



ugr

Universidad
de **Granada**

TESIS DOCTORAL:

**Análisis de morfometría geométrica en la dentición humana.
Estimación del sexo en población mediterránea**

Programa de Doctorado en Biomedicina

AUTORA: Sandra López Lázaro

DIRECTORES:

Dr. Miguel C. Botella López

Dra. Inmaculada Alemán Aguilera

Granada, 2015

Editorial: Universidad de Granada. Tesis Doctorales

Autora: Sandra López Lázaro

ISBN: 978-84-9125-201-6

URI: <http://hdl.handle.net/10481/40618>



UGR | Universidad
de **Granada**

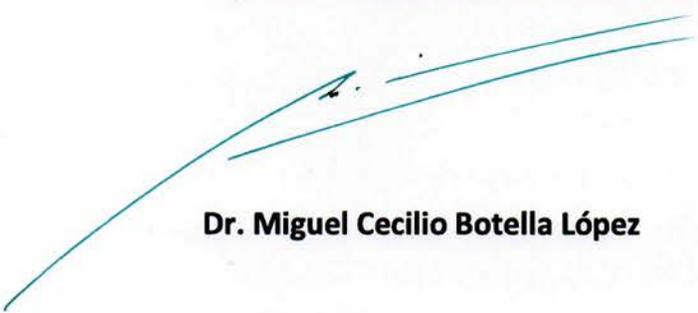
Miguel Cecilio Botella López, Catedrático de la Universidad, adscrito al Departamento de Medicina Legal, Toxicología y Antropología Física de la Universidad de Granada

Inmaculada Alemán Aguilera, Profesora titular de Universidad, adscrita al Departamento de Medicina Legal, Toxicología y Antropología Física de la Universidad de Granada

Informan que:

SANDRA LÓPEZ LÁZARO, Licenciado en Historia, ha realizado la Tesis Doctoral "ANÁLISIS DE MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA EN DENTICIÓN HUMANA. ESTIMACIÓN DEL SEXO EN POBLACIÓN MEDITERRÁNEA" en el Laboratorio de Antropología, del Departamento de Medicina Legal, Toxicología y Antropología Física de la Universidad de Granada, para aspirar al grado de Doctor, reuniendo las condiciones necesarias para ser presentada y defendida ante el Tribunal correspondiente.

Y para que así conste a los efectos oportunos, en cumplimiento de la legislación vigente, firmamos el presente documento en Granada, a 1 de Junio de 2015



Dr. Miguel Cecilio Botella López



Dra. Inmaculada Alemán Aguilera



UGR | Universidad
de **Granada**

La doctoranda SANDRA LÓPEZ LÁZARO y los directores de la tesis MIGUEL CECILIO BOTELLA LÓPEZ e INMACULADA ALEMÁN AGUILERA garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por la doctoranda bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

En Granada, a 1 de junio de 2015

Directores de la Tesis



Dr. Miguel Cecilio Botella López



Dra. Inmaculada Alemán Aguilera

Doctoranda



Sandra López Lázaro

Agradecimientos

Ha llegado el momento de dar las gracias a todas las personas que, de un modo u otro, me han ayudado y apoyado durante estos últimos años. A lo largo de este tiempo he pensado mucho en estas páginas y en las ganas que tenía de escribirlas, puesto que significaba que la tesis estaba terminada. Sin embargo, hasta ahora no me había dado cuenta de lo difícil que es expresar con palabras de gratitud todo lo que he recibido.

Quiero comenzar dando las gracias al personal de EMUCESA, por su tiempo y ayuda en la confección de la colección de referencia del Cementerio de San José, pilar de la muestra de esta tesis. Gracias, también, a todos lo que han puesto su granito de arena en la preparación de las colecciones.

A todo el personal del *Museu Nacional de História Natural e da Ciência* de Lisboa, por permitirme el estudio del material osteológico, así como, por la amabilidad que mostraron durante mi estancia.

A David Sheet, por responder a todas mis preguntas en mis primeros pasos en el mundo de la morfometría geométrica.

Gracias a todos los compañeros y profesores del Laboratorio de Antropología Física de la Universidad de Granada por hacer de ese sotanillo mi segunda casa y un lugar muy especial.

Parece que fue ayer cuando Joan se rio de mí por primera vez en el pasillo de la facultad y ya han pasado 5 años. No hay palabras (aunque sí cafelillos) que puedan expresar mi gratitud por todo el tiempo que me ha dedicado y todo lo que he aprendido trabajando con él. Gracias por obligarme a madrugar, por llevarme a urgencias siempre que lo he necesitado, por responder a todos mis “¿Joan, puedes venir un momento?” con variable rapidez, por dejarme colapsar tu correo con mis preguntas y por todos los 10 minutillos de Skype que se acaban convirtiendo en horas.

A Javier Iruriri, porque muy a mi pesar, es verdad que compartimos un trozo de seso. Como sé que él no es capaz de acordarse de nada, tendré que recordar yo todas las mañanas de musiquilla en el laboratorio, las tardes de escalada, los viajes en el metro de Lisboa, los días de cortijo y las miles y miles de horas discutiendo... Gracias por estar siempre disponible, aunque sea desde la otra punta del mundo.

A Ángela, con quién he vivido grandes momentos estos últimos meses. Haber llevado a la par nuestras tesis en la recta final nos ha permitido compartir los momentos de desesperación, desahogo y desvarío, pero sobre todo las risas y alegrías dentro y fuera del laboratorio. Gracias por enseñarme la importancia de leer un artículo y los codazos “disimulados”.

A Ariagna, por esa gran sonrisa en esa cara color caramelo tentación que me regalas cada día. Gracias por ser una gran amiga y mi consejera de belleza particular desde el principio de los tiempos; lo pagaré con postres, pasteles y un monedero. Y más me vale hacerlo, no quiero que saques tu lado chungo conmigo, que se cómo te las gastas...

A Bea, que entiende mejor que nadie lo difícil que es madrugar y llegar temprano al laboratorio. Gracias por tu apoyo y ayuda, sobre todo en estos últimos meses, y por las fiestecillas y canciones de karaoke en tu casa. Ahora os toca a vosotras la presión de terminar la tesis.

A Laura, gracias por hacer divertidas todas las horas de lavadero que hemos compartido y, como no, también por esos postres tan ricos y las maceticas tan chulas que nos traes.

A Fernandico por haber cuidado de mí durante todos estos años. Aaaaay, lo que voy a echar de menos nuestras charlillas en el patio, los pasatiempos y sudokus, observar los modelitos, partir almendras... Gracias por ayudarme con los nervios de mis primeras clases y por todo el afecto que me demuestras siempre que te veo.

A Miriana, por preocuparse siempre por mí y por mi salud. ¡No sé qué habría hecho sin tus cremas y cuidados! Gracias por recibirme cada mañana con tanta alegría en el laboratorio, por tus bailes, tus pagos en especies y, como no, por tu indispensable ayuda con el *inglé*.

A Juan Pablo, porque no se puede ser más buena gente, más generoso y tener más bibliografía que él. ¡Gracias amigo zaidinero!

A Stefano, compañero de laboratorio y de piso. Gracias por tu ayuda con los dientes, por las grandes cenas viendo *Taxi* y las noches de karaoke.

A Argia, por todo lo que significa un Toblerone. Gracias por los buenos ratos que hemos pasado y los viajes que hemos compartido.

A Mohamed, Claudia y Kike, gracias por vuestro apoyo y vuestras palabras de ánimo.

A Carmen García, por su generosidad, amabilidad y afecto durante estos años. Siempre te has preocupado por mí y te lo agradezco enormemente.

A Sylvia Jiménez y Rosa Maroto, por su amabilidad, la atención que me han prestado y su ayuda siempre que la he necesitado.

A Elisa, por todo lo que he aprendido con ella y de ella. Será siempre para mi ejemplo a seguir como profesional y como persona. Gracias por abrirme las puertas de tu casa y por toda la fuerza que me transmites en cada uno de tus abrazos.

A los Juan Antonios y a todo el personal del Instituto de Medicina Legal de Granada, por todo lo que aprendido con ellos, por lo bien que me acogen y la amabilidad que muestran cada vez voy por allí.

Al Equipo Mantecao, como os voy a echar de menos este año. Quién me iba a decir a mí que acabaría siendo una experta *mantecaera*...

A mis amigos y compañeros de carrera Alberto y Bea, por los grandes momentos y viajes inolvidables. Gracias por formar nuestra peculiar familia.

A mi compañeros del máster con los que di mi primeros pasos en la Antropología y en la investigación.

A Ángela y Jaime, mis queridísimos doctores de “caminos”, gracias por compartir vuestra experiencia conmigo. ¡Sed felices!

A mi director de tesis, Miguel Botella, por abrirme las puertas del laboratorio y por transmitirme su pasión por la Antropología y la fotografía. Tengo que agradecerle enormemente todas las oportunidades que me ha brindado, su apoyo y por dejarme investigar siguiendo mis propias inquietudes. Gracias por tus valiosos consejos, tu ayuda, tus buenas ideas y por haber estado disponible siempre que lo he necesitado, sobre todo en estos últimos meses.

A mi directora, Inmaculada Alemán, por su infinita paciencia, su confianza en mí, su apoyo incondicional y generosidad. Asimismo, por enseñarme que siempre tengo que aspirar a lo más alto y por lo segura que me he sentido sabiendo que siempre puedo contar con ella. No solo eres una gran profesional, sino también una gran amiga y compañera. Gracias por todo el tiempo que me has dedicado y por aguantar mis infinitas visitas a tu despacho.

A mis amigos Fran y Natalia, por su amistad y cariño. Por estar siempre que os necesito y por haberme apoyado desde el primer momento que decidí meterme en esto.

A mis amigas de “la secta”, a mis amigos de Madrid, a los de Garrovillas, gracias a todos por los grandes momentos que hemos pasado juntos y por los que nos quedan.

A la familia Carpio–Martínez, mi familia *granaína*, por cuidarme y preocuparse por mí. Gracias por hacerme sentir tan bien con vosotros, por tratarme como a una más.

A toda mi familia, por su apoyo y confianza incondicional. En especial a mis padres y hermano que siempre han creído en mí y me han respaldado al 100% en todas mis decisiones. Me habéis enseñado el valor del trabajo, de la responsabilidad, de la constancia, de hacer las cosas bien. Gracias por el enorme esfuerzo y sacrificio que habéis hecho para que yo haya llegado hasta aquí. Mis logros siempre serán los vuestros.

Y gracias de todo corazón a Manolo. Me ha encantado recorrer este camino contigo, empezamos a la vez y casi acabamos el mismo día. Es una suerte compartir el día a día con una persona con las mismas metas, las mismas inquietudes y con los mismos horarios infinitos delante del ordenador. Gracias por vivir en *Matrix* conmigo, por entender lo de los siete frentes abiertos, por resolver mis dudas matemáticas más simples intentando no reírte, por vigilarme con el papeleo, por leer artículos de morfometría geométrica para poder ayudarme y por aguantarme estos últimos meses. Pero, sobre todo, porque siempre que he extendido la mano he encontrado la tuya, dándome esa fuerza y seguridad que solo tú sabes darme. ¡Prepárate que ahora empieza lo bueno!

¡Muchas gracias a todos! Este trabajo no hubiera sido posible sin vosotros.

Resumen

La morfometría geométrica se ha convertido en una herramienta imprescindible y plenamente aceptada en la literatura científica. Esta técnica apuesta por el estudio de la forma y el tamaño de los organismos, a la vez que su variación, asociaciones, causas y efectos. No solo presenta la ventaja de analizar la forma como una variable cuantitativa, lo que le convierte en un método descriptivo preciso y exacto, sino que, además, permite la representación y comunicación gráfica de los resultados.

Las numerosas posibilidades de análisis que presentan estas técnicas se han empleado en el presente trabajo para estimar el sexo biológico. Este es un aspecto vital en la Antropología Física y que se realiza, siempre que sea posible, con los caracteres métricos y morfológicos del esqueleto completo. Debido a que esto, con frecuencia no es posible porque se cuenta tan solo con una parte del mismo o restos fragmentados, cuantos más métodos se desarrollen y de más técnicas de trabajo se disponga, con mayor fiabilidad se podrá realizar la estimación del sexo.

Para ello se han empleado la dentición humana, que por su especial dureza y composición es una de las evidencias físicas más resistentes; permanece inalterable largos periodos de tiempo tras la muerte del individuo. La pervivencia de toda la información que contiene, convierte a los dientes en una fuente de gran valor para el estudio de los individuos, en este caso para el estudio del sexo.

De este modo, el objetivo de este trabajo es evaluar la aplicabilidad de la morfometría geométrica para analizar el dimorfismo sexual de la dentición humana, primaria y permanente, y su validez en la estimación del sexo en individuos adultos y subadultos.

La muestra de estudios está formada por 528 individuos, de los cuales 333 son individuos adultos y 195 individuos infantiles, y que proceden de las colecciones osteológicas de los cementerios municipales de las poblaciones andaluzas de Almuñécar, Antequera, Granada, Linares, y Montefrío.

Los resultados obtenidos muestran mayores diferencias entre los sexos en la dentición primaria que en la permanente. Los dientes primarios con poder discriminante para diferenciar por sexo son el primer molar superior primario, con una fiabilidad de clasificación del 73,7%–92,15%; y el segundo incisivo lateral inferior, con una fiabilidad de clasificación del 71,9%–78,1%. Ninguno de los dientes permanentes presenta poder discriminante para diferenciar por sexo. La inclusión del tamaño del centroide como variable de tamaño muestra resultados variables; no supone, como cabría esperar la mejora de los resultados de clasificación.

Dados los resultados del presente trabajo, queda demostrado el potencial que ofrecen las técnicas de morfometría geométrica en la resolución de problemas planteados en Antropología Física y Forense.

Abstract

The geometric morphometric has become an essential and completely accepted tool in the scientific literature. This technique is dedicated to the study of the shape and size of the biological organisms, as well as their variation, associations, causes and effects. Not only has it the advantage of analyzing the shape as a quantitative variable which makes the latter a precise and accurate descriptive method, but it also allows graphical representation and communication of the results.

The numerous possibilities of analysis these techniques exhibit have been employed in the current study to estimate the biological sex. This is a vital aspect in Physical Anthropology, carried out, whenever possible, with metric and morphological characteristics of the complete skeleton. Being this often unavailable or when only part of it or fragments are recovered, the more working methods and techniques are developed and attainable, the more reliable estimation of sex can be made.

For this purpose, the human dentition has been used. Due to specific hardness and composition, it exhibits some of the toughest physical evidence and remains well-preserved through very long periods of time after the death of the individual. The recovering of all the information the teeth contain make them a very valuable and reliable source for the study of individuals, and this case for the study of sex.

Thus, the aim of this study is to evaluate the applicability of geometric morphometric to the analysis of the sexual dimorphism in the primary and permanent human dentition and its validity in the estimation of sex in adult and subadult individuals.

The study sample consists of 528 individuals - 333 subadult and 195 adult, derived from the osteological collections from the municipal cemeteries in the Andalusian cities of Almuñécar, Antequera, Granada, Linares and Montefrío.

The results show major differences between the sexes in the primary than in the permanent dentition. Primary teeth with sex determination power are the primary maxillary first molar, with classification accuracy between 73.7% and 92.15% and the second lower lateral incisor, with predictive ability from 71.9% to 78.1%. None of the permanent teeth show discriminant power to make difference between the sexes. The inclusion of the centroid size (as size variable) shows mixed results; it does not mean, as it could be expected, the improvement of the classification results.

The results obtained in the present study demonstrate the applicability of geometric morphometrics and the potential of these techniques in solving the problems considered in Physical and Forensic Anthropology.

Índice

Resumen	xvii
Abstract	xix
CAPÍTULO 1. APROXIMACIÓN A LA MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA.....	1
1.1. Hacia una geometría aplicada al estudio de la forma humana	3
1.2. Morfometría geométrica	7
1.2.1. Morfometría tradicional y morfometría geométrica	8
1.2.2. <i>Landmarks</i>	9
1.2.2.1. Tipo I.....	12
1.2.2.2. Tipo II.....	12
1.2.2.3. Tipo III.....	12
1.3. Teoría de la <i>forma</i>	13
1.3.1. Definición de la <i>forma</i>	13
1.3.2. Espacios morfométricos.....	14
1.3.2.1. Espacio de las configuraciones	14
1.3.2.2. Espacio de la <i>preforma</i> o pre-Kendalliano.....	16
1.3.2.3. Espacio de la <i>forma</i> o espacio Kendall	16
1.4. Superposición de Procrustes	18
1.5. Visualización de los cambios: función <i>Thin-Plate Spline</i>	21
1.5.1. Deformación uniforme y no uniforme	21
1.5.2. <i>Principal warps, partial warps y relative warps</i>	23
1.6. <i>Semilandmarks</i>	24
1.6.1. <i>Deslizamiento de semilandmarks</i>	25
1.7. Análisis de las variables de la forma a través de los métodos de ordenación...	27
1.7.1. Análisis de componentes principales	27
1.7.2. Análisis de variables canónicas	28

1.8. Disparidad morfológica.....	30
1.9. Mínimos cuadrados parciales	31
1.10. Regresión multivariante	32
1.11. Medición del error en morfometría geométrica	33
1.10.1. Error de medición	33
1.10.2. Causas de variación en el error de medición	35
1.10.3. Evaluación del error en morfometría geométrica.....	35
1.12.La morfometría geométrica en Antropología Física y Forense.....	36
CAPÍTULO 2. ESTIMACIÓN DEL SEXO EN LA DENTICIÓN HUMANA	39
2.1. El valor de los dientes	41
2.2. Aplicación forense	43
2.3. Estimación del sexo	45
2.3.1. Estimación del sexo mediante el estudio de los dientes	45
2.3.2. Problemática de la estimación del sexo mediante el estudio de la dentición primaria	49
CAPÍTULO 3. ANATOMÍA DENTAL.....	51
3.1. Introducción a la Anatomía Dental.....	53
3.1.1. Nomenclatura y fórmulas dentarias	53
3.1.2. Sistemas de numeración dental	55
3.1.3. Partes del diente.....	56
3.1.4. Superficies dentales.....	58
3.1.5. Términos que describen la morfología dental.....	60
3.2. Tipos de denticiones.....	61
3.2.1 Diferencias entre la dentición primaria y la secundaria	61
3.3. Dentición primaria: descripción individualizada de cada diente.....	63
3.3.1. Primer incisivo superior primario	63
3.3.2. Segundo incisivo superior primario	63
3.3.3. Canino superior primario.....	64
3.3.4. Primer molar superior primario.....	64
3.3.5. Segundo molar inferior primario	65
3.3.6. Primer incisivo inferior primario.....	66
3.3.7. Segundo incisivo inferior primario.....	66
3.3.8. Canino inferior primario	67
3.3.9. Primer molar inferior primario	67
3.3.10. Segundo molar inferior primario	68

3.4. Dentición permanente: descripción individualizada de cada diente	69
3.4.1. Primer incisivo superior permanente	69
3.4.2. Segundo incisivo superior permanente	69
3.4.3. Canino superior permanente.....	70
3.4.4. Primer premolar superior permanente	71
3.4.5. Segundo premolar superior permanente	72
3.4.6. Primer molar superior permanente.....	73
3.4.7. Segundo molar superior permanente	74
3.4.8. Tercer molar superior permanente	75
3.4.9. Primer incisivo inferior permanente.....	75
3.4.10. Segundo incisivo inferior permanente	76
3.4.11. Canino inferior permanente	77
3.4.13. Primer premolar inferior permanente.....	78
3.4.13. Segundo premolar inferior permanente	78
3.4.14. Primer molar inferior permanente	79
3.4.15. Segundo molar inferior permanente	80
3.4.16. Tercer molar inferior permanente.....	81
CAPÍTULO 4. OBJETIVOS.....	91
CAPÍTULO 5. MATERIAL.....	95
5.1. Contexto de las colecciones estudiadas	97
5.2. Colecciones que componen la muestra	99
5.2.1. Colección del cementerio municipal de Almuñécar (Granada)	99
5.2.2. Colección del cementerio municipal de Antequera (Málaga)	99
5.2.3. Colección del cementerio municipal de San José (Granada)	100
5.2.4. Colección del cementerio municipal de Linares (Jaén).....	100
5.2.5. Colección del cementerio municipal de Montefrío (Granada)	101
CAPÍTULO 6. MÉTODOS.....	103
6.1. Factores limitantes	105
6.1.1. Anomalías naturales	105
6.1.1.1. Anomalías de volumen	106
6.1.1.1.1. Microdoncia.....	106
6.1.1.1.2. Macrodoncia.....	107
6.1.1.1.3. Valoración de las anomalías de volumen como factor limitante ...	107
6.1.1.2. Anomalías de número	108
6.1.1.2.1. Agenesia, anodoncia, hipodoncia u oligodoncia	108
6.1.1.2.2. Hiperdoncia, hipergenesia o dientes supernumerarios.....	109
6.1.1.2.3. Valoración de las anomalías de número como factor limitante	109

6.1.1.3. Anomalías de forma	110
6.1.1.3.1. Anomalías que afectan a la corona del diente	110
6.1.1.3.1.1. Dientes “en pala”	110
6.1.1.3.1.2. Diente en forma conoide	110
6.1.1.3.1.3. Talón cuspidé	111
6.1.1.3.1.4. Irrupción del cíngulo basal	111
6.1.1.3.1.5. Extensiones de esmalte	111
6.1.1.3.1.6. Cresta distal accesoria.....	111
6.1.1.3.1.7. Tubérculo o cúspide de <i>Carabelli</i>	112
6.1.1.3.1.8. Parastilo o tubérculo paramolar	112
6.1.1.3.1.9. Molares en mora	113
6.1.1.3.2. Anomalías que afectan a la raíz del diente	113
6.1.1.3.2.1. Raíces accesorias o adicionales.....	113
6.1.1.3.2.2. Hipercementosis	114
6.1.1.3.2.3. Perla del esmalte.....	114
6.1.1.3.2.5. Angulación del dientes.....	114
6.1.1.3.2.5. Raíces cortas o enanas	115
6.1.1.3.3. Valoración de las anomalías de forma como factor limitante.....	115
6.1.1.4. Anomalías de erupción	116
6.1.1.4.1. Dientes impactados o retenidos	116
6.1.1.4.2. Valoración de las anomalías de erupción como factor limitante ...	116
6.1.1.5. Anomalías de posición	117
6.1.1.5.1. Malposiciones dentales individuales	117
6.1.1.5.2. Apiñamiento dental	117
6.1.1.5.3. Diastema	118
6.1.1.5.4. Valoración de las anomalías de posición como factor limitante	118
6.1.1.6. Anomalías de unión	119
6.1.1.6.1. Fusión dental	119
6.1.1.6.2. Geminación.....	120
6.1.1.6.2. Valoración de las anomalías de unión como factor limitante	120
6.1.2. Anomalías adquiridas	121
6.1.2.1. Alteraciones patológicas o ambientales	121
6.1.2.1.1. Hipoplasia del Esmalte.....	121
6.1.2.1.1.1. Clasificación de los defectos hipoplásicos.....	122
6.1.2.1.1.2. Valoración de la hipoplasia como factor limitante	123
6.1.2.1.2. Caries	123
6.1.2.1.2.1. Clasificación de las caries	124
6.1.2.1.2.2. Valoración de las caries como factor limitante	125
6.1.2.1.3. Desgaste	126
6.1.2.1.3.1. Mecanismos de desgaste	126
6.1.2.1.3.2. Clasificación del grado de desgaste	129
6.1.2.1.3.3. Valoración del desgaste como factor limitante	131
6.1.2.1.5. Cálculo dental	131
6.1.2.1.5.1. Clasificación del cálculo dental	132
6.1.2.1.5.2. Valoración del cálculo dental como factor limitante	133

6.1.2.1.6. Traumatismo dental	133
6.1.2.1.6.1. Valoración del traumatismo dental como factor limitante...	134
6.1.2.2. Tratamientos dentales	135
6.1.2.2.1. Obturaciones	135
6.1.2.2.1.1. Valoración de las obturaciones como factor limitante	135
6.1.2.2.2. Prótesis dentales	136
6.1.2.2.1.1. Valoración de las prótesis como factor limitante	136
6.1.3. Patologías craneales que afectan a los dientes	136
6.1.3.2. Hidrocefalia	136
6.1.3.3. Anencefalia	137
6.1.4. Procesos posdeposicionales	137
6.1.4.1. Fracturas <i>postmortem</i>	138
6.1.5. Grado de desarrollo de los dientes	138
6.2. Toma de fotografías	139
6.3. Localización de los <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i>	142
6.3.1. Dentición primaria	142
6.3.1.1. Incisivos y caninos superiores e inferiores primarios	142
6.3.1.2. Primer molar superior primario	143
6.3.1.3. Segundo molar superior primario	144
6.3.1.4. Primer molar inferior primario	145
6.3.1.5. Segundo molar inferior primario	146
6.3.2. Dentición permanente.....	147
6.3.2.1. Incisivos y caninos superiores e inferiores permanentes	147
6.3.2.2. Primer y segundo premolar superiores permanentes	148
6.3.2.3. Primer molar superior permanente	149
6.3.2.4. Segundo molar superior permanente	150
6.3.2.5. Tercer molar superior permanente	151
6.3.2.6. Primer premolar inferior permanente	152
6.3.2.7. Segundo premolar inferior permanente	153
6.3.2.8. Primer molar inferior permanente	154
6.3.2.9. Segundo molar inferior permanente	155
6.3.2.10. Tercer molar superior permanente	156
6.4. Análisis de morfometría geométrica y de estadística multivariada	157
6.4.1. Composición final de la muestra de estudio	157
6.4.2. Obtención de los datos	158
6.4.3. Análisis de error de observación	159
6.4.3.1. Error intraobservador	159
6.4.3.2. Error interobservador	160
6.4.3.3. Valoración de la concordancia de las observaciones	161
6.4.4. Métodos para el deslizamiento de <i>semilandmarks</i>	162
6.4.5. Comparación entre poblaciones	163
6.4.6. Análisis por diente	163

CAPÍTULO 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	165
7.1. Composición final de la muestra de estudio	167
7.2. Análisis de error de observación	171
7.2.1. Análisis del error intraobservador	171
7.2.1.1. Orientación del diente	171
7.2.1.2. Localización de los <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i>	175
7.2.2. Análisis del error interobservador	182
7.2.3. Valoración del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase	189
7.3. Métodos para el deslizamiento de <i>semilandmarks</i>	193
7.4. Comparación de poblaciones	203
7.5. Análisis del dimorfismo sexual por diente	209
7.5.1 Dentición primaria	209
7.5.1. Primer incisivo superior primario	209
7.5.2. Segundo incisivo superior primario	214
7.5.3. Canino superior primario	219
7.5.4. Primer molar superior primario	224
7.5.5. Segundo molar inferior primario	230
7.5.6. Primer incisivo inferior primario	235
7.5.7. Segundo incisivo inferior primario	240
7.5.8. Canino inferior primario	245
7.5.9. Primer molar inferior primario	250
7.5.10. Segundo molar inferior primario	256
7.5.2. Dentición permanente.....	262
7.5.1. Primer incisivo superior permanente	262
7.5.2. Segundo incisivo superior permanente	264
7.5.3. Canino superior permanente	264
7.5.4. Primer premolar superior permanente	267
7.5.5. Segundo premolar superior permanente	273
7.5.6. Primer molar superior permanente	279
7.5.7. Segundo molar superior permanente	285
7.5.8. Tercer molar superior permanente	291
7.5.9. Primer incisivo inferior permanente	297
7.5.10. Segundo incisivo inferior permanente	299
7.5.11. Canino inferior permanente	301
7.5.12. Primer premolar inferior permanente	304
7.5.13. Segundo premolar inferior permanente	310
7.5.14. Primer molar inferior permanente	316
7.5.15. Segundo molar inferior permanente	322
7.5.16. Tercer molar inferior permanente	328

7.6. Análisis del dimorfismo sexual	334
7.6.1. Dentición primaria	336
7.6.2. Dentición permanente.....	344
7.6.3. Dimorfismo sexual y alometría	352
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES / CONCLUSIONS.....	357
8.1. Conclusiones.....	359
8.2. Conclusions	362
ANEXOS.....	365
Anexo I: El uso de fotografías en estudios de morfometría geométrica.....	367
Anexo II: El coeficiente de correlación intraclase	369
BIBLIOGRAFÍA.....	375

Índice de figuras

CAPÍTULO 1. APROXIMACIÓN A LA MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA

Figura 1.1	Fragmento de pintura con rejilla en tablero de madera, figura de Tutmosis III, Tebas, Egipto, Dinastía XVIII, 1.400 a.C. Museo Británico, EA 5601	4
Figura 1.2	Canon empleado en Egipto, con el dedo como unidad de medida y canon empleado en la Grecia antigua, con la cabeza como unidad de medida	4
Figura 1.3	Grabados de Leonardo Da Vinci, búsqueda del método para una representación científica de la imagen humana. <i>Estudio de las proporciones de la cabeza y los ojos</i> , 1490	5
Figura 1.4	Grabados de Alberto Durero, búsqueda del método para una representación científica de la imagen humana. <i>Cuatro libros de la proporción humana</i> , 1524	5
Figura 1.5	Diferencias entre la morfometría tradicional y la morfometría geométrica en el análisis de dos formas: óvalo y lágrima.....	8
Figura 1.6	Diferentes tomas de medidas de una forma biológica	8
Figura 1.7	Ejemplos de tipos de <i>landmarks</i> en segundo molar inferior permanente.....	13
Figura 1.8	Operaciones que no alteran la <i>forma</i> : traslación, rotación y escala.....	14
Figura 1.9	Ejemplo de triángulo y coordenadas de la matriz de configuraciones	15
Figura 1.10	Método para estimar tamaño del centroide y ecuación para su cálculo.....	16
Figura 1.11	Espacio <i>preforma</i> y espacio de la <i>forma</i> ; ambos con 300 triángulos generados de manera aleatoria y uniforme con TPSTri	17
Figura 1.12	Proyección de un punto sobre el espacio tangente.....	18
Figura 1.13	Ánfora griega pintada con imagen de Teseo, héroe griego que venció a Procrusto para adaptarlo a su propia cama, 425 a.C.	19
Figura 1.14	Esquema del proceso de superposición de Procrustes: traslación, escalado y rotación.....	20
Figura 1.15	Cuadrículas dibujadas por D'Arcy Thopmson en su teoría de la transformación	22
Figura 1.16	Seis transformaciones uniformes.....	22
Figura 1.17	Ejemplo de localización de <i>semilandmarks</i> a lo largo del contorno de un molar inferior	25

Figura 1.18	Primer molar superior permanente. Deslizamiento de <i>semilandmarks</i> mediante los métodos de la minimización de la energía de torsión y mediante la minimización de las distancias de Procrustes. Superposición Procrustes de los <i>landmarks</i> sin el deslizamiento de <i>semilandmarks</i>	26
Figura 1.19	Representación gráfica esquemática de los conceptos de exactitud y precisión	34

CAPÍTULO 2. ESTIMACIÓN DEL SEXO EN LA DENTICIÓN HUMANA

Figura 2.1	Modelo esquemático de los efectos de los cromosomas X e Y en la dentición humana	46
------------	--	----

CAPÍTULO 3. ANATOMÍA DENTAL

Figura 3.1	Esquema de la sección de un molar inferior	57
Figura 3.2	Orientación de los dientes y superficies dentales.....	59
Figura 3.3	Esquema de los tercios en los que se divide un diente	59
Figura 3.4	Tipos de denticiones: dentición permanente y primaria	62
Figura 3.5	Dentición anterior primaria superior	82
Figura 3.6	Dentición lateral primaria superior	83
Figura 3.7	Dentición anterior primaria inferior	84
Figura 3.8	Dentición lateral primaria inferior	85
Figura 3.9	Dentición anterior permanente superior	86
Figura 3.10	Dentición lateral permanente superior.....	87
Figura 3.11	Dentición anterior permanente inferior	88
Figura 3.12	Dentición lateral permanente inferior	89

CAPÍTULO 4. OBJETIVOS

CAPÍTULO 5. MATERIAL

Figura 5.1	Localización geográfica de las poblaciones de estudio	98
------------	---	----

CAPÍTULO 6. MÉTODOS

Figura 6.1	Esquema de estadios de desgaste oclusal de las superficies oclusal e incisal.....	131
Figura 6.2	Esquema de los depósitos de cálculo en los dientes.....	132
Figura 6.3	Orientación de los dientes anteriores en la toma de fotografías	141

Figura 6.4	Esquema de orientación del diente, con la superficie oclusal y línea amelocementaria paralelas a la lente de la cámara	141
Figura 6.5	Dentición anterior primaria con 2 <i>landmarks</i> y 6 <i>semilandmarks</i>	142
Figura 6.6	Primer molar superior primario con 4 <i>landmarks</i> y 35 <i>semilandmarks</i>	143
Figura 6.7	Segundo molar superior primario con 6 <i>landmarks</i> y 35 <i>semilandmarks</i>	144
Figura 6.8	Primer molar inferior primario con 6 <i>landmarks</i> y 35 <i>semilandmarks</i>	145
Figura 6.9	Segundo molar inferior primario con 6 <i>landmarks</i> y 35 <i>semilandmarks</i>	146
Figura 6.10	Dentición anterior permanente con 2 <i>landmarks</i> y 8 <i>semilandmarks</i>	147
Figura 6.11	Primer y segundo premolar superiores con 4 <i>landmarks</i> y 40 <i>semilandmarks</i>	148
Figura 6.12	Primer molar superior permanente con 4 <i>landmarks</i> y 40 <i>semilandmarks</i>	149
Figura 6.13	Segundo molar superior permanente con 4 <i>landmarks</i> y 40 <i>semilandmarks</i>	150
Figura 6.14	Tercer molar superior permanente con 4 <i>landmarks</i> y 40 <i>semilandmarks</i>	151
Figura 6.15	Primer premolar inferior permanente con 4 <i>landmarks</i> y 40 <i>semilandmarks</i>	152
Figura 6.16	Segundo premolar inferior permanente con 4 <i>landmarks</i> y 40 <i>semilandmarks</i>	153
Figura 6.17	Primer molar inferior permanente con 6 <i>landmarks</i> y 40 <i>semilandmarks</i>	154
Figura 6.18	Segundo molar superior permanente con 5 <i>landmarks</i> y 40 <i>semilandmarks</i>	155
Figura 6.19	Tercer molar inferior permanente con 5 <i>landmarks</i> y 40 <i>semilandmarks</i>	156

CAPÍTULO 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 7.1	<i>Deslizamiento</i> de <i>semilandmarks</i> mediante los métodos de la minimización de la energía de torsión y de la minimización de las distancias de Procrustes. Superposición Procrustes de los <i>landmarks</i> sin el deslizamiento de <i>semilandmarks</i>	194
Figura 7.2	Superposición de la medias de la <i>forma</i> de cada diente para métodos de <i>deslizamiento</i> de <i>semilandmarks</i>	195
Figura 7.3	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del primer incisivo superior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	210
Figura 7.4	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del primer incisivo superior primario y la deformación a lo largo del eje x	211

Figura 7.5	<i>Formas</i> medias del primer incisivo superior primario por sexo	213
Figura 7.6	Alometría del primer incisivo superior primario	213
Figura 7.7	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del segundo incisivo superior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	215
Figura 7.8	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del segundo incisivo superior primario y la deformación a lo largo del eje x.....	216
Figura 7.9	<i>Formas</i> medias del segundo incisivo superior primario por sexo.	217
Figura 7.10	Alometría del segundo incisivo superior primario	218
Figura 7.11	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del canino superior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	220
Figura 7.12	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del canino superior primario y la deformación a lo largo del eje x.....	221
Figura 7.13	<i>Formas</i> medias del canino superior primario por sexo.	222
Figura 7.14	Alometría del canino superior primario	223
Figura 7.15	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del primer molar superior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	225
Figura 7.16	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del primer molar superior primario y la deformación a lo largo del eje x.....	226
Figura 7.17	<i>Formas</i> medias del primer molar superior primario por sexo.....	228
Figura 7.18	Alometría del primer molar superior primario.....	229
Figura 7.19	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del segundo molar superior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	231
Figura 7.20	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del segundo molar superior primario y la deformación a lo largo del eje x.....	232
Figura 7.21	<i>Formas</i> medias del segundo molar superior primario por sexo. ...	234
Figura 7.22	Alometría del segundo molar superior primario	235
Figura 7.23	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del primer incisivo inferior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	236
Figura 7.24	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del primer incisivo inferior primario y la deformación a lo largo del eje x.....	237
Figura 7.25	<i>Formas</i> medias del primer incisivo inferior primario por sexo.....	239
Figura 7.26	Alometría del primer incisivo inferior primario	239
Figura 7.27	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del segundo incisivo inferior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	241
Figura 7.28	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del segundo incisivo inferior primario y la deformación a lo largo del eje x.....	243
Figura 7.29	<i>Formas</i> medias del segundo incisivo inferior primario por sexo	243
Figura 7.30	Alometría del segundo incisivo inferior primario	244

Figura 7.31	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del canino inferior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	246
Figura 7.32	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del canino inferior primario y la deformación a lo largo del eje x	247
Figura 7.33	<i>Formas</i> medias del canino inferior primario por sexo.	248
Figura 7.34	Alometría del canino inferior primario	249
Figura 7.35	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del primer molar inferior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	251
Figura 7.36	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del primer molar inferior primario y la deformación a lo largo del eje x	252
Figura 7.37	<i>Formas</i> medias del primer molar inferior primario por sexo	254
Figura 7.38	Alometría del primer molar inferior primario	255
Figura 7.39	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del segundo molar inferior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	257
Figura 7.40	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del segundo molar inferior primario y la deformación a lo largo del eje x	258
Figura 7.41	<i>Formas</i> medias del segundo molar inferior primario por sexo	260
Figura 7.42	Alometría del segundo molar inferior primario.....	261
Figura 7.43	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del primer incisivo superior permanente y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	263
Figura 7.44	Alometría del primer incisivo superior permanente.....	264
Figura 7.45	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del canino superior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	266
Figura 7.46	Alometría del canino superior permanente.....	266
Figura 7.47	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del primer premolar superior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	268
Figura 7.48	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del primer premolar superior y la deformación a lo largo del eje x	269
Figura 7.49	<i>Formas</i> medias del primer premolar superior por sexo.....	271
Figura 7.50	Alometría del primer premolar superior.....	272
Figura 7.51	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del segundo premolar superior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	274
Figura 7.52	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del segundo premolar superior y la deformación a lo largo del eje x	275
Figura 7.53	<i>Formas</i> medias del segundo premolar superior por sexo.....	277
Figura 7.54	Alometría del segundo premolar superior.....	278
Figura 7.55	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del primer molar superior permanente y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	280

Figura 7.56	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del primer molar superior permanente y la deformación a lo largo del eje x.....	281
Figura 7.57	<i>Formas</i> medias del primer molar superior permanente por sexo	283
Figura 7.58	Alometría del primer molar superior	284
Figura 7.59	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del segundo molar y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	286
Figura 7.60	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del segundo molar superior y la deformación a lo largo del eje x	287
Figura 7.61	<i>Formas</i> medias del segundo molar superior por sexo	289
Figura 7.62	Alometría del segundo molar superior.....	290
Figura 7.63	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del tercer molar superior permanente y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	292
Figura 7.64	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del tercer molar superior permanente y la deformación a lo largo del eje x.....	293
Figura 7.65	<i>Formas</i> medias del tercer molar superior permanente por sexo	295
Figura 7.66	Alometría del tercer molar superior.....	296
Figura 7.67	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del primer incisivo inferior permanente y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	298
Figura 7.68	Alometría del primer incisivo inferior permanente	299
Figura 7.69	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del segundo incisivo inferior permanente y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	300
Figura 7.70	Alometría del segundo incisivo inferior permanente.....	301
Figura 7.71	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del canino inferior permanente y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	303
Figura 7.72	Alometría del canino inferior permanente	303
Figura 7.73	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del primer premolar inferior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	305
Figura 7.74	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del primer premolar inferior y la deformación a lo largo del eje x	306
Figura 7.75	<i>Formas</i> medias del primer premolar inferior por sexo	308
Figura 7.76	Alometría del primer premolar inferior	309
Figura 7.77	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del segundo premolar inferior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	311
Figura 7.78	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del segundo premolar inferior y la deformación a lo largo del eje x	312
Figura 7.79	<i>Formas</i> medias del segundo premolar inferior por sexo	314
Figura 7.80	Alometría del segundo premolar inferior.....	315

Figura 7.81	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del primer molar inferior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	318
Figura 7.82	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del primer molar inferior y la deformación a lo largo del eje x.....	318
Figura 7.83	<i>Formas</i> medias del primer molar inferior por sexo	320
Figura 7.84	Alometría del primer molar inferior.....	321
Figura 7.85	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del segundo molar inferior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	323
Figura 7.86	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del segundo molar inferior y la deformación a lo largo del eje x.....	324
Figura 7.87	<i>Formas</i> medias del segundo molar inferior por sexo.....	326
Figura 7.88	Alometría del segundo molar inferior.....	327
Figura 7.89	Análisis de componentes principales de la <i>forma</i> del tercer molar inferior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje	329
Figura 7.90	Análisis de variables canónicas de la <i>forma</i> del tercer molar inferior y la deformación a lo largo del eje x.....	330
Figura 7.91	<i>Formas</i> medias del tercer molar inferior por sexo.....	332
Figura 7.92	Alometría del tercer molar inferior.....	333

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES / CONCLUSIONS

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

Índice de tablas

CAPÍTULO 1. APROXIMACIÓN A LA MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA

CAPÍTULO 2. ESTIMACIÓN DEL SEXO EN LA DENTICIÓN HUMANA

CAPÍTULO 3. ANATOMÍA DENTAL

CAPÍTULO 4. OBJETIVOS

CAPÍTULO 5. MATERIAL

CAPÍTULO 6. MÉTODOS

Tabla 6.1	Clasificación de los defectos hipoplásicos según la Federación Dental Internacional (1982)	122
Tabla 6.2	Clasificación de las caries según su localización	125
Tabla 6.3	Descripción de los estadios de desgaste de las superficies oclusal e incisal	130
Tabla 6.4	Clasificación de edad en grupos.....	158

CAPÍTULO 7. RESULTADOS

Tabla 7.1	Composición final de la muestra por individuos y sexo (tras la valoración de factores limitantes)	167
Tabla 7.2	Composición de la muestra por población, sexo y grupo de edad (tras la valoración de factores limitantes)	168
Tabla 7.3	Composición de la muestra final por diente (tras la valoración de factores limitantes)	170

Tabla 7.4	Estadística descriptiva de las distancias <i>interlandmarks</i> en la orientación de los dientes, un observador.....	173
Tabla 7.5	Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la orientación del diente, un observador.....	174
Tabla 7.6	Estadística descriptiva de las coordenadas en la localización de los <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i> en la dentición primaria, un observador	176
Tabla 7.7	Estadística descriptiva de las coordenadas en la localización de los <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i> en la dentición superior permanente, un observador	177
Tabla 7.8	Estadística descriptiva de las coordenadas en la localización de los <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i> en la dentición inferior permanente, un observador	178
Tabla 7.9	Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la localización de <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i> en la dentición primaria, un observador	179
Tabla 7.10	Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la localización de <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i> en la dentición superior permanente, un observador	180
Tabla 7.11	Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la localización de <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i> en la dentición inferior permanente, un observador	181
Tabla 7.12	Estadística descriptiva de las coordenadas en la localización de los <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i> en la dentición primaria, dos observadores.....	183
Tabla 7.13	Estadística descriptiva de las coordenadas en la localización de los <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i> en la dentición superior permanente, dos observadores	184
Tabla 7.14	Estadística descriptiva de las coordenadas en la localización de los <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i> en la dentición inferior permanente, dos observadores	185
Tabla 7.15	Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la localización de <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i> en la dentición primaria, dos observadores.....	186

Tabla 7.16	Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la localización de <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i> en la dentición superior permanente, dos observadores.....	187
Tabla 7.17	Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la localización de <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i> en la dentición inferior permanente, dos observadores.....	188
Tabla 7.18	Varianza total del diente y comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> entre sexos del para cada uno de los métodos de deslizamiento de <i>semilandmarks</i> . Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones	198
Tabla 7.19	Valores de disparidad intra-grupal para los métodos de deslizamiento de <i>semilandmarks</i> , basado en 900 permutaciones.....	199
Tabla 7.20	Coefficiente de correlación RV para la cuantificación de la covarianza de los métodos de deslizamiento de <i>semilandmarks</i> , basado en 10.000 permutaciones	199
Tabla 7.21	Porcentajes de correcta asignación para los métodos de <i>deslizamiento</i> de <i>semilandmarks</i>	202
Tabla 7.22	Diferencia de medias de los premolares superiores permanentes entre poblaciones. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	204
Tabla 7.23	Comparación estadística de la diferencia de medias de los molares superiores permanentes entre poblaciones. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones	205
Tabla 7.24	Comparación estadística de la diferencia de medias de la dentición inferior permanente entre poblaciones. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones	206
Tabla 7.25	Composición de la muestra unificada por diente y sexo tras la comparación de poblaciones	208
Tabla 7.26	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–4) del primer incisivo superior primario	209
Tabla 7.27	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del primer incisivo superior primario	212
Tabla 7.28	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del primer incisivo superior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	212
Tabla 7.29	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer incisivo superior primario, t de Student para variables independientes.....	213
Tabla 7.30	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–4) del segundo incisivo superior primario	214
Tabla 7.31	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del segundo incisivo superior primario.....	217

Tabla 7.32	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del segundo incisivo superior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones	217
Tabla 7.33	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo incisivo superior primario, t de Student para variables independientes.....	218
Tabla 7.34	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–4) del canino superior primario	219
Tabla 7.35	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del canino superior primario.....	221
Tabla 7.36	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del canino superior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	222
Tabla 7.37	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo canino primario, t de Student para variables independientes.....	223
Tabla 7.38	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–14) del primer molar superior primario.....	224
Tabla 7.39	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del primer molar superior primario	227
Tabla 7.40	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del primer molar superior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	227
Tabla 7.41	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer molar superior primario, t de Student para variables independientes.....	228
Tabla 7.42	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–8) del segundo molar superior primario.....	230
Tabla 7.43	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del segundo molar superior primario	233
Tabla 7.44	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del segundo molar superior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	233
Tabla 7.45	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo molar superior primario, t de Student para variables independientes.....	234
Tabla 7.46	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–4) del primer incisivo inferior primario.....	236
Tabla 7.47	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del primer incisivo inferior primario	238
Tabla 7.48	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del primer incisivo inferior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	238
Tabla 7.49	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer incisivo inferior primario, t de Student para variables independientes.....	239

Tabla 7.50	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–3) del segundo incisivo inferior primario.....	240
Tabla 7.51	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del segundo incisivo inferior primario	242
Tabla 7.52	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del segundo incisivo inferior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	243
Tabla 7.53	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo incisivo inferior primario, t de Student para variables independientes.....	244
Tabla 7.54	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–4) del canino inferior primario	245
Tabla 7.55	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del canino inferior primario	247
Tabla 7.56	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del canino inferior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones	248
Tabla 7.57	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del canino inferior primario, t de Student para variables independientes.....	249
Tabla 7.58	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–12) del primer molar inferior primario.....	250
Tabla 7.59	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del primer molar inferior primario	253
Tabla 7.60	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del primer molar inferior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones	253
Tabla 7.61	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer molar inferior primario, t de Student para variables independientes.....	254
Tabla 7.62	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–9) del segundo molar inferior primario	256
Tabla 7.63	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del segundo molar inferior primario.....	259
Tabla 7.64	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del segundo molar inferior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	259
Tabla 7.65	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo molar inferior primario, t de Student para variables independientes.....	260
Tabla 7.66	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–3) del primer incisivo superior permanente.....	262
Tabla 7.67	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–3) del canino superior.....	265
Tabla 7.68	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–16) del primer premolar superior.....	267

Tabla 7.69	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del primer premolar superior permanente.....	270
Tabla 7.70	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del primer premolar superior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	270
Tabla 7.71	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer premolar superior, t de Student para variables independientes	271
Tabla 7.72	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–17) del segundo premolar superior	273
Tabla 7.73	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del segundo premolar superior permanente.....	276
Tabla 7.74	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del segundo premolar superior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	277
Tabla 7.75	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer premolar superior, t de Student para variables independientes	277
Tabla 7.76	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–16) del primer molar superior	279
Tabla 7.77	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del primer molar superior permanente	282
Tabla 7.78	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del primer molar superior permanente. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	282
Tabla 7.79	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer molar superior permanente, t de Student para variables independientes	283
Tabla 7.80	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–15) del segundo molar superior.....	285
Tabla 7.81	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del segundo molar superior permanente	288
Tabla 7.82	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del segundo molar superior permanente. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones	289
Tabla 7.83	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo molar superior permanente, t de Student para variables independientes	289
Tabla 7.84	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–10) del tercer molar superior permanente.....	291
Tabla 7.85	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del tercer molar superior permanente	294
Tabla 7.86	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del tercer molar superior permanente. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	295

Tabla 7.87	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del tercer molar superior permanente, t de Student para variables independientes.....	295
Tabla 7.88	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–3) del primer incisivo inferior	297
Tabla 7.89	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–4) del segundo incisivo inferior permanente	299
Tabla 7.90	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–3) del canino inferior permanente	302
Tabla 7.91	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–9) del primer premolar inferior	304
Tabla 7.92	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del primer premolar inferior permanente	307
Tabla 7.93	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del primer premolar inferior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones	307
Tabla 7.94	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer premolar inferior, t de Student para variables independientes.....	308
Tabla 7.95	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–8) del segundo premolar inferior	310
Tabla 7.96	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del primer premolar inferior permanente	313
Tabla 7.97	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del segundo premolar inferior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	313
Tabla 7.98	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo premolar inferior, t de Student para variables independientes.....	314
Tabla 7.99	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–11) del primer molar inferior.....	316
Tabla 7.100	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del primer molar inferior permanente	319
Tabla 7.101	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del primer molar inferior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones	319
Tabla 7.102	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer molar inferior, t de Student para variables independientes	320
Tabla 7.103	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–14) del segundo molar inferior	322
Tabla 7.104	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del segundo molar inferior permanente	325
Tabla 7.105	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del segundo molar inferior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones	325

Tabla 7.106	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo molar inferior, t de Student para variables independientes	326
Tabla 7.107	Varianza de la <i>forma</i> correspondiente a los componentes principales (1–10) del tercer molar inferior	328
Tabla 7.108	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño del segundo molar inferior permanente.....	331
Tabla 7.109	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> del segundo molar inferior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	331
Tabla 7.110	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del tercer molar inferior, t de Student para variables independientes	332
Tabla 7.111	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño de la dentición superior primaria.....	340
Tabla 7.112	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño de la dentición inferior primaria	341
Tabla 7.113	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> de la dentición superior primaria. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	342
Tabla 7.114	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide de la dentición superior permanente, t de Student para variables independientes	343
Tabla 7.115	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño de la dentición superior permanente	346
Tabla 7.116	Análisis de función discriminante para la <i>forma</i> y el tamaño de la dentición inferior permanente	347
Tabla 7.117	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> de la dentición superior permanente. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	348
Tabla 7.118	Comparación de la diferencia de medias de la <i>forma</i> de la dentición inferior permanente. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones.....	349
Tabla 7.119	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide de la dentición superior permanente, t de Student para variables independientes.....	350
Tabla 7.120	Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide de la dentición inferior permanente, t de Student para variables independientes.....	351
Tabla 7.121	Variación morfológica de la dentición primaria justificada por cambios de tamaño.....	353
Tabla 7.122	Variación morfológica de la dentición superior permanente justificada por cambios de tamaño	343
Tabla 7.123	Variación morfológica de la dentición inferior permanente justificada por cambios de tamaño	355

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES / CONCLUSIONS

ANEXOS

Tabla AII.1	Modelos y <i>formas</i> para el coeficiente de correlación intraclase	372
Tabla AII.2	Resumen de modelos y <i>formas</i> para el coeficiente de correlación intraclase.....	373

BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO 1

Aproximación a la morfometría geométrica



1.1. HACIA UNA GEOMETRÍA APLICADA AL ESTUDIO DE LA FORMA HUMANA

La cuantificación de la proporciones de la figura humana ha sido de gran interés desde las edades más tempranas de la humanidad. La búsqueda de una fiel representación de la misma nació con un sentido puramente estético y unido a las muestras artísticas llevadas a cabo por las distintas civilizaciones a lo largo de la historia. Ya en el antiguo Egipto, los artistas empleaban las cuadrículas y proporciones estandarizadas para realizar una correcta descripción de la figura humana, incluyendo fórmulas concretas para cada sexo (Figura 1.1) (Slice, 2005). Las proporciones de las extremidades se estandarizaron con un número determinado de cuadrados, o una parte de un cuadrado, y solo en los detalles de la cabeza se podía introducir alguna particularidad (Reyment, 2010).

Los primeros cánones de proporción que se conocen son los egipcios, los cuales determinan que el dedo está contenido 19 veces y media en la altura total del cuerpo (Figura 1.2). Estas proporciones son las que se empleaban en la decoración de las tumbas de los faraones para la representación del cuerpo humano. Seguidamente, ya en la Grecia Clásica, llegó el canon más conocido, el de Policleto, que él mismo aplicó en su escultura del Doríforo; determinaba que la palma de la mano debía ser la medida común (Figura 1.2). Artistas posteriores siguieron utilizando el canon de Policleto pero modificándolo radicalmente, haciendo de la cabeza la unidad de medida común —contenida 7 veces y media en la altura total del cuerpo (Moreaux, 2005).

Este uso de la proporción humana fluye en el tiempo hasta llegar al Renacimiento, época en la que los grandes humanistas, movidos por las nuevas necesidades de representar el arte, comienzan a estudiar las propiedades geométricas con el fin de obtener nuevos métodos para representar la realidad. Entre ellos, destacan Leonardo Da Vinci (1452–1519) y Alberto Durer (1471–

1528), quienes utilizaron cuadrículas para una representación y copia científica de lo que pintaban (Figuras 4.3 y 4.4). Ya en la Edad Moderna, Descartes (1596–1650) dio un paso más e introdujo el uso del álgebra en la geometría, desarrollando el sistema Cartesiano, en el que en un plano se trazan dos rectas, una vertical y otra horizontal, de modo que al situar un punto en el plano éste queda inequívocamente determinado por las distancias que lo separan de ambos ejes (Tortosa Grau y Vincent Francés, 2012).

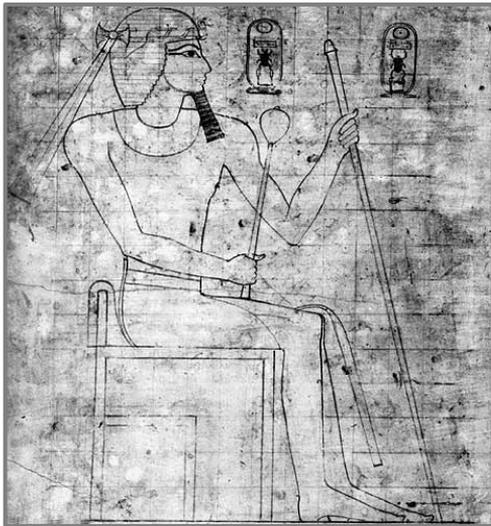


Figura 1.1. Fragmento de pintura con rejilla en tablero de madera, figura de Tutmosis III, Tebas, Egipto, Dinastía XVIII, 1.400 a.C. Museo Británico, EA 5601 (modificado de Russmann, 2001).

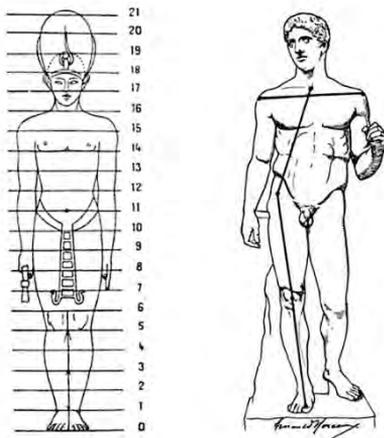


Figura 1.2. A la izquierda canon empleado en Egipto, con el dedo como unidad de medida. A la derecha canon empleado en la Grecia antigua, con la cabeza como unidad de medida (modificado de Moreaux, 2005).

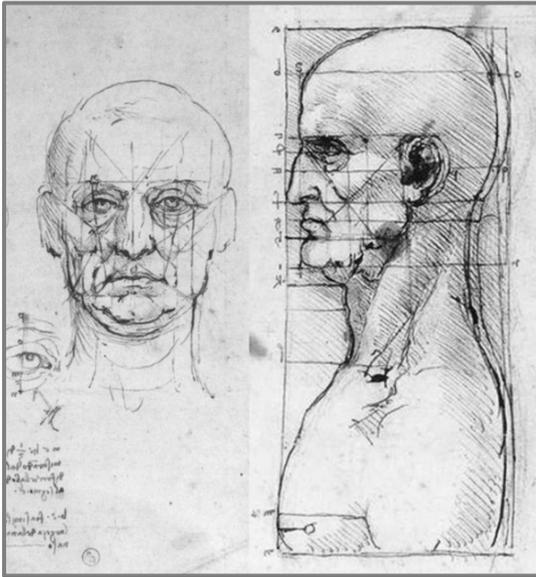


Figura 1.3. Grabados de Leonardo Da Vinci, búsqueda del método para una representación científica de la imagen humana. *Estudio de las proporciones de la cabeza y los ojos*, 1490 (modificado de Zöllner, 2000).

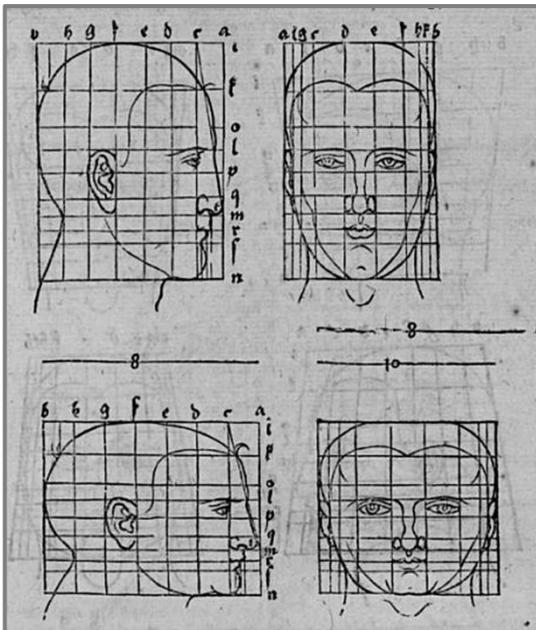


Figura 1.4. Grabados de Alberto Durero, búsqueda del método para una representación científica de la imagen humana. *Cuatro libros de la proporción humana*, 1524 (modificado de Durero, 1963)

De este modo, el uso de la proporción y mediciones en el Arte pasa a ser aplicado en el campo de la Medicina y la Biología. Los orígenes de los análisis cuantitativos de los organismos aparecen con los primeros biométricos, Karl Pearson (1857–1936) y Francis Galton (1822–1911) (Slice, 2005).

Fue Galton quien planteó los métodos estadísticos al análisis de la variabilidad humana, introduciendo conceptos como la regresión y correlación (Marcus *et al.*, 1993). Tras ellos llegó R. A. Fisher (1890–1962) considerado el padre de la biometría moderna por la producción de trabajos como el coeficiente de correlación o el análisis de la varianza, vigentes en la actualidad (Reyment, 1996).

El siglo XX comienza, en el campo de la Biología, con una transición desde un ámbito descriptivo hacia una ciencia cuantitativa y llega a la mitad de siglo con la combinación de la descripción cuantitativa de la forma y los análisis estadísticos. Todo ello con objeto de describir los patrones de variación intra e intergrupar y dando origen a la morfometría moderna (Adams *et al.*, 2004).

A lo largo de las décadas de 1960 y 1970, los biometristas comenzaron a utilizar un amplio abanico de herramientas estadísticas multivariantes para describir patrones de variación de la forma de grupos. Este enfoque, que ahora se denomina morfometría tradicional o multivariante, consistía en la aplicación de análisis estadísticos multivariados a series de variables morfológicas (Adams *et al.*, 2004).

En la década de 1980 tuvo lugar un cambio fundamental que comenzó con la naturaleza de los datos recogidos y analizados. Este cambio, se concentró en las coordenadas de los puntos de referencia y la información geométrica sobre sus posiciones relativas; es decir, se cambiaron las medidas tradicionales por coordenadas en un espacio bi o tridimensional. Como consecuencia de este nuevo enfoque, los resultados de los análisis multivariantes podrían ser visualizados en las configuraciones de puntos de referencia como gráficos de dispersión estadística (Adams *et al.*, 2004). Esta nueva dirección, fue denominada "morfometría geométrica", y señalada como una revolución por Rohlf y Marcus en 1993.

3.2. MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA

La morfometría es la descripción cuantitativa, análisis e interpretación de la *forma* de los organismos y su variación (Rohlf, 1990), mediante la combinación de la Biología, la Geometría y la Estadística (Bookstein, 1996). Los objetivos del estudio morfométrico no son las *formas* en sí, sino más bien sus asociaciones, causas y efectos (Bookstein, 1991).

Para ello, se emplea un conjunto de métodos que llevan a cabo la adquisición, procesamiento y análisis de las variables de la *forma*, conservando siempre, toda la información geométrica contenida. Dichos métodos morfométricos se basan en las coordenadas cartesianas de determinados puntos anatómicos elegidos en función de la región anatómica a investigar, el material de estudio del que se dispone, el equipo para la adquisición de los datos o la propia experiencia del investigador (Slice, 2005).

Las herramientas que proporciona la morfometría geométrica van a permitir ilustrar y explicar las transformaciones o diferencias biológicas matemáticamente analizadas; lo que da lugar a representaciones gráficas que resultan más intuitivas y sencillas de interpretar que una tabla de números (Webster y Sheet, 2010). Esta es la gran ventaja de la morfometría geométrica, ya que no sólo ofrece un método descriptivo preciso y exacto, sino que, además, permite la visualización, interpretación y la comunicación de los resultados (Zeldicht *et al.*, 2012).

Los estudios de morfometría geométrica pueden ser llevados a cabo en un espacio bi o tridimensional, en los cuales la geometría de un organismo es capturada mediante su contorno o mediante la localización de los *landmarks* o puntos de referencia.

El proceso de análisis de morfometría geométrica consta, a grandes rasgos, de las siguientes fases: (I) adquisición de los datos; (II) obtención de la *forma* (del inglés *shape*); (III) análisis mediante estadística multivariante de la variación y covariación de la *forma*. Este proceso será explicado posteriormente; no obstante, puede variar en función del estudio que se esté llevando a cabo.

1.2.1. Morfometría tradicional y morfometría geométrica

En 1993 Rohlf y Marcus emplean por primera vez el término “morfometría geométrica”, de modo que la morfometría empleada hasta el momento pasa a ser definida como “morfometría tradicional” o “morfometría multivariante”. Los métodos tradicionales estaban basados en el análisis de medidas, proporciones o ángulos (Rohlf, 1999); a pesar del gran número de análisis que se podía aplicar, había varias dificultades que se mantuvieron.

En primer lugar, no había un acuerdo generalizado para el empleo de un método para la corrección del tamaño y la variación del mismo, de modo que por mínima que fuera dicha variación, daba lugar a resultados diferentes.

En segundo lugar, la homología entre distancias lineales es difícil de evaluar, debido a que muchas medidas no se corresponden con puntos homólogos, por ejemplo, la anchura máxima.

En tercer lugar, no se podía conservar la forma de la estructura estudiada, porque no se conservaba la geometría, tan solo las distancias lineales o ángulos.

Y en cuarto lugar, un mismo conjunto de medidas, pueden resultar de formas diferentes en función de donde se tomó la medida. Por ejemplo, un óvalo y una lágrima puede presentar las mismas dimensiones en altura y anchura, y sin embargo, su forma es totalmente distinta (Figura 1.5) (Adams *et al.*, 2004).

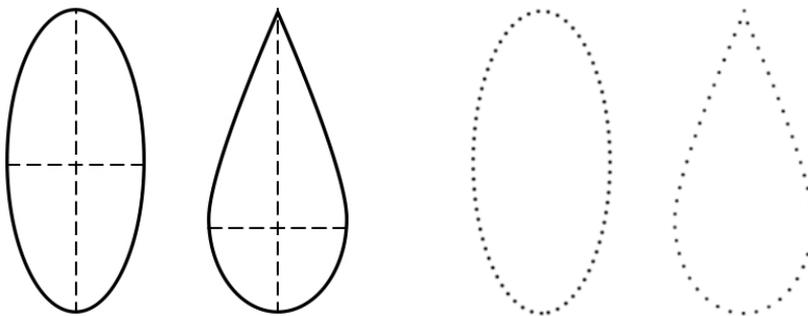


Figura 1.5. Diferencias entre la morfometría tradicional y la morfometría geométrica en el análisis de dos formas: óvalo y lágrima. A la izquierda distancias lineales de la morfometría tradicional. A la derecha *semilandmarks* para análisis de morfometría geométrica.

En este ejemplo, se ve reflejado como el uso de los métodos tradicionales limitan la información recogida a unas determinadas distancias lineales, lo que se deriva en la pérdida de la relación geométrica entre las variables. La morfometría geométrica, en cambio, va a permitir la representación gráfica de las *formas*, así como las relaciones entre sus variaciones y cambios.

Esta diferencia entre el uso de morfometría tradicional o geométrica puede verse reflejada en la Figura 1.6: un grupo con un número determinado de puntos de referencia pueden reconstruir una *forma* geométrica; sin embargo, puntos o ángulos aislados no lo hacen (Richtsmeier *et al.*, 2002)

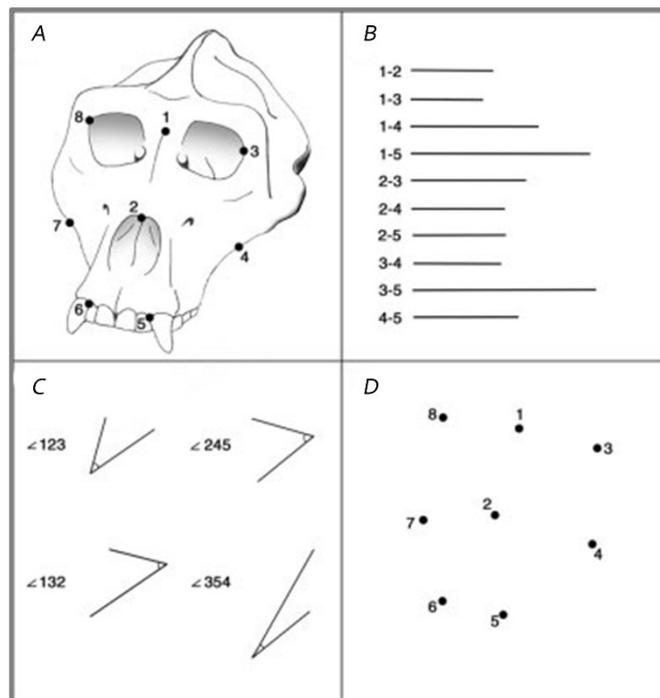


Figura 1.6. Diferentes tomas de medidas de una forma biológica: A, la ubicación de los puntos de referencia en la forma; B, distancias lineales entre los puntos de referencia; C, ángulos formados entre los puntos de referencia; D, *landmarks* en un sistema de coordenadas. (Imagen tomada de Richtsmeier *et al.*, 2002). La ubicación de los *landmarks* (D) mantiene la *forma*, mientras que las líneas (B) y ángulos (C) no.

Debido a las limitaciones que presentaba la morfometría tradicional, los investigadores comenzaron a buscar la forma de no perder toda la información referente a la geometría de la estructura.

Los primeros métodos que se desarrollaron fueron los análisis de contornos, en los que se trataba de digitalizar puntos a lo largo de un contorno, con el objetivo de comparar las diferentes curvas mediante el uso de análisis multivariados (Adams *et al.*, 2004).

Tras ellos llegaron los análisis mediante *landmarks* en espacios bi o tridimensionales. Los *landmarks* permitieron la comparación de puntos homólogos, lo que concedió una interpretación biológica más completa de los resultados. Esto permitía la posibilidad de conocer las alteraciones y variaciones en los organismos analizados, ya sea de forma localizada o general (Rohlf y Marcus, 1993).

1.2.2. Landmarks

Los *landmarks* como puntos de referencia desempeñan un papel fundamental en los análisis de morfometría geométrica. El registro de varios de estos puntos morfométricos representa la geometría global de un organismo, y por tanto, la *forma* de la estructura. Cada *landmark* se registra en términos de coordenadas cartesianas: cada punto queda categóricamente definido por las distancias que separan al punto de cada uno de los ejes; con valores x , y en espacios bidimensionales, y con valores x , y , z en espacios tridimensionales.

La selección de los puntos de referencia es una fase determinante del estudio, puesto que de ella depende la confiabilidad de los resultados estadísticos, así como la cantidad de información que puede obtenerse (Toro *et al.*, 2010). A cada *landmark* se le asignará un número que debe repetirse en toda la muestra, de modo que puedan ser comparados entre sí. Por ejemplo, si el *landmark* 1 es situado en el nasion en el primer cráneo de estudio, el *landmark* 1 debe ser situado siempre en el nasion del resto de los cráneos que formen parte de la muestra.

Idealmente, los *landmarks* reúnen los siguientes criterios: (i) son anatómicamente homólogos, (ii) no alteran su posición con respecto a otros

landmarks, (iii) proporcionan una cobertura adecuada de la morfología, (iv) se pueden encontrar de forma repetible y fiable, (v) se encuentran dentro del mismo plano (Zeldicht *et al.*, 2012).

- (i) El concepto de *homología* juega un papel crucial en estudios de morfometría geométrica y es el más respetado para la elección de puntos de referencia. Se reconoce una estructura como homóloga porque es distinta del resto de las estructuras y reconocible en todos los especímenes; de este modo, si situamos puntos en dichas estructuras resultarán reconocibles y homólogos entre sí. No obstante, en determinadas ocasiones, la homología puede resultar demasiado estricta, por lo que hay que recurrir a un concepto de homología desde un punto de vista funcional. Se pueden dar casos en lo que no hay una homología real entre estructuras, pero si hay una correspondencia entre puntos y entre el conjunto de puntos de referencia. Estos son, por ejemplo, los casos de los *semilandmarks*, puntos que ayudan en el estudio de regiones que carecen de *landmarks* homólogos (explicados en este mismo capítulo).
- (ii) La *consistencia de la posición relativa* de los *landmarks* debe ser la misma entre las diferentes *formas* de estudio; si esto varía altera por completo la configuración, ya que al alterar los puntos de referencia cambian su topología (Toro *et al.*, 2010). Los análisis de morfometría geométrica no pueden aplicarse si las formas a estudiar son muy diferentes entre sí (Zeldicht *et al.*, 2012).
- (iii) Una *cobertura adecuada de la forma* de estudio debe ser representada por los puntos de referencia, teniendo en cuenta que un número insuficiente de *landmarks* puede ocasionar una pérdida de información y un número exagerado puede dar lugar a un análisis estadístico poco fiable (Toro *et al.*, 2010).
- (iv) La *repetibilidad* es determinante en los estudios de morfometría geométrica debido a que es muy importante que cada *landmarks* sea fácil de identificar y localizar. Si se repite el error en la situación de un *landmarks* o un conjunto de ellos, el error no será aleatorio sino que será un sesgo que se intentará explicar y justificar desde un punto de vista biológico (Zeldicht *et al.*, 2012).

- (v) La *coplanariedad* está relacionada con el problema de llevar a cabo los análisis en dos o tres dimensiones. En el presente estudio los análisis se realizan en un espacio bidimensional por lo que es necesario tener en cuenta este factor a la hora de interpretar los resultados, ya que hay variaciones en la *forma* que pueden no apreciarse.

Siguiendo la clasificación más utilizada, presentada por Bookstein en 1991, los *landmarks* pueden ser clasificados en Tipo I, Tipo II y Tipo III.

1.2.2.1. Tipo I

Son aquellos que se registran en la yuxtaposición exacta de tres estructuras, por ejemplo, la intersección de suturas o en centros de estructuras suficientemente pequeñas y preferiblemente convexas, por ejemplo, pequeños forámenes. Para explicar su localización no es necesario mencionar el nombre de cualquier otra estructura. En el caso de los dientes el *landmark* Tipo I se situaría en las fosas de la superficie oclusal de los molares (Figura 1.7).

1.2.2.2. Tipo II

Son los que se localizan en los puntos de máxima curvatura o en cualquier otro punto anatómico reconocible y que, por lo general, tiene una implicación biomecánica. En el caso de los dientes, el *landmark* Tipo II se situaría en las cúspides (Figura 1.7).

1.2.2.3. Tipo III

Son puntos extremos y su localización está determinada por estructuras distantes, tienen al menos una coordenada deficiente. Al contrario que con los de Tipo I, es necesaria la mención de otra estructura para explicar su localización, ya que no tienen ninguna cercana. En el caso de los dientes serían, por ejemplo, los que se sitúan en el contorno de las cúspides de la superficie oclusal (Figura 1.7).

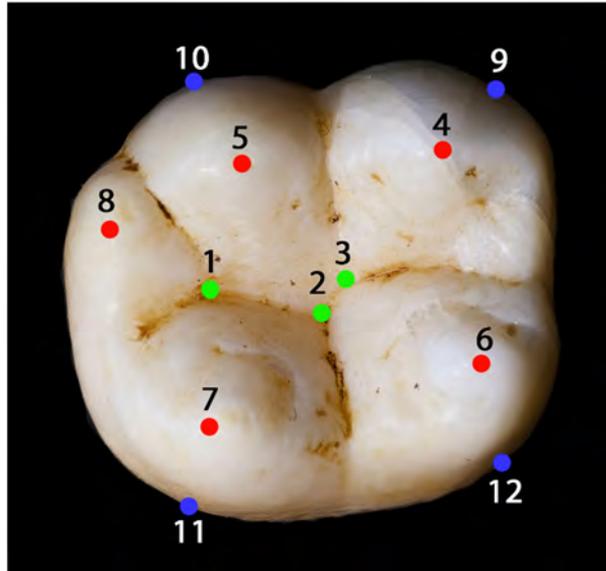


Figura 1.7. Ejemplos de tipos de *landmarks* en el primer molar inferior permanente. Tipo I: 1, 2, 3 (verde). Tipo II: 4, 5, 6, 7, 8 (rojo). Tipo III: 9, 10, 11, 12 (azul).

