Magnitud Efecto	Poder	t	Valor de P
Masculino	73	14,858	1,15	0,5745	0,9626	-3,825	0,0001
Femenino	104	14,247	0,95				

Tabla 9: Procrustes ANOVA de los componentes de la forma en el módulo bucal del canino.

Efecto	SS	MS	g.l.	F	Valor de P	Pillai Trace	Valor de P
Sexo	0,078565	0,002709	29	3,44	<,0001	0,31	0,0009
Individuos	3,996575	0,000788	5075	6,81	<,0001	21,24	<,0001
Error Intra.	0,589974	0,000116	5104				

Magnitud Efecto: 0,4492; Poder: 0,9998

Tabla 10: Estadística descriptiva, poder estadístico y significancia de la variación del tamaño del centroide con respecto al sexo en el módulo palatal del canino.

Sexo	N° Muestral	Promedio Centroide	Desv. St	Magnitud Efecto	Poder	t	Valor de P
Masculino	73	6,7325	0,71	0,7304	0,9974	-4,843	<,0001
Femenino	104	6,2427	0,62				

Tabla 11: Procrustes ANOVA de los componentes de la forma en el módulo palatal del canino.

Efecto	SS	MS	g.l.	F	Valor de P	Pillai Trace	Valor de P
Sexo	0,035357	0,003214	11	1,39	0,1711	0,09	0,1315
Individuos	4,454329	0,002314	1925	3,86	<,0001	7,83	<,0001
Error Intra.	1,159856	0,000599	1936				

Magnitud Efecto: 0,0989011; Poder: 0,7913088

Tabla 12: PCA relacionados con variaciones en la forma del canino en su módulo bucal.

PCA	%. Varianza	Magnitud Efecto	Poder Estadístico	t	P-Valor
PC1	37,822	0,3581	0,6454	2,3707	0,0188
PC3	7,864	0,3407	0,6022	2,1906	0,0298
PC5	5,562	0,3414	0,6041	2,2374	0,0265
PC7	3,681	0,5281	0,9305	3,4573	0,0006
PC10	1,99	0,3262	0,5654	2,1182	0,0355
PC12	1,277	0,3617	0,6540	-2,3339	0,0207
PC28	0,136	0,3446	0,6120	2,2671	0,0246

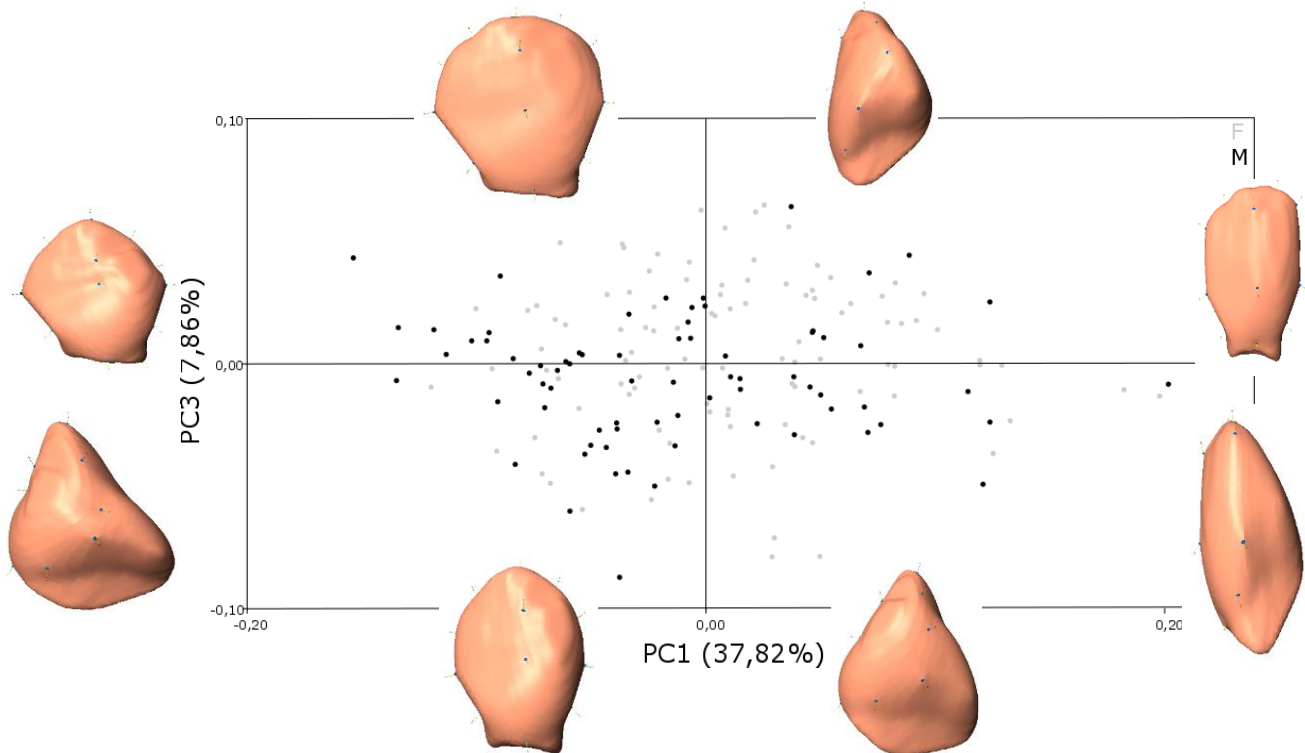


Figura 16: Cambios de forma observados en el PC1 y PC3.

DISCUSIÓN

El principal resultado obtenido en este estudio es la existencia de DS tanto en el tamaño como en la forma del diente canino en una población actual de *Homo sapiens*. El tamaño del canino es consistente al patrón general esperado, donde el canino masculino tiende a tener valores más altos en el tamaño del centroide que el canino femenino.

Asimismo, en términos de la diferencia de forma, la configuración de consenso ("promedio") del canino masculino tiende a tener una corona mucho más achatada, disminuyendo la distancia que existe entre el punto más alto de la misma y el borde gingival. Esto se relaciona también a que los puntos de contacto interdental gingival y oclusal tanto para mesial como distal estén mucho más juntos. En relación al borde oclusal-mesial y oclusal-distal, el canino masculino tiende a tener una terminación más aguda y en punta. Desde palatal, se observan cambios similares a bucal: hay un achatamiento de la corona, siendo cercano el margen gingival a la base del canino. Esto explica por qué el canino masculino tiende a presentar una forma romboidal.

A diferencia de lo anterior, el canino promedio (configuración de consenso) femenino tiene una forma mucho más cuadrangular. La principal diferencia se encuentra en la distancia entre el punto máximo de la corona con respecto a la gingiva, siendo esta mayor que el masculino. La mayor separación también de los puntos interdentes gingivales y oclusales genera que el borde oclusal-mesial y oclusal-distal sea mucho más redondeado, juntándose en la punta de la corona en un ángulo mucho más abierto.

A pesar de esto, existe una alta variabilidad en la forma del canino, mucha de esta no relacionada con el sexo. Incluso sólo considerando las variaciones sexuales, estas no explican más que 30,5% de las diferencias de forma.

Por otra parte, observamos que el tamaño explica alrededor de un 5% la forma del canino, viéndose reflejado principalmente en la altura de la corona y su ancho, generando un tipo de compresión de la base y alargamiento gingivo-oclusal. También hay un efecto en el cingulo, acercándose a la corona en la medida que aumenta el tamaño.

Cuando se separan los hitos que corresponden a palatal y los que corresponden a bucal, se observa que el DS en tamaño se encuentra presente en ambas configuraciones, pero el dimorfismo de forma sólo se encuentra en la configuración bucal, no así en la palatal. El DS sólo en bucal explica alrededor de un 58% de la varianza total del canino. Junto a las descripciones anteriores, podemos añadir que el canino consenso masculino tiende a ser más plano visto desde mesial y con una corona más puntiaguda hacia oclusal, mientras que el canino consenso femenino tiende a tener una curva más abierta con una corona más redondeada.

A continuación se discuten estos resultados desde tres enfoques o contextos: un contexto poblacional, un contexto intraespecífico-interpoblacional y un contexto interespecífico.

Debido a la falta de resultados de morfometría geométrica en el canino fuera del presente estudio, la discusión se basará en la comparación en estos tres niveles de nuestros resultados y los patrones/análisis de lo observado en las dimensiones bucolinguales y mesiodistales del canino.

CONTEXTO POBLACIONAL: DIMORFISMO DEL CANINO EN POBLACIÓN CHILENA

Con respecto al contexto poblacional, se encontró dimorfismo tanto de tamaño como de forma en el canino de la población actual de Santiago.

Suazo et al. (2008) utilizó una muestra obtenida de la misma población, aunque la metodología empleada, tanto en la recolección como análisis de los datos, fue muy distinta. Los investigadores aplicaron morfometría lineal en dos mediciones del canino: el diámetro bucolingual y el diámetro mesiodistal. En ambas variables, los investigadores no encontraron diferencias significativas entre los sexos.

Dado a que ellos no observaron diferencias significativas, se llevó a cabo una prueba de poder estadístico aplicando G*power con parte de los datos entregados en la publicación (media, desviación estándar y tamaño muestral) para las variables del canino analizadas. Esto se realizó con el fin de saber si fue suficiente el tamaño muestral (67 masculinos y 83 femeninos) para conocer el efecto que tiene el sexo en las variables (magnitud del efecto), y si la aceptación de la hipótesis nula (en este caso, la igualdad de las medias para los dos grupos) fue correcta.

Como resultado, para la dimensión mesiodistal se obtuvo tanto un magnitud del efecto y un poder estadístico bajo (0,1371 y 0,1317, respectivamente). En cambio, para la dimensión bucolingual observamos una magnitud del efecto medio-bajo (0,3357116) con un poder estadístico medio (0,5282699). En ambos casos, se podría considerar que la aceptación de la hipótesis nula por Suazo et al. (2008) no se realiza en condiciones metodológicas óptimas, ya que en el trabajo de estos autores existe una alta probabilidad de cometer error tipo II (i.e. aceptar H_0 siendo esta falsa).

Un segundo estudio hecho en Chile fue realizado por Peckmann et al. (2016) con una muestra mayor (126 individuos masculinos y 177 femeninos), y aplicando procedimientos similares a Suazo et al. (2008) en términos de la obtención de datos (utiliza solamente el diámetro mesiodistal), aunque le agrega el uso de análisis discriminante para conocer la eficacia con la que el canino separa los sexos. En este caso, Peckmann et al. (2016) si observan diferencias sexuales en la variable mesiodistal del canino, teniendo una precisión de un 64% al realizar un análisis discriminante.