1.3. TEORÍA DE LA FORMA

1.3.1. Definición de *forma*

El progreso de la morfometría geométrica dio lugar a la aparición de una nueva teoría matemática en torno a la forma de los organismos, lo que hace necesario una nueva definición precisa de dicho concepto (Zeldicht *et al.*, 2012). El término, en inglés *shape*, puede traducirse al castellano como forma, aspecto o figura; para diferenciarlo del concepto tradicional de forma, en el presente trabajo, aparecerá en cursiva cuando esté dentro del contexto de morfometría geométrica. De este modo, la *forma* define la forma geométrica que permanece tras eliminar los efectos de traslación, rotación y escala (Kendall, 1977). Así, a través de la configuración de un conjunto de *landmarks*, la *forma* de una estructura será sometida a estudio y a análisis posteriores. Un *landmark* individual no es objeto de estudio porque no satisface el concepto de *forma*. Por ejemplo, en un diente situamos 10 *landmarks* en un espacio bidimensional, cada uno de ellos con dos valores de coordenadas (x , y), no tenemos 20 variables, sino una sola configuración completa que se analiza de forma conjunta (Figura 3.8).

Hasta llegar a la *forma*, y a medida que se van eliminando los efectos de traslación, rotación y escala, se va pasando por los diferentes espacios morfométricos: espacio de las configuraciones, espacio de la *pre-forma* o espacio pre-Kendalliano, espacio de la *forma* o espacio Kendall.

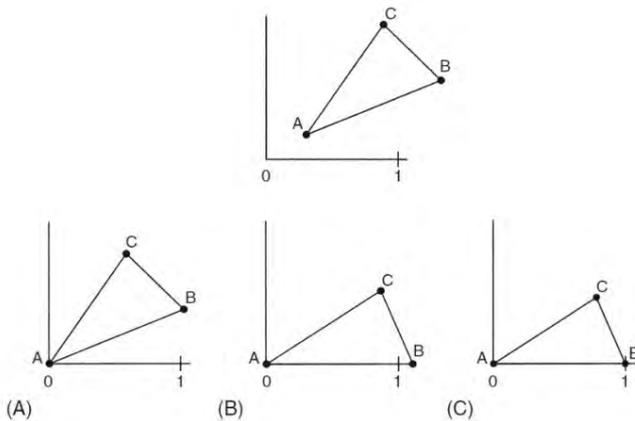


Figura 1.8. Operaciones que no alteran la *forma*: (A) traslación, (B) rotación, (C) escala (tomado de Zeldicht *et al.*, 2012).

1.3.2. Espacios morfométricos

1.3.2.1. Espacio de las configuraciones

Cada una de las configuraciones de *landmarks* están formadas por K cantidades de *landmarks*, cada uno de cuales tiene a su vez M coordenadas (dos en espacios bidimensionales, tres en tridimensionales). De este modo cada matriz de configuraciones de coordenadas Cartesianas está formada por K filas y M columnas; cada fila representa los *landmarks* y cada columna las coordenadas de dichos *landmarks*. Se puede ver un ejemplo en la Figura 1.9.

El espacio de las configuraciones contiene, por lo tanto, todas las *formas* posibles que comparten la misma configuración de la matriz KM . Las *formas* que presenten una mayor similitud ocuparán una zona relativamente pequeña de la configuración, debido a que la correspondencia entre sus *landmarks* es muy similar (Zeldicht *et al.*, 2012).

De los efectos mencionados anteriormente, en el espacio de configuraciones se eliminan dos: la *escala*, que se realiza a través del tamaño del centroide y la *traslación*, que también depende de la posición del centroide en el espacio matemático.

Al eliminar el efecto de la **escala** en la forma, la definición del *tamaño* está determinado por el *centroide* o centro geométrico. El centroide es la raíz cuadrada de la suma de las distancias al cuadrado a cada *landmark* desde el centroide (Zeldicht *et al.*, 2012). El centroide es la medida que, con mayor frecuencia, se emplea en morfometría geométrica para escalar una configuración y que ésta pueda ser proyectada en el espacio de la *forma* (Figura 1.10). Una vez que se obtiene el tamaño del centroide, éste puede ser escalado con el objeto de llevar varias configuraciones a un tamaño común.

Para eliminar el efecto de **traslación** se promedian las coordenadas de los ejes hasta que comparten el mismo centroide. Aunque el centroide cambie de sitio no cambia el tamaño de la forma, puesto que a la vez que se desplaza el centroide en la traslación, lo hace también el resto de la configuración. Se dice que una matriz de configuración está centrada cuando el promedio de todas las configuraciones es cero.

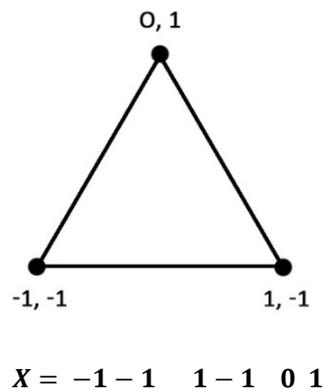


Figura 1.9. Ejemplo de triángulo; debajo coordenadas de la matriz de configuraciones (modificado de Zeldicht *et al.*, 2012).

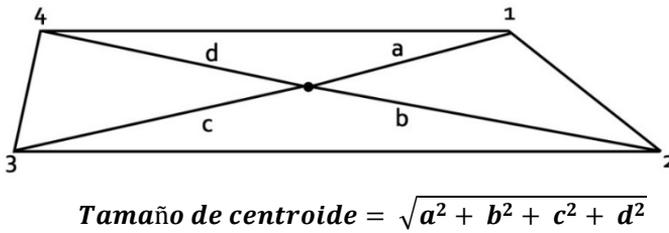


Figura 1.10. Método para estimar tamaño del centroide, debajo ecuación para su cálculo (modificado de Toro *et al.*, 2010).

1.3.2.2. Espacio de la preforma o pre-Kendalliano

Una vez eliminados los efectos de escala y traslación se pasa a un nuevo espacio morfométrico conocido como espacio de la *pre-forma* o espacio *pre-Kendalliano*; consiste en la aplicación en las configuraciones de dos de las tres operaciones necesarias para llegar a la *forma*, lo que ha dado lugar a que todas las coordenadas estén en el origen de coordenadas (x 0, y 0) y estén escaladas a la unidad. Las dimensiones de este espacio han quedado reducidas, se han perdido tres dimensiones, dos por la traslación y una por el escalado; por lo que quedan $KM-(M+1)=KM-M-1$ dimensiones. Con cualquier configuración de *landmarks* en dos dimensiones, el espacio de *preforma* tendrá siempre $2K-3$ dimensiones.

El último efecto, la **rotación**, se lleva a cabo a lo largo de un arco circular llamado *fibra* (del inglés, *fiber*), que se encuentra en la superficie de la hemiesfera del espacio *preforma* (Figura 1.11). A través de este último paso una configuración se puede rotar hasta que todas se encuentren lo más cerca de una *forma* consenso.

1.3.2.3. Espacio de la forma o espacio Kendall

El espacio de la *forma* o espacio Kendall se genera al eliminar todos los factores que no están asociados a la *forma* —traslación, escalado y rotación—. Sus dimensiones cambian de nuevo y al retirar la rotación se queda en $M(M-1)/2$ dimensiones; de modo que, en un espacio bidimensional, hay siempre $2K-4$ dimensiones: se resta 1 por escalamiento, 2 por traslación y 1 por rotación; en

un espacio tridimensional hay 3K-7 dimensiones: se resta 1 por escalamiento, 3 por traslación y 3 por rotación.

El espacio de Kendall es una superficie curvada y no Euclídea (Kendall, 1984), es decir, no lineal. Esto es importante y ha de tenerse en cuenta, puesto que los análisis estadísticos multivariantes tradicionales están preparados para espacios lineales, y por lo tanto, no pueden ser aplicados (Zeldicht *et al.*, 2012). En casos de formas muy sencillas, como es el caso de los triángulos (Figura 3.11), el espacio se visualiza como una esfera; sin embargo, para configuraciones de más de tres *landmarks* el espacio se hace mucho más complejo. Debido a la gran complejidad que presenta el espacio de Kendall, para poder analizar estadísticamente las configuraciones se proyectan en un espacio tangente al de Kendall con una geometría Euclídea (Figura 1.12). Esta representación se asemeja a la proyección de un globo terráqueo sobre un plano, con la consecuente distorsión de las *formas* que puede ocasionar. Esta distorsión es importante cuando se comparan *formas* muy dispares entre sí. No obstante, si la diferencia es pequeña se pueden unir dos líneas en el espacio tangente, al igual que en un mapa se pueden unir regiones cercanas de la superficie de la tierra (Rohlf, 1998).

Las distancias entre puntos en el espacio de Kendall son llamadas distancias Procrustes (p), que son distancias geodésicas medidas en radianes (Rohlf, 1998). Ésta se define como la raíz cuadrada de las sumas al cuadrado de las distancias entre dos configuraciones (Zeldicht *et al.*, 2012).

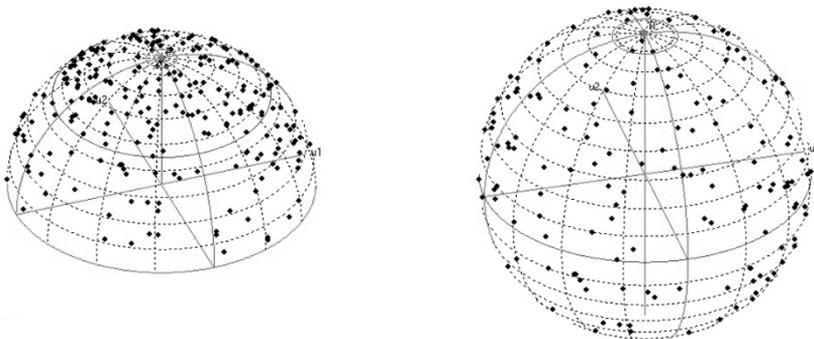


Figura 1.11. A la izquierda, espacio *preforma*; a la derecha, espacio de la *forma*; ambos con 300 triángulos generados de manera aleatoria y uniforme con TPSTri (v. 1.25; Rohlf, 2008).

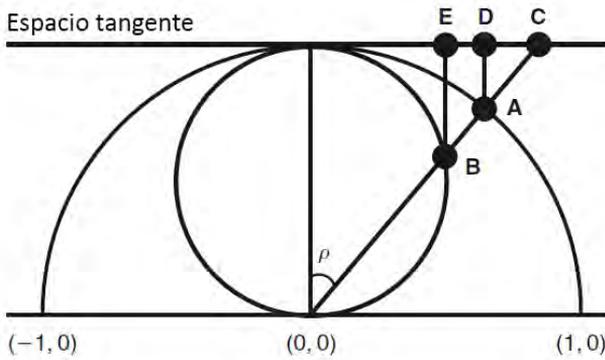


Figura 1.12. Proyección de un punto sobre el espacio tangente. A: posición correspondiente en el hemisferio de *preforma*; B: posición de la *forma* en el espacio de Kendall; C: proyección estereográfica de B en el plano tangente; D: proyección ortogonal de A en el plano tangente; E: proyección ortogonal de B en el plano tangente (modificado de Zeldicht *et al.*, 2012).

1.4. SUPERPOSICIÓN DE PROCRUSTES

La variación morfológica puede ser estudiada mediante diversos métodos de morfometría geométrica —superposición, deformación, análisis de contornos, etc.

El método más empleado es el de la superposición de Procrustes, frente a otros como el registro de línea basal deslizante (del inglés, *the sliding baseline registration*) que fue desarrollado por David Sheets en colaboración con M. Webster (Webster *et al.*, 2001) y K. Kim (Kim *et al.*, 2002); o el grupo de análisis de ajuste resistente por superposición (del inglés, *resistant-fit superimposition*), cuyo primer método fue desarrollado por A. F. Siegel y R. H. Benson en 1982 (Zeldicht *et al.*, 2012). Estos métodos difieren en cómo y en qué grado los efectos de traslación, rotación y escala son eliminados.

El nombre de Procrustes proviene de la mitología griega. Se trata de un personaje mitológico que ataba a sus visitantes a la cama y si les sobresalían las piernas se las cortaba para minimizar la diferencia de tamaño entre los visitantes y la cama (Figura 13). En este sentido la comparación es apta, puesto que los análisis morfométricos también reducen las diferencias; en cambio, en el otro sentido no son comparables, puesto que Procrustes alteraba la forma de sus visitantes, mientras que con este método de superposición la *forma* siempre se mantiene (Zeldicht *et al.*, 2012).

Este método al igual que otros de superposición eliminan los efectos de traslación, escala y superposición sin que esto afecte a la *forma*. La principal distinción que presenta el método de Procrustes es que utiliza la mínima diferencia entre configuraciones: las distancias de Procrustes.

El método de superposición de Procrustes contiene las siguientes fases (Figura 1.14):

1. Cada configuración de *landmarks* es centrada al origen de coordenadas, restando las coordenadas de su centroide de las correspondientes coordenadas de cada *landmark*. El centroide se convierte en el nuevo origen del sistema de coordenadas.
2. Escalado de cada configuración de *landmarks* al tamaño del centroide, dividiendo cada coordenada de cada *landmark* entre el centroide de la configuración. El aumento o reducción de la configuración se realiza hasta que el centroide es igual a 1.
3. Elección de una configuración de referencia, y rotación de la segunda para minimizar la suma de las distancias al cuadrado entre *landmarks* homólogos entre las *formas*.



Figura 1.13 Ánfora griega pintada con imagen de Teseo, héroe griego que venció a Procrusto para adaptarlo a su propia cama, 425 a.C. (adaptado de Parker *et al.*, 2007).

Cuando hay más de dos, todas las *formas* son rotadas hasta alinearse con la primera y a continuación se calcula la media, que pasa a ser la *forma* de referencia. Todas las configuraciones se rotan de nuevo y se vuelve a calcular la media. Cuando la nueva *forma* de referencia o *forma* consenso tiene la misma que la previa, el proceso se detiene. La media final es la que minimiza la distancia media de las *formas* de la referencia (Zeldicht *et al.*, 2012). Este método que lleva a cabo un proceso de iteración para la rotación de la *forma* se denomina análisis general de Procrustes. Este análisis de más de dos *formas* cumple con el espacio de Kendall y tiene como objetivo minimizar las distancias de Procrustes entre las configuraciones de *landmarks* que se encuentran dentro de dicho espacio. La gran ventaja del análisis general de Procrustes es que está muy bien fundado en la teoría de la *forma*, de modo que las configuraciones de *landmarks* pueden ser manipuladas en las tres operaciones descritas previamente y sin ver alterada su *forma*. Las distancias calculadas entre las configuraciones del espacio de Kendall, las distancias de Procrustes, son características muy bien conocidas que proporcionan un registro seguro de base estable para el análisis de la *forma* geométrica (Zeldicht *et al.*, 2012).

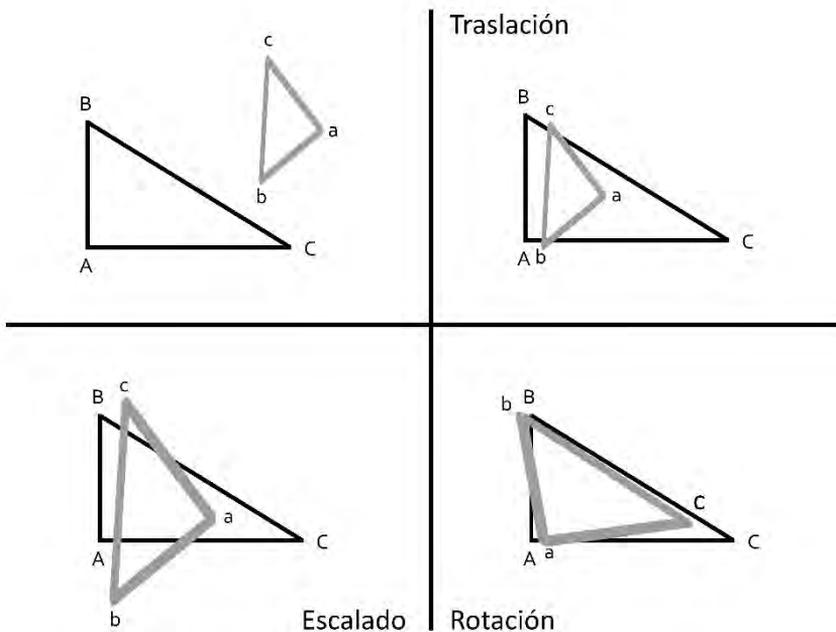


Figura 1.14. Esquema del proceso de superposición de Procrustes: traslación, escalado y rotación.

1.5. VISUALIZACIÓN DE LOS CAMBIOS: FUNCIÓN THIN-PLATE SPLINE

La aplicación del método de deformación de *thin-plate spline* (TPS) permite la visualización global de los cambios entre configuraciones de *landmarks*, mediante una función de interpolación que representa la relación de los desplazamientos de los *landmarks* entre sí.

Esta función fue desarrollada por Bookstein (1989, 1991) y estaba dirigida a resolver tanto el problema de integrar la información de las posiciones relativas de cada *landmark*, como el problema clásico planteado por D'Arcy Thompson (1942) de expresar las diferencias de *forma* entre dos especímenes como un mapa global de coordenadas cartesianas (Slice, 2005). La teoría se basa en la metáfora de una placa metálica infinitamente delgada en la que se encuentra localizada la configuración de *landmarks*. Para deformar dicha lámina y que se asemeje a la *forma* consenso es necesaria una fuerza que se mide en energía de torsión (del inglés, *bending energy*); si los *landmarks* se encuentran alejados, la energía necesaria para curvar la placa metálica será baja, si los *landmarks* están muy cerca la energía necesaria será mucho mayor (Rohlf y Marcus, 1993). Cuanto más juntos están los puntos mayor es la energía necesaria.

La justificación del método es muy complicada, sin embargo, el álgebra es relativamente sencilla. En primer lugar, una configuración de *landmarks*, generalmente la *forma* consenso, es empleada como referencia y las diferencias entre la localización de los *landmarks* situados a lo largo de un eje de coordenadas, y los de otro espécimen son procesadas de manera separada. Para ello, se requiere que las coordenadas x sean computadas separadamente, y a continuación las coordenadas y. En el caso bidimensional, para cada dimensión de coordenadas, las configuraciones son tratadas como un desplazamiento en ángulo recto, fuera del plano de la configuración de referencia. Entonces, la ecuaciones derivadas son recombinadas para expresar la total diferencia entre las dos configuraciones (Slice, 2005).

1.5.1. Deformación uniforme y no uniforme

La deformación que se produce en una configuración de puntos puede ser uniforme (transformación afín) o no uniforme (transformación no afín).

La deformación *uniforme*, conlleva deformaciones que afectan de igual manera a todos los puntos de la *forma*, de modo que las líneas mantienen su paralelismo. Hay seis tipos de deformación uniforme y cada uno de ellos es independiente del resto (Figura 1.16). La deformación no uniforme, en cambio, tiene lugar en zonas localizadas, por lo que las líneas pierden su paralelismo (Figura 1.17). Está basada en la función de interpolación de placa delgada y da lugar a los componentes conocidos como *partial warps* (Zeldicht *et al.*, 2012).

La combinación de ambos tipos de deformación describe cualquier cambio en la *forma*, de modo que los *partial warps* resultantes, podrán ser analizados mediante análisis estadísticos convencionales, al igual que con las coordenadas resultantes del análisis generalizado de Procrustes.

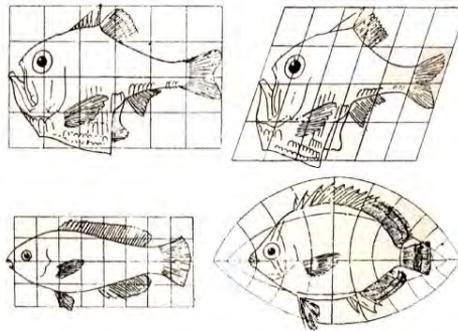


Figura 1.15. Cuadrículas dibujadas por D’Arcy Thopmson en su teoría de la transformación (modificada de D’Arcy Thopmson, 1942).

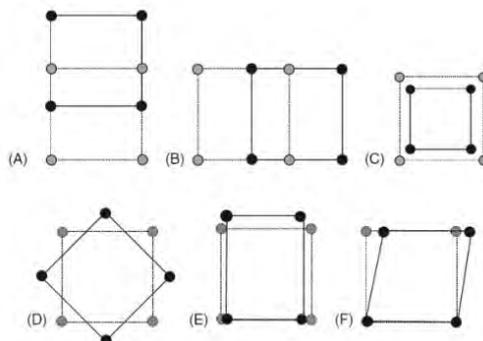


Figura 1.16. Seis transformaciones uniformes. A: traslación a lo largo del eje vertical; B: traslación a lo largo del eje horizontal; C: escalado; D: rotación; E: compresión/dilatación; F: cizallado (*shearing*). Forma original en puntos discontinuos, deformación en línea continua (modificado de Zeldicht *et al.*, 2012).

1.5.2. *Principal warps, partial warps y relative warps*

Los *principal warps* son los eigenvectores (propios, del alemán *eigen*) de la matriz de energía de torsión (del inglés, *bending energy matrix*) resultantes tras aplicar la función de *thin-plate spline*. Dicha matriz codifica los aspectos locales de la *forma* de referencia, y sus eigenvectores son las combinaciones lineales del desplazamiento ortogonal de los *landmarks* de la configuración de referencia; es decir, describen el patrón de deformación de los *landmarks* en el plano de los datos.

Tanto la matriz de energía de torsión resultante de la función *thin-plate spline* como los *principal warps* son exclusivos de la conformación de la configuración de referencia (Slice, 2005). Los *principal warps* se ordenan en función de la hipotética energía de torsión necesaria para su desplazamiento: se numeran desde el que tiene menor al de mayor energía de torsión, por tanto, el eigenvector que tiene el número más alto corresponde al de mayor energía de torsión (Zeldicht *et al.*, 2012).

Los *partial warps* son pares o tríos de *principal warps* empleados para codificar las diferencias entre especímenes individuales y la *forma* de referencia; son proyecciones de los *principal warps* aplicados de *forma* separada sobre cada eje de coordenadas de la matriz de energía de torsión. Al igual que los *principal warps* se ordenan de menor a mayor energía de torsión.

El resultado de cada uno de ellos, *partial warps score*, son los coeficientes que indican la posición de cada individuo con respecto a la *forma* de referencia, a través de los *partial warps*. Hay tantos *partial warps score* como dimensiones tiene el espacio de Kendall; así, cada uno de éstos son el valor para cada individuo, para cada coordenada y para cada eje de los *principal warps* (Slice, 2005). Los *partial warps scores* están localizados en una nueva matriz que recibe el nombre de *weight matrix* (Rohlf *et al.*, 1996). A esta matriz hay que sumarle el componente de la deformación uniforme, teniendo en cuenta que ya han sido eliminados los efectos de traslación, escala y rotación, por lo que restan el cizallado y compresión o dilatación (Figura 1.16). La *weight matrix* que contiene las variables de *partial warps* y el componente uniforme, es la que contiene todas las variables de *forma* que se utilizarán en los análisis estadísticos multivariantes (Marugán-Lobón, 2007).

Los *relative warps* son el resultado de la *relative warps analysis*, similar al análisis de componentes principales, se emplean para describir las tendencias en la variación morfológica entre especímenes. Se diferencian en que en el *relative warps analysis* los *partial warps* pueden ser ponderados antes de computar sus componentes principales. En el caso de que no se produzca dicha ponderación se puede emplear el término de análisis de componentes principales (Zeldicht *et al.*, 2012).

1.6. SEMILANDMARKS

Hay ocasiones en las que los *landmarks* descritos previamente son insuficientes debido a que la anatomía que los rodea no puede determinar su posición espacial, así como definirla con precisión. Este puede ser el caso de determinadas curvas, que pueden proporcionar una gran cantidad de información biológica, no obstante, son difíciles de describir para la posterior localización de los *landmarks*. Una solución para este problema es la disposición de una línea de puntos a lo largo de la curva siguiendo una regla para la separación de los mismos (Slice, 2007).

El término *semilandmark* fue empleado por Bookstein (1997) para describir una serie de puntos que se localizan de manera arbitraria a lo largo de una curva y que no tienen tantos grados de libertad como el número de coordenadas que definen su localización. Esto hace que en el caso del presente estudio, llevado a cabo en dos dimensiones, aunque un *semilandmark* esté definido por dos coordenadas tendrá un solo grado de libertad. Debido a esta carencia de grados de libertad con respecto a los *landmarks* no pueden ser analizados de forma equivalente, ya que presentan una cantidad de información menor al respecto (Zeldicht *et al.*, 2012). Los *semilandmarks* son empleados para representar la homología de curvas y superficies a través de una serie de puntos, cuyo número debe ser siempre el mismo y con un espacio equidistante entre ellos (Gunz y Mitteroecker, 2013). No obstante, no hay un número determinado de *semilandmarks* que deba utilizarse, sino que éste varía en función de la complejidad de la *forma*: si la curva es simple un número bajo puede ser suficiente, sin embargo, a medida que la complejidad de la curva aumente, debe aumentarse también el número de *semilandmarks*.

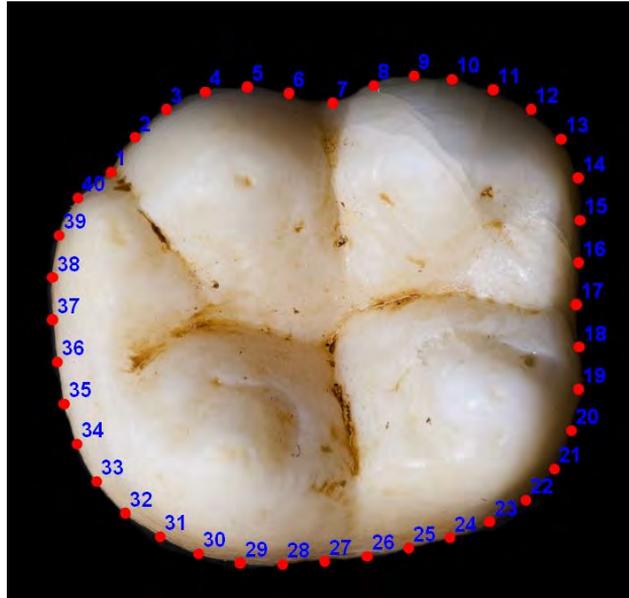


Figura 1.17. Ejemplo de localización de *semilandmarks* a lo largo del contorno de un molar inferior.

1.6.1. Deslizamiento de *semilandmarks*

Para llevar a cabo la superposición de los *semilandmarks* se han propuesto varios criterios para *deslizar* (del inglés, *sliding*) los *semilandmarks* a lo largo de una curva, de los cuales los más empleados son la minimización de la energía de torsión (del inglés, *minimun bending energy*; Bookstein, 1996, 1997; Bookstein *et al.*, 2002; Green, 1996) y minimización de las distancias de Procrustes (del inglés, *minimun Procrustes distance*; Sampson *et al.*, 1996; Sheet *et al.*, 2004; Sheet *et al.*, 2006). Ambos criterios están basados en dos técnicas esenciales de la morfometría geométrica, el primero de ellos en el método de deformación de *thin-plate spline*, y el segundo en la superposición de Procrustes (Gunz y Mitteroecker, 2013).

Estas dos alternativas propuestas para deslizar *semilandmarks* tienen como fin minimizar las diferencias de la *forma* entre cada espécimen y la *forma* consenso de la muestra, por lo que en la variación de la *forma* solo se ve reducida la distribución arbitraria de los *semilandmarks*. La diferencia entre ambas es el modo en que las diferencias de la *forma* son cuantificadas (Gunz y Mitteroecker, 2013).

Según el enfoque de la minimización de la energía de torsión, los *semilandmarks* son deslizados a lo largo de una línea paralela al contorno, para reducir la energía de torsión necesaria entre el individuo y la *forma* consenso. Parte, por tanto, de la asunción de que el contorno de cada individuo en particular debe ser el resultado de la mínima deformación de la *forma* consenso. La minimización se realiza únicamente de la parte no afín, es decir, de la transformación no uniforme (Bookstein, 1991; Bastir *et al.*, 2006).

El segundo criterio minimiza las distancias entre la *forma* de referencia y el individuo reduciendo las distancias Procrustes. Los componentes de las diferencias en la posición de los *semilandmarks* entre la *forma* consenso y cada individuo en concreto, y que son matemáticamente tangentes a la curva son eliminados. Este proceso da lugar a la alineación de los *semilandmarks* en líneas perpendiculares a la curva que contiene los *semilandmarks* de la *forma* de referencia. En este caso tanto la parte afín (uniforme) como la no afín (no uniforme) son minimizadas (Bastir *et al.*, 2006).

La principal diferencia entre ambos métodos es como abordan el concepto de homología. El modelo la minimización de la energía de torsión está basado en la “suavidad” del deslizamiento y la *forma* es tratada como un todo, de modo que todos los *semilandmarks* se deslizan juntos en función de los *landmarks* anatómicos. Con la minimización de la distancia Procrustes cada *semilandmark* se desliza de manera independiente, siguiendo el método de la superposición de Procrustes, pero no influenciado por otros *landmarks* (Gunz y Mitteroecker, 2013).

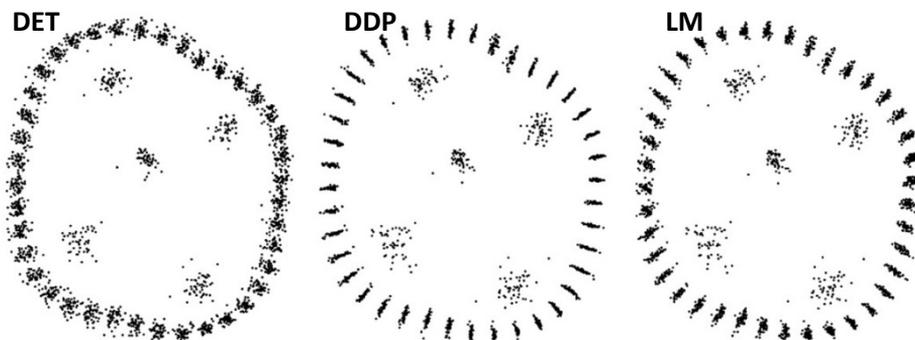


Figura 1.18. Primer molar superior permanente. Deslizamiento de *semilandmarks* mediante los métodos de la minimización de la energía de torsión (DET) y mediante la minimización de las distancias de Procrustes (DDP). Superposición Procrustes de los *landmarks* sin el deslizamiento de *semilandmarks* (LM).

1.7. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE LA *FORMA* A TRAVÉS DE LOS MÉTODOS DE ORDENACIÓN

Una vez que se ha proyectado el espacio de Kendall en un espacio tangente, los datos que describen la *forma* de estudio pueden ser sometidos a diversos análisis, como el de componentes principales o el análisis de variables canónicas. Ambos se emplean para simplificar la descripción de la *forma* y no para probar una hipótesis. El análisis de componentes principales es una herramienta destinada a simplificar la variación entre individuos, mientras que el análisis de variables canónicas es empleado para simplificar las diferencias entre grupos. Ambos producen un nuevo grupo de variables que son combinaciones lineales de las variables originales y están construidas para ser mutuamente ortogonales (Zeldicht *et al.*, 2012). Reciben el nombre de métodos de ordenación porque los resultados obtenidos ordenan los individuos en función de las nuevas variables. A partir de dichas variables se alcanzan nuevos patrones de los que se espera obtener respuestas de la biología del espécimen.

1.7.1. Análisis de componentes principales

Los patrones de variación y covariación resultantes de los análisis morfométricos pueden ser complejos y difíciles de interpretar. El objetivo del análisis de componentes principales es simplificar y reducir la dimensionalidad de la variación de los datos, de modo que la interpretación sea mucho más simple reemplazando las variables originales por otras nuevas que consisten en la combinación lineal de las variables originales y que son independientes entre sí. Las variables resultantes están interrelacionadas entre sí, no obstante, no se repite o redunda información en el llamado conjunto de componentes principales. Otra gran ventaja que presenta el análisis de componentes principales es la explicación mediante gráficos de dispersión de gran parte de la varianza con pocos componentes, evitando así tener que explicar de forma separada muchas variables (Zeldicht *et al.*, 2012).

Del análisis de componentes principales se obtiene una lista de coeficientes que describen cada componente, la varianza de cada componente, el porcentaje de la varianza de cada componente con respecto al total y la puntuación de cada individuo en cada componente. Los componentes se

explican de mayor a menor según la cantidad de varianza que contengan. Los resultados obtenidos del análisis de componentes principales pueden ser representados gráficamente, tanto la varianza de cada componente como las puntuaciones de los individuos en dos ejes, situando en cada uno de ellos un componente principal.

En ciertas ocasiones los análisis de componentes principales se aplican en estudios de morfometría geométrica bajo el nombre de *relative warps analysis*. No obstante, es necesario tener en cuenta que ambos términos no son equivalentes, ya que los componentes de la varianza extraídos del *relative warps analysis* son ponderados a partir de la energía de torsión. En el caso de que la variación no sea ponderada a través de la energía de torsión si es equivalente al análisis de componentes principales (Zeldicht *et al.*, 2012).

1.7.2. Análisis de variables canónicas

El análisis de variables canónicas está destinado a simplificar las diferencias entre grupos. Al igual que el análisis de componentes principales las combinaciones lineales de variables dan lugar a las variables nuevas que están obligadas a ser mutuamente ortogonales y que son denominadas variables canónicas. Con este análisis se pueden describir las diferencias entre grupos y simplificarlas, no obstante, no facilita una significación estadística. Por ello, es necesario realizar a continuación los análisis multivariantes que sean oportunos y que si facilitan una significación estadística.

El análisis de variables canónicas va a permitir asignar los diferentes individuos de la muestra como miembros de un grupo, a la vez que los diferencia del resto de los grupos a los que no pertenece. Igual que el análisis de componentes principales, construye un nuevo sistema de coordenadas y facilita las puntuaciones de cada individuo a lo largo de dos ejes, cada uno de los cuales representa una variable canónica. Ambos ejes son escalados de acuerdo a los patrones de variación entre grupos, no es una simple rotación del sistema de coordenadas original; es decir, la distancia entre grupos en el espacio de la *forma*, definido por las variables canónicas, no tiene por qué ser el mismo entre los grupos en el espacio original de la *forma* de los ejes originales (Webster y Sheet, 2010). El número de variables canónicas que resultan del análisis

corresponden al total de grupos menos uno. En el caso del presente estudio, como únicamente se trabaja con el sexo masculino y el sexo femenino, solo resultará una variable canónica del análisis.

A diferencia del análisis de componentes principales, el de variables canónicas asume una homocedastidad o igualdad de las varianzas, así como una matriz de varianza-covarianza homogénea de los grupos. A su vez requiere que el número de individuos de cada grupo sea mayor al número de variables (Webster y Sheet, 2010). Esta exigencia es especialmente difícil de cumplir en estudios con una muestra de pequeño tamaño o que incluyen *semilandmarks*, debido al elevado número de variables que suponen. Por lo cual es necesario reducir su dimensionalidad como paso previo al análisis de variables canónicas y obtener un número de componentes principales inferior al número de individuos del grupo con menor tamaño muestral.

La Lambda de Wilks (λ) se emplea para determinar el número de variables canónicas significativas, y por tanto, estadísticamente distintas del resto. No obstante, no determina la efectividad de las variables para discriminar entre grupos. La utilidad del análisis de variable canónicas como discriminantes entre grupos puede ser valorada a través de la distancias existentes entre cada individuo y la media del grupo. Cada uno de los individuos es situado dentro del grupo cuya media sea la más próxima al individuo. En función de dichas distancias, los individuos son asignados a cada grupo mediante el modelo basado en los ejes del análisis de variables canónicas o de validación cruzada. En el primer modelo, basado en las variables canónicas originales, la propia muestra se emplea para crear funciones discriminantes y a su vez, para evaluar el funcionamiento de dichas funciones. Este proceso da lugar a que los resultados sobrestimen la funcionabilidad y efectividad del análisis de variables canónicas. El método de validación cruzada toma un pequeño número de individuos de la muestra, que suele ser entre el 1 y el 10% de la población, que son omitidos del cálculo inicial de las variables canónicas. Cada uno de los omitidos es tratado como desconocido y es asignado a un grupo en función de los resultados obtenidos incluyendo el resto de los individuos. Este proceso se repite con los diferentes individuos hasta que se obtiene el ratio de asignación. En este trabajo se ha dejado un individuo fuera cada vez, la media grupal ha sido recalculada y el individuo clasificado de acuerdo a las distancias entre el mismo y la media recalculada. Los resultados se han obtenido de la repetición de este proceso.

Debido a que estos análisis son de ordenación y no testan una hipótesis debe ser aplicado un análisis multivariante de la varianza (MANOVA). En el espacio de la *forma*, se emplea el test estadístico F de Goodall que compara las distancias Procrustes entre las medias de dos grupos a partir de la cantidad de variación encontrada dentro de cada grupo (Goodall, 1991; Rohlf, 2000). Este test es el ratio de la variación explicada (entre grupos) y no explicada (dentro de los grupos) de las distancias Procrustes (Webster y Sheet, 2010). Es un test útil en el sentido de que se emplea como una prueba paramétrica en el espacio de la *forma*, donde los efectos de traslación, rotación y escalado han sido eliminados. Sin embargo, asume que la varianza es igual para todos los *landmarks*, es decir, que existe una distribución isotrópica normal en torno a la media.

Dado que esta condición puede no ser cumplida con datos empíricos, con mucha frecuencia se emplean métodos de permutación basados en un remuestreo aleatorio para determinar el rango de F, evitando la asunción isotrópica normal de la distribución de los datos estadísticos. El método de remuestreo se basa en un conjunto de datos del mismo tamaño de la muestra original, cuyos elementos se dibujan aleatoriamente reemplazando la serie original de observaciones (Zeldicht *et al.*, 2012). Este proceso de remuestreo aleatorio que se emplea para saber si la distribución de los valores se ha producido por casualidad, está basado en la superposición de Procrustes.

1.8. DISPARIDAD MORFOLÓGICA

En el campo de la paleobiología el término disparidad se emplea para definir la variedad fenotípica, que a menudo, pero no siempre, es variabilidad morfológica (Zeldicht *et al.*, 2012). En el presente trabajo se ha empleado para medir la disparidad morfológica de cada muestra en función del tipo de deslizamiento de *semilandmark* empleado. Para ello se ha utilizado la medida de Foote (1993) con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{\sum(d2_j)}{n - 1}$$

Donde d_j representa la distancia de cada individuo a la media del grupo y j es la *forma* consenso (Zeldicht *et al.*, 2012).

Esta aplicación permite medir la variabilidad morfológica de cada grupo muestral; por un lado la variación intragrupal de un determinado diente realizando el deslizamiento de *semilandmarks* con el método de la minimización de la energía de torsión, y por otro, la variación intragrupal con el método de la minimización de la distancias de Procrustes. De este modo se pueden comparar los resultados de la disparidad intragrupal en función de la técnica de deslizamiento empleada.

1.9. ANÁLISIS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARCIALES

El análisis de mínimos cuadrados parciales es un método que explora los patrones de covariación entre dos o más bloques de variables (Zelditch, 2012). Al igual que el análisis de componentes principales o de variables canónicas, este método reduce la dimensión de los datos y da lugar a ejes que explican la covariación entre los diferentes bloques de variables. Estos se ordenan por pares, desde los que explican la máxima covariación a los que menos. Estos pares de combinación lineales (*singular axes*) entre dos bloques de variables se obtienen de la descomposición del valor singular (del inglés, *singular value decomposition*; Bookstein *et al.*, 2002; Slice, 2005).

El análisis parte de dos bloques de datos de una muestra, es decir, dos bloques de variables; por ejemplo, variables de la *forma* y el tamaño del centroide. A partir de estos proporciona la existencia de covarianza entre los mismos. Dicha covarianza puede ser cuantificada mediante el coeficiente de RV, que es una extensión multivariante de la tradicional correlación univariante (Escoufier, 1973). El coeficiente RV es una medida de la covariación entre bloques de la variables relativas a la covariación dentro de los bloques (Frunciano *et al.*, 2013). Este coeficiente proporciona una rango de valores entre 0 —no existe covarianza— y 1 —total covarianza— y, a su vez, una significación estadística a través de métodos de remuestreo.

La principal ventaja del análisis de mínimos cuadrados parciales es que no necesita que las variables estén correlacionadas entre sí, a diferencia de los análisis de regresión. Al igual que el análisis de componentes principales reduce la dimensión de los datos y proporciona ejes de variables ortogonales entre sí; sin embargo, el análisis de mínimos cuadrados parciales examina la covariación entre bloques, mientras que el de componentes principales examina la varianza

dentro de un único bloque. A esto se suma que las variables dentro de cada bloque no tienen por qué ser independientes entre sí y que el número de variables puede ser mayor que el número de individuos que forman la muestra.

1.10. REGRESIÓN MULTIVARIANTE

La regresión es una técnica empleada para predecir la relación entre variables independientes (predictoras) y dependientes (predecibles o explicadas), por lo que se emplea para predecir el comportamiento de una determinada variable. En el presente trabajo la regresión se ha empleado para estudiar la relación entre el tamaño y la *forma* de los dientes, es decir, la alometría.

En estudios de morfología siempre ha sido un problema aislar la *forma* y el tamaño. Los estudios tradicionales tienen la dificultad de aislar el tamaño y diferenciarlo de las variables de *forma* que dependen directamente del tamaño, es decir, la alometría (Rosas y Bastir, 2002). Los nuevos métodos de morfometría geométrica permiten realizar este tipo de análisis mediante la relación entre las coordenadas Procrustes de la *forma* y el tamaño del centroide (Mitteroecker *et al.*, 2013). Para evaluar el efecto alométrico se emplea el test de Goodall, que permite determinar qué proporción de la variación de la *forma* no está predicha por el tamaño. Para ello se emplea la suma de las distancias Procrustes al cuadrado entre la *forma* observada y la estimada, de la cual se obtiene la proporción de la *forma* que no es explicada por el tamaño (Zeldicht *et al.*, 2012). Si al 100% del total de la variación, se resta el porcentaje no explicado por la regresión estadística, se obtiene la variación de la *forma* que si es explicada por el tamaño. La significación resultante puede ser determinada con el propio test de Goodall o, para evitar las asunciones necesarias, mediante un test de permutación.

La alometría designa las diferencias en las proporciones correlacionadas con los cambios en la magnitud total del organismo o en las diferentes partes que estén bajo consideración. Por ello Gould (1966) definió la alometría como el estudio del tamaño y sus consecuencias. El término puede estar asociado a (i) alometría ontogénica, que se refiere a la asociación entre forma y tamaño a lo largo de las diferentes etapas de desarrollo; (ii) alometría estática, referida a la

relación entre forma y tamaño en una única etapa de desarrollo; (iii) alometría evolutiva, asociación de forma y tamaño a lo largo de diferentes especies.

En el caso del presente estudio se analiza la relación entre tamaño y forma desde un punto de vista estático, puesto que tanto la dentición primaria como la permanente se encuentran en una fase determinada y ya ha finalizado su formación.

1.10. EVALUACIÓN DEL ERROR DE OBSERVACIÓN EN MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA

Independientemente del tipo de investigación que se plantee, la validez de los resultados obedece en gran medida a la fiabilidad de los datos obtenidos; de modo que la elaboración de metodologías que permitan calcular y acrecentar la precisión de los mismos es imprescindible.

1.10.1. Error de medición

El error de medición es definido como la variabilidad de las mediciones repetidas de un carácter particular de un mismo individuo, en relación a su variabilidad entre individuos en grupos particulares (Bailey y Byrnes, 1990).

Este error puede ser de dos tipos: aleatorio y sistemático. El error aleatorio tiene como efecto el incremento de la varianza de los parámetros estimados, debido a que es introducido de manera aleatoria con respecto al valor verdadero de medición. El error sistemático, por el contrario, introduce una parcialidad constante con respecto al valor verdadero de medición (Arnqvist y Martensson, 1998).

Hay dos propiedades complementarias de las que depende la calidad de las mediciones obtenidas: la exactitud y la precisión. La exactitud es definida como la cercanía de los valores medidos al valor verdadero y la precisión es la cercanía de las medidas repetidas a una misma cantidad (Harris y Smith, 2009). La precisión también puede ser definida como repetibilidad, o concordancia (Latour *et al.*, 1997).

En la Figura 1.18 se aprecian los diferentes resultados que se pueden obtener a través de la combinación de ambas propiedades y que se suelen representar de forma gráfica mediante la analogía de los disparos sobre una diana, en la que el centro se toma como valor de referencia. En la diana A se observa una gran dispersión de los disparos alejados del centro de la diana, lo que da lugar a una ausencia de exactitud y de precisión. En la B, los disparos se sitúan muy agrupados pero lejos del centro, lo que se traduce en una buena precisión pero mala exactitud. En este caso si situarían, por ejemplo, los casos de error sistemático, como puede ser un calibre con un error de 1mm constante por una mala graduación. En la diana C el valor medio de los disparos coincide con el valor de referencia aunque se da una amplia dispersión; es decir, mucha exactitud pero poca precisión. Y por último, la diana D, en la que todos disparos se encuentran muy cerca y en el centro diana, mucha exactitud y mucha precisión. De este modo, la precisión se limita a una distribución de los resultados; mientras que la exactitud es la proximidad entre el valor medido y el valor real —cuanto más exacta resulta la medida, menor es el error de medición. El objetivo de cualquier estudio es que el patrón de sus mediciones se corresponda con la diana D.

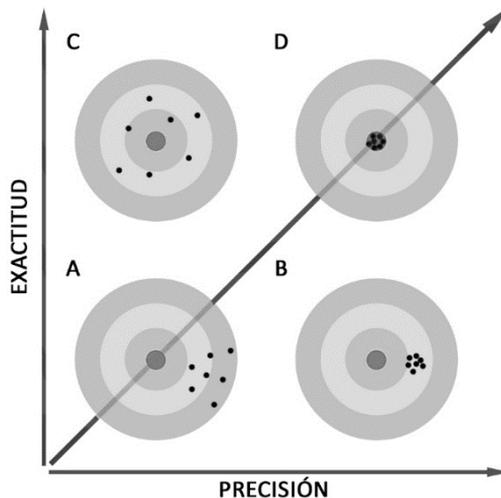


Figura 1.19. Representación gráfica esquemática de los conceptos de exactitud y precisión. A, no hay exactitud ni precisión; B, no hay exactitud pero si precisión; C, hay exactitud pero no precisión; D, hay precisión y exactitud.

1.10.2. Causas de variación en el error de medición

La precisión de los resultados depende de una serie de factores que pueden aumentar o disminuir la variación entre las mediciones. En los estudios tradicionales de mediciones es necesario valorar (i) la variabilidad biológica existente entre los diferentes individuos que conforman la muestra de estudio; (ii) el instrumento o procedimiento empleado —calidad, calibrado, mantenimiento; (iii) la destreza del examinador/es —entrenamiento, experiencia, conocimientos, etc.

Sin embargo, en la toma de datos para estudios de morfometría geométrica es necesario añadir otras posibles fuentes de error, propias de esta metodología de análisis: (i) reducción de la dimensionalidad de los datos si se trabaja con fotografías en dos dimensiones; (ii) localización del diente, en este caso, para la toma de fotografía; (iii) distorsión óptica de la lente; (iv) distorsión en la reproducción digital; (v) definición y localización de los diferentes tipos de *landmarks* y *semilandmarks*.

1.10.3. Evaluación del error en morfometría geométrica

La principal ventaja de la morfometría geométrica con respecto a la morfometría tradicional es la preservación de la completa geometría de cada uno de los especímenes. Dicha preservación, que supone una ventaja en el estudio de la biología de los individuos, es una desventaja de cara al análisis estadístico del registro de los puntos de referencia, con respecto a la morfometría tradicional (von Cramon-Taubadel *et al.*, 2007). Como se ha visto previamente, para poder estudiar el desplazamiento de las configuraciones de cada individuo con respecto al grupo deben ser eliminados los efectos de rotación, traslación y escala mediante cualquiera de los métodos que pueden eliminar o minimizar las diferencias entre ellas. Al igual que cualquier otro método de recogida de información objeto de un análisis científico, dicho métodos deben ser sometidos a examen con el fin de asegurar su reproducibilidad. Sin embargo, no se ha llegado a un consenso general que permita evaluar esta metodología de recogida y análisis mediante el uso de *landmarks* y *semilandmarks* (von Cramon-Taubadel *et al.*, 2007).

Las diversas propuestas de los investigadores ofrecen la evaluación del error mediante métodos de superposición de configuraciones de *landmarks*, como es el análisis generalizado de Procrustes (Lockwood *et al.*, 2002; O'Higgins y Jones, 1998); mediante las distancias euclidianas existentes entre los *landmarks* de una configuración y el centroide (Singleton, 2002), mediante la digitalización repetida de *landmarks* sobre un individuo que se mantiene constante en su orientación (Corner *et al.*, 1992; von Cramon-Taubadel *et al.*, 2007).

Ante esta falta de acuerdo en la evaluación del error intra e interobservador, en el presente trabajo, en la evaluación, se han empleado distancias *interlandmarks* en la valoración del posible error existente en la orientación del diente en la toma de la fotografía y las coordenadas en bruto en la valoración del posible error en la localización de los *landmarks* y *semilandmarks* en la imagen captada. Se ha realizado a través del coeficiente de correlación intraclase, que estima el promedio de las correlaciones entre todas las posibles ordenaciones de los pares de observaciones disponibles (Fernández *et al.*, 2003). Más información del coeficiente de correlación intraclase en Anexo II.

1.11. LA MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA EN ANTROPOLOGÍA FÍSICA Y FORENSE

La Antropología ha jugado un papel importante en el desarrollo de metodologías estadísticas, tanto en el planteamiento de nuevas preguntas como a través de la aplicación y difusión de las nuevas técnicas. Esta relación, que comenzó en el siglo XIX, se mantiene en la actualidad con la contribución de los antropólogos al desarrollo de nuevos métodos morfométricos y abrazando, a su vez, dichos métodos en sus investigaciones. Como resultado de esta iteración, la morfometría se erige como un paradigma analítico maduro y plenamente utilizado (Slice, 2007).

La combinación entre Antropología y morfometría geométrica ofrece numerosas posibilidades de estudio, ya que se asocian las nutridas oportunidades de análisis de la *forma* biológica, que ofrecen las técnicas de morfometría geométrica, con las numerosas regiones anatómicas que ofrece el esqueleto humano.

Este amplio abanico de posibilidades de estudio ha dado lugar a una abundante literatura científica en la que se emplean estas técnicas en diversos análisis dentro del ámbito de la Antropología Física: variación morfológica, alometría, ontogenia, etc. Sin embargo, no hay que olvidar que una parte importante de esta ciencia requiere la aplicación de metodologías que permitan el estudio de restos óseos desconocidos.

Los estudios teóricos son necesarios como base, pero en el área de Antropología Física y Forense es necesaria la creación de métodos que tengan una aplicación práctica y que puedan aplicarse en la estimación de rasgos generales como el sexo, la edad, la estatura, etc. Son los estudios con un uso práctico los que podrán ser empleados por otros investigadores en su trabajo diario, empleando las técnicas creadas con individuos conocidos sobre restos óseos desconocidos.

La mayoría de los métodos de estimación empleados en la actualidad se basan en la morfometría tradicional, que presenta una serie de limitaciones, vistas previamente, con respecto a la morfometría geométrica. La generalización de esta técnica supondría un aumento en las posibilidades de estudio, al poder cuantificar de manera precisa la *forma* de los huesos.

Actualmente los antropólogos buscan metodologías que ofrezcan una precisión y fiabilidad contrastada y que sean rápidos y sencillos de aplicar; de ahí la frecuencia con la que se emplean los métodos que tan solo necesitan un calibre y una función discriminante para estimar rasgos como la edad o el sexo de un individuo.

A la hora de llevar a cabo la identificación de unos restos, el antropólogo busca trabajar con métodos precisos y que ofrezcan valores de clasificación altos, con el fin de que sus estimaciones sean fidedignas. Y más aún, si el análisis se realiza en un contexto forense, en el que las técnicas que se emplean tienen una aplicación médico-legal.

A su vez, también busca que dicha estimación se realice de una manera rápida, puesto que en la mayoría de los casos la disponibilidad de tiempo es limitada. A esto se suma la necesidad de aplicación de diversos métodos de estimación y cada uno de los cuales no puede conocerse en profundidad. Por todo ello, cuanto mayor fiabilidad y accesibilidad presente el método mayores serán las posibilidades de empleo.

De este modo, una vez que se ha contrastado la metodología a seguir, es necesario el desarrollo de una aplicación informática que cumpla dichos requisitos y que permita, de forma sencilla, la estimación del sexo sin tener que conocer en profundidad las técnicas de morfometría geométrica.

CAPÍTULO 2

Estimación del sexo en la dentición humana



2.1. EL VALOR DE LOS DIENTES

La Antropología Dental proporciona una completa visión de la biología, la ecología y los aspectos culturales que ayudan a comprender la individualidad, el comportamiento humano, sus condiciones de vida y su entorno. Por todo ello, los dientes han sido empleados para identificar fósiles de homínidos, determinar las diferentes tendencias evolutivas, reflejar patrones demográficos, relaciones biológicas de afinidad o parentesco, aspectos de dieta y adaptación cultural o para proporcionar información de la salud dental, el arte o la cultura, entre otros (Alt *et al.*, 1998).

Debido a este amplio rango de aplicaciones, esta subdisciplina de la Antropología Física, recibe constantes contribuciones de otros campos como son la Anatomía, la Genética o la Paleontología (Scott y Turner, 2000).

El registro y pervivencia de toda esta completa información en la cavidad oral se debe a una serie de características especiales que hacen de la dentición y el resto de estructuras orales una de las fuentes más valiosas para el estudio de la biología humana: la dureza y la composición de los dientes; el amplio registro de poblaciones del pasado; los marcadores de dieta, la epidemiología o las patologías poblacionales; los marcadores de hábitos culturales u ocupacionales poblacionales; el registro de alteraciones durante el desarrollo.

La primera de esas características es la dureza y composición de los dientes, que permiten que permanezcan inalterables largos periodos de tiempo tras la muerte del individuo. Destaca su resistencia a la putrefacción y a factores extrínsecos —químicos, térmicos o físicos— como resultado de su alto grado de dureza, densidad y calcificación (Larsen y Kelley, 1992). La dureza de los dientes se debe al porcentaje de materia orgánica e inorgánica que poseen: el esmalte presenta un alto porcentaje de matriz inorgánica (95%) frente a la

inorgánica (2%); la dentina un 70% de materia inorgánica y un 18% de orgánica (Gómez de Ferraris y Campos–Muñoz, 2002). Los huesos, en cambio, poseen tan solo en torno a un 40–50% de componente inorgánico (Nanci, 2013). Dicho componente inorgánico está formado por cristales de hidroxiapatita, constituidos por cristales de fosfato de calcio. De este modo, el esmalte, que posee el tejido más duro del organismo a causa de los prismas altamente mineralizados que lo recorren en todo su espesor, cubre y protege a modo de casquete la dentina y el resto de los tejidos subyacente (Gómez de Ferraris y Muñoz, 2002). Es por ello, por lo que los dientes presentan una excelente conservación en espacios arqueológicos, ya sea en la localización de antiguos fósiles como en contextos más recientes; no es extraño encontrar dientes aislados cuando el resto del esqueleto ha desaparecido (Scott y Turner, 2000).

En segundo lugar se encuentra el registro de poblaciones del pasado mediante sistemas de clasificación basados en Anatomía Comparada, así como en relaciones biológicas. La variación morfológica dental entre seres humanos ha demostrado ser clave para la evaluación de la biología de grupos humanos recientes, pero también es de gran interés de cara a las relaciones entre especies extintas y la variación entre fósiles (Bailey y Hublin, 2007). Los dientes de poblaciones pasadas han permitido reconstruir sus vidas a través de parámetros demográficos, variantes anatómicas, identificación de relaciones familiares y origen y desarrollo de las mismas, entre otros (Alt *et al.*, 1998).

El estudio de caracteres no genéticos, como puede ser el desgaste dental u otras patologías hacen de los dientes marcadores de estudio de la dieta, variaciones de las patologías o estatus epidemiológico (Alt *et al.*, 1998). Estos diversos análisis pueden ser llevados a cabo a través de estudios del desgaste (Kaidonis, 2008; Smith, 1984), del microdesgaste (Lozano, 2005; Ungar *et al.*, 2006), las caries (Petersen, 1998; Watt, 1997), de las hipoplasias del esmalte (Blackey y Armelagos, 1985; Goodman, 1989; Goodman y Rose, 1990) o del cálculo dental (Brothwell, 1987; Lieverse, 1999; White, 1997).

Asimismo, las modificaciones intencionales o no intencionales de los dientes permiten observar diferentes patrones y hábitos ocupacionales o culturales de las poblaciones (Alt y Pilcher, 1998; Finucane *et al.*, 2008; Gonzalo *et al.*, 2001; Mower, 2009; Williams y White, 2006).

Otra de esas características es el registro de alteraciones durante o tras el desarrollo de la dentición. Los dientes primarios comienzan su formación en

la etapa prenatal, lo que permite datar posibles trastornos a partir del quinto mes prenatal, cuando comienza la formación de la corona de los incisivos centrales de leche, hasta los 12–16 años, cuando finaliza la formación de la corona del tercer molar permanente (Blackey y Armelagos, 1985). Si a esto se suma la incapacidad del esmalte para regenerarse, las alteraciones que se producen en él proporcionan un registro cronológico permanente del estrés sufrido a lo largo del desarrollo de la dentición. Y una vez que este ha finalizado, del resto de trastornos adquiridos a lo largo de la vida del individuo.

2.2. APLICACIÓN FORENSE

Además de todo lo destacado previamente, los dientes pueden ser empleados para realizar identificaciones de restos humanos desconocidos o para la evaluación de las marcas dejadas por los mismos en cuerpos u objetos (Alt *et al.*, 1998). Esto es posible gracias a la individualidad de la dentición humana, la fácil accesibilidad a la cavidad oral, la resistencia a altas temperaturas y la posibilidad de llevar a cabo la identificación tanto por rasgos de identidad reconstructiva como por rasgos de identidad comparativa.

Es determinante partir de que no existen dos individuos con las denticiones iguales (Pretty y Sweet, 2001). El individuo adulto posee un total de 32 dientes, cada uno de los cuales cuenta con 5 superficies, lo que da lugar a un total de 160 superficies en las que un individuo puede presentar diversas variaciones —anomalías, patologías, restauraciones dentales, patrones de desgaste, etc. (Rai y Kadur, 2012).

También hay que destacar la fácil accesibilidad que presenta la cavidad oral en poblaciones vivas, ya sea a través de una observación directa o mediante la realización de moldes y reproducciones (Larsen y Kelley, 1991; Scott y Turner, 2000).

A la durabilidad de los tejidos dentarios explicados con anterioridad hay que sumar su gran resistencia a altas temperaturas. Norrlander en 1997 (citando en: Rai y Kaur, 2012) clasifica los cuerpos quemados en 5 categorías en función del grado de afectación: (i) superficialmente quemados, (ii) destrucción de áreas de epidermis, (iii) destrucción de la epidermis y dermis, así como necrosis de tejidos subyacentes, (iv) destrucción total de la piel y tejido

profundos, (v) restos quemados. En la tercera, cuarta y quinta categoría los tejidos se ven tan afectados que los individuos pueden no ser identificados por métodos comunes, como ADN o huellas dactilares, por lo que es necesario recurrir a la dentición. Cuando comienza la exposición al fuego las mejillas, labios y lengua sirven como barrera protectora. Pero una vez que estas estructuras han sido destruidas, los dientes se ven expuestos a las altas temperaturas: en primer lugar, la dentición anterior, que suele verse más destruida por su posición, y en segundo los laterales, menos dañados por encontrarse en el interior de la cavidad oral, y por tanto, más protegidos por estructuras contiguas (Delattre, 2000).

Los dientes comienzan a mostrar cambios por la exposición al fuego a partir de los 175°, con la aparición de fisuras y roturas en los caninos y los incisivos; 225°, las fisuras se hacen más grandes; 400°, estallido de la corona; 800°, disminuye el volumen de las raíces la dentina se carboniza; 1.100°, la dentina y el esmalte conserva sus estrechos canales (Luntz y Luntz, 1973 citado en: Rai y Kadur, 2012).

Otra de las claves que proporcionan los dientes es la posibilidad de llevar a cabo tanto una identificación por la vertiente reconstructiva, que se corresponde con el estudio antropológico de rasgos genéricos —estimación de especie, grupo humano, edad, sexo, entre otros—; así como de carácter comparativo, mediante el análisis de rasgos específicos que permiten confirmar o descartar la identidad de un individuo.

La individualización mediante el estudio de los dientes consiste en realizar una identificación comparativa que supone la correlación de las evidencias *postmortem* con los registros dentales *antemortem*. En una identificación es clave poder contar con la información recogida en vida por el odontólogo en la historia dental, que se convierte en un registro de los rasgos individualizadores objeto de comparación, ya sean anomalías de carácter natural —de número, posición, tamaño, etc.— o adquiridas —patologías, malos hábitos, tratamientos dentales, etc. A los datos recogidos por el odontólogo se suman fotografías, radiografías o moldes del paciente que son de gran utilidad, ya que proporcionan de forma visual, precisa y objetiva información referente a todo el trabajo dental llevado a cabo en la cavidad oral.

De esta forma, todos los datos *antemortem* obtenidos pueden ser comparados y cotejados con los datos *postmortem*, de cuya coincidencia se puede obtener el dictamen de una identificación.

2.3. ESTIMACIÓN DEL SEXO

La estimación del sexo en restos óseos conlleva la identificación y evaluación de las diversas características que muestran diferencias entre el esqueleto de hombres y mujeres. La discriminación del sexo es posible debido a la existencia del dimorfismo sexual o la expresión de las diferencias fenotípicas existentes entre los individuos de sexo masculino y femenino de la misma especie.

La estimación del sexo es un aspecto vital para la Antropología Física que se realiza, siempre que sea posible, tomando como base los caracteres métricos y morfológicos del esqueleto completo. Sin embargo, con frecuencia no es posible, ya que se cuenta sólo con una parte del mismo o con huesos aislados y/o fragmentados. Si se conserva el esqueleto en su conjunto se puede estimar el sexo con una fiabilidad cercana al 100%, mientras que si se trabaja con restos aislados se puede sexar de manera correcta el 98% de los casos en los que se conserva únicamente la pelvis o el 92% en el caso del cráneo (Alemán *et al.*, 2013). Ante la falta del esqueleto completo y/o en ausencia de cráneo y pelvis, cuantos más métodos se desarrollen, con mayor fiabilidad se podrá realizar la estimación del sexo.

2.3.1. Estimación del sexo mediante el estudio de los dientes

El dimorfismo sexual en el crecimiento de las diferentes estructuras corporales ha sido atribuido a diferentes factores genéticos, epigenéticos así como a diferencias del equilibrio hormonal. La acción de las hormonas es especialmente importante para la expresión del dimorfismo sexual durante la pubertad, por ejemplo, en el tamaño corporal (Alvesalo y DeLaChapelle, 1981). La diferencias, en el caso de los dientes, puede ser explicada por el efecto diferencial de los cromosomas X e Y en el crecimiento dental, especialmente en el crecimiento de la lámina dental (Alvesalo, 1997; Alvesalo, 2013).

El cromosoma Y promueve el crecimiento tanto del esmalte como de la dentina, mientras que el cromosoma X se encuentra restringido al crecimiento del esmalte (Figura 2.1; Alvesalo, 1997); de este modo las diferencias entre sexos se traducen en el espesor del complejo dentino–pulpar y del esmalte (Harris y Hicks, 1998; Zilberman *et al.*, 2000), así como las hormonas sexuales parecen afectar la función de los odontoblastos a lo largo de la vida del individuo (Zilberman y Smith, 2001). Tanto la dentina primaria —formada durante el desarrollo dentario y localizada entre la cavidad pulpar y el esmalte—, como la dentina secundaria —se forma de manera muy lenta tras la finalización del desarrollo del diente y a lo largo de la vida del individuo—, están implicadas en la diferenciación de la dentición por sexo (Zilberman y Smith, 2001).

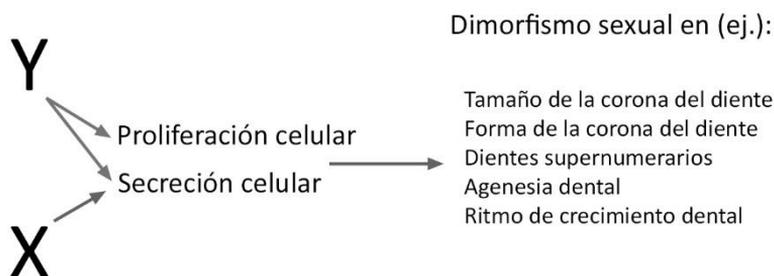


Figura 2.1. Modelo esquemático de los efectos de los cromosomas X e Y en la dentición humana (adaptado de Alvesalo, 2013).

Estos efectos dan lugar a diferentes expresiones en la dentición humana en función del sexo: (i) diferencias en el tamaño medio de la corona de dientes permanentes (Alvesalo, 1997; Ayoub *et al.*, 2014; Garn *et al.*, 1966; Garn *et al.*, 1967; Gupta *et al.*, 2014; Haralabakis y Sifakakis, 2005; Hattab *et al.*, 1996; Kieser, 1990; Lysell y Myrberg, 1982; Schwartz y Dean, 2005; Stroud *et al.*, 1994; Viciano, 2012, Viciano *et al.*, 2011; Viciano *et al.*, 2013; Zorba *et al.*, 2012), así como de los primarios (Adler y Donlon, 2010; Black, 1978; Viciano, 2013, Viciano *et al.*, 2011; Viciano *et al.*, 2013); (ii) diferencias en la morfología de la corona dental (Alvesalo, 1997; Mayhall y Alvesalo, 1995; Scott y Turner, 2000); (iii) desarrollo diferencial en el crecimiento de los dientes (Alvesalo, 1997; Demirjian y Levesque, 1980; Irurita *et al.*, 2014a; Levesque *et al.*, 1981).

Numerosos estudios demuestran las diferencias de tamaño de la dentición humana, en concreto en el tamaño de la corona, en función del sexo (Alvesalo, 1997). Los dientes comienzan su formación en la cuarta semana de vida intrauterina y entre los 2 meses de vida y los 8 años finalizan la formación de las coronas ambas denticiones (salvo el tercer molar permanente). A lo largo de este periodo en el que tienen lugar las distintas etapas de desarrollo dental se manifiestan las diferencias en las dimensiones entre sexos con un mayor tamaño de los dientes de individuos de sexo masculino (Alvesalo, 2013).

La existencia de dimorfismo en el tamaño de los dientes es bien conocida y estudiada ya en los primates, en concreto en el canino, que puede llegar a ser el doble de grande en los individuos masculinos que en los femeninos (Garn *et al.*, 1967). La diferencia en humanos es mucho más baja: los hombres tienen la corona un 2–6% más grande que las mujeres (Garn *et al.*, 1977). Las medidas más empleadas para la estimación del sexo han sido los diámetros mesiodistales y bucolinguales de la corona dental (Harris y Hicks, 1998); sin embargo, debido a los diversos factores que impiden la toma de medidas se han buscado alternativas, como es el caso de los diámetros cervicales (Viciano, 2012, Viciano *et al.*, 2011; Vodanović *et al.*, 2007; Zorba *et al.*, 2011).

El dimorfismo sexual se manifiesta en los dientes, a su vez, como diferencias en la morfología de los mismos. La forma más frecuente de estudio es a través de los rasgos de expresión no métricos, destacando el Tubérculo de *Carabelli*, los incisivos “en pala” y la cresta accesoria de los caninos.

El Tubérculo de *Carabelli* es un rasgo dental en forma de cúspide accesoria situada en el protocono o cúspide mesiolingual de los molares superiores (Hillson, 1996; Kieser, 1990; Scott e Irish, 2013; Scott y Turner, 2000). Diversos estudios muestran las diferencias de expresión de este rasgo morfológico entre hombres y mujeres, siendo más frecuente su aparición en individuos masculinos (Hsu *et al.*, 1997; Khraisat *et al.*, 2007; Kieser y Preston, 1981; Townsend y Brown, 1981; Tsai *et al.*, 1996); sin embargo, otros autores no encuentran diferencias entre sexos en cuanto al Tubérculo de *Carabelli* ni en la dentición permanente (Garn *et al.*, 1966; Kieser y Van Der Merwe, 1984; Scott, 1980) ni en la dentición primaria (Townsend y Brown, 1981).

Los incisivos “en pala” se caracterizan por la presencia de bordes marginales mesial y distal excesivamente desarrollados en la superficie lingual

de los dientes anteriores, tanto superiores como inferiores (Scott y Turner II, 2000). A pesar de que las dimensiones dentales de los individuos masculinos son mayores que las de los femeninos, diversos estudios muestran mayor frecuencia de incisivos “en pala” en mujeres que en hombres (Harris, 1980; Rothhammer *et al.*, 1968) y otros, en cambio, muestran que no existe diferencia entre sexos (Aas y Risnes, 1979).

La cresta distal accesoria que aparece en algunas ocasiones entre el margen incisal y distal de los caninos es el rasgo morfológico dimórfico más consistente, más frecuente en hombres que en mujeres (Kieser y Preston, 1981; Scott y Turner, 2000).

La mineralización de los dientes es un progreso continuo y acumulativo con diferentes estadios morfológicos comunes para todos los dientes y, a pesar de que el proceso es el mismo para hombres y mujeres, la edad a la que finalizan cada una de sus fases difiere entre sexos (Kieser, 1990). La diferencia entre sexos en el desarrollo dental existe y se manifiesta con el crecimiento más precoz en los individuos masculinos con respecto a los femeninos en las fases de desarrollo prenatal (Garn *et al.*, 1974; Garn y Burdi, 1971; Scheuer y Black, 2004).

Dichas diferencias se reflejan en la tasa de desarrollo y en la edad de inicio de formación de los dientes, más temprana en los niños que en las niñas (Irurita *et al.*, 2014b). La diferencia en la mineralización y emergencia de los dientes permanentes se invierte con respecto a los primarios y son las niñas las que crecen con una ventaja de 6 meses en comparación con los niños (Scheuer y Black, 2004). Diversos estudios muestran un acuerdo en el más rápido crecimiento dental de la dentición permanente en individuos femeninos que masculinos (Moorrees *et al.*, 1963a; Demirjian *et al.*, 1973; Smith, 1991); sin embargo, dichos resultados no están tan claros para la dentición primaria (Demirjian, 1986; Smith, 1991).

Las diferentes expresiones en la dentición humana en función del sexo previamente descritas, se encuentran determinadas por los valores específicos propios de cada población. Esto revierte, por un lado, en que un método desarrollado en una determinada población raramente puede ser aplicado en otra (Teschler–Nicola y Prossinger, 1998); y por otro, en la disparidad de resultados entre los diversos estudios consultados, ya es estos varían en función de las poblaciones empleadas en el estudio basados en el tamaño

medio de la corona (Acharya y Mainali, 2007; Hanihara e Ishida, 2005; Otuyemi y Noar, 1996), en la morfología de la corona dental (Scott y Turner, 2000) o en el desarrollo diferencial del crecimiento (Dahlberg and Menegaz-Bock, 1958).

2.3.2. Problemática de la estimación del sexo mediante el estudio de la dentición primaria

Los dientes primarios tienen un gran valor en el estudio de individuos infantiles debido al inicio de su temprana formación en el periodo fetal (Moorrees *et al.*, 1963b); permiten el estudio de subadultos menores de dos años debido a que únicamente se cuenta con la dentición temporal (Black, 1978) y son claves para la determinación del sexo en individuos infantiles en los que los caracteres sexuales secundarios no se han desarrollado (Mitsea *et al.*, 2014).

Numerosos estudios cuantifican la existencia de diferencias entre los dientes primarios de individuos femeninos y masculinos, ya sea a nivel del tamaño de la corona (De Vito y Saunders, 1990; Coughlin, 1967; Harris *et al.*, 2001; Harris y Lease, 2005; Moorrees *et al.*, 1957; Viciano, 2012; Viciano *et al.*, 2013), de la morfología de la corona (Saunders y Mayhall, 1982; Townsend y Brown, 1981) o del desarrollo y emergencia dental (Demirjian, 1986; Demirjian y Levesque, 1980; Irurita *et al.*, 2014b; Smith, 1991). No obstante, estas investigaciones se enfrentan a una serie de limitaciones propias del empleo de la dentición primaria como material objeto de estudio.

Uno de dichos impedimentos es el menor grado de dimorfismo sexual existente en la dentición primaria con respecto a la permanente (Farmer y Townsend, 1993; Harris y Lease, 2005; Mitsea *et al.*, 2014; Moorrees *et al.*, 1957). A lo que se suma la edad máxima a la que los individuos conservan los dientes de leche —entre los 10–11 años (Scheuer y Black, 2000)— y al pequeño tamaño de los mismos, lo que dificulta su estudio, conservación y localización en las labores de exhumación. Esto se traduce en muestras de reducido tamaño, tanto de origen arqueológico como de individuos identificados, imprescindibles para la formación de colecciones de referencia. Dichas colecciones, necesarias para la elaboración de métodos de estimación fiables,

son escasas debido a la dificultad que supone su adquisición: por un lado, debido a razones socioculturales —individuos de época actual que aún tienen allegados que desean conservar sus restos—, y por otro, el coste personal, económico y personal necesario para su recuperación y preparación (Irurita *et al.*, 2014a). Por ello, el reducido tamaño muestral dificulta la creación de métodos de estimación fiables debido al bajo poder estadístico resultante de los análisis llevados a cabo con poca muestra (Żądzińska *et al.*, 2008).

CAPÍTULO 3

Anatomía dental



3.1. INTRODUCCIÓN A LA ANATOMÍA DENTAL

La Anatomía Dental es el estudio del desarrollo, la morfología, la función y la identificación de cada uno de los dientes, así como del modo en que se relacionan en cuanto a su tamaño, forma, estructura, color y función con los restantes dientes (Nelson y Ash, 2010).

Cada diente es considerado como una unidad anatómica dentro de la cavidad oral; son órganos duros, de color blanquecino, de composición tisular específica y situados en unidades pares, de igual forma y tamaño, en el maxilar y la mandíbula (Riojas Garzas, 2006). Las diferencias entre dientes, tamaño, color y forma, se deben al patrón genético de cada individuo, al grupo humano al que pertenecen, al sexo, la edad y la talla.

Conocer la anatomía dental en detalle es clave para realizar estudios de morfometría geométrica de los dientes; su dominio es determinante para poder llevar a cabo la descripción cuantitativa, el análisis y la interpretación de la *forma*. A lo largo del presente capítulo se estudiará la anatomía y morfología de los dientes, con objeto de poder aplicar los resultados obtenidos de los análisis al campo de la Antropología Física.