Aplicando el mismo procedimiento que en el caso anterior para calcular la magnitud del efecto y el poder estadístico, se obtuvo que el primero fue medio-alto (0,7841) con un poder de 0,9999. Esto mostraría que, con respecto a la investigación de Suazo et al.

(2008), al menos para el diámetro mesiodistal, el tamaño de la muestra sí tuvo un efecto sobre los resultados obtenidos, cometiendo los mencionados investigadores un error tipo II. Un resultado interesante fue que tanto la magnitud del efecto como del poder estadístico en la investigación de Peckmann et al. (2016) fue similar al obtenido en nuestro estudio al aplicar morfometría geométrica. Considerando que Peckmann et al. (2016) ocuparon 126 individuos más que los utilizados en la presente investigación, concluimos que la morfometría geométrica permite explicar los resultados relacionados con diferencias sexuales en el diente canino con un tamaño muestral menor, junto a otros resultados que la morfometría lineal no podría obtener.

Por otro lado, el análisis discriminante realizado por Peckmann et al. (2016) con la variable de tamaño mostró una precisión de un 64%. En nuestro caso, el análisis discriminante sobre forma tuvo un resultado menor, dando alrededor de un 62% para el canino total y un 61% para el modulo bucal del canino. Dada la relativa concordancia, podemos concluir que, para esta población, la capacidad que tiene el canino para sexar a los individuos se encuentra entre 60% y 65%.

CONTEXTO INTERPOBLACIONAL (INTRAESPECIFICO)

Antes de realizar la comparación interpoblacional, es importante señalar que, lamentablemente, hay un consenso arbitrario con respecto a la medición del DS. La principal fórmula que se emplea es la magnitud de dimorfismo propuesta por Garn et al. (1967), donde el DS se calcula como la proporción (*ratio*) entre la media de la variable masculina dividida por la media de la variable femenina, y luego sustrayéndole 1. Debido a la importancia que tiene este aspecto y a los vacíos que presentan finalmente el diagnóstico del DS a partir del índice propuesto por Garn et al. (1967), a continuación discutimos sobre la base de nuestros resultados este punto en particular.

Los problemas que tiene dicho *ratio* se relacionan, en muchos casos, con implicancias teóricas. En primer lugar, considera que el valor base de dicha variable son los individuos femeninos (ya que es este el divisor), siendo toda variación resumida en los valores que tienen los individuos masculinos. Asume que los efectos que tiene la selección sexual afectan solamente a los individuos masculinos, generando necesariamente valores mayores. Esto es un problema pues la selección sexual afecta a los valores de todos los individuos de forma directa (selección) o indirecta (ej. respuesta correlacionada, donde el individuo femenino aumenta el tamaño de sus caninos porque, al seleccionar el mayor tamaño en masculino, aumenta la frecuencia de alelos que permiten un mayor tamaño general (Plavcan, 1998)).

En segundo lugar, no considera la variabilidad intra grupal que tienen ambas variables. Al considerar sólo la media y no la desviación estándar, es imposible saber cuánto dimorfismo realmente hay en la población, pues el valor obtenido no considera la sobreposición de los valores. Puede que dos medias sean muy distintas (ej. Un valor de 8

cm con respecto a otro de 10 cm), pero que la desviación estándar sea de 1,5, lo que implica sobreposición. Si se compara con una población donde los valores sean de 8 cm para femenino y 8,5 cm para masculino, pero con una desviación estándar de 0,1 en ambos, el índice mostrará que hay mayor DS en la primera población que en la segunda (0,25 v/s 0,06), pero dadas las características de la distribución, la segunda población presenta mayor magnitud del efecto que la primera (5 v/s 1,3).

Esta diferencia es especialmente sensible en la comparación de diferentes poblaciones realizadas en distintos estudios, ya que el tipo de muestreo y el tamaño de la muestra pueden estar jugando un rol en los resultados. Si el tamaño de la muestra es bajo, es esperable que el promedio no sea representativo de la población. En esos casos, tanto el promedio como la desviación estándar se pueden ver sobre o subestimados. En caso que se comparen con otros estudios, esta se realiza en estudios cuyos valores tienen “pesos” distintos, ya que algunos representan mejor a su población de origen que otros.

Considerando que el DS explica las diferencias que presenta una variable con respecto al sexo, el estadístico más cercano a esa definición es la magnitud del efecto (*effect size*), pues este se relaciona con el efecto que tiene una variable nominal a la distribución que presenta otra variable. En ese sentido, se podría entender la magnitud del efecto como el grado en que afecta la variable nominal de interés en los valores de la distribución de dos (o más) grupos.

El uso de la magnitud del efecto es más ventajoso que el índice de dimorfismo de Garn et. Al. (1967) anterior por dos motivos: el primero es porque no se asume que exista una “base” de la variable pues esta no interesa en sí misma, sólo interesa ver la relación que tiene la variable a estudiar entre dos (o más) distribuciones. En segundo lugar, como lo que interesa es la distribución (ocupando media y desviación estándar), la magnitud del efecto explicaría la superposición que exista entre las dos variables y, con ello, el efecto real que tiene nuestra variable nominal de interés en el estudio.

Tomando en cuenta lo señalado anteriormente con respecto a preferir el uso de la magnitud del efecto más que un índice arbitrario, hemos comparado la muestra utilizada en este trabajo con las utilizadas en otros países, agregándoles a estas la información de la magnitud del efecto y del poder estadístico. Estos datos se pueden observar en las Tabla 13 y Tabla 14, donde se muestran los valores para la dimensión bucolingual y mesiodistal, respectivamente. La representación gráfica de la magnitud del efecto para dichas variables se puede observar en la Figura 17.

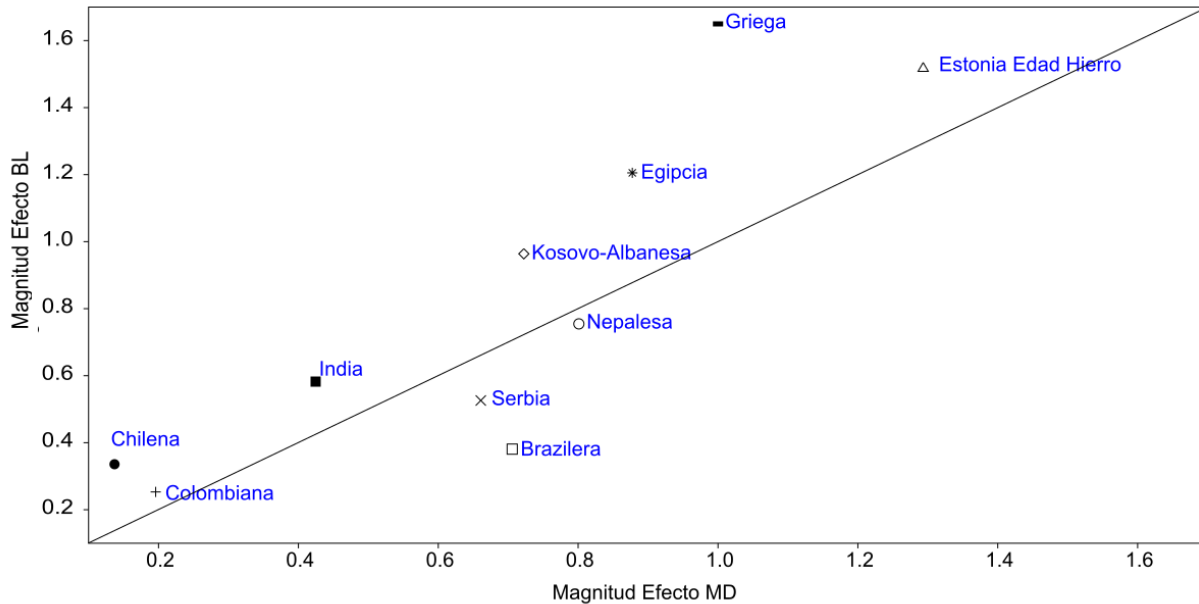


Figura 17: Magnitud del efecto para mediciones mesiodistales y bucolinguales en distintas poblaciones humanas (referencias tablas 13 y 14)

Se puede observar que existe una amplia variabilidad en la magnitud del efecto que presentan distintas poblaciones, siendo las poblaciones europeas las que presentan valores más altos que poblaciones americanas y asiáticas. Esto se puede observar tanto para el canino mesiodistal como para el canino bucolingual. La población chilena representada en el presente trabajo presenta uno de los valores mayores para la magnitud del efecto (0,78) en comparación con poblaciones provenientes de América y Asia.

Este resultado sugiere que el tamaño del diente no estaría bajo selección sexual. Si esta selección estuviese afectando al tamaño del canino, deberíamos observar magnitudes del efecto altas en todas las poblaciones, independientemente de las variaciones que puedan tener las poblaciones entre sí. Esto no es así pues, como podemos observar, existe un amplio espectro en los valores que adquiere la magnitud del efecto. Ahora bien, para ver cuáles factores pudiesen explicar la variación en el dimorfismo, como en la propuesta de Zorba et al. (2011) quienes argumentan que obedecerían a factores geográficos (i.e. poblaciones del continente americano presentan menor dimorfismo que poblaciones europeas), se necesitaría realizar un mayor muestreo en distintas poblaciones del planeta.

Ahora bien, esto solamente hace referencia al dimorfismo en tamaño, ya que no se han realizado estudios de forma de canino en otras poblaciones más allá de los resultados que aquí se han presentado. Considerando que, de acuerdo a nuestros resultados, el tamaño sólo se relaciona con un 5% de los cambios en la forma, y que esta se relaciona

con la altura de la misma (variable no considerada en los otros estudios), es factible considerar al menos dos escenarios para futuras investigaciones al respecto (Figura 18):

El primer escenario se relaciona con un morfoespacio en donde exista mayor variabilidad entre los sexos que entre poblaciones. En este escenario cabe la posibilidad de que los individuos masculinos y femeninos tiendan a tener formas similares a los consensos o promedios morfológicos que se obtuvieron en este estudio, diferenciándose las distintas poblaciones en si existe mayor o menor superposición en el rasgo (i.e. las formas consenso masculina y femenina es la misma en todas las poblaciones, pero el magnitud del efecto que tiene el sexo sobre los valores observados en dichas poblaciones es distinto). La otra posibilidad es que cada población presente distintos valores de forma para los caninos (e.j. que una población tenga invertidas la forma consenso masculina y femenina obtenidas en este trabajo).

El segundo escenario consiste en que el morfo espacio sea mayor al obtenido en este estudio. En este caso, existe la posibilidad de que exista una estructuración de este espacio, vale decir, distintas poblaciones se agrupen en torno a un morfo espacio dado, por ejemplo, cercanía geográfica, y que sea muy distinto al morfo espacio de otras poblaciones. La otra posibilidad se relaciona con que no exista ninguna estructuración.