Antes de llevar a cabo la descripción detallada de los dientes es necesario conocer, previamente, los términos, definiciones y conceptos empleados para la explicación de los mismos.

3.1.1. Nomenclatura y fórmulas dentarias

Todos los dientes que se encuentran en la cavidad se conocen en conjunto como dentición. El ser humano tiene una dentición difiodóntica, es decir, dos denticiones, una en la infancia y otra en la etapa adulta. La dentición

propia de la infancia se conoce como dentición temporal, caduca, de leche o primaria y la de la edad adulta como secundaria, definitiva o permanente. A pesar de en el la bibliografía aparece con frecuencia el término *deciduo* o *decidual* para referirse a la dentición primaria, en el presente trabajo se prescindirá de dicho término debido a su ausencia en el Diccionario de la Real Academia de la Lengua.

Al igual que los mamíferos, el hombre tiene una dentición heterodóntica, es decir, existe una especialización para cada diente según la función que ejercen en la boca —los incisivos cortan, los caninos desgarran y los premolares y molares trituran—.

La denominación y el número de dientes que tiene el ser humano le diferencia de otras especies, es lo que se conoce como fórmula dentaria. Cada uno de los dientes se representa con la letra inicial de su nombre, indicando a continuación el número presente dentro de cavidad oral, diferenciando, a su vez, entre mandíbula y maxilar. De esto modo, la fórmula dentaria de la dentición temporal y permanente, respectivamente, son:

$$I \frac{2}{2} C \frac{1}{1} M \frac{2}{2} =$$

2 incisivos maxilares, 2 incisivos mandibulares, 1 canino maxilar, 1 canino mandibular, 2 molares maxilares, 2 molares mandibulares. Teniendo en cuenta los 4 cuadrantes hacen un total de 20 dientes temporales.

$$I \frac{2}{2} C \frac{1}{1} P \frac{2}{2} M \frac{3}{3} =$$

2 incisivos maxilares, 2 incisivos mandibulares, 1 canino maxilar, 1 canino mandibular, 2 premolares maxilares, 2 premolares mandibulares, 3 molares maxilares, 3 molares mandibulares. Teniendo en cuenta los 4 cuadrantes hacen un total de 32 dientes permanentes.

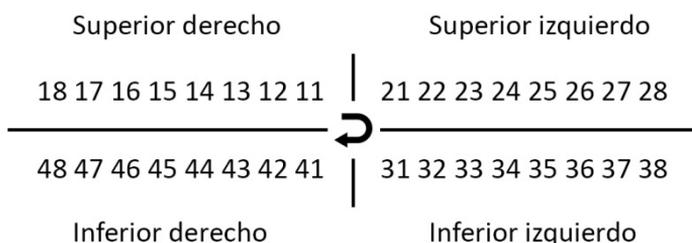
Al comparar ambas fórmulas dentarias se observa la localización similar para incisivos, caninos y molares respecto a la línea media; no obstante, les diferencia la presencia de los premolares en la dentición permanente, situados entre caninos y molares, así como la existencia de un tercer molar permanente.

3.1.2. Sistemas de numeración dental

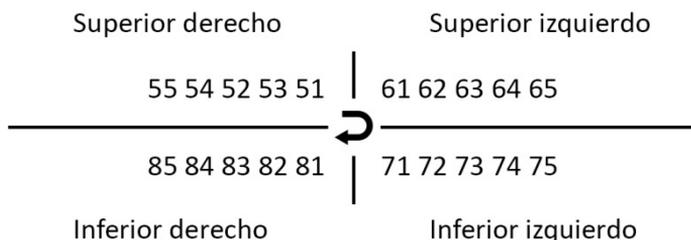
Los sistemas de numeración dental se emplean para nombrar a cada uno de los dientes en función de su posición dentro de las arcadas dentarias y de la función que desempeñan dentro de las mismas. La cavidad oral cuenta con dos arcadas, la superior o maxilar y la inferior o mandibular, que a su vez se subdividen en dos cuadrantes cada una de ellas. Los cuatro cuadrantes resultantes se encuentran divididos por planos imaginarios: el plano oclusal separa la mandíbula y el maxilar y el plano medio separa los cuadrantes derecho e izquierdo.

En el presente trabajo se ha empleado el sistema de numeración de la Federación Dental Internacional (FDI); no obstante, existen otros como el de Zsigmondy/Palmer, el sistema de signos o el sistema de numeración universal. Dicho sistema ha sido adoptado por la Organización de la Salud (OMS), así como por otras organizaciones del ámbito de la salud dental (Nelson y Ash, 2010).

El sistema de la FDI está basado en el uso de dos dígitos para identificar cada diente. El primer dígito hace referencia al cuadrante y el segundo al diente. De este modo en la dentición permanente los números 1–4 designan los cuadrantes en el sentido de las agujas del reloj y los números 1–8 designan el diente partiendo de la línea media, desde el primer incisivo al tercer molar. El esquema sería el siguiente:



En la dentición primaria los números 5–6 designan los cuadrantes en el sentido de las agujas del reloj y los números 1–5 designan el diente partiendo de la línea media, desde el primer incisivo al molar. El esquema sería el siguiente:



3.1.3. Partes del diente

Cada diente consta de tres partes: la raíz, que se encuentra en el interior del alveolo; la corona, que sobresale por encima del hueso alveolar; el cuello o cérvix, que une la raíz y la corona. La masa del diente está formada por cuatro tejidos: esmalte, dentina, cemento y pulpa (Figura 3.1).

El **esmalte** es una estructura blanquecina, dura y compuesta en el 95% por elementos minerales (hidroxiapatita de calcio) y el 5% restante por agua y la matriz del esmalte. Se forma al inicio de la constitución del diente por los ameloblastos, a partir del ectodermo (Scheid y Weiss, 2012).

El **cemento** es un tejido calcificado que recubre la raíz del diente. Es muy delgado y está compuesto en un 65% de hidroxiapatita de calcio, 35% de fibras de colágeno y 12 % de agua (Scheid y Weiss, 2012). Su función principal es anclar las fibras del peridonto procedentes del hueso alveolar. Se desarrolla a partir del saco dentario y es producido por las células denominadas cementoblastos.

La **dentina** constituye la mayor parte del diente, tanto de la raíz como de la corona. Está formada en casi un 70% por hidroxiapatita de calcio, 18% de materia orgánica y 12% de agua (Scheid y Weiss, 2012). Su interior está recorrido por tubos dentinarios, en cuyo interior se localizan los odontoblastos, que son las células que forman la dentina. La dentina secundaria es la que se deposita una vez la raíz ha completado su formación; su crecimiento es más lento y da

lugar a la reducción de la cámara pulpar. La dentina terciaria se conoce también como dentina reparadora, puesto que su formación tiene lugar como respuesta defensiva a agresiones externas, por ejemplo, una caries o un traumatismo.

La **pulpa** es la parte más interna del diente. Se divide en cámara pulpar, que se localiza en el centro de la corona y el conducto radicular, que se extiende a lo largo de la raíz. La pulpa está cubierta por la dentina salvo en el ápice de la raíz o foramen apical. Tiene una función formativa, sensorial, nutritiva y defensora (Scheid y Weiss, 2012).

La unión **cemento–esmalte** es la separación entre el cemento y el esmalte, también conocida como línea amelocementaria o línea cervical. La unión **esmalte–dentina** es la superficie interna que une el esmalte y la dentina. La unión **cemento–dentina** es la superficie interna en la que se unen el cemento y la dentina.

El periodonto es el complejo tisular que rodea al diente y que está formado de los siguientes tejidos: la encía, el ligamento periodontal, el cemento radicular y el hueso alveolar.

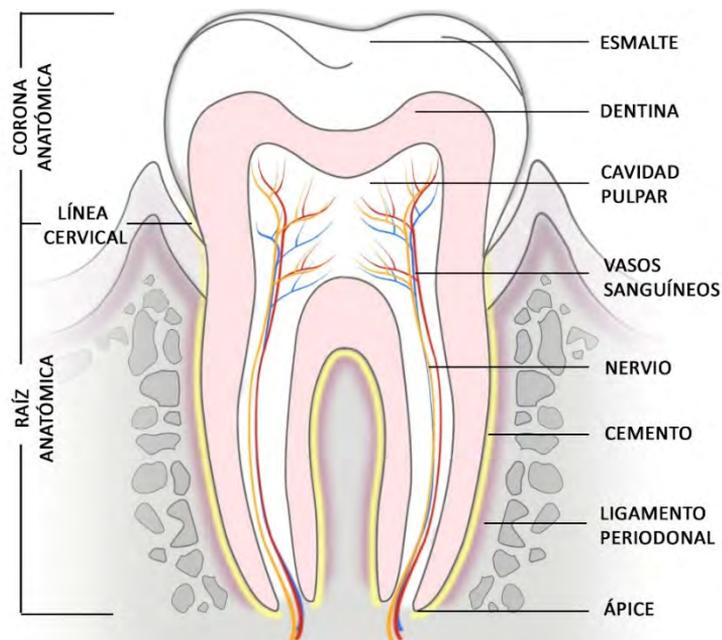


Figura 3.1. Esquema de la sección de un molar inferior.

3.1.4. Superficies dentales

Las superficies de los dientes se denominan en función de la relación existente entre éstas y la situación en la arcada dentaria (Figura 3.2).

Superficie **vestibular, bucal o labial** es la que se encuentra en la parte externa de la arcada dentaria, en contacto con los labios o carrillos. Se puede emplear el término vestibular para referirse tanto a los dientes anteriores — incisivos y caninos— como a los laterales —premolares y molares—. Sin embargo, el término bucal es válido únicamente para los posteriores, ya que los incisivos y los caninos no son próximos a los carrillos. Del mismo modo, el término labial es permitido solo para los incisivos y los caninos dado que los laterales no están en contacto con los labios. Para evitar confusiones en el presente trabajo se empleará únicamente el término vestibular.

La superficie **lingual**, opuesta a la vestibular, es la que está en la parte interna de la arcada dentaria y en contacto con la lengua, en el caso de los dientes superiores puede emplearse también el término **palatina**.

La superficie **mesial** es la que está más cercana a la línea media. La superficie **distal** es la que se encuentra más lejos de la línea media. Tanto la superficie mesial como la distal son interproximales, dado que en casi todos los casos son adyacentes a la superficie del diente contiguo.

La superficie **oclusal o incisal** es la que entra en contacto durante la masticación. El término oclusal se emplea para los dientes laterales, mientras que el término incisal corresponde a los anteriores.

Para realizar descripciones detalladas dentro de un diente se emplea la división del mismo en tercios, ya sea en la corona o en la raíz (Figura 3.3). La superficie vestibular, lingual, mesial e incisal de un diente puede ser dividida con líneas horizontales, resultando el tercio incisal/oclusal, el medio y el cervical. Igualmente se divide la raíz en tercio cervical, medio y apical.

Dichas líneas imaginarias pueden ser trazadas verticalmente, de modo que al observar las superficies vestibular o lingual se distinguen el tercio mesial, distal o medio; en el caso de las superficies mesial y distal se distinguen el tercio lingual, medio y vestibular.

La misma división se repite para la superficie oclusal: las líneas en dirección mesiodistal dividen la corona en tercio vestibular, medio e incisal; mientras que las líneas en dirección vestibulolingual dividen en tercio mesial, medio y distal.

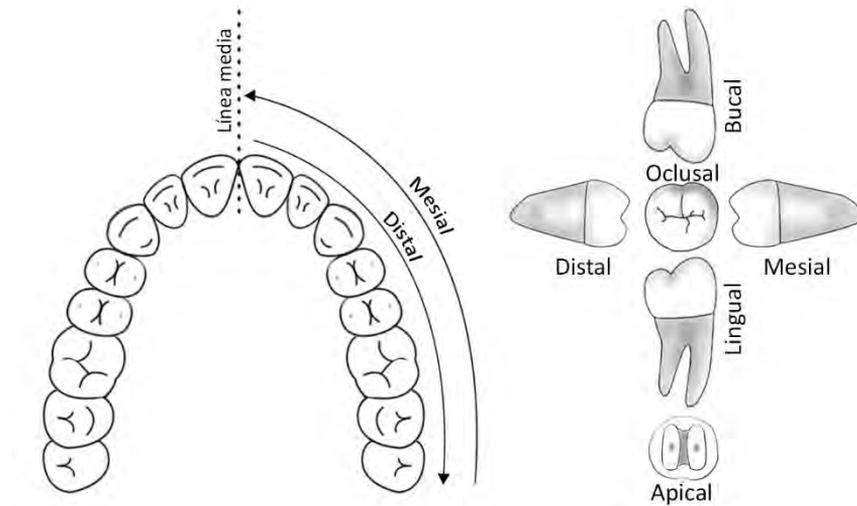


Figura 3.2. A la izquierda orientación de los dientes. A la derecha superficies dentales de un molar inferior.

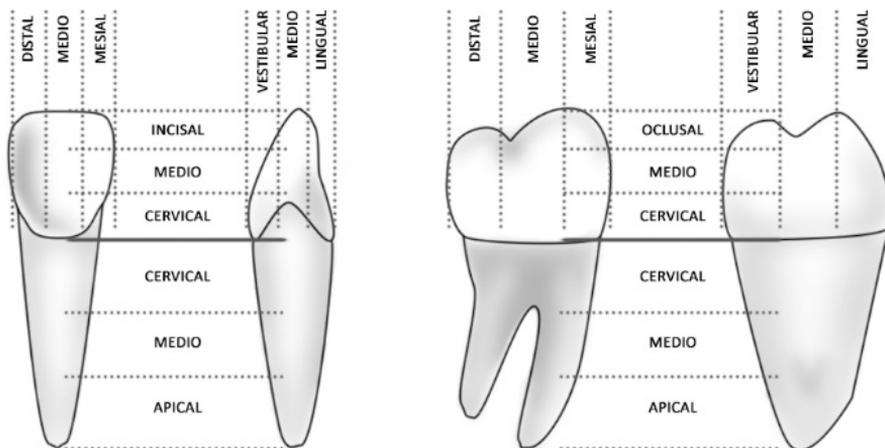


Figura 3.3. Esquema de los tercios en los que se divide un diente. A la derecha primer incisivo superior, superficies vestibular y mesial. A la izquierda molar inferior, superficie vestibular y mesial.

3.1.5. Términos que describen la morfología dental

A continuación se describen los principales accidentes anatómicos que se pueden encontrar en la corona de los dientes.

Una **cúspide** es una eminencia o elevación con forma piramidal que se localiza en la superficie oclusal de premolares y molares; recibe su nombre en función de la superficie contigua a la que se localicen.

Una **cresta** es una elevación lineal sobre la superficie del diente; reciben su nombre en función de su localización. Las crestas **marginales** son los rebordes mesial y distal de los molares y premolares, y los rebordes mesial y distal de la superficie lingual de la dentición anterior. Las crestas **triangulares** son las que descienden desde una cúspide hasta la superficie oclusal de dientes laterales. La cresta **trasversa** es la que cruza un diente lateral debido a la unión de una cresta triangular con la cresta vestibular. La cresta **oblicua** es propia de los primeros molares superiores y está formada por la unión de la cresta triangular distovestibular y la cúspide mesiolingual.

Un **tubérculo** es una elevación, de menor tamaño que una cúspide, en la superficie de la corona y que da lugar a una variación morfológica en el diente.

Un **cíngulo** es una prominencia en la superficie lingual, situada en el tercio cervical de la corona de los dientes anteriores.

Los **surcos** son hendiduras o valles en la superficie del diente como resultado de los ángulos formados por las crestas de las cúspides de los premolares y molares. Reciben el nombre de surco de **desarrollo** las depresiones principales y bien definidas. El surco **fundamental o central** se localiza en el centro bucolingual del diente en sentido mesiodistal. Los surcos **suplementarios** son menos pronunciados y no delimitan zonas principales del diente.

Una **fosa** es una concavidad en la superficie de los dientes.

Una **fóvea** es una depresión puntiforme en la profundidad de una fosa en la que confluyen los surcos de desarrollo o donde éstos terminan. La fóvea central es donde confluyen los surcos de desarrollo de los molares.

3.2. TIPOS DE DENTICIONES

La dentición de los seres humanos consta de tres periodos aproximados: la dentición primaria, desde los 6 meses a los 6 años de edad; la dentición mixta, desde los 6 años a los 12; dentición permanente, a partir de los 12 años. Debido a que la mayor parte de su vida el hombre la pasa con la dentición permanente, la mayoría de la bibliografía se ha escrito sobre esta dentición (Velayos, 2007).

La dentición primaria constituye el aparato masticatorio del niño, por lo que su tamaño coincide con el del tamaño del aparato estomatognático en esa etapa. A pesar de ser llamada dentición temporal desempeña un papel fundamental durante los años que permanece en la cavidad oral, puesto que determina el correcto crecimiento de la dentición permanente. Si se produce una pérdida prematura de dientes primarios, el hueso no se desarrolla correctamente y se altera el espacio en el que deben situarse los dientes permanentes, de modo que se altera la erupción y alineación de estos últimos.

La presencia de la dentición mixta es el periodo de transición entre la dentición primaria y la secundaria. Esta fase se prolonga desde la aparición del primer molar permanente, contiguo al segundo molar primario, hasta la pérdida de los segundos molares temporales que son sustituidos por el segundo premolar (Hillson, 1996; Scheuer y Black, 2004).

El periodo de la dentición permanente comienza con la pérdida de todos los dientes temporales. Cuando erupcionan los segundos molares hay un total de 28 dientes en la boca, no se alcanzan los 32 hasta la erupción de los terceros molares a finales de adolescencia o principio de los 20 años (Scheid y Weiss, 2012).

3.2.1. Diferencias entre la dentición primaria y secundaria

Cada cuadrante de la dentición temporal está compuesto por 5 dientes: dos incisivos, un canino, un premolar y un molar, sumando un total de 20 dientes. En la dentición definitiva, en cambio, cada cuadrante está formado por 8 dientes: dos incisivos, un canino, dos premolares y tres molares. Cabe destacar que los dientes primarios son de menor tamaño que sus equivalentes de la dentición definitiva, tienen un color blanco más lechoso (de ahí su nombre), el esmalte es

más fino y la cámara pulpar es de mayor tamaño. La dentición permanente, en cambio, tiene un color que va desde el marfil hasta el amarillento y son poco translúcidos. Las *perikimatas* no son observables en la dentición primaria, mientras que si pueden verse en la permanente.

Las coronas temporales son más anchas mesiodistalmente; las superficies oclusales son de menor tamaño debido a la inclinación de las vestibulares y linguales hacia la superficie oclusal; el cuello es más estrecho y los bordes cervicales más prominentes. Las raíces de los anteriores son más largas y estrechas y las de los molares más acampanadas, al compararlas con las de los dientes definitivos. Las raíces de los primarios se destruyen por el proceso natural de la reabsorción, mientras que las de los permanentes solo se destruyen mediante una patología.

Los dientes temporales se desgastan con mayor facilidad debido a que la condensación y calcificación de minerales es menor que en la dentición permanente; son muy propensos a la atrición.



Figura 3.4. Tipos de denticiones: a la izquierda dentición permanente y a la derecha dentición primaria.

3.3. DENTICIÓN PRIMARIA: DESCRIPCIÓN INDIVIDUALIZADA

La descripción morfológica de los dientes se ha llevado a cabo tomando como referencia los trabajos de Fuller y colaboradores (1999), Riojas Garza (2006), Velayos (2007), Nelson y Ash (2010) y Scheid y Weiss (2012).

3.3.1. Primer incisivo superior primario

La anchura de la corona de los incisivos centrales superiores es mayor que la longitud incisocervical, hecho que no se da en el resto de incisivos, ya sean primarios o secundarios. La superficie vestibular es muy lisa. La superficie lingual se encuentra dividida por en dos fosas debido a la extensión del cingulo hacia la región incisal y la cresta marginal de dicha superficie está muy desarrollada. La curvatura cervical de la línea amelocementaria hacia la superficie incisal es menos pronunciada en la superficie distal que en la mesial, más curvada apicalmente en la superficie lingual que vestibular. El borde incisal se localiza en el tercio medio de dicha superficie de la corona, mostrando una visión de la superficie lingual más prominente que la vestibular por el cingulo.

La raíz tiene forma conoide, y vista en una de las superficies proximales muestra una curvatura hacia lingual en el ápice, destinada a dejar el espacio necesario para la formación del germen del incisivo permanente. La raíz casi dobla en tamaño a la corona.

3.3.2. Segundo incisivo superior primario

La morfología de la corona del incisivo lateral es similar al central, pero no en sus dimensiones. La corona es de menor tamaño y la longitud incisocervical es mayor que el diámetro mesiodistal y no son tan simétricas. En la superficie lingual se observa unos bordes marginales relativamente marcados. Los ángulos distoincisales son más redondeados que los mesioincisales. La línea amelocementaria se muestra más curvada hacia la superficie incisal en la superficie mesial que distal y más curvada apicalmente en la superficie lingual que vestibular.

La raíz es aún más larga en proporción a la corona que la del incisivo central. También tiene forma conoide y la curvatura en el ápice hacia la superficie lingual.

3.3.3. Canino superior primario

La superficie vestibular del canino primario maxilar muestra una fuerte constricción en el tercio cervical de la corona respecto a la anchura mesiodistal de la misma. La cúspide está muy desarrollada y muestra una vertiente mesial más larga y pronunciada que la distal. Las crestas marginales de la superficie lingual se fusionan en el cíngulo, que se extiende hacia la superficie incisal dividiendo la superficie lingual en dos fosas, una hacia la superficie mesial y la otra hacia la distal, igual que ocurre con el incisivo central superior. Las superficies proximales muestran una dimensión del tercio cervical mucho mayor al resto de la corona. La curvatura de la línea amelocementaria vuelve a ser menos pronunciada en la superficie distal que en la mesial. La superficie incisal del canino muestra una morfología muy particular del diente, en forma de *diamante*, con la mitad distal de la corona más delgada que la mesial en dirección lingual.

La raíz del canino superior es cónica y más del doble de larga que la corona; también muestra una curvatura en el ápice de la raíz hacia la superficie lingual.

3.3.4. Primer molar superior primario

El primer molar primario maxilar es un diente muy particular, no tiene parecido con ningún otro, ya sea temporal o permanente. La superficie vestibular tiene una morfología trapezoidal y a su vez muy convexa. Dicha forma es prominente en el tercio cervical y hacia la superficie mesial, dando lugar a la llamada eminencia vestibular o de Zuckerkandl. La superficie lingual también es convexa, pero con una longitud mesiodistal menor que la vestibular. En ella se puede observar, por un lado, la cúspide mesiolingual, que es la más grande y, por otro, la cúspide distolingual que es mucho más pequeña y no siempre se presenta. En la superficie mesial se puede observar con claridad la eminencia

vestibular localizada en el tercio cervical, así como el mayor tamaño de la cúspide mesiolingual que de la mesiovestibular y una ligera curvatura de la línea amelocementaria hacia la superficie oclusal. Desde la superficie distal se observa como la zona prominente de la superficie vestibular disminuye desde mesial a distal. La superficie oclusal tiene una fosa central; una fosa mesial y otra distal (de menor tamaño) unidas por el surco de desarrollo que a su vez divide la superficie en dos, quedando a un lado la cúspide mesiovestibular y a otro la cúspide mesiolingual. El surco de desarrollo, en ocasiones, puede formar una “H” al unirse con otros dos surcos suplementarios paralelos a las superficies mesial y distal.

Las raíces son finas y están muy separadas. Desde la superficie vestibular se observan las raíces; la de la superficie lingual es la más larga, y de las dos localizadas en dicha superficie, la mesial es más corta que la distal. La bifurcación entre las raíces es muy amplia y comienza muy cerca de la línea amelocementaria, por lo que tienen un tronco radicular escaso.

3.3.5. Segundo molar superior primario

El segundo molar temporal maxilar muestra una morfología similar al primer molar superior permanente, de menor tamaño que éste, pero mayor que el primer molar contiguo. En la superficie vestibular se distinguen claramente dos cúspides de tamaño similar entre sí, la mesiovestibular y la distovesibular, separadas por el surco de desarrollo vestibulomesial. En la superficie lingual se distinguen también dos cúspides, la mesiolingual y la distolingual de menor tamaño, ambas separadas por un surco de desarrollo. En las superficies proximales se observa la línea amelocementaria casi recta, con una ligera curvatura. La superficie oclusal tiene forma romboide y cuatro cúspides con una disposición similar al primer molar permanente. Tiene una fosa central y una fosa triangular mesial, ambas bien definidas y unidas por el surco de desarrollo denominado surco central. Se distingue una cresta oblicua que une la cúspide mesiolingual y la cúspide distovesibular. En la parte distal de dicha cresta, se localiza otra fosa unida por el surco de desarrollo distal a la fosa triangular distal. Además de las cuatro cúspides puede presentar una quinta accesoria, adyacente a la mesiolingual y que se denomina Tubérculo de *Carabelli* (ver Capítulo 6).

Las raíces son más largas y gruesas que las del primer molar, pero mantienen la bifurcación muy próxima a la línea cervical. La raíz mesiovestibular sobresale al contorno de la corona al ser observada desde la superficie mesial.

3.3.6. Primer incisivo inferior primario

La superficie vestibular del incisivo central inferior es lisa y más ancha en la región incisal (zonas de contacto) que la cervical. En la superficie mesial se observan las crestas marginales, que suele presentarse más desvanecidas que las de los incisivos superiores y el cingulo en el que éstas convergen, que en ocasiones dan lugar a la denominada fosa lingual. En las superficies interproximales se puede observar la marcada convexidad de las superficies vestibular y lingual, mucho menor que la que presentan sus homólogos permanentes; así como, la curvatura de la línea amelocementaria más próxima al ápice en la superficie lingual que vestibular. Las superficies mesial y distal son muy similares, únicamente hay una sutil diferencia en la curvatura de la línea cervical, menos curvada hacia el borde incisal en la superficie distal que mesial.

La raíz es dos veces más larga que la corona hasta que se reabsorbe; se presenta recta en el tercio cervical y medio y se curva hacia la superficie lingual en el tercio apical.

3.3.7. Segundo incisivo inferior primario

El segundo incisivo lateral mandibular presenta una morfología muy similar al primero, pero con un tamaño ligeramente superior. El cingulo, en ocasiones, está ligeramente más marcado y el borde marginal distal es más redondeado en el ángulo distal que en el mesial.

La raíz es aún más larga que en el primer incisivo inferior e, igualmente, se presenta recta en el tercio cervical y medio y se curva hacia la superficie lingual en el tercio apical.

3.3.8. Canino inferior primario

El canino inferior presenta una morfología similar al superior, pero con dimensiones diferentes. La mayor disparidad entre ellos se presenta en las proporciones de la corona: el canino superior es mucho más ancho vestibulolingualmente que el inferior. La superficie vestibular del canino primario mandibular muestra una constricción en el tercio cervical de la corona respecto a la anchura mesiodistal de la misma. La cúspide está muy desarrollada y, al contrario de lo que ocurre en el superior, muestra una vertiente distal más larga y pronunciada que la mesial. Las crestas marginales de la superficie lingual se fusionan en el cingulo, que se extiende hacia la superficie incisal dividiendo la superficie lingual en dos fosas, una hacia la superficie mesial y la otra hacia la distal. Las superficies proximales muestran una dimensión del tercio cervical mucho mayor al resto de la corona. La curvatura de la línea amelocementaria es menos pronunciada en la superficie distal que en la mesial.

La raíz del canino es más afilada y corta que la del superior; también muestra una curvatura en el ápice de la raíz hacia la superficie lingual.

3.3.9. Primer molar inferior primario

Al igual que ocurre con el primer molar superior primario, el primero inferior, tampoco se asemeja a cualquier otro diente, ya sea temporal o definitivo. Debido a su aspecto extraño y primitivo se ha propuesto la fusión de dos dientes como explicación a esa morfología (Nelson y Ash, 2010). La superficie vestibular muestra una corona rectangular, con una constricción más marcada del cuello de la corona en la superficie distal. Se aprecian dos cúspides, la mesial es de mayor tamaño que la distal. La línea amelocementaria muestra una curvatura más pronunciada hacia el ápice de la raíz en el tercio mesial de la corona que en el distal. En la superficie mesial se observan las cúspides mesiolingual y distovestibular separadas por un surco de desarrollo. La cúspide mesiolingual es más pronunciada que la distolingual y presenta la particularidad de situarse en el medio de la superficie lingual, dándole al molar esa particular morfología. La línea amelocementaria de esta superficie es más recta que la de la superficie vestibular. En la visión de la corona de la superficie mesial destaca la prominencia de la superficie vestibular a nivel del tercio cervical de la corona.

La línea amelocementaria, en esta superficie, muestra una curvatura hacia la superficie oclusal que no se presenta en la distal. La superficie oclusal muestra un contorno romboidal con una destacada prominencia de la región mesiovestibular de la corona. La cúspide mesiolingual es la de mayor tamaño, seguida de las cúspides mesiolingual, distovestibular y distolingual. Se observa como destaca la cresta marginal mesial, así como el surco de desarrollo central que separa la cúspide mesiovestibular y la mesiolingual, cada uno de los cuales separa las dos cúspides de su superficie correspondiente.

Las raíces son largas y finas; se abren considerablemente en el tercio apical, sobrepasando la proyección de la corona. En la superficie mesial se observa una raíz con una anchura similar a la de la corona y con un ligero surco en dirección oclusoapical. En la superficie distal se aprecia la diferencia de tamaño entre las dos raíces y un ápice más puntiagudo en la raíz distal que en la mesial. El surco central de desarrollo une las fosas triangulares mesial y distal y es cruzado por los surcos de desarrollo vestibular y lingual.

3.3.10. Segundo molar inferior primario

El segundo molar inferior primario muestra una morfología similar al primer molar inferior permanente, pero con diferentes dimensiones. La superficie vestibular muestra tres cúspides, mesiovestibular, vestibular y distovestibular, separadas por dos surcos de desarrollo. En la superficie mesial se observan dos cúspides, mesiolingual y distolingual de tamaño similar y separadas por el surco de desarrollo. Al tener una cúspide menos que la superficie vestibular es más estrecha. En las superficies proximales se observa la concavidad más pronunciada de la superficie vestibular y la similitud en la curvatura de la línea amelocementaria. La superficie oclusal muestra las cinco cúspides y una anchura mayor en las vestibulares que en las linguales. Las crestas de cada una de las cúspides se unen en el surco central de desarrollo que va desde la fosa triangular distal a la fosa triangular mesial. Las cúspides vestibulares están separadas por los surcos de desarrollo mesiovestibular y distovestibular; las cúspides linguales por el surco de desarrollo lingual.

Las raíces son del doble de tamaño que la corona. La raíz mesial es ancha y plana y muestra un ligero surco longitudinal. La raíz distal es más estrecha y con el ápice más puntiagudo que el de la raíz mesial.

3.4. DENTICIÓN PERMANENTE: DESCRIPCIÓN INDIVIDUALIZADA

3.4.1. Primer incisivo superior permanente

La superficie vestibular del incisivo central maxilar definitivo muestra una corona con mayor longitud incisocervical que mesiodistal; no obstante, es el diente anterior permanente que muestra mayor anchura mesiodistal. La línea amelocementaria presenta una curvatura hacia el ápice de la raíz. Tanto en la superficie vestibular como en la lingual el margen mesial es recto, mientras que el distal es convexo, más redondeado. La superficie lingual de la corona muestra los bodes marginales mesial y distal que se unen en el cingulo, dando lugar a la llamada fosa lingual. Dicha superficie tiene forma de S, es cóncava en los tercios incisal y medio y convexa en el cervical. En las superficies interproximales se aprecia mayor diámetro a nivel cervical que incisal, el borde lingual es mucho más convexo que el vestibular a nivel cervical. La línea amelocementaria exhibe una curvatura notable hacia la superficie incisal, que suele ser más prominente en la superficie mesial que en la distal. En la superficie incisal se puede observar que la vestibular es más ancha y menos convexa que la lingual. Desde esta superficie se aprecia que el margen de la superficie lingual que va desde el cingulo al ángulo mesial es más larga y recta que la línea que va desde el cingulo al ángulo distal, que es más corta y curvada.

La raíz del incisivo central superior es cónica, tiende a separarse de la línea media y muestra un ápice redondeado. Su situación en el hueso es ligeramente oblicua, de modo, que al estar la boca cerrada se sitúan por delante de los incisivos mandibulares que están situados en sentido vertical.

3.4.2. Segundo incisivo superior permanente

El incisivo lateral superior es el diente que mayor variación morfológica presenta de toda la dentición, con excepción del tercer molar. La modificación anormal de la forma no debe confundirse con variabilidad. Es frecuente encontrar incisivos en forma “de pala”, de tamaño menor al habitual, de forma conoide o ausentes por la falta de desarrollo del germen dental. La corona del incisivo lateral presenta una morfología similar a la del primero, pero de menor tamaño. El borde incisal es redondeado y con ambos ángulos, mesial y distal,

ovalados. La superficie vestibular muestra un perfil distal más redondeado que el mesial, tan marcado en algunos casos que puede llegar a ser semicircular. La superficie lingual muestra crestas marginales, el cóngulo muy marcado y con profundos surcos de desarrollo a ambos lados de la fosa lingual. La curvatura de la línea amelocementaria es más marcada hacia el borde incisal en la superficie mesial que en la distal, aunque no tanto como en el primer incisivo. Esto se debe al menor tamaño que presenta el segundo incisivo con respecto al primero. Si se observa la superficie incisal, se aprecia un margen lingual menos prominente que el del primer incisivo y con el cóngulo más centrado mesiodistalmente.

A diferencia del incisivo central, la raíz es de mayor tamaño en proporción a la corona. Al igual que la corona del diente, la raíz también es muy variable, por lo que puede ser recta o aparecer curvada tanto hacia la línea media como hacia el margen distal. La raíz presenta una morfología cónica, y en las superficies proximales presenta una ligera depresión longitudinal en el tercio apical.

3.4.3. Canino superior permanente

Los dientes caninos reciben este nombre por su gran semejanza con los dientes prensores de los carnívoros. Su morfología se diferencia del resto de los dientes en su forma triangular de la corona y el gran tamaño de la raíz; asociados con su función desgarradora en la masticación de alimentos. Es la longitud de la raíz la que les convierte en los dientes más estables de la boca a causa de un fuerte anclaje alveolar. La corona del canino superior muestra una morfología pentagonal en su superficie vestibular, una línea cervical de marcada convexidad hacia el ápice del diente y el borde incisal de mayor tamaño en su vertiente distal que en la mesial. La superficie vestibular es lisa, salvo por los dos sutiles surcos de desarrollo, mesial y distal. La superficie lingual presenta un cóngulo marcado, que en altos grados de desarrollo recibe el nombre de cóngulo cuspidado por su semejanza morfológica con una pequeña cúspide. Junto con el cóngulo se distinguen dos surcos de desarrollo de profundidad variable que dividen la superficie lingual en tres partes. La superficie mesial muestra una línea amelocementaria marcada y curvada hacia el borde incisal. La superficie distal también presenta dicha curvatura pero menos marcada. La vista de la superficie

incisal muestra un cingulo central en el margen lingual, con la mitad distal de dicho margen más cóncavo que la mitad mesial.

La raíz del canino superior es cónica y el ápice redondeado. Lingualmente la raíz es más estrecha que vestibularmente. En ambas superficies proximales se observa un surco de desarrollo marcado que se extiende a lo largo de toda la raíz y que favorece el anclaje del diente en el alveolo.

3.4.4. Primer premolar superior permanente

El primer premolar superior es un diente bicúspide (vestibular y lingual) que sustituye al primer molar superior primario. La superficie vestibular de la corona presenta una morfología trapezoidal, una línea amelocementaria ligeramente curvada y una morfología convexa debido al lóbulo de desarrollo localizado en la zona central. La superficie lingual es más estrecha que la vestibular, por lo que puede verse el margen mesial o distal de la superficie vestibular o ambos. Al igual que la superficie contraria es convexa, pero con morfología más esférica. La línea amelocementaria muestra una ligera curvatura hacia la raíz del diente. En las superficies interproximales del diente se observan ambas cúspides, siendo de mayor tamaño la vestibular que la lingual. Las superficies interproximales se diferencian en la curvatura de la línea amelocementaria, más curvada en la mesial. La superficie mesial presenta una concavidad en sentido incisoapical que afecta tanto la corona como al tercio superior de la raíz, asociado con el contacto de la superficie distal del canino superior. La superficie distal del premolar, por el contrario, es totalmente convexa y no presenta ninguna concavidad. La superficie oclusal puede ser descrita como hexagonal y de mayor tamaño bucolingual que mesiodistalmente. Todos los márgenes de esta superficie son convexos, salvo el mesial que se presenta recto o sobrepasando la propia línea del margen. Se observan las dos cúspides, la vestibular más ancha y voluminosa que la lingual. El ápice de la cúspide vestibular se sitúa hacia dicha superficie, y ligeramente hacia el margen distal; mientras que el ápice de la cúspide lingual lo hace hacia dicho margen y ligeramente hacia el mesial. Ambas cúspides están separadas por un surco de desarrollo central que se extiende desde la fosa medial a la distal. Además del central se observan otros secundarios paralelos a los márgenes mesial y distal de los premolares.

La mayoría de los primeros premolares superiores tienen dos raíces, una vestibular y otra lingual; no obstante, también hay premolares con una sola raíz pero que a su vez presenta dos conductos. La raíz única presenta una forma triangular, estrechándose hacia el ápice. En ambos tipos, la raíz es más ancha vestibulolingual que mesiodistalmente y en la superficie mesial presenta la concavidad descrita con anterioridad.

3.4.5. Segundo premolar superior permanente

El segundo premolar tiene una morfología muy similar al primero, pero en general, se presenta más redondeado, con una sola raíz y con un tamaño menor. La superficie vestibular, de forma trapezoidal de este diente bicúspide, muestra la cúspide vestibular de menor tamaño que la del primer premolar y la línea amelocementaria ligeramente curvada. En la superficie lingual se aprecia el mayor tamaño de la cúspide vestibular, su contorno sobresale alrededor de la lingual; no obstante, no se observa con tanta claridad como en el primero. El ápice del segundo premolar es más agudo que el del primero, que se presenta con forma redondeada. Las superficies interproximales muestran las cúspides de tamaño menor a las del primero y con una longitud semejante entre ellas. Ambas son convexas y no presentan la concavidad de la superficie mesial tan característica del primer premolar superior. La curvatura de la línea amelocementaria es amplia en dirección oclusal y más marcada en la superficie mesial que en la distal. La superficie oclusal presenta un contorno oval, simétrico y menos anguloso que el primer premolar, característica que se aprecia más notablemente en la concavidad inexistente del margen mesial. En relación a su menor tamaño, el segundo premolar presenta un surco de desarrollo más corto y las fosas mesial y distal más próximas entre sí.

La única raíz del segundo premolar superior en ocasiones presenta depresiones radiculares en el tercio medio de las superficies mesial y distal; dicha depresión suele ser más marcada en la distal. Esta característica radicular es contraria al primero, en el que la concavidad se presenta en la superficie mesial.

3.4.6. Primer molar superior permanente

El primer molar superior presenta, en general, una morfología cuboide con cuatro cúspides y tres raíces. En la superficie vestibular del diente la corona presenta una morfología trapezoidal en la que se observan dos de las cuatro cúspides, la mesiovestibular y la distovestibular separadas por el surco de desarrollo vestibular. El margen mesial de la corona es recto, curvándose únicamente en el ángulo de unión con el margen oclusal, por lo que el punto de máxima curvatura se encuentra en el tercio superior. El distal, en cambio, muestra su máximo punto de curvatura a mitad de la corona, debido a su forma convexa y simétrica del margen. La línea amelocementaria muestra una ligera curvatura hacia el ápice de la raíz. La superficie lingual muestra la misma morfología que la vestibular, y en este caso, las cúspides mesiolingual (de mayor tamaño) y distolingual. Ambas cúspides están divididas por el surco de desarrollo lingual que parte desde la mitad de la superficie lingual hacia el margen oclusal. El margen mesial, al igual que ocurre con la superficie vestibular, muestra una forma rectilínea, mientras que el distal es más redondeado. Las superficies proximales presentan las cúspides mesiovestibular y mesiolingual, y tanto en la mesial como en la distal, se observa un margen vestibular convexo y pronunciado, mientras que el lingual es recto. La superficie oclusal del molar superior tiene morfología romboidal definida por las cuatro cúspides bien desarrolladas: mesiolingual, mesiovestibular, distovestibular y distolingual (ordenadas por tamaño). Este número de cúspide no es fijo, sino que puede aparecer una quinta situada en el margen lingual de la cúspide mesiolingual y que recibe el nombre de Tubérculo de Carabelli (ver Capítulo 6). Las tres cúspides principales con disposición triangular —mesiolingual, mesiovestibular y distovestibular— forman el triángulo. Presenta un total de cuatro fosas: dos principales, la central y la distal y dos secundarias, la fosa triangular mesial y la fosa triangular distal. La fosa central se sitúa mesialmente a la cresta oblicua, mientras que la distal lo hace distalmente a la misma cresta. La fosa triangular mesial se sitúa distalmente a la cresta marginal mesial, mientras que la distal se sitúa mesialmente a la cresta marginal distal. La superficie oclusal es atravesada por la cresta oblicua, que une la cresta distovestibular y la distolingual. Las crestas marginales mesial y distal unen las cúspides a lo largo de los márgenes proximales. El surco de desarrollo central parte de la fosa central y cruza la superficie en dirección mesial para finalizar en la fosa triangular mesial. Además del surco central, destacan el surco vestibular que parte de la fosa central y divide

las cúspides vestibulares y el surco lingual, unido a la fosa triangular distal por el surco de desarrollo oblicuo distal y que separa las cúspides linguales.

Desde la superficie vestibular del diente se observan las tres raíces: en primer plano la mesiovestibular y la distovestibular y, en segundo plano, la raíz lingual. La raíz lingual es la más larga de las tres y la distovestibular la más corta. Las tres raíces parten de un único bloque, con el nombre de bloque de la raíz, a partir del cual se bifurcan. No tienen una morfología recta sino que presentan una curvatura en la zona media de las mismas para cerrarse de nuevo en el ápice; por ello adquieren una forma convexa. De los tres molares superiores, el primero, es el que presenta las raíces más separadas. Desde la superficie mesial se puede observar una raíz mesiovestibular más ancha que la lingual, al igual que en la distal se observa mayor anchura en la distovestibular.

3.4.7. Segundo molar superior permanente

El segundo molar superior permanente presenta una morfología similar al primer molar pero con un tamaño menor. La superficie vestibular presenta las dos cúspides vestibulares separadas por el surco de desarrollo vestibular. La anchura máxima de la corona se presenta hacia el margen oclusal de la corona y tanto el margen mesial como el distal son practicamente rectos. Al igual que el primer molar presenta una línea amelocementaria ligeramente curvada. La superficie lingual presenta las cúspides mesiolingual y mesiodistal, separadas por el surco de desarrollo lingual, que parte de la zona media de la superficie de la corona hacia el margen oclusal. Ambos márgenes son ligeramente convexos y convergen en la línea cervical, que presenta una morfología lineal y en algunos casos sutilmente curvada. El área de la superficie lingual es más pequeña que la vestibular. Las superficies proximales muestran la cúspides mesiales y distales, respectivamente, así como la prominencia del margen vestibular con respecto al lingual. La superficie oclusal muestra con frecuencia una morfología romboidal. Destaca el gran tamaño de las cúspides mesiovestibular y mesiolingual con respecto a las distales; estas dos últimas se encuentran menos desarrolladas que en el primer molar superior. La cuarta cúspide, la distolingual, presenta diversos grados de desarrollo y en algunos se encuentra ausente. El resto de la morfología de la superficie oclusal es muy similar a la descrita en el primer molar (fosas, crestas, surcos, etc.).

La morfología de la raíz es similar a la del primer molar; no obstante, las raíces no se encuentran tan abiertas, son más paralelas entre sí, sin tanta curvatura.

3.4.8. Tercer molar superior permanente

El tercer molar no es solo el más variable de los tres molares, sino también de toda la dentición, tanto en forma como en tamaño. Además de la variabilidad es frecuente localizar en ellos diversos tipos de anomalías, que afectan a la corona, a la raíz así como a su posición dentro de la cavidad oral.

Por lo general, presenta un tamaño menor al de los otros molares tanto en la corona como en la raíz. En la superficie vestibular, como en los dos casos previos, se observan las dos cúspides vestibulares separadas por el surco de desarrollo vestibular; sin embargo, en la lingual solo se observa una única cúspide y ningún surco de desarrollo. Las superficies proximales siguen mostrando mayor curvatura del margen vestibular con respecto al lingual. La superficie oclusal tiene forma de corazón o de triángulo, aunque puede resultar muy variable. Destacan las tres cúspides principales, dos vestibulares y una lingual, aunque puede presentar más cúspides accesorias. Debido a su variabilidad es difícil definir la morfología oclusal de este diente, tantos los surcos de desarrollo, como las fosas o las crestas tienen un patrón de inestabilidad muy amplio; de modo que, determinados caracteres pueden encontrarse ausentes o presentarse de forma suplementaria.

Las raíces del tercer molar suelen aparecer fusionadas y con una inclinación hacia distal más marcada que los otros dos molares. En la superficie mesial se aprecia una bifurcación en el tercio apical.

3.4.9. Primer incisivo inferior permanente

Los primeros incisivos inferiores son los dientes permanentes más pequeños. Situados junto a la línea media muestran una corona más larga incisocervical que mesiodistalmente. La superficie vestibular es recta y ligeramente convexa en el tercio inferior de la corona. Su máxima anchura se

encuentra en los ángulos formados por el margen incisal y los proximales, desde donde se va estrechando progresivamente hasta la base de la corona. La línea amelocementaria se muestra ligeramente curvada y muy estrecha debido al diámetro del cuello del diente. La superficie lingual es plana y se vuelve convexa a medida que se aproxima a la línea cervical. En función del grado de desarrollo de los márgenes mesial y distal, así como de dicha convexidad, denominada cingulo, puede formarse una concavidad de profundidad variable en mitad de la superficie. Las superficies proximales muestran una vestibular mayoritariamente recta y un margen lingual cóncavo. La línea amelocementaria se curva hacia el margen incisal de la corona, adentrándose en la misma hasta un tercio de su longitud. Dicha línea se muestra más curvada en la superficie mesial que en la distal. La superficie incisal muestra un borde recto, con los extremos sutilmente curvados hacia la superficie lingual. Desde esta superficie se aprecia como el margen de la superficie lingual que va desde el cingulo al ángulo mesial es ligeramente más larga y recta que la línea que va desde el cingulo al ángulo distal, que es más corta y curvada.

La raíz del incisivo central es más ancha bucolingual y que mesiodistalmente. El tercio inferior muestra una curvatura hacia distal, aunque esta característica no es constante en todos los primeros incisivos.

3.4.10. Segundo incisivo inferior permanente

La morfología del segundo incisivo inferior es muy similar al primero aunque la longitud de este es ligeramente superior. La superficie vestibular es recta y ligeramente convexa en el tercio inferior. El ángulo formado por el margen incisal y el distal del diente es más redondeado que el próximo a la línea media, lo que da lugar a un margen distal más corto que el mesial. La superficie lingual muestra las mismas características morfológicas que el primer incisivo, solo que en este caso el cingulo muestra un desplazamiento hacia el margen distal más marcado, lo que da lugar a una línea amelocementaria con una curvatura más evidente hacia distal. Las superficies proximales muestran la misma morfología que su homólogo central, con la única diferencia de que la superficie distal es más corta por la curvatura del ángulo descrito previamente. La línea amelocementaria sigue siendo más marcada en la superficie mesial que en la distal. El borde incisal sigue siendo recto, aunque la curvatura de los

extremos es más marcada. Al igual que ocurre en el primer incisivo, la distancia del margen lingual que va desde el cingulo al extremo mesial, es ligeramente más larga y recta que la línea que va desde el cingulo al ángulo distal, que es más corta y curvada.

La raíz del segundo incisivo es más larga, ancha y gruesa que la del primero. También muestran concavidades en ambas superficies proximales de la raíz, más pronunciada en la superficie distal, así como la curvatura del tercio inferior hacia la superficie distal.

3.4.11. Canino inferior permanente

Al igual que el canino superior, el inferior tiene una morfología pentagonal, aunque ambos difieren en las dimensiones. La convexidad de la superficie vestibular de los caninos inferiores es menor a la de sus homólogos superiores; sin embargo, es mayor que la de los incisivos inferiores. El margen mesial es casi una línea recta desde el borde incisal; no obstante, el distal es más convexo y un ángulo distoincisal más redondeado. La distancia y el ángulo distoincisal son más pronunciados que la vertiente mesioincisal. La línea amelocementaria muestra una curva regular hacia el ápice de la raíz. La superficie lingual muestra un cingulo y márgenes más suaves que los del canino superior. La línea amelocementaria es más marcada en esta superficie que en la vestibular. Las superficies proximales muestran un margen vestibular recto, pero con una convexidad marcada en el tercio cervical. El margen lingual, en cambio, es cóncavo salvo por el cingulo. La línea amelocementaria se curva de forma marcada hacia el margen incisal. En la superficie incisal la corona es más gruesa vestibulolingualmente hacia mesial y el cingulo está desplazado a la distal. El contorno vestibular es mesiodistalmente más convexo que el de los incisivos.

Al igual que en los otros dientes anteriores la raíz del canino inferior es más estrecha mesiodistal que vestibulolingualmente. No obstante, los márgenes de la raíz de este diente son más cóncavos que en el resto, por lo que la forma de la raíz resulta muy particular y diferenciable del resto. En el caso de que se localicen concavidades a lo largo de la raíz esta se sitúan en el tercio apical de la misma.

3.4.12. Primer premolar inferior permanente

A diferencia de los primeros, los segundos premolares no pueden ser denominados como dientes bicúspides. El primer premolar representado por una gran cúspide vestibular se asemeja al canino inferior; sin embargo, el segundo se asemeja a un pequeño molar. La superficie vestibular de la corona del primer premolar muestra una corona simétrica, convexa y con una cresta oclusocervical que cruza la corona. La superficie vestibular presenta una línea amelocementaria curvada hacia el ápice de la raíz. La superficie lingual es convexa en su totalidad, sin crestas y presenta una pequeña cúspide lingual. La parte cervical se estrecha con respecto al tercio medio de la corona y la línea amelocementaria se presenta ligeramente curvada hacia el ápice de la raíz. En las superficies proximales se observan la cúspides vestibular y lingual y una línea amelocementaria ligeramente curvada hacia la superficie oclusal. La superficie oclusal muestra una morfología romboidal o con forma de diamante dominada por la cúspide vestibular de gran tamaño y acompañada por la lingual de menor tamaño. Ambas se encuentran divididas por el surco de desarrollo central, que cruza la corona en dirección mesiodistal; parte de la fosa mesial y finaliza en la fosa distal. Los márgenes proximales están delimitados por sendas crestas marginales. La cúspide lingual y el margen mesial se encuentran separados por el surco mesiolingual que se observa desde la superficie lingual.

La raíz es única, simple y se estrecha desde el cuello del diente hasta el ápice de la raíz. La longitud de la raíz es ligeramente menor que la del segundo premolar inferior. Es bucolingualmente más ancha que mesiodistalmente.

3.4.13. Segundo premolar inferior permanente

El segundo premolar muestra una corona y una raíz de mayor tamaño que el primero. La morfología general de la corona es similar al primer premolar. Sin embargo, de todos los demás aspectos, las diferencias son evidentes. Hay dos formas generales que puede presentar el segundo premolar mandibular: la forma más común es la que tiene dos cúspides linguales, mientras que otros tienen solo una. La diferencia entre los dos tipos se observa principalmente en la forma de la superficie oclusal, ya que los otros contornos del resto de superficies son similares. El tipo tricúspide muestra una cúspide mesiolingual y otra

distolingual separadas por el surco de desarrollo lingual que llega hasta la mitad de dicha superficie. La cúspide mesiolingual es más grande que la distolingual. El tipo bicúspide carece de la distolingual y del surco de desarrollo; no obstante, presenta una depresión en la parte distal de la superficie. La cúspide mesiolingual tiene el mismo tamaño que en el caso del tipo bicúspide. El número de fosas y surcos secundarios de desarrollo varían en función del tipo de premolar.

La raíz del segundo premolar es única, de morfología similar al primer premolar, pero de mayor longitud. El tercio inferior de la raíz se encuentra ligeramente desviado hacia distal.

3.4.14. Primer molar inferior permanente

El primer molar inferior es el diente más grande de la dentición mandibular; cuenta con cinco cúspides: dos vestibulares, dos linguales y una distal.

La superficie vestibular presenta una morfología trapezoidal más ancha mesiodistal que oclusalmente. Desde esta vista pueden apreciarse las cinco cúspides, en un primer plano las dos vestibulares y la distal y en un segundo plano las linguales. El margen mesial es más recto que el distal debido a la presencia de la cúspide distal. La línea amelocementaria se muestra regular y en algunos casos sutilmente curvada hacia el ápice de la raíz. En el margen oclusal se observan las tres cúspides y dos surcos de desarrollo: el vestibular, que separa las cúspides mesiovestibular y distovestibular y el surco distovestibular, que separa la cúspide distovestibular y la distal. La superficie lingual es de menor tamaño que la vestibular y tiene ambos márgenes proximales convexos. En este caso en el margen oclusal se observan las dos cúspides linguales: mesiolingual y distolingual separadas por el surco de desarrollo lingual. La superficie mesial presenta una mayor prominencia de curvatura en el margen vestibular que en el lingual. Las cúspides mesiovestibular y mesiolingual aparecen divididas por el surco de desarrollo mesial marginal. En la superficie distal, en cambio, se aprecian tres cúspides: distovestibular, distolingual y distal, además del surco de desarrollo marginal distal en el centro de la misma. La superficie oclusal tiene una morfología pentagonal dividida por cinco cúspides y sus correspondientes surcos de desarrollo. La mayor cúspide de las cinco es la mesiovestibular y la

menor la distal. En el centro de la superficie se localiza la fosa central entre las crestas cuspidas vestibular y lingual. En los extremos se encuentran las fosas triangulares mesial y distal. La fosa triangular se encuentra delimitada por la cúspide mesiovestibular, la cresta mesial marginal y la cúspide mesiolingual. La fosa triangular en cambio, se encuentra limitada por la cúspide distal, la cresta marginal distal y la cúspide distolingual. La superficie oclusal de la corona está atravesada por el surco de desarrollo central que parte de la fosa triangular mesial y que finaliza en la fosa triangular distal. Existen además tres surcos de desarrollo complementarios o secundarios: el surco de desarrollo mesiovestibular, que parte de la fosa central y separa las cúspides mesiovestibular y distovestibular; el surco de desarrollo distovestibular, que separa la cúspide distovestibular y la distal; el surco de desarrollo lingual que parte de la fosa central y separa las cúspides mesiolingual y distolingual.

El primer molar inferior presenta dos raíces, una mesial y otra distal. Ambas son más anchas vestibulolingual que mesiodistalmente y parten de un bloque común y luego se separan. La mesial es más ancha y presenta una curvatura hacia distal. La distal, en cambio, es más redondeada y presenta su anchura máxima en el tercio más cercano al cuello del diente. La dirección de las raíces está asociada con las líneas de fuerza del diente.

3.4.15. Segundo molar inferior permanente

El segundo molar presenta una morfología muy similar al primero pero de menores dimensiones. La corona presenta cuatro cúspides, dos vestibulares y dos linguales. De este modo, en la superficie vestibular se observan las correspondientes cúspides separadas por el surco de desarrollo vestibular. La línea amelocementaria presenta una morfología regular y los márgenes proximales convexos en ambos casos. La superficie lingual muestra las cúspides mesiolingual y distolingual separadas por el surco de desarrollo lingual. Ambas superficies proximales presentan una morfología similar: dos cúspides separadas por el surco de desarrollo y mayor prominencia del margen vestibular que del margen lingual. La superficie oclusal presenta en el centro de la misma la fosa central, de la que parte en sentido mesiodistal el surco de desarrollo central, en sentido vestibular el surco de desarrollo vestibular y en sentido lingual el surco de desarrollo lingual. El surco de desarrollo central, que separa la cresta de las

cúspides vestibulares de la cresta de las cúspides linguales, parte de la fosa triangular mesial y finaliza en la fosa triangular distal. De este modo, los surcos dividen la corona en cuatro partes, cada una de las cuales cuenta con una cúspide.

Al igual que el primer molar inferior, cuenta con dos raíces aunque no tan separadas entre sí, y además, en este caso la curvatura hacia distal es más pronunciada.

3.4.16. Tercer molar inferior permanente

El tercer molar inferior presenta una morfología similar al segundo molar, pero con un tamaño menor, tanto en la corona como en la raíz. No obstante, al igual que ocurre con el tercer molar superior, este diente presenta tanta variabilidad que su descripción precisa resulta difícil. En ocasiones los terceros molares presentan un correcto desarrollo y tienen una morfología acorde con los otros dos molares inferiores; sin embargo, en otras, puede ser de mayor tamaño que sus homólogos y con cinco cúspides o más.

El tipo normal muestra en su superficie vestibular las correspondientes cúspides vestibulares, separadas por el surco de desarrollo vestibular. La superficie lingual es similar aunque de menor tamaño. Las superficies proximales muestran, por lo general, un margen vestibular más marcado y prominente que el lingual. La superficie oclusal, en los casos en los que el tercer molar esté bien desarrollado, es muy similar al segundo pero con un contorno más redondeado.

El tercer molar inferior tiene dos raíces, una mesial y otra distal. Suelen ser más cortas y con mayor inclinación hacia distal que los otros dos molares inferiores.



Figura 3.5. Dentición anterior primaria superior. Superficies de izquierda a derecha: vestibular, lingual, mesial, distal, incisal.



Figura 3.6. Dentición lateral primaria superior. Superficies de izquierda a derecha: vestibular, lingual, mesial, distal, oclusal.



Figura 3.7. Dentición anterior primaria inferior. Superficies de izquierda a derecha: vestibular, lingual, mesial, distal, incisal.



Figura 3.8. Dentición lateral primaria inferior. Superficies de izquierda a derecha: vestibular, lingual, mesial, distal, oclusal.

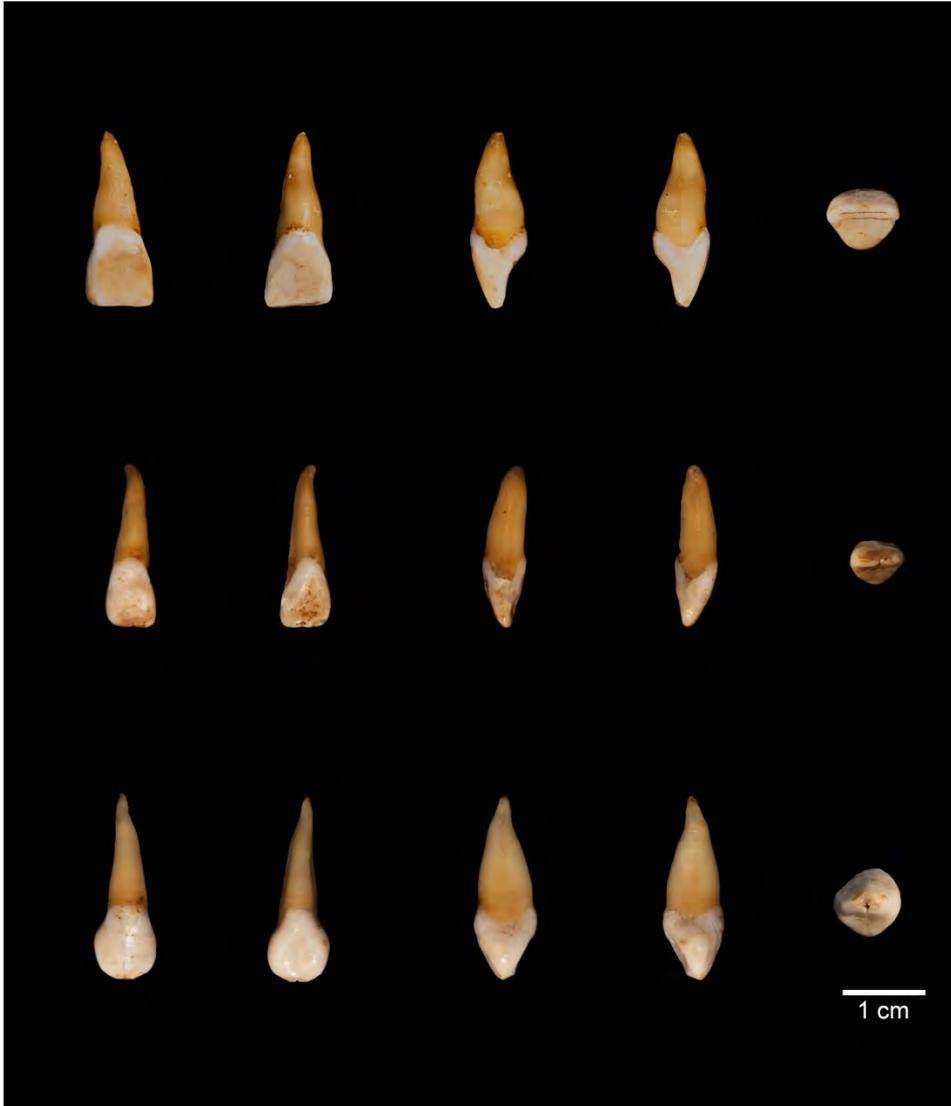


Figura 3.9. Dentición anterior permanente superior. Superficies de izquierda a derecha: vestibular, lingual, mesial, distal, incisal.

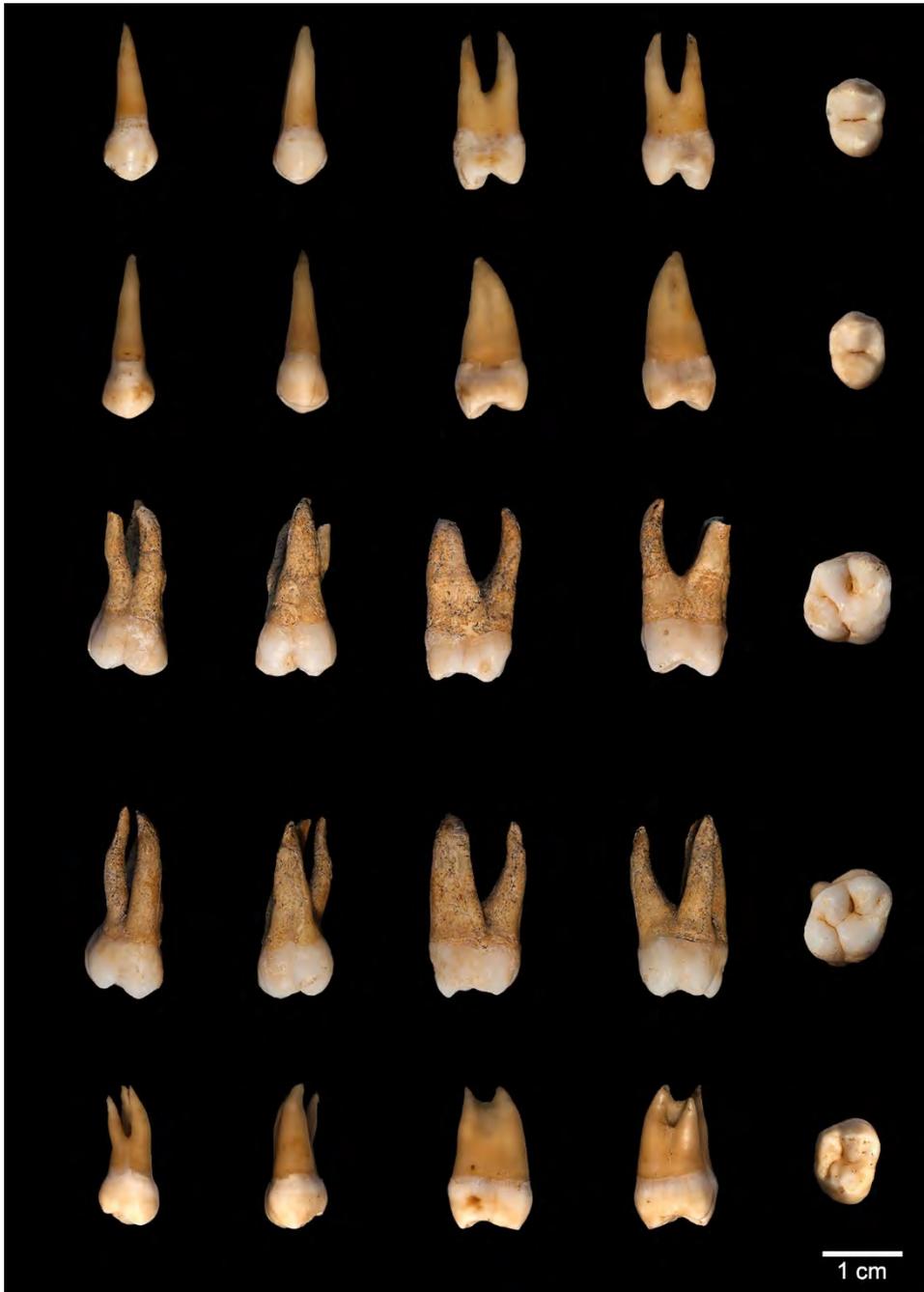


Figura 3.10. Dentición lateral permanente superior. Superficies de izquierda a derecha: vestibular, lingual, mesial, distal, oclusal.



Figura 3.11. Dentición anterior permanente inferior. Superficies de izquierda a derecha: vestibular, lingual, mesial, distal, incisal.



Figura 3.12. Dentición lateral permanente inferior. Superficies de izquierda a derecha: vestibular, lingual, mesial, distal, oclusal.

CAPÍTULO 4

Objetivos



El objetivo general que se plantea en el presente estudio es evaluar la aplicabilidad de la morfometría geométrica en el análisis del dimorfismo sexual de la dentición humana, primaria y permanente, y su validez en la estimación del sexo en individuos adultos y subadultos.

Para lograr este objetivo general es necesario alcanzar los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluar el error existente en las observaciones tomadas a nivel intra e interobservador.
2. Valorar los diversos criterios de deslizamiento de *semilandmarks* disponibles para la captura del contorno de los dientes.
3. Determinar si existen diferencias entre las *formas* de las diferentes poblaciones que componen la muestra de estudio.
4. Estimar el grado de dimorfismo sexual existente en la dentición primaria y permanente a través del estudio de la *forma*.
5. Evaluar la fiabilidad de clasificación diferencial de las variables de *forma*, así como de las de *forma* y tamaño.
6. Determinar el factor alométrico que explica la variación morfológica por cambios en el tamaño para cada uno de los dientes.

CAPÍTULO 4

Material



5.1. CONTEXTO DE LAS COLECCIONES ESTUDIADAS

La muestra del presente estudio está formada por 5 colecciones osteológicas procedentes de cementerios actuales, localizados todos ellos en la Comunidad Autónoma de Andalucía, en el sur de la Península Ibérica (Figura 5.1.).

La situación de Andalucía en el extremo más meridional del continente europeo —puente intercontinental con África, entre el Mar Mediterráneo y el Océano Atlántico— su amplia variedad climática y geográfica, así como su amplia extensión (87.288 km²), hacen de esta región del sur de España el lugar idóneo para el desarrollo de numerosas culturas.

La historia de Andalucía como territorio comienza con la articulación de los Reinos cristianos de Sevilla, Jaén y Córdoba y la reconquista de Granada en 1492 por parte de los Reyes Católicos; culmina con el proceso autonómico de Andalucía. Tras la restauración de la democracia y la promulgación de la Constitución española en el año 1978 entró en vigor el Estatuto de 1982 que confirió a Andalucía el rango de Comunidad Autónoma, de modo que se configura por primera vez como unidad político-administrativa, con instituciones para el autogobierno (Díaz Quidiello, 2009).

La dominación castellana de la Península Ibérica supuso un cambio en las prácticas funerarias que supusieron el asentamiento de unas prácticas en el modo de enterramiento que perduraron a lo largo de toda la Edad Moderna (López Guadalupe, 2006). Las costumbres religiosas y sociales del cristianismo acabaron con el modelo de enterramiento musulmán en el que el cementerio se situaba a extramuros de la ciudad, con las tumbas orientadas hacia la Meca y el cuerpo en posición de decúbito lateral. La religión cristiana trajo consigo el cementerio urbano, en el cual los entierros se realizaban en el ámbito parroquial, que suponía condiciones menos salubres, pero que resultaba más cercano y cotidiano para la sociedad (López Guadalupe, 2006). Esto mantenía a

los difuntos bajo el amparo espiritual y físico de la Iglesia (Saguar Quer, 2006). La Real Cédula de 1787 de Carlos III supuso un punto de inflexión que refleja el cambio en la localización de los cementerios del interior de las poblaciones al exterior. Sin embargo, la aplicación de esta orden se dilató hasta principios del siglo XIX, tanto por las limitaciones económicas de las parroquias como por la resistencia de los feligreses (Santonja, 1998). Estos cambios se hicieron necesarios frente al aumento demográfico que supuso la falta de espacio en los cementerios parroquiales, el avance de la medicina y el cambio en la mentalidad social, que no quería cerca la figura de la muerte (Saguar Quer, 2006). A lo largo del siglo XIX los cementerios de extramuros alcanzaron su máximo esplendor, convirtiéndose en combinaciones de arquitecturas, esculturas y vegetación (Saguar Quer, 2006). Sin embargo, la llegada del siglo XX supuso la extinción de este tipo de construcciones, con la tendencia a cementerios más austeros en los que predominan los nichos y las lápidas en la mayoría de su extensión.



Figura 5.1. Localización geográfica de las poblaciones de estudio.

4.2. COLECCIONES QUE COMPONEN LA MUESTRA

La muestra total incluida en el presente trabajo está formada por 528 individuos de los cuales 333 son individuos adultos —181 masculinos y 152 femeninos— y 195 son individuos infantiles —112 de sexo masculino y 83 de sexo femenino; no obstante, estos últimos pertenecen únicamente a la colección del Cementerio de San José de Granada.

Las colecciones no identificadas proceden de osarios de las distintas poblaciones andaluzas, que según la información facilitada por el personal de los diversos cementerios y el tiempo mínimo que debe pasar entre la defunción y la exhumación de los restos, se calcula que estos individuos debieron vivir en su gran mayoría en la primera mitad del siglo XX (Ruíz, 1991). La gran cantidad de datos disponibles de la colección del cementerio de San José de Granada permiten datar las fechas de defunción de forma mucho más precisa; los individuos que la forman fallecieron entre 1870 y 2009.

Todas las colecciones se encuentran depositadas en el Laboratorio de Antropología del Departamento de Medicina Legal, Toxicología y Antropología Física de la Facultad de Medicina de la Universidad de Granada.

5.2.1. Colección del Cementerio Municipal de Almuñécar (Granada)

La colección de individuos procedentes del Cementerio Municipal de Almuñécar cuenta con un total de 26 individuos adultos, de los cuales 12 son de sexo masculino y 14 son de sexo femenino. Todos ellos son individuos adultos procedentes del osario de dicho cementerio, ya que no estaban identificados ni individualizados, como paso previo al estudio ha sido necesaria la estimación del sexo basada en los caracteres morfológicos del cráneo.

5.2.2. Colección del Cementerio Municipal de Antequera (Málaga)

La colección osteológica procedente del Cementerio Municipal de Antequera es la que tiene menor número de individuos de las que conforma el estudio. Está formada tan solo por 9 individuos adultos, de los cuales 2 son de sexo masculino y 7 de sexo femenino. Al igual que la colección de Almuñécar,

los restos formaban parte del osario del cementerio de modo que no se encontraban identificados ni individualizados, siendo necesaria la estimación del sexo mediante los caracteres morfológicos del cráneo.

5.2.3. Colección del Cementerio Municipal de San José de Granada (Granada)

La colección procedente del Cementerio de San José de Granada está formada por un total de 424 individuos; de los cuales 229 son individuos adultos —125 son de sexo masculino y 104 de sexo femenino— y 195 individuos infantiles —112 son masculinos y 83 femeninos.

Se trata de una colección de sujetos infantiles y adultos identificada con sexo, fecha de nacimiento y defunción, causa inmediata de la muerte, hora y lugar de los decesos, último domicilio conocido, nombre del padre y de la madre, y calidad del féretro conocidos. Estos datos, entre otros, han sido obtenidos de las actas de defunción del Registro Civil y del Cementerio y se cuenta con el necesario compromiso de confidencialidad.

Las fechas de muerte relativamente recientes —del año 1871 a 2001—, unido al modo de enterramiento —un ataúd depositado en un nicho sellado que los aislaba de cualquier agente externo—, hace que los restos se encuentren en un excelente estado de conservación.

La gran cantidad de datos de los que se dispone y el buen estado en que se encuentra, hacen de ésta una colección de referencia para estudios de poblaciones osteológicas. Para más información de la colección leer el estudio de Alemán y colaboradores (2012).

5.2.4. Colección del Cementerio Municipal de Linares (Jaén)

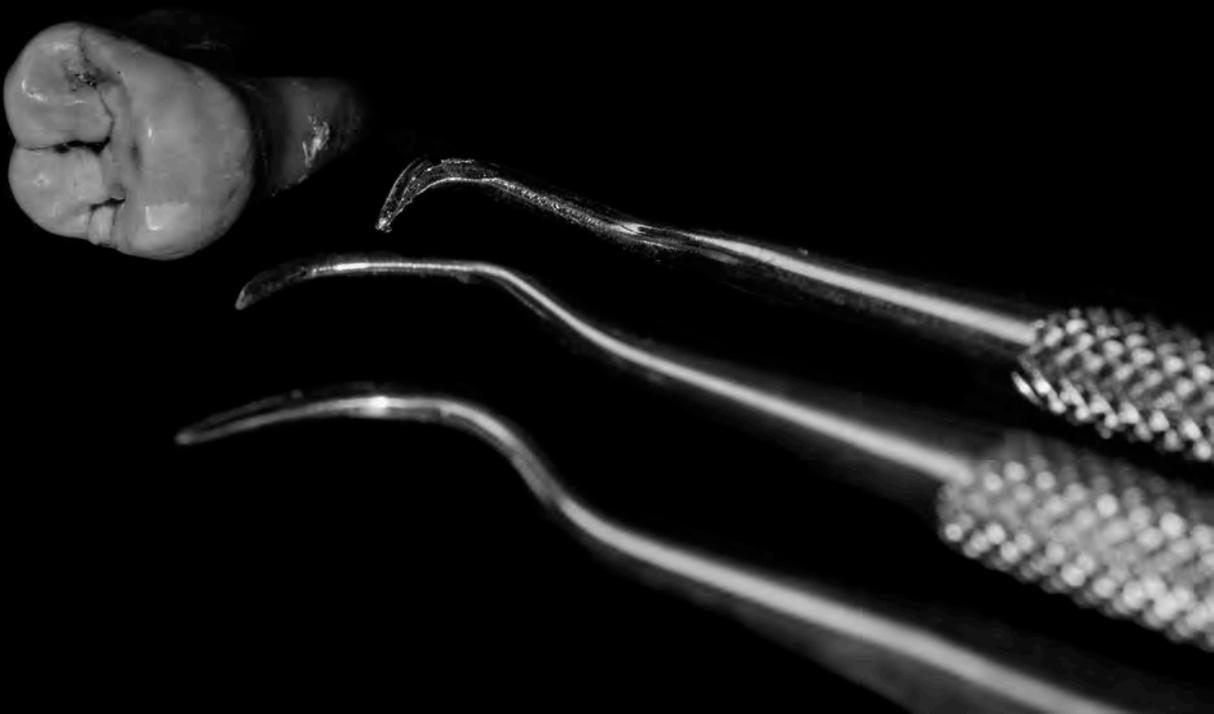
La colección procedente del Cementerio Municipal de Linares está formada con 55 individuos adultos, de los que 31 son de sexo masculino y 24 de sexo femenino. Igualmente, proceden del osario de dicho cementerio y ya que no estaban identificados ni individualizados, ha sido necesario estimar el sexo basándose únicamente en los caracteres morfológicos del cráneo.

5.2.5. Colección del Cementerio Municipal de Montefrío (Granada)

La colección procedente del Cementerio Municipal de Montefrío cuenta con 14 individuos adultos, 9 masculinos y 5 femeninos. Al ser obtenida del osario del cementerio se carece de los datos y las condiciones necesarias que identifican e individualizan a los individuos ha sido necesaria la estimación del sexo mediante caracteres morfológicos del cráneo

CAPÍTULO 6

Métodos



6.1. FACTORES LIMITANTES

El paso previo a la toma de fotografías es la valoración de las patologías —caries, desgaste, hipoplasia del esmalte, etc.— y/o otros factores limitantes —anomalías, tratamientos dentales, etc.— que reducen el número de dientes que pueden ser incluidos en el estudio de morfometría geométrica. Todos estos factores alteran la morfología del diente, obligando a su exclusión del estudio con el fin de evitar errores. Sin embargo, no siempre que un diente presente uno o más factores limitantes debe ser excluido del estudio, sino que puede no ser tan solo válido para un tipo de análisis concreto. Por ejemplo, un molar puede tener una caries en las fisuras de la superficie oclusal que impide analizarla; sin embargo, su localización no afecta al estudio del área del diente.

6.1.1. Anomalías naturales

Son aquellas alteraciones que tienen lugar durante las distintas etapas del desarrollo orofacial (López-Lázaro *et al.*, 2013). En el estudio de dichas particularidades, es determinante distinguir entre anomalía "verdadera" y variación morfológica. Debido a que un determinado rasgo puede tener una baja incidencia y ser considerado una anomalía en una población específica y, sin embargo, este mismo rasgo puede tener una alta frecuencia en otra población y ser considerado una mera variación morfológica en esta. Es el caso de los incisivos "en pala", que tienen una incidencia del 20–75% en poblaciones de origen mongoloide (asiáticos e indígenas americanos) y, por el contrario, tiene una frecuencia inferior al 10% en el resto de poblaciones (Scott y Turner, 2000).

A continuación se describen las anomalías detectadas en las poblaciones objeto de estudio; no obstante, en la dentición humana se han identificado más de 100 rasgos morfológicos diferenciadores (Scott y Turner, 2000). Gran parte de

estas variantes se describen en el sistema ASUDAS (*Arizona State University Dental Anthropology System*), desarrollado en 1991, con objeto de establecer un mismo estándar de clasificación para todos los observadores.

6.1.1.1. Anomalías de volumen

La detección de esta anomalía es difícil debido a la gran variabilidad que existe entre individuos, por lo que la valoración debe realizarse en relación al resto de las estructuras de la cavidad oral (Roig y Morelló, 2006). Se dice que los dientes son anómalos en cuanto a su tamaño cuando sus dimensiones se desvían más de dos veces de su desviación estándar. La desviación puede ser localizada, local o puede afectar a un grupo de dientes (Koch y Poulsen, 2009).

6.1.1.1.1. Microdoncia

Se define como la reducción de un diente respecto al tamaño de su homólogo contralateral o de su mismo grupo de la arcada contraria, de modo que no rellena el espacio que debería dentro de la arcada dentaria (D'Souza *et al.*, 2006). La reducción del tamaño de uno o más dientes tiene como consecuencia una desarmonía en el espacio interdental, dando lugar a la presencia de diastemas entre los dientes adyacentes, así como al desplazamiento y la inclinación de éstos (Barbería Leache y Maroto Edo, 2011).

Se llama *microdoncia absoluta o verdadera* si los dientes presentan realmente una disminución en el tamaño y *microdoncia relativa* si los dientes son normales, pero el maxilar o la mandíbula presentan un tamaño superior al normal (Roig y Morelló, 2006). La *microdoncia generalizada* —afecta a todos los dientes— está asociada con síndromes congénitos como el hipopituitarismo o con la exposición a quimioterapia durante el desarrollo de los dientes. La *microdoncia localizada* —afecta de forma puntual— es más frecuente y puede estar acompañada de hipodoncia, lo que sugiere que son mutaciones de los mismos genes (Lygidakis y Laskaris, 2000). La frecuencia de esta anomalía es del 0,2% en dentición primaria, 1–2% en dentición permanente (D'Souza *et al.*, 2006); tiene mayor incidencia en mujeres que hombres (Lygidakis y Laskaris, 2000). Los dientes más afectados son los incisivos laterales superiores y los terceros molares superiores (Koch y Poulsen, 2009; Sapp *et al.*, 1998).

6.1.1.1.2. Macrodoncia

Se define como el aumento de un diente respecto al tamaño de su homólogo contralateral o de su mismo grupo de la arcada contraria, de modo que excede su espacio dentro de la arcada dentaria y desplaza o rota a un diente contiguo para acomodar un exceso de tamaño (D'Souza *et al.*, 2006). Se define como *macrodoncia absoluta o verdadera* si los dientes presentan realmente un aumento en el tamaño y *macrodoncia relativa* si los dientes son normales, pero el maxilar o mandíbula presentan un tamaño menor al normal (Roig y Morelló, 2006). La *macrodoncia generalizada* —afecta a todos los dientes— está asociada con casos de gigantismo hipofisario. La *macrodoncia localizada* —afecta de forma puntual— relacionada con la hiperplasia facial unilateral (Lygidakis y Laskaris, 2000). Esta última no debe confundirse con la fusión de dos dientes contiguos (Sapp *et al.*, 1998). La frecuencia de esta anomalía es del 1% en dentición permanente, siendo los más afectados los terceros molares inferiores, segundos premolares e incisivos centrales superiores (Lygidakis y Laskaris, 2000).

6.1.1.1.3. Valoración de las anomalías de volumen como factor limitante

Todos los dientes que presentan anomalías han sido excluidos del estudio, puesto que su tamaño está fuera de la normalidad. La valoración de estas anomalías se ha extendido a dientes contiguos que pueden haberse visto afectados, provocando casos de rotación, desplazamiento, etc. Tanto en microdoncia como macrodoncia, se ha determinado si la anomalía es localizada o generalizada, con objeto de observar el número de dientes afectados, puesto que es preciso conocer si debe ser excluída toda la dentición o tan solo algunos de ellos. Asimismo, hay que tener la precaución de no confundir estas anomalías con casos de macrodoncia o microdoncia *relativa*, es decir, el individuo presenta una estructura ósea de tamaño superior o inferior al normal que hace parecer a los dientes de un tamaño mayor o menor, cuando en realidad no es así y son totalmente normales.

6.1.1.2. Anomalías de número

La dentición humana está formada por 20 dientes primarios —8 incisivos, 4 caninos, 8 molares— y por 32 dientes permanentes —8 incisivos, 4 caninos, 8 premolares, 12 molares—y con igual distribución de número de dientes en cada arcada. Si este número se ve disminuido o aumentado se trata de una anomalía de número. Estas anomalías se producen siempre en estadios tempranos del desarrollo embrionario, debido a la acción del agente causal sobre la lámina dentaria (Roig y Morelló, 2006).

6.1.1.2.1. Agenesia, anodoncia, hipodoncia u oligodoncia

La agenesia dental es la ausencia congénita de dientes debido a la falta de desarrollo de los gérmenes dentales (Barbería Leache y Maroto Edo, 2011; Lygidakis y Laskaris, 2000; Sapp *et al.*, 1998). Entre los diferentes factores etiológicos que generan esta anomalía se encuentran más de 70 síndromes genéticos (Lygidakis y Laskaris, 2000); además de traumatismos, infecciones, irradiaciones pre y postnatales, labio leporino y paladar hendido, entre otros (Barbería Leache y Maroto Edo, 2011).

En la literatura científica se encuentran diferentes términos para definir esta anomalía en función del número de dientes afectados: (I) *oligodoncia* es el nombre que reciben los casos en los que se da una agenesia de seis o más dientes; (II) *hipodoncia* es la más frecuente y se emplea para aquellos en los que la ausencia es de menos de seis dientes; (III) *anodoncia* es la más rara y consiste en la ausencia de la totalidad de los dientes (Lygidakis y Laskaris, 2000; Sapp *et al.*, 1998; D'Souza *et al.*, 2006; Roig y Morelló, 2006).

Los dientes que se ven más afectados por esta anomalía son los permanentes respecto a los primarios, y en concreto los incisivos laterales, los segundos premolares y los terceros molares (Barbería Leache y Maroto Edo, 2011; D'Souza *et al.*, 2006). Esta anomalía, a pesar de que puede darse en cualquier diente, es excepcional en caninos y primeros molares debido a su gran estabilidad filogenética, lo que se relaciona con la teoría de Dalhberg de la tendencia a la reducción de la fórmula dentaria con la pérdida de cada diente distal de cada grupo — terceros molares, segundos premolares e incisivos laterales— (Roig y Morelló, 2006).

6.1.1.2.2. Hiperdoncia, hipergenesia o dientes supernumerarios

Se define como la presencia de un número de dientes superior al normal (Lygidakis y Laskaris, 2000; Sapp *et al.*, 1998; D'Souza *et al.*, 2006). Los dientes que aparecen en exceso se llaman supernumerarios y pueden tener la misma forma que el diente adyacente o pueden presentar alteraciones de tamaño y forma.

En función del lugar y la forma con la que aparecen reciben un nombre propio: (I) *mesiondens* son los que se localizan entre los incisivos centrales superiores y suelen tener una morfología dimórfica; (II) *peridens* son los que se localizan en los premolares y pueden presentar morfología normal o anómala; (III) *paramolar* son los que se localizan en la cara vestibular o lingual de los molares, más frecuentemente en los primeros y los segundos y pueden aparecer fusionados a éstos; (IV) *distomolar* son los que se localizan en la superficie distal del tercer molar (Roig y Morelló, 2006).

La etiología de los dientes supernumerarios está relacionada con diversos síndromes congénitos, así como con la hiperactividad de la lámina epitelial dental durante su desarrollo (Rodríguez Romero y Cerviño Ferradanes, 2009; D'Souza *et al.*, 2006).

En la dentición primaria la mayor incidencia de hiperdoncia se da en los incisivos y caninos superiores, mientras que en la dentición permanente se da en los incisivos, premolares y tercer molar (Barbería Leache y Maroto Edo, 2011).

6.1.1.2.3. Valoración de las anomalías de número como factor limitante

Las anomalías de número no solo van a influir en la exclusión de los dientes afectados sino que también pueden perjudicar la toma de fotografía de dientes adyacentes. Los dientes supernumerarios que aparecen fusionados a otro diente han obligado a la exclusión de este también, debido a que la coalescencia altera completamente la morfología.

La falta o exceso de número de dientes afectados, puede favorecer la aparición de anomalías de posición en dientes contiguos provocada por la disminución o excedente del espacio en la arcada dentaria, por ejemplo, rotación, desplazamiento, diastemas o apiñamientos.

6.1.1.3. Anomalías de forma

Son aquellas que afectan a la forma del diente desviándolo de la normalidad. Pueden afectar a la corona, a la raíz o a ambas. No son fáciles de identificar debido a la variabilidad poblacional, puesto que lo que en una puede ser anomalía en otra puede ser un rasgo habitual.

6.1.1.3.1. Anomalías que afectan a la corona del diente

6.1.1.3.1.1. Dientes “en pala”

Se caracterizan por la presencia de bordes marginales mesial y distal excesivamente desarrollados en la superficie lingual de los dientes anteriores, tanto superiores como inferiores. Estos bordes se extienden desde la zona incisal hasta la cervical, dando lugar en algunos casos, a la presencia de una fosa lingual. Estas anomalías pueden ser clasificadas en función de su grado de expresión (Scott y Turner, 2000).

Los dientes “en pala” deben valorarse en función de la población de estudio, puesto que de esto varía que sean considerados anomalías o simples variaciones morfológicas. Su alta incidencia en asiáticos e indígenas americanos hace que estén dentro de la normalidad; sin embargo, en el resto de poblaciones la incidencia es tan baja que se considera anomalía.

6.1.1.3.1.2. Diente en forma conoide

Los incisivos laterales son los dientes que presentan una mayor variabilidad en cuanto a tamaño y forma (Scott y Turner, 2000). La anomalía de forma que presentan con mayor frecuencia son los dientes conoides, que se presentan en el 1–2% de la población.

Tienen forma cónica tanto la corona como la raíz, con un diámetro cervical más ancho que a nivel incisal (Scheid y Weiss, 2012). Con esta forma pueden presentarse también los dientes supernumerarios (Rajab y Hamdan, 2002), o asociados a otras anomalías como agenesias o microdoncias (Roig y Morelló, 2006).

6.1.1.3.1.3. Talón cusπίdeo

Es una anomalía que se manifiesta en forma de cúspide accesoria proyectada lingual e incisalmente desde el cingulo; se localiza en los dientes anteriores de la dentición primaria y la definitiva (Abbott, 1998; Karjodkar, *et al.*, 2007). Esta anomalía varía en tamaño, forma, estructura y localización; sin embargo, donde se sitúa con mayor frecuencia es en la superficie lingual de los dientes anteriores permanentes.

La incidencia es baja (0,6%–8%) y algunos autores señalan una mayor frecuencia en población mongoloide que en caucásicos y negroides (Zambrano *et al.*, 2009). Aunque su etiología no se conoce de forma precisa, ha sido relacionado con síndromes congénitos (Karjodkar, *et al.*, 2007).

6.1.1.3.1.4. Irrupción del cingulo basal

Esta anomalía se localiza en el cingulo de la superficie lingual de los incisivos superiores. Se trata de una disección de los bordes marginal y distal sobre la prominencia basal. Su frecuencia es más elevada en los incisivos laterales que en los centrales (Scott y Turner, 2000).

6.1.1.3.1.5. Extensiones de esmalte

La línea cervical del esmalte que une la corona con el cemento de la raíz en las superficies vestibular y lingual tiene forma horizontal y no presentan una curvatura marcada. Una extensión en el esmalte es definida como una proyección de esmalte en forma de línea vertical que parte de la región cervical de la corona en dirección al ápice y que se detiene en la bifurcación de la raíz (Scott y Turner, 2000; Turner *et al.*, 1991).

6.1.1.3.1.6. Cresta distal accesoria

En ocasiones entre el borde distal y el incisal de los caninos aparece un rasgo de morfología variable, que recibe el nombre de cresta distal accesoria.

Dicho rasgo es más común y robusto en los caninos superiores que en los inferiores (Scott y Turner, 2000).

6.1.1.3.1.7. Tubérculo o cúspide de *Carabelli*

Es una cúspide accesoria situada en el protocono o cúspide mesiolingual de los molares superiores (Kessler HP, 2013; Hillson, 1996; Kieser, 1990; Scott e Irish, 2013; Scott y Turner, 2000).

Su rango de grados de expresión es muy extenso, desde un pequeño borde a un tubérculo con el mismo tamaño de una cúspide (Scott and Turner, 2000). Estos diferentes grados se describen en su placa correspondiente del sistema ASUDAS de la Universidad de Arizona.

Este rasgo dental ha sido ampliamente utilizado en estudios de afinidad ente poblaciones (Hsu *et al.*, 1997; Scott, 1980; Scott y Turner, 2000; Townsend y Brown, 1981); dimorfismo sexual (Khraisat *et al.*, 2007; Noss *et al.*, 1983); heredabilidad (Alvesalo *et al.*, 1975; Goose y Lee, 1971) y especies de homínidos (Guatelli-Steinberg e Irish, 2005; Scott e Irish, 2013).

Su mayor incidencia se da en los primeros molares superiores y en los segundos molares primarios, siendo menos común en los segundos molares y muy raro en los terceros (Hillson, 1996). El tubérculo de *Carabelli* es mucho más frecuente en poblaciones europeas y africanas (70–90%) que en poblaciones asiáticas (25–60%); de modo que, como se ha señalado con anterioridad, hay que tener en cuenta estos porcentajes para diferenciar entre anomalía y variabilidad intra e interpoblacional (Scott, 1980).

6.1.1.3.1.8. Parastilo o tubérculo paramolar

Rasgo dental en forma de cúspide accesoria situada en el paracono o cúspide mesiovestibular de los molares superiores (Hillson, 1996; Scott y Turner, 2000; Turner *et al.*, 1991).

Tiene un amplio rango de grados de expresión, desde un pequeño borde hasta un gran tubérculo; en gran parte de los casos se corresponde con un diente cónico supernumerario, fusionado a la superficie vestibular de los molares, y que

a menudo tienen su propia raíz. Su mayor incidencia se da en los terceros molares, siendo menos común en los segundos molares y rara vez en los terceros (Scott y Turner, 2000; Turner *et al.*, 1991).

6.1.1.3.1.9. Molares en mora

Anomalía que afecta al esmalte de los primeros molares de ambas denticiones y que presentan una superficie oclusal constituida por múltiples diminutos tubérculos entre los cuales se localizan las cúspides (Scheid y Weiss, 2012). Deben su nombre a su similitud morfológica de la superficie masticatoria del diente con las moras.

Ésta, junto con otras patologías dentales como los incisivos de Hutchinson, está asociada con sífilis congénita (Hillson *et al.*, 1998).

6.1.1.3.2. Anomalías que afectan a la raíz del diente

6.1.1.3.2.1. Raíces accesorias o adicionales

Suelen presentarse en dientes que se forman después del nacimiento debido a posibles traumatismos, disfunciones metabólicas o presión durante el desarrollo (Scheid y Weiss, 2012).

Los caninos con raíces adicionales tienen una baja frecuencia en humanos, 5–10% en algunos grupos. Las dos raíces se aprecian al observar la superficie mesial o distal; éstas están separadas al menos en una cuarta parte del total de la raíz (Scott y Turner, 2000).

Los premolares superiores pueden tener una, dos o tres raíces. Los que presentan una sola raíz no muestran bifurcación pero si pueden tener un surco; si la bifurcación existe entonces se trata de un premolar con dos raíces. En el caso de que tengan tres raíces la separación es mucho mayor, pudiendo alcanzar las tres cuartas partes de la propia raíz (Scheid y Weiss, 2012; Scott y Turner, 2000).

Por norma general, los molares inferiores presentan dos raíces y los superiores tres, aunque en algunos casos no llegan a estar del todo separadas y se diferencian entre sí por una bifurcación. La aparición de una raíz adicional

suele estar asociada a dientes supernumerarios —de pequeño tamaño y forma cónica— adheridos a los molares, siendo más frecuentes en los primeros molares que en el segundo o tercero (Scott y Turner, 2000).

6.1.1.3.2.2. Hipercementosis

Durante la vida del diente se produce una aposición continuada de cemento en la superficie de la raíz, aumentando el grosor del mismo. En algunos casos esta formación de cemento es excesiva dando lugar a la hipercementosis (Scheid y Weiss, 2012). Este exceso de cemento hace que la raíz muestre un tamaño superior al normal y que el ápice tenga forma redondeada.

La hipercementosis puede producirse debido a una inflamación periapical, al uso de ortodoncia, a maloclusión por la ausencia de dientes, entre otros, aunque en muchos de los casos la etiología es desconocida (Purkait, 2011). La excesiva formación de cemento en la raíz de dientes contiguos puede dar lugar a la unión de los mismos a través de una delgada capa de cemento (Scheid y Weiss, 2012).

6.1.1.3.2.3. Perla del esmalte

Es una proyección de pocos milímetros, redonda y localizada de esmalte, que se encuentra mayoritariamente en la bifurcación o trifurcación de los molares y cerca de la unión del cemento y el esmalte (Purkait, 2011; Saraf, 2008). Histológicamente pueden estar formadas en gran parte por esmalte o pueden presentar un núcleo de dentina central (Sapp *et al.*, 1998). La etiología de este esmalte ectópico obedece a causas genéticas (Roig y Morelló, 2006). Se localizan con mayor frecuencia en molares superiores que en molares inferiores (Risnes, 1974).

6.1.1.3.2.5. Angulación del diente

Es una curva severa del diente, situada generalmente entre la corona y la raíz, pero también puede aparecer a mitad de la raíz o en el propio ápice (Purkait, 2011). Esta rara anomalía suele ser el resultado de un traumatismo o de

una falta de espacio en el correcto desarrollo del diente (Scheid y Weiss, 2012). La localización de la angulación depende del momento en que se produjo el daño durante la formación del diente (Purkait, 2011).

6.1.1.3.2.5. Raíces cortas o enanas

Son aquellos dientes que presentan un tamaño de corona normal, pero cuyas raíces son cortas (Scheid y Weiss, 2012). Esta anomalía afecta a los incisivos centrales superiores y tiene una incidencia de 2,5% en caucásicos y del 10% en mongoloides. Su etiología es desconocida, aunque algunos investigadores lo han relacionado con un posible traumatismo o a la reabsorción de la raíz por un estrés severo (Šikanjić y Meštrović, 2006).

6.1.1.3.3. Valoración de las anomalías de forma como factor limitante

La presencia de cualquiera de estas anomalías altera la forma del diente limitando su estudio. No obstante, no han sido descartados de forma automática, sino que han sido estudiados de forma individualizada prestando especial atención a la localización de la patología.

Como se ha explicado previamente, puede verse afectada la forma del diente completo, la corona o la raíz. Debido al objeto del presente trabajo, el estudio morfométrico de las corona dentales, los dientes cuya corona se ha visto afectada han sido descartados en su totalidad, pero no siempre en casos en los que la anomalía se encontrara en la raíz, por ejemplo, perlas de esmalte o hiper cementosis.

A su vez se ha tenido en cuenta la localización de la anomalía y la superficie que se tiene por objeto estudiar, puesto que una extensión del esmalte localizada a nivel cervical de la superficie vestibular de un molar, no dificulta la toma de fotografías de la superficie oclusal.

6.1.1.4. Anomalías de erupción

6.1.1.4.1. Dientes impactados o retenidos

Son aquellos que no erupcionan en la cavidad oral debido a una barrera física que se lo impide o a una falta de fuerza eruptiva (Sapp *et al.*, 1998; Scheid y Weiss, 2012). Son muchos los factores que intervienen en la retención dentaria. Dentro de estos se encuentran las causas localizadas como la densidad de hueso que cubre al diente, la falta de espacio, la retención prolongada o la pérdida prematura de dientes primarios, fibrosis gingival, etc. También puede ser provocada por causas generales o sistémicas como anemia, raquitismo, desnutrición (Pentón García *et al.*, 2009); o por la tendencia evolutiva hacia la regresión del macizo facial de nuestra especie y la dieta blanda ingerida durante la adolescencia e infancia (Pamplona, 1987). Aunque cualquier diente puede encontrarse retenido, los más comunes son los terceros molares y los caninos; debido a su cronología de erupción tienen un mayor riesgo de obstrucción o de falta de espacio.

La impactación de los caninos ocurre con más frecuencia en mujeres que en hombres, a la vez que es más frecuente su inclusión palatal que labial (Vera *et al.*, 2000 citado en: Bustamante y Prato, 2010).

Los terceros molares retenidos se categorizan en función de su posición, angulación y profundidad respecto al segundo molar y su proximidad con la rama mandibular. Los más frecuentes son los impactados mesioangularmente (Fuentes y Oporto, 2009).

Un diente está completamente retenido si está totalmente rodeado por hueso, mientras que si está situado una parte en hueso y la otra en tejido blando es considerado parcialmente retenido (Scheid y Weiss, 2012).

6.1.1.4.2. Valoración de los dientes impactados como factor limitante

La retención de los dientes impactados dentro del hueso alveolar impide la visualización completa del mismo; por lo tanto, no es posible su análisis para la inclusión en el estudio. Ya estén totalmente o en parte impactados han sido eliminados, puesto que la falta total de erupción ha impedido la toma de fotografías. No obstante, aquellos dientes que han podido ser extraídos

temporalmente del hueso para realizar la fotografía han sido incluidos, siempre que no presentaran cualquier otra anomalía o patología adicional.

La presión de los dientes retenidos sobre otros adyacentes, puede derivar en la aparición de otras anomalías o lesiones en la arcada dentaria que deben ser observadas y tenidas en cuenta en la delimitación de la muestra de estudio, por ejemplo, rotación, desplazamiento, diastemas, apiñamientos, daños en raíces o coronas de dientes contiguos, etc.

6.1.1.5. Anomalías de posición

Los dientes presentan un desplazamiento o inclinación en relación a la posición que les corresponde.

6.1.1.5.1. Malposiciones dentales individuales

En función del desplazamiento o inclinación que puede presentar un único diente hay cuatro tipos de malposiciones: (i) *Versión*: movimiento de la corona, mientras el ápice permanece fijo, que da lugar a una inclinación del arco dentario; (ii) *Gresión*: desplazamiento del diente completo, tanto de la corona como de la raíz manteniendo la inclinación original; (iii) *Torque*: movimiento del ápice pero no de la corona, con el consecuente cambio de inclinación axial; (iv) *Rotación*: giro del diente en torno a su eje longitudinal, sin alterar su inclinación, sin desplazamiento (Ustrel Torrent y Durán Arx, 2002).

6.1.1.5.2. Apiñamiento dental

Es el resultado de la discrepancia negativa entre el tamaño dental y el espacio óseo existente, es decir, la dentición necesita más espacio del que realmente dispone (Howe *et al.*, 1983; Radzic, 1988; Ustrel Torrent y Durán Arx, 2002). Hay tres condiciones que predisponen a un individuo a sufrir apiñamiento dental: dientes excesivamente grandes, maxilares demasiado pequeños o la combinación de ambos casos (Howe *et al.*, 1983). Esta desproporción dentoalveolar tiene una etiología poco definida. Entre sus causas los investigadores sugieren: el resultado de la evolución del ser humano hacia un

espacio facial más reducido, factores hereditarios fruto del mestizaje de grupos étnicos con rasgos físicos dispares, factores medioambientales o factores genéticos (Radnizic, 1988), así como la forma y el tamaño dentario o los cambios que ocurren en el crecimiento de la mandíbula durante el crecimiento (Pamplona, 1987). Los dientes más susceptibles a sufrir apiñamiento son los incisivos inferiores, que se ven obstaculizados por los superiores, y los caninos superiores y segundos premolares inferiores, debido a la falta de espacio por su cronología de erupción (Ustrel Torrent y Durán Arx, 2002). El apiñamiento puede ser primario, se presenta desde el momento de la erupción como consecuencia de la relación negativa entre espacio óseo y tamaño dental; y secundario, relacionado con hábitos parafuncionales, tratamientos dentales, etc. (Harfin, 2010).

6.1.1.5.3. Diastema

Es el caso contrario del apiñamiento dental. Debido a una discrepancia positiva entre el tamaño de los dientes y los maxilares tiene lugar una separación interdental entre dientes adyacentes (Juneja y Singh, 2008; Ustrel Torrent y Durán Arx, 2002). En 1963, Keene definía diastema como el espacio de más de 0,5 mm existente entre las superficies proximales de dientes contiguos. En la mayoría de los casos suele aparecer entre los incisivos centrales o entre los incisivos laterales y caninos. Este espacio interdental es en muchos casos resultado de un crecimiento anormal durante el desarrollo de las denticiones primaria y mixta, por lo que, una vez erupcionados los caninos, se cierra de manera espontánea (Huang y Creath, 1995; Juneja y Singh, 2008; Ustrel Torrent y Durán Arx, 2002). Los casos en que el diastema se localiza entre los incisivos centrales superiores se conocen como *diastema de la línea media* o *trema*.

6.1.1.5.4. Valoración de las anomalías de posición como factor limitante

La falta de alineación de los dientes en el arco dentario da lugar a una maloclusión, que puede ser debida, entre otros motivos, a las anomalías de posición citadas previamente. Esta puede derivarse en zonas de fricción que aceleran el desgaste con respecto a otras zonas de la cavidad oral, reduciendo el número de dientes a fotografiar.

La malposición dental, ya sea individual o de un grupo de dientes ha impedido la visualización correcta de todas las superficies de los mismos y, por tanto, limita la toma de fotografías. Asimismo, las facetas de desgaste de las superficies interproximales también se ha visto afectadas reduciendo el tamaño de la corona dental

6.1.1.6. Anomalías de unión

Se trata de una desviación de la normalidad que afecta al desarrollo del diente y que da lugar a la aparición de “dientes dobles”, alterando la morfología de los mismos, así como el número de dientes que presenta la cavidad oral.

6.1.1.6.1. Fusión dental

Es la unión de dos gérmenes dentales adyacentes con confluencia de la dentina (Kessler, 2013; Nunes *et al.*, 2002; Sapp *et al.*, 1998; Scheid y Weiss, 2012). La fusión se produce durante el desarrollo embrionario y puede ser de dos dientes sanos, o de un diente sano y otro supernumerario. Tiene lugar debido a la persistencia de la lámina interdental durante el desarrollo del diente, ya sea primario o permanente (Iglesia–Puig, 2005).

Observado a través de técnicas radiológicas, se puede ver si la fusión es completa —una sola cámara pulpar y un solo canal radicular— o incompleta —dos cámara pulpares y dos conductos radiculares—. Que sea completa o incompleta varía en función de la etapa de desarrollo en la que se encuentra el diente en el momento de la fusión. Si la fusión es anterior a la calcificación se verán implicados todos los componentes: esmalte, dentina, cámara pulpar y cemento. En cambio, si la fusión comienza en etapas más avanzadas pueden afectar tan solo a las raíces y tener las coronas separadas (Sapp *et al.*, 1998; Radi *et al.*, 2004).

La etiología no se conoce de forma precisa, no obstante está asociada a factores traumáticos; factores ambientales como el consumo de alcohol o la hipervitaminosis A; factores congénitos; factores inflamatorios que afectan a ambos folículos de los dientes fusionados (Radi *et al.*, 2004). Esta anomalía se da con mayor frecuencia en la dentición temporal que en la permanente, sobre todo

en los incisivos, aunque también se han dado casos en los dientes laterales (Iglesia–Puig, 2005; Nunes *et al.*, 2002).

6.1.1.6.2. Geminación

La fusión dental no debe confundirse con la geminación dental, que es la división de un único germen dentario dando lugar a dos dientes resultantes de un solo folículo (Iglesia–Puig, 2005; Radi *et al.*, 2004).

La geminación incompleta —un diente con una solo raíz y un solo conducto— es más frecuente que la completa —dos coronas y dos raíces—. Los dientes más afectados son los anteriores; no obstante, no se descarta su aparición en premolares y molares (Nunes *et al.*, 2002).

Para establecer el diagnóstico diferencial entre fusión y geminación es necesario tener en cuenta la morfología, la anatomía pulpar, la localización y el número de dientes presentes en la cavidad oral (Radi *et al.*, 2004). Para diferenciar ambos casos es necesario contar el número de dientes y en el caso de que haya uno de más se trata de geminación (Sapp *et al.*, 1998). No obstante, estas anomalías pueden ser confundidas y su diagnóstico puede resultar complejo; por ejemplo, en casos en los que la geminación sea completa, la diferenciación resulta muy complicada o imposible, ya que uno de los dientes puede ser confundido con un supernumerario (Nunes *et al.*, 2002).

6.1.1.6.2. Valoración de las anomalías de unión como factor limitante

Todos los dientes que presentan anomalías de unión dental han sido excluidos del estudio debido a la alteración morfológica que se produce en la unión de ambos.

Ya sea en casos de fusión, en los que dos dientes se encuentran unidos o en casos de geminación en los que un mismo diente se divide en dos, pierden su forma natural impidiendo su estudio morfométrico. Por lo tanto, no se ha tenido en cuenta si era completa o incompleta, puesto que en todos los casos el diente presenta una anomalía generalizada que le afecta en su totalidad.

6.1.2. Anomalías adquiridas

Son aquellas alteraciones que tienen lugar en la cavidad oral debido a alteraciones patológicas o ambientales y tratamientos dentales.

6.1.2.1. Alteraciones patológicas o ambientales

6.1.2.1.1. Hipoplasia del Esmalte

La hipoplasia del esmalte es una deficiencia irreversible en el espesor del esmalte debido a un estrés fisiológico durante la fase secretora de la amelogenénesis —fase de formación del esmalte—. Debido a que las irregularidades en la formación del esmalte pueden causar la muerte de los ameloblastos —células secretoras del esmalte— pueden tener lugar defectos visibles macroscópicamente en la superficie del diente (López-Lázaro, 2010).

La etiología de la hipoplasia ha sido debatida ampliamente (Skinner, 1996) y, aunque no se conoce de forma precisa, es considerada como resultado de un trastorno metabólico o nutricional no específico (Goodman y Rose, 1990; Hillson, 1996; Ritzman *et al.*, 2008).

Los estudios epidemiológicos en poblaciones actuales han señalado una amplia gama de factores ambientales (Griffin y Donlon, 2008), relacionando esta patología con el estatus socioeconómico (Lukacs, 2001), malnutrición (Goodman *et al.*, 1987, 1991; Goodman y Rose, 1990), enfermedades infecciosas (Fraser y Nikiforuk, 1982; Goodman *et al.*, 1991), destete (Goodman *et al.*, 1984; Moggi-Cecchi *et al.*, 1994), nacimiento prematuro (Seow y Perham, 1990) o con causas genéticas (Trancho y Robledo, 1999).

Los dientes con más incidencia de hipoplasia en ambas denticiones son los incisivos centrales superiores y los caninos mandibulares (Goodman y Rose, 1990). En cambio, en el caso de la población de individuos infantiles de la colección de San José, Granada, en la dentición primaria el diente que presenta mayor número de defectos hipoplásicos es el canino superior y en la dentición permanente el incisivo central mandibular. La frecuencia total de hipoplasia en dicha colección es el 24,7% (López-Lázaro, 2010).

Los defectos hipoplásicos pueden aparecer con diversas formas: líneas horizontales, líneas verticales, oquedades y ausencia total del esmalte (Goodman y Rose, 1990). En un mismo diente puede aparecer más de un episodio de hipoplasia, ya sea en la misma o en diferentes superficies, reflejando más de un trastorno en la salud del individuo o de la madre.

Debido a la incapacidad del esmalte de regenerarse, las alteraciones que se producen en él proporcionan un registro cronológico permanente del estrés sufrido a lo largo del desarrollo de la corona. La formación de la corona de cada diente a diferentes edades permite datar los defectos y estimar la edad a la que se produjeron. Este indicador patológico aparece tanto en la dentición permanente como en la primaria, por lo que se pueden registrar trastornos a partir del quinto mes prenatal, cuando comienza la formación de la corona de los incisivos primarios, hasta los 12–16 años, cuando finaliza la formación de la corona del tercer molar permanente (Blackey y Armelagos, 1985).

6.1.2.1.1.1. Clasificación de los defectos hipoplásicos

Para catalogar los defectos del esmalte en el presente estudio se ha tenido en cuenta la superficie —vestibular, lingual, mesial, distal— y la región del diente —incisal/oclusal, media, cervical (Blackey y Armelagos, 1985). Para ello se ha empleado la categorización de la Federación Dental Internacional de 1982 (Tabla 6.1). En ella se señalan los defectos que solo suponen un cambio en la coloración del esmalte, debido a cambios en la composición del esmalte y los que afectan al espesor del esmalte y, por lo tanto, a la superficie externa del mismo.

Tabla 6.1. Clasificación de los defectos hipoplásicos según la Federación Dental Internacional (1982)

	Descripción
Tipo I	Opacidades de color blanco o crema
Tipo II	Capa amarilla u opacidad marrón del esmalte
Tipo III	Defecto en forma de agujero, orificio u oquedad
Tipo IV	Surco horizontal o transversal
Tipo V	Surco vertical
Tipo VI	Defecto hipoplásico en el que el esmalte está totalmente ausente

6.1.2.1.1.2. Valoración de la hipoplasia como factor limitante

Es por estas alteraciones en el espesor del esmalte por lo que se ha de tener en cuenta la hipoplasia como factor limitante a la hora de tomar medidas de un determinado diente, puesto que si el esmalte se ve afectado por esta patología, la morfología dental de la zona afectada no va a ser la misma que la de un diente sano.

No obstante, no se han descartado todos los dientes con hipoplasia, ya que los que suponen un cambio en la coloración del esmalte pueden ser analizados, puesto que la alteración no afecta al espesor del esmalte y, por tanto, tampoco a su forma o tamaño.

6.1.2.1.2. Caries

En 1970 Pindborg definió las caries como una enfermedad infecciosa y trasmisible que da lugar a una progresiva destrucción de la estructura del diente, corona y raíz, debido a la actividad microbiana en la superficie del diente. Los ácidos orgánicos producidos por las bacterias de la placa dental inician el proceso de desmineralización del esmalte de forma parcial y localizada, que avanza hasta la destrucción sustancial de la dentina. Si la caries alcanza la raíz es debido a su exposición por una enfermedad periodontal (Ortner, 2003).

Las caries pueden aparecer en cualquier parte del diente en la que la placa bacteriana se deposita y permanece durante un periodo de tiempo. Hay determinadas superficies en las que esta patología aparece con mayor frecuencia, no porque estas zonas sean más o menos susceptibles a esta lesión, sino porque hay sitios en los que la placa se acumula y desarrolla con mayor facilidad, por ejemplo, oquedades, fisuras o surcos (Fejerskov *et al.*, 2008).

El primer signo de manifestación de la caries se da en la superficie del esmalte, donde emerge una pequeña zona traslúcida, que se irá ampliando progresivamente y en la que, posteriormente, aparece una mancha marrón en el centro. A medida que la lesión continua creciendo acaba siendo visible macroscópicamente como un área opaca de color blanquecino o marrón, pero aún conserva la superficie intacta, es decir, no presenta pérdida de sustancia. Posteriormente, la zona afectada pasa a ser rugosa hasta que finalmente se

convierte en una cavidad de tamaño variable que puede ser arañada con una sonda (Hillson, 1996).

En función del avance del daño, las caries pueden ser clasificadas como *no cavitadas*, si la superficie del esmalte sigue intacta o como *cavitada* si presenta una oquedad (Fejerskov *et al.*, 2008)

Si la lesión no es tratada a tiempo —afectando al esmalte, cemento dentina, raíz— y acaba con la exposición de la cámara pulpar, crea un alto riesgo de infección que puede derivar en un absceso, con la consecuente reducción y obliteración del hueso alveolar (Ortner, 2003).

El mayor causante de las caries es el grupo de los *Streptococcus mutans*, no obstante, hay otros como *S. oralis*, *S. milleri* o *S. salivarius* o los lactobacilos (Hillson, 1996; Ortner, 2003).

En cuanto a la epidemiología, cabe señalar una mayor afectación en los molares, seguidos en segundo lugar por los premolares y en tercero por los dientes anteriores. Las zonas con mayor incidencia son las oquedades y fisuras, así como las superficies proximales, tanto de dientes laterales como anteriores. Las caries son muy comunes durante la infancia, con un crecimiento constante hasta, aproximadamente, los 15 años; una vez que se llega a adulto joven la incidencia comienza a decrecer. Las niñas presentan más frecuencia de caries, si bien es necesario tener en cuenta que sus dientes erupcionan antes, por lo que la exposición al riesgo es más prolongada (Hillson, 1996).

El patrón cariogénico puede repetirse durante varias generaciones de una misma familia debido a factores hereditarios; no obstante, intervienen en gran medida otros factores como los medioambientales, los tratamientos dentales, o la propia dieta (Hillson, 1996).

6.1.2.1.2.1. Clasificación de las caries

Las caries pueden ser clasificadas de distintas formas en función de lo que se quiera analizar: por su estructura, profundidad, gravedad, etc. La opción elegida en el presente trabajo ha sido según su superficie y localización en el diente. Para ello se ha seguido el esquema propuesto por Watt y sus colaboradores en 1997 (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Clasificación de las caries según su localización

Superficie	Localización
Oclusal	(a) en las fisura (b) en las cúspides (c) afección de toda la superficie
Mesial/Distal	(a) en los dos tercios oclusales/incisales de la corona (b) en el tercio cervical, no afecta a la unión amelocementaria (c) a nivel de la unión amelocementaria (d) raíz solamente (e) afección de toda la superficie
Vestibular/Lingual	(a) en el esmalte solamente (b) a nivel de la unión amelocementaria (c) raíz solamente (d) afección de toda la superficie

(adaptado de Watt *et al.*, 1997)

6.1.2.1.2.2. Valoración de las caries como factor limitante

La elección de la clasificación descrita anteriormente está directamente relacionada con la importancia de la localización de la caries en el diente. El paso previo del estudio de las caries como factor limitante no solo se ciñe a su presencia o ausencia, sino que es determinante en el lugar donde se encuentra esta patología, si hay cavitación, y en ese caso su tamaño, para dictaminar si el diente debe ser excluido o incluido del estudio.

Por ello, no se descarta de forma automática cualquier diente con caries, sino que hay lesiones que tan solo limitan el número de regiones a analizar. Por ejemplo, si el objetivo es estudiar la superficie oclusal de un molar y la caries se encuentra en la línea amelocementaria de la superficie mesial, esta no afecta de ningún modo, ya que ni siquiera se observa en la fotografía. Es por esto que hay que valorar cada caries de forma individualizada, puesto que la patología puede dar lugar a la exclusión de una determinada superficie pero no a la exclusión de todo el diente.

Asimismo, se tuvieron en cuenta únicamente las caries con evidencias claras de ruptura en la superficie del diente. Si el diente presentaba manchas blancas o marrones en el esmalte sin la presencia de cavitaciones no fueron considerados como caries.

6.1.2.1.3. Desgaste

Desde que los dientes erupcionan en la cavidad oral están sometidos a un constante proceso de pérdida de los tejidos dentarios. No se trata de una alteración patológica, sino que el desgaste mecánico es un progreso natural debido al uso de la dentición en la vida diaria del individuo.

Las variaciones en el grado y patrón de desgaste entre individuos y poblaciones varían en función de la dieta y del uso de la dentición como herramienta (Kaidonis *et al.*, 2012), así como de factores exógenos como la forma de vida o hábitos como el bruxismo (Trancho y Robledo, 2007). La susceptibilidad de los dientes al desgaste depende de la calidad y grado de dureza del esmalte, dentina y cemento; de la forma de las arcadas dentales y su mecanismo de oclusión; de la presencia de anomalías o patologías dentales. A su vez, el grado de desgaste está directamente relacionado con el tiempo de utilización de la dentición, por eso se ve afectado por la edad del individuo.

6.1.2.1.3.1. Mecanismos de desgaste

Durante muchos años, los antropólogos no han hecho diferencia entre abrasión, atrición y erosión, sino que los han considerado producto del tipo de dieta y el uso de herramientas; sin embargo, recientemente se ha distinguido entre estos tres mecanismos, prestando atención a *cómo* y *qué* los produce (Kaidonis *et al.*, 2012).

La **atrición** es el resultado de la fricción directa ente dientes opuestos o contiguos, dando lugar a facetas de contacto en la superficie oclusal interproximal (Hillson, 1996; Kaidonis *et al.*, 2008; Grippo *et al.*, 2004; Trancho y Robledo, 2002). Se produce cuando no hay presencia de alimentos y da lugar a una marca de desgaste con la forma del diente opuesto. En las primeras etapas, aparece una pequeña faceta pulida en la cúspide o borde incisal, mientras que en fases avanzadas la dentina está expuesta y la superficie del diente es completamente plana (Kaidonis *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2012).

A pesar de que su distinción puede resultar difícil, la atrición se divide en dos tipos, fisiológica o patológica. La fisiológica es la pérdida de tejido constante y proporcional a la edad y que tiene lugar en las superficies proximales de los dientes. La atrición patológica, por el contrario, no mantiene ninguna relación

con la edad del individuo y es causada por determinadas anomalías en la oclusión, patrón de masticación o por defectos estructurales en la cavidad oral (Purkait, 2011). Algunos ejemplos del tipo patológico pueden ser la agenesia parcial, los tratamientos dentales o el bruxismo, entre otros (Lee *et al.*, 2012). El bruxismo es una actividad oral que consiste en el hábito involuntario, repetido y periódico de apretar y rechinar los dientes como resultado de la contracción rítmica de los músculos maseteros. Esta costumbre puede darse de día, bruxismo diurno, o de noche, bruxismo del sueño, con estados de consciencia diferenciados (Alóe *et al.*, 2003).

La **abrasión** se produce por la fricción de materiales exógenos contra la superficie de los dientes con independencia del contacto oclusal (Lee *et al.*, 2012). Es originada por cualquier partícula u objeto duro que roza los dientes debido a la presión de las mejillas, lengua o comida (Trancho y Robledo 2007; Grippo *et al.*, 2004)

El factor más frecuente que provoca la abrasión es la ingesta de alimentos (Sengupta *et al.*, 1999). La acción abrasiva de la comida es producida por determinadas partículas que contienen o se adhieren a los alimentos y que dan lugar a agujeros, estrías o esquirlas en el esmalte o en la dentina (Lozano, 2005). La cantidad y la morfología de estas marcas depende del contenido de la dieta, así como del mecanismo e intensidad de la masticación.

Además de la dieta, hay otros factores abrasivos como son el uso del cepillo, hilo dental o la intromisión de objetos en la cavidad oral –pipas, lapiceros, tabaco de mascar, etc.–. A estos se suman los que dan lugar a la abrasión ocupacional, relacionada con el uso de los dientes como “tercera mano”, por ejemplo, músicos que sujetan sus instrumentos con la boca, la modista que sujeta las agujas o la peluquera que abre las horquillas con ayuda de los dientes (Grippo *et al.*, 2004). A estos se suman la abrasión ocasionada por rituales culturales, en los que los dientes son limados; así como las causadas por prótesis dentales removibles, que desgastan los dientes que sirven de anclaje a las mismas (Purkait, 2011).

La **erosión** se define como la disolución química de la sustancia del diente por ácidos que no tiene que ver con microorganismos producidos por la placa bacteriana (Bell *et al.*, 1998; Kaidonis *et al.*, 2008). La erosión puede eliminar las marcas de atrición o abrasión, dándole al diente un aspecto vidrioso

(Bell *et al.*, 1998). En función de su etiología, los factores que causan la erosión pueden tener un origen extrínseco o intrínseco.

De origen extrínseco es cualquier sustancia con un Ph inferior a 5,5 que se introduce en la cavidad oral produce y la corrosión y desmineralización de la dentición. Entre ellas se encuentran alimentos de elevada acidez, por ejemplo, cítricos o bebidas carbonatadas; colutorios bucales; medicamentos, como la aspirina o suplementos de vitamina C; drogas como el alcohol o la cocaína (Grippio *et al.*, 2004). En esta categoría existe, a su vez, una erosión de origen ocupacional, que tiene lugar en la cavidad oral de trabajadores que se encuentran a menudo en contacto con ácidos cuyos vapores erosionan la superficie dental —ácido nítrico, sulfúrico, de cromo, entre otros (Purkait, 2011).

De origen intrínseco son los ácidos gástricos. La erosión se ve agravada en casos de bulimia o enfermedades que dan lugar a reflujos gástricos (Grippio *et al.*, 2004). Estas tienen lugar cuando los ácidos gástricos tienen un Ph menor de 1 (Purkait, 2011).

La **abfracción** es la pérdida microestructural de sustancia en la región cervical de los dientes, donde la flexión puede llevar a un desprendimiento de capas delgadas de prismas de esmalte, junto con microfracturas en el cemento y dentina (Grippio *et al.*, 2004).

Esta lesión en forma de cuña aparece en las superficies vestibular y lingual a nivel de la línea amelocementaria como resultado de una sobrecarga por compresión causada por la fuerza oclusal. Ante esta fuerza parafuncional el diente responde con una resistencia igual en sentido contrario dando lugar a una tensión a nivel cervical que lesiona el diente (Cuniberti y Rossi, 2009).

Las fuerzas biomecánicas que causan la abfracción pueden ser tipo estática, deglución, empuje con la lengua y oclusión; o fuerzas cíclicas, producidas durante la masticación (Purkait, 2011). Esta lesión está muy relacionada con la recesión del margen gingival.

6.1.2.1.3.2. Clasificación del grado de desgaste

El método empleado para clasificar los dientes en función de su nivel de desgaste es el propuesto por Smith (1984); en el que se establece una clasificación de ocho estadios en función del grado de desgaste. Cada uno de los estadios esquematizados en la Figura 6.1, están descritos en la Tabla 6.3.

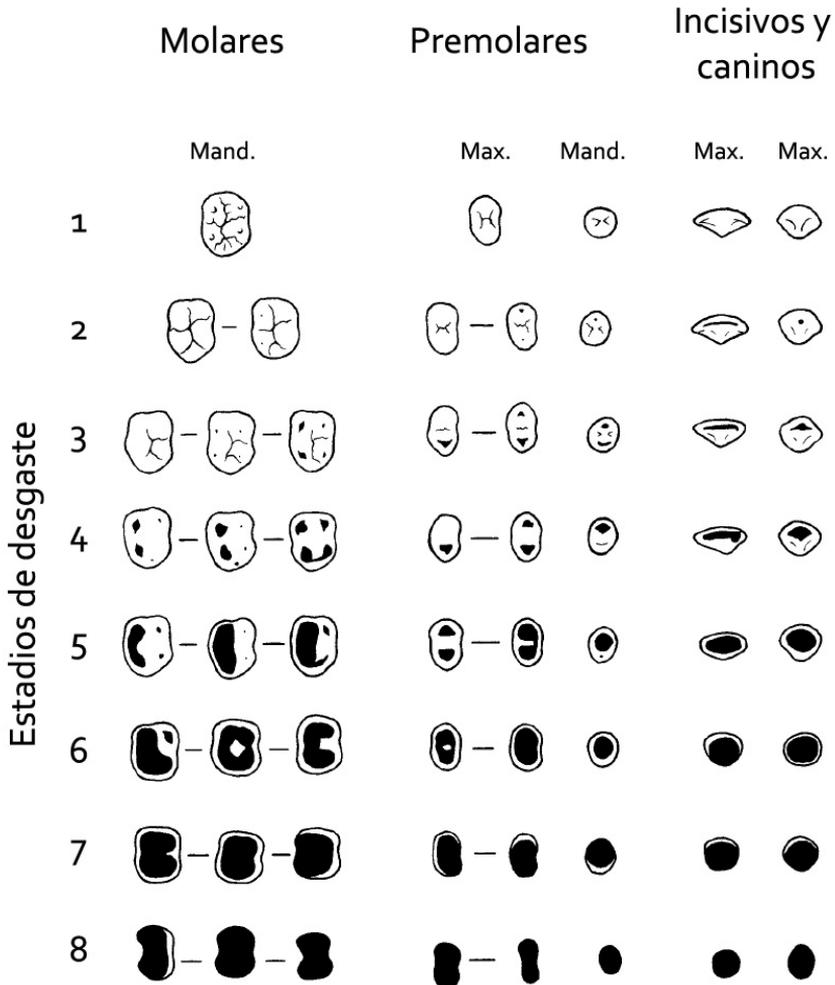


Figura 6.1. Esquema de estadios de desgaste oclusal de las superficies oclusal e incisal (adaptado de Smith, 1984).

Tabla 6.3. Descripción de los estadios de desgaste de las superficies oclusal e incisal

Estadio desgaste	Molares	Premolares	Incisivos y caninos
1	De no gastado a pulido o con pequeñas facetas (dentina no expuesta)	De no gastado a pulido o con pequeñas facetas (dentina no expuesta)	De no gastado a pulido o con pequeñas facetas (dentina no expuesta)
2	Destrucción moderada de las cúspides. No más de una o dos exposiciones puntuales de la dentina	Destrucción moderada de las cúspides	Destrucción moderada de las cúspides
3	Destrucción completa de las cúspides y/o alguna exposición puntual o moderada de la dentina	Destrucción completa de las cúspides y/o de segmentos, moderadas de la dentina	Línea de dentina distinto espesor
4	Varias áreas de dentina expuesta	Al menos un gran área de dentina expuesta	Exposición moderada de la dentina sin parecerse a una línea
5	Dos áreas de exposición de la dentina coalescentes	Dos grandes áreas de dentina (pueden ser ligeramente coalescentes)	Gran área de dentina con el anillo de esmalte completo
6	Tres áreas de la dentina coalescentes o cuatro con una isla de esmalte	Gran área de dentina con el anillo de esmalte completo	Gran área de dentina con pérdida de anillo de esmalte en uno de los lados o esmalte muy fino
7	Exposición de la dentina en toda la superficie, con el anillo de esmalte aún intacto	Exposición total de la dentina con pérdida del anillo de esmalte al menos en uno de los lados	Pérdida de anillo de esmalte en dos lados o apenas pequeños rastros de esmalte
8	Pérdida severa de altura de la corona, ruptura del anillo de esmalte y la superficie de la corona con la forma de las raíces	Pérdida severa de altura de la corona y la superficie de la corona con la forma de las raíces	Pérdida completa de la corona, sin restos de esmalte y la superficie de la corona con la forma de las raíces

(adaptado de Smith, 1984)

6.1.2.1.3.3. Valoración del desgaste como factor limitante

La principal repercusión que tiene el desgaste en los dientes es la alteración del tamaño y de la morfología del diente, lo que ha provocado que sea el factor más excluyente, debido a su acción destructora, y el que ha obligado a prescindir de muchos de ellos para su estudio

Debido a estos claros efectos del desgaste en los dientes, diversos autores sugieren su exclusión en estudios odontométricos (Kieser, 2008; Viciano *et al.*, 2011, 2013).

No obstante, no han sido descartados todos los dientes que presentaban desgaste, sino que han sido evaluados de forma individualizada para poder afirmar si era posible la localización de los *landmarks*. En los casos en que la superficie oclusal o incisal estaba muy desgasta para el estudio morfométrico de la corona completa, los dientes no han sido excluidos, sino que tan solo han sido útiles para el análisis a nivel del cuello del diente o de la línea amelocementaria. Esto ha tenido lugar con aquellos dientes que presentaban una remoción avanzada de las cúspides, impidiendo la colocación precisa de los *landmarks* sobre éstas.

Otra razón por la que ha sido necesaria una valoración específica por diente es porque no todos presentan el mismo grado de desgaste, ya sea por la cronología de erupción, la oclusión dental o la presencia de patología, entre otros; de este modo dentro de una misma dentición cada diente ha sufrido una tipificación diferenciada.

6.1.2.1.5. Cálculo dental

El cálculo es la mineralización de la placa dental sobre la superficie de los dientes y otras estructuras sólidas de la cavidad oral. La placa bacteriana es definida como un sistema ecológico formado por una densa capa de gérmenes sobre la superficie dentaria de zonas con poca o nula autólisis —movimientos naturales de barrido que limpian la cavidad oral (Nadal–Valladaura, 1987 *citado en*: Domínguez González, 2002). Para que la placa bacteriana se mineralice es necesario que existan zonas duras en las que pueda depositarse, un periodo de tiempo prologando, las sales minerales aportadas por la saliva y un porcentaje de hongos que llega al 40% (Domínguez González, 2002).

La placa dental está relacionada con diversas patologías que afectan a la pérdida de dientes durante la vida del individuo debida a la densa acumulación de microorganismos (Hillson, 1996).

En función de su localización, aspectos y mecanismo de distribución del sarro se pueden diferenciar dos tipos de cálculo: supragingival y subgingival (Domínguez González, 2002; Roberts–Harry y Clerehugh, 2000):

El cálculo *supragingival* se localiza por encima del margen gingival, principalmente en la superficie lingual de los incisivos mandibulares y en la superficie vestibular de incisivos maxilares, mayoritariamente en los conductos de las glándulas salivares. Tiene un color blanco–amarillento y su origen está en la mineralización de la placa por los componentes salivares.

El cálculo *subgingival* se localiza apicalmente al margen gingival, sobre todo en las superficies interproximales y linguales y se encuentra más adherido a la superficie que el supragingival. Tiene un color más oscuro, marrón, debido a los elementos del surco gingival.

6.1.2.1.5.1. Clasificación del cálculo dental

El cálculo dental se clasifica en función del tamaño y espesor del mismo sobre la superficie del diente (Figura 6.2).

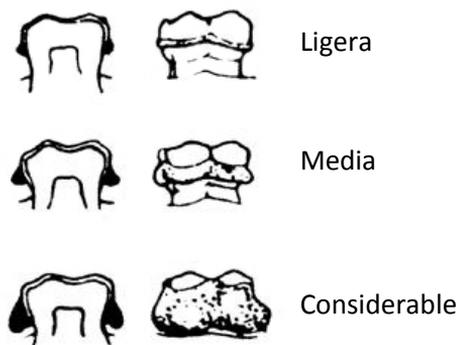


Figura 6.2. Esquema de los depósitos de cálculo en los dientes (adaptado de Brothwell, 1987).

6.1.2.1.5.2. Valoración del cálculo dental como factor limitante

Junto con el desgaste dental, el cálculo es otro de los grandes factores limitantes en el estudio de dentición permanente del presente trabajo. La valoración del cálculo se ha llevado a cabo de forma individualizada, al igual que con los factores presentados previamente.

El tamaño y el espesor, junto con la localización, son evaluados para determinar si el diente debe ser excluido. En función de donde se localiza el cálculo se ha podido estudiar el diente completo o tan solo ciertas superficies. Ha sido especialmente perjudicial para el estudio de la línea amelocementaria de dientes aislados, puesto que es en esta región donde se ha localizado mayoritariamente y a pesar de que sea ligero tapa la línea impidiendo el estudio de su morfometría.

Asimismo, en los casos en los que ha sido de tamaño considerable (Figura 6.2), ha impedido la toma de fotografía de todas las superficies de los dientes, puesto que su presencia se apreciaba en todas las vistas.

6.1.2.1.6. Traumatismo dental

Es la lesión que se produce sobre los dientes debido a una acción violenta, dando lugar a una ruptura de la continuidad de los tejidos dentarios. El estudio de las fracturas producidas en vida permiten la reconstrucción y la comprensión de comportamientos pasados, prácticas culturales o pueden indicar actos de violencia accidental o intencionada (Viciano *et al.*, 2012).

Son difíciles de identificar en restos óseos debido al astillamiento del esmalte seco, a pérdidas *postmortem*, a procesos posdeposicionales y al daño que pueden producir los procesos de recuperación de los mismos (Viciano *et al.*, 2012).

El mecanismo de producción de la fractura dental puede ser directo, producido por el golpe de un diente contra un objeto duro, o indirecto, producido por el cierre directo de la arcada dentaria inferior contra la superior. Mientras que en el traumatismo directo los dientes afectados son los anteriores, en el indirecto son los premolares y molares (Andreasen y Andreasen, 1994).

Cualquier colisión con la energía necesaria puede producir la lesión. Hay una gran variedad de causas que pueden dar lugar a un traumatismo dental: golpe con un objeto, morder materiales duros, uso de los dientes como herramienta en una actividad profesional, siendo los más frecuentes en poblaciones actuales los accidentes automovilísticos, los deportes o juegos infantiles (Ortner, 2003).

Las lesiones traumáticas pueden ser de tipo coronarias o radiculares. Las coronarias son las más comunes y se clasifican en función del grado de afectación a las estructuras dentales: (I) fisura del esmalte que se presenta como grieta en el esmalte; (II) fractura coronaria no complicada que afecta solo al esmalte o al esmalte y a la dentina, pero sin exposición de la cámara pulpar; (III) fractura coronaria complicada que afecta al esmalte, a la dentina y da lugar a la exposición de la dentina. Las fracturas indirectas pueden no afectar a la corona y, en cambio, provocar una fractura en la raíz, pudiendo ser horizontal, vertical u oblicua al eje de la raíz (Cohen *et al.*, 2008).

Los dientes que se ven afectados con mayor frecuencia son los incisivos, debido a que tienen una posición más externa en la boca con respecto a los premolares y molares. Los varones sufren más traumatismos que las mujeres (Pindborg, 1970 *citado en*: Ortner, 2003).

6.1.2.1.6.1. Valoración del traumatismo dental como factor limitante

Los casos de traumatismos *antemortem* han sido analizados en detalle, anotando su localización y tamaño. Al igual que ocurría con anomalías previamente valoradas, en función de su afectación en el diente debe ser excluido o no.

Los casos en los que la fractura se limita a una grieta en el esmalte sin pérdida de sustancia en el mismo no han sido excluidos, ya que la morfología del diente no se veía afectada. No ha sido así con traumatismos de gran tamaño, con separación en la fisura o pérdida de sustancia que si alteraban la forma y, por lo tanto, obligan a su supresión.

6.1.2.2. *Tratamientos dentales*

Son el conjunto de técnicas odontológicas destinadas a la corrección de diversas patologías localizadas en la cavidad oral.

6.1.2.2.1. Obturaciones

Son el cierre de cavidades que permanecen en el diente tras la eliminación de las caries, traumatismos o cualquier problema que afecta a la estética o a la oclusión dental. Se realizan con el fin de devolver al diente su forma y contorno apropiado. El material empleado es muy variable en función del profesional que lo aplica, la posición socioeconómica y cultural del paciente o la estética, entre otros. Los materiales más utilizados son las amalgamas y composites o resinas. Las amalgamas son el resultado de la aleación del mercurio con otros metales, como plata, oro, estaño, cobre o zinc. Este tipo de material es más resistente, pero al ser menos estético se encuentra en desuso frente a los composites o resinas. Los composites están fabricados con un material sintético polimérico y su principal ventaja es la gran variedad de colores disponibles que imitan por completo el color original del diente, haciéndolos muy estéticos. En el caso de que el material aplicado para la obturación sobresalga de los bordes de la cavitación que debe rellenar se conoce como obturación desbordante (Rossi y de Rossi, 2004); es decir, el material de obturación sale del contorno del diente objeto del tratamiento, afectando a otro diente contiguo.

6.1.2.2.1.1. Valoración de las obturaciones como factor limitante

La remodelación artificial de la corona del diente obliga a la exclusión del mismo. No obstante, como ocurre con factores mencionados anteriormente, la exclusión del diente depende de la localización de la obturación y su tamaño. Las más frecuentes son las que aparecen en las fisuras de las superficies oclusares de los molares, que impiden el análisis de dicha superficie, pero que permiten el estudio de otras regiones como la línea amelocementaria. Los casos de obturaciones desbordantes afectan al propio diente que ha sido obturado, pero en muchos casos, también a otros adyacentes que entran en contacto con el material empleado en el tratamiento dental.

6.1.2.2.2. Prótesis dentales

En casos en los que la lesión que afecta a los dientes es muy extensa, por ejemplo, la pérdida de la corona completa, es técnicamente imposible colocar un material como los nombrados anteriormente para su restauración. Para este tipo de situación la solución es la confección de una reproducción fuera de la boca, que será colocada posteriormente sobre el remanente dentario a través de material adherente o a través de un atornillado (Macchi, 2007).

Estas prótesis pueden ser fijas o removibles. Las prótesis fijas son situadas en la cavidad oral de forma permanente, fijadas a otros dientes de forma que el paciente no las puede retirar. Pueden ser sustitutivas de un solo diente, en cuyo caso reciben el nombre de corona o de varios dientes, en cuyo caso se conocen como puentes odontológicos (Macchi, 2007). Las prótesis removibles también son colocadas por el odontólogo pero pueden ser retiradas y reubicadas por el paciente cuando lo desee. Este tipo de prótesis pueden ser de resina o de materiales metálicos (Macchi, 2007). Pueden ir ancladas a la propia encía a través de un material adherente en casos en que la pérdida de la dentición sea total, o puede ir anclada a dientes contiguos en caso de que estos permanezcan en la cavidad oral.

6.1.2.2.1.1. Valoración de las prótesis como factor limitante

Todas las prótesis dentales han sido descartadas del trabajo, puesto que no son dientes y su morfología es totalmente artificial, ya sean coronas de un solo diente o puentes que sustituyan a varios. A su vez es preciso evaluar los dientes naturales que sirven de anclaje a los puentes removibles metálicos, puesto que dicha sujeción puede dar lugar a marcas en la corona, debido a la fuerza que ejerce el fijador metálico que une diente y prótesis.

6.1.3. Patologías craneales que afectan a los dientes

6.1.3.2. Hidrocefalia

La hidrocefalia es un síndrome caracterizado por un aumento del tamaño de las cavidades ventriculares, es decir, el aumento del líquido cefalorraquídeo

de los ventrículos cerebrales debido a una dilatación de los mismos (Izquierdo Rojo, 1992). Esta anomalía se refleja con un aumento de la cabeza, no obstante, en algunos casos la circunferencia de la cabeza se encuentra dentro de los límites normales (Garne *et al.*, 2010). La ampliación del volumen craneal, en casos extremos puede superar tres veces la normalidad (Tillier *et al.*, 2001). La hidrocefalia es compatible con la vida; no obstante, la tasa de mortalidad es alta, y en muchos casos se encuentra asociada con otras anomalías. Las formas más comunes de hidrocefalia aparecen en individuos infantiles, pero también en fetos, jóvenes y adultos (Tillier *et al.*, 2001). La maduración dental es más avanzada de lo normal en estadios iniciales de maduración y de retraso en las etapas finales (Pirttiniemi *et al.*, 2004)

6.1.3.3. Anencefalia

La anencefalia es un defecto en el tubo neural causado por un fallo en el cierre del neuroporo entre la tercera y cuarta semana de gestación (Dudar, 2010). Es una anomalía congénita incompatible con la vida se caracteriza por la ausencia de huesos de la bóveda craneana, no obstante, si presenta el cerebelo, el tronco cerebral y el encéfalo (Nazer Herrera *et al.*, 2005).

La anencefalia es el resultado final de la continuación y progreso de un proceso llamado secuencia acrania–exencefalia–anencefalia. La secuencia se inicia con la ausencia de la bóveda craneana —acrania—, pero con un completo y anormal desarrollo del cerebro, y una posterior exposición de los hemisferios cerebrales al líquido amniótico —exencefalia—. Posteriormente, tras una prolongada exposición del encéfalo en desarrollo al líquido amniótico, tiene lugar la desaparición del tejido cerebral —anencefalia— como consecuencia de traumas químicos en el útero (Chatzipapas *et al.*, 1999; Toi y Sauerbrei, 2000). La anencefalia se refleja en los dientes con la agenesia de los gérmenes de los incisivos y los molares. También se ha observado la presencia de fusiones dentales, así como gérmenes dentales supernumerarios.

6.1.4. Procesos posdeposicionales

6.1.4.1. *Fracturas postmortem*

Es la ruptura de la continuidad de los tejidos dentarios tras la muerte del individuo y se producen principalmente por el cambio de humedad o de temperatura. En el periodo *postmortem* el tejido dentario sufre un proceso de deshidratación. La tensión de los túbulos dentinarios se ve amplificada por la presencia de la cámara pulpar, iniciándose la propagación de las roturas desde la dentina interna, a través de la unión dentina–esmalte y finalmente el esmalte (Hughes y White, 2009; Viciano *et al.*, 2012). De este modo, la combinación de (i) las tensiones a las que están sometidos los túbulos dentinales (ii) la ausencia de un tejido estabilizador entre esmalte y dentina, (iii) la menor resistencia a la tensión de la unión dentina–esmalte como resultado de la pérdida de colágeno, da como resultado la propagación de las roturas desde la cavidad pulpar hacia el exterior a través del esmalte (Hughes y White, 2009). El otro gran causante de fracturas *postmortem* en los dientes es el fuego. La exposición de los dientes a altas temperaturas da lugar a cambios en los mismos, provocando fracturas, fisuras y pérdida del tejido dentario.

6.1.5. Grado de desarrollo de los dientes

Junto con el desgaste, el grado de desarrollo de los dientes, han sido los dos factores determinantes en el presente estudio. El crecimiento de los dientes ha sido clave para el tamaño muestral de esta investigación, sobre todo en el caso de la dentición primaria. A pesar de contar con una muestra muy amplia de dientes temporales, muchos de ellos no han podido ser incluidos ya que el grado de desarrollo en el que se encontraban lo ha impedido.

La premisa de que cada espécimen cuente con el mismo número de *landmarks* hace imprescindible la completa formación de los mismos. En el caso de los dientes no solo es necesaria la estructura íntegra del diente, sino que también juega un papel determinante la formación del esmalte. Si el esmalte no está completo no pueden localizarse con precisión los surcos, las fosas, las cúspides, etc. Por esta causa solo han sido incluidos en este trabajo los dientes cuya corona estaba completamente formada.

6.2. TOMA DE FOTOGRAFÍAS

El presente análisis de MG se ha llevado a cabo sobre fotografías en dos dimensiones, lo que supone una serie de ventajas y desventajas que se explican en el Anexo I.

Las fotografías han sido tomadas con una cámara fotográfica digital Canon EOS 1000D de 10,1 MPixel (*Canon Inc., Japón*) y un objetivo para fotomacrografía Tamron 90mm $f2.8$ di Macro para Canon (*Tamron Co., Japón*).

Con el fin de obtener la mayor profundidad de campo posible y que el diente quedara correctamente enfocado, las fotografías se han realizado con valores de diafragma intermedios, teniendo en cuenta la difracción que conlleva el empleo de diafragmas cerrados. A su vez, con el fin de evitar la distorsión producida en los extremos de la imagen, el diente se ha colocado siempre en el centro del encuadre.

Todas las fotografías han sido realizadas en formato Raw y reveladas posteriormente debido a las dos grandes ventajas que presenta este formato. Como indica su traducción, la fotografía es tomada en *crudo*, la cámara captura la imagen pero deja todos los valores abiertos —exposición, balance de blancos, saturación, etc.—, ofreciendo la posibilidad de modificar dichos valores *a posteriori*, lo que nos va a permitir añadir mejoras a la imagen que repercuten positivamente en el análisis de MG. La otra gran ventaja del disparo en RAW es que la cámara almacena toda la calidad posible, lo que se traduce en una mayor precisión en la colocación de los *landmarks* en los dientes.

Una de las grandes dificultades, a la hora de fotografiar un diente, es el brillo natural del esmalte. Para evitar los reflejos producidos por este se han realizado las fotografías con luz continua y difusa, que incide desde diferentes ángulos y proporciona una iluminación homogénea.

Debido a la importancia de tomar una buena fotografía en la que situar los *landmarks* de forma precisa, se han seguido una serie de pautas. La primera ha sido conectar la cámara a un ordenador, permitiendo previsualizar la imagen a tiempo real y, a su vez, aumentar considerablemente el tamaño de la pantalla facilitando así la detección de errores en la colocación del diente.

En segundo lugar, se ha colocado un cubo de nivel en la zapata destinada al flash externo, para asegurar una correcta nivelación de la cámara en todas las fotografías, así como la inclusión de un testigo métrico dentro de las mismas.

Y, en tercer lugar, se ha empleado plastilina para la colocación de los dientes aislados, y en caso de los que se encontraban en el alveolo, se ha reorientado el cráneo o mandíbula al realizar la fotografía de cada uno de ellos. Aunque en una misma fotografía se puedan encuadrar, por ejemplo, los tres molares definitivos, hay que reorientar y repetir la fotografía con cada uno de ellos puesto que su orientación varía y sería un error capturar los *landmarks* de los tres sobre una misma imagen.

La correcta comparación de *landmarks* homólogos depende de la adopción de un sistema común, de uso previo a la toma de la fotografía, para obtener una correcta orientación del diente. Este paso es especialmente importante, puesto que si no hay una correcta orientación los *landmarks* no son rigurosamente comparables.

De este modo, la orientación depende del tipo de diente. La superficie incisal de los dientes anteriores ha sido descartada del estudio debido a la imposibilidad de usar un sistema de orientación estándar, y en consecuencia, por el amplio margen de error que se origina (Figura 6.3).

Un mismo diente puede ser colocado en diversas posiciones y según el criterio que se tienen en cuenta la orientación varía entre dientes anteriores y dientes laterales. La determinación del plano de orientación en las superficies oclusales ha sido difícil, debido a que tanto la superficie oclusal como la línea amelocementaria son curvas tridimensionales y no planos rectos (Gómez-Robles, 2010).

Las fotografías oclusales se han realizado siguiendo el protocolo de Wood y Abbott (1983): cada diente se ha posicionado con la línea amelocementaria perpendicular al eje óptico, o dicho de otro modo, paralela a la lente de la cámara (Figura 6.4).



Figura 6.3. Orientación de los dientes anteriores en la toma de fotografías.

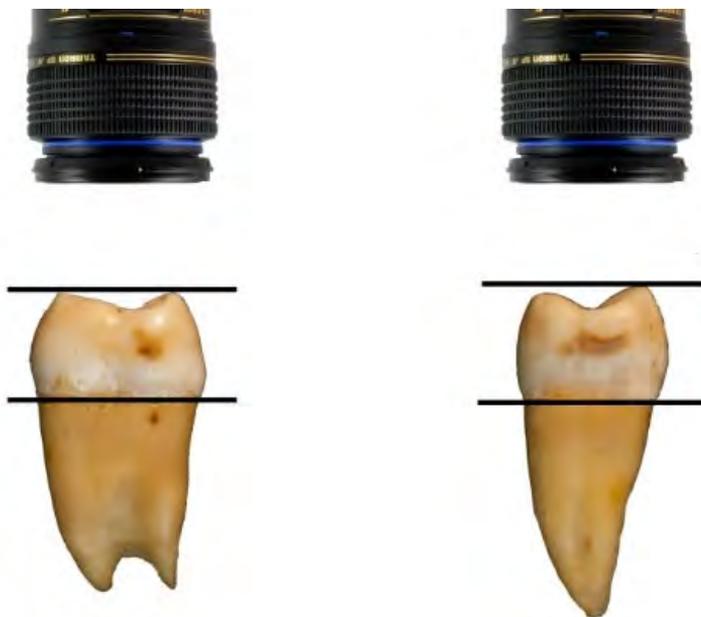


Figura 6.4. Esquema de orientación del diente, con la superficie oclusal y la línea amelocementaria paralelas a la lente de la cámara.