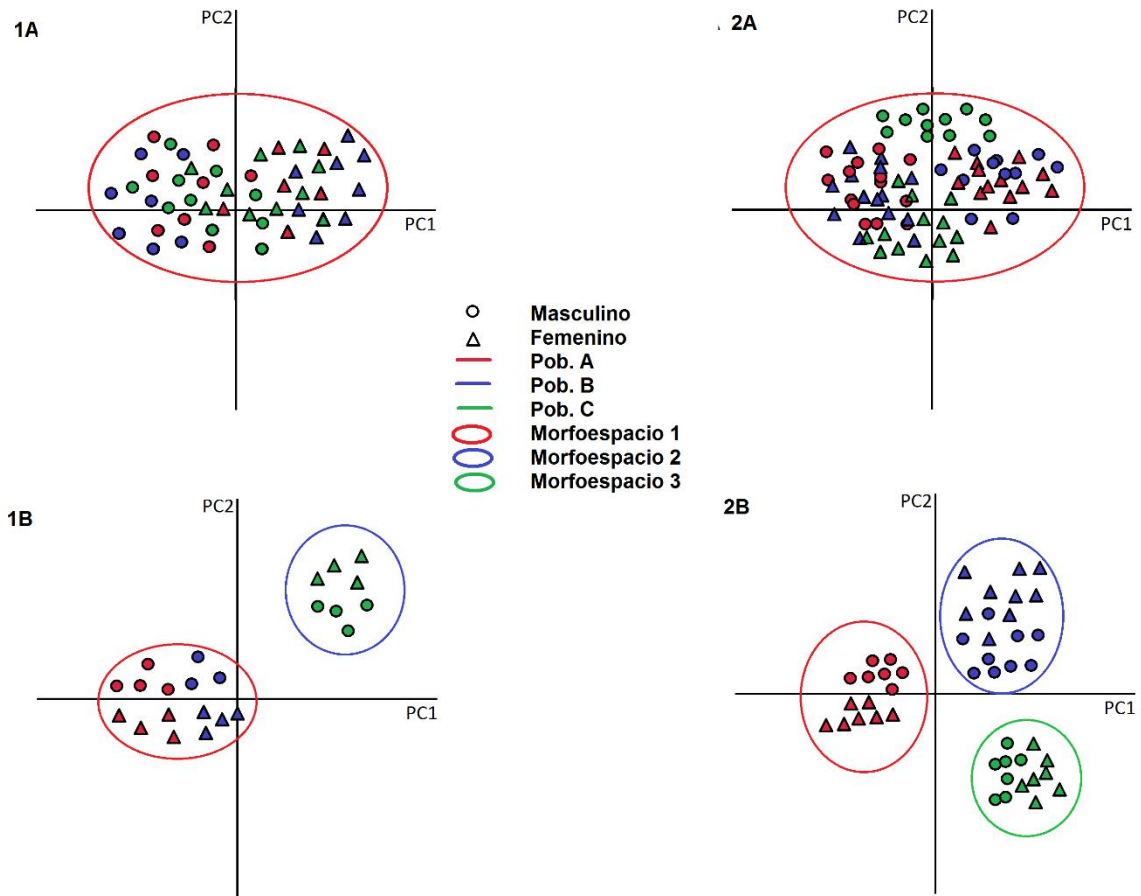


Figura 18: Posibles escenarios en el análisis de la forma en distintas poblaciones humanas. 1a: mismo morfoespacio, mismo patrón de dimorfismo, distinta sobreposición. 2a: mismo morfoespacio, distinto patrón de dimorfismo en distintas poblaciones. 1b: algunas poblaciones comparten morfoespacio y patrón de dimorfismo. 2b: cada población tiene su propio morfoespacio y patrón.

Tabla 13: Distancias bucolinguales del canino para distintas poblaciones (cálculos del tamaño del efecto y del poder estadístico, este trabajo).

<i>Referencia</i>	<i>Población</i>	<i>N° ♂</i>	<i>Mesiodistal ♂ (mm)</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>N° ♀</i>	<i>Mesiodistal ♀ (mm)</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Índice Dimorfismo</i>	<i>Magnitud Efecto</i>	<i>Poder</i>
da Costa et al., 2012	Brasilera	25	8,34	0,89	26	8,04	0,67	0,04	0,3808	0,2658
Suazo et al., 2008	Chilena	67	8,13	0,97	82	7,94	0,76	0,02	0,3357	0,5282
Castillo et al., 2012	Colombiana	39	7,82	0,95	27	7,6	0,78	0,03	0,2531	0,1690
Omar & Azab, 2009	Egipcia	44	8,74	0,61	66	8,04	0,55	0,09	1,2052	0,9999
Limbo, 2011	Estonia Edad Hierro	61	8,5	0,47	41	7,8	0,45	0,09	1,5213	1
Zorba et al., 2011	Griega	32	8,55	0,63	15	7,64	0,46	0,12	1,6497	0,9993
Prabhu & Acharya, 2009	India	52	8,06	0,58	53	7,75	0,48	0,04	0,5823	0,8402
Staka & Bimbashi, 2013	Kosovo-Albanesa	101	8,57	0,58	103	8,03	0,54	0,07	0,9636	0,9999
Acharya & Mainali, 2007	Nepalesa	64	8,31	0,62	58	7,87	0,64	0,06	0,7545	0,9849
Filipovic et al., 2013	Serbia	100	7,99	0,78	100	7,61	0,66	0,05	0,5259	0,9591

Tabla 14: Distancias Mesiodistales del canino para distintas poblaciones.

<i>Referencia</i>	<i>Población</i>	<i>N° ♂</i>	<i>Mesiodistal ♂ (mm)</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>N° ♀</i>	<i>Mesiodistal ♀ (mm)</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Índice Dimorfismo</i>	<i>Magnitud Efecto</i>	<i>Poder</i>
da Costa et al., 2012	Brasilera	25	8,32	0,5	26	7,96	0,52	0,05	0,7057	0,6949
Suazo et al., 2008	Chilena	67	7,92	0,61	82	7,83	0,67	0,01	0,1371	0,1317
Castillo et al., 2012	Colombiana	39	7,92	0,7	27	8,04	0,51	-0,01	0,1959	0,1203
Omar & Azab, 2009	Egipcia	44	8,06	0,531	66	7,62	0,47	0,06	0,8774	0,9939
Limbo, 2011	Estonia Edad Hierro	53	7,8	0,42	38	7,3	0,35	0,07	1,2933	0,9999
Zorba et al., 2011	Griega	29	7,73	0,51	15	7,26	0,42	0,06	1	0,8708
Prabhu & Acharya, 2009	India	52	7,59	0,5	53	7,39	0,44	0,03	0,4246	0,5774
Staka & Bimbashi, 2013	Kosovo-Albanesa	101	7,81	0,43	103	7,53	0,34	0,04	0,7223	0,9992
Acharya & Mainali, 2007	Nepalesa	64	7,89	0,45	58	7,56	0,37	0,04	0,8010	0,9923
Filipovic et al., 2013	Serbia	100	7,99	0,78	100	7,61	0,66	0,04	0,5259	0,9591

CONTEXTO INTERESPECÍFICO

Con respecto al contexto interespecífico, si bien no se pueden hacer comparaciones directas con otros estudios (pues, hasta nuestro conocimiento, no se han realizado análisis de morfometría geométrica en este diente en otros primates), los resultados obtenidos pueden relacionarse con algunos de los aspectos anteriormente revisados mediante el uso de modelos análogos (distintas especies del orden Primates).

Similar al caso de otras poblaciones de *Homo sapiens*, se recuperaron distintas fuentes de datos que recopilaban información de otros miembros del género *Homo* (*Homo neanderthalensis* y *Homo heidelbergensis* (Voisin et al., 2012)), y otros grandes primates como *Pan troglodytes* (Brown & Maeda, 2009; Gellis, 2013; Voisin et al., 2012), *Pan troglodytes schweii* (Brown & Maeda, 2009), *Pan paniscus* (Voisin et al., 2012), *Gorilla gorilla* (Gellis, 2013; Voisin et al., 2012) y *Pongo pygmaeus* (Voisin et al., 2012). A los datos recuperados de la longitud mesiodistal y la bucolingual se les realizó, por medio del G*Power, un cálculo de la magnitud del efecto y del poder estadístico. Todo esto puede verse en las Tabla 15 y Tabla 16. Asimismo, se graficó los valores de los promedios para la variable mesiodistal y bucolingual de individuos masculinos y femeninos de estas especies junto a las que ya se tenía para distintas poblaciones de *Homo sapiens* (Figura 19 y Figura 20). Finalmente, se graficó el índice de dimorfismo para las variables bucolinguales y mesiodistales, al igual que la magnitud del efecto de dichas variables para todas las especies (Figura 21 y Figura 22).

Para las variables bucolinguales y mesiodistales, las del género *Homo* son las que se encuentran con los valores más bajos en sus promedios, siendo *Homo sapiens* la especie con valores menores. En este caso, el tamaño del canino de *Homo sapiens* se encuentra más cercano al tamaño del canino de individuos femeninos del género *Pan* que a los del masculino. Esto ocurre, en menor medida, para los promedios de las otras especies del género *Homo*.

De forma interesante, los que le siguen al género *Homo* son precisamente los del género *Pan*, género más cercano si se considera a los primates vivos actuales. Es más, *Homo heidelbergensis* y *Homo neanderthalensis* se encuentran entremedio de los valores obtenidos para *Homo sapiens* y los del género *Pan*. Esto puede ser causado por el bajo tamaño muestral que presentan estas dos especies (9 y 7, respectivamente), aunque se considera que el canino ha disminuido su tamaño en todo el linaje humano (Plavcan et al., 2009; Plavcan, 2001; Wood, 1976). De acuerdo a Plavcan et al. (2009), esta disminución de tamaño pudo haber comenzado tempranamente desde *Australopithecus*, ya que, si bien *Australopithecus anamensis*, presenta un mayor tamaño del canino maxilar que *Australopithecus afarensis*, los tamaños del mandibular son similares, en ambos casos siendo más cercanos al tamaño de un chimpancé femenino. Asimismo, Plavcan et al. (2009) mencionan que la variabilidad de canino observada se asemeja al del ser humano, concluyendo que la reducción del DS de ese rasgo comenzó tempranamente.

Tabla 15: Distancias bucolinguales del canino para distintas especies (referencias en el texto)

Especie	N° ♂	Bucolingual (mm)	Desviación Estándar	N° ♀	Bucolingual (mm)	Desviación Estándar	Índice Dimorfismo	Magnitud Efecto	Poder
<i>Homo heidelbergensis</i>	7	9,10	0,43	2	8,20	0,14	0,11	2,8226	0,8536
<i>Homo neanderthalensis</i>	5	9,20	0,54	2	9,25	0,07	-0,01	0,1291	0,0519
<i>Gorilla gorilla</i>	220	16,27	1,49	133	11,73	1,07	0,39	3,4896	1
<i>Pan paniscus</i>	18	8,85	1,02	21	6,75	0,51	0,31	2,6065	1
<i>Pan troglodytes</i>	85	11,86	1,24	105	9,50	1,08	0,25	2,0356	1
<i>Pan troglodytes schweinfurthii</i>	8	11,77	1,03	5	8,87	0,51	0,33	3,5655	0,9999
<i>Pongo pygmaeus</i>	72	13,89	1,07	89	10,23	1,38	0,36	2,9599	1

Tabla 16: Distancias mesiodistales del canino para distintas especies (referencias en el texto)

Especie	N° ♂	Mesiodistal (mm)	Desviación Estándar	N° ♀	Mesiodistal (mm)	Desviación Estándar	Índice Dimorfismo	Magnitud Efecto	Poder
<i>Homo heidelbergensis</i>	7	10,20	0,19	2	9,07	0,55	0,12	2,7487	0,8103
<i>Homo neanderthalensis</i>	5	10,54	0,56	2	9,80	0,28	0,08	1,6694	0,3447
<i>Gorilla gorilla</i>	220	20,77	2,53	133	14,30	1,47	0,45	3,1212	1
<i>Pan paniscus</i>	18	10,95	1,30	21	8,62	0,43	0,27	2,3940	1
<i>Pan troglodytes</i>	85	14,04	1,67	105	11,19	0,96	0,26	2,0998	1
<i>Pan troglodytes schweinfurthii</i>	8	13,27	1,07	5	10,84	0,41	0,22	2,9895	0,9973
<i>Pongo pygmaeus</i>	72	17,28	2,43	89	12,80	0,79	0,35	2,4744	1

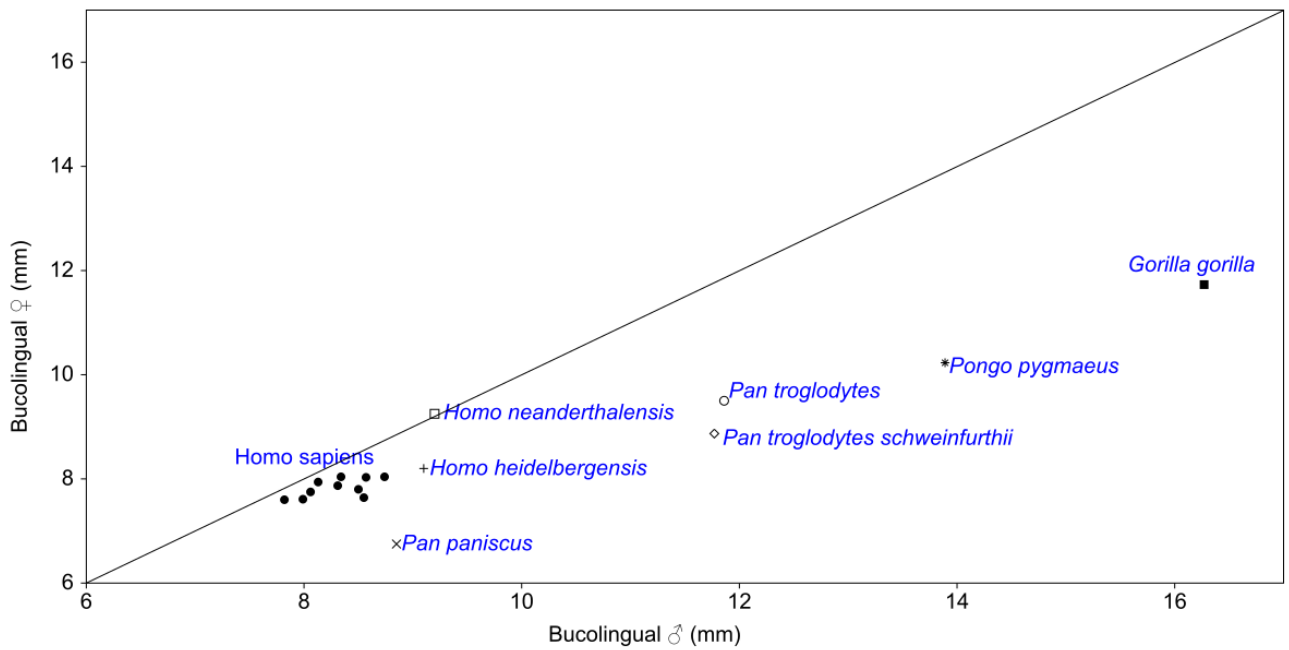


Figura 19: Valores que presenta la variable “longitud bucolingual” del canino para distintas especies a partir de datos publicados en distintos estudios. La recta representa los valores donde la media de los sexos masculinos y femeninos para la variable son los mismos.

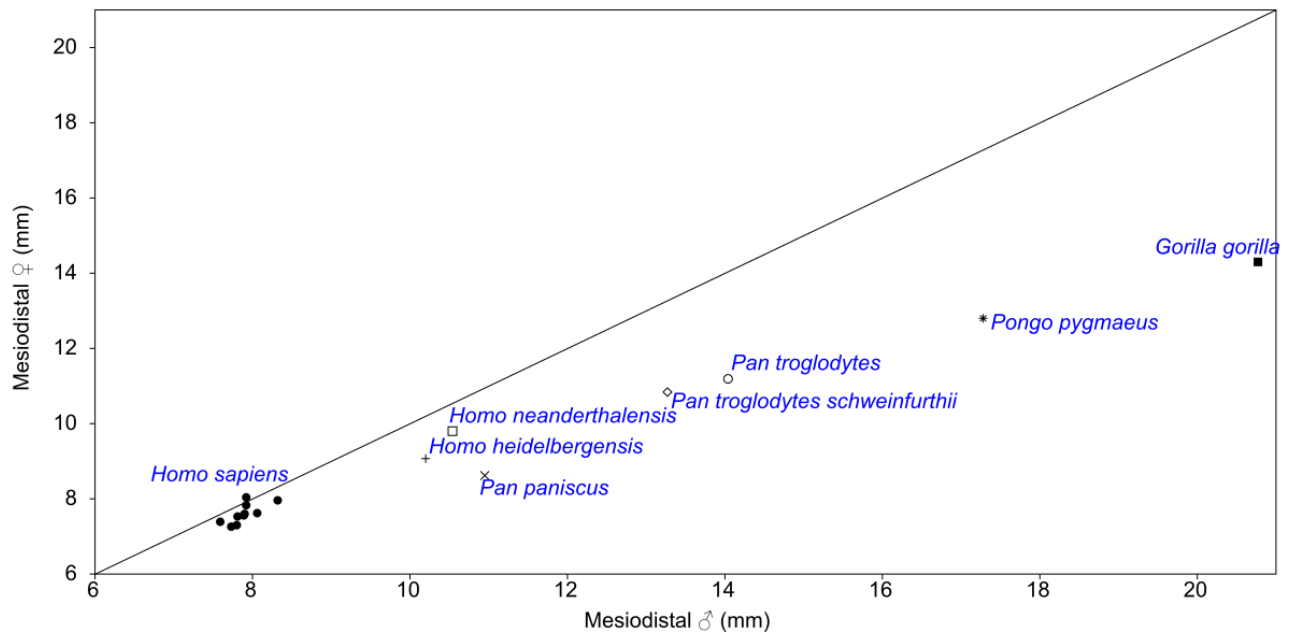


Figura 20: Valores que presenta la variable “longitud mesiodistal” del canino para distintas especies a partir de datos publicados en distintos estudios. La recta representa los valores donde la media de los sexos masculinos y femeninos para la variable son los mismos.

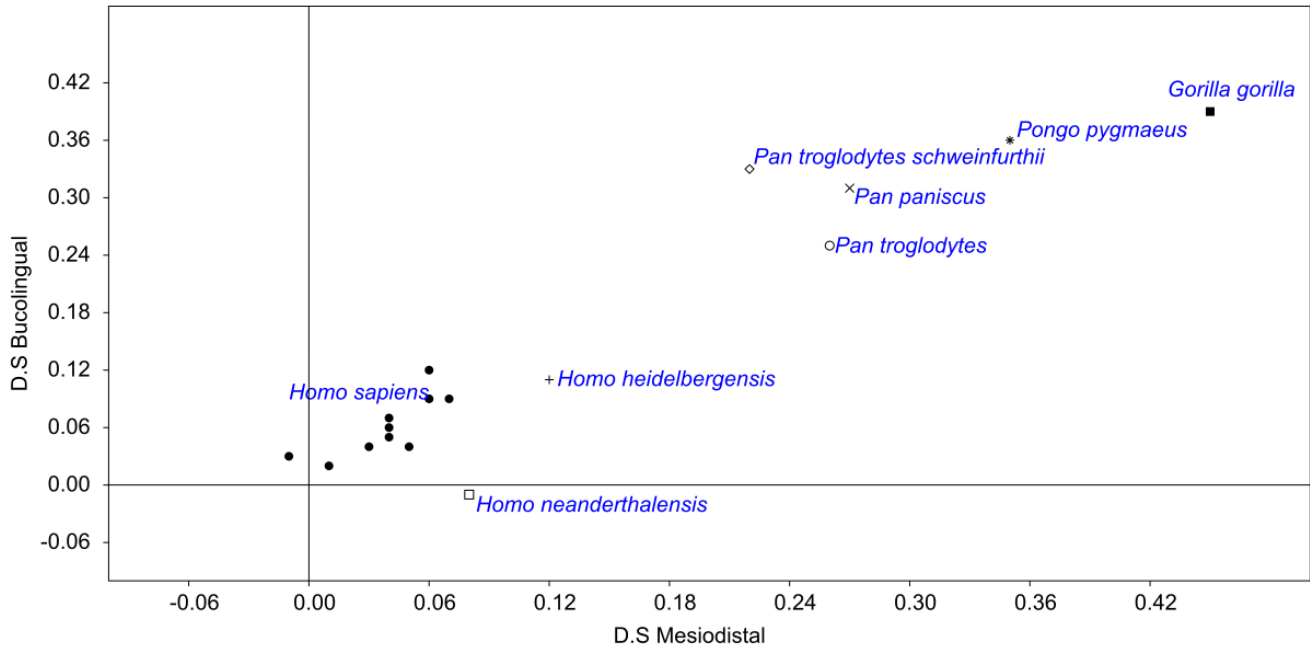


Figura 21: Índice de DS para las variables longitud mesiodistal (eje x) y bucolingual (eje y) en distintas especies. El cálculo se basa en la ecuación propuesta por Garn et. Al. (1967). Las rectas representan el punto en el que los promedios de los sexos masculinos y femeninos para la variable son los mismos, por lo que habría ausencia de DS. Valores negativos representan DS inverso.