6.3. LOCALIZACIÓN DE LOS *LANDMARKS* Y *SEMILANDMARKS*

6.3.1. Dentición primaria

6.3.1.1. Incisivos y caninos superiores e inferiores primarios

Tantos los incisivos y caninos comparten el mismo esquema de localización de los *landmarks* y *semilandmarks*.

Se han situado 2 *landmarks*:

1. Intersección de la corona y raíz, línea amelocementaria, en el punto más próximo a la superficie vestibular (*Landmark Tipo I*)
2. Intersección de la corona y raíz, línea amelocementaria, en el punto más próximo a la superficie lingual (*Landmark Tipo I*)

A los que se suman 6 *semilandmarks*, todos ellos equidistantes entre los *landmarks* 1 y 2, cubriendo la morfología de la línea amelocementaria de la superficie mesial.

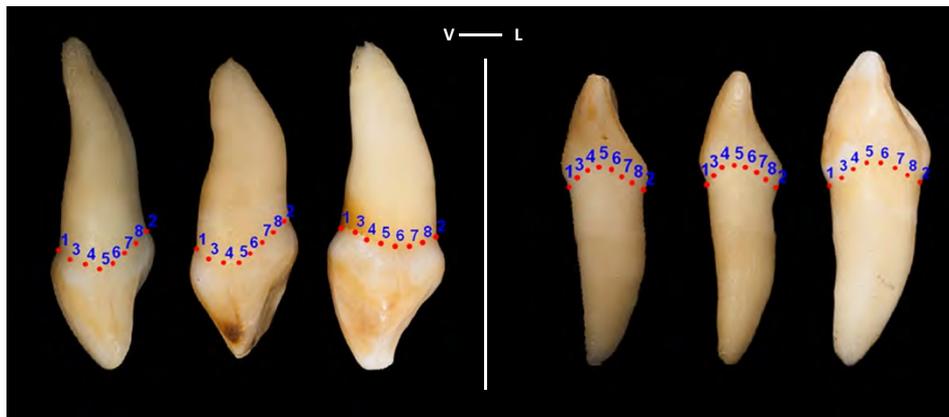


Figura 6.5. Dentición anterior primaria con 2 *landmarks* (1–2) y 6 *semilandmarks* (3–8). De izquierda a derecha: primer incisivo superior, segundo incisivo superior, canino superior; primer incisivo inferior, segundo incisivo inferior, canino inferior. V, vestibular; L, lingual.

6.3.1.2. Primer molar superior primario

Se han situado 4 *landmarks*:

1. Ápice de la cúspide mesiovestibular (*Landmark* Tipo II)
2. Ápice de la cúspide lingual (*Landmark* Tipo II)
3. Intersección del surco de desarrollo y del surco suplementario paralelo a la superficie mesial (*Landmark* Tipo I)
4. Intersección del surco de desarrollo y del surco suplementario paralelo a la superficie distal (*Landmark* Tipo I)

Junto con 35 *semilandmarks* equidistantes, localizados en sentido horario; el primero de ellos (*semilandmark* 5) se ha situado siempre en el punto del margen mesial de la superficie oclusal más cercano al surco de desarrollo que atraviesa la superficie oclusal desde el margen mesial al distal.

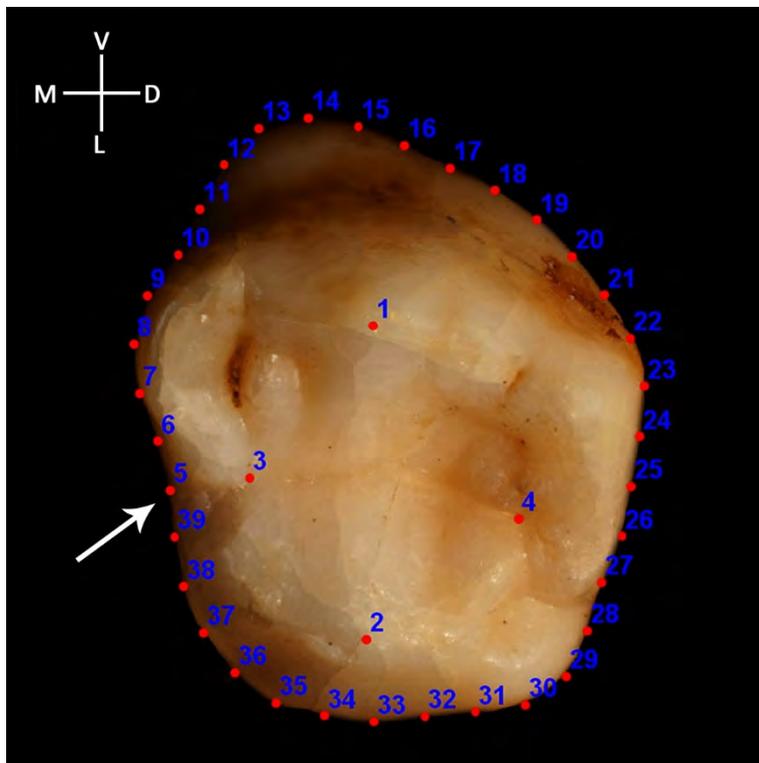


Figura 6.6. Primer molar superior primario con 4 *landmarks* (1–4) y 35 *semilandmarks* (5–39). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La flecha señala la situación del primer *semilandmark*.

6.3.1.3. Segundo molar superior primario

Se han situado 6 *landmarks*:

1. Ápice de la cúspide mesiovestibular (*Landmark Tipo II*)
2. Ápice de la cúspide distovestibular (*Landmark Tipo II*)
3. Ápice de la cúspide mesiolingual (*Landmark Tipo II*)
4. Ápice de la cúspide del distolingual (*Landmark Tipo II*)
5. Intersección del surco de desarrollo central y del surco de desarrollo mesial (*Landmark Tipo I*)
6. Intersección del surco distal y de la fosa triangular distal (*Landmark Tipo I*)

Además de 35 *semilandmarks* equidistantes, localizados en sentido horario; el primero de ellos (*semilandmark 7*) se ha situado siempre en el punto del margen vestibular de la superficie oclusal más cercano al surco de desarrollo mesiovestibular.

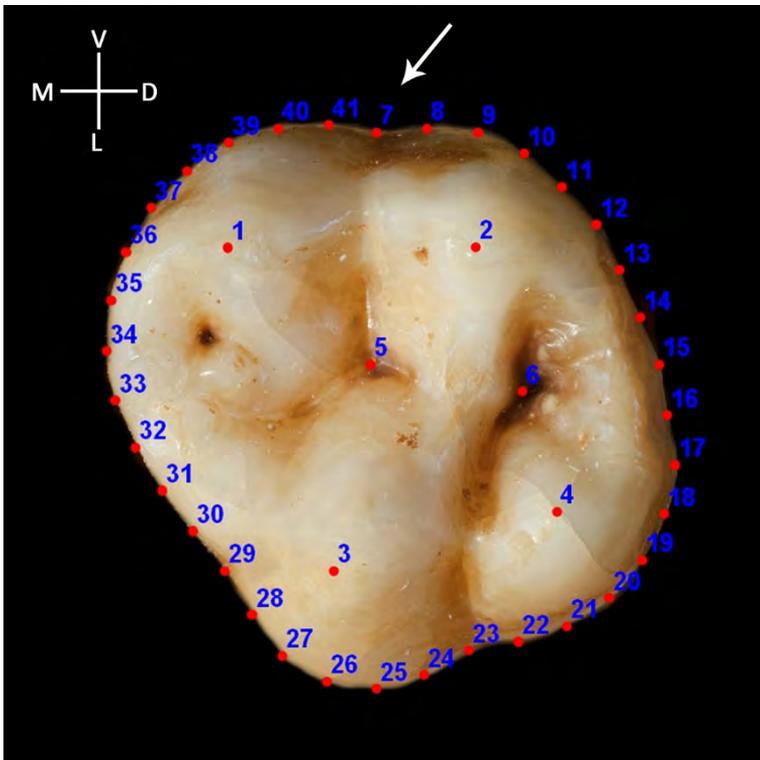


Figura 6.7. Segundo molar superior primario con 6 *landmarks* (1–6) y 35 *semilandmarks* (7–41). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La flecha señala la situación del primer *semilandmark*.

6.3.1.4. Primer molar inferior primario

Se han situado 6 *landmarks*:

1. Ápice de la cúspide mesiovestibular (*Landmark Tipo II*)
2. Ápice de la cúspide distovestibular (*Landmark Tipo II*)
3. Ápice de la cúspide mesiolingual (*Landmark Tipo II*)
4. Ápice de la cúspide distolingual (*Landmark Tipo II*)
5. Intersección del surco de desarrollo central y del surco de desarrollo mesial (*Landmark Tipo I*)
6. Intersección del surco de desarrollo central y del surco de desarrollo vestibular (*Landmark Tipo I*)

A los *landmarks* se suman 35 *semilandmarks* equidistantes, localizados en sentido horario; el primero de ellos (*semilandmark 7*) se ha situado siempre en el punto del margen vestibular de la superficie oclusal más cercano al surco de desarrollo vestibular.

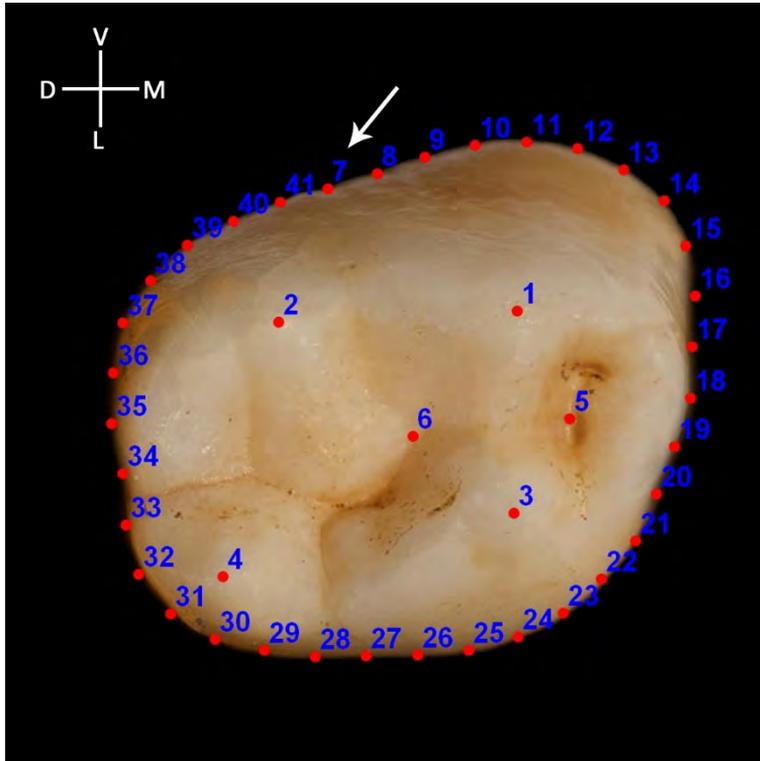


Figura 6.8. Primer molar inferior primario con 6 *landmarks* (1–6) y 35 *semilandmarks* (7–41). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La flecha señala la situación del primer *semilandmark*.

6.3.1.5. Segundo molar inferior primario

Se han situado 6 *landmarks*:

1. Ápice de la cúspide mesiovestibular (*Landmark Tipo II*)
2. Ápice de la cúspide centrovestibular (*Landmark Tipo II*)
3. Ápice de la cúspide mesiolingual (*Landmark Tipo II*)
4. Ápice de la cúspide distolingual (*Landmark Tipo II*)
5. Ápice de la cúspide distovestibular (*Landmark Tipo II*)
6. Intersección del surco de desarrollo central y del surco de desarrollo mesiovestibular (*Landmark Tipo I*)

Además, se incorporan 35 *semilandmarks* equidistantes, localizados en sentido horario; el primero de ellos (*semilandmark 7*) se ha situado siempre en el punto del margen vestibular de la superficie oclusal más cercano al surco de desarrollo que separa las cúspides centrovestibular y distovestibular.

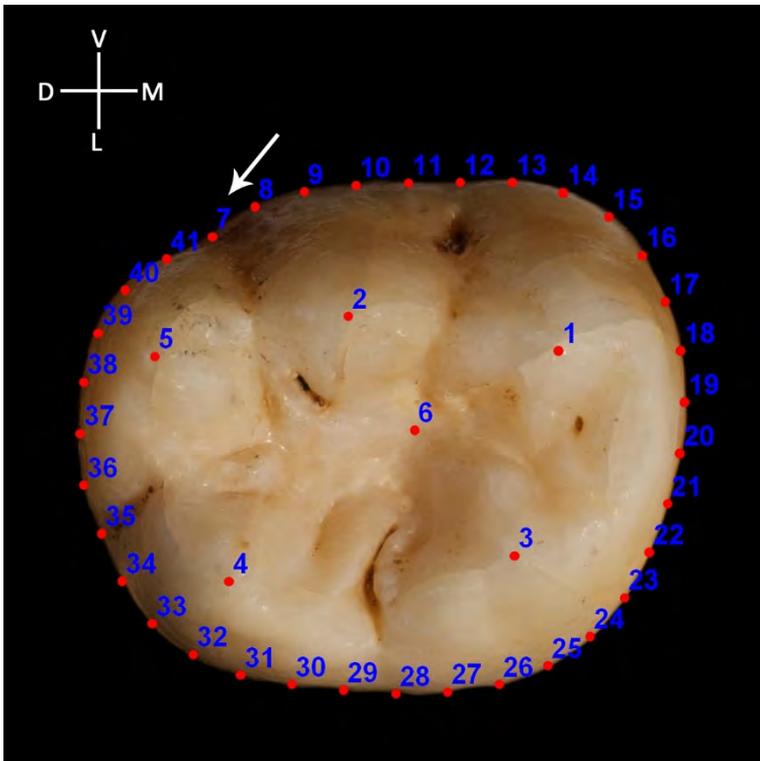


Figura 6.9. Segundo molar inferior primario con 6 *landmarks* (1–6) y 35 *semilandmarks* (7–41). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La flecha señala la situación del primer *semilandmark*.

6.3.2. Dentición permanente

6.3.2.1. Incisivos y caninos superiores e inferiores permanentes

Al igual que la dentición anterior primaria, los incisivos y caninos permanentes comparten el mismo esquema de localización de los *landmarks* y *semilandmarks*.

Se han situado 2 *landmarks*:

1. Intersección de la corona y raíz, línea amelocementaria, en el punto más próximo a la superficie vestibular (*Landmark Tipo I*)
2. Intersección de la corona y raíz, línea amelocementaria, en el punto más próximo a la superficie lingual (*Landmark Tipo I*)

A los que se suman 8 *semilandmarks*, todos ellos equidistantes entre los *landmarks* 1 y 2, cubriendo la morfología de la línea amelocementaria de la superficie mesial.

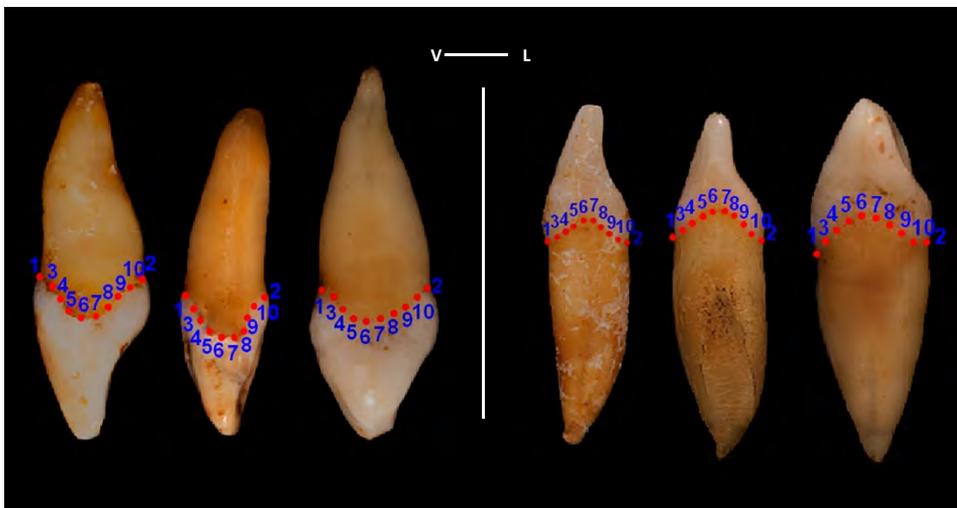


Figura 6.10. Dentición anterior permanente con 2 *landmarks* (1–2) y 8 *semilandmarks* (3–10). De izquierda a derecha: primer incisivo superior, segundo incisivo superior, canino superior; primer incisivo inferior, segundo incisivo inferior, canino inferior. V, vestibular; L, lingual.

6.3.2.2. Primer y segundo premolar superiores permanentes

El primer y segundo premolar superiores comparten el mismo esquema de localización de los *landmarks* y *semilandmarks* (Figura 6.8).

Se han situado 4 *landmarks*:

1. Ápice de la cúspide vestibular (*Landmark* Tipo II)
2. Ápice de la cúspide lingual (*Landmark* Tipo II)
3. Intersección del surco de desarrollo central, el surco de desarrollo mesiovestibular y el surco de desarrollo marginal mesial (*Landmark* Tipo I)
4. Intersección del surco de desarrollo central, el surco de desarrollo distovestibular y el surco de desarrollo marginal distal (*Landmark* Tipo I)

Y 40 *semilandmarks* equidistantes, en sentido horario; el primero de los cuales (*semilandmark* 5) se ha localizado siempre en el punto del margen mesial de la superficie oclusal más cercano al surco de desarrollo marginal mesial que, junto con el surco de desarrollo mesiovestibular, forman la fosa triangular mesial.

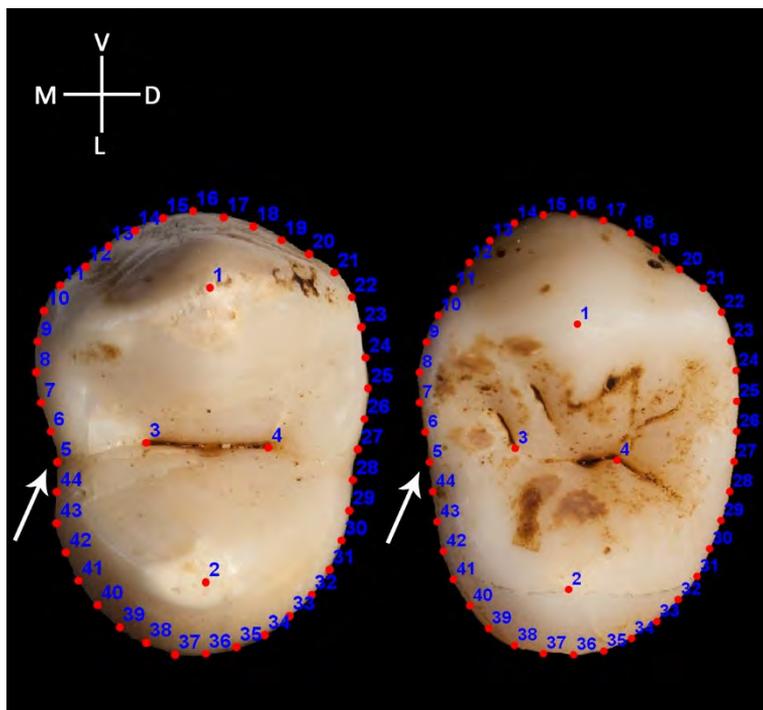


Figura 6.11. A la izquierda primer premolar superior, a la derecha segundo premolar superior. Ambos con 4 *landmarks* (1–4) y 40 *semilandmarks* (5–44). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La flecha señala la situación del primer *semilandmark*.

6.3.2.3. Primer molar superior permanente

Se han situado 5 *landmarks*:

1. Ápice de la cúspide mesiovestibular (*Landmark Tipo II*)
2. Ápice de la cúspide distovestibular (*Landmark Tipo II*)
3. Ápice de la cúspide mesiolingual (*Landmark Tipo II*)
4. Ápice de la cúspide del distolingual (*Landmark Tipo II*)
5. Intersección del surco de desarrollo central y del surco de desarrollo vestibular (*Landmark Tipo I*)

Y 40 *semilandmarks* equidistantes, en sentido horario; el primero de ellos (*semilandmark* 6) se ha localizado siempre en el punto del margen vestibular de la superficie oclusal más cercano al surco de desarrollo vestibular.

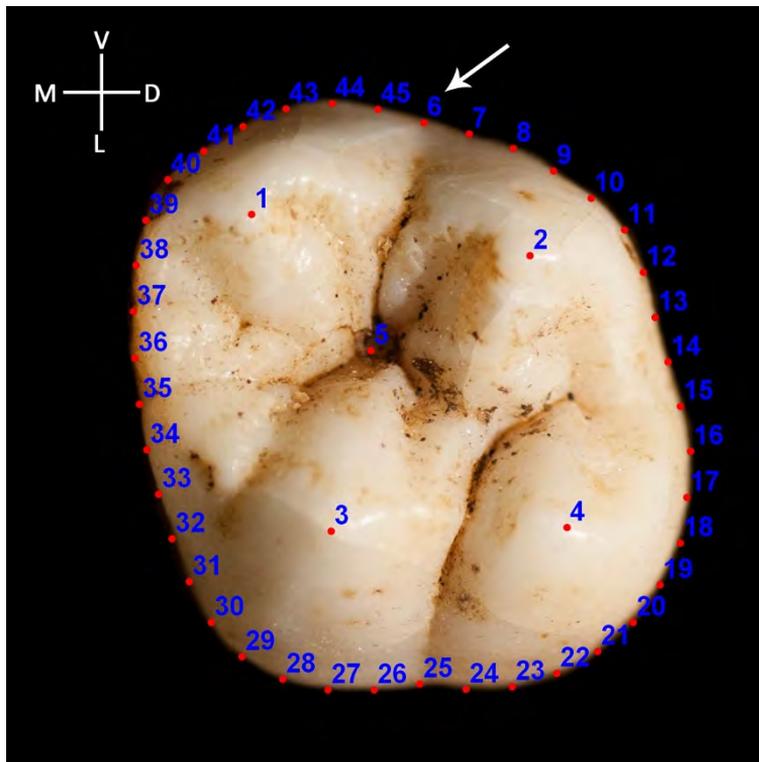


Figura 6.12. Primer molar superior permanente con 4 *landmarks* (1–4) y 40 *semilandmarks* (5–44). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La flecha señala la situación del primer *semilandmark*.

6.3.2.4. Segundo molar superior permanente

Se han situado 4 *landmarks*:

1. Ápice de la cúspide mesiovestibular (*Landmark Tipo II*)
2. Ápice de la cúspide distovestibular (*Landmark Tipo II*)
3. Ápice de la cúspide mesiolingual (*Landmark Tipo II*)
4. Intersección del surco de desarrollo central y del surco de desarrollo vestibular (*Landmark Tipo I*)

Y 40 *semilandmarks* equidistantes, en sentido horario; el primero de ellos (*semilandmark* 5) se ha localizado siempre en el punto del margen vestibular de la superficie oclusal más cercano al surco de desarrollo vestibular. Debido a que la cuarta cúspide, distolingual, no se encuentra presente en todos los dientes, no se ha incluido en el reparto de los *landmarks*, situándose éstos sobre las cúspides mesiovestibular, mesiodistal y mesiolingual.

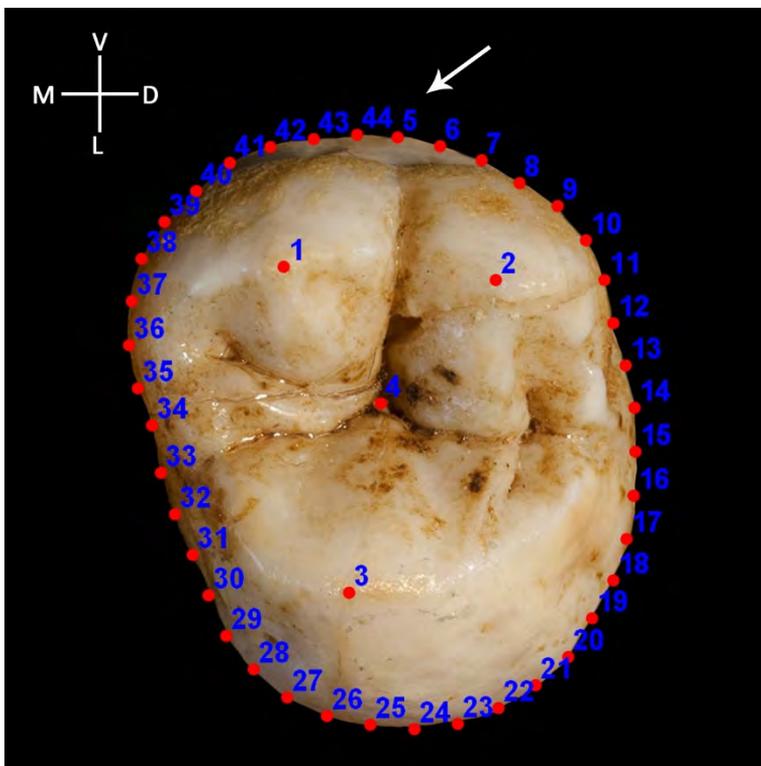


Figura 6.13. Segundo molar superior permanente con 4 *landmarks* (1–4) y 40 *semilandmarks* (5–44). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La flecha señala la situación del primer *semilandmark*.

6.3.2.5. Tercer molar superior permanente

Se han situado 4 *landmarks*:

1. Ápice de la cúspide mesiovestibular (*Landmark Tipo II*)
2. Ápice de la cúspide distovestibular (*Landmark Tipo II*)
3. Ápice de la cúspide mesiolingual (*Landmark Tipo II*)
4. Intersección del surco de desarrollo central y del surco de desarrollo vestibular (*Landmark Tipo I*)

Debido a la variabilidad en el número de cúspides que presenta el tercer molar, solo se han situado *landmarks* sobre las tres cúspides que se encuentran siempre presentes —mesiovestibular, distovestibular, mesiolingual—.

Y 40 *semilandmarks* equidistantes, en sentido horario; el primero de ellos (*semilandmark* 5) se ha localizado siempre en el punto del margen mesial más cercano al surco de desarrollo vestibular.

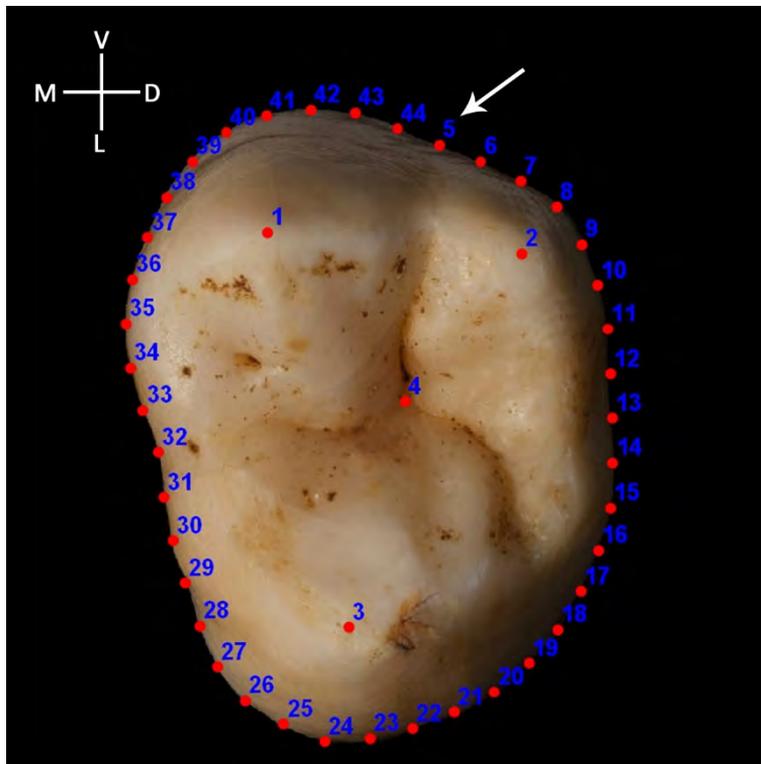


Figura 6.14. Tercer molar superior permanente con 4 *landmarks* (1–4) y 40 *semilandmarks* (5–44). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La flecha señala la situación del primer *semilandmark*.

6.3.2.6. Primer premolar inferior permanente

Se han situado 4 *landmarks*:

1. Ápice de la cúspide vestibular (*Landmark* Tipo II)
2. Ápice de la cúspide lingual (*Landmark* Tipo II)
3. Intersección del surco de desarrollo central y el surco de desarrollo mesial (*Landmark* Tipo I)
4. Intersección del surco de desarrollo central y el surco de desarrollo distal (*Landmark* Tipo I)

Y 40 *semilandmarks* equidistantes, en sentido horario; el primero de ellos (*semilandmark* 5) se ha localizado siempre en el punto del margen mesial más cercano al surco de desarrollo mesiolingual.

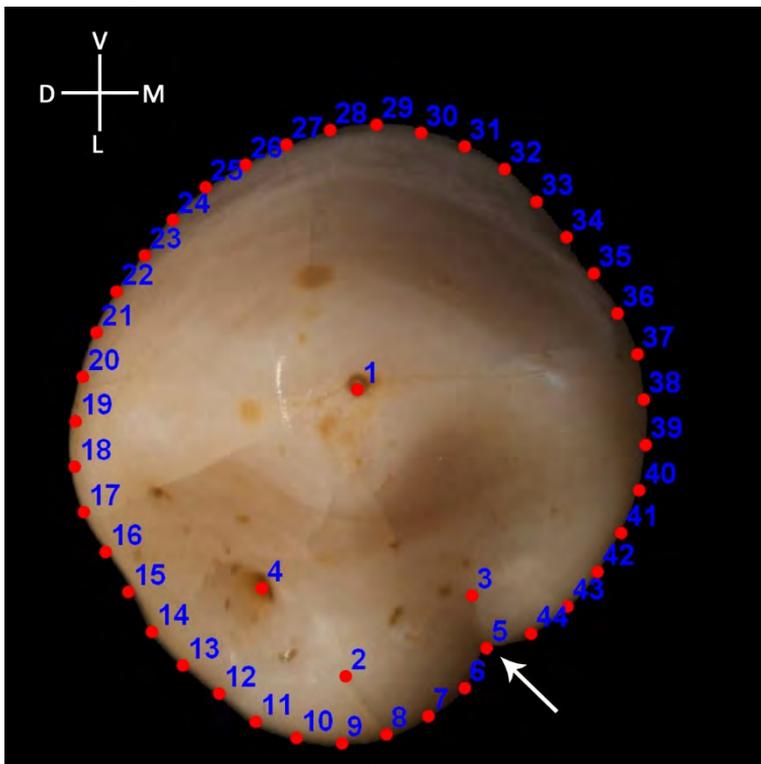


Figura 6.15. Primer premolar inferior permanente con 4 *landmarks* (1–4) y 40 *semilandmarks* (5–44). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La flecha señala la situación del primer *semilandmark*.

6.3.2.7. Segundo premolar inferior permanente

Se han situado 4 *landmarks*:

1. Ápice de la cúspide vestibular (*Landmark* Tipo II)
2. Ápice de la cúspide lingual (*Landmark* Tipo II)
3. Intersección del surco de desarrollo central y del surco de desarrollo mesial (*Landmark* Tipo I)
4. Intersección del surco de desarrollo central y del surco de desarrollo distal (*Landmark* Tipo I)

Y 40 *semilandmarks* equidistantes, en sentido horario; el primero de los cuales (*semilandmark* 5) se ha localizado siempre en el punto del margen distal más cercano al surco de desarrollo distolingual. Este diente puede presentar una forma bicúspide y otra tricúspide. Ante la falta de constancia de la cúspide distolingual se ha decidido situar los *landmarks* únicamente únicamente en las cúspides vestibular y mesiolingual.

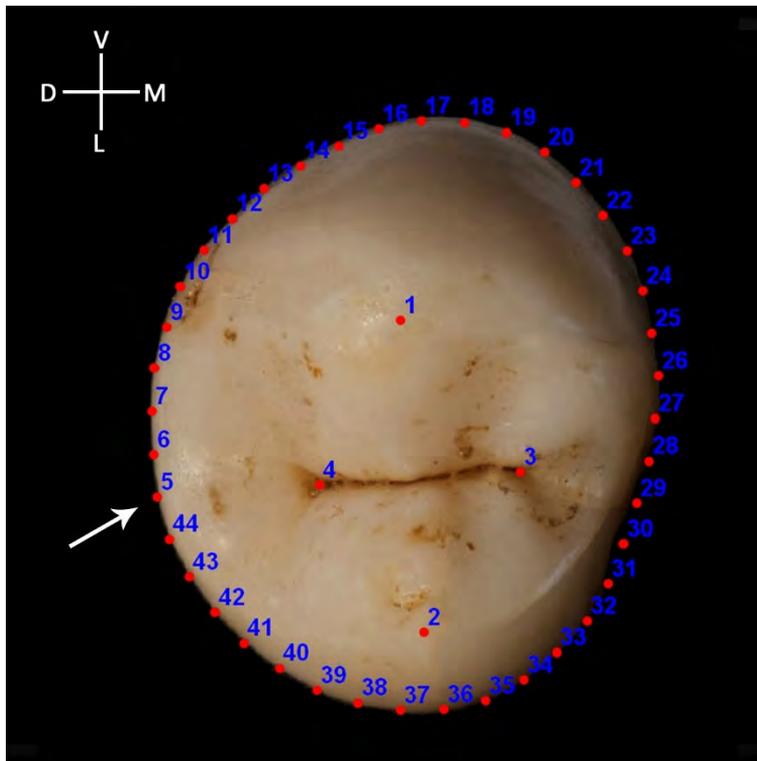


Figura 6.16. Segundo premolar inferior permanente con 4 *landmarks* (1–4) y 40 *semilandmarks* (5–44). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La flecha señala la situación del primer *semilandmark*.

6.3.2.8. Primer molar inferior permanente

Se han situado 6 *landmarks*:

1. Ápice de la cúspide mesiovestibular (*Landmark Tipo II*)
2. Ápice de la cúspide centrovestibular (*Landmark Tipo II*)
3. Ápice de la cúspide mesiolingual (*Landmark Tipo II*)
4. Ápice de la cúspide del distolingual (*Landmark Tipo II*)
5. Ápice de la cúspide distal (*Landmark Tipo II*)
6. Intersección del surco de desarrollo central y del surco de desarrollo vestibular (*Landmark Tipo I*)

Y 40 *semilandmarks* equidistantes, en sentido horario; el primero de ellos (*semilandmark 7*) se ha localizado siempre en el punto del margen vestibular de la superficie oclusal más cercano al surco de desarrollo vestibular.

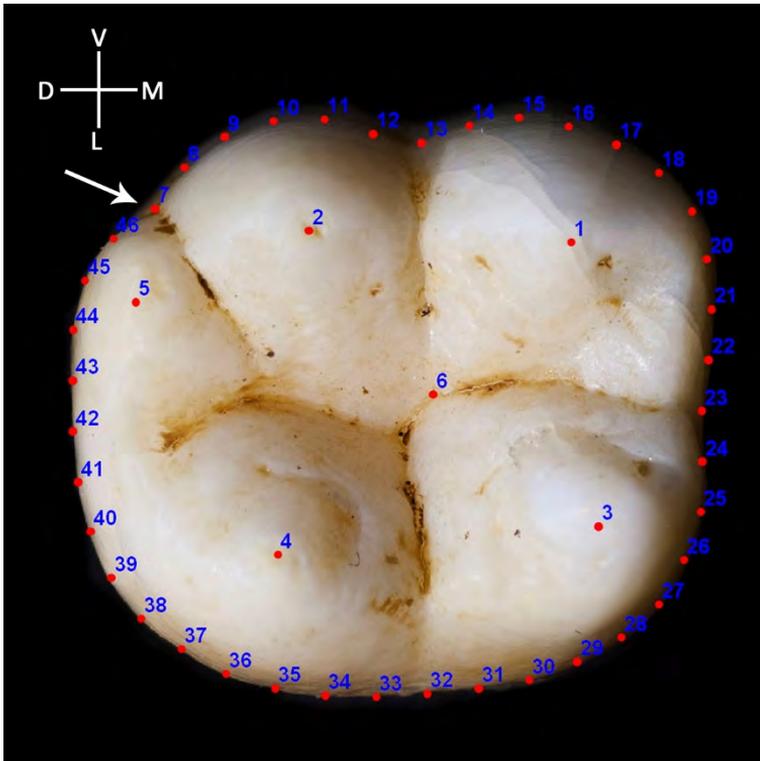


Figura 6.17. Primer molar inferior permanente con 6 *landmarks* (1–6) y 40 *semilandmarks* (7–46). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La flecha señala la situación del primer *semilandmark*.

6.3.2.9. Segundo molar inferior permanente

Se han situado 5 *landmarks*:

1. Ápice de la cúspide mesiovestibular (*Landmark Tipo II*)
2. Ápice de la cúspide distovestibular (*Landmark Tipo II*)
3. Ápice de la cúspide mesiolingual (*Landmark Tipo II*)
4. Ápice de la cúspide distolingual (*Landmark Tipo II*)
5. Intersección del surco de desarrollo central y del surco de desarrollo vestibular (*Landmark Tipo I*)

Y 40 *semilandmarks* equidistantes en sentido horario, el primero de los cuales (*semilandmark* 6) se ha localizado siempre en el punto del margen vestibular de la superficie oclusal más cercano al surco de desarrollo vestibular. Debido a que la quinta cúspide, distal, no se encuentra presente en todos los dientes los *landmarks* se ha situado sobre las cúspides mesiovestibular, distovestibular, mesiolingual y distolingual.

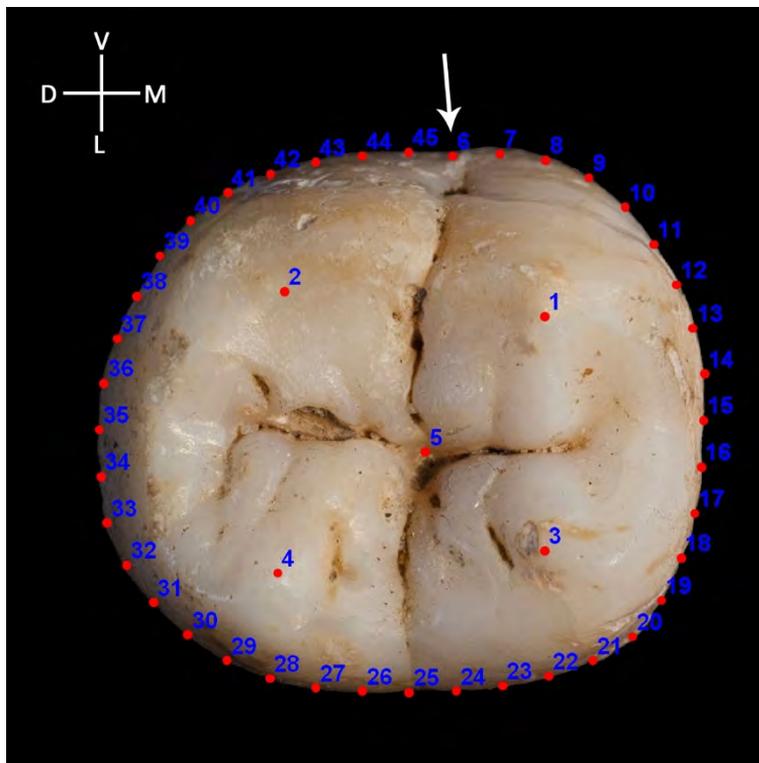


Figura 6.18. Segundo molar superior permanente con 5 *landmarks* (1–6) y 40 *semilandmarks* (6–45). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La flecha señala la situación del primer *semilandmark*.

6.3.2.10. Tercer molar inferior permanente

Se han situado 5 *landmarks*:

1. Ápice de la cúspide mesiovestibular (*Landmark Tipo II*)
2. Ápice de la cúspide distovestibular (*Landmark Tipo II*)
3. Ápice de la cúspide mesiolingual (*Landmark Tipo II*)
4. Ápice de la cúspide del distolingual (*Landmark Tipo II*)
5. Intersección del surco de desarrollo central y el surco de desarrollo vestibular (*Landmark Tipo I*)

Y 40 *semilandmarks* equidistantes, en sentido horario; el primero de ellos (*semilandmark 6*) se ha localizado siempre en el punto del margen vestibular de la superficie oclusal más cercano al surco de desarrollo vestibular. Debido a la variabilidad en el número de cúspides que presenta el tercer molar, se han situado los *landmarks* sobre las cuatro cúspides que se encuentran siempre presentes —mesiovestibular, distovestibular, mesiolingual y distolingual—.

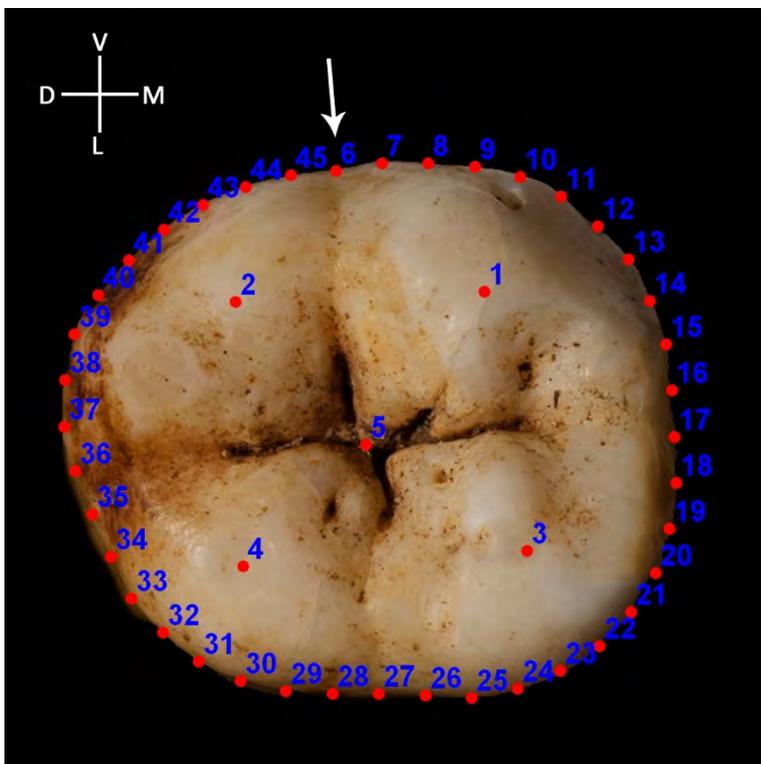


Figura 6.19. Tercer molar inferior permanente con 5 *landmarks* (1–5) y 40 *semilandmarks* (6–45). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La flecha señala la situación del primer *semilandmark*.

6.4. ANÁLISIS DE MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA Y DE ESTADÍSTICA MULTIVARIADA

6.4.1. Composición final de la muestra de estudio

Tras la valoración de cada factor limitante, previamente descritos, se ha conformado la muestra final del estudio. Para determinar el grado de desarrollo cronológico de la dentición y poder establecer el momento en que la corona se encontraba completamente formada se ha empleado el estudio desarrollado por Irurita y colaboradores (2014b) para la dentición primaria y el de Kronfeld (1935: *citado en* Smith, 1991) para la dentición permanente. Con ellos se ha determinado la edad a la que finaliza la formación de la corona, y por tanto, si los dientes pueden ser o no, incluidos en el presente estudio. No obstante, si en cualquiera de los casos, a pesar de estar por encima de la edad establecida en dichos estudios, la corona presentaba rasgos de no estar completamente formada, han sido excluidos.

La estimación del sexo y la edad solo ha sido necesaria en individuos de las colecciones de Almuñecar, Antequera, Linares y Montefrío, todos ellos adultos, puesto que la colección del cementerio de San José de Granada está formada por individuos de sexo conocido, tanto los adultos como los infantiles.

Para la estimación del sexo se han empleado las características del cráneo descritas por Ferembach *et al.* (1980). Este método se basa en la descripción de características morfológicas para la estimación del sexo, partiendo de los diferentes grados de robustez. En el caso del cráneo clasifica los diferentes caracteres en función de su importancia en la estimación del sexo — glabella(III), proceso mastoideo(III), relieve del plano nugal(III), proceso zigomático(III), arcos superciliares(II), protuberancias frontales y parietales(II), protuberancia occipital (II), zigomáticos (II), inclinación frontal(I), forma orbitaria(I). En las mandíbulas se valoró los caracteres de las mismas — aspecto general (III), mentón (II), ángulo de la mandíbula (I), margen inferior (I). Estos caracteres se puntúan entre -2 (hiperfemenino) y +2 (hipermasculino). Solo se incluyeron aquellos que fueron claramente femeninos o masculinos, los que suscitaron dudas en la estimación del sexo fueron excluidos.

Para la estimación de la edad se han empleado la sinostosis de las suturas craneales (esquema de Vallois, modificado Oliver, 1960; Krogman e Iscan, 1986).

Para la clasificación por edades han empleado los grupos que aparecen en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4. Clasificación de edad en grupos

Grupo de edad	Rango de edad
Feto	< 0 años
Infantil I	0 – 6 años
Infantil II	7 – 12 años
Juvenil	13 – 20 años
Adulto	21 – 40 años
Maduro	41 – 60 años
Senil	> 60 años

6.4.2. Obtención de los datos

El primer paso tras la toma de las fotografías es el revelado de los archivos Raw, para lo que se ha empleado el programa Adobe Photoshop Lighthouse 5.2®.

La localización de los *landmarks* se ha realizado sobre las fotografías de los dientes izquierdos y, en caso de la ausencia de cualquiera de estos o de su exclusión a consecuencia de los factores limitantes, y tras observarse la ausencia de diferencias de lateralidad, se ha empleado su antónimo derecho. Para ello se ha reflejado la imagen de los dientes derechos con el programa de tratamiento de imagen Adobe Photoshop CS6®.

En el caso de la dentición anterior se han tomado las fotografías de la superficie mesial del diente, con el fin de estudiar la morfología de la línea amelocementaria. La superficie incisal ha sido descartada debido a los problemas de orientación del diente y las superficies vestibular o lingual debido a la frecuente presencia de desgaste de altera la morfología del borde incisal. En la dentición lateral se han tomado las fotografías de la superficie oclusal siguiendo las pautas previamente descritas.

La digitalización de los *landmarks* y los *semilandmarks* se ha llevado a cabo con el programa TPSdig2 (Rohlf, 2005). Los *landmarks* se han situado de forma directa con la herramienta de digitalización (mira); sin embargo los

semilandmarks deben ser convertidos primero en *landmarks* y luego en *semilandmarks*. Para ello se ha empleado la herramienta de dibujo de curvas (lápiz amarillo) debido a la necesidad de situar el primer *semilandmark* en un punto exacto con gran precisión. Tras trazar la curva de forma manual, se ha ajustado el número de puntos (siempre el mismo en función del tipo de diente) que deben situarse a una distancia equidistante. A continuación los puntos de la curva se transformaron en *landmarks* con el programa TPSutil (Rohlf, 2004).

Antes de proceder a los estudios, se llevó a cabo un análisis de componentes principales con el fin de detectar errores en la localización de los *landmarks*. En la dispersión de puntos resultante se puede observar si alguno de los dientes aparece muy alejado del resto y si esta lejanía es debida a fallos durante el proceso de localización de los *landmarks*. Es especialmente útil para casos de errores en el orden de localización de *landmarks* o en el sentido del trazado de la curva.

6.4.3. Análisis del error de observación

6.4.3.1. Error intraobservador

Para la evaluación del error intraobservador se evaluó en primer lugar la existencia de errores en la orientación del diente para la toma de la fotografía y en segundo lugar la localización de los *landmarks* y *semilandmarks* en la imagen obtenida.

Para la valoración de errores en la orientación de los dientes se tomó una submuestra aleatoria en la que se encontraban representadas las 4 posibles opciones en la que se mostraban los dientes para ser fotografiados: (i) dentición anterior aislada, para ser fotografiada su superficie mesial, (ii) dentición lateral aislada, para ser fotografiada su superficie oclusal, (iii) dentición *in situ* en el maxilar, para ser fotografiada su superficie oclusal, (iv) dentición *in situ* en la mandíbula, para ser fotografiada su superficie oclusal.

Con el fin de aumentar la confiabilidad de las observaciones, la submuestra formada por 5 dientes, fue fotografiada durante 5 días consecutivos, dando lugar al promedio de la Observación A; y a continuación, tras un periodo de descanso de 2 días, se repitió el proceso durante otros 5 días consecutivos

para obtener el promedio de la Observación B. Tras la localización de los correspondientes *landmarks* y *semilandmarks*, con el programa de captura TPSdig2 (Rohlf, 2005), se procedió a la obtención de las distancias *interlandmarks* con el programa Tmorphogen7 (Sheet, 2011).

La valoración del error en la localización de los *landmarks* y *semilandmarks* en las imágenes se llevó a cabo con una submuestra aleatoria formada por imágenes de cinco dientes, que representaban a cada tipo y a cada arcada dentaria: incisivos, caninos y molares en el caso de la dentición primaria; incisivos, caninos, premolares y molares en el caso de la permanente. En cada una de las imágenes de cada tipo de diente —por ejemplo, 5 imágenes de 5 incisivos superiores primarios— fueron localizados los *landmarks* y *semilandmarks* durante 5 días consecutivos, y después de un descanso de 2 días otros 5 días consecutivos, tras lo que se obtuvo el promedio de cada una de las dos fases, con el fin de aumentar la confiabilidad de las observaciones. Las coordenadas se obtuvieron con el mismo programa con el que se procedió a la localización, TPSdig2 (Rohlf, 2005).

6.4.3.2. Error interobservador

Para la valoración del error interobservador se ha seguido la misma metodología explicada para la valoración del error en la localización de los *landmarks* y *semilandmarks* en el error intraobservador.

Se empleó una submuestra aleatoria formada por imágenes de 5 dientes que representaban a cada tipo y a cada arcada dentaria. En cada una de las imágenes de cada tipo de diente fueron localizados los *landmarks* y *semilandmarks* de forma independiente por cada uno de los observadores durante 5 días consecutivos, tras lo que se obtuvo el promedio, de nuevo con el fin de aumentar la confiabilidad de las observaciones. Las coordenadas se obtuvieron con el mismo programa con el que se procedió a la localización, TPSdig2 (Rohlf, 2005).

6.4.3.3. Valoración de la concordancia de las observaciones

Para cuantificar la fiabilidad de las observaciones se ha empleado el coeficiente de correlación intraclase, que estima el promedio de las correlaciones entre todas las posibles ordenaciones de los pares de observaciones disponibles (Ver Anexo II).

Los valores obtenidos del análisis pueden oscilar entre 0 y 1, donde 0 supone una total ausencia de concordancia y 1 la total concordancia entre las observaciones obtenidas. En el presente trabajo se ha empleado la clasificación de Fleiss (1986) para definir el grado de acuerdo: <0,4 supone un acuerdo pobre, 0,41–0,75 acuerdo bueno, >0,75 acuerdo excelente.

Al tratarse de una prueba paramétrica es necesario que la muestra cumpla las siguientes asunciones: normalidad en la distribución de la muestra, igualdad de varianzas e independencia entre los errores de cada observador.

Debido a la falta de una distribución normal de los datos obtenidos para la valoración del error de observación se han tipificado o estandarizado los valores, para lo que se le ha restado su media aritmética y se ha dividido por su desviación estándar:

$$z_1 = \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma}$$

Como resultado se obtiene una nueva variable tipificada, representada por la letra z , con media 0 y desviación estándar 1.

Los resultados de la concordancia se expresan en intervalos con los valores mínimos y máximos obtenidos; de forma individual para los valores x e y de los *landmarks* y de forma conjunta para los valores x e y de todos los *semilandmarks*.

El análisis del coeficiente de correlación intraclase (modelo aleatorio bidireccional, tipo acuerdo absoluto), así como la tipificación de las variables se ha llevado a cabo con el programa estadístico IBM SPSS v.22.

6.4.4. Métodos para el deslizamiento de *semilandmarks*

Tras la digitalización de los *landmarks* y la conversión de la curva en *landmarks* como se ha explicado previamente, se ha procedido al deslizamiento de los *semilandmarks* oportunos. Para ello se ha realizado el análisis general de Procrustes —con el fin de eliminar los efectos de traslación, rotación y escala—, se ha tomado el tamaño del centroide como medida del tamaño y se han deslizado los *semilandmarks* siguiendo cada uno de los modelos a comparar. Para el método de minimización de la energía de torsión se ha empleado el programa TPSrelw (Rohlf, 2003a); la segunda coordenada de cada *landmarks* ha sido eliminada con el programa TPSutil (Rohlf, 2004). Para el modelo de minimización de distancias Procrustes se ha empleado la extensión de Semiland incluida en el programa CoordGen (Sheet, 2011).

Cada uno de estos criterios desliza los *semilandmarks* siguiendo diferentes técnicas de la morfometría, de modo que los resultados obtenidos difieren entre ambos. Para estudiar y cuantificar dichas diferencias en los resultados de cada uno de ellos, se han llevado un análisis de las distancias parciales de Procrustes, un análisis de la disparidad de la variación dentro de cada grupo, coeficiente de correlación RV y análisis discriminantes.

Para obtener un análisis de las distancias parciales de Procrustes se ha realizado un test de permutación (N=1.600) con el programa TwoGroup (Sheet, 2011) que facilita el valor de F, las propias distancias y el valor de p.

Las diferencias en el grado de disparidad en la *forma* de los dientes fueron analizadas a través de la medida multivariada de la varianza de Foote (1993). La medida de Foote se estableció para cada muestra empleando la fórmula:

$$\Sigma = \frac{d_j^2}{n-1}$$

d_j representa la distancia de cada individuo a la media del grupo.

El intervalo de confianza y la desviación estándar fueron calculados basándose en 900 permutaciones. Los análisis se han realizado con el programa DisparityBox (Sheet, 2011)

A partir de las observaciones transformadas en dos bloques de variables se ha calculado el coeficiente de RV de Escoufier para cada uno de los grupos; las diferencias significativas entre ambos bloques han sido calculadas mediante un test de permutación (N=10.000). El análisis de mínimos cuadrados parciales, la obtención del coeficiente RV y el test de permutación se han obtenido con el programa Morphoj (Klingenberg, 2011).

Los análisis discriminantes se han realizado con los componentes principales que cumplían los supuestos necesarios y que se explican a continuación.

6.4.5 Comparación entre poblaciones

Los análisis llevados a cabo para comparar las diferencias entre poblaciones han sido análisis de permutación que no requieren una distribución normal de las variables, y que pueden ser aplicados en bases de datos que no tengan el rango completo (Domjanic *et al.*, 2013; Mitteroecker y Gunz, 2009).

Los test de permutación (N=1.600) se han llevado a cabo con el programa TwoGroup (Sheet, 2011) que facilitan el valor de F, los grados de libertad, las distancias Procrustes parciales así como el valor de la significación estadística. La superposición de Procrustes se ha realizado de forma conjunta con el fin de que las diferentes colecciones tuvieran la misma *forma* consenso, así como el mismo deslizamiento de *semilandmarks*. Tras ello, los datos han sido divididos en varios archivos con el fin de realizar la comparación de medias por pares de poblaciones. Las comparaciones se han realizado por pares con el fin de detectar las poblaciones que, en concreto, mostraban diferencias, de modo que pudieran ser excluidos el menor número de individuos.

6.4.6. Análisis por diente

El análisis general de Procrustes se ha empleado con el fin de eliminar los efectos de traslación, rotación y escala; se ha tomado el tamaño del centroide como medida del tamaño y se han deslizado los *semilandmarks* siguiendo el modelo de la minimización de la energía de torsión. Las diferencias de *forma*

entre individuos han sido estudiadas mediante el análisis de componentes principales, que describe las tendencias más destacadas en la *forma* de ambos sexos. El análisis de componentes principales, así como las deformaciones de las *formas* de referencia a lo largo de los ejes han sido realizadas con el programa PCAGen (Sheet, 2011).

El gráfico de dispersión del análisis de variables canónicas así como las deformaciones a lo largo de dicha variable, se han obtenido con el programa CVAGen (Sheet, 2011). Debido a necesidad de reducir la dimensionalidad de los datos, ante el gran número de variables obtenidas de la localización de *landmarks* y *semilandmarks*, el análisis se ha basado en un número de componentes principales inferior al tamaño muestral del grupo minoritario. Los supuestos en los que se basa el análisis discriminante son la normalidad de la distribución de la muestra y la homogeneidad de las matrices de varianza-covarianza que han sido comprobados con el test de Kolmogorov-Smirnov y la M de Box respectivamente. La significación estadística ha sido aprobada con un análisis multivariado de la varianza (MANOVA); la Lambda de Wilks refleja el número de variables significativas. La efectividad de las variables canónicas para discriminar por sexo se ha testado a través del modelo basado en las propias variables y de la validación cruzada dejando uno fuera. La clasificación por sexo se ha realizado en primer lugar incluyendo únicamente las variables de la *forma* y, a continuación, incluyendo tanto las variables de la *forma* como del tamaño del centroide. El tamaño del centroide se ha estudiado como variable independiente a través de la t de Student para muestras independientes, con el fin de ver las diferencias por sexo. Todos estos análisis se han realizado con el programa estadístico IBM SPSS v.22.

Las diferencias entre las medias de ambos sexos, obtenidas con un test de permutación basado en remuestreos aleatorios (N=1.600), se han analizado con el programa TwoGroup (Sheet, 2011).

Por último, el efecto alométrico que compone cada sexo, siempre que el tamaño muestral lo permitiera, se ha obtenido mediante análisis de regresión con el programa TPSRegr (Rohlf, 2003b). La significación estadística, de nuevo, ha sido testada con test de permutación basado en remuestreos aleatorios (N=1.000).

CAPÍTULO 7

Resultados y discusión



7.1. COMPOSICIÓN FINAL DE LA MUESTRA DE ESTUDIO

Tras la valoración de los diversos factores limitantes y la consecuente exclusión de los individuos afectados por los mismos, la muestra final de estudio está formada por un total de 207 individuos, de los cuales 68 son infantiles —42 de sexo masculino y 26 de sexo femenino— y 139 adultos —74 hombres y 65 mujeres—. El total de la muestra está compuesto por cinco poblaciones, de las cuales la de Granada es la única que presenta individuos infantiles. Los detalles de la composición de la muestra se exponen en la Tabla 7.1. La clasificación por grupo de edad se expone en la Tabla 7.2.

De estos individuos se han obtenido 712 dientes, de los cuales 287 pertenecen a la dentición primaria y 425 a la permanente. Los dientes primarios tan solo forman parte de la colección de Granada. Los detalles de la composición de la muestra, por diente, se presentan en la Tabla 7.3.

Tabla 7.1. Composición final de la muestra por individuos y sexo (tras la valoración de factores limitantes)

	ALM	ANT	GRA	LIN	MON	TOTAL
Infantiles						
Masculino	0	0	42	0	0	42
Femenino	0	0	26	0	0	26
Subtotal	0	0	68	0	0	68
Adultos						
Masculino	10*	3*	18	34*	9*	74
Femenino	14*	6*	16	24*	5*	65
Subtotal	24*	9*	34	58*	14*	139
TOTAL	24	9	102	58	14	207

ALM, Almuñecar; ANT, Antequera; GRA, Granada; LIN, Linares; MON, Montefrío. Señalados con * los individuos con sexo estimado mediante el método de Ferembach *et al.* (1980).

Tabla 7.2. Composición de la muestra final por población, sexo y grupo de edad (tras la valoración de factores limitantes)

	Feto	Inf.I	Inf.II	Juvenil	Adulto	Maduro	Senil	Desc
Almuñécar								
Masculino	0	0	0	0	0	1	4	5
Femenino	0	0	0	0	0	3	5	6
Subtotal	0	0	0	0	0	4	9	11
Antequera								
Masculino	0	0	0	0	2	1	0	0
Femenino	0	0	0	1	4	1	0	0
Subtotal	0	0	0	1	6	2	0	0
Granada								
Masculino	0	39	1	0	5	5	3	7
Femenino	0	21	1	0	2	2	9	7
Subtotal	0	60	2	0	7	7	12	14
Linares								
Masculino	0	0	0	0	7	7	10	10
Femenino	0	0	0	1	5	6	7	5
Subtotal	0	0	0	1	12	13	17	15
Montefrío								
Masculino	0	0	0	0	0	3	3	3
Femenino	0	0	0	0	2	1	1	1
Subtotal	0	0	0	0	2	4	4	4
TOTAL	0	120	4	4	54	60	84	88

Feto, <0 años; Infantil I, 0–6 años; Infantil II, 7–12 años; Juvenil, 13–20 años; Adulto, 21–40 años; Maduro, 41–60 años; Senil, >60 años.

El número de dientes que finalmente ha podido ser analizado se ha visto reducido debido al gran número de filtros por los que pasan antes de ser considerados aptos para su estudio. Como ya se señalaba al principio del presente trabajo, en relación al valor que tienen los dientes, la cavidad oral presenta la gran ventaja de la fácil accesibilidad (Larsen y Kelley, 1991). Sin embargo, esto se convierte en un problema de cara al deterioro continuo al que se exponen los dientes desde el momento que erupcionan en la boca, ya que son muy numerosos los factores por los que pueden verse afectados, y por lo tanto, limitantes para su estudio.

El principal problema en referencia al tamaño muestral encontrado ha sido la elevada edad que presentaban la gran mayoría de los individuos estudiados. Un claro ejemplo de ello es la colección de individuos adultos identificados del Cementerio de San José (Granada). A pesar de que se disponía de 229 individuos, tan solo 34 de ellos pudieron ser incluidos en el análisis debido, mayoritariamente, a que su avanzada edad suponía una muy frecuente pérdida dental así como el desgaste muy acusado del resto de los dientes. El aumento de la población de mayor edad implica el estudio de la salud oral en relación al envejecimiento. No es un mito que las enfermedades orales y la carencia de dientes son típicos del envejecimiento (Cornejo *et al.*, 2013). La pérdida dental es una variable muy empleada para valorar la salud dental, en la que hay que tener en cuenta los numerosos factores que intervienen, ya sean objetivos —caries, traumas, enfermedad periodontal, etc.— o subjetivos —factores culturales, socioeconómicos, etc. (Eustaquio-Raga *et al.*, 2013). Son numerosos los estudios que determinan que la pérdida dental se incrementa con la edad (Battistuzzi *et al.*, 1987; Müller *et al.*, 2007). No obstante, esta pérdida ha decrecido en las últimas décadas como consecuencia de la mejora de la salud dental (Müller *et al.*, 2007).

Tabla 7.3. Composición de la muestra final por diente (tras la valoración de factores limitantes)

	ALM	ANT	GRA	LIN	MON	TOTAL
Primaria						
Superiores						
i ¹	0	0	43	0	0	43
i ²	0	0	35	0	0	35
c'	0	0	20	0	0	20
m ¹	0	0	38	0	0	38
m ²	0	0	11	0	0	11
Subtotal	0	0	147	0	0	147
Inferiores						
i ₁	0	0	47	0	0	47
i ₂	0	0	32	0	0	32
c,	0	0	14	0	0	14
m ₁	0	0	30	0	0	30
m ₂	0	0	17	0	0	17
Subtotal	0	0	140	0	0	140
Permanente						
Superiores						
I ¹	0	0	8	0	0	8
I ²	0	0	2	0	0	2
C'	0	0	10	0	0	10
P ¹	6	1	21	22	8	58
P ²	6	3	18	28	6	61
M ¹	7	3	15	28	4	57
M ²	8	7	18	36	4	73
M ₃	2	0	7	14	1	24
Subtotal	29	14	99	128	23	293
Inferiores						
I ₁	0	0	5	0	0	5
I ₂	0	0	8	0	0	8
C,	0	0	7	0	0	7
P ₁	2	0	14	0	0	16
P ₂	2	0	16	0	0	18
M ₁	4	0	12	4	0	20
M ₂	4	0	24	4	2	34
M ₃	5	0	12	4	3	24
Subtotal	17	0	98	12	5	132
TOTAL	46	14	489	140	28	712

ALM, Almuñecar; ANT, Antequera; GRA, Granada; LIN, Linares; MON, Montefrío.

7.2. ANÁLISIS DEL ERROR DE OBSERVACIÓN

Los resultados obtenidos en el análisis del valor de la concordancia indican un alto valor de acuerdo tanto en el error intraobservador como en el error interobservador. Los valores alcanzados con el coeficiente de correlación intraclase detallan una alta fiabilidad en la orientación de los dientes y en la localización de *landmarks* y *semilandmarks*. Esto supone una falta de influencia en la clasificación de individuos por sexo por parte del observador, por lo que el uso de coordenadas puede ser empleado para realizar descripciones morfológicas de la *forma* del diente.

7.2.1. Análisis del error intraobservador

7.2.1.1. Orientación del diente

El error de observación existente en este tipo de estudio ha sido analizado, en primer lugar, en la fase de orientación de los dientes para la toma de la fotografía. La posición en la que se colocan debe ser siempre la misma, no obstante, esto puede ser difícil de conseguir. Es por ello, por lo que las fotografías se han realizado de manera diferente para cada conjunto de dientes.

La Tabla 7.4 muestra los resultados de los análisis descriptivos de las distancias *interlandmarks*. Debido a falta de normalidad en la distribución de los datos, testada con la prueba de Kolmogorov–Smirnov ($p < 0,05$), el coeficiente de correlación intraclase ha sido llevado a cabo con los valores tipificados de las variables originales.

La Tabla 7.5 muestra los resultados de los datos estandarizados de reproducibilidad del estudio, analizando el posible error que se ocasiona en la orientación de los dientes.

En primer lugar se detallan los resultados de la repetida colocación de un diente anterior aislado —primer incisivo superior permanente— con el fin de fotografiar la superficie mesial del mismo. La dentición anterior presenta la mayor problemática en la posición en la que se debía situar el diente para fotografía la superficie incisal. Esta fue la causa por la que se descartó esta opción de análisis y se decidió optar por la superficie mesial del diente, que parecía una orientación más fiable. Dicha fiabilidad se ha visto confirmada en los excelentes

resultados de la concordancia entre los valores de las repeticiones realizadas y que muestran un excelente acuerdo en el valor de la concordancia entre ambas observaciones, ya sea de la distancia entre los *landmarks* como entre los *semilandmarks* (Tabla 7.5). A esta fiabilidad de observación se suma que las dimensiones cervicales presentan una menor afección por factores limitantes, una mayor representación y un mayor grado de dimorfismo sexual, en comparación con las dimensiones de la corona dental (Viciano, 2013).

Seguidamente, los resultados de la orientación de un diente lateral aislado —primer premolar superior permanente— con el fin de fotografiar la superficie oclusal del mismo. También arrojan un excelente acuerdo de concordancia, con la excepción de la distancia *interlandmark* 4–5 que muestra un grado de acuerdo pobre.

El análisis de posibles errores por parte de un mismo observador al reorientar un cráneo, con el fin de tomar la imagen de la superficie oclusal de un diente, repite el mayor grado de acuerdo en la concordancia, con la salvedad de la distancia *interlandmark* 2–3 y 5–1 cuyo acuerdo es calificado como bueno.

Y, por último, la orientación de un diente *in situ* en la mandíbula, en cuyo caso, tanto en las distancias *interlandmarks* como *intersemilandmarks* son todas altamente reproducibles.

En la orientación de los dientes laterales, y pese a la dificultad de situar de forma paralela a la lente la línea amelocementaria descrita por diversos investigadores (Benazzi *et al.*, 2009; Gómez–Robles, 2010; Gómez–Robles *et al.*, 2008), los resultados muestran un acuerdo de concordancia bueno/excelente. La situación del diente —aislado, *in situ* en maxilar o *in situ* en mandíbula— no ha supuesto ningún cambio en los resultados, por lo que ésta no afecta a la fiabilidad de resultados posteriores, validando cada opción en la que estos pueden presentarse.

Esta alta fiabilidad que ofrece la orientación de los dientes en estudios de morfometría geométrica concuerda con estudios previos realizados por diversos investigadores (Gómez–Robles, 2010; Gómez–Robles *et al.*, 2008; Bernal, 2007).

Tabla 7.4. Estadística descriptiva de las distancias *interlandmarks* en la orientación de los dientes, un observador

	Observación A		Observación B	
	Media	DE	Media	DE
Diente anterior aislado (I')				
LM1-2	6,098	0,323	6,028	0,064
SML(8)	0,929	0,364	0,922	0,079
Diente lateral aislado (P')				
LM1-2	4,999	0,345	4,863	0,205
LM2-3	3,001	0,381	2,972	0,313
LM3-4	2,824	0,344	2,817	0,347
LM4-5	2,913	0,170	2,816	0,155
SML(8)	0,627	0,011	0,621	0,020
Diente <i>in situ</i> en el maxilar (M')				
LM1-2	5,015	0,375	5,088	0,601
LM2-3	6,486	0,509	6,486	0,510
LM3-4	5,295	0,532	5,295	0,532
LM4-5	5,329	0,623	5,329	0,623
LM5-1	3,276	0,203	3,276	0,203
SML(40)	0,876	0,038	0,876	0,038
Diente <i>in situ</i> en la mandíbula (M₁)				
LM1-2	4,487	0,379	4,534	0,479
LM2-3	6,760	0,452	6,864	0,427
LM3-4	5,543	0,360	5,638	0,460
LM4-5	3,712	0,851	3,863	0,813
LM5-6	4,851	0,328	4,974	0,352
LM6-1	3,368	0,603	3,364	0,591
SML(40)	0,813	0,049	0,823	0,048

LM, *landmark*; SML, *semilandmark*. Distancias *interlandmarks* en milímetros.

Tabla 7.5. Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la orientación del diente, un observador

	Valor de la concordancia	Grado de acuerdo
Diente anterior aislado (I')		
LM1-2	0,963	Excelente
SML(8)	0,946	Excelente
Diente lateral aislado (P')		
LM1-2	0,940	Excelente
LM2-3	0,961	Excelente
LM3-4	0,993	Excelente
LM4-5	0,325	Pobre
SML(8)	0,776	Excelente
Diente <i>in situ</i> en el maxilar (M')		
LM1-2	0,936	Excelente
LM2-3	0,565	Bueno
LM3-4	0,794	Excelente
LM4-5	0,973	Excelente
LM5-1	0,710	Bueno
SML(40)	0,924	Excelente
Diente <i>in situ</i> en la mandíbula (M,)		
LM1-2	0,956	Excelente
LM2-3	0,983	Excelente
LM3-4	0,806	Excelente
LM4-5	0,956	Excelente
LM5-6	0,977	Excelente
LM6-1	0,999	Excelente
SML(40)	0,956	Excelente

LM, landmark; SML, semilandmark.

7.2.1.2. Localización de los landmarks y semilandmarks

Las Tablas 7.6–7.8 muestran los resultados de los análisis descriptivos de las coordenadas brutas de las observaciones A y B. En este caso tampoco existe normalidad en la distribución de los datos, testada con la prueba de Kolmogorov–Smirnov ($p < 0,05$), por lo que el coeficiente de correlación intraclase ha sido llevado a cabo con los valores tipificados de las variables originales.

La concordancia entre la observación A y la observación B llevadas a cabo por un mismo examinador arrojan unos excelentes resultados en todos los dientes empleados (Tablas 7.9–7.10).

En la dentición primaria la concordancia es inmejorable en el caso de la dentición superior y del incisivo inferior. En el canino y molares inferiores muestran también resultados clasificados como excelentes; no obstante, ligeramente inferiores al resto de los dientes (Tabla 7.9).

La dentición superior permanente presenta resultados insuperables en el incisivo y en el premolar, y por debajo de estos se encuentra el canino y a continuación el molar; sin embargo, esta diferencia es mínima (Tabla 7.10).

La dentición inferior permanente muestra el mayor acuerdo en el incisivo y en el premolar y ligeramente por debajo el canino y el molar (Tabla 7.11).

Tabla 7.6. Estadística descriptiva de las coordenadas en la localización de los *landmarks* y *semilandmarks* en la dentición primaria, un observador

	Observación A (x,y)		Observación B (x,y)	
	Media	DE	Media	DE
Superiores				
<i>i'</i>				
LM1	(340,621)	(77,1;134,6)	(340,620)	(76,1;140,7)
LM2	(572,600)	(97,3;156,9)	(572,599)	(97,2;156,2)
SML(6)	(456,645)	(87,4;152,2)	(457,645)	(87,7;152,0)
<i>c'</i>				
LM1	(1.885,1.129)	(34,1;19,3)	(1.884,1.127)	(34,9;18,2)
LM2	(2.163,1.129)	(10,3;11,9)	(2.163,1.128)	(10,6;11,3)
SML(6)	(2.023,1.159)	(22,6;15,4)	(2.022,1.158)	(23,3;16,0)
<i>m'</i>				
LM1	(1.841,1.551)	(421,0;305,8)	(1.844,1.552)	(421,8;303,0)
LM2	(1.880,1.296)	(349,6;342,5)	(1.883,1.299)	(350,7;342,5)
LM3	(1.781,1.398)	(358,2;309,0)	(1.778,1.400)	(358,5;306,6)
LM4	(1.995,1.400)	(397,9;370,0)	(1.993,1.399)	(399,4;369,8)
SML(35)	(1.684,1.276)	(386,6;336,1)	(1.876,1.423)	(389,7;335,6)
Inferiores				
<i>i,</i>				
LM1	(2.128,1.184)	(91,6;55,6)	(2.127,1.182)	(91,3;56,6)
LM2	(1.951,1.158)	(74,1;56,2)	(1.950,1.157)	(73,8;56,6)
SML(6)	(2.038,1.205)	(83,3;53,1)	(2.038,1.204)	(83,0;54,0)
<i>c,</i>				
LM1	(2.094,1.066)	(68,8;92,6)	(2.116,1.065)	(65,8;92,2)
LM2	(1.880,1.072)	(72,6;84,6)	(1.858,1.071)	(63,2;84,8)
SML(6)	(1.993,1.105)	(66,4;79,7)	(1.992,1.105)	(65,9;80,1)
<i>m,</i>				
LM1	(2.071,1.339)	(54,2;35,9)	(2.074,1.338)	(52,8;35,6)
LM2	(1.881,1.335)	(51,4;81,4)	(1.902,1.329)	(56,4;74,0)
LM3	(2.043,1.193)	(62,9;51,7)	(2.042,1.195)	(61,9;51,5)
LM4	(1.856, 1.170)	(62,8;74,9)	(1.856,1.172)	(60,7;74,5)
LM5	(2.116,1.253)	(58,1;34,7)	(2.115,1.251)	(55,7;36,5)
LM6	(1.956,1.251)	(58,6;56,3)	(1.953,1.240)	(61,2;57,3)
SML(35)	(1.796,1.139)	(69,6;55,7)	(2.001,1.269)	(64,8;52,2)

LM, *landmark*; SML, *semilandmark*.

Tabla 7.7. Estadística descriptiva de las coordenadas en la localización de los *landmarks* y *semilandmarks* en la dentición superior permanente, un observador

	Observación A (x,y)		Observación B (x,y)	
	Media	DE	Media	DE
I'				
LM1	(1.759,1.187)	(76,5;98,6)	(1.760,1.187)	(76,4;99,5)
LM2	(2.001,1.230)	(84,9;97,2)	(2.101,1.230)	(84,0;97,3)
SML(6)	(1.700,1.440)	(87,0;95,1)	(1.700,1.441)	(87,0;95,0)
C'				
LM1	(1.728,1.166)	(83,8;97,4)	(1.726,1.161)	(80,9;100,1)
LM2	(2.134,1.201)	(99,0;92,4)	(2.133,1.197)	(97,1;94,3)
SML(6)	(1.697,1.435)	(90,6;83,3)	(1.695,1.429)	(89,6;84,4)
P'				
LM1	(1.937,1.445)	(96,1;100,8)	(1.935,1.445)	(98,9;99,3)
LM2	(1.823,1.126)	(198,9;90)	(1.827,1.127)	(188,4;89,1)
LM3	(1.827,1.289)	(138;75,5)	(1.825,1.289)	(139,0;75,1)
LM4	(1.966,1.251)	(149,6;105)	(1.963,1.250)	(150,4;106,5)
SML(40)	(1.896,1.295)	(138,4;92,7)	(1.896,1.296)	(137,9;93,0)
M'				
LM1	(1.725,1.543)	(171,5;117)	(1.724,1.534)	(172,1;122,9)
LM2	(2.014,1.490)	(129,6;127)	(2.009,1.486)	(124,4;130,1)
LM3	(1.755,1.131)	(121;149,2)	(1.763,1.142)	(119,2;133,3)
LM4	(2.055,1.122)	(86,1;126,5)	(2.052,1.128)	(98,1;199,8)
LM5	(1.845,1.360)	(141,4;129)	(1.849,1.364)	(144,2;126,6)
LM6	(1.867,1.314)	(130,7;137)	(1.867,1.314)	(130,6;136,9)
SML(40)	(1.725,1.543)	(171,5;117)	(1.724,1.534)	(172,1;122,9)

LM, *landmark*; SML, *semilandmark*.

Tabla 7.8. Estadística descriptiva de las coordenadas en la localización de los *landmarks* y *semilandmarks* en la dentición inferior permanente, un observador

	Observación A (x,y)		Observación B (x,y)	
	Media	DE	Media	DE
I,				
LM1	(2.082,1.127)	(173;197,9)	(2.082,1.125)	(172,0;197,1)
LM2	(1.792,1.160)	(175,5;195,3)	(1.792,1.158)	(175,1;195,2)
SML(6)	(1.762,1.353)	(179;184,6)	(1.764,1.353)	(178,2;183,8)
C,				
LM1	(2.191,1.203)	(101,2;147)	(2.190,1.204)	(101,9;145,9)
LM2	(1.787,1.245)	(134,4;145)	(1.787,1.245)	(134,2;144,4)
SML(6)	(1.827,1.432)	(126;142,2)	(1.828,1.432)	(126,0;142,0)
P,				
LM1	(2.046,2.044)	(61,8;188,4)	(2.048,1.359)	(55,1;183,4)
LM2	(2.066,2.058)	(84,01;186)	(2.067,1.156)	(82,6;185,0)
LM3	(2.123,2.120)	(70,1;186,5)	(2.120,1.243)	(68,5;184,3)
LM4	(1.986,1.221)	(63,9;197,6)	(1.989,1.219)	(61,6;194,9)
SML(40)	(2.042,1.303)	(63,8;195,6)	(2.042,1.302)	(64,0;195,0)
M,				
LM1	(2.132,1.463)	(113,9;155,4)	(2.133,1.459)	(114,5;97,8)
LM2	(1.892,1.458)	(113,7;98,4)	(1.893,1.460)	(110,3;154,5)
LM3	(2.152,1.199)	(62,5;160,0)	(2.153,1.212)	(65,3;95,5)
LM4	(1.870,1.175)	(92,3;214,1)	(1.868,1.180)	(101;166,4)
LM5	(1.780,1.369)	(94,4;214,1)	(1.786,1.363)	(94,1;166,4)
LM6	(2.013,1.134)	(91,1;133,0)	(2.015,1.323)	(91,9;216,7)
SML(40)	(2.004;1.327)	(107,8;142,8)	(2.005,1.328)	(108,1;143,8)

LM, *landmark*; SML, *semilandmark*.

Tabla 7.9. Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la localización de *landmarks* y *semilandmarks* en la dentición primaria, un observador

	Valor de la concordancia	Grado de acuerdo
Superiores		
<i>i'</i>		
LM1	1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
SML(6)	1,000	Excelente
<i>c,</i>		
LM1	1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
SML(6)	1,000	Excelente
<i>m'</i>		
LM1	1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
LM3	1,000	Excelente
LM4	1,000	Excelente
SML(35)	1,000	Excelente
Inferiores		
<i>i,</i>		
LM1	1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
SML(6)	1,000	Excelente
<i>c,</i>		
LM1	0,925 – 0,999	Excelente
LM2	0,933 – 1,000	Excelente
SML(6)	0,962 – 0,999	Excelente
<i>m,</i>		
LM1	0,997 – 0,998	Excelente
LM2	0,915 – 0,991	Excelente
LM3	0,999	Excelente
LM4	0,999 – 1,000	Excelente
LM5	0,999	Excelente
LM6	0,996 – 0,999	Excelente
SML(35)	0,810 – 0,999	Excelente

LM, *landmark*; SML, *semilandmark*.

Tabla 7.10. Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la localización de *landmarks* y *semilandmarks* en la dentición superior permanente, un observador

	Valor de la concordancia	Grado de acuerdo
I'		
LM1	1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
SML(8)	1,000	Excelente
C,		
LM1	0,996 – 0,999	Excelente
LM2	0,996 – 1,000	Excelente
SML(8)	0,995 – 1,000	Excelente
P'		
LM1	0,999 – 1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
LM3	1,000	Excelente
LM4	1,000	Excelente
SML(40)	0,999 – 1,000	Excelente
M,		
LM1	0,998 – 0,999	Excelente
LM2	0,999	Excelente
LM3	0,998	Excelente
LM4	0,998 – 0,999	Excelente
LM5	0,996 – 0,998	Excelente
LM6	0,999	Excelente
SML(40)	0,995	Excelente

LM, *landmark*; SML, *semilandmark*.

Tabla 7.11. Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la localización de *landmarks* y *semilandmarks* en la dentición inferior permanente, un observador

	Valor de la concordancia	Grado de acuerdo
I,		
LM1	1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
SML(8)	1,000	Excelente
C,		
LM1	1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
SML(8)	1,000	Excelente
P'		
LM1	0,993 – 0,997	Excelente
LM2	0,999	Excelente
LM3	0,999	Excelente
LM4	0,998	Excelente
SML(40)	0,981 – 0,999	Excelente
M,		
LM1	0,992 – 0,996	Excelente
LM2	0,997	Excelente
LM3	0,992 – 0,999	Excelente
LM4	0,998 – 0,999	Excelente
LM5	0,994 – 0,999	Excelente
LM6	0,996 – 0,999	Excelente
SML(40)	0,861 – 0,999	Excelente

LM, *landmark*; SML, *semilandmark*.

7.2.2. Análisis del error interobservador

Las Tablas 7.12–7.14 muestran los resultados de los análisis descriptivos de las coordenadas brutas de ambos observadores. Se repite la ausencia de normalidad en la distribución de los datos, testada con la prueba de Kolmogorov–Smirnov ($p < 0,05$), por lo que el coeficiente de correlación intraclase ha sido llevado a cabo con los valores tipificados de las variables originales.

La concordancia entre las observaciones de ambos examinadores con los valores tipificados se detallan en las Tablas 7.15–7.17.

Todos los dientes de la dentición primaria muestran un grado de acuerdo excelente entre las observaciones del primer y el segundo examinador. En todos los casos, salvo en el molar inferior, los resultados de concordancia entre las coordenadas de los *landmarks* se muestran ligeramente superiores a los obtenidos de las coordenadas de los *semilandmarks* (Tabla 7.15).

En la dentición permanente se repite el alto valor de acuerdo, tanto en la dentición superior como en la inferior, salvo en los *semilandmarks* del primer incisivo superior que muestran un acuerdo calificado como bueno (Tablas 7.16 y 7.17). Igualmente, todos los valores de los *landmarks* son más elevados o iguales que los de los *semilandmarks*.

Tabla 7.12. Estadística descriptiva de las coordenadas en la localización de los *landmarks* y *semilandmarks* en la dentición primaria, dos observadores

	Observación A (x,y)		Observación B (x,y)	
	Media	DE	Media	DE
Superiores				
<i>i'</i>				
LM1	(340,621)	(77,1;134,6)	(341,616)	(76,5;140,4)
LM2	(572,600)	(97,3;156,9)	(572,597)	(97,9;154,8)
SML(6)	(456,645)	(87,4;152,2)	(458,646)	(87,9;151,4)
<i>c'</i>				
LM1	(1.885,1.129)	(34,1;19,3)	(1.885,1.126)	(35,3;18,2)
LM2	(2.163,1.129)	(10,3;11,9)	(2.163,1.127)	(10,1;12,0)
SML(6)	(2.023,1.159)	(22,6;15,4)	(2.023,1.158)	(22,4;15,4)
<i>m'</i>				
LM1	(1.841,1.551)	(421,0;305,8)	(1.845,1.560)	(424,0;299,6)
LM2	(1.880,1.296)	(349,6;342,5)	(1.886,1.288)	(347,8;351,0)
LM3	(1.781,1.398)	(358,2;309)	(1.780,1.403)	(355,0;309,4)
LM4	(1.995,1.400)	(397,9;370)	(1.996,1.393)	(393,2;370,6)
SML(35)	(1.684,1.276)	(386,6;336,1)	(1.685,1.276)	(388,0;336,5)
Inferiores				
<i>i,</i>				
LM1	(2.128,1.184)	(91,6;55,6)	(2.127,1.180)	(91,4;57,8)
LM2	(1.951,1.158)	(74,1;56,2)	(1.950,1.155)	(74,1;56,5)
SML(6)	(2.038,1.205)	(83,3;53,1)	(2.038,1.205)	(83,1;53,9)
<i>c,</i>				
LM1	(2.094,1.066)	(68,8;92,6)	(2.115,1.064)	(65,7;92,9)
LM2	(1.880,1.072)	(72,6;84,6)	(1.858,1.071)	(63,8;86,0)
SML(6)	(1.993,1.105)	(66,4;79,7)	(1.992,1.107)	(65,9;80,7)
<i>m,</i>				
LM1	(2.071,1.339)	(54,2;35,9)	(2.078,1.341)	(63,8;34,5)
LM2	(1.881,1.335)	(51,4;81,4)	(1.881,1.337)	(47,7;90,6)
LM3	(2.043,1.193)	(62,9;51,7)	(2.044,1.184)	(60,9;48,9)
LM4	(1.856, 1.170)	(62,8;74,9)	(1.856,1.165)	(61,3;77,6)
LM5	(2.116,1.253)	(58,1;34,7)	(2.109,1.249)	(57,5;32,8)
LM6	(1.956,1.251)	(58,6;56,3)	(1.956,1.240)	(56,6;60,2)
SML(35)	(1.796,1.139)	(69,6;55,7)	(1.796,1.137)	(68,6;54,3)

LM, landmark; SML, semilandmark.

Tabla 7.13. Estadística descriptiva de las coordenadas en la localización de los *landmarks* y *semilandmarks* en la dentición superior permanente, dos observadores

	Observación A (x,y)		Observación B (x,y)	
	Media	DE	Media	DE
I'				
LM1	(1.759,1.187)	(76,5;98,6)	(1.761,1.186)	(76,3;98,3)
LM2	(2.001,1.230)	(84,9;97,2)	(2.101,1.229)	(84,1;96,6)
SML(6)	(1.700,1.440)	(87,0;95,1)	(1.700,1.443)	(87,0;94,5)
C'				
LM1	(1.728,1.166)	(83,8;97,4)	(1.729,1.165)	(84,2;97,6)
LM2	(2.134,1.201)	(99,0;92,4)	(2.135,1.201)	(97,6;93,0)
SML(6)	(1.697,1.435)	(90,6;83,3)	(1.696,1.432)	(90,3;85,3)
P'				
LM1	(1.937,1.445)	(96,1;100,8)	(1.941,1.451)	(89,9;99,1)
LM2	(1.823,1.126)	(198,9;90,0)	(1.831,1.120)	(194,1;88,7)
LM3	(1.827,1.289)	(138,0;75,5)	(1.828,1.295)	(137,2;72,2)
LM4	(1.966,1.251)	(149,6;105,0)	(1.968,1.251)	(150,8;106,0)
SML(40)	(1.896,1.295)	(138,4;92,7)	(1.897,1.295)	(138,2;92,9)
M'				
LM1	(1.725,1.543)	(171,5;117,0)	(1.729,4.556)	(178;103,1)
LM2	(2.014,1.490)	(129,6;127,0)	(2.018,1.518)	(121,2;127)
LM3	(1.755,1.131)	(121;149,2)	(1.739,1.127)	(116,8;151,1)
LM4	(2.055,1.122)	(86,1;126,5)	(2.064,1.106)	(73,7;151,1)
LM5	(1.845,1.360)	(141,4;129,0)	(1.850,1.371)	(144;127,1)
LM6	(1.867,1.314)	(130,7;137,0)	(1.868,1.315)	(135;139,9)
SML(40)	(1.725,1.543)	(171,5;117,0)	(1.729,4.556)	(178;103,1)

LM, *landmark*; SML, *semilandmark*.

Tabla 7.14. Estadística descriptiva de las coordenadas en la localización de los *landmarks* y *semilandmarks* en la dentición inferior permanente, dos observadores

	Observación A (x,y)		Observación B (x,y)	
	Media	DE	Media	DE
I,				
LM1	(2.082,1.127)	(173,0;197,9)	(2.082,1.123)	(172,4;197,6)
LM2	(1.792,1.160)	(175,5;195,3)	(1.791,1.159)	(175,6;194)
SML(6)	(1.762,1.353)	(179,0;184,6)	(1.761,1.353)	(179,2;184,3)
C,				
LM1	(2.191,1.203)	(101,2;147,0)	(2.193,1.202)	(101,5;146,8)
LM2	(1.787,1.245)	(134,4;145,0)	(1.786,1.245)	(134,7;144,7)
SML(6)	(1.827,1.432)	(126,0;142,2)	(1.827,1.433)	(126,2;142,0)
P,				
LM1	(2.046,2.044)	(61,8;188,4)	(2.044,1.364)	(55,6;180,8)
LM2	(2.066,2.058)	(84,0;186,0)	(2.058,1.149)	(89,4;184,6)
LM3	(2.123,2.120)	(70,1;186,5)	(2.120,1.241)	(70,2;185,2)
LM4	(1.986,1.221)	(63,9;197,6)	(1.982,1.227)	(71,4;205,1)
SML(40)	(2.042,1.303)	(63,8;195,6)	(2.042,1.304)	(64,8;196,4)
M,				
LM1	(2.132,1.463)	(113,9;155,4)	(2.139,1.471)	(105,3;110,9)
LM2	(1.892,1.458)	(113,7;98,4)	(1.901,1.470)	(111,2;159,7)
LM3	(2.152,1.199)	(62,5;160,0)	(2.158,1.194)	(60,9;98,9)
LM4	(1.870,1.175)	(92,3;214,1)	(1.865,1.176)	(106,6;167,2)
LM5	(1.780,1.369)	(94,4;214,1)	(1.785,1.369)	(91,5;224,8)
LM6	(2.013,1.134)	(91,1;133,0)	(2.017,1.331)	(99,6;135,6)
SML(40)	(2.004;1.327)	(107,8;142,8)	(2.005,1.327)	(93,7;136,8)

LM, *landmark*; SML, *semilandmark*

Tabla 7.15. Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la localización de *landmarks* y *semilandmarks* en la dentición primaria, dos observadores

	Valor de la concordancia	Grado de acuerdo
Superiores		
<i>i'</i>		
LM1	1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
SML(6)	0,991 – 1,000	Excelente
<i>c,</i>		
LM1	0,998 – 1,000	Excelente
LM2	0,994 – 0,997	Excelente
SML(6)	0,985 – 0,999	Excelente
<i>m'</i>		
LM1	1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
LM3	1,000	Excelente
LM4	1,000	Excelente
SML(35)	0,999	Excelente
Inferiores		
<i>i,</i>		
LM1	1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
SML(6)	1,000	Excelente
<i>c,</i>		
LM1	0,928 – 0,999	Excelente
LM2	0,933 – 1,000	Excelente
SML(6)	0,966 – 0,999	Excelente
<i>m,</i>		
LM1	0,949 – 0,967	Excelente
LM2	0,985 – 0,998	Excelente
LM3	0,991 – 0,999	Excelente
LM4	0,993 – 0,997	Excelente
LM5	0,962 – 0,997	Excelente
LM6	0,990 – 0,991	Excelente
SML(35)	0,974 – 0,999	Excelente

LM, *landmark*; SML, *semilandmark*.

Tabla 7.16. Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la localización de *landmarks* y *semilandmarks* en la dentición superior permanente, dos observadores

	Valor de la concordancia	Grado de acuerdo
I'		
LM1	0,936 – 1,000	Excelente
LM2	0,909 – 0,992	Excelente
SML(8)	0,696 – 0,998	Bueno
C,		
LM1	1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
SML(8)	0,999 – 1,000	Excelente
P'		
LM1	0,998 – 0,999	Excelente
LM2	1	Excelente
LM3	0,999	Excelente
LM4	1	Excelente
SML(40)	0,998 – 0,999	Excelente
M,		
LM1	0,987 – 0,999	Excelente
LM2	0,991 – 0,994	Excelente
LM3	0,999	Excelente
LM4	0,999 – 0,998	Excelente
LM5	0,961 – 0,998	Excelente
LM6	0,981 – 0,990	Excelente
SML(40)	0,920 – 0,999	Excelente

LM, *landmark*; SML, *semilandmark*.

Tabla 7.17. Análisis del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase tras la tipificación de los valores originales. Valor de la concordancia en la localización de *landmarks* y *semilandmarks* en la dentición inferior permanente, dos observadores

	Valor de la concordancia	Grado de acuerdo
I,		
LM1	1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
SML(8)	1,000	Excelente
C,		
LM1	1,000	Excelente
LM2	1,000	Excelente
SML(8)	1,000	Excelente
P'		
LM1	0,990 – 0,996	Excelente
LM2	0,998 – 1,000	Excelente
LM3	1,000	Excelente
LM4	0,996 – 0,998	Excelente
SML(40)	0,995 – 0,999	Excelente
M,		
LM1	0,994 – 0,995	Excelente
LM2	0,999	Excelente
LM3	0,965 – 0,994	Excelente
LM4	0,993 – 0,997	Excelente
LM5	0,987 – 0,998	Excelente
LM6	0,993 – 0,994	Excelente
SML(40)	0,954 – 0,999	Excelente

LM, *landmark*; SML, *semilandmark*.

7.2.3. Valoración del error de observación mediante el coeficiente de correlación intraclase

El análisis de las coordenadas en bruto registradas se ha hecho previo al deslizamiento de *semilandmarks* y a la superposición de Procrustes; de modo que, la diferencia en la valoración de *landmarks* y *semilandmarks* está relacionada con el método empleado en su localización y no por las técnicas morfométricas a las que se someten. Los *landmarks* se han localizado manualmente en la intersección de la corona y la raíz en la línea amelocementaria de la dentición anterior y en las cúspides y fosas de la dentición lateral; mientras que, los *semilandmarks*, tras ser localizados en el contorno de la línea amelocementaria o en el contorno de la superficie oclusal, han sido corregidos automáticamente por el programa con el fin de hacerlos equidistantes entre sí. A pesar de las diferentes metodologías de localización empleadas ambas reportan resultados excelentes de acuerdo y sin apenas diferencias entre las mismas.

Otra diferenciación que hay que tener en cuenta son los dos tipos de *landmarks* empleados en la superficie oclusal de los dientes laterales: *Tipo I* para fosas —yuxtaposición de tejidos— y *Tipo II* para cúspides —puntos de máxima curvatura o en cualquier otro punto anatómico reconocible— (Bookstein, 1991). Los *landmarks Tipo I* son clasificados como óptimos y los del *Tipo II* como más problemáticos, debido a que los primeros son definidos localmente mientras que los segundos necesitan más explicaciones (Zelditch *et al.*, 2012). Los resultados, sin embargo, no muestran diferencias en el valor de la concordancia entre ambos tipos de *landmarks*; ambos ofrecen una alta fiabilidad en la reproducción de los mismos.

Tras la valoración del error intra e interobservador en la localización de *landmarks* y *semilandmarks* se puede determinar la alta reproducibilidad de los mismos en estudios de la *forma* del organismo; coincidiendo con los resultados reportados en estudios previos (Anastasiou y Chamberlain, 2013; Franklin *et al.*, 2007b; Gómez–Robles, 2010; Gómez–Robles *et al.*, 2008; González *et al.*, 2009a; González *et al.*, 2009b; Velemínská *et al.*, 2013; Bernal, 2007).

El valor de la concordancia del coeficiente de correlación intraclase en la orientación del diente tiene valores que oscilan entre 0,491 y 0,999 con un grado de acuerdo de bueno o excelente. El valor de la concordancia en la localización de los *landmarks* y *semilandmarks* ofrece un acuerdo excelente con valores entre

0,891 y para la dentición primaria y 0,861 y para la permanente, un observador; y entre 0,963 y 1,000 para la primaria y 0,754 y 1,000 para la permanente entre los dos observadores.

La interpretación de estos valores, sin embargo, es muy subjetiva, ya que es el investigador el que determina la clasificación que se puede emplear. Entre las más utilizadas se encuentran las propuestas por Landis y Koch en 1977 y Fleiss en 1986 (Ver Anexo II). Es un aspecto a tener en cuenta puesto que la interpretación varía notablemente en función de la opción elegida; por ejemplo, el valor más bajo obtenido en este trabajo, 0,491 (distancia *interlandmarks* 4–5, Tabla 7.5), es clasificada como buena según Fleiss (1986) y como moderada según Landis y Koch (1977).

Puesto que no hay un acuerdo en cuanto a qué estándar utilizar (Shrout, 1998), estas interpretaciones se ven influenciadas por dos factores: los valores del coeficiente de correlación intraclase dependen del modelo que se utilice y la variabilidad que presenta la muestra (Weir, 2005). Para más información leer Anexo II.

En primer lugar es necesario tener en cuenta que existen numerosas versiones del coeficiente de correlación intraclase, cada una de las cuales ofrece diferentes resultados cuando son aplicadas a la misma muestra. Este es un paso importante a la hora de aplicar este coeficiente puesto que si no se elige correctamente, los resultados obtenidos resultan erróneos (Shrout y Fleiss, 1979). La elección del modelo a emplear depende de los observadores, la muestra y lo que se pretende analizar. Para ello es necesario seleccionar las siguientes alternativas: (i) el análisis de la varianza unidireccional o bidireccional, (ii) el modelo aleatorio o cambiando, (iii) se incluye o excluye el error sistemático, (iv) medidas únicas o promedio (Weir, 2005)

Y en segundo lugar es necesario no olvidar que el resultado depende de los valores de estudio: si la variabilidad entre sujetos es muy baja, el coeficiente de correlación intraclase va a ser bajo, independientemente de que los métodos sean o no concordantes y a mayor variabilidad entre los sujetos, mayor será el valor resultante del coeficiente de correlación intraclase, lo que también significa que su valor será mayor en muestras heterogéneas (Cortés-Reyes *et al.*, 2010). De este modo, un valor alto del coeficiente de correlación intraclase puede enmascarar una consistencia pobre del estudio, debido a la alta variabilidad del sujetos; y por el contrario, un valor bajo puede enmascarar una buena

consistencia de estudio si hay poca variabilidad debido a que la homogeneidad entre sujetos dificulta su diferenciación a pesar de que el error de medición sea pequeño (Weir, 2005).

La elección del coeficiente de correlación intraclase para valorar la fiabilidad de las observaciones a nivel intra e interobservador frente a otros modelos propuestos en el ámbito de la morfometría geométrica es la falta de acuerdo existente entre las mismas. Para ello la evaluación se ha llevado a cabo con distancias *interlandmarks* en la valoración del posible error existente en la orientación del diente en la toma de la fotografía y las coordenadas en bruto en la valoración del posible error en la localización de los *landmarks* y *semilandmarks* en la imagen captada.

Las 3 principales aproximaciones generales que se han propuesto en morfometría geométrica con el fin de evaluar el error de observación han sido mediante (i) métodos de superposición de configuraciones de *landmarks*, como es el análisis generalizado de Procrustes (Bigoni *et al.*, 2010; Franklin *et al.*, 2007a; Franklin *et al.*, 2007b; Lockwood *et al.*, 2002; O'Higgins y Jones, 1998); (ii) las distancias euclidianas existentes entre los *landmarks* de una configuración y el centroide (Gómez-Robles, 2010; Gómez-Robles *et al.*, 2008; Singleton, 2002); (iii) la digitalización repetida de *landmarks* sobre un individuo que se mantiene constante en su orientación (Corner *et al.*, 1992; von Cramon-Taubadel *et al.*, 2007).

El primer grupo de investigadores evaluaba el error mediante observaciones repetidas en el espacio de la *forma*. Para ello localizaban los *landmarks* de un único espécimen de manera repetida y tras la superposición evaluaban si se agrupan separándose del resto en la dispersión resultante del análisis de componentes principales. Estudios como el de González y colaboradores (2009a) van un paso más allá y, en vez de observar la agrupación de individuos en el análisis de componentes principales analizan la concordancia existente entre los dos primeros componentes principales de diferentes observaciones, mediante el coeficiente de correlación intraclase. El problema que presenta esta metodología de análisis del error intra e interobservador es el conocido como "Efecto Pinocho". Este consiste en que el error de medición puede residir tan solo en unos pocos *landmarks*; sin embargo, se transfiere a toda la muestra durante la superposición del análisis general de Procrustes, que da lugar a resultados engañosos derivados de la diferencia de error existente entre los diferentes *landmarks* de la configuración.

En la segunda propuesta, de Singleton (2002), el error se evalúa mediante el cálculo de la distancia existente entre cualquier *landmarks* de la configuración del centroide, es decir, el radio del centroide. Tras el cálculo del centroide de cada *landmark* se determina el radio del centroide para cada repetición, a continuación se calcula el error medio y el porcentaje para el radio del centroide de cada *landmark* y, por último, la desviación estándar intra e interobservador. Esta aproximación presenta la ventaja de poder evaluar cada *landmark* de forma individualizada; sin embargo, también tiene un problema potencial y es que el porcentaje de error varía en función de la geometría que presente la configuración, si la dispersión no es colineal se produce una minusvaloración del error de observación.

Y en tercer lugar se encuentra el método propuesto por Corner y sus colaboradores (1992) que permite evaluar la precisión individual de los *landmarks* mediante la digitalización repetida manteniendo el digitalizador y el espécimen en la misma orientación entre las diferentes tomas. La ventaja es que los *landmarks* pueden ser evaluados de manera individualizada, sin embargo, el problema es que el instrumento y el objeto deben permanecer estáticos o en un marco estático de referencia constante, por ejemplo, una tomografía computarizada. Además se suma la imposibilidad de evaluar los *semilandmarks*.

A este método, von Cramon-Taubadel y sus colaboradores (2007) proponen una extensión metodológica que permite mover los especímenes entre las sesiones de medidas. Su planteamiento consiste en tres *landmarks* de referencia, a partir de los cuales se superponen las posteriores repeticiones y se calcula el error residual con los *landmarks* que no son de referencia.

Para información de las ventajas y desventajas que presentan cada una de las tres aproximaciones mencionadas para la evaluación del error de observación en morfometría geométrica consultar el trabajo de von Cramon-Taubadel y colaboradores (2007). La evaluación y comprensión del error de observación en morfometría geométrica es un tema complejo. Ante la falta de acuerdo en su valoración, sobre todo cuando el análisis incluye *semilandmarks*, es necesario el desarrollo de nuevos estudios que formulen planteamientos que permitan comprobar la fiabilidad y reproducibilidad de las observaciones, tanto en espacio bi como tri dimensionales.

7.3. MÉTODOS PARA EL DESLIZAMIENTO DE *SEMILANDMARKS*

El uso de *semilandmarks* en este trabajo nace como respuesta al estudio del contorno de la superficie oclusal de la dentición lateral y de la línea amelocementaria de la superficie mesial de la dentición anterior. En este caso, al ser un estudio en dos dimensiones, cada uno de los *semilandmarks* estará definido por dos coordenadas (x,y); sin embargo, es necesario tener siempre en cuenta que debido a la falta de un criterio homólogo para su localización tendrá un solo grado de libertad, lo que supone una pérdida de información con respecto a los *landmarks*, que no debe olvidarse en la interpretación de los resultados.

La conversión de un punto en *semilandmark* es lo que se conoce como deslizamiento a lo largo de la curva y que puede llevarse a cabo mediante dos métodos basados, en ambos casos, en técnicas especiales de la morfometría geométrica: minimización de la energía de torsión, asentado en la teoría de deformación de *thin-plate spline* y minimización de las distancias de Procrustes, fundamentado en la superposición de Procrustes (Gunz y Mitteroecker, 2013). Ante la decisión de optar por una de las dos alternativas se ha procedido al uso de ambos métodos para realizar los mismos análisis con la misma muestra para comprobar si los resultados obtenidos pueden verse influenciados por el método de deslizamiento empleado.

Ambos criterios han sido comparados junto con la superposición de *landmarks* sin deslizamiento; en ninguno de los casos se aprecian diferencias notables que hagan de cualquiera de las opciones destacar por encima de las otras, ya sea en la superposición gráfica como en los análisis realizados.

En la Figura 7.1. se muestra el deslizamiento de los *semilandmarks* según el método de la minimización de la energía de torsión, la minimización de las distancias de Procrustes y la superposición de Procrustes de los *landmarks* (sin deslizamiento).

En la Figura 7.2. se presenta la superposición de las *formas* consenso de cada tipo de diente empleado en el estudio mediante cada método de deslizamiento de *semilandmarks*; se aprecia la similitud entre las mismas.

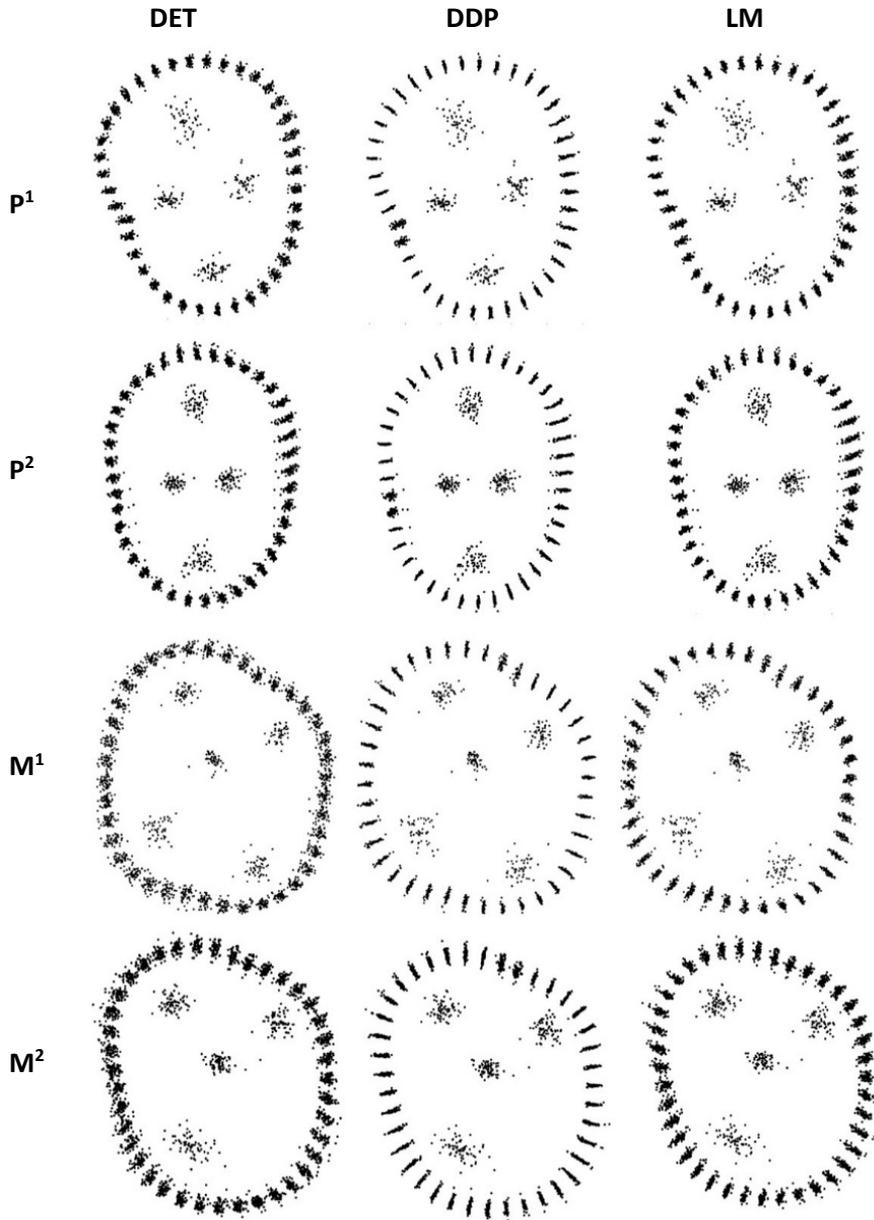


Figura 7.1. Deslizamiento de *semilandmarks* mediante los métodos de la minimización de la energía de torsión (DET) y de la minimización de las distancias de Procrustes (DDP). Superposición Procrustes de los *landmarks* sin el deslizamiento de *semilandmarks* (LM).

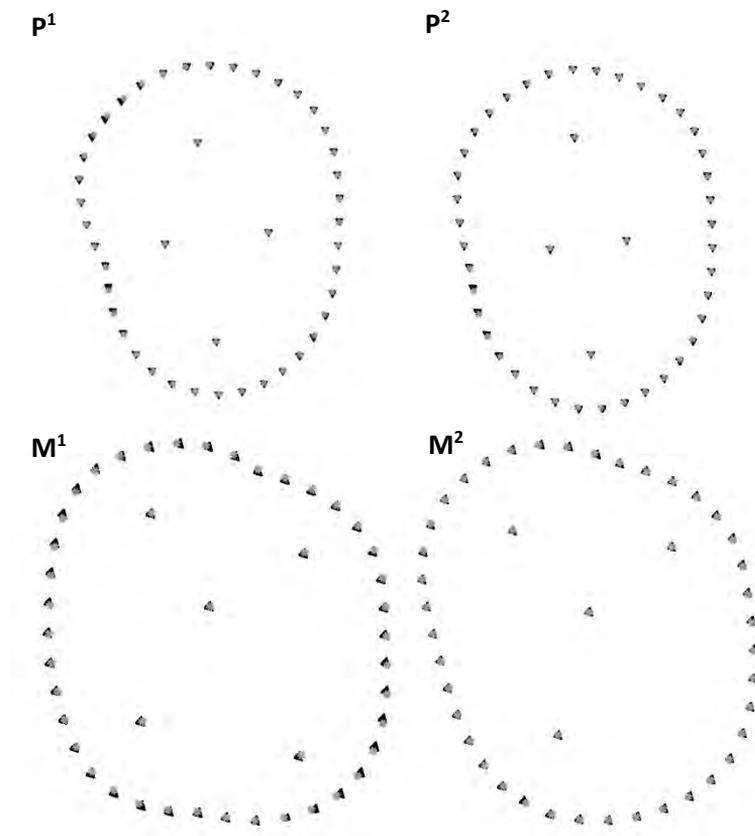


Figura 7.2. Superposición de la medias de la *forma* de cada diente para métodos de deslizamiento de *semilandmarks*. P¹: primer premolar superior, P²: segundo premolar superior, M¹: primer molar superior, M²: segundo molar superior. Triángulos negros para el deslizamiento de *semilandmarks* mediante el método de la minimización de la energía de torsión; estrellas grises, para el deslizamiento de *semilandmarks* mediante el método de la minimización de las distancias de Procrustes.

En la tabla 7.18 se exponen los resultados de las distancias parciales de Procrustes para cada uno de los métodos comparados. Salvo en el primer premolar, los otros tres dientes muestran mayores diferencias entre los dos sexos, a través del método de la minimización de energía de torsión. Las menores distancias se encuentran con la minimización mediante las distancias de Procrustes y en un lugar intermedio se encuentra la tercera opción a comparar,

en la que las formas no han sido sometidas a ningún tipo de deslizamiento. En el primer premolar, en cambio, son las formas sin deslizar las que muestran un ligero mayor distanciamiento entre los grupos, por encima de la minimización mediante la energía de torsión. En ninguno de los casos las diferencias entre sexos han resultado significativas.

El método de la minimización de la energía de torsión produce, en general, mayores diferencias entre los grupos que el método de la minimización mediante las distancias de Procrustes, mientras que si no se produce ningún tipo de deslizamiento los valores de las diferencias son intermedios. No obstante, estas diferencias son mínimas e inapreciables en la distribución de los *semilandmarks* en el contorno de los dientes, donde se aprecia que no cambia entre los criterios de deslizamiento (Tabla 7.18 y Figura 7.2).

Estos datos coinciden con los publicados en otros estudios, en los que la minimización de la energía de torsión también era el esquema que mayores distancias parciales de Procrustes entre grupos ofrecía (Gómez–Robles *et al.*, 2011; Pérez *et al.*, 2006). Pese a que algunos investigadores han cotejado estos datos para otros autores no parece legítimo comparar los resultados numéricos de las distancias parciales de Procrustes entre ambos criterios de deslizamiento debido a que, aunque los especímenes se encuentren en el mismo espacio lineal tangente, no son proyectados de la misma manera (Sheet *et al.*, 2006). Dado que una curva proyecta diferentes localizaciones entre las dos opciones de alineación, la diferencia entre los mismos no es lineal con respecto a las distancias medidas entre los dos grupos (Sheet *et al.*, 2006). Ante esto ofrecen como alternativa los valores de las varianzas, que al igual que en el presente trabajo, la minimización mediante la energía de torsión ofrece mayor variación que la minimización mediante las distancias de Procrustes (Tabla 7.18.).

En cuanto a los valores de la varianza se repiten los mayores valores para la minimización mediante la energía de torsión, los mínimos para la minimización mediante distancias de Procrustes y en los intermedios en la ausencia de deslizamiento de *semilandmarks* (Tabla 7.18).

Los valores de disparidad obtenidos para cada uno de los dientes difieren en función del método de deslizamiento empleado, o si se limita a la superposición de Procrustes. Los resultados muestran que los valores de disparidad del deslizamiento mediante la energía de torsión son los más altos con respecto a las otras dos opciones valoradas, salvo en el primer premolar

superior en el que se equipara con la superposición de Procrustes de los *landmarks*. Los valores más bajos en la disparidad son para la minimización de las distancias de Procrustes. En valores intermedios se encuentran siempre las formas que no han sido sometidas a ningún método de deslizamiento de *semilandmarks*. Al comparar ambos métodos de deslizamiento con los valores de la superposición de Procrustes se observa que ambos difieren con respecto a estos pero en direcciones opuestas (Tabla 7.19).

Esto puede indicar que la minimización de la energía de torsión puede incrementar la disparidad de una muestra con respecto a la ausencia de deslizamiento, mientras que la minimización mediante las distancias de Procrustes puede disminuirla. Pérez y sus colaboradores (2006) plantean que esta diferencia en la disparidad intergrupala de la muestra entre los métodos de deslizamiento puede dar lugar a diferentes interpretaciones en estudios de rasgos morfológicos, debido a que el método de la energía de torsión incrementa la disparidad existente. Esta interpretación se debe a que en su estudio los valores de la minimización de la energía de torsión duplican a los de la minimización mediante las distancias de Procrustes. En este caso el incremento en la disparidad de los valores es de un 30% (Tabla 7.19).

Seguidamente, en la Tabla 7.19 aparecen los resultados del coeficiente RV que mide la covariación entre dos bloques. Todos los dientes y cualquiera de las tres opciones a comparar muestran valores cercanos a 1, siendo la correlación más baja la de la minimización de la energía de torsión y la ausencia de deslizamiento de *semilandmarks* ($RV > 0,8711$), lo que indica la alta covarianza general y, por lo tanto, una alta correspondencia de las muestras.

Los mayores valores de correlación se dan en los 4 dientes analizados entre la minimización mediante las distancias de Procrustes y la superposición de Procrustes de los *landmarks* sin ningún tipo de deslizamiento ($RV > 0,9936$). No obstante, la minimización de la energía de torsión muestra también valores muy altos con respecto a la ausencia de deslizamiento, pero ligeramente menores ($RV > 0,8711$). La covariación entre bloques desciende ligeramente al correlacionar los métodos de la minimización de la energía de torsión y la minimización mediante las distancias de Procrustes ($RV > 0,8788$) y los métodos de la minimización de la energía de torsión y la de los *landmarks* sin transformar ($RV > 0,8711$).

La correlación de las tres parejas de métodos en cada uno de los dientes muestra una alta significación ($p \leq 0,0001$).

Tabla 7.18. Varianza total del diente y comparación de la diferencia de medias de la forma entre sexos para cada uno de los métodos de deslizamiento de *semilandmarks*. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	Varianza	DPP	F	Sig.
p¹				
DET	0,00218973	0,0121	0,81	0,5662
DDP	0,00191771	0,0120	0,91	0,4688
LM	0,00215672	0,0126	0,89	0,4762
p²				
DET	0,00218686	0,0129	1,16	0,2906
DDP	0,00183149	0,0118	1,16	0,3000
LM	0,00210674	0,0121	1,05	0,3481
M¹				
DET	0,00293157	0,0121	0,62	0,7813
DDP	0,00202673	0,0112	0,77	0,6169
LM	0,00231237	0,0116	0,73	0,6462
M²				
DET	0,00322665	0,0131	0,87	0,4781
DDP	0,00248675	0,0114	0,87	0,4962
LM	0,00291318	0,0124	0,86	0,5006

Lm, landmarks; SML, semilandmark; DET, Deslizamiento mediante minimización de energía de torsión; DDP, Deslizamiento mediante la minimización de las distancias de Procrustes; DIS, disparidad; IC, intervalo de confianza; DE, desviación estándar; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig, significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Tabla 7.19. Valores de disparidad intra-grupal para los métodos de deslizamiento de *semilandmarks*, basado en 900 permutaciones

	DET			DDP			LM		
	DISP	IC	DE	DISP	IC	DE	DISP	IC	DE
P ¹	0,0022	0,0018 – 0,0025	0,0001	0,0019	0,0017 – 0,0022	0,0001	0,0022	0,0018 – 0,0024	0,00014
P ²	0,0022	0,0018 – 0,0024	0,0002	0,0018	0,0014 – 0,0022	0,0002	0,0021	0,0017 – 0,0024	0,00019
M ¹	0,0029	0,0024 – 0,0034	0,0003	0,0020	0,0016 – 0,0024	0,0002	0,0023	0,0018 – 0,0026	0,00020
M ²	0,0032	0,0026 – 0,0037	0,0003	0,0025	0,0021 – 0,0028	0,0002	0,0029	0,0025 – 0,0033	0,00023

LM, *landmarks*; SML, *semilandmark*; DET, Deslizamiento mediante minimización de energía de torsión; DDP, Deslizamiento mediante la minimización de las distancias de Procrustes; DISP, *semilandmark*; IC, intervalo de confianza; DE, desviación estándar.

Tabla 7.20. Coeficiente de correlación RV para la cuantificación de la covarianza de los métodos de deslizamiento de *semilandmarks*, basado en 10.000 permutaciones

	DET – DDP		DET – LM		DDP – LM	
	VR	Sig.	VR	Sig.	VR	Sig.
P ¹	0,9814	0,0001****	0,9759	0,0001****	0,9958	0,0001****
P ²	0,9817	0,0001****	0,9833	0,0001****	0,9942	0,0001****
M ¹	0,8788	0,0001****	0,8711	0,0001****	0,9937	0,0001****
M ²	0,9794	0,0001****	0,9836	0,0001****	0,9936	0,0001****

LM, *landmarks*; SML, *semilandmark*; DET, Deslizamiento mediante minimización de energía de torsión; DDP, Deslizamiento mediante la minimización de las distancias de Procrustes; Sig., significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001, ****p ≤ 0,0001. La covariación entre cada dos bloques ha sido cuantificada con el análisis de mínimos cuadrados parciales.

El último paso llevado a cabo para el cotejo de los métodos de deslizamiento de *semilandmarks* es la comparación de los porcentajes de correcta asignación obtenidos para la clasificación por sexos de ambos premolares superiores y de los dos primeros molares superiores de los análisis discriminantes (Tabla 7.21).

La clasificación del primer premolar superior muestra resultados similares para las tres opciones (Tabla 7.21). Tanto el método de deslizamiento de *semilandmarks* mediante la minimización de la energía de torsión, como ausencia de deslizamiento, ofrecen los mismos resultados para la clasificación a través de las variables originales (75,5%) como a través de la validación cruzada (57,1%). La minimización mediante la minimización de las distancias de Procrustes muestra resultados más bajos en ambos casos con respecto a las otras dos opciones analizadas, la diferencia es menos acusada en los datos originales (73,5%) que en la validación cruzada (51,0%).

En la clasificación del segundo premolar superior, en función de las variables originales, se repite el patrón del primer premolar (Tabla 7.21). El método de deslizamiento de *semilandmarks* mediante la minimización de la energía de torsión, así como la ausencia de deslizamiento muestran, de nuevo, los mismos resultados clasificatorios a través de las variables originales (83,6%) y de la validación cruzada (63,9%). Y el método de deslizamiento mediante la minimización de las distancias de Procrustes es el que vuelve a estar por debajo en cuanto a la fiabilidad de asignación, solo que en este caso la diferencia es menor, tanto en la validación cruzada (62,3%) como en los datos originales (82,0%).

En el primer molar superior permanente el *deslizamiento* mediante la minimización de la energía de torsión y la minimización de las distancias de Procrustes ofrece los mismos resultados en los datos originales (74,0%) y en la superposición de Procrustes sin deslizamiento de *semilandmarks* el método que clasifica sutilmente mejor, puesto que se trata de un solo individuo más (76,0%). En la validación cruzada los resultados para cada una de las opciones son más variados, aunque ofrecen solo un 10% de diferencia entre los extremos, en los que se encuentran la minimización mediante energía de torsión (44,0%) y la ausencia de deslizamiento de *semilandmarks* (54,0%); la minimización de las distancias de Procrustes se sitúa en un punto intermedio (52,0%). Este es el caso que presenta mayores diferencias entre los métodos, con una disparidad de 5

individuos en la clasificación, en función del método empleado para deslizar los *semilandmarks*.

En el caso del segundo molar superior la asignación es más favorable para la minimización mediante las distancias de Procrustes y la ausencia de deslizamiento (72,7%), que se encuentran por encima del deslizamiento mediante la minimización de la energía de torsión (68,2%); no obstante, la diferencia entre ellos es de tan solo 3 individuos. En la validación cruzada son los dos métodos de deslizamiento (56,1%) los que se sitúan por debajo de la opción que mantiene los *landmarks* como los sitúa la superposición de Procrustes (60,0%). La diferencia en la correcta asignación es, de nuevo, de 3 individuos.

Pese a las reducidas diferencias, en el caso de los premolares, el método de la energía de torsión y la superposición de los *landmarks* obtienen los mismos porcentajes clasificatorios y una ligera mejor fiabilidad que la minimización mediante las distancias de Procrustes. En los molares esta coincidencia no se mantiene, y la proximidad en los resultados se alterna a lo largo de los mismos. Es por ello que no se puede determinar que ninguna de las opciones proporcionen una mayor fiabilidad de clasificación de los dientes por sexo. Esta falta de acuerdo se mantiene en ambas opciones de clasificación, ya sea a través de la clasificación según las variables originales o mediante el método de la validación cruzada. La diferencia de fiabilidad que ofrecen estos dos últimos es discutida más adelante.

Esta ausencia de dependencia de correcta clasificación por grupos en función del método empleado concuerda con estudios previos (Gómez-Robles *et al.*, 2011; Pérez *et al.*, 2006; Sheet *et al.*, 2006).

Gunz y Mitteroecker (2013) proponen la minimización de la energía de torsión como la solución óptima debido a que se basa en el formalismo del *thin-plate spline*, y además, porque el deslizamiento de *semilandmarks* se produce de manera conjunta e influenciada por *landmarks* anatómicos, mientras que en la minimización mediante las distancias de Procrustes este deslizamiento se realiza de forma independiente, sin influencia de otros *landmarks* y *semilandmarks*. De este modo, plantean que en el segundo método el deslizamiento puede acabar más allá de la línea o sobrepasando otros *semilandmarks*, hecho que no es posible en el primer método. Si las distancias son pequeñas los resultados pueden ser similares para ambos, pero cuando la variación de la *forma* es muy

grande, la energía de torsión ofrece mejores resultados en relación al concepto de homología (Gunz y Mitteroecker, 2013).

Tabla 7.21. Porcentajes de correcta asignación para los métodos de deslizamiento de *semilandmarks*

	Originales			Validación cruzada		
	CA	IA	CA %	CA	IA	CA %
p¹						
LM + SLM,DET	37	12	75,5	28	21	57,1
LM + SLM,DDP	36	13	73,5	25	24	51,0
LM	37	12	75,5	28	21	57,1
p²						
LM + SLM,DET	51	10	83,6	39	22	63,9
LM + SLM,DDP	50	11	82,0	38	23	62,3
LM	51	10	83,6	39	22	63,9
M¹						
LM + SLM,DET	37	13	74,0	22	28	44,0
LM + SLM,DDP	37	13	74,0	26	24	52,0
LM	38	12	76,0	27	23	54,0
M²						
LM + SLM,DET	45	21	68,2	37	29	56,1
LM + SLM,DDP	48	18	72,7	37	29	56,1
LM	48	18	72,7	40	26	60,0

LM, *landmarks*; SLM, *semilandmark*; DET, Deslizamiento mediante minimización de energía de torsión; DDP, Deslizamiento mediante la minimización de las distancias de Procrustes; CA, correctamente asignados; IA, incorrectamente asignados; AVC, método de resustitución basados en los ejes del AVC; validación cruzada mediante la eliminación secuencial de un caso en cada muestra.

7.4. COMPARACIÓN DE POBLACIONES

La comparación de medias entre las diferentes poblaciones de estudio se ha llevado a cabo, únicamente, con la dentición lateral permanente puesto que de la dentición primaria y de la dentición anterior permanente solo hay muestra de la población de Granada. Las poblaciones han sido comparadas entre sí por pares de medias.

Los resultados del test de remuestreo realizado para comparar las *formas* medias de los primeros premolares superiores de cada población muestra diferencias significativas ($p < 0,05$) únicamente entre las poblaciones de Linares y Montefrío (Tabla 7.22). Ambas poblaciones son las que muestran el mayor valor de F y la mayor diferencia entre distancias parciales de Procrustes. Debido a diferencias significativas ambas poblaciones no pueden ser analizadas de forma conjunta, por lo que se ha excluido la de menor tamaño muestral, Montefrío ($N=8$), con objeto de que el número total de dientes a analizar *a posteriori* sea el mayor posible. De este modo, la muestra de los primeros premolares superiores está formada por las colecciones de Almuñécar, Granada y Linares (Tabla 7.22). La población de Antequera al no haber sido posible su análisis debido al reducido número de individuos ($N=1$), ha sido también excluida en el caso de los primeros premolares superiores.

La muestra de los segundos premolares superiores se encuentra constituida por las 5 colecciones a causa de la ausencia de significación estadística ($p > 0,05$) obtenida del test de remuestreo (Tabla 7.22); no ha sido necesario excluir a ninguna de ellas de posteriores análisis. Las mayores distancias Procrustes parciales entre pares de medias están representadas por la población de Antequera, en especial con la población de Montefrío. Con el valor de F, es también Antequera, la que se encuentra en los resultados más altos en las comparativas con el resto de poblaciones.

Los análisis de los primeros molares superiores permanentes muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) tan solo entre las poblaciones de Almuñécar y Linares (Tabla 7.23). Debido a estos resultados la muestra de dichos dientes ha sido constituida por todas la poblaciones, salvo por una de estas dos que no podían ser estudiadas de forma conjunta con el resto. Se ha decidido descartar la población de Almuñécar ($N=7$) por tener un número de individuos menor que Linares ($N=28$), de nuevo con el fin de mantener en el estudio el mayor número posible de individuos.

Tabla 7.22. Diferencia de medias de los premolares superiores permanentes entre poblaciones. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
p¹				
ALM-ANT	6-1	-	-	-
ALM-GRA	6-21	0,0187	0,66	0,6769
ALM-LIN	6-22	0,0195	0,91	0,4825
ALM-MON	6-8	0,0297	1,27	0,2869
ANT-GRA	1-21	-	-	-
ANT-LIN	1-22	-	-	-
ANT-MON	1-8	-	-	-
GRA-LIN	21-22	0,0193	1,90	0,0694
GRA-MON	21-8	0,0226	1,06	0,3794
LIN-MON	22-8	0,0330	2,91	0,0150 *
p²				
ALM-ANT	6-3	0,0330	0,99	0,4175
ALM-GRA	6-18	0,0188	0,60	0,7544
ALM-LIN	6-28	0,0166	0,78	0,5831
ALM-MON	6-6	0,0243	0,79	0,5400
ANT-GRA	3-18	0,0328	0,96	0,4319
ANT-LIN	3-28	0,0316	1,51	0,1475
ANT-MO	3-6	0,0405	1,22	0,2825
GRA-LIN	18-28	0,0132	0,89	0,5194
GRA-MON	18-6	0,0187	0,56	0,7919
LIN-MON	28-6	0,0171	0,78	0,5825

ALM, Almuñécar; ANT, Antequera; GRA, Granada; LIN, Linares; MON, Montefrío, N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

En el caso de los segundos molares superiores las diferencias significativas ($p < 0,05$) aparecen entre las poblaciones de Almuñécar-Antequera y Antequera-Granada (Tabla 7.23). Debido a que es Antequera la población que no es compatible con las otras dos, es la que ha sido excluida de la muestra final de estudio.

Entre los pares de medias correspondientes a los terceros molares no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las poblaciones, de modo que han sido incluidas Almuñécar, Granada y Linares. Por su pequeño tamaño muestral, Antequera (N=0) y Montefrío (N=1) no han sido incluidas (Tabla 7.23).

Tabla 7.23. Comparación estadística de la diferencia de medias de los molares superiores permanentes entre poblaciones. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
M¹				
ALM-ANT	7-3	0,0475	0,97	0,4337
ALM-GRA	7-15	0,0247	1,01	0,3856
ALM-LIN	7-28	0,0334	2,24	0,0337 *
ALM-MON	7-4	0,0429	1,16	0,3113
ANT-GRA	3-15	0,0473	1,80	0,0831
ANT-LIN	3-28	0,0471	2,08	0,0581
ANT-MON	3-4	0,0362	0,40	0,8169
GRA-LIN	15-28	0,0204	1,62	0,1056
GRA-MON	15-4	0,0371	1,57	0,1469
LIN-MON	28-4	0,0296	1,13	0,3187
M²				
ALM-ANT	8-7	0,0521	3,68	0,0138 *
ALM-GRA	8-18	0,0266	1,45	0,1937
ALM-LIN	8-36	0,0250	1,23	0,2544
ALM-MON	8-4	0,0356	1,09	0,3581
ANT-GRA	7-18	0,0455	3,92	0,0056 **
ANT-LIN	7-36	0,0341	2,04	0,0687
ANT-MON	7-4	0,0385	1,25	0,2806
GRA-LIN	18-36	0,0226	1,92	0,0863
GRA-MON	18-4	0,0334	1,29	0,2500
LIN-MON	36-4	0,0253	0,66	0,6675
M³				
ALM-GRA	2-8	0,0482	0,68	0,5831
ALM-LIN	2-13	0,0451	0,82	0,4944
ALM-MON	2-1	-	-	-
GRA-LIN	8-13	0,0330	1,16	0,3175
GRA-MON	8-1	-	-	-
LIN-MON	13-1	-	-	-

ALM, Almuñecar; ANT, Antequera; GRA, Granada; LIN, Linares; MON, Montefrío, N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Ninguno de los pares de poblaciones analizadas en la dentición inferior muestra diferencias significativas ($p > 0,05$); todas las colecciones analizadas han sido incluidas en la muestra final para cada diente (Tabla 7.24).

Tabla 7.24 Comparación estadística de la diferencia de medias de la dentición inferior permanente entre poblaciones. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
P₁				
ALM–GRA	2–14	0,0536	1,55	0,1206
P₂				
ALM–GRA	2–16	0,0568	1,23	0,2744
M₁				
ALM–GRA	4–12	0,0275	0,66	0,6619
ALM–LIN	4–4	0,0358	0,88	0,5006
GRA–LIN	12–4	0,0326	1,03	0,3775
M₂				
ALM–GRA	4–25	0,0361	1,60	0,1319
ALM–LIN	4–4	0,0469	1,75	0,1400
ALM–MON	4–2	0,0541	1,16	0,3700
GRA–MON	25–2	0,0334	0,75	0,6000
GRA–LIN	25–4	0,0333	1,47	0,1581
LIN–MON	4–2	0,0422	1,23	0,3600
M₃				
ALM–GRA	5–12	0,0603	2,35	0,0506
ALM–LIN	4–4	0,0600	2,49	0,0700
ALM–MON	5–3	0,0485	1,29	0,2794
GRA–LIN	12–4	0,0442	1,12	0,3275
GRA–MON	12–3	0,0413	0,75	0,5831
LIN–MON	4–3	0,0343	0,86	0,4450

ALM, Almuñecar; GRA, Granada; LIN, Linares; MON, Montefrío, N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes parciales entre de medias; Sig, significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

La comparación de las poblaciones incluidas en este trabajo se hace necesaria ante los numerosos estudios publicados que demuestran la existencia de diferencias poblaciones en estudio de antropología dental (Scott y Turner, 2000). En las últimas décadas los investigadores han abordado el estudio de las características dentales de diferentes grupos geográficos y su origen, historia y estructura desde la vertiente de los rasgos dentales no métricos, por un lado (Hanihara, 2008; Hanihara e Isidra, 2005; Irish, 1997, 1998; Scott y Turner, 2000; Tyrrell and Chamberlain, 1998) y por otro, a través de la Odontometría (Bishara *et al.*, 1989; Hanihara, 1977; Hanihara e Isidra, 2005; Hasegawa *et al.*, 2014;

Hillson, 1996; Ling y Wong, 2007; Viciano, 2012). A estas dos clásicas metodologías de estudios se han unido recientemente análisis de morfometría geométrica también con el fin de estudiar las afinidades poblacionales a través de la dentición (Gómez–Robles, 2010).

Diversos estudios han publicado que existe mayor diversidad entre poblaciones regionales que entre grandes grupos geográficos (Barbujani *et al.*, 1997; Brown y Armelagos, 2001; Jorde *et al.*, 2000). En el presente trabajo, sin embargo, no se han encontrado grandes diferencias entre las poblaciones estudiadas y que se localizan en la misma región del sur de la Península Ibérica.

Las discrepancias halladas entre las poblaciones incluidas no responden a un patrón geográfico. Granada y Montefrío son las poblaciones más cercanas entre sí y las que se encuentran en una posición intermedia. En el extremo más al norte se encuentra Linares, en la provincia de Jaén, y en el extremo sur, Antequera en la provincia de Málaga y Almuñécar en la provincia de Granada (Figura 5.1).

Las diferencias, encontradas únicamente en la dentición superior permanente, parecen responder a las grandes diferencias de número entre los grupos de los individuos incluidos en el análisis o al pequeño tamaño muestral. En tres de los cuatro casos que han presentado discordancias — Linares/Montefrío; Almuñécar/Linares; Antequera/Granada—; una de las poblaciones duplicaba o triplicaba a la otra en número de individuos (Tablas 7.22 y 7.23). Esta diferencia en el número de individuos y el hecho de que la significancia estadística se encontrara de forma puntual en algunos dientes no hacen pensar en que exista una separación morfológica de la dentición entre las poblaciones. No obstante, a pesar de esta pudiera ser la causa más probable, la submuestra de menor tamaño de cada pareja discordante fue excluida del resto de análisis realizados *a posteriori*.

Debido a esta diferencia en el tamaño muestral entre los grupos y el hecho de que no todos los tipos de dientes han podido ser incluidos en el estudio, es necesario que este sea repetido de manera más minuciosa, ampliando el número de dientes, así como la regiones anatómicas objeto de análisis.

En la Tabla 7.25 se recoge la muestra la final de estudio que aglutina todas las poblaciones, en los casos en que ha sido posible, para cada diente.

Tabla 7.25. Composición de la muestra unificada por diente y sexo tras la comparación de poblaciones

	MASCULINO	FEMENINO	TOTAL
Primaria			
Superiores			
i ¹	24	19	43
i ²	19	16	35
c'	10	10	20
m ¹	21	17	38
m ²	5	6	11
Subtotal	79	68	147
Inferiores			
i ₁	29	18	47
i ₂	20	12	32
c,	6	8	14
m ₁	15	15	30
m ₂	9	8	17
Subtotal	79	61	140
Permanente			
Superiores			
I ¹	6	2	8
I ²	1	1	2
C'	5	5	10
P ¹	27	22	49
P ²	32	29	61
M ¹	26	24	50
M ²	32	34	66
M ₃	11	12	23
Subtotal	140	129	269
Inferiores			
I ₁	2	3	5
I ₂	4	4	8
C,	3	4	7
P ₁	9	7	16
P ₂	11	7	18
M ₁	10	10	20
M ₂	22	12	34
M ₃	16	8	24
Subtotal	77	55	132
TOTAL	375	313	688

7.5. ANÁLISIS DEL DIMORFISMO SEXUAL POR DIENTE

7.5.1 Dentición primaria

7.5.1.1. Primer incisivo superior primario

Los 4 primeros componentes principales explican más del 95% de la varianza del primer incisivo inferior primario. Solo los 2 primeros componentes, descritos en la Figura 7.26, explican el 85,94% de la varianza.

Los valores positivos del primer componente (51,77% de la varianza) muestran una línea amelocementaria estrecha, tal y como se aprecia en la grilla de deformación, con una marcada curvatura y con la mitad vestibular más corta que la lingual. La dirección negativa, en cambio, describe líneas muy rectilíneas, sin curvatura y con una altura de ambos extremos equiparada (Figura 7.3).

El segundo componente principal (34,18% de la varianza) representa deformaciones menos acusadas a lo largo de sus direcciones. Los valores positivos muestran una curvatura de la línea menos acusada que los negativos. Ambas direcciones describen líneas con la mitad vestibular más estrecha y menos profunda que la lingual; no obstante, los valores negativos muestran un extremo vestibular más desplazado hacia el interior del diente (Figura 7.3).

El gráfico de dispersión resultante del análisis de componentes principales muestra una amplia superposición de individuos en el centro del mismo (Figura 7.3). Los individuos de sexo masculino se localizan en torno a los valores cercanos a 0 en ambos componentes pero, no de manera exclusiva; también se observan en los extremos de los ejes. Los femeninos, por su parte, muestran una amplia dispersión a lo largo del eje x; sin embargo, a lo largo del eje y se concentran principalmente en torno al valor 0.

Tabla 7.26. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–4) del primer incisivo superior primario

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00352694	51,77%	51,77%
2	0,00232852	34,18%	85,94%
3	0,00060814	8,93%	94,87%
4	0,00020343	2,99%	97,85%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

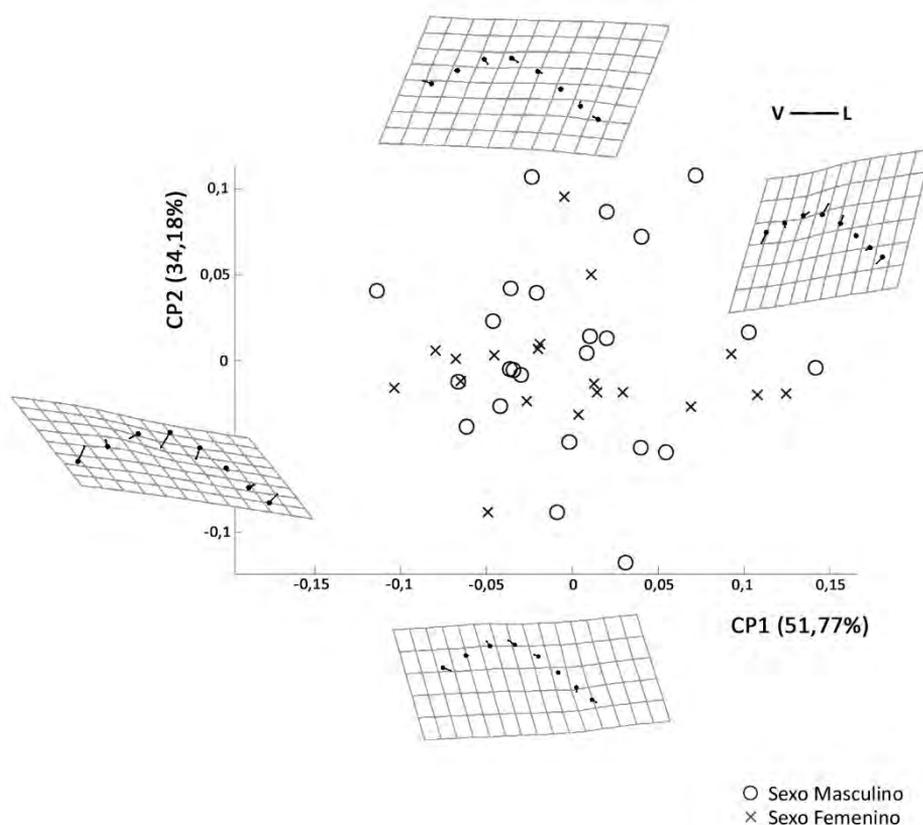


Figura 7.3. Análisis de componentes principales de la *forma* del primer incisivo superior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual.

El análisis de variables canónicas muestra una extensa superposición de individuos en torno al valor 0 de la variable canónica resultante (Figura 7.4).

Ambas direcciones de la variable canónica se diferencian en la estrechez de la línea, más cerrada en los negativos, y en la torsión de la mitad lingual de la misma, cuya curvatura máxima hacia el ápice de la raíz es más próxima al extremo lingual en los valores positivos. Los individuos femeninos muestran una mayor concentración alrededor del punto central del gráfico que los masculinos, que muestran mayor amplitud en su localización en torno a dicho punto. Los masculinos, a su vez, tienden a situarse en la dirección positiva en mayor número que en la negativa (Figura 7.4).

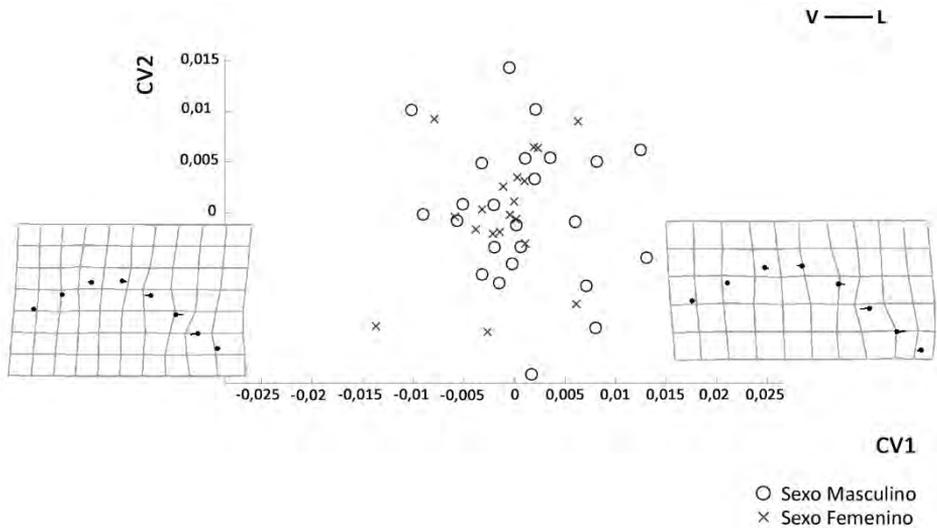


Figura 7.4. Análisis de variables canónicas de la *forma* del primer incisivo superior primario y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 3). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual.

Los resultados de las discriminaciones por sexo muestran unos bajos porcentajes clasificatorios para ambos sexos, independientemente del método empleado (Tabla 7.27). Si se realiza la asignación basándose en las variables originales se obtiene una fiabilidad del 55,8%, ligeramente más favorable para los femeninos (63,2%) que para los masculinos (50,0%). Si es a través del método de la validación cruzada la fiabilidad es mucho menor, tanto en el total (34,9%) como para cualquiera de los dos sexos (masculinos 37,5%; femeninos 31,6%). En cuanto a los resultados clasificatorios, incluyendo la variable del tamaño de los dientes, se comprueba que se pierde fiabilidad. En el caso de las variables originales los resultados siguen siendo iguales; sin embargo, mediante el método de la validación cruzada estos pasan de un 34,9 a un 23,3%. El valor de la Lambda de Wilks muestra que los grupos están muy mezclados por lo que las variables no tienen poder discriminante ($p > 0,05$; Tabla 7.27).

Seguidamente, en la Tabla 7.28, las *formas* consenso de ambos sexos han sido comprobadas a través de un test de remuestreo que determina la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre las mismas ($p > 0,05$).

Estos mismos resultados se repiten en el análisis del tamaño del centroide ($p > 0,05$; Tabla 7.29).

Tabla 7.27. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del primer incisivo superior primario

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
	F	Sig.	λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
					N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	0,734	0,963	0,983	0,956	12/24	50,0	12/19	63,2	24/43	55,8
VC					9/24	37,5	6/19	31,6	15/43	34,9
<i>F + T</i>										
OR	1,312	0,185	0,983	0,986	12/24	20,0	12/19	63,2	24/43	55,8
VC					7/24	29,2	12/19	63,2	19/43	23,3

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

Tabla 7.28. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del primer incisivo superior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	<i>F</i>	Sig.
Masculino	24	0,0116	0,21	0,903
Femenino	19			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

La ausencia de diferencias entre las *formas* medias de los grupos se corrobora en la superposición: apenas existen diferencias, tan solo el ligero desplazamiento de la curvatura hacia el margen vestibular de los femeninos (Figura 7.5).

El factor alométrico explica que 2,77% de la variación morfológica del incisivo superior primario es concedida por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo ($p > 0,05$). Los que presentan el centroide de mayor tamaño corresponden a los masculinos (TC=4,86) y los de menor tamaño a los femeninos (TC=3,31); no obstante, la diferencia entre los valores es mínima. La curvatura más marcada y de menor altura corresponde a los femeninos de máximo tamaño y en los masculinos más pequeños. En los masculinos grandes y los femeninos pequeños dicha curvatura se presenta más angulada y son de mayor longitud (Figura 7.6.).

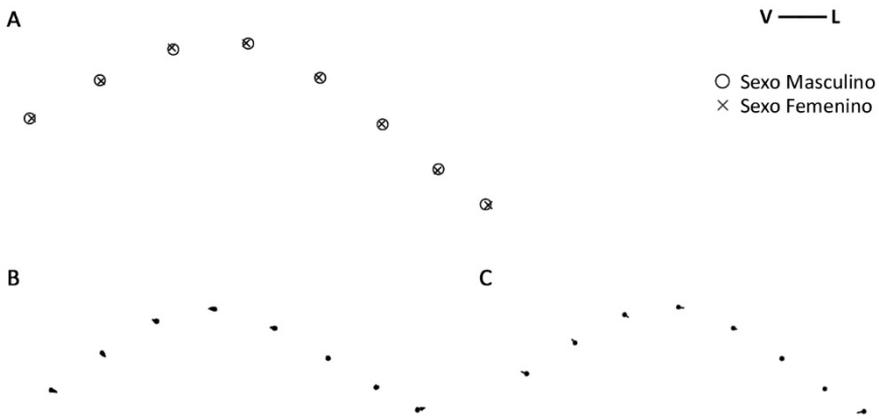


Figura 7.5. Formas medias del primer incisivo superior primario por sexo. A, superposición de las formas medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma femenina. C, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual.

Tabla 7.29. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer incisivo superior primario, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	4,06	0,391	-0,178	0,020	41	0,860
Femenino	4,08	0,367				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

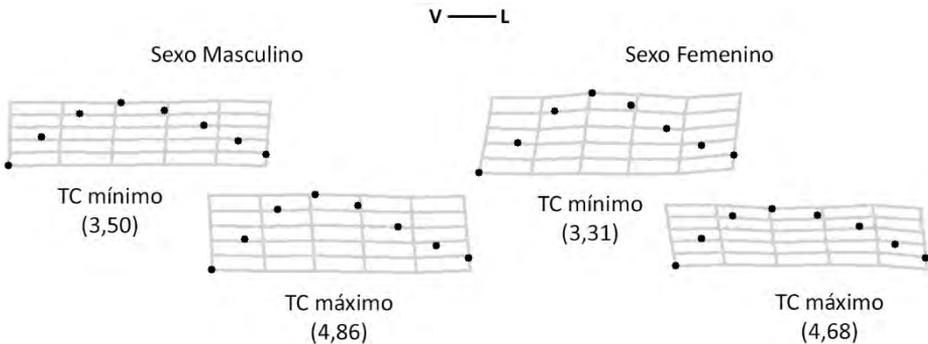


Figura 7.6. Alometría del primer incisivo superior primario. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual.

7.5.1.2. Segundo incisivo superior primario

Los 4 primeros componentes principales explican más del 95% de la varianza del segundo incisivo superior primario y los 2 primeros, descritos en la Figura 7.7, explican entre ambos el 85,71% de la varianza (Tabla 7.30).

La principal diferencia en la deformación de las *formas* a lo largo del primer componente principal (50,79% de la varianza) es la curvatura de la zona media de la línea amelocementaria. En los valores positivos la torsión está más marcada, por lo que la línea presenta una morfología más sinuosa. En los valores negativos la línea adopta una *forma* más rectilínea, con menor altura entre los extremos vestibular y lingual y el punto de mayor curvatura (Figura 7.7). El segundo componente principal (34,92% de la varianza) muestra la mayor diferencia en la longitud de la mitad vestibular de la línea amelocementaria. La dirección positiva presenta dicha mitad más amplia debido al desplazamiento del extremo vestibular hacia dicho margen y del punto de máxima curvatura hacia el margen lingual. En los valores negativos la misma mitad de la línea es más estrecha debido al desplazamiento contrario de los anteriores puntos descritos: el extremo vestibular se desplaza hacia el margen lingual y el punto de máxima curvatura hacia el margen vestibular. Este cambio en el desplazamiento de los *landmarks* hacia direcciones enfrentadas se aprecia en la grilla de deformación del segundo componente (Figura 7.7).