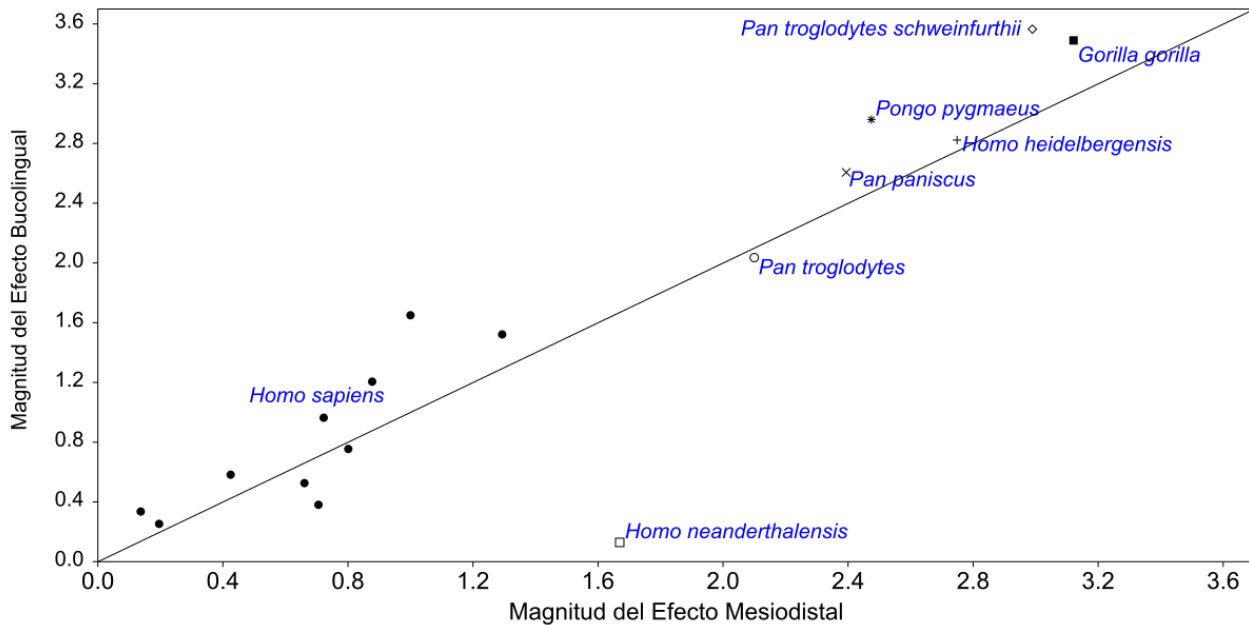


Figura 22: Magnitud del efecto para las variables longitud mesiodistal (eje x) y bucolingual (eje y) en distintas especies. La recta representa los valores donde la magnitud del efecto para las dos variables es la misma.

En términos del índice de dimorfismo, los individuos masculinos de los otros grandes primates presentan caninos que son a lo menos un 20% mayor que su correlato femenino. Es interesante notar que *Homo neanderthalensis*, una especie hermana de *Homo sapiens*, es la única que presenta (junto a *Homo sapiens*) una dimensión del canino que es mayor en individuos femeninos que en masculinos.

En términos de la magnitud del efecto, se observa una tendencia a que el dimorfismo de ambas variables presente magnitudes de dimorfismo semejantes. En términos estructurales, esto se relacionaría con una isometría entre la dimensión bucolingual y la mesiodistal, dando a entender que el canino se ve reducido en todas sus dimensiones de forma pareja. Lamentablemente, el tamaño muestral del *H. neanderthalensis* y *H. heidelbergensis* puede estar afectando la magnitud del efecto.

Aun así, cabe destacar que *Pan* es la más cercana a *Homo*, tanto para los promedios de las variables como en el índice y la magnitud del dimorfismo. Esto hace preguntarnos hasta qué punto la reducción del tamaño del canino es propia del linaje del género *Homo* y *Australopithecus* y no era una tendencia desde antes. Para ello se debería contrastar con otros fósiles de los grandes primates, incluidos de otros homínidos.

Relacionando lo anterior con los resultados en este estudio, primero hay que hacer una comparación entre el tamaño del centroide (nuestro estudio) y las variables bucolinguales y mesiodistales. Como el tamaño del centroide abarca hitos que pueden ser considerados parte de estas mediciones lineales (la longitud mesiodistal estaría relacionada con la distancia entre el hito 1 y 2, mientras que la longitud bucolingual sería aproximadamente la distancia entre el hito 18 y 5), la comparación la realizaremos luego de promediar los valores de la magnitud del efecto entre la longitud bucolingual con la mesiodistal (BL-MD).

Siendo ese el caso, podemos observar que el promedio BL-MD y el tamaño del centroide presentan valores de dimorfismo similares para la magnitud del efecto. En términos del promedio BL-MD, la magnitud del efecto media para *Homo sapiens* es de 0,74. En el caso del tamaño del centroide obtenido, la magnitud del efecto es de 0,78.

Al ser los valores de magnitud semejantes, y suponiendo que los valores obtenidos de la población analizada en este estudio puedan ser considerados “representativos” de *Homo sapiens*, se podría plantear las siguientes hipótesis para someter a prueba:

1. Las otras especies de primates analizadas presentarían valores del tamaño de centroide mayores que en el caso de *Homo sapiens*, siendo también mayor la magnitud del efecto que tiene el sexo sobre esta variable.
2. Considerando que el dimorfismo sexual del canino de *Homo sapiens* probablemente sea resultado de una inercia filogenética, es de esperar que otras especies de primates presenten también diferencias en la forma de sus caninos,

habiendo un menor traslape entre las distribuciones de la forma que tienen las hembras con respecto a los machos.

3. Como el tamaño explica un 5% la forma, afectándola principalmente en la altura de la corona, es esperable que los otros primates presenten una independencia entre el tamaño y la forma menor, por lo que el tamaño explicaría más la forma en dichas especies que en *Homo sapiens*.

CANINO Y PROBLEMAS OBSERVADOS EN LOS ANTECEDENTES

A partir de la revisión de antecedentes, en el planteamiento del problema se observaron tres argumentos de por qué podría haber dimorfismo de forma en el canino, dos directamente relacionados con resultados inesperados y uno más relacionado con aspectos teóricos. La siguiente sección de discusión intenta relacionar los resultados obtenidos con estos dos resultados inesperados observados en la bibliografía.

El DS del canino se ha encontrado presente en varias especies del orden de los primates, siendo el canino del individuo masculino el que presenta mayor tamaño que el femenino (Plavcan, 2001, 2011). Aun así, en términos funcionales-biomecánicos, esta diferencia de tamaño en el canino no ha influido en diferencias de resistencia o de fuerza (Plavcan & Ruff, 2008). Este resultado anómalo hizo cuestionar a Plavcan y Ruff (2008) sobre la existencia de algún factor que produjera esta equiparación biomecánica como lo podría ser la forma del diente.

Nuestros resultados permitirían dar una respuesta tentativa a este fenómeno. A partir del análisis de modularidad, se pudo observar que el canino presenta modularidad de su cara bucal con respecto a la palatal. Asimismo, a pesar de la existencia de DS en el tamaño de los dos módulos, los cambios de forma sólo se encuentran presente en la cara bucal, no así en la palatal.

Plavcan y Ruff (2008), al hipotetizar que la forma del canino permitiría la igualdad biomecánica, no tiene sustento bajo nuestros resultados. Como diferencias de forma solo están presentes en el módulo bucal y no en el palatal, a menos que la biomecánica del canino se concentre solamente en bucal, la forma no sería una variable que explique los resultados que ellos obtuvieron.

Aun así, si consideramos que su metodología no es la más idónea (cálculo de propiedades biomecánicas a partir de variables mesiodistales y bucolinguales), quizás una investigación biomecánica con otra técnica (por ejemplo, con análisis de elementos finitos (O'Higgins & Milne, 2013; O'Higgins et al., 2011)) podría ayudar a dar alguna respuesta (ya sea si se mantiene el efecto que Plavcan y Ruff (2008) observan, o si este desaparece)

Por otra parte, y más relacionado con el aspecto histórico-ontogenético, tenemos las diferencias del desarrollo en el canino en el orden de los primates. Schwartz y Dean

(2001, 2005), al analizar la ontogenia del canino, observaron que el canino no presenta diferencias sexuales en los tiempos de aposición de esmalte cuspídeo para *Homo sapiens*, esmalte relacionado especialmente con la altura de la corona (Dean, 2000). Una propuesta fue que, para dar las diferencias métricas observadas, tendría que relacionarse con los ritmos de aposición o con diferencias de secreción del esmalte, lo que se traduciría en diferencias de forma.

A partir de los resultados obtenidos, podemos indicar que efectivamente tiene que haber una diferencia en lo que es la secreción del esmalte, ya que pudimos observar diferencias en los consensos de ambos sexos. Aun así, en este apartado cabe destacar la variabilidad observada, lo que se relacionaría con que se necesita un tamaño de muestra similar al de esta investigación para dar cuenta de diferencias en la ontogenia. En el caso de Schwartz & Dean (2005), estos mencionan que el tamaño de muestra que utilizaron pudo haber afectado los resultados. Considerando la dificultad que implicaría alcanzar un tamaño muestral de alrededor de 200 personas, una propuesta interesante sería que se hiciera un análisis exploratorio de la población para ver cómo es la forma del canino en la misma. Luego habría que realizar un muestreo dirigido hacia aquellos individuos que presentan formas de canino lo más cercanas al consenso de su respectivo sexo.

En ese sentido, la morfometría geométrica actuaría como un proxy, ya que las diferencias macroscópicas (en este caso, la forma del canino) tendrían que tener un correlato microscópico con respecto al desarrollo (en este caso, la secreción de dentina).

LIMITACIONES Y COMENTARIOS FINALES

Una de las principales limitantes que se tuvo durante esta investigación es el problema de la homología y de crear el mapa de hitos. Lamentablemente, el diente canino no presenta hitos tipo 1 que sea fácilmente distinguibles como en otros dientes (e.j. las cúspides de los molares), lo que conllevaría a tener que realizar el mapa con varios hitos tipo 2 y tipo 3. Esto ocasiona que haya un mayor error, ya que la condición óptima de un buen mapa de homología no se logra.

Este problema también sería acarreado si se intenta aplicar la metodología de morfometría geométrica en los caninos de otras especies de primates. En Hillson (2005) se puede observar que algunos primates presentan diastemas entre el canino y el incisivo lateral y/o el canino con el premolar. Asimismo, a partir de la revisión que hace Swindler (2002) de los diferentes dientes en los distintos subórdenes y familias de los primates, se puede observar que el canino presenta una amplia gama de morfologías, en muchos casos con pérdida de hitos que están presentes en este estudio. En ese sentido, en caso de que se quisiera realizar un estudio comparativo en el orden de los primates, sería necesario cambiar el mapa que se utilizó y aplicar uno que permita la comparación.

Una forma de realizar estas comparaciones cuando existen pocos (o nulos) hitos homólogos, sería con el uso de semihitos. Esta metodología implica el uso de distintos puntos para obtener información de curvas y superficies, utilizando criterios de optimización para que estos sean homologables en distintos individuos (Gunz & Mitteroecker, 2013). Una vez realizado el reajuste, los hitos serían tan informativos como hitos tipo 1.

Aun así, el uso de semihitos no está exento de problemas. En primer lugar, todo análisis de semihito contempla en su algoritmo una presunción de homología (Klingenberg, 2008; Perez et al., 2006). Por ejemplo, en el caso de que los semihitos se realicen en intervalos predefinidos, se asume que las distancias proporcionales de los semihitos entre las distintas estructuras son la misma. En el caso del *sliding* de semihitos, al reducir la energía de torsión (*bending energy*), asume que las estructuras tienden a mantenerse estables en la evolución. Esto trae consecuencias en el análisis filogenético ya que la reconstrucción se genera a partir de contrastes independientes. En estos ejemplos, si dos estructuras de dos especies hermanas tienen una pequeña fosa en dos lados opuestos, la reconstrucción en el primer caso será de un ancestro que tenía una fosa de tamaño medio pero que va de un extremo a otro, mientras que en el segundo caso el ancestro tenía una fosa pero en el punto medio entre sus dos especies derivadas (Klingenberg, comunicación personal, Abril 2016). En ese sentido, habría que analizar si el criterio empleado para la corrección de los semihitos es uno que permite recrear bien la evolución del rasgo estudiado (en este caso, del canino).

En caso de requerir semihitos, un elemento a tener en cuenta al realizar la muestra es que la superficie del modelo virtual sea lo más fiel posible a la superficie del elemento real (i.e. del diente del individuo).

En el caso de este estudio, y a diferencia de otros estudios en hueso o dientes donde la digitalización del material es directa (i.e. se obtuvo la pieza dental y a esa se le realizó una digitalización a laser o una tomografía computarizada), la digitalización que se realizó fue en moldes dentarios que fueron utilizados en el área clínica. Como la principal función de estos en dicha área es tener una perspectiva general del arco dentario y de los dientes, el material empleado para su construcción (yeso sobre una base de alginato) genera una pérdida en la resolución de los rasgos dentales y leves alteraciones en la superficie. Existe la probabilidad de la presencia de burbujas que generan artefactos (ej. mamelones), o eliminan rasgos que sí estaban antes en los dientes (ej. generar un foramen en medio de la corona). Por último, la digitalización de este molde genera una nueva pérdida de resolución, agregando la probabilidad de generar otros artefactos sobre la superficie. Considerando que los semihitos se realizan sobre una superficie completa (Klingenberg, 2008; Perez et al., 2006), la probabilidad de que estos incluyan (y que terminen ponderando de mayor forma) los artefactos antes mencionados, aumenta.

Estos problemas se resuelven utilizando otros métodos de digitalización, como la tomografía computarizada, aunque debido a los problemas éticos que esta implica al

usarlo en pacientes, el costo económico, y el tiempo que se necesita para generar el modelo, evita que se puedan realizar muestreos adecuados. Se podría también realizar fotogrametría, lo cual aumentaría la resolución con respecto al arco dentario, pero el tener una cámara adecuada para generar los modelos y los tiempos de post-procesado (aunque estos pueden superarse con un computador con mejores recursos) se vuelven las limitantes (Katz & Friess, 2014; Muñoz-Muñoz et al., 2016).

Por otra parte, un elemento a considerar en futuros estudios es la variabilidad interpoblacional dentro de una especie. Como pudimos mostrar en *Homo sapiens*, existe una amplia variabilidad tanto en el tamaño del canino como en el DS del rasgo. Dado esto es factible preguntarse hasta qué punto los resultados obtenidos de la forma del canino en población Chilena son extrapolables a otras poblaciones o, incluso, cuán representativos podrían ser para la especie de *Homo sapiens* en un estudio comparativo.

Esto es especialmente importante cuando se compara con otras especies, pues en general, los muestreos realizados en las investigaciones no contemplan la variabilidad intraespecífica, y si lo hacen, no es en las condiciones más óptimas (Garamszegi & Møller, 2010). Como se suele asumir que la variabilidad intraespecífica es menor que la interespecífica, la representatividad de la especie puede darse por unos pocos individuos en el mejor de los casos (en el peor, solamente uno es muestreado). Este problema se observa en menor medida en estudios genéticos y en estudios morfológicos continuos, pero está altamente presente en estudios de morfología discreta (Garamszegi & Møller, 2010).

A modo de comparación, en el caso del ser humano, la variabilidad intraespecífica se encuentra estudiada debido a la disciplina de la antropología forense. Dado que se da por supuesto que las poblaciones humanas difieren entre sí, muchos de los métodos de estimación de sexo que se generan en una población intentan ser replicados en otras (Garvin, 2012). Además, algunas de estas investigaciones (ver Zorba et al. (2011)) intentan hacer una comparación entre los valores del rasgo obtenidos de distintas poblaciones en diferentes estudios. La recopilación de los mismos permite hacer una inferencia de un valor para la especie mucho más potente que muestrear sólo una población (y eso, mucho más que sólo unos individuos). Por ejemplo, a partir de los datos obtenidos de la Tabla 13 para distancia bucolingual, el promedio de los individuos masculinos es de 8,3 (n=585), mientras que el promedio femenino es de 7,83 (n=571).

De esa forma, los otros primates se encuentran en una desventaja, pues en comparación, la inferencia hacia la especie es mucho más limitada y cuestionable. Por ejemplo, en la publicación de Plavcan y van Schaik (1997), los autores muestran los valores obtenidos para cada especie en cada una de las variables que utilizaron, incluyendo la cantidad de individuos muestreados. A partir de estos datos entregados, se realizó un resumen en las características del muestreo total, considerando la muestra total usada para una determinada especie, y la cantidad de individuos masculinos y femeninos muestreados (Figura 23). Si bien la cantidad de individuos masculinos y femeninos es similar, hay algunas especies cuya representación se da por 11 individuos (5 individuos femeninos y 6 masculinos), lo que no resultaría representativo del valor específico real (en comparación con los casi 600 individuos para cada sexo que se obtienen en el caso de ser humano). Lo ideal sería tamaños muestrales como los mostrados en la Tabla 15 y Tabla 16, los cuales permite hacer inferencias sin temer a cometer errores producto de un mal rechazo de la hipótesis con la que se trabaja.

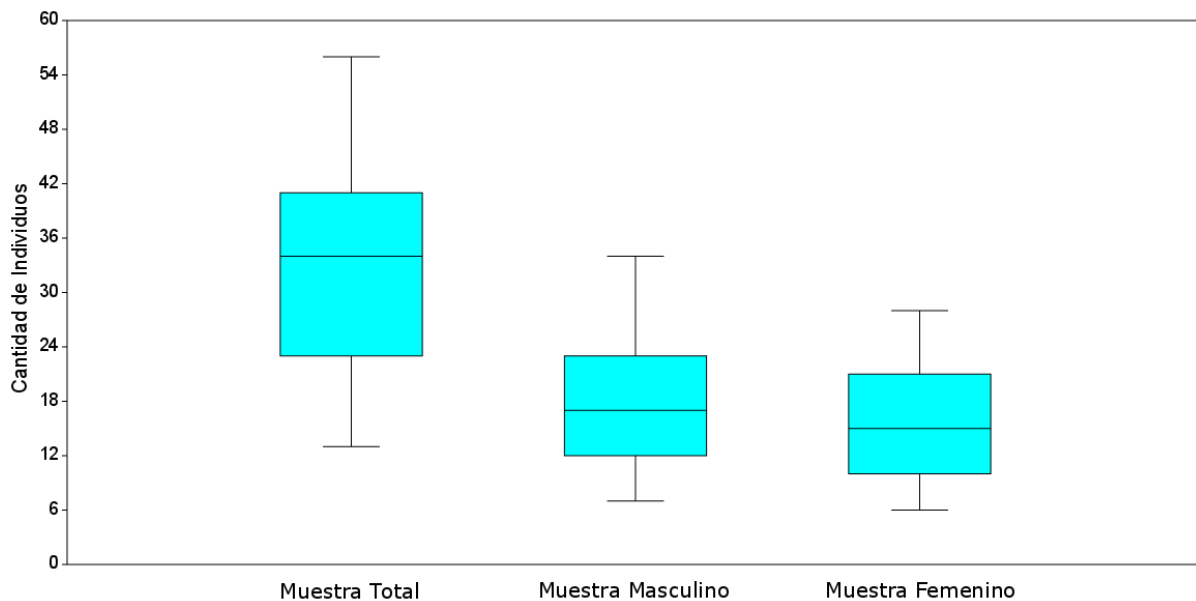


Figura 23: Distribución de la muestra utilizada por Plavcan y van Schaik (1997), mostrando distribuciones de: cantidad total de individuos de una especie, cantidad total de individuos masculinos y cantidad total de individuos femeninos.

En ese sentido, no se puede separar del muestreo el poder estadístico, especialmente si son especies que no presentan diferencias sexuales marcadas. Este sería el caso de integrar a las muestras de antropoideos miembros del suborden de primates Strepsirrhini debido a su tendencia a un bajo DS (Plavcan, 2001). En estos casos, el tamaño de la muestra tiene que ser el suficiente como para asegurar que efectivamente no se comete

un error tipo II (es decir, interpretar que no presentan DS en el rasgo cuando más bien no se tuvo la suficiente cantidad de individuos para rechazar H_0).

Un elemento siempre a tener en cuenta en las publicaciones es la forma de obtención de datos de distintas especies. Esto se relaciona tanto con la información asociada a las variables nominales como al muestreo general.