Tabla 7.30. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–4) del segundo incisivo superior primario

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00358705	50,79%	50,79%
2	0,00246637	34,92%	85,71%
3	0,000527259	7,47%	93,17%
4	0,000255588	3,62%	96,79%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

La gran mayoría de los individuos, independientemente del sexo, se sitúan en torno al valor 0 de ambos ejes. Los pocos individuos que se encuentran aislados se desplazan hacia las direcciones negativas de ambos componentes principales y en estos tampoco se observa una predominancia de uno de los dos grupos (Figura 7.7).

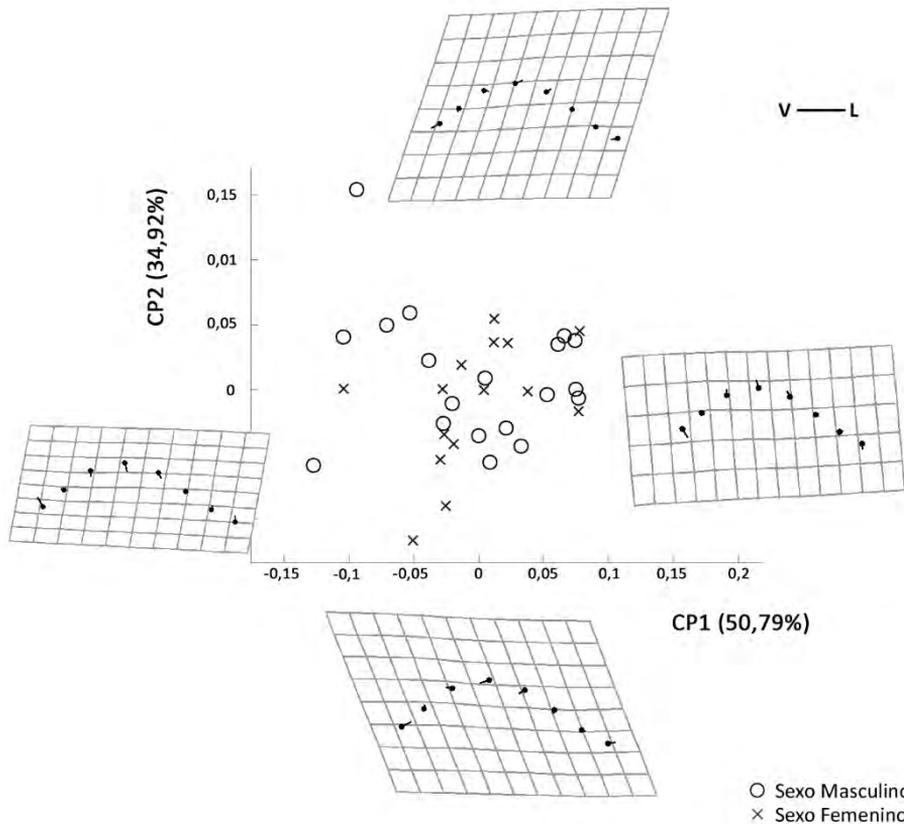


Figura 7.7. Análisis de componentes principales de la *forma* del segundo incisivo superior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual.

El gráfico de dispersión resultante del análisis de variables canónicas muestra una dilatada superposición de individuos, no se aprecian diferencias en la localización según el sexo (Figura 7.8). La diferencia en la descripción de las *formas* a lo largo de la variable canónica se encuentra, principalmente, en la morfología de la mitad vestibular de la línea amelocementaria. La dirección positiva muestra una mitad vestibular más amplia por la expansión del extremo de la línea y el desplazamiento de la curvatura hacia el margen lingual. En la negativa, en cambio, se describe una curvatura más pronunciada y la localización hacia el interior del extremo lo que reduce la dimensión de la mitad vestibular de la línea amelocementaria (Figura 7.8).

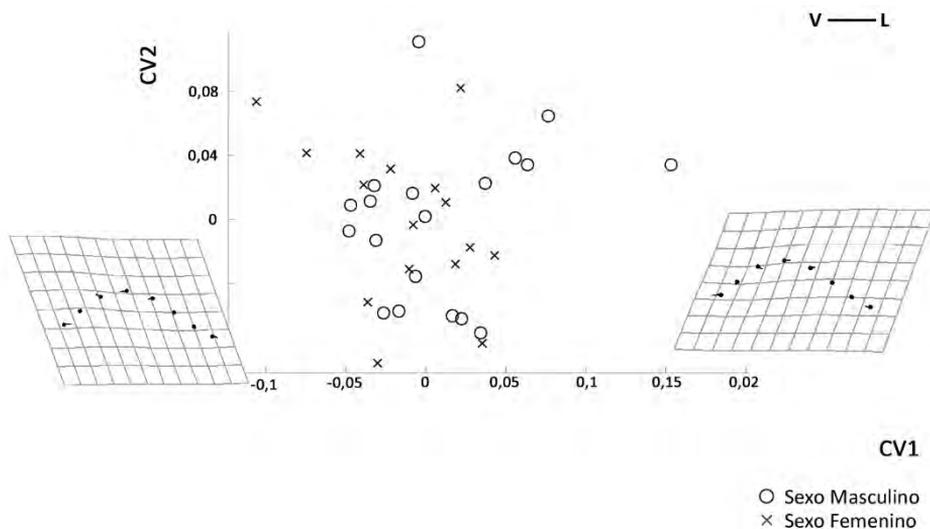


Figura 7.8. Análisis de variables canónicas de la *forma* del segundo incisivo superior primario y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 3). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual.

La amplia superposición del gráfico del análisis de variables canónicas se traduce en unos bajos porcentajes clasificatorios resultantes de los análisis discriminantes (Figura 7.31). Tanto los obtenidos de las variables originales (57,1%) como de la validación cruzada (42,9%) ofrecen baja fiabilidad de acierto en la asignación de los segundos incisivos superiores primarios en la clasificación del sexo.

La inclusión del tamaño del centroide en los análisis discriminantes supone una mejora en los resultados clasificatorios a través de los dos métodos que aumentan a un 65,7% con los datos originales y a 54,3% con la validación cruzada. La ausencia de poder discriminante de las variables queda demostrada con el test de la Lambda de Wilks y la ausencia de diferencias entre las *formas* masculinas y femeninas con el test de remuestreo ($p > 0,05$; Tablas 7.31 y 7.32).

La superposición gráfica de las *formas* medias de ambos sexos permite apreciar las sutiles diferencias entre las mismas (Figura 7.9). Estas se aprecian en la curvatura de la línea amelocementaria, ligeramente más pronunciada en los individuos femeninos que en los masculinos. A su vez la mitad vestibular se presenta más estrecha en los femeninos que en los masculinos.

Tabla 7.31. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del segundo incisivo superior primario

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
	F	Sig.	λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
					N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	1,576	0,107	0,919	0,623	10/19	52,6	10/16	62,5	20/35	57,1
VC					8/19	42,1	7/16	43,8	15/35	42,9
<i>F + T</i>										
OR	1,270	0,241	0,851	0,289	12/19	63,2	11/16	68,8	23/35	65,7
VC					11/19	57,9	8/16	50,0	19/35	54,3

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra

Tabla 7.32. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del segundo incisivo superior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	<i>F</i>	Sig.
Masculino	19	0,0236	0,68	0,538
Femenino	16			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

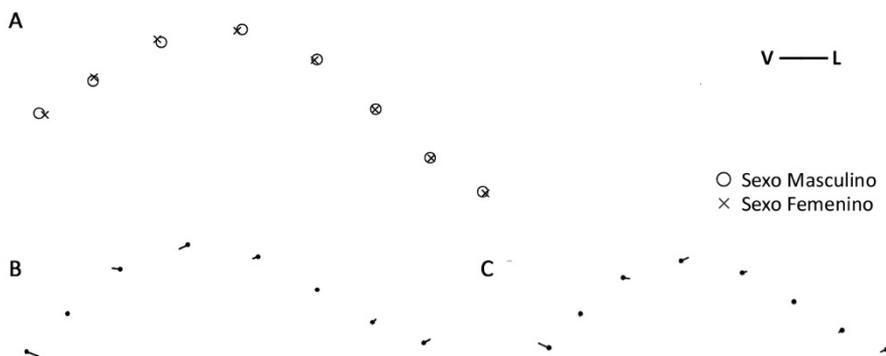


Figura 7.9. Formas medias del segundo incisivo superior primario por sexo. A, superposición de las *formas* medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* femenina. C, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* masculina (exageración de las deformaciones B y C 2). V, vestibular; L, lingual.

Seguidamente se exponen los resultados de la comparación de los mismos a través de la t de Student, que muestra una diferencia no significativa en las medias de los tamaños del centroide ($p > 0,05$; Tabla 7.33).

Tabla 7.33. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo incisivo superior primario, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	4,17	0,517	0,783	0,113	33	0,439
Femenino	4,06	0,276				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El factor alométrico explica que el 8,41% de la variación morfológica del segundo incisivo superior se encuentra aceptada por cambios de tamaño y que dicho efecto resulta significativo ($p < 0,05$).

En el caso de este diente solo individuos de sexo femenino son los que presentan mayor tamaño de centroide (TC=4,59) y los masculinos los de menor tamaño (TC=3,01; Figura 7.10). Los extremos de tamaño de cada sexo describen formas similares, aunque se aprecia el desplazamiento de la curvatura de la línea de los de gran tamaño de ambos sexos hacia el margen vestibular del diente; mientras que en los pequeños se mantiene centrada (Figura 7.10).

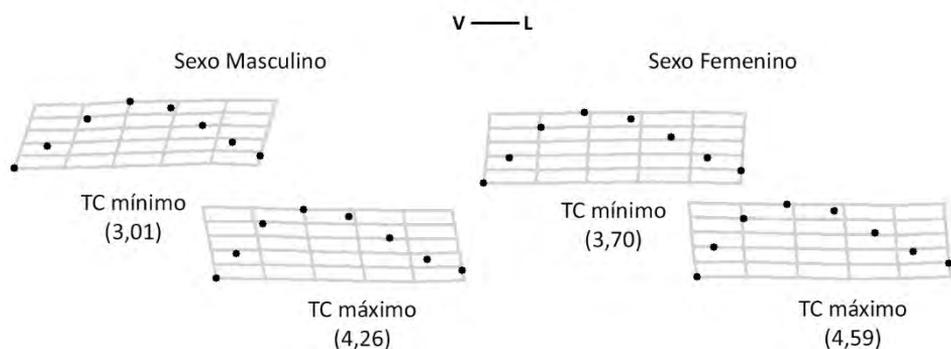


Figura 7.10. Alometría del segundo incisivo superior primario. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual.

7.5.1.3. Canino superior primario

El 95% de la varianza del canino superior primario es descrita por los 4 primeros componentes principales (Tabla 7.34). Y la gran parte de dicha varianza está representada por los dos primeros; solo ellos describen el 81,07% de la misma.

El primer componente principal (49,38% de la varianza) describe en su vertiente positiva una línea ligeramente curva que se desliza hacia el margen vestibular del diente, y cuyos extremos se encuentran desplazados hacia el margen lingual, lo que marca la sinuosidad de la línea. La dirección opuesta del componente se relaciona con líneas más rectas, debido a que los *landmarks* de dicha región se aproximan al ápice de la raíz, a la vez que los que extremos se desplazan hacia el borde incisal del canino. Tal y como se aprecia en la grilla de deformación, los valores positivos producen la inclinación de la línea hacia el margen vestibular y los negativos hacia el mesial (Figura 7.11).

El segundo componente principal (31,69% de la varianza) presenta mayor curvatura en los valores positivos que en los negativos, al igual que ocurría con el primer componente. Sin embargo, en este caso la curvatura se desplaza hacia el margen lingual tal y como se aprecia en la grilla de deformación, lo que se traduce en una mitad lingual más sinuosa (Figura 7.11).

La mayor parte de los individuos aparecen localizados en el centro del gráfico de dispersión del análisis de componentes principales (Figura 7.11). Tan solo un individuo de sexo femenino se localiza en el extremo de la vertiente negativa del segundo componente, distanciándose notablemente del resto. No se aprecia una distinción por sexo, sino que todos los individuos se encuentran superpuestos en torno al valor 0 de ambos ejes.

Tabla 7.34. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–4) del canino superior primario

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00278718	49,38%	49,38%
2	0,00178848	31,69%	81,07%
3	0,000578365	10,25%	91,31%
4	0,00032533	5,76%	97,08%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

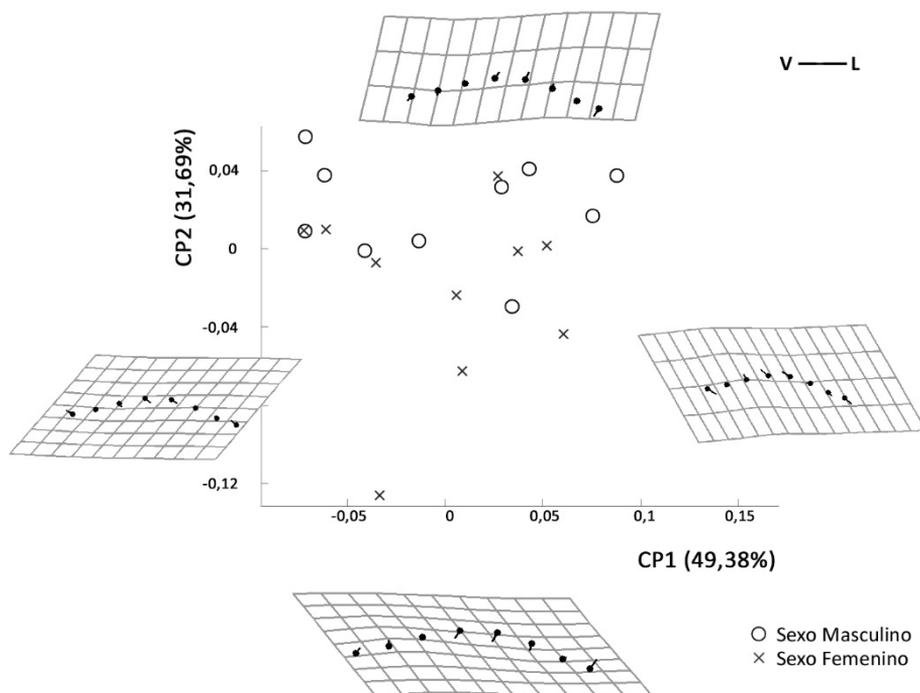


Figura 7.11. Análisis de componentes principales de la *forma* del canino superior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual.

La distribución de individuos a lo largo de la variable canónica muestra una separación entre los grupos; los individuos masculinos se sitúan en la parte negativa del eje mientras que los femeninos lo hacen en la positiva (Figura 7.12). La mayores diferencias se encuentran en el desplazamiento de los *landmarks* de la mitad vestibular de la línea y de la zona de máxima curvatura.

El análisis discriminante también refleja una buena separación por sexos en la clasificación; no obstante, la Lambda de Wilks no determina que las variables sean discriminantes ($p > 0,05$; Tabla 7.35). El método de las variables originales asigna los individuos por sexo con una fiabilidad de 80%, tanto para los individuos de sexo femenino como para los masculinos. La validación cruzada, en cambio, lo hace con una fiabilidad ligera, 70,0% para ambos sexos. La inclusión del tamaño del centroide como variable de tamaño no supone cambio en la asignación por sexo, solo la disminución del valor de la Lambda de Wilks.

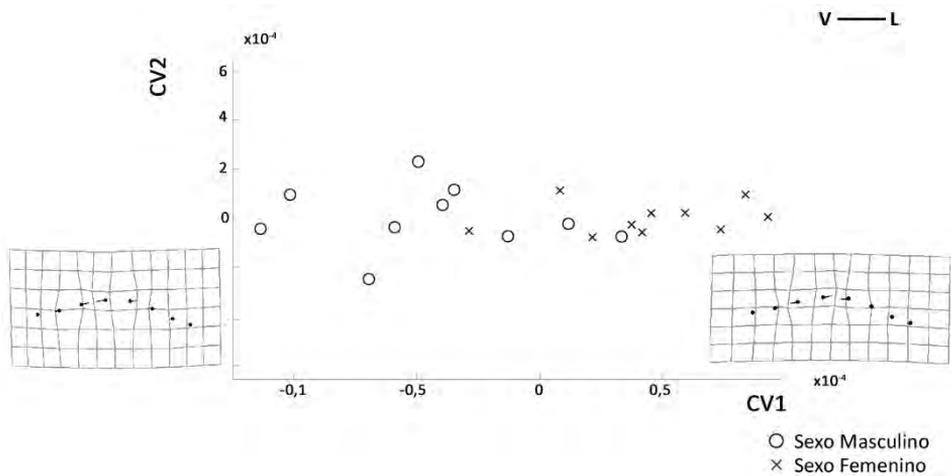


Figura 7.12. Análisis de variables canónicas de la *forma* del canino superior primario y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 2). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual.

Tabla 7.35. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del canino superior primario

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
					Masculino		Femenino		Total	
	F	Sig.	λ	Sig.	n	%	n	%	n	%
<i>F</i>										
OR	1,354	0,196	0,659	0,060	8/10	80,0	8/10	80,0	16/20	80,0
VC					7/10	70,0	7/10	70,0	14/20	70,0
<i>F + T</i>										
OR	1,643	0,056	0,569	0,120	8/10	80,0	8/10	80,0	16/20	80,0
VC					7/10	70,0	7/10	70,0	14/20	70,0

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; n, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

A continuación se han evaluado las diferencias entre las medias de ambos sexos a través de un test de remuestreo que determina la ausencia de divergencias estadísticamente significativas entre las mismas (Tabla 7.36).

Tabla 7.36. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del canino superior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
Masculino	10	0,0444	1,82	0,151
Femenino	10			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

La superposición gráfica de las *formas* medias de ambos sexos muestra una línea masculina más sinuosa que la femenina que presenta una morfología más recta (Figura 7.13). Esto se debe a la curvatura más marcada de la zona media de la línea y a la situación más baja de los extremos en los masculinos.

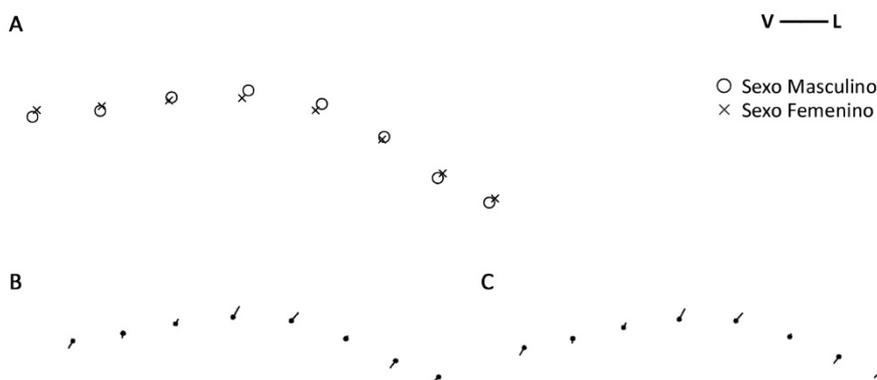


Figura 7.13. *Formas* medias del canino superior primario por sexo. A, superposición de las *formas* medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* femenina. C, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* masculina (exageración de las deformaciones B y C 2). V, vestibular; L, lingual.

En la tabla 7.37 se presentan los estadísticos descriptivos del tamaño del centroide para ambos sexos y los resultados de la comparación de los mismos a través de la t de Student, que muestra que no existen diferencias significativas entre el tamaño de los mismos ($p < 0,05$).

Tabla 7.37. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo canino primario, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	4,67	0,581	0,428	0,091	18	0,673
Femenino	4,58	0,334				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El factor alométrico explica que el 2,76% de la variación morfológica del canino superior primario se encuentra justificada por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo ($p > 0,05$).

Los caninos de tamaño máximo corresponden al sexo masculino (TC=5,54) al igual que los mínimos (TC=3,83) situándose los femeninos en valores intermedios; no obstante, las diferencias de los valores entre los grupos son mínimas (Figura 7.14).

En los cuatro casos las líneas presentan una morfología similar cambiando la posición de la máxima curvatura así como su altura (Figura 7.14).

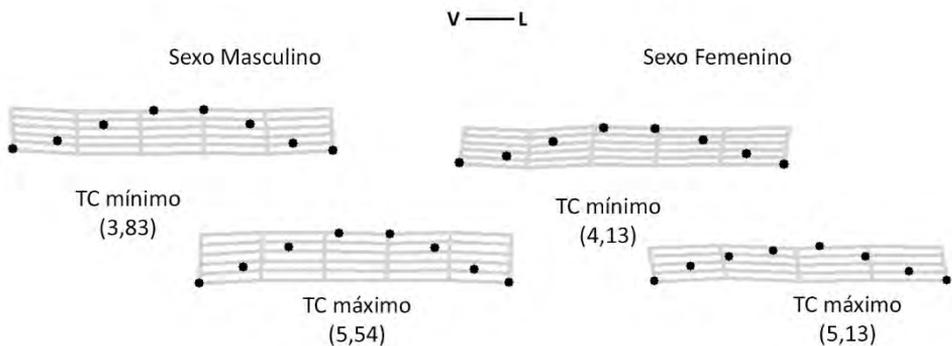


Figura 7.14. Alometría del canino superior primario. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual.

7.5.1.4. Primer molar superior primario

Los 14 primeros componentes principales explican más del 95% de la varianza (Tabla 7.38).

La vertiente positiva del primer componente principal (30,44% de la varianza) detalla molares con una marcada eminencia vestibular o de Zuckerkandl, así como por la reducción de la mitad vestibular del margen mesial. Muestran además, una clara situación de las cúspides y las fosas próximas al margen lingual del diente. Los valores negativos por su parte, describen molares con la eminencia vestibular muy poco prominente, al contrario que la mitad vestibular de la superficie mesial del molar. En este caso, las cúspides y fosas se sitúan cercanas al margen vestibular (Figura 7.15).

El segundo componente principal (14,36% de la varianza) presenta las mayores diferencias entre sus valores positivos y negativos en la superficie vestibular, más achatada y dilatada en la dirección positiva y más prominente y estrecha en la negativa. Destaca la prominencia de la mitad vestibular del margen distal en los valores positivos, completamente inexistente en los negativos. La fosa distal y la cúspide lingual también presentan desplazamientos contrarios entre las dos direcciones (Figura 7.15).

Tabla 7.38. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–14) del primer molar superior primario

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,000850667	30,44%	30,44%
2	0,000401357	14,36%	44,80%
3	0,000302492	10,82%	55,63%
4	0,000234461	8,39%	64,02%
5	0,000228348	8,17%	72,19%
6	0,000137107	4,91%	77,10%
7	0,000116175	4,16%	81,25%
8	9,70E-05	3,47%	84,72%
9	7,67E-05	2,75%	87,47%
10	6,08E-05	2,18%	89,64%
11	5,78E-05	2,07%	91,71%
12	4,89E-05	1,75%	93,46%
13	3,42E-05	1,22%	94,68%
14	2,85E-05	1,02%	95,70%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

En el gráfico resultante del análisis de componentes principales, se observa una distribución homogénea de individuos a lo largo de ambos ejes (Figura 7.15). Se muestra una amplia dispersión por los dos componentes, tan solo se sitúan dos individuos en el extremo negativo del segundo componente que alargan la extensión del mismo. Los individuos femeninos se localizan mayoritariamente en torno al valor 0 en el eje y y en los valores los positivos del eje x; sin embargo, los masculinos si se sitúan a lo largo de todo el primer componente. La distribución de individuos a lo largo del eje y es más uniforme, no se observan diferencias ente los sexos.

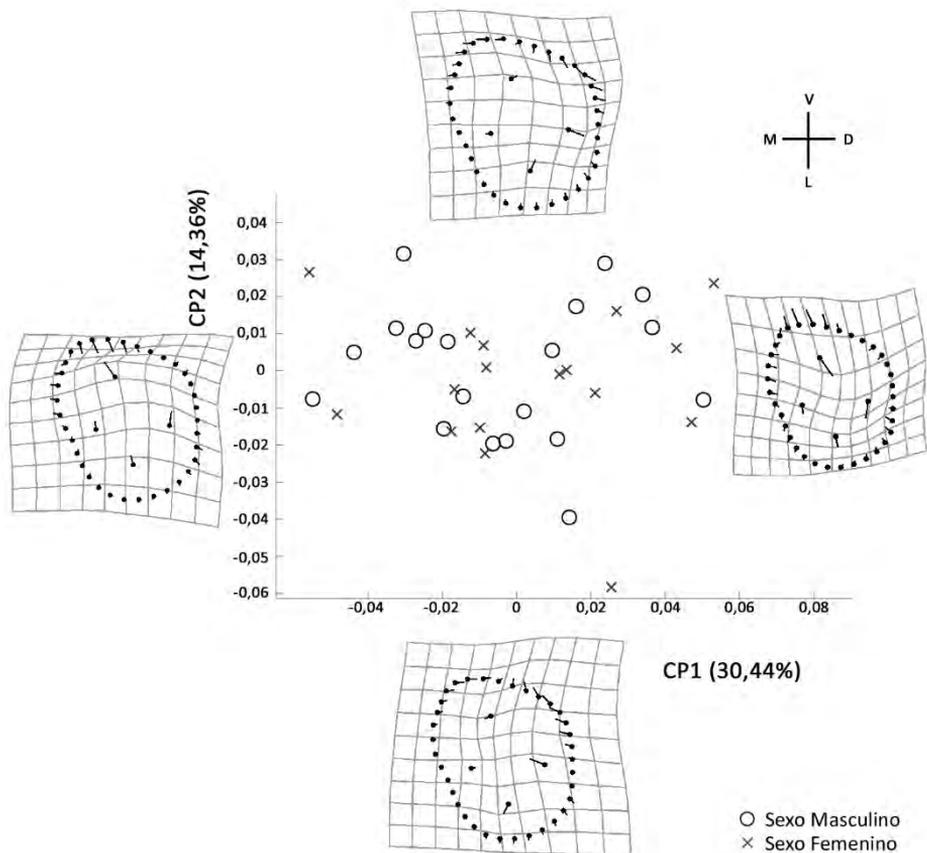


Figura 7.15. Análisis de componentes principales de la *forma* del primer molar superior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

El gráfico de superposición resultante del análisis de variables canónicas muestra una clara separación por sexos, los individuos masculinos se sitúan en los valores negativos y los femeninos en los positivos (Figura 7.16).

De este modo los masculinos se asocian con la prominencia de la mitad lingual del margen mesial y la reducción de la mitad vestibular, así como por el desplazamiento de la cúspide lingual hacia dicho margen. Los femeninos por su parte, presentan la mitad vestibular del margen mesial muy pronunciado y la mitad lingual muy contraída, a la vez que la cúspide lingual se desplaza hacia el surco central de desarrollo.

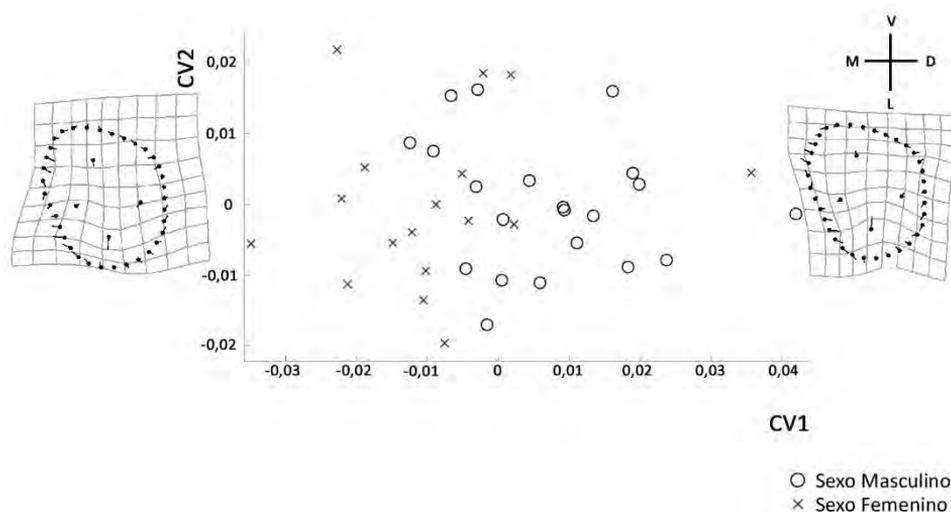


Figura 7.16. Análisis de variables canónicas de la *forma* del primer molar superior primario y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 3). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

El análisis discriminante de las variables de *forma* muestra una buena fiabilidad en la clasificación de los dientes por sexo (Tabla 7.39). Mediante el método basado en las variables originales los individuos se clasifican con una fiabilidad del 86,8%, con mejor asignación para los femeninos (94,1%) que para los masculinos (81,0%). Con la validación cruzada se clasifican con una fiabilidad del 73,7%, también con mejores resultados para los femeninos (76,5%) que para los masculinos (71,4%). La inclusión del tamaño del centroide en el análisis discriminante como variable de tamaño supone cambios en los resultados, pero

solo para el método basado en los datos originales, que aumenta la fiabilidad a un 92,1%, sobre todo para el sexo femenino que es clasificado con un 100% de acierto. El método de la validación cruzada, sin embargo, permanece estable y mantiene los resultados del análisis llevado a cabo incluyendo únicamente las variables de *forma*.

El valor de la Lambda de Wilks muestra las diferencias significativas entre las variables lo que demuestra su poder discriminante en ambos casos; no obstante, estas diferencias son más acusadas si se incluye el tamaño del centroide como variable ($p < 0,01$; Tabla 7.39).

El test de remuestreo, por su parte, no muestra diferencias entre las *formas* medias de ambos sexos ni en el tamaño medio del tamaño del centroide ($p > 0,05$; Tabla 7.40 y 7.41).

Tabla 7.39. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del primer molar superior primario

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
	F	Sig.	λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
					N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	1,121	0,423	0,358	0,008**	17/21	81,0	16/17	94,1	33/38	86,8
VC					15/21	71,4	13/17	76,5	28/38	73,7
<i>F + T</i>										
OR	1,093	0,234	0,319	0,005**	18/21	85,7	17/17	100	35/38	92,1
VC					15/21	71,4	13/17	76,5	28/38	73,7

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

Tabla 7.40. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del primer molar superior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	<i>F</i>	Sig.
Masculino	21	0,0167	0,93	0,463
Femenino	17			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

La superposición gráfica de las *formas* medias muestra las diferencias entre las mismas en las regiones descritas por la variable canónica (Figura 7.17).

La *forma* masculina señala las diferencias en la prominencia de la mitad vestibular del margen mesial así como el desplazamiento de la cúspide lingual hacia dicho margen. Los femeninos, por el contrario, muestran esa mitad del margen mesial contraída y la cúspide lingual desplazada hacia el surco de desarrollo central del diente.

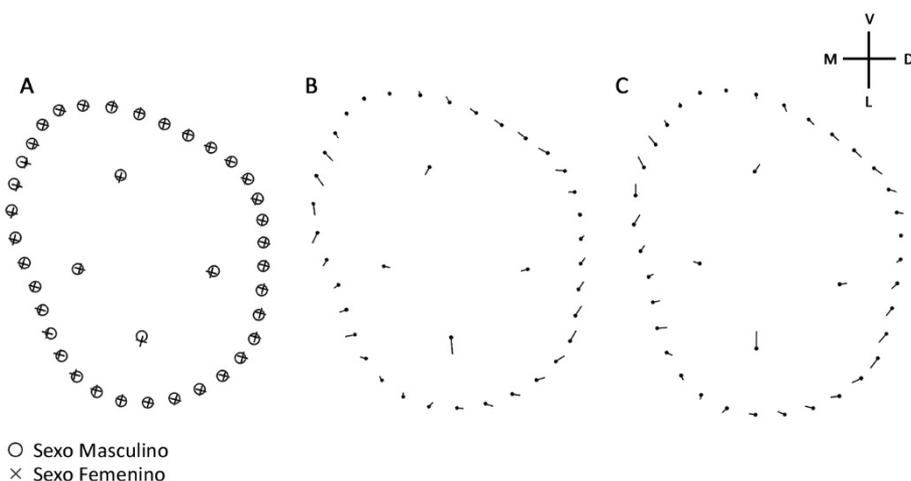


Figura 7.17. *Formas* medias del primer molar superior primario por sexo. A, superposición de las *formas* medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* femenina. C, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* masculina (exageración de las deformaciones B y C 2). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

Tabla 7.41. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer molar superior primario, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	22,68	1,867	0,585	0,327	36	0,562
Femenino	22,25	1,498				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

El factor alométrico explica que el 4,19% de la variación morfológica del primer molar superior primario es concedida por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo ($p>0,05$).

Los primeros molares superiores primarios de mayor tamaño (TC=27,04) corresponden a individuos de sexo masculino, al igual que los de tamaño mínimo (TC=19,83). Los de sexo femenino, tanto los de tamaño grande (TC=23,88) como los de tamaño pequeño (TC=19,83), se sitúan en valores medios (Figura 7.18).

Las mayores diferencias en los de sexo masculino, según su tamaño, se aprecian en el contorno del diente, más angulado y cuadrangular en los grandes. A su vez el polígono formado por las cúspides y fosas se encuentra centrado en los de gran tamaño y más desplazado hacia el margen mesial en los pequeños (Figura 7.18).

En los de sexo femenino, en cambio, son los grandes los más redondeados y los pequeños los que presentan más prominencias en el contorno. En este último grupo no se aprecian apenas diferencias en la posición de las cúspides entre los dos extremos de tamaño (Figura 7.18).

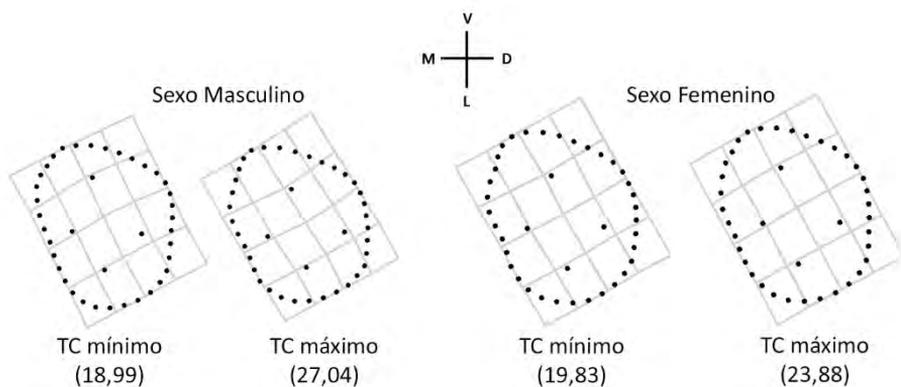


Figura 7.18. Alometría del primer molar superior primario. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.1.5. Segundo molar superior primario

Los 8 primeros componentes principales explican más del 95% de la varianza, y solo los 2 primeros, el 69,62% de la varianza (Tabla 7.42 y Figura 7.19).

Los valores positivos del primer componente (51,65% de la varianza) describen molares con un marcado contorno de la cúspide distolingual, aunque lo que más destaca es el desplazamiento del trígono hacia el margen vestibular, mientras que la cúspide distolingual lo hace hacia el margen lingual. La dirección negativa, en cambio, muestra la contracción del contorno distolingual y el desplazamiento en dirección contraria del trígono. Este componente no describe el desplazamiento de ninguna de las fosas (Figura 7.19).

El segundo componente (17,97% de la varianza) destaca las diferencias en los molares en la contracción del margen vestibular en los valores positivos y en la prominencia del mismo en los negativos. El trígono muestra un desplazamiento hacia el margen vestibular en la vertiente positiva y hacia el lingual en la negativa, al igual que ocurría en el primer componente. No obstante, en este caso dicho desplazamiento conlleva a su vez una ligera apertura hacia los márgenes en los negativos y hacia el interior del diente en los positivos. En este componente, las fosas sí que presentan un desplazamiento, en sentido vertical la central, y en horizontal la distal (Figura 7.19).

En el gráfico de dispersión del análisis de componentes principales se observa una amplia dispersión de individuos en el mismo. No se aprecia ninguna *forma* predominante ni ninguna separación por grupos (Figura 7.19).

Tabla 7.42. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–8) del segundo molar superior primario

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,0016182	51,65%	51,65%
2	0,000562959	17,97%	69,62%
3	0,000222478	7,10%	76,73%
4	0,000182111	5,81%	82,54%
5	0,000143458	4,58%	87,12%
6	0,000130284	4,16%	91,28%
7	0,000108453	3,46%	94,74%
8	7,50E-05	2,39%	97,13%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

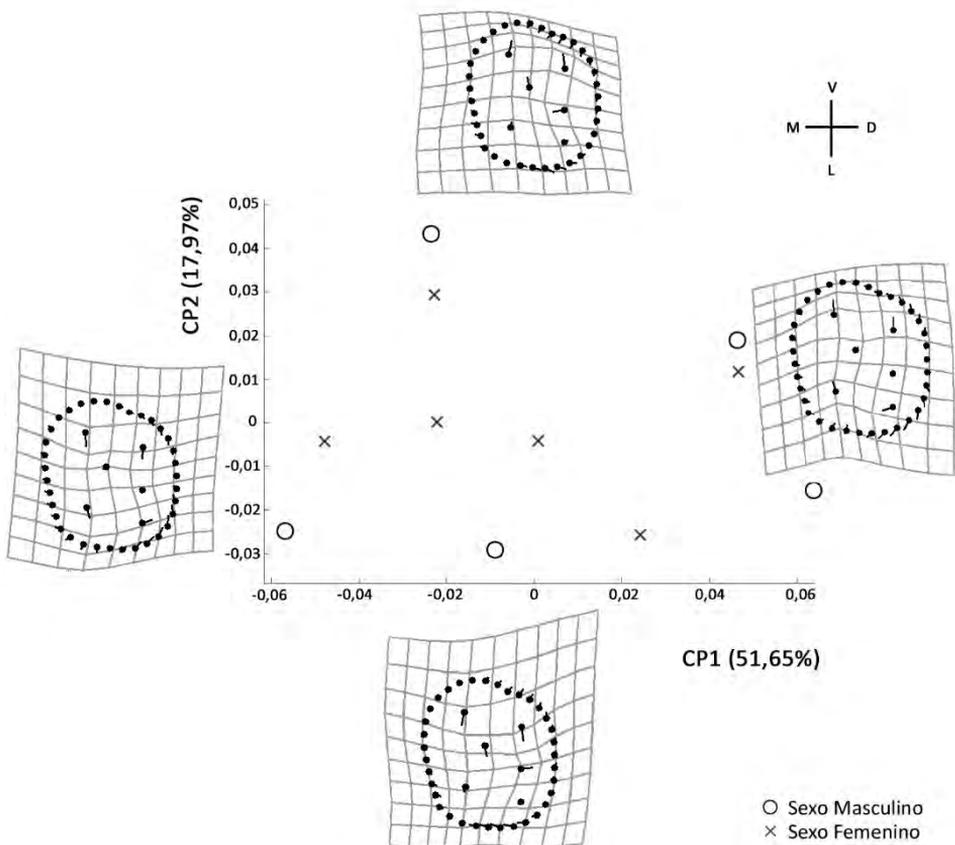


Figura 7.19. Análisis de componentes principales de la *forma* del segundo molar superior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

La dispersión de individuos en el gráfico de las variables canónicas sitúa a los individuos femeninos en los valores negativos de la variable y a los masculinos en los positivos (Figura 7.20).

La única diferencia apreciable en las deformaciones producidas a lo largo del eje x se corresponde con el contorno del margen vestibular, en concreto con el desplazamiento de la región del surco de desarrollo y la cúspide distovestibular.

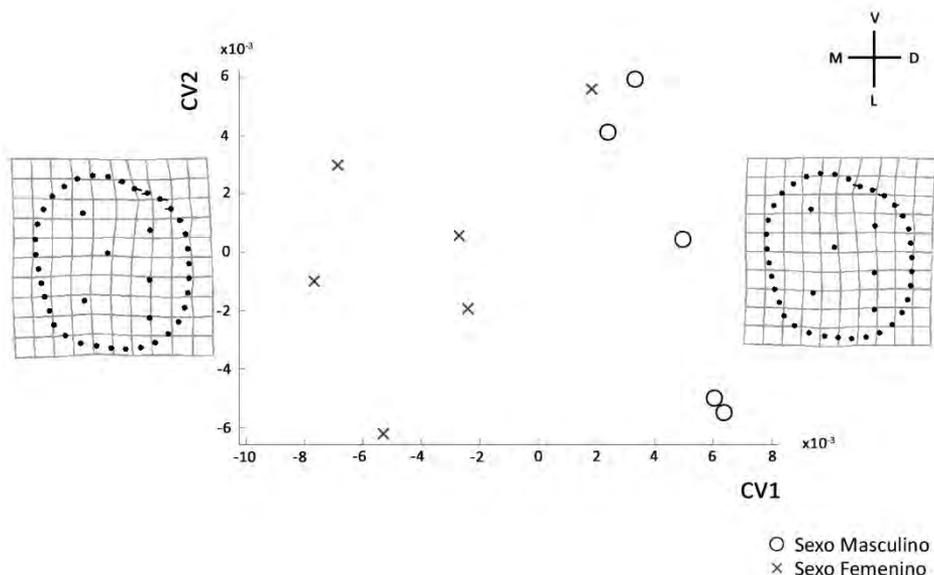


Figura 7.20. Análisis de variables canónicas de la *forma* del segundo molar superior primario y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 3). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

El análisis discriminante basado de las variables de *forma* del segundo molar superior primario muestra una correcta asignación de individuos por sexo a través de las variables originales de un 54,5% y un reducido 27,3% para la validación cruzada; no obstante, es necesario tener en cuenta el pequeño tamaño muestral en la interpretación de los resultados (Tabla 7.43). En ambos casos son mejor asignados los femeninos que los masculinos.

Si se incluyen las variables de tamaño junto con las de *forma*, la fiabilidad mediante las variables originales desciende su valor en un 10%, y la validación cruzada asigna correctamente solo el 27,3% de los segundos molares superiores primarios.

El análisis de la Lambda de Wilks muestra la ausencia de poder discriminante de las variables y de diferencias entre los grupos, al igual que el test de remuestreo determina que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de ambos grupos ($p > 0,05$; Tablas 7.43 y 7.44).

Tabla 7.43. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del segundo molar superior primario

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
	F	Sig.	λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
					N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	0,337	0,917	0,962	0,961	2/5	40,0	4/6	66,7	6/11	54,5
VC					0/5	0,0	3/6	50,0	3/11	27,3
<i>F + T</i>										
OR	0,185	0,997	0,959	0,990	2/5	40,0	3/6	50,0	5/11	45,5
VC					1/5	20,0	2/6	33,3	3/11	27,3

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

Tabla 7.44. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del segundo molar superior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	<i>F</i>	Sig.
Masculino	5	0,0227	0,42	0,793
Femenino	6			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

La superposición gráfica de las formas de referencia de ambos sexos muestra las diferencias más destacadas en el contorno del margen vestibular, ya descrito en el análisis de variables canónicas y en la localización de las fosas y cúspides (Figura 7.21).

Las fosas de individuos femeninos se sitúan en una posición más alta y cercana al margen vestibular con respecto a los masculinos. Las cúspides, en cambio, en el caso de las mesiales se desplazan hacia dicho margen en los femeninos y al contrario en los masculinos. Este desplazamiento hacia el exterior del molar en los femeninos se repite con la distovestibular que también se desplaza hacia el margen distal.

Igualmente, la *t* de Student también muestra que no existen diferencias en el tamaño del centroide entre ambos sexos (Tabla 7.45).

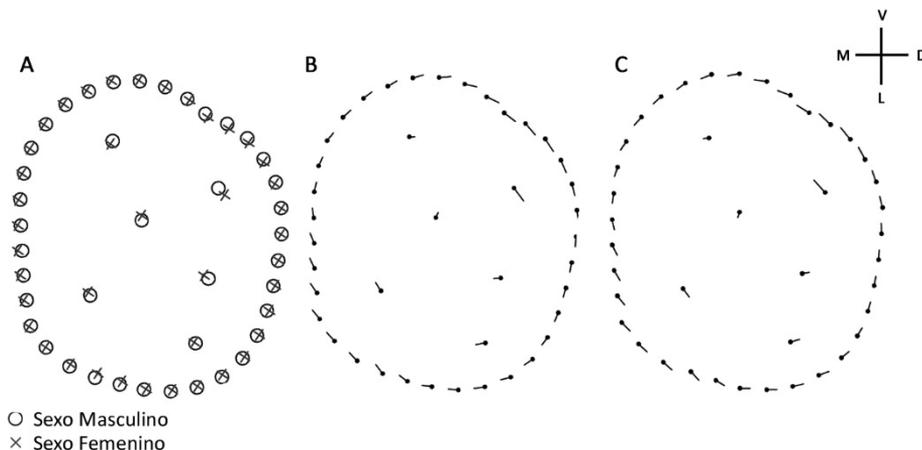


Figura 7.21. Formas medias del segundo molar superior primario por sexo. A, superposición de las formas medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma femenina. C, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

Tabla 7.45. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo molar superior primario, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	27,96	1,616	0,109	0,099	9	0,915
Femenino	27,86	1,379				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

El efecto alométrico para el sexo masculino determina que el 5,25% de la morfología del segundo molar superior primario se encuentra justificada por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo (p>0,05).

Los molares que presentan el centroide de mayor tamaño corresponden a los de sexo masculino (TC=30,45) y los de menor tamaño a los femeninos (TC=26,01); no obstante, las diferencias de tamaño entre los sexos son mínimas en los extremos (Figura 7.22).

Los de mayor tamaño presentan un contorno más angulado y con una morfología más romboide, mientras que los de pequeño tamaño son redondeados. El desplazamiento de cúspides y fosas no muestra una relación entre los diferentes tamaños y sexos (Figura 7.22).

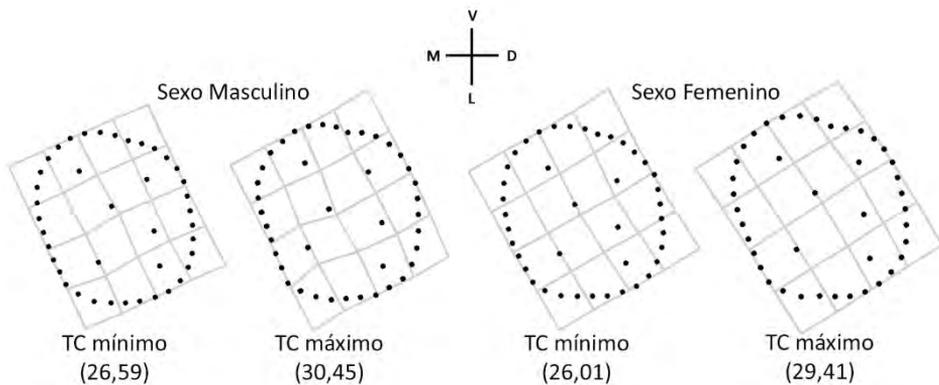


Figura 7.22. Alometría del segundo molar superior primario. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.1.6. Primer incisivo inferior primario

Más del 95% de la varianza explicada del primer incisivo inferior primario corresponde a los 4 primeros componentes principales; de los cuales, los dos primeros, representados gráficamente en la Figura 7.23 explican el 83,50% de la varianza (Tabla 7.46).

Los valores positivos del primer componente principal (58,01% de la varianza) muestran una línea amelocementaria de marcada curvatura y con los extremos de la línea desplazados hacia el interior. Los valores negativos, por el contrario, muestran una morfología más rectilínea, debido al desplazamiento de los *landmarks* centrales hacia el ápice de la raíz y a los extremos desplazados hacia el borde incisal del diente (Figura 7.23). El segundo componente principal (25,50% de la varianza) describe en su dirección positiva una línea con la mitad lingual de *forma* recta y más amplia que en la dirección negativa. Las líneas con la curvatura central desplazada hacia el margen lingual son propias de los valores negativos. Los positivos muestran el desplazamiento hacia la mitad vestibular y, a su vez, una mitad vestibular más corta, por el desplazamiento del extremo de la línea hacia el interior del diente (Figura 7.23).

El gráfico de dispersión resultante del análisis de componentes principales localiza a los individuos en torno a los valores 0 de ambos ejes, donde se superponen sin distinción por sexo. No se aprecian formas predominantes para ninguno de los grupos. Los individuos que se sitúan en puntos más alejados, principalmente en los valores negativos de ambos componentes son de sexo masculino, mientras que los femeninos se posicionan de forma más localizada en el centro del gráfico (Figura 7.23).

Tabla 7.46. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–4) del primer incisivo inferior primario

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00397502	58,01%	58,01%
2	0,00174723	25,50%	83,50%
3	0,000611554	8,92%	92,43%
4	0,000259387	3,79%	96,21%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

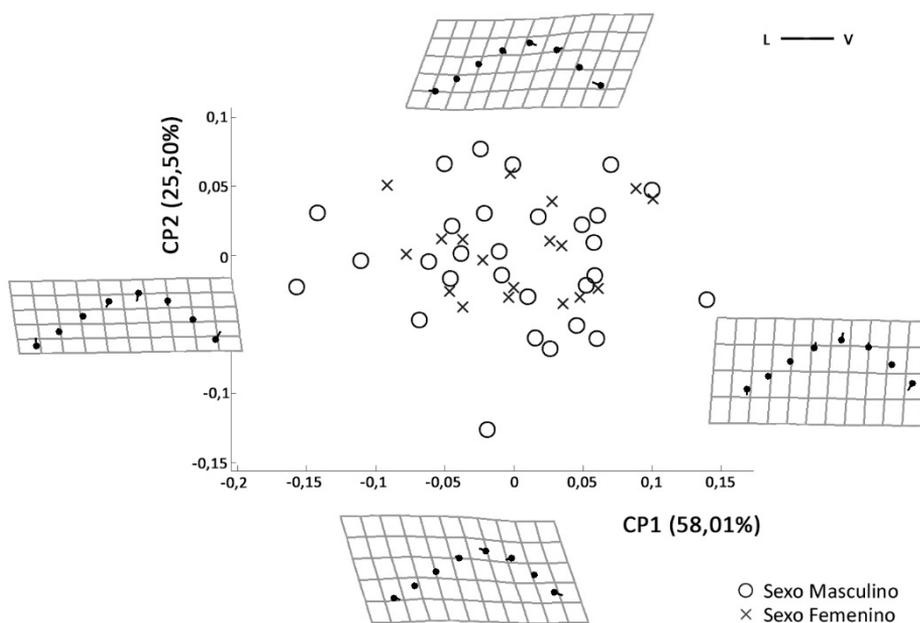


Figura 7.23. Análisis de componentes principales de la *forma* del primer incisivo inferior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual.

El gráfico de las variables canónicas localiza a todos los individuos en el centro de la variable y a pesar de que se aprecia una separación por sexos, los masculinos a la izquierda y los femeninos a la derecha, no se puede confirmar con seguridad (Figura 7.24).

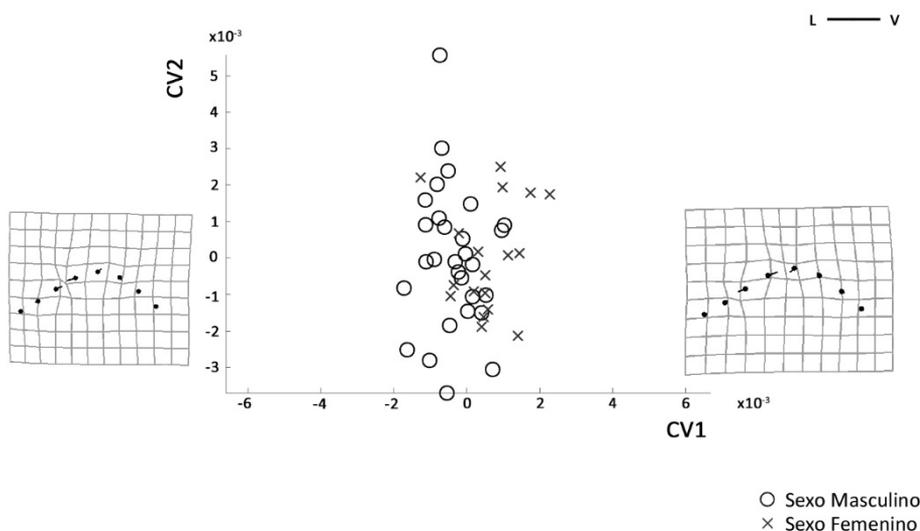


Figura 7.24. Análisis de variables canónicas de la *forma* del primer incisivo inferior primario y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 3). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual.

Dicha superposición de ambos grupos se traduce en unos bajos valores de clasificación según la *forma* de la línea amelocementaria resultantes del análisis discriminante, que clasifica con un 57,4% mediante el método de las variables originales y con un 46,8% la validación cruzada. La inclusión de la variable de tamaño da lugar a una ligera mejora para los datos originales (63,8%), sin embargo, se produce un descenso en la validación cruzada (42,2%). La ausencia de diferencias entre los grupos del primer incisivo inferior primario queda confirmada con la prueba de la Lambda de Wilks (Tabla 7.47) y la ausencia de diferencias entre las formas consenso de ambos sexos por el test de remuestreo (Tabla 7.48).

La superposición gráfica de las líneas amelocementarias de ambos sexos muestra las diferencias entre las mismas en la mitad vestibular (Figura 7.25). Los individuos de sexo femenino muestran la curvatura hacia el ápice de la raíz menos más marcada y más próxima al borde incisal del diente.

La ausencia de diferencias en la variable de tamaño de los grupos se detalla en la Tabla 7.48 con los resultados de la t de Student.

Tabla 7.47. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del primer incisivo inferior primario

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
	F	Sig.	λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
					N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	1,189	0,293	0,941	0,627	16/29	55,2	11/18	61,1	27/47	57,4
VC					15/29	61,1	7/18	38,9	22/47	46,8
<i>F + T</i>										
OR	1,305	0,404	0,933	0,712	13/29	65,5	11/18	61,1	30/47	63,8
VC					14/29	48,3	6/18	33,3	20/47	42,2

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

Tabla 7.48. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del primer incisivo inferior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	<i>F</i>	Sig.
Masculino	29	0,0148	0,35	0,775
Femenino	18			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El factor alométrico explica que el 1,66% de la variación morfológica del primer incisivo inferior primario se encuentra afectada por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo ($p > 0,05$).

En este caso los individuos presentan un tamaño máximo de centroide muy similar: TC=3,66 para los masculinos y TC=3,65 para los femeninos. Tampoco existen apenas diferencias entre los de pequeño tamaño: TC=2,70 para los masculinos y TC=2,73 para los femeninos (Figura 7.26).

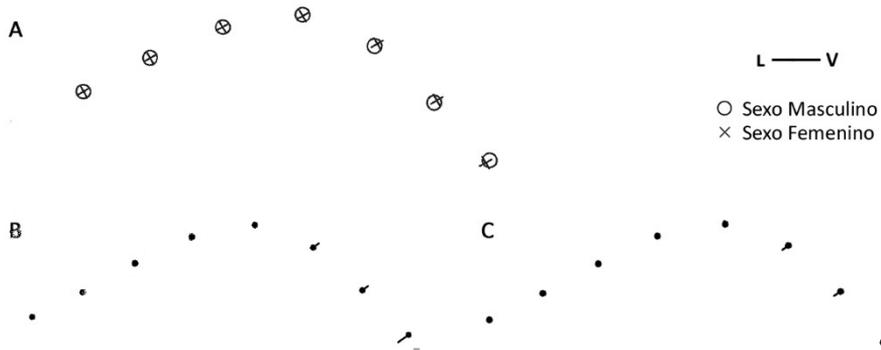


Figura 7.25. Formas medias del primer incisivo inferior primario por sexo. A, superposición de las formas medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma femenina. C, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual.

Tabla 7.49. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer incisivo inferior primario, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	3,18	0,274	0,769	0,057	45	0,446
Femenino	3,12	0,199				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

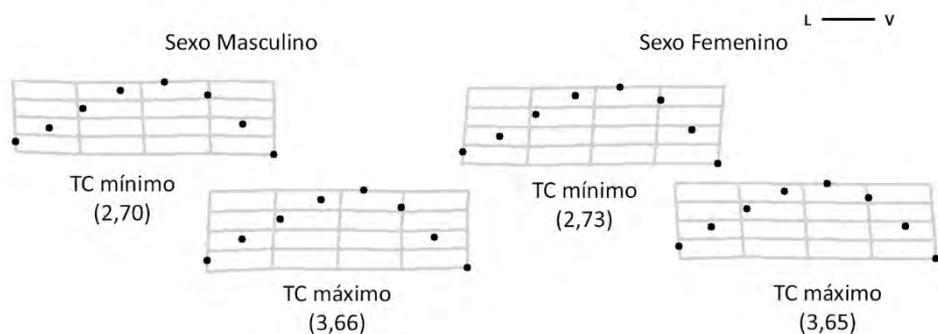


Figura 7.26. Alometría del primer incisivo inferior primario. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual.

7.5.1.7. Segundo incisivo inferior primario

Los 4 primeros componentes principales explican más del 95% de la varianza del segundo incisivo inferior primario. Solo los dos primeros componentes, descritos en la Figura 7.27, explican el 85,28% de la varianza (Tabla 7.50).

Los valores positivos del primer componente principal (53,84% de la varianza) describen una línea amelocementaria estrecha, de marcada curvatura y con los extremos de la misma desplazados hacia el ápice de la raíz del diente. La dirección negativa, por el contrario, muestra una línea dilatada en la que el desplazamiento de los *landmarks* centrales hacia el ápice de la raíz, y de los extremos hacia el margen incisal, hacen que su morfología sea mucho más rectilínea (Figura 7.27).

El extremo positivo del segundo componente principal (31,45% de la varianza) define una línea amelocementaria estrecha, con la mitad lingual más prolongada que la mitad vestibular, que es más corta y prominente hacia el margen incisal del incisivo. Los valores negativos muestran dos mitades de la línea más simétricas en cuanto a su extensión; en este caso la prominencia se sitúa en la mitad lingual. Mientras en los valores positivos los extremos de la línea se desplazan hacia el margen lingual, en los negativos lo hacen hacia el margen vestibular (Figura 7.27).

El gráfico de dispersión del análisis de componentes principales muestra una amplia dispersión de individuos a lo largo del eje x. En el segundo componente principal, en cambio, se localiza mayoritariamente en torno al valor 0 y en la dirección positiva, aunque también aparecen varios individuos en el extremo negativo. No se aprecia ninguna *forma* dominante asociada a ninguno de los grupos (Figura 7.27).

Tabla 7.50. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–3) del segundo incisivo inferior primario

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,0034022	53,84%	53,84%
2	0,00198726	31,45%	85,28%
3	0,000621256	9,83%	95,11%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

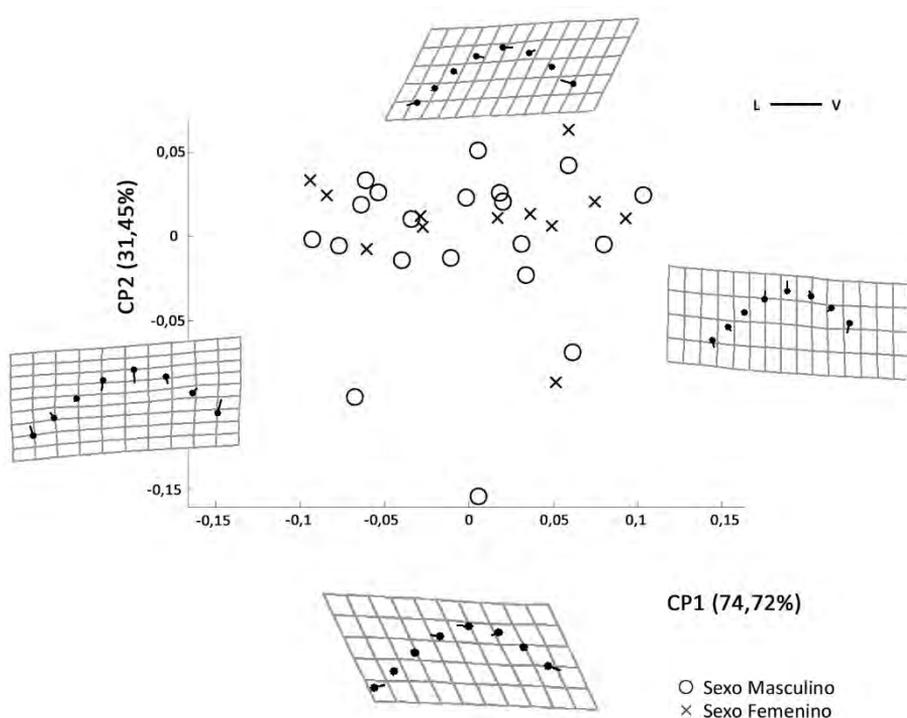


Figura 7.27. Análisis de componentes principales de la *forma* del segundo incisivo inferior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual.

La situación de los individuos en el análisis de variables canónicas muestra una presencia mayoritaria de masculinos en los valores positivos y de femeninos en negativos, aunque en el extremo negativo se sitúa un individuo de sexo masculino (Figura 7.28). De este modo, los incisivos localizados en la derecha del gráfico se relacionan con formas estrechas y con la mitad lingual de la línea con dos realces hacia el margen incisal del diente. Los que se localizan en los valores positivos se asocian a líneas más anchas y cuya mitad lingual no es tan sinuosa y muestra la curvatura más marcada hacia el ápice de la raíz (Figura 7.28).

La clasificación resultante del análisis discriminante de las variables de *forma* muestra un alto valor de fiabilidad, comparado con otros dientes, y que es el mismo para las variables originales y para la validación cruzada (78,1%). Esta discriminación por sexo se ve apoyada con el resultado de la prueba de la Lambda de Wilks, que a pesar de no mostrar una gran diferencia entre los grupos es

significativa ($p < 0,05$). La inclusión del tamaño del centroide hace que los resultados de los datos originales sean los mismos (78,1%) y más bajos para la validación cruzada (71,9%). Repercute también en el poder discriminante de las variables, puesto que al introducirlo dejan de serlo ($p > 0,05$; Tabla 7.51).

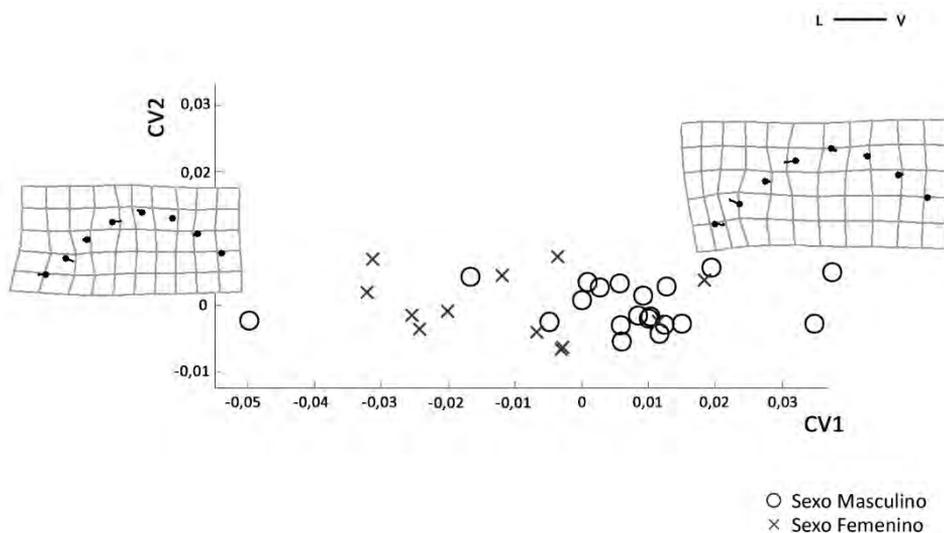


Figura 7.28. Análisis de variables canónicas de la *forma* del segundo incisivo inferior primario y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 3). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual.

Tabla 7.51. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del segundo incisivo inferior primario

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
					Masculino		Femenino		Total	
	F	Sig.	λ	Sig.	N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR					17/20	85,0	8/12	66,7	25/32	78,1
VC	0,391	0,886	0,726	0,028*	17/20	85,0	8/12	66,7	25/32	78,1
<i>F + T</i>										
OR					17/20	85,0	8/12	66,7	25/32	78,1
VC	0,464	0,914	0,716	0,053	17/20	85,0	6/12	50,0	23/32	71,9

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

La superposición gráfica de ambas *formas* medias muestra las diferencias ya descritas en las deformaciones resultantes a lo largo de la variable canónica y que se aprecian en la mitad lingual del diente (Figura 7.29). Los individuos femeninos presentan una curvatura más marcada hacia la raíz del diente y los masculinos hacia el borde incisal.

Tabla 7.52. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del segundo incisivo inferior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
Masculino	20	0,0318	1,21	0,306
Femenino	12			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

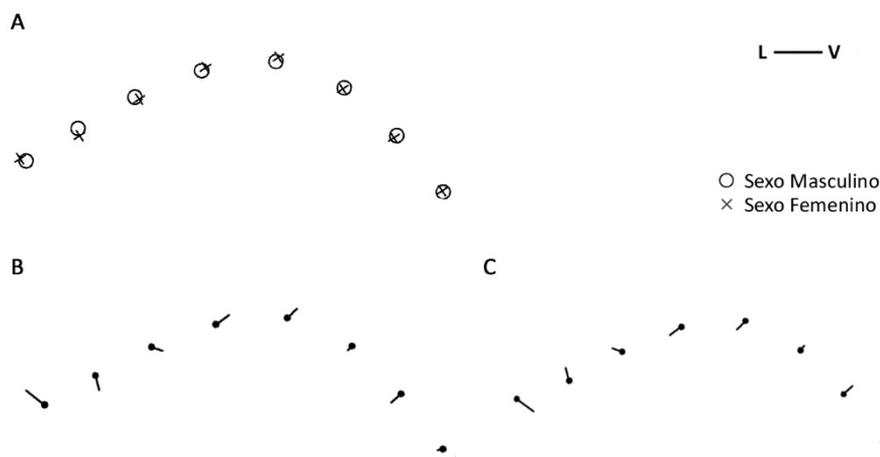


Figura 7.29. *Formas* medias del segundo incisivo inferior primario por sexo. A, superposición de las *formas* medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* femenina. C, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual.

Tabla 7.53. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo incisivo inferior primario, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	3,57	0,281	-0,486	0,048	30	0,630
Femenino	3,62	0,254				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

El componente alométrico explica que el 9,46% de la morfología del segundo incisivo inferior primario se encuentra concedida por cambios de tamaño; dicho efecto resulta significativo (p<0,05).

Los incisivos que presentan el centroide de mayor tamaño corresponden a los de sexo femenino (TC=4,12) y los de menor tamaño a los masculinos (TC=3,15); no obstante, la diferencia entre los valores máximos y mínimos para ambos sexos es mínima (Figura 7.30).

Las principales diferencias se aprecian en la altura de las líneas que es mayor para los de gran tamaño, así como en la situación de la curvatura que se sitúa más cercana al margen vestibular en los grandes (Figura 7.30).

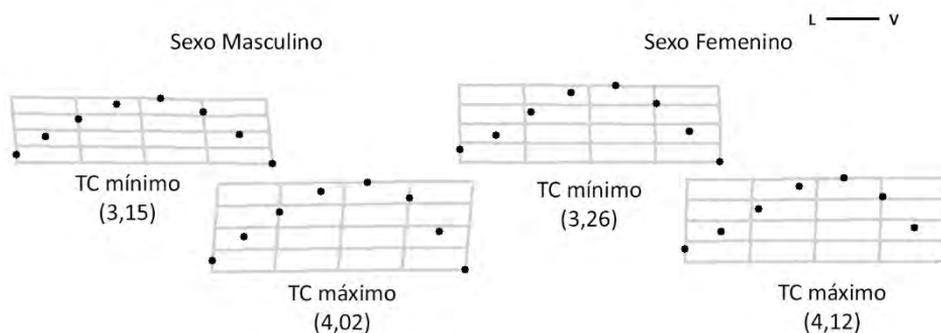


Figura 7.30. Alometría del segundo incisivo inferior primario. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual.

7.5.1.8. Canino inferior primario

La varianza del canino inferior primario es explicada en más un 95% por los 4 primeros componentes principales (Tabla 7.54). En la Figura 7.31 se representan los dos primeros; solo entre ellos describen el 80,02% de la varianza del diente.

La dirección positiva del primer componente principal (46,35% de la varianza) describe líneas amelocementarias de morfología arqueada y con la mitad vestibular más curvilínea que la lingual, debido al desplazamiento de los *landmarks* centrales hacia el margen incisal, y de los extremos hacia la raíz del diente. Los valores negativos, por el contrario, dibujan una línea más recta, pero que a su vez presenta una curvatura en la mitad vestibular, a causa del desplazamiento de extremo hacia el margen incisal del canino (Figura 7.31).

El segundo componente principal (33,67% de la varianza), presenta las diferencias a lo largo del mismo en el desplazamiento de los *landmarks* hacia el margen vestibular o lingual, con respecto a la *forma* de referencia. La dirección positiva presenta la curvatura central de la línea trasladada hacia el margen vestibular, mientras que los negativos lo hacen hacia el lingual; unido al deslizamiento del extremo vestibular hacia el interior del diente, en los valores positivos, hacen que la mitad vestibular sea más corta en esta dirección (Figura 7.31).

Los individuos se sitúan en la zona central del gráfico de dispersión del análisis de componentes principales sin distinción por grupo; no se asocian a ninguna de las deformaciones. Son los de sexo femenino los que se encuentran en puntos más extremos de los ejes. Los masculinos se posicionan de *forma* más homogénea en el centro del gráfico superponiéndose con los femeninos que también se sitúan en esa zona (Figura 7.31).

Tabla 7.54. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–4) del canino inferior primario

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00436649	46,35%	46,35%
2	0,0031718	33,67%	80,02%
3	0,00136125	14,45%	94,47%
4	0,000216401	2,30%	96,76%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

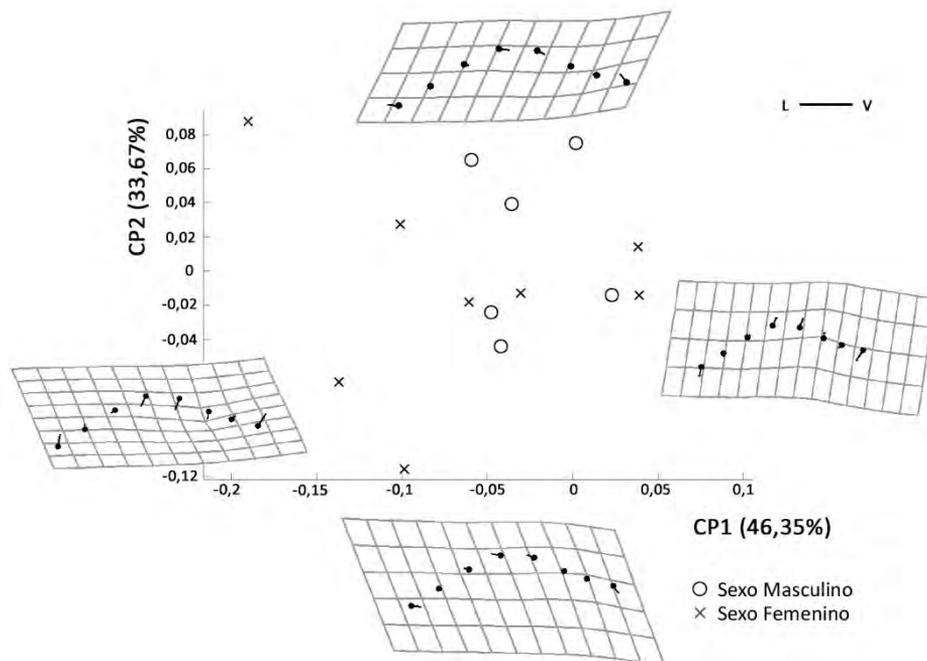


Figura 7.31. Análisis de componentes principales de la *forma* del canino inferior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual.

El gráfico de variables canónicas sí que posiciona diferenciados por grupos a los individuos (Figura 7.32). Los de sexo femenino se sitúan todos en la mitad positiva de la variable, mientras que los masculinos lo hacen en la mitad negativa. De este modo los masculinos se asocian a una línea con la curvatura central amplia, mientras que los femeninos describen una línea con el ángulo de la curvatura más cerrado.

El análisis discriminante llevado a cabo con las variables de *forma* repite las diferencias de clasificación entre las variables originales (71,4%) y la validación cruzada (42,9%). Este desacuerdo se mantiene al introducir el tamaño del centroide, con la diferencia de que ambos métodos ven incrementada la fiabilidad si se tiene en cuenta. La ausencia de eficacia discriminante de las variables se demuestra con la prueba de la Lambda de Wilks, ya sea solo con las variables de *forma* que con las variables de *forma* y de tamaño (Tabla 7.55).

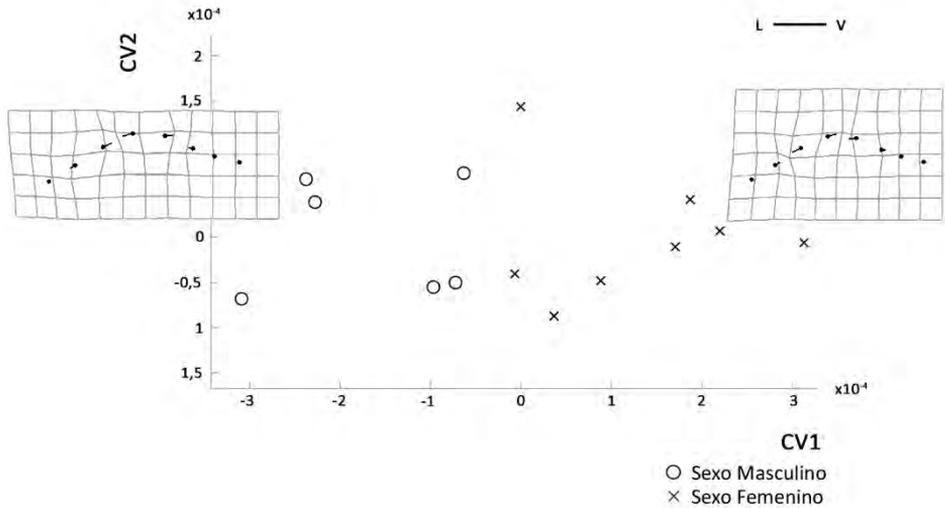


Figura 7.32. Análisis de variables canónicas de la *forma* del canino inferior primario y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 3). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual.