Con respecto al primer punto, en el caso específico de la estimación sexual, distintas publicaciones realizadas fuera de *Homo sapiens* no informan sobre cómo se obtuvo el dato del sexo. En las publicaciones referidas anteriormente en humanos, como la mayoría se realizó en pacientes vivos, el sexo es inmediatamente registrado antes de realizar la impresión dentaria. En ese sentido, no es una estimación de sexo como tal porque se obtiene como dato primario.

En el caso de las publicaciones donde se analizan distintas especies de primates, la estimación de sexo es mucho más críptica. Por ejemplo, Plavcan (1993) hace inmediata referencia a un estudio previo que realizó en el cual se tiene una descripción de la muestra. En caso de que ese estudio no se tenga, no es posible saber cómo se sexaron los individuos, si fue un dato primario o una estimación. En Plavcan y van Schaik (1997), si bien se informan los datos que usaron, el de sexo sólo lo usan como una variable nominal, sin informar el método de sexado.

En estos casos es importante pues no se pueden distinguir problemas metodológicos en la obtención de los datos sólo a partir de la información dada en la publicación. Esto se debe a que, si la investigación se relaciona con diferencias sexuales, el sexo tuvo que ser un dato independiente al protocolo experimental utilizado.

Si los individuos forman parte de una colección en un museo, no siempre se tiene conocimiento de cómo fueron obtenidos, si estos individuos fueron esqueletizados a partir de material blando (lo que permitiría saber el sexo a partir de ver los órganos sexuales) o si fueron restos recuperados en terreno. En caso de que fueron restos recuperados en terreno, tampoco se puede saber cuál es la completitud de los mismos. Excepto *Homo sapiens*, los demás primates presentan el báculo/hueso peneano, por lo que si el individuo fue recuperado casi completamente y se observa ese hueso, el sexo es un dato primario⁷. Si la recuperación fue pobre, o si sólo se obtuvo el cráneo, entonces se tiene que pasar a una estimación del sexo a partir de otros rasgos.

El problema que se tiene es que, en términos de literatura, el principal rasgo a usar en la estimación es precisamente el canino. En dicho caso, si el valor de sexo fue obtenido al analizar el tamaño del mismo, entonces tenemos un problema metodológico pues la estimación de sexo no es independiente del estudio que realizamos. Si se sexó a los

⁷ Aun así, cabe la posibilidad de dudar de si los individuos que no presentan el hueso son femeninos o si son individuos masculinos a los cuales no se les pudo recuperar el hueso peneano.

individuos masculinos como aquellos que tienen el canino más grande, el análisis no tiene más alternativa que mostrar una diferenciación sexual en el rasgo. Este problema metodológico repercute en que, como se sorteó a los individuos con respecto a un valor de corte predeterminado, se elimina la posibilidad de que exista un traslape entre las dos distribuciones (pues todo valor sobre el punto de corte es de un sexo, y bajo ese valor es del otro). En términos interpretativos, lo anterior genera un sesgo, ya que sobreestima el DS, en desmedro de aquellas especies y/o muestras donde el sexo era un dato primario o que fue calculado por medio de un método independiente al canino

CONCLUSIONES

1. Con respecto a la primera y segunda hipótesis (diferencias de forma y tamaño): Se refuta la hipótesis nula ya que se observó la presencia de DS tanto en la forma como en el tamaño del diente canino en población chilena actual.
2. Con respecto a la 3ra hipótesis (independencia): No se puede refutar, ya que el tamaño si afecta a la forma del diente, específicamente a la altura de la corona dentaria.
3. Elemento estructural observado: El diente canino se comporta modularmente, observando una separación entre el módulo bucal y el módulo palatal.
 - a. Las diferencias de forma debido al sexo se concentran en el módulo bucal, siendo no significativa las mismas en el módulo palatal.

De las limitantes que tuvo el estudio, cabe mencionar las siguientes:

1. El mapa de hitos, al ser principalmente de hitos tipo 2, presenta una cantidad de error no menor. Es preferible buscar otras metodologías que permitan sortear la falta de hitos tipo 1, como lo sería el uso de semihitos.
2. En este caso, considerar la forma de cómo obtener los modelos virtuales. La digitalización de moldes dentales de yeso no sería la más idónea para dicha metodología.

Con respecto a futuras investigaciones, se aconseja lo siguiente

1. Preocuparse por tener tamaños muestrales que permitan evitar los falsos negativos (error tipo II), y de esa forma aumentar el poder estadístico.
2. Aumentar los análisis intraespecíficos/interpoblacionales, para dar cuenta de la variabilidad en la especie y lograr valores representativos de la misma tanto para la forma como el tamaño.
3. Informar sobre la características de la muestra, especialmente aquellos datos que son relevantes metodológicamente y/o que no son de fácil acceso (en este caso, informar se obtuvo el dato del sexo)
4. Dependiendo del problema de interés, aplicar la morfometría geométrica como una ayuda o un proxy para mejorar criterios de selección de muestra.
5. Dependiendo del problema, preferir el uso de la magnitud del efecto por sobre índices que utilicen solamente promedios. Conocer la desviación estándar es necesario, especialmente en aquellas muestras donde existe sobrelapamiento de los datos, y permite hacer mejores comparaciones entre estudios si se informa.

BIBLIOGRAFÍA

- Acharya, A. B., & Mainali, S. (2007). Univariate sex dimorphism in the Nepalese dentition and the use of discriminant functions in gender assessment. *Forensic Science International*, 173(1), 47–56. <http://doi.org/10.1016/j.forsciint.2007.01.024>
- Adams, D., Rohlf, J., & Slice, D. (2013). A field comes of age : geometric morphometrics in the 21 st century Geometric morphometrics and the “ Procrustes paradigm .” *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 1–8. <http://doi.org/10.4404/hystrix-24.1-6283>
- Armelagos, G., & Van Gerven, D. (2003). A Century of Skeletal Biology and Paleopathology : *American Anthropologist*, 105(1), 51–62.
- Bhargavi, A., Ajay, S., Rohit, B., Vishal, A., & Minkle, G. (2013). Comparative tooth anatomy – A review. *International Journal of Dental Science and Research*, 1(1), 34–37. <http://doi.org/10.1016/j.ijdsr.2013.03.003>
- Blanco, M. B., & Godfrey, L. R. (2006). Craniofacial sexual dimorphism in *Alouatta palliata*, the mantled howling monkey. *Journal of Zoology*, 270, 268–276. <http://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2006.00133.x>
- Bookstein, F. L. (1989). “Size and shape”: a comment on semantics. *Systematic Zoology*, 38(2), 173–180. <http://doi.org/10.2307/2992387>
- Brown, P., & Maeda, T. (2009). Liang Bua *Homo floresiensis* mandibles and mandibular teeth : a contribution to the comparative morphology of a new hominin species. *Journal of Human Evolution*, 57(5), 571–596. <http://doi.org/10.1016/j.jhevol.2009.06.002>
- Castillo, L., Castro, A. M., Lerma, C., Lozada, D., & Moreno, F. (2012). Diámetros meso-distales y vestibulo-linguales dentales de un grupo de mestizos de Cali , Colombia. *Revista Estomatología*, 19(2), 16–22.
- da Costa, Y., Lima, L., & Rabello, P. (2012). Analysis of canine dimorphism in the estimation of sex. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 11(3), 406–410.
- Darwin, C. (1871). *The descent of man, and selection in relation to sex*. London, UK: John Murray.
- Dawson, C., Ross, D., & Mallet, X. (2011). Sex Determination. En S. Black & E. Ferguson (Eds.), *Forensic Anthropology: 2000 to 2010* (pp. 61–94). CRC Press.
- Dean, C. (2000). Progress in understanding hominoid dental development. *Journal of Anatomy*, 197 (Pt 1), 77–101. <http://doi.org/10.1046/j.1469-7580.2000.19710077.x>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power3 : a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behaviour Research Methods*, 39(2), 175–191.
- Ferreira, F., Vilhena, J., Ferreira, A., Pantoja, M., Ribeiro, A., Cury, J., & Alves de

- Campos, E. (2012). Assessment of the ability to relate anterior tooth form and arrangement to gender. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 21(4), 279–282. <http://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2011.00822.x>
- Filipovic, G., Radojicic, J., Stosic, M., Janosevic, P., & Ajdukovic, Z. (2013). Odontometric analysis of permanent canines in gender determination. *Archives of Biological Sciences*, 65(4), 1279–1283. <http://doi.org/10.2298>
- Frayer, D. W., & Wolpoff, M. H. (1985). Sexual Dimorphism. *Annual Review of Anthropology*, 14, 429–473. <http://doi.org/10.1146/>
- Garamszegi, L., & Møller, A. (2010). Effects of sample size and intraspecific variation in phylogenetic comparative studies: a meta-analytic review. *Biological Reviews*, 85, 797–805.
- Garn, S. M., Lewis, a. B., Swindler, D. R., & Kerewsky, R. S. (1967). Genetic control of sexual dimorphism in tooth size. *Journal of Dental Research*, 46, 963–972. <http://doi.org/10.1177/00220345670460055801>
- Garvin, H. M. (2012). Adult Sex Determination: Methods and Application. En D. Dirkmaat (Ed.), *A companion to forensic anthropology* (1st ed., pp. 239–247). Wiley-Blackwell.
- Gellis, J. J. (2013). *Testing Spatial Hypotheses of Mandibular Shape and Form: Relationship of Tooth Crown and Tooth Root Dimensions to Jaw Size in P. troglodytes and G. gorilla*. University of Sheffield, England. Retrieved from <http://www.paleo-org.com/data/>
- Gould, S. J. (2002). *The structure of evolutionary theory*. The Belknap Press of Harvard University Press. <http://doi.org/10.1086/379461>
- Gould, S. J., & Lewontin, R. (1979). The spandrels of San Marcos and the panglossian paradigm: a critique of the adaptionist programme. *Proceedings of the Royal Society of London*, 205(1161), 581–598.
- Gunz, P., & Mitteroecker, P. (2013). Semilandmarks: a method for quantifying curves and surfaces Point homology Placing semilandmarks. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 1–7. <http://doi.org/10.4404/hystrix-24.1-6292>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. (2001). Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9–18. <http://doi.org/10.1016/j.bcp.2008.05.025>
- Harvey, P., Kavanagh, M., & Clutton-Brock, T. H. (1978). Sexual dimorphism in primate teeth. *Journal of Zoology*, 186, 475–485.
- Hillson, S. (2005). *Teeth* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Jurmain, R., Kilgore, L., & Trevathan, W. (2009). Essentials of Physical Anthropology. In *Essentials of Physical Anthropology* (7th ed., pp. 1–16). Wadsworth Cengage

Learning.

- Katz, D., & Friess, M. (2014). Technical Note: 3D From Standard Digital Photography of Human Crania — A Preliminary Assessment. *American Journal of Physical Anthropology*, 154, 152–158. <http://doi.org/10.1002/ajpa.22468>
- Kay, R. F., Plavcan, J. M., Glander, K. E., & Wright, P. C. (1988). Sexual selection and canine dimorphism in New World monkeys. *American Journal of Physical Anthropology*, 77(3), 385–397. <http://doi.org/10.1002/ajpa.1330770311>
- Klingenberg, C. P. (2008). Novelty and “ Homology-free ” Morphometrics: What ’ s in a Name? *Evolutionary Biology*, 35, 186–190. <http://doi.org/10.1007/s11692-008-9029-4>
- Klingenberg, C. P. (2011). MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*, 11(2), 353–7. <http://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x>
- Klingenberg, C. P., Barluenga, M., & Meyer, A. (2002). SHAPE ANALYSIS OF SYMMETRIC STRUCTURES: QUANTIFYING VARIATION AMONG INDIVIDUALS AND ASYMMETRY. *Evolution*, 56(10), 1909–1920.
- Krzywinski, M., & Altman, N. (2013). Power and sample size. *Nature Methods*, 10(12), 1139–1140. <http://doi.org/10.1038/nmeth.2738>
- Leigh, S. R., Setchell, J. M., Charpentier, M., Knapp, L. a., & Wickings, E. J. (2008). Canine tooth size and fitness in male mandrills (*Mandrillus sphinx*). *Journal of Human Evolution*, 55(1), 75–85. <http://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.01.001>
- Limbo, J. (2011). The Tooth Size in the End of the Estonian Iron Age. *Papers on Anthropology*, XX, 241–250.
- Mai, L., Owl, M., & Kersting, P. (2005). *The Cambridge Dictionary of Human Biology and Evolution*. New York: Cambridge University Press.
- Mitteroecker, P., Gunz, P., Bernhard, M., Schaefer, K., & Bookstein, F. L. (2004). Comparison of cranial ontogenetic trajectories among great apes and humans. *Journal of Human Evolution*, 46(6), 679–698. <http://doi.org/10.1016/j.jhevol.2004.03.006>
- Moss, M. L., & Moss-Salentijn, L. (1977). Analysis of developmental processes possibly related to human dental sexual dimorphism in permanent and deciduous canines. *American Journal of Physical Anthropology*, 46(3), 407–413. <http://doi.org/10.1002/ajpa.1330460305>
- Muñoz-Muñoz, F., Quinto-Sánchez, M., & González-José, R. (2016). Photogrammetry: a useful tool for three-dimensional morphometric analysis of small mammals. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 54(4), 318–325. <http://doi.org/10.1111/jzs.12137>
- O’Higgins, P., Cobb, S. N., Fitton, L., Gröning, F., Phillips, R., Liu, J., & Fagan, M. (2011).

Combining Geometric Morphometrics and Functional Simulation: An Emerging Toolkit for Virtual Functional Analyses. *Journal of Anatomy*, 218, 3–15. <http://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2010.01301.x>

O'Higgins, P., & Jones, N. (1998). Facial growth in *Cercocebus torquatus*: an application of three-dimensional geometric morphometric techniques to the study of morphological variation. *Journal of Anatomy*, 193, 251–272.

O'Higgins, P., & Milne, N. (2013). Applying geometric morphometrics to compare changes in size and shape arising from finite elements analyses. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, (April), 1–7. <http://doi.org/10.4404/hystrix-24.1-6284>

Omar, A., & Azab, S. (2009). Applicability of Determination of Gender from Odontometric Measurements of Canine Teeth in a Sample of Adult Egyptian Population. *Cairo Dental Journal*, 25(2), 167–180.

Peckmann, T. R., Logar, C., Garrido-Varas, C. E., Meek, S., & Pinto, X. T. (2016). Sex determination using the mesio-distal dimension of permanent maxillary incisors and canines in a modern Chilean population. *Science and Justice*, 56(2), 84–89. <http://doi.org/10.1016/j.scijus.2015.10.002>

Perez, S. I., Bernal, V., & Gonzalez, P. N. (2006). Differences between sliding semi-landmark methods in geometric morphometrics, with an application to human craniofacial and dental variation. *Journal of Anatomy*, 208(6), 769–784. <http://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2006.00576.x>

Plavcan, J. M. (1993). Canine Size And Shape In Male Anthropoid Primates. *American Journal of Physical Anthropology*, 92(2), 201–16. <http://doi.org/10.1002/ajpa.1330920209>

Plavcan, J. M. (1998). Correlated response, competition, and female canine size in primates. *American Journal of Physical Anthropology*, 107(4), 401–416. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8644\(199812\)107:4<401::AID-AJPA3>3.0.CO;2-N](http://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(199812)107:4<401::AID-AJPA3>3.0.CO;2-N)

Plavcan, J. M. (2001). Sexual dimorphism in primate evolution. *American Journal of Physical Anthropology*, 44, 25–53. <http://doi.org/10.1002/ajpa.10011>

Plavcan, J. M. (2011). Understanding dimorphism as a function of changes in male and female traits. *Evolutionary Anthropology*, 20(4), 143–155. <http://doi.org/10.1002/evan.20315>

Plavcan, J. M., & Ruff, C. B. (2008). Canine size, shape, and bending strength in primates and carnivores. *American Journal of Physical Anthropology*, 136(1), 65–84. <http://doi.org/10.1002/ajpa.20779>

Plavcan, J. M., & van Schaik, C. (1993). Canine Dimorphism. *Evolutionary Biology*, 2(6), 208–214.

Plavcan, J. M., & van Schaik, C. (1997). Intrasexual competition and body weight

- dimorphism in anthropoid primates. *American Journal of Physical Anthropology*, 87, 461–477. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8644\(199705\)103:1<37::AID-AJPA4>3.0.CO;2-A](http://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(199705)103:1<37::AID-AJPA4>3.0.CO;2-A)
- Plavcan, J. M., van Schaik, C., & Kappeler, P. (1995). Competition, coalitions and canine size in primates. *Journal of Human Evolution*, 28(3), 245–276. <http://doi.org/10.1006/jhev.1995.1019>
- Plavcan, J. M., Ward, C. V., & Paulus, F. L. (2009). Estimating canine tooth crown height in early Australopithecus. *Journal of Human Evolution*, 57(1), 2–10. <http://doi.org/10.1016/j.jhevol.2009.04.005>
- Prabhu, S., & Acharya, A. B. (2009). Odontometric sex assessment in Indians. *Forensic Science International*, 192(1-3), 129.e1–129.e5. <http://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.08.008>
- Radlanski, R. J., Renz, H., & Hopfenmüller, W. (2012). Sexual dimorphism in teeth? Clinical relevance. *Clinical Oral Investigations*, 16(2), 395–399. <http://doi.org/10.1007/s00784-011-0537-8>
- Rawashdeh, M. a, & Bakir, I. F. B. (2007). The crown size and sexual dimorphism of permanent teeth in Jordanian cleft lip and palate patients. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal: Official Publication of the American Cleft Palate-Craniofacial Association*, 44(2), 155–162. <http://doi.org/10.1597/05-197.1>
- Schaefer, K., Mitteroecker, P., Gunz, P., Bernhard, M., & Bookstein, F. L. (2004). Craniofacial sexual dimorphism patterns and allometry among extant hominids. *Annals of Anatomy*, 186, 471–478. [http://doi.org/10.1016/S0940-9602\(04\)80086-4](http://doi.org/10.1016/S0940-9602(04)80086-4)
- Schaefer, M., Black, S., & Scheuer, L. (2009). *Juvenile Osteology A Laboratory and Field Manual*. United States of America: Elsevier Academic Press.
- Schwartz, G., & Dean, C. (2001). Ontogeny of canine dimorphism in extant hominoids. *American Journal of Physical Anthropology*, 115(3), 269–283. <http://doi.org/10.1002/ajpa.1081>
- Schwartz, G., & Dean, C. (2005). Sexual dimorphism in modern human permanent teeth. *American Journal of Physical Anthropology*, 128(2), 312–317. <http://doi.org/10.1002/ajpa.20211>
- Schwartz, G., Miller, E. R., & Gunnell, G. F. (2005). Developmental processes and canine dimorphism in primate evolution. *Journal of Human Evolution*, 48(1), 97–103. <http://doi.org/10.1016/j.jhevol.2004.10.005>
- Seilacher, A. (1970). Arbeitskonzept Zur Konstruktions-Morphologie. *Lethaia*, 3(1), 393–396.
- Slice, D. E. (2007). Geometric Morphometrics. *Annual Review of Anthropology*, 36(1), 261–281. <http://doi.org/10.1146/annurev.anthro.34.081804.120613>

- Staka, G., & Bimbashi, V. (2013). Sexual Dimorphism in Permanent Maxillary Canines. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 4(2), 927–932.
- Suazo, I., Cantín, M., López, B., Sandoval, C., Torres, S., Gajardo, P., & Gajardo, M. (2008). Sexual Dimorphism in Mesiodistal and Bucolingual Tooth Dimensions in Chilean People. *International Journal of Morphology*, 26(3), 609–614. <http://doi.org/10.4067/S0717-95022008000300016>
- Swindler, D. (2002). *Primate Dentition: An Introduction to the Teeth of Non-human Primates*. Cambridge University Press.
- Thorén, S., Lindenfors, P., & Kappeler, P. M. (2006). Phylogenetic analyses of dimorphism in primates: Evidence for stronger selection on canine size than on body size. *American Journal of Physical Anthropology*, 130(1), 50–59. <http://doi.org/10.1002/ajpa.20321>
- Voisin, J., Condemi, S., Wolpoff, M. H., & Frayer, D. W. (2012). A New Online Database (<http://anthropologicaldata.free.fr>) and a Short Reflection About the Productive Use of Compiling Internet Data. *PaleoAnthropology*, 241–244. <http://doi.org/10.4207/PA.2012.ART76>
- Washburn, S. L., & Ciochon, R. L. (1974). Canine teeth: notes on controversies in the study of human evolution. *American Anthropologist* 76, 765–784.
- White, T., Black, M., & Flokens, P. (2012). *Humans Osteology* (3rd ed.). Elsevier Academic Press.
- Wood, B. . (1976). The nature and basis of sexual dimorphism in the primate skeleton. *Journal of Zoology*, 180, 15–34.
- Zelditch, M. L., Swiderski, D. L., Sheets, H. D., & Fink, W. L. (2004). Geometric morphometrics for biologists. *Elsevier*, 59(3), 457. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-386903-6.00001-0>
- Zorba, E., Moraitis, K., & Manolis, S. K. (2011). Sexual dimorphism in permanent teeth of modern Greeks. *Forensic Science International*, 210(1-3), 74–81. <http://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.02.001>