Tabla 7.55. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del canino inferior primario

		M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
		F	Sig.	λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
						N	%	N	%	N	%
<i>F</i>											
OR		0,770	0,658	0,658	0,167	4/6	66,7	6/8	75,0	10/14	71,4
VC						2/6	33,3	4/8	50,0	6/14	42,9
<i>F + T</i>											
OR		0,638	0,843	0,479	0,221	6/6	100	6/8	75,0	12/14	85,7
VC						3/6	50	6/8	75,0	9/14	64,3

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

El test de remuestreo llevado a cabo para testar las distancias existentes entre las formas de ambos grupos determina que no existen diferencias entre las mismas ($p > 0,05$; Tabla 7.56). Lo mismo ocurre al analizar si hay discrepancias en el

tamaño del centroide como variable de tamaño entre los sexos femenino y masculino ($p > 0,05$; Tabla 7.57).

La superposición gráfica de las *formas* de referencia de cada uno de los sexos detalla la mayor curvatura de las líneas masculinas en la zona central y en la mitad vestibular (hacia la raíz del diente); mientras que las femeninas son más rectilíneas, tienen menos altura y la mitad lingual más corta y la vestibular más amplia (Figura 7.33).

Tabla 7.56. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del canino inferior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
Masculino	6	0,0551	1,14	0,360
Femenino	8			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.



Figura 7.33. *Formas* medias del canino inferior primario por sexo. A, superposición de las *formas* medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* femenina. C, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* masculina (exageración de las deformaciones B y C 2). V, vestibular; L, lingual.

Tabla 7.57. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del canino inferior primario mediante, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	4,36	0,159	-0,690	-0,064	12	0,503
Femenino	4,42	0,182				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El efecto alométrico revela que el 9,14% de la variación morfológica del canino inferior primario se encuentra reconocida por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo ($p > 0,05$).

Los molares masculinos de mayor tamaño (TC=4,60) son ligeramente inferiores a los de mayor tamaño femenino (TC=4,77), al igual que ocurre con los de tamaño mínimo masculino (TC=4,10) que también son inferiores a los femeninos (TC=4,14; Figura 7.34).

Las principales diferencias en las *formas* se encuentran en la mayor altura que presentan los caninos de pequeño tamaño, independientemente del sexo, con respecto a los grandes (Figura 7.34).

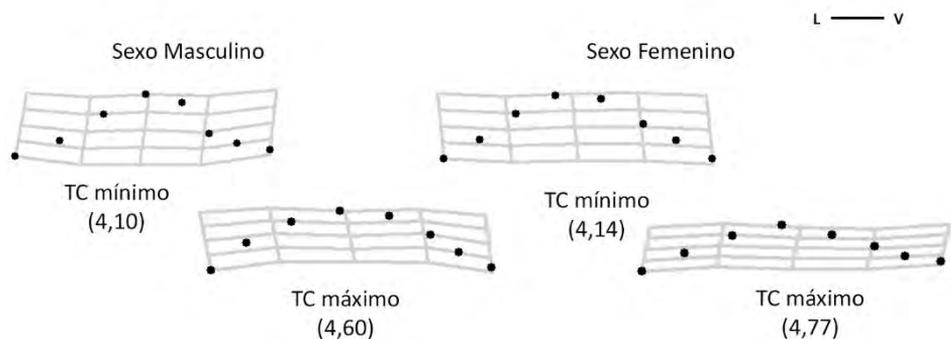


Figura 7.34. Alometría del canino inferior primario. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual.

7.5.1.9. Primer molar inferior primario

Los 12 primeros componentes principales explican más del 95% de la varianza del primer molar inferior primario (Tabla 7.58).

Los valores positivos del primer componente principal (25,95% de la varianza) describen molares con los contornos vestibulares de las dos cúspides reducidas; en ambos casos los *landmarks* se desplazan hacia el interior diente. El margen lingual se presenta prominente. La grilla de deformación muestra un desplazamiento de las cúspides linguales y de ambas fosas hacia el margen distolingual, mientras que, la distovestibular lo hace hacia mesial. La dirección negativa muestra el desplazamiento del contorno de las cúspides hacia el exterior del diente, dando lugar a la prominencia de los mismos en los márgenes mesial y distal. El margen lingual se encuentra reducido, las fosas y las cúspides linguales desplazadas hacia el margen mesiovestibular y la cúspide distovestibular hacia el margen distal (Figura 7.35).

El segundo componente (19,96% de la varianza) destaca la prominencia del margen vestibular y la reducción del distolingual en los valores positivos, así como el desplazamiento de las cúspides y la fosa de la mitad mesial del diente hacia el margen lingual. En los negativos, por el contrario, la prominencia se da en el contorno distolingual, el margen vestibular se encuentra reducido y las cúspides y fosa mesiales de desplazan hacia el margen vestibular (Figura 7.35).

Tabla 7.58. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–12) del primer molar inferior primario

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00145383	25,95%	25,95%
2	0,00111792	19,96%	45,91%
3	0,000689964	12,32%	58,23%
4	0,000473013	8,44%	66,67%
5	0,000370916	6,62%	73,29%
6	0,000359598	6,42%	79,71%
7	0,000262558	4,69%	84,40%
8	0,000181037	3,23%	87,63%
9	0,000151242	2,70%	90,33%
10	0,000118154	2,11%	92,44%
11	0,000104018	1,86%	94,30%
12	5,67E-05	1,01%	95,31%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

En la Figura 7.35 se muestra el gráfico de dispersión obtenido del análisis de componente principales, en el que la mayoría de los individuos se concentran en en los valores centrales de ambos componentes, sin una clara separación por grupos, ni una *forma* destacada de las descritas a lo largo de cada eje. Los segundos molares más aislados se sitúan en los valores negativos del primer componente y son de ambos sexos. A largo del segundo componente principal la distribución de individuos es más homogénea, abarcando todos los valores mostrados en cada una de las direcciones.

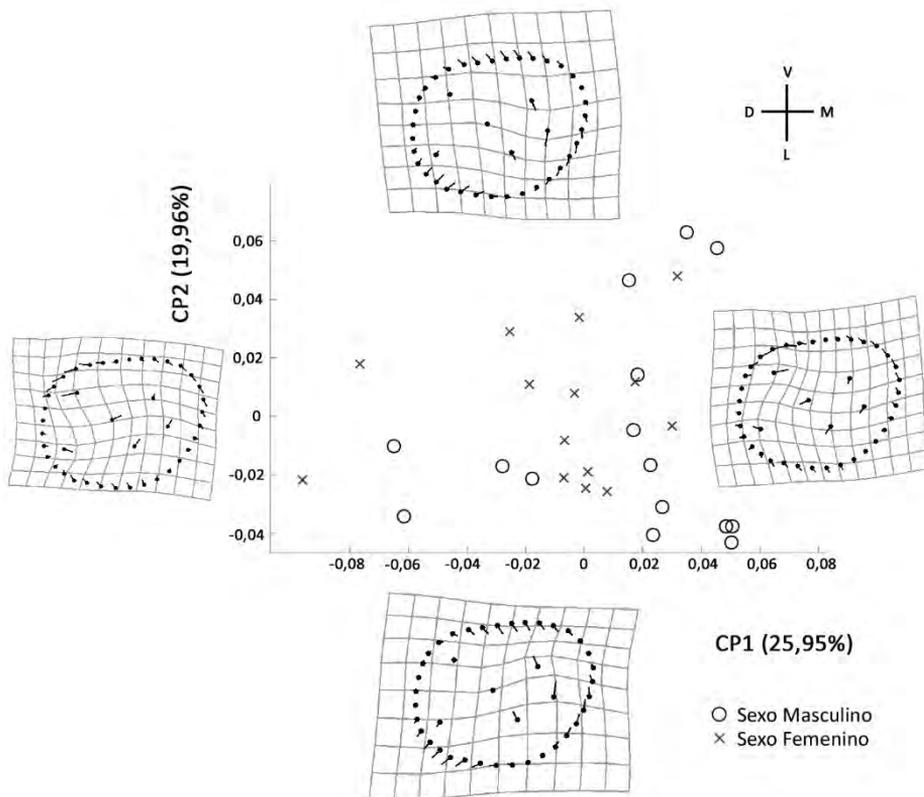


Figura 7.35. Análisis de componentes principales de la *forma* del primer molar inferior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

El gráfico de puntos del análisis de variables canónicas sitúa a la mayoría de los molares de sexo femenino en la dirección positiva y a la mayoría de los

masculinos en la dirección negativa; no obstante, hay un pequeño número de cada sexo que lo hace de manera minoritaria en los primeros valores de la dirección contraria. Esto se traduce en la superposición de individuos de ambos grupos en la zona central y la separación de los mismos en los extremos. De este modo cada grupo se asocia con el desplazamiento de determinados *semilandmarks* del margen distal del diente, mientras que el resto de la morfología no presenta cambios (Figura 7.36).

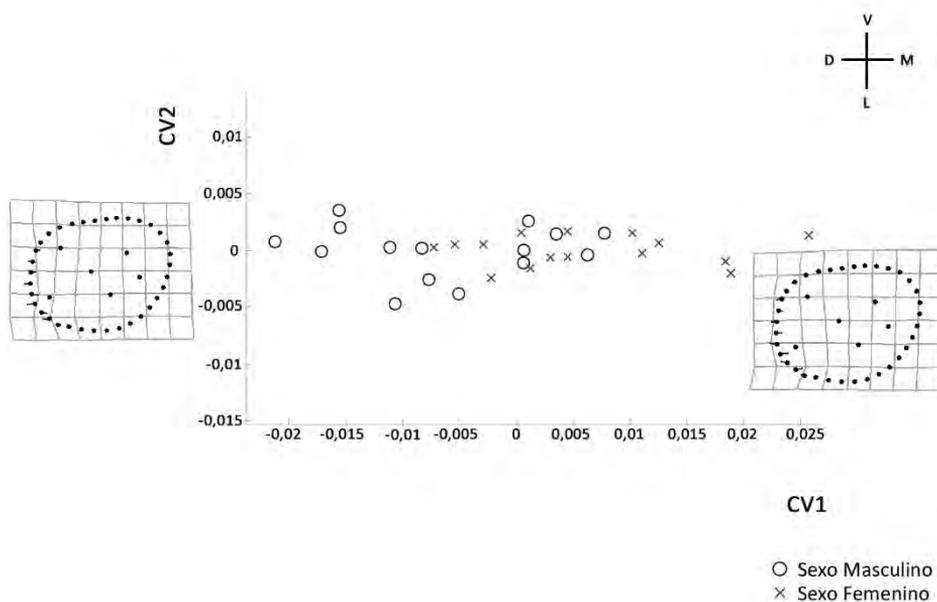


Figura 7.36. Análisis de variables canónicas de la *forma* del primer molar inferior primario y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 3). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

En el caso del primer molar inferior primario el análisis discriminante muestra diferencias en la fiabilidad de clasificación entre los métodos empleados pero no tan acusados como en otros dientes (Tabla 7.59). Si se tienen en cuenta solo variables de *forma* los datos originales clasifican a los individuos con un 86,7% de acierto, mientras que la validación cruzada lo hacen con un 70,0%. Con el primer método son los individuos masculinos los mejor clasificados, mientras que con el segundo son los femeninos los que obtienen mejores resultados. La inclusión de la variable de tamaño no supone ningún cambio en la clasificación

según las variables originales que permanece en un 86,7%; sin embargo, la validación cruzada desciende su correcta asignación al 63,3%, perdiendo un individuo en cada uno de los sexos. En ninguno de los casos la prueba de la Lambda de Wilks muestra poder discriminante de las variables, a pesar de la diferencia entre los grupos y los altos porcentajes de clasificación ($p > 0,05$). Independientemente si se incluye o no el tamaño del centroide, el valor sigue siendo el mismo (Tabla 7.59).

Tabla 7.59. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del primer molar inferior primario

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
	F	Sig.	λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
					N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	0,728	0,975	0,386	0,085	14/15	93,3	12/15	80,0	26/30	86,7
VC					10/15	66,7	11/15	73,3	21/30	70,0
<i>F + T</i>										
OR	0,976	0,551	0,386	0,131	14/15	93,3	12/15	80,0	26/30	86,7
VC					9/15	60,0	10/15	66,7	17/30	63,3

F, *forma*; *F + T*, *forma + tamaño*; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; n, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

El contraste de hipótesis para la diferencia entre las medias de ambos grupos llevado a cabo con el test de remuestreo prueba que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$; Tabla 7.60).

Tabla 7.60. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del primer molar inferior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	<i>F</i>	Sig.
Masculino	15	0,0350	1,68	0,111
Femenino	15			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

La superposición gráfica de las *formas* consenso de ambos grupos permite ver las diferencias entre las mismas. Se observan diferencias en los contornos de ambas cúspides vestibulares, que se desplazan hacia el interior del diente en los molares masculinos, así como en el margen lingual, más reducido en los femeninos. En las cúspides las mayores discrepancias se aprecian en la cúspide distovestibular que presenta una posición más retrasada en los molares femeninos. Las fosas femeninas se localizan más próximas al margen mesial en el sexo femenino que en el masculino (Figura 7.37).

Seguidamente se muestran los estadísticos descriptivos del tamaño del centroide para ambos sexos y sus resultados de la comparación de los mismos a través de la t de Student, que no muestra diferencias ($p > 0,05$; Tabla 7.61).

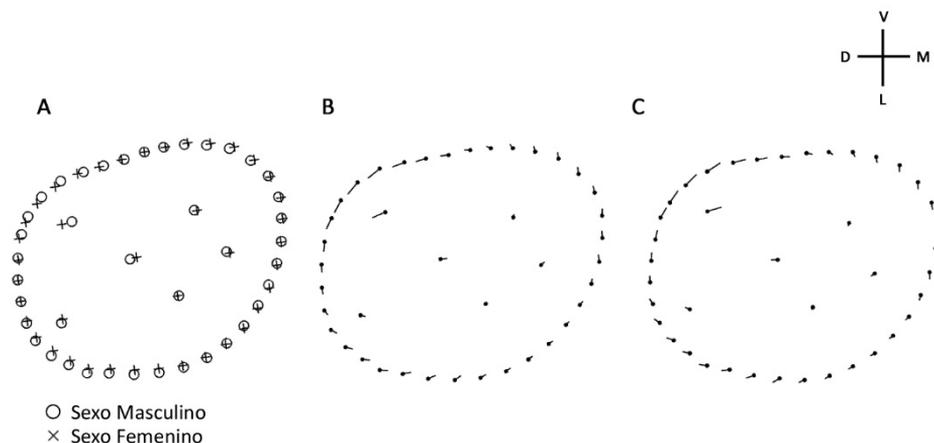


Figura 7.37. *Formas* medias del primer molar inferior primario por sexo. A, superposición de las *formas* medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* femenina. C, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

Tabla 7.61. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer molar inferior primario, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	22,31	1,193	0,402	0,198	28	0,691
Femenino	22,12	1,490				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El efecto alométrico del primer molar inferior primario explica que el 5,01% de la morfología se encuentra justificada por cambios de tamaño, y que dicho efecto no resulta significativo ($p>0,05$).

Los molares que presentan el centroide de mayor tamaño corresponden al sexo masculino (TC=39,30) y los de menor tamaño al femenino (TC=19,61; Figura 7.38).

Los molares masculinos de pequeño tamaño se presentan estrechos vestibulolingualmente, de contorno poco angulado, con marcada prominencia de la cúspide mesiovestibular y con las cúspides y fosas desplazadas hacia el margen vestibular. Los grandes, por su parte, son de mayor altura, debido a la marcada prominencia del margen lingual y las cúspides y fosas se muestran más centradas que en los de pequeño tamaño (Figura 7.38).

Los femeninos pequeños también presentan menor altura de contorno con respecto a los grandes, como ocurría en los de sexo masculino, aunque en este caso los dos tamaños representados tienen un contorno de la cúspide mesiovestibular prominente. El patrón de cúspides y fosas se encuentra centrado en ambos casos y tiene una morfología similar, salvo por la cúspide distolingual, que se encuentra más cerca del margen lingual en los de gran tamaño que en los de pequeño tamaño (Figura 7.38).

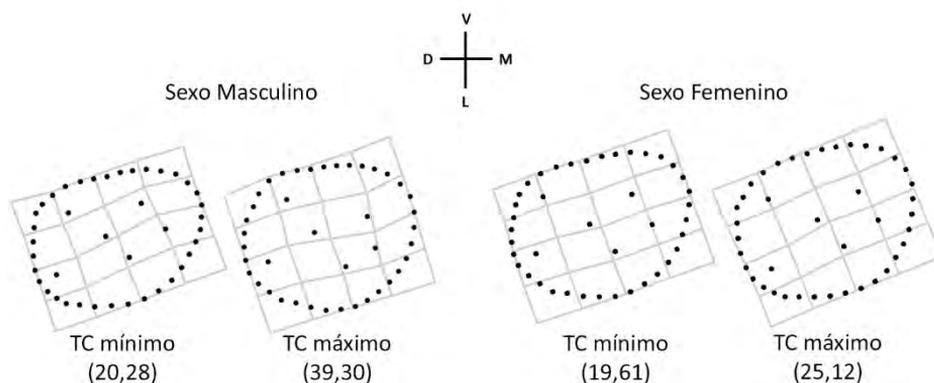


Figura 7.38. Alometría del primer molar inferior primario. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.1.10. Segundo molar inferior primario

Los 9 primeros componentes principales del segundo molar inferior primario explican más del 95% de la varianza (Tabla 7.62), de los cuales, solo los 2 primeros, explicados en la Figura 7.39, describen el 50,97% de la misma.

El primer componente principal (28,57% de la varianza) describe en sus valores positivos molares con un margen vestibular prominente, el polígono cuspídeo desplazado hacia el interior del diente, provocando la contracción de la grilla de deformación, y con la fosa central ligeramente desplazada hacia el margen vestibular. La dirección negativa, en cambio, muestra la prominencia en el contorno de la cúspide distovestibular, el polígono cuspídeo desplazado hacia el exterior del molar, dando lugar a una marcada expansión de la región central de la grilla de deformación y la fosa central desplazada hacia el margen lingual (Figura 7.39).

La vertiente positiva del segundo componente principal (22,40% de la varianza) caracteriza a los molares de margen vestibular contraído y el lingual prominente, al contrario que los valores negativos, en los que el relieve se da en el margen vestibular y la contracción en el lingual. Se diferencian también en el desplazamiento de las cúspides distovestibular y mesiolingual y la fosa central hacia el margen mesial en los valores positivos y hacia distal en los valores negativos. La cúspide mesiovestibular, por su parte, se desliza hacia el margen lingual en los valores negativos y hacia el margen vestibular en los positivos (Figura 7.39).

Tabla 7.62. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–9) del segundo molar inferior primario

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00121534	28,57%	28,57%
2	0,000952907	22,40%	50,97%
3	0,000695181	16,34%	67,32%
4	0,000311167	7,32%	74,63%
5	0,000253015	5,95%	80,58%
6	0,000223815	5,26%	85,84%
7	0,000184689	4,34%	90,18%
8	0,000130149	3,06%	93,24%
9	7,85E-05	1,85%	95,09%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

El gráfico de puntos obtenido del análisis de componentes principales sitúa a la mayoría de los individuos en los valores negativos del primer componente y en la dirección positiva se posicionan de manera aislada algunos individuos masculinos. La distribución a lo largo del segundo componente principal es más homogénea y abarca todo el eje. Los individuos no se localizan separados por grupos, sino que ambos sexos se superponen a lo largo de todo el gráfico (Figura 7.39).

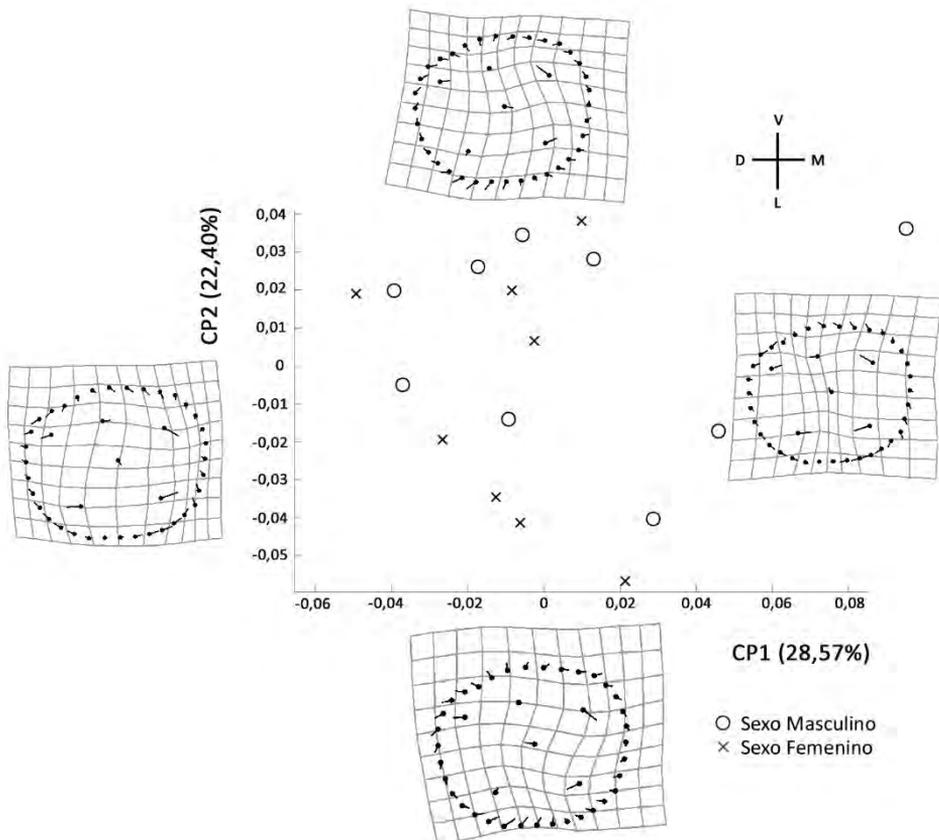


Figura 7.39. Análisis de componentes principales de la *forma* del segundo molar inferior primario y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

El análisis de variables canónicas sitúa a los individuos femeninos en la vertiente positiva de la variable y a los masculinos en la negativa. Los valores positivos describen molares con el margen lingual reducido, el polígono cuspidé expandido debido a la proximidad de las cúspides con los márgenes del molar y la fosa central desplazada hacia el margen vestibular. La dirección negativa, por el contrario, se asocia a individuos con el margen lingual muy pronunciado, las cúspides desplazadas hacia el interior del diente contrayendo la grilla de deformación, y la fosa central desplazada hacia la cúspide distolingual (Figura 7.40).

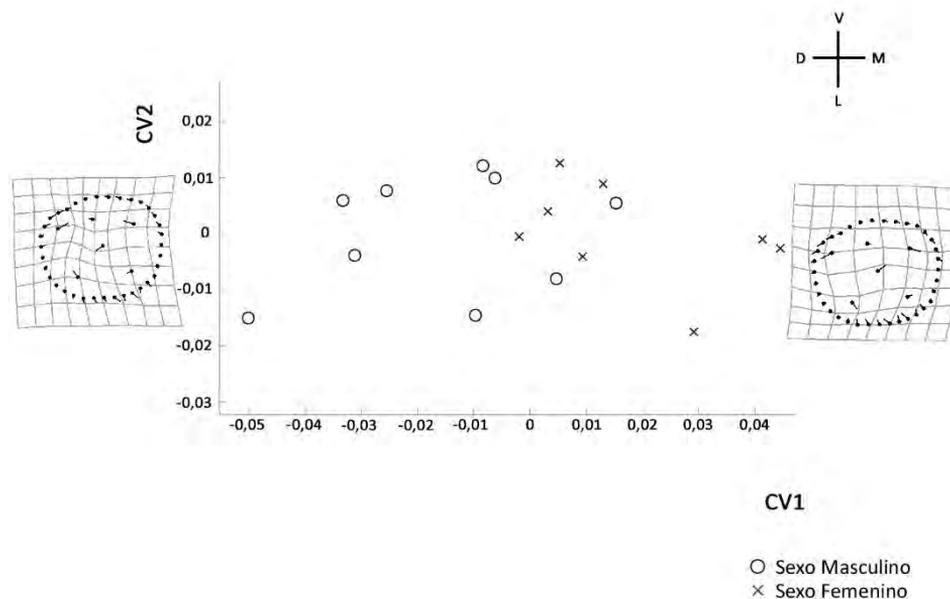


Figura 7.40. Análisis de variables canónicas de la *forma* del segundo molar inferior primario y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 3). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

El análisis discriminante que incluye las variables de *forma* muestra buenos valores de fiabilidad para la asignación basada en las variables originales (76,5%), mucho más reducidos con la validación cruzada (47,1%; Tabla 7.63). A continuación el análisis ha sido repetido incluyendo también el tamaño del centroide como variable de tamaño. Esto ha reportado una disminución de la correcta asignación para las variables originales (70,6%), así como para la validación cruzada (41,2%). En ambos casos el test de la Lambda de Wilks muestra que las variables no tienen poder discriminante por sexo ($p > 0,05$).

Tabla 7.63. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del segundo molar inferior primario

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
	F	Sig.	λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
					n	%	n	%	n	%
<i>F</i>										
OR	0,878	0,621	0,609	0,429	7/9	77,8	6/8	75,0	13/17	76,5
VC					4/9	44,4	4/8	50,0	8/17	47,1
<i>F + T</i>										
OR	0,893	0,627	0,607	0,570	7/9	77,8	5/8	62,5	12/17	70,6
VC					3/9	33,3	4/8	50,0	7/17	41,2

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

El estudio de las diferencias entre las medias de ambos grupos se ha obtenido con el test de remuestreo, que prueba la inexistencia de diferencias significativas entre los segundos molares inferiores primarios de sexo masculino y los de sexo femenino ($p > 0,05$; Tabla 7.64).

Tabla 7.64. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del segundo molar inferior primario. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	<i>F</i>	p
Masculino	9	0,0360	1,31	0,240
Femenino	8			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; p, significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

La superposición de las *formas* medias de ambos grupos muestra las diferencias entre las mismas a nivel de la prominencia del margen lingual del molar, más marcado en los masculinos, así como en el desplazamiento de las cúspides y las fosas. Las cúspides vestibulares masculinas se sitúan contraídas hacia el interior del diente, mientras que las femeninas se posicionan más hacia el exterior. La fosa central de los masculinos se desplaza hacia el distal y la femeninas hacia el margen mesial (Figura 7.41).

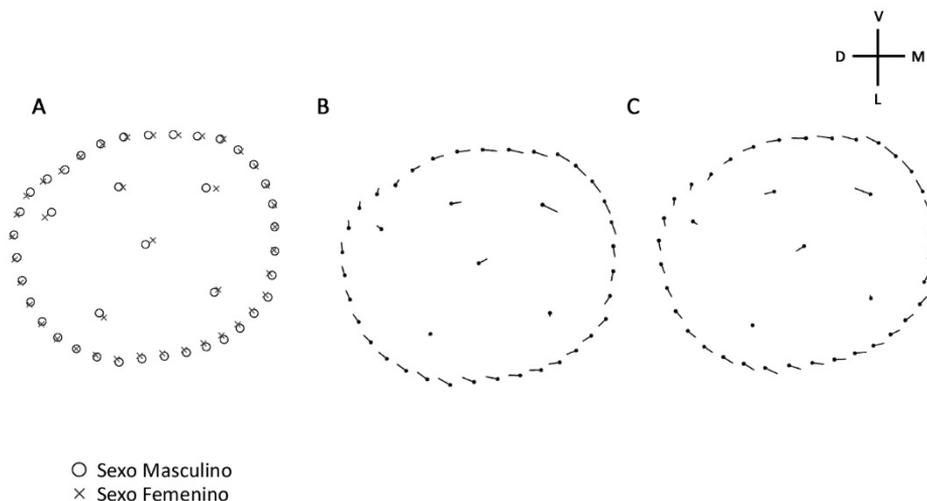


Figura 7.41. Formas medias del segundo molar inferior primario por sexo. A, superposición de las formas medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma femenina. C, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

A continuación se muestran los estadísticos descriptivos del tamaño del centroide para ambos sexos y sus resultados de la comparación de los mismos a través del de la t de Student, que muestra una diferencia no significativa ($p > 0,05$; Tabla 7.65).

Tabla 7.65. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo molar inferior primario, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	28,10	2,183	-0,034	-0,0331	15	0,973
Femenino	28,13	1,718				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El componente alométrico determina que el 4,34% de la morfología del segundo molar inferior primario se encuentra justificada por cambios de tamaño, y que dicho efecto no resulta significativo ($p>0,05$).

Los segundos molares inferiores que presentan el centroide de mayor tamaño corresponden a los de sexo masculino (TC=31,32) y al igual que los de pequeño tamaño (TC=24,79); no obstante, la diferencia entre los valores máximos y mínimos para ambos sexos es muy reducida (Figura 7.42).

Los premolares masculinos de pequeño tamaño son cuadrangulares y con las cúspides desplazadas hacia el margen vestibular del molar, mientras que los de gran tamaño son más angulados, con el surco de desarrollo distovestibular muy marcado, el margen mesial recto y con el polígono cuspidado centrado (Figura 7.42).

Los segundos molares inferiores son redondeados, poco angulados y con el polígono cuspidado amplio y centrado. Los grandes, en cambio, tienen el contorno de la cúspide distovestibular contraído y marcado, el margen lingual redondeado y el polígono cuspidado desplazado hacia el margen vestibular del diente (Figura 7.42).

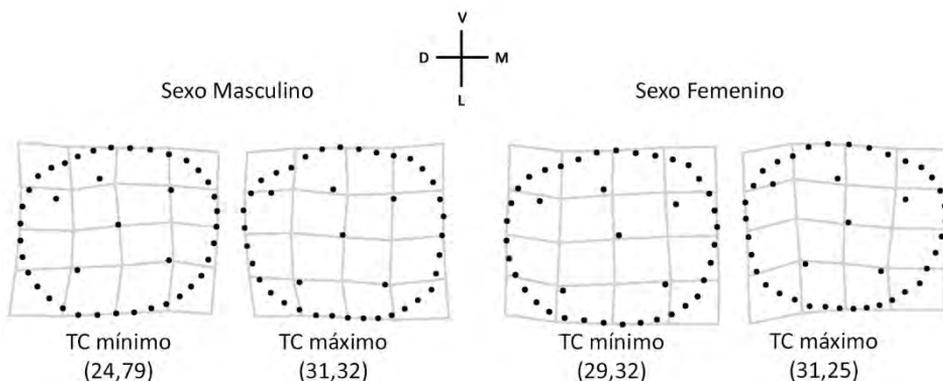


Figura 7.42. Alometría del segundo molar inferior primario. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.2. Dentición permanente

7.5.2.1. Primer incisivo superior permanente

Los tres primeros componentes resultantes del análisis recogen más del 95% de la varianza del primer incisivo superior permanente (Tabla 7.66).

Los valores positivos del primer componente (53,26% de la varianza) muestran una morfología de la línea amelocementaria muy pronunciada y muy estrecha. Los valores negativos, en cambio, muestran líneas amplias y con una curvatura menos marcada. Es la grilla de deformación de los valores negativos del primer componente la que presenta mayores diferencias respecto al resto de las formas explicadas (Figura 7.43).

El segundo componente (37,95% de la varianza), en su dirección positiva describe incisivos con la línea amelocementaria cerrada y curvada. Las líneas de los valores negativos también son cerradas y muy arqueadas; presentan, además la mitad vestibular muy curvada y sinuosa (Figura 7.43).

Tabla 7.66. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–3) del primer incisivo superior permanente

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	3,86157E-03	53,26%	53,26%
2	2,75151E-03	37,95%	91,21%
3	4,05984E-04	5,60%	96,81%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

Al interpretar los resultados del primer incisivo superior es necesario tener en cuenta el pequeño tamaño muestral, que limita la explicación de la distribución de los individuos en el gráfico de dispersión obtenido del análisis de componentes principales.

Los individuos masculinos se encuentran dispersos por la región central, pero en su mayoría en la mitad negativa del primer componente y en ambas del segundo. Los dos individuos femeninos se encuentran en la dirección positiva del primer componente, pero en puntos extremos del segundo; de modo que, ambos presentan una morfología curvada de la línea amelocementaria (Figura 7.43).

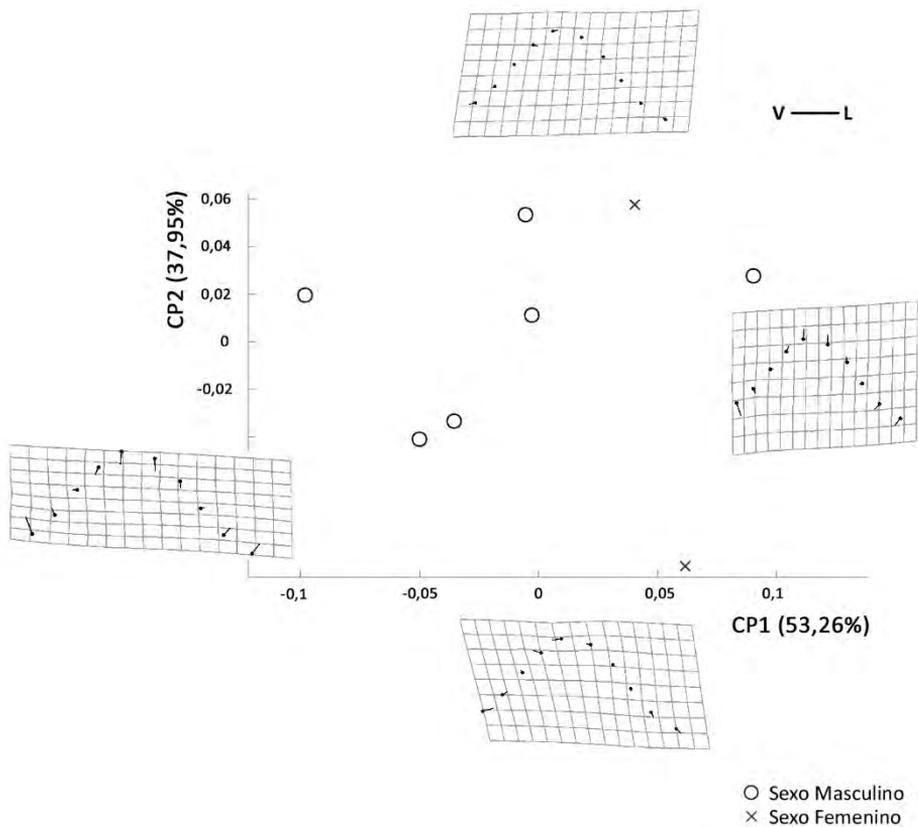


Figura 7.43. Análisis de componentes principales de la *forma* del primer incisivo superior permanente y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual.

Debido al pequeño tamaño muestral del primer incisivo superior permanente no ha sido posible llevar a cabo análisis discriminantes ni de comparación de los grupos. Por esta misma razón el estudio del componente alométrico se ha realizado de forma conjunta para ambos sexos (Figura 7.44).

El efecto alométrico explica que el 5,98% de la morfología del primer incisivo superior se encuentra justificada por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo ($p > 0,05$). Los incisivos de menor tamaño (TC=6,18) presentan una línea amelocementaria estrecha, curvada y con la mitad vestibular más corta que la lingual. Los de mayor tamaño (TC=7,31) tienen la línea más amplia y más simétrica (Figura 7.44).

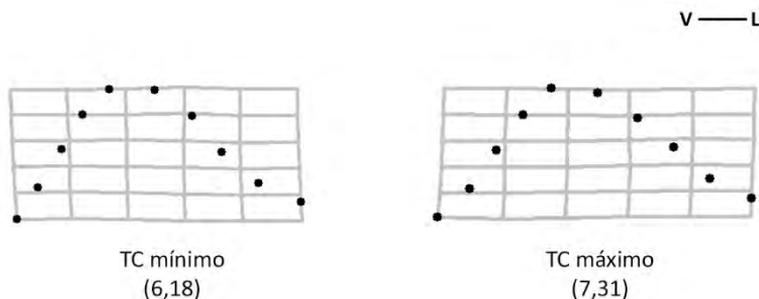


Figura 7.44. Alometría del primer incisivo superior permanente. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual.

7.5.2.2. Segundo incisivo superior permanente

Debido a la pequeña muestra presente de segundos incisivos superiores permanentes (N=2) ha sido imposible realizar ningún tipo de análisis de los mismos.

7.5.2.3. Canino superior permanente

Los tres primeros componentes del canino superior explican más del 95% de la varianza (Tabla 7.67.).

Los valores positivos del primer componente principal (77,64% de la varianza) muestran líneas amelocementarias de la superficie vestibular de morfología pronunciada y estrecha, con una posición del extremo vestibular más cercano al ápice de la raíz que el extremo distal. Los valores negativos, en cambio, muestran una morfología más ancha, suave y lineal (Figura 7.45).

El segundo componente principal, que explica un porcentaje de la varianza muy inferior (16,45% de la varianza), en su dirección positiva muestra líneas estrechas, arqueadas y con una curvatura de la mitad lingual vencida hacia el ápice de la raíz. La dirección negativa expone, también, líneas arqueadas pero con la mitad lingual curvada hacia el borde incisal de la corona del diente (Figura 7.45).

Tabla 7.67. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–3) del canino superior

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00624471	77,64%	77,64%
2	0,0013233	16,45%	94,09%
3	0,00032122	3,99%	98,08%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

El punto de partida del gráfico de dispersión del análisis de componentes principales del canino superior es el pequeño tamaño muestral del que se dispone (N=10).

Los individuos masculinos se encuentran dispersos a lo largo de ambos componentes principales, tanto en sus direcciones negativas como en las positivas. Con los individuos femeninos ocurre exactamente lo mismo, se encuentran dispersos por todo el gráfico, de modo que no pueden ser asociados con ninguna de las morfologías representadas por las grillas de deformación (Figura 7.45).

Al igual que ocurría con el primer incisivo superior permanente, el número de caninos superiores es muy restringido; tampoco ha sido posible la aplicación de análisis discriminantes. Esta misma limitación en el tamaño de la muestra ha impedido el estudio del componente alométrico por sexo, por lo que se ha realizado de manera conjunta (Figura 7.45).

En el canino superior permanente el efecto alométrico explica que el 2,04% de la morfología del diente está justificada por cambios de tamaño y que dicho cambio no resulta significativo ($p>0,05$). Tanto los incisivos de menor tamaño (TC=6,81) como los de mayor tamaño (TC=9,09) presentan una línea amelocementaria similar: curvada y homogénea (Figura 7.46).

La única diferencia es el ligero desplazamiento de la angulación de la línea de los caninos pequeños hacia el margen vestibular, mientras que en los grandes se mantiene centrada (Figura 7.46).

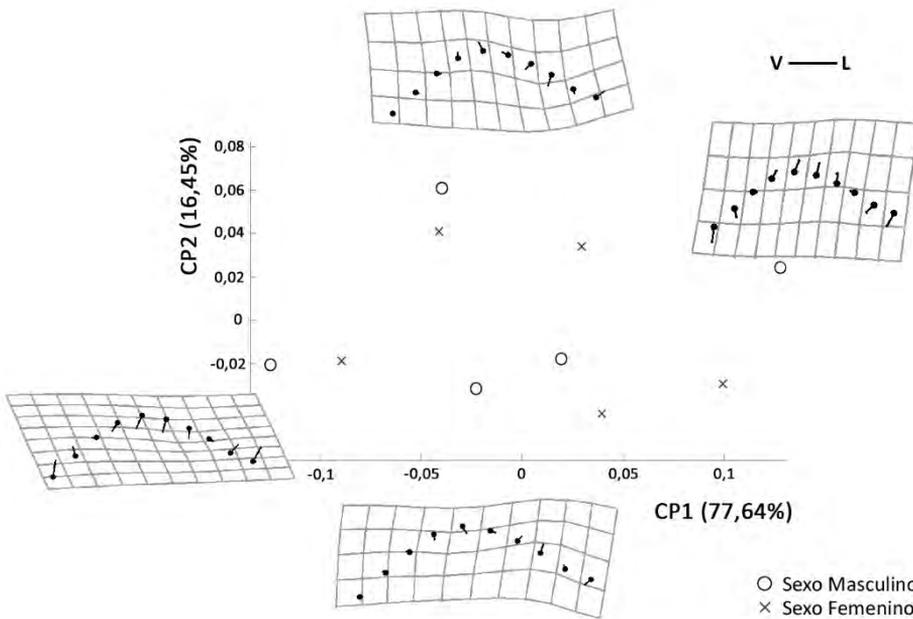


Figura 7.45. Análisis de componentes principales de la *forma* del canino superior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual.

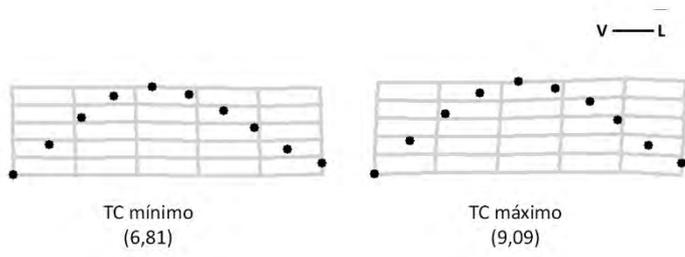


Figura 7.46. Alometría del canino superior permanente. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual.

7.5.2.4. Primer premolar superior

Los dos primeros componentes principales de primer premolar superior explican el 44,66% del total de la varianza (Tabla 7.68 y Figura 7.47). Los valores negativos del primer componente principal (29,31% de la varianza) detallan premolares con cúspides cercanas al surco de desarrollo y con una localización mesiolingual, al igual que las fosas. La cúspide bucal se encuentra muy separada del margen bucal, y la lingual muy cercana al margen mesial. La fosa mesial se sitúa por encima del eje del surco de desarrollo mesial, al contrario que la fosa distal que se localiza por debajo. El margen distal se muestra prominente, mientras que el lingual tiende a aplanarse. Los valores positivos del primer componente exhibe las cúspides cercanas a los márgenes bucal y lingual, respectivamente. En este caso es la fosa distal la que se encuentra por encima del eje del surco de desarrollo y el margen distal aplanado. El segundo componente principal (15,35% de la varianza), en sus valores positivos, muestra premolares con una tendencia a la unión entre la cúspide bucal y las fosas. El margen mesial se presenta ligeramente más convexo en los premolares de los valores negativos que en los positivos. La cúspide bucal se encuentra más cercana al margen bucal en los positivos que los negativos (Figura 7.47).

Tabla 7.68. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–16) del primer premolar superior

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	6.413290E-04	29,31%	29,31%
2	3.359740E-04	15,35%	44,66%
3	2.205590E-04	10,08%	54,74%
4	1.762230E-04	8,05%	62,79%
5	1.296500E-04	5,92%	68,72%
6	1.109460E-04	5,07%	73,79%
7	8.697750E-05	3,97%	77,76%
8	7.296610E-05	3,33%	81,09%
9	6.468890E-05	2,96%	84,05%
10	5.866850E-05	2,68%	86,73%
11	4.823250E-05	2,20%	88,94%
12	4.356670E-05	1,99%	90,93%
13	2.935750E-05	1,34%	92,27%
14	2.746630E-05	1,26%	93,52%
15	2.488870E-05	1,14%	94,66%
16	2.303780E-05	1,05%	95,71%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

En el análisis de componentes principales los individuos se localizan mayoritariamente en los valores positivos del primer componente y de forma igualitaria a lo largo del segundo (Figura 7.47). No se observa una separación entre grupos, ni una *forma* predominante que diferencie al sexo femenino del masculino. Tan solo se puede determinar que las formas con menos frecuencia son las de los valores negativos del eje x, premolares con cúspides cercanas al surco de desarrollo y localizadas mesiodistalmente; así como el extremo negativo del eje y, premolares simétricos y con poca variación con respecto a la *forma* consenso. El individuo que más se aleja de la *forma* consenso es el que se encuentra localizado en el extremo negativo del primer componente principal.

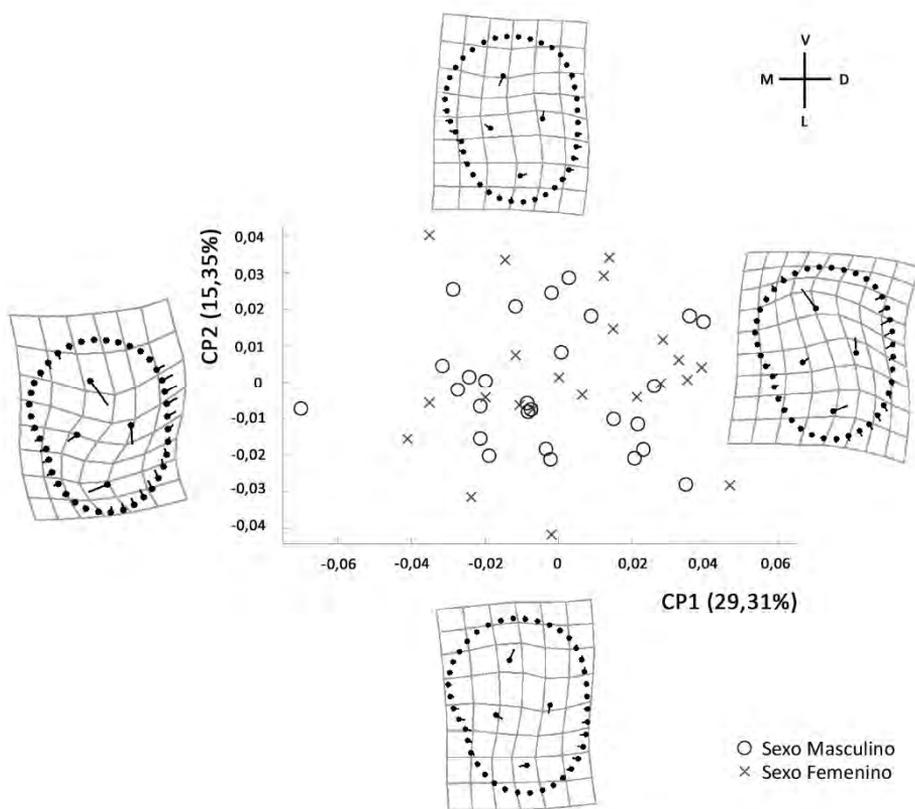


Figura 7.47. Análisis de componentes principales de la *forma* del primer premolar superior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

La distribución de los individuos en el análisis de variables canónicas no muestra una clara distribución por sexo (Figura 7.48). No obstante, los individuos de sexo masculino tienen una mayor presencia en los valores positivos, que presentan premolares con la cúspide bucal cercana al surco de desarrollo y las fosas con una localización más centralizada. Los de sexo femenino, en cambio, están más representados en el lado negativo, premolares con la cúspide bucal muy cercana al margen bucal, la cúspide lingual muy cercana al margen lingual y las fosas cercanas a las márgenes mesial y distal respectivamente. Otra diferencia es la localización de los *semilandmarks* del margen distobucal con respecto a la *forma* de referencia: desplazamiento hacia la zona externa para los individuos de la dirección positiva de la variable canónica y hacia la zona interna para los de la dirección negativa.

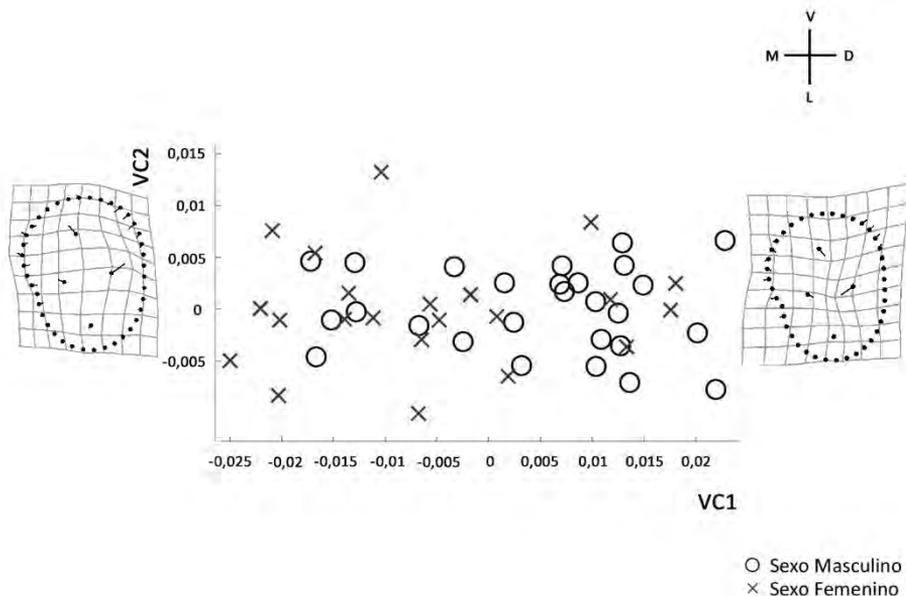


Figura 7.48. Análisis de variables canónicas de la *forma* del primer premolar superior y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 1,5). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

El análisis discriminante que se muestra en la Tabla 7.69 y realizado con las variables de *forma*, muestra una proporción de correcta clasificación muy superior si se emplea el método de clasificación de las variables originales

(75,5%) que con el método de la validación cruzada (57,1%). En ambos casos los individuos de sexo masculino son clasificados con mayor acierto que los femeninos. La inclusión de las variables de tamaño en el análisis no supone grandes cambios; el método basado en variables originales aumenta ligeramente su fiabilidad a un 77,6% y en la validación cruzada solo implica el aumento al 59,2% con respecto a las variables de *forma*. La prueba de la Lambda de Wilks demuestra que en ninguno de los casos, ya sea solo *forma* o *forma* y tamaño, las variables no tienen valor discriminante ($p > 0,05$; Tabla 7.69).

Tabla 7.69. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del primer premolar superior permanente

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
					Masculino		Femenino		Total	
	F	Sig.	λ	Sig.	N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	1,170	0,115	0,687	0,376	19/27	70,4	18/22	81,8	37/49	75,5
VC					16/27	59,3	12/22	54,5	28/49	57,1
<i>F + T</i>										
OR	1,067	0,132	0,678	0,387	20/27	74,1	18/22	81,8	38/49	77,6
VC					14/27	51,9	15/22	68,2	29/49	59,2

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

La comparación de las medias de las *formas* se ha llevado a cabo mediante un test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones, con la ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$; Tabla 7.70).

Tabla 7.70. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del primer premolar superior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
Masculino	27	0,0121	0,81	0,566
Femenino	22			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

En la Figura 7.49 se muestra la superposición de las *formas* medias de los primeros premolares superiores. Se aprecian las principales diferencias en la cúspide vestibular, más próxima a dicho margen en los femeninos, en la fosa distal, también más cercana a su margen en los femeninos y en el margen distobucal, ligeramente más prominente en los masculinos.

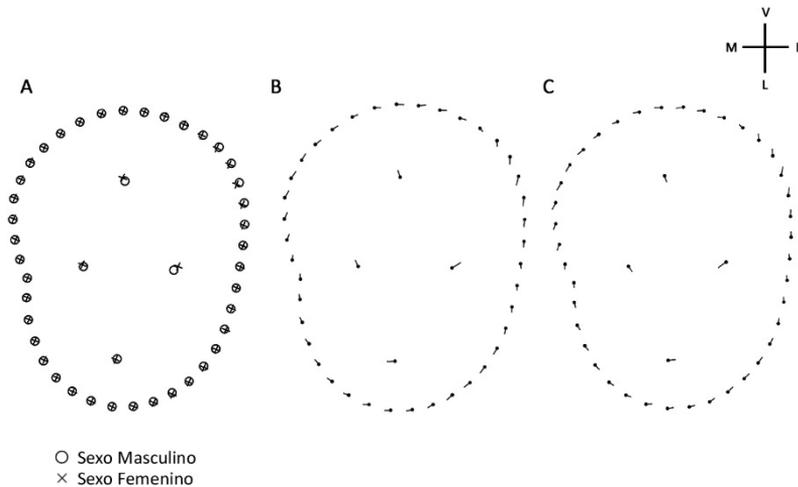


Figura 7.49. Formas medias del primer premolar superior por sexo. A, superposición de las *formas* medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* femenina. C, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

A continuación se exponen estadísticos descriptivos del tamaño del centroide para ambos sexos y los resultados de la comparación de los mismos a través de la t de Student, que muestra una diferencia estadísticamente no significativa ($p > 0,05$; Tabla 7.71).

Tabla 7.71. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer premolar superior, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroides		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	26,10	3,807	1,440	1,316	47	0,156
Femenino	24,78	2,163				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de $*p \leq 0,05$, $**p \leq 0,01$, $***p \leq 0,001$.

El efecto alométrico refleja que solo el 2,04% de la morfología del primer premolar superior se encuentra justificada por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo ($p > 0,05$).

Los premolares que presentan el centroide de mayor tamaño corresponden a los de sexo masculino (TC=41,72) y los de menor tamaño a los femeninos (TC=19,33).

En los premolares masculinos con mayor tamaño de centroide se caracterizan por tener un margen mesial más profundo y el distal más aplanado; el polígono formado por las cúspides y fosas se encuentra más desplazado hacia el margen distolingual. Los masculinos de pequeño tamaño son simétricos, de contornos redondeados, y con las cúspides y fosas centradas (Figura 7.50).

Los premolares femeninos de mayor tamaño muestran un margen mesial profundo y el distal aplanado, pero tan solo en la mitad vestibular; las cúspides presentan una localización centrada. Los premolares femeninos de pequeño tamaño son más angulares, con mayor separación entre fosas y con las cúspides cercanas al margen mesial. La unión de los márgenes entre sí da lugar a unos ángulos más redondeados en los grandes que en los de pequeño tamaño (Figura 7.50).

Tanto en los primeros premolares de sexo femenino como en los de sexo masculino destaca la concavidad de la superficie mesial, punto de contacto con la corona del canino.

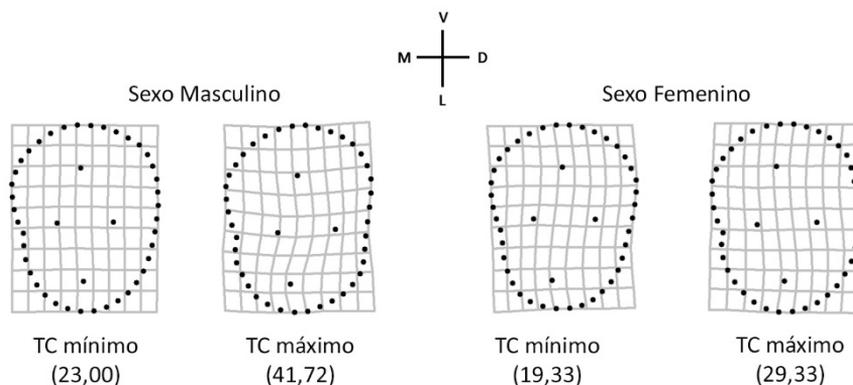


Figura 7.50. Alometría del primer premolar superior. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.2.5. Segundo premolar superior

Entre el primer y el segundo componente principal explican el 30,56% de la varianza del segundo premolar (17,17% de la varianza) superior (Tabla 7.72 y Figura 7.51). La dirección positiva del primer componente muestra premolares con la cúspide bucal próxima a dicho margen y con la lingual cercana al margen distal. Ambas fosas, que delimitan el surco de desarrollo central de la superficie oclusal de los premolares, se sitúan hacia los bordes vestibular y distal. La mitad superior del margen distal se muestra aplanada, contrastando con la prominencia de la mitad inferior junto con el margen lingual. En los valores negativos del primer componente destaca la prominencia del margen distal y el desplazamiento del margen lingual hacia el interior del diente con respecto a la *forma* de referencia. El borde mesial presenta un ligero pronunciamiento, siendo más marcado en la mitad inferior. El segundo componente principal (13,39% de la varianza) representa premolares simétricos; la dirección positiva de la negativa tan solo se diferencia en la prominencia del margen vestibular de los valores negativos con respecto a los positivos y en la localización de la cúspide lingual (Figura 7.51).

Tabla 7.72. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–17) del segundo premolar superior

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	9,23503E+00	17,17%	17,17%
2	7,19826E+00	13,39%	30,56%
3	6,00064E+00	11,16%	41,72%
4	5,52966E+00	10,28%	52,00%
5	4,82278E+00	8,97%	60,97%
6	3,87398E+00	7,20%	68,17%
7	3,10319E+00	5,77%	73,94%
8	1,97418E+00	3,67%	77,61%
9	1,91884E+00	3,57%	81,18%
10	1,88305E+00	3,50%	84,68%
11	1,41392E+00	2,63%	87,31%
12	1,16168E+00	2,16%	89,47%
13	8,30657E-01	1,54%	91,02%
14	7,58909E-01	1,41%	92,43%
15	7,11385E-01	1,32%	93,75%
16	5,82945E-01	1,08%	94,84%
17	4,38667E-01	0,82%	95,65%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

Los premolares masculinos se localizan a lo largo de todo el primer componente principal y en los valores negativos cercanos a 0 y a lo largo de toda la dirección positiva del segundo componente, salvo un individuo que se localiza en el extremo negativo. Esta dispersión tan amplia da lugar a premolares masculinos de diversa forma, salvo la que muestra la dirección negativa del segundo componente principal, en la que apenas hay individuos de dicho sexo. Este mismo resultado se repite con los individuos femeninos; sin embargo, éstos muestran una localización mayoritaria en el centro de los ejes de coordenadas, salvo algunos individuos que se localizan en el extremo de los valores negativos del segundo componente (Figura 7.51).

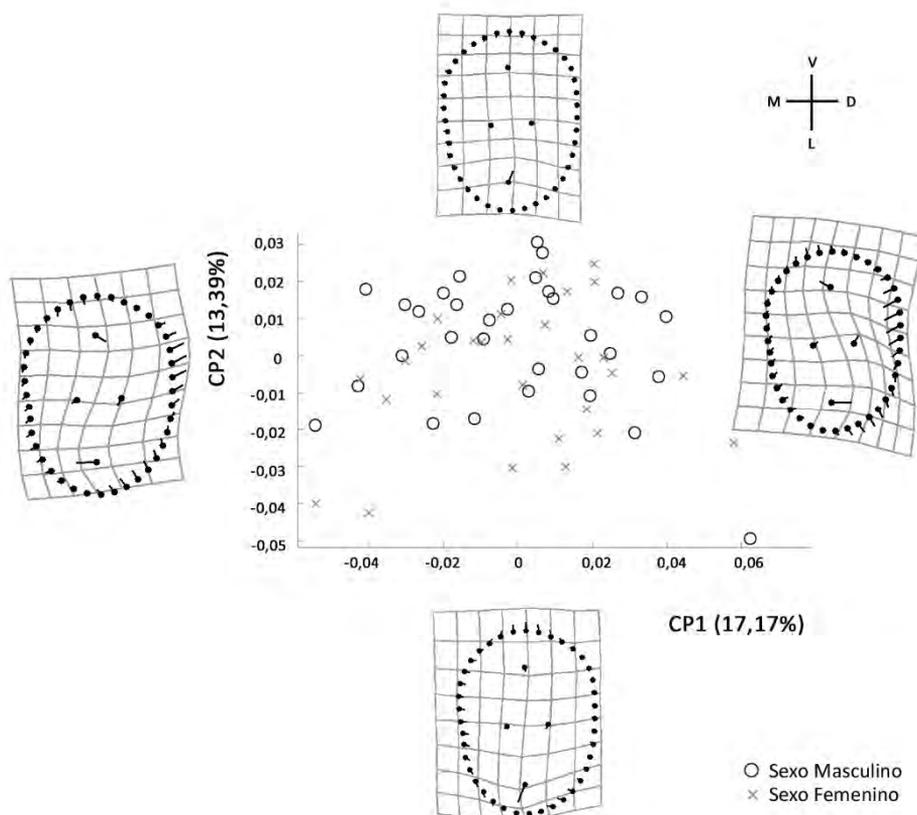


Figura 7.51. Análisis de componentes principales de la *forma* del segundo premolar superior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

La dispersión resultante del análisis de variables canónicas muestra un solapamiento de ambos grupos en los valores positivos de la única variable canónica (Figura 7.52). La gran mayoría de los individuos femeninos se localizan en la dirección positiva de la variable canónica: premolares simétricos, de contornos redondeados y con la fosa distal localizada en la zona central de la superficie oclusal, cercana a la fosa mesial, dando lugar a un surco de desarrollo de corto recorrido. Los premolares masculinos, en cambio, se localizan a lo largo de toda la variable canónica, aunque su presencia es mayor en torno al valor cero y en la dirección negativa, la cual se corresponde con premolares simétricos y con la fosa distal cercana al margen distal, dando lugar a un surco de desarrollo largo y que cruza la mayor parte de la superficie oclusal (Figura 7.52).

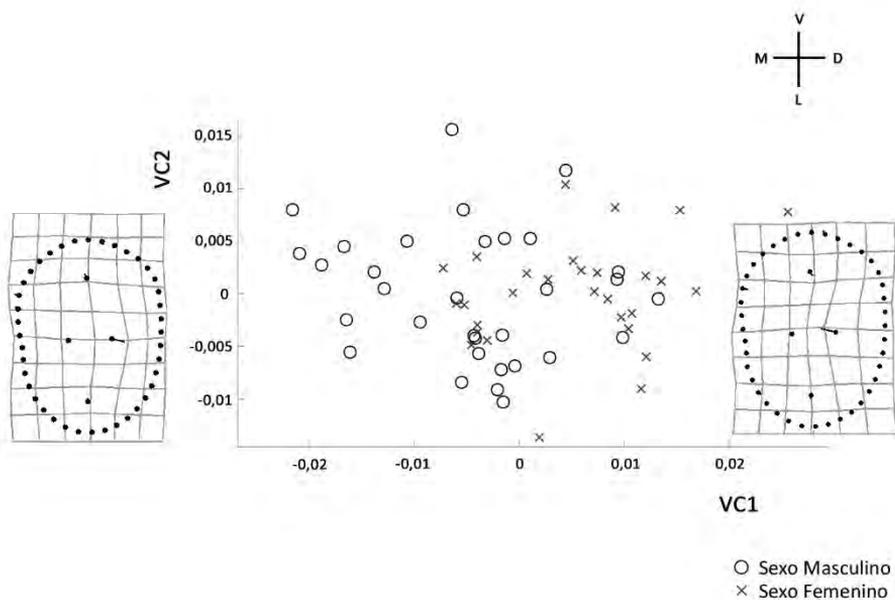


Figura 7.52. Análisis de variables canónicas de la *forma* del segundo premolar superior y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 1,5). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

Los porcentajes de asignación varían, de nuevo, en función del método empleado (Tabla 7.73). Los porcentajes de acierto obtenidos de las variables originales son mayores y muy aceptables (83,6%); los de la validación cruzada, en cambio, son más bajos (63,9%). Al comparar los resultados obtenidos para cada uno de los grupos se aprecian clasificaciones muy similares para ambos

métodos. El número de masculinos correctamente asignados es mayor; no obstante, los femeninos ofrecen mayor fiabilidad debido a su menor tamaño muestral. Si junto a las variables de *forma* se analiza el tamaño, no se produce ningún cambio en los resultados para ninguno de los dos métodos empleados.

El resultado de la M de Box, resulta estadísticamente significativa tanto si incluye el tamaño del centroide como si no ($p < 0,05$). Lo mismo ocurre con la prueba de la Lambda de Wilks, que no muestra diferencias significativas ($p > 0,05$), y por lo tanto las variables carecen de poder discriminante.

Tabla 7.73. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del segundo premolar superior permanente

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
					Masculino		Femenino		Total	
	F	Sig.	λ	Sig.	N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	1,201	0,05*	0,656	0,060	26/32	81,3	25/29	86,6	51/61	83,6
VC					20/32	62,5	19/29	65,5	39/61	63,9
<i>F + T</i>										
OR	1,245	0,02*	0,654	0,060	26/32	81,3	25/29	86,6	51/61	83,6
VC					19/32	59,4	18/29	62,1	37/61	60,7

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

El contraste de hipótesis para la diferencia entre medias se ha llevado a cabo con el test de remuestreo que prueba, que no existen diferencias significativas entre las *formas* de los premolares de sexo masculino y los de sexo femenino ($p > 0,05$; Tabla 7.74). En la Figura 7.53 se muestra la superposición de dichas *formas* medias en las que se aprecian diferencias en ambas cúspides y en la fosa distal, más cercana a mesial en los individuos de sexo femenino que en los masculinos. La comparación de los centroides de cada uno de los dos grupos tampoco ofrece diferencias significativas en el tamaño de los mismos ($p > 0,05$) (Tabla 7.75).

Tabla 7.74. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del segundo premolar superior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
Masculino	32	0,0129	1,16	0,290
Femenino	29			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

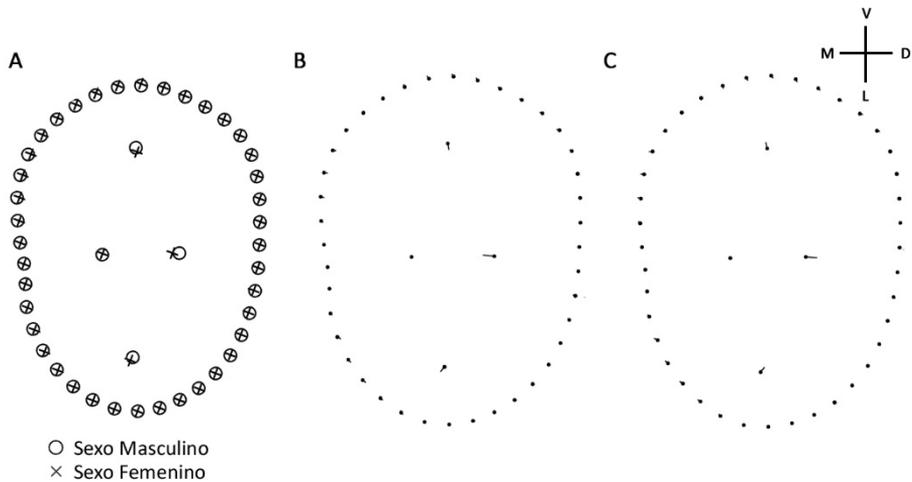


Figura 7.53. Formas medias del segundo premolar superior por sexo. A, superposición de las formas medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma femenina. C, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal

Tabla 7.75. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo premolar superior, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	25,60	2,126	0,600	0,335	59	0,551
Femenino	25,20	2,224				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El efecto alométrico indica que el 1,59% de la morfología del segundo premolar superior se encuentra justificada por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo ($p > 0,05$).

Los premolares que presentan el centroide de mayor tamaño corresponden a los de sexo masculino (TC=30,59) y los de menor tamaño a los femeninos (TC=20,60); no obstante, la diferencia entre los valores máximos y mínimos para ambos sexos es muy pequeña (Figura 7.54).

Los segundos premolares masculinos, con mayor tamaño de centroide, son redondeados y con el polígono formado por las cúspides y las fosas centrado; los márgenes mesial y distal son aplanados, mientras que el vestibular y el lingual son curvados. Los segundos premolares masculinos, de pequeño tamaño, tienen las cúspides cercanas a sus respectivos márgenes; la superficie distal es aplanada mientras que la mesial presenta una concavidad en la zona media. La principal diferencia entre ambos extremos en el tamaño es la *forma* estrecha y alargada de los pequeños frente a la de los grandes, que es más ancha y redondeada (Figura 7.54).

Los segundos premolares femeninos de mayor tamaño muestran un contorno estrecho y alargado, con la ligera presencia de la concavidad de la superficie mesial, con el margen lingual más prominente en su mitad mesial y la cúspide lingual cercana a dicho margen. Los pequeños tienen un contorno redondeado y simétrico, con el polígono formado por las cúspides y fosas centrado. En el caso de los femeninos, al contrario que los masculinos, son los de mayor tamaño los que presentan un contorno más alargado y estrecho, mientras que los pequeños son más redondeados y simétricos (Figura 7.54).

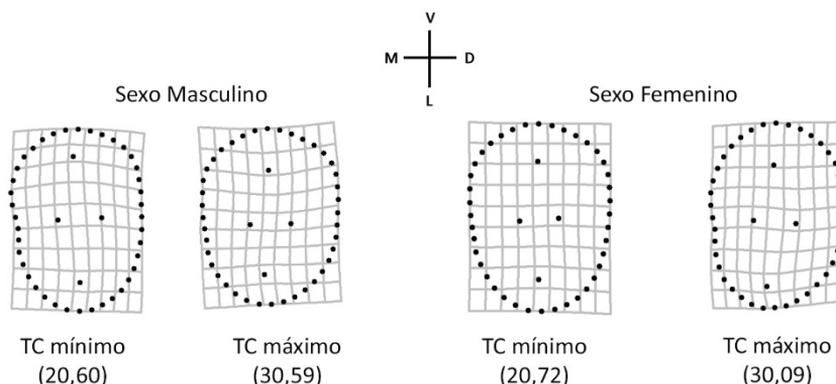


Figura 7.54. Alometría del segundo premolar superior. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.2.6. Primer molar superior

Los dos primeros componentes del primer molar superior explican el 39,79% de la varianza (Tabla 7.76). La dirección positiva del primer componente principal (25,52% de la varianza) muestra molares con el polígono cuspídeo cerrado, destacando la cercanía de la cúspide mesiovestibular a dicho margen, a la vez que la fosa central se encuentra muy cercana a esta misma cúspide con respecto a la *forma* de referencia. El contorno que reflejan estos valores positivos muestra el borde de la cúspide mesiovestibular muy pronunciado, junto con el de la cúspide distolingual en menor medida y al contrario que los de las cúpides distovestibular y mesiolingual, que se encuentran más contraídos. Los valores negativos, en cambio, muestran un polígono cuspídeo amplio y con el ápice de las cúpides cercanos a sus correspondientes márgenes. Los bordes de las cúpides mesiovestibular y distolingual se encuentran reducidos con respecto a la *forma* consenso, y en este caso, son los dos de las cúpides distovestibular y mesio lingual los que son más pronunciados. El segundo componente principal (14,27%) presenta menos grado de deformación a lo largo del eje y, debido a que refleja menor cantidad de varianza (Figura 7.55).

Tabla 7.76. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–16) del primer molar superior

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	7,47376E-04	25,52%	25,52%
2	4,17833E-04	14,27%	39,79%
3	3,79338E-04	12,95%	52,74%
4	3,04390E-04	10,39%	63,13%
5	1,66048E-04	5,67%	68,80%
6	1,44541E-04	4,94%	73,74%
7	1,41507E-04	4,83%	78,57%
8	1,01536E-04	3,47%	82,04%
9	8,25650E-05	2,82%	84,85%
10	6,72844E-05	2,30%	87,15%
11	5,74307E-05	1,96%	89,11%
12	4,88212E-05	1,67%	90,78%
13	4,21696E-05	1,44%	92,22%
14	3,67165E-05	1,25%	93,47%
15	2,96160E-05	1,01%	94,48%
16	2,39645E-05	0,82%	95,30%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

Tantos los individuos de sexo masculino como los de sexo femenino se localizan mayoritariamente en la mitad superior del gráfico de dispersión sin una clara separación entre sexos. Los individuos masculinos se ubican de *forma* uniforme a lo largo del eje del primer componente principal y en su mayor parte, en los valores positivos del segundo, que refleja formas similares a la *forma* consenso. Los de sexo femenino se sitúan principalmente en torno al valor 0, tanto para el primer componente como para el segundo; no obstante, hay individuos aislados en los extremos que presentarían las formas más alejadas de las *forma* de referencia (Figura 7.55).

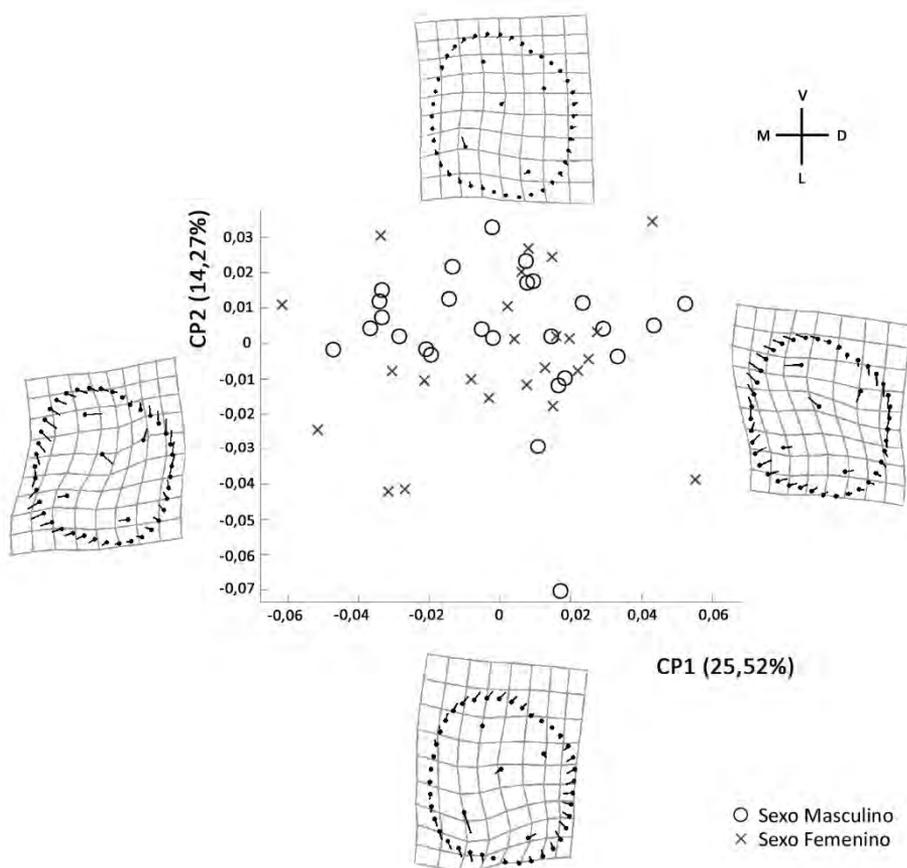


Figura 7.55. Análisis de componentes principales de la *forma* del primer molar superior permanente y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

La dispersión resultante del análisis de variables canónicas muestra solapamiento entre los grupos (Figura 7.56). La diferencia entre los grupos son los individuos que se localizan en los extremos de manera aislada. Los masculinos se localizan en los valores negativos, con un ligero desplazamiento de la cúspide mesiolingual hacia el centro de la superficie oclusal. Los femeninos, por el contrario, presentan individuos aislados en el extremo de la dirección positiva, caracterizados por tener la cúspide mesiolingual cercana a dicho margen.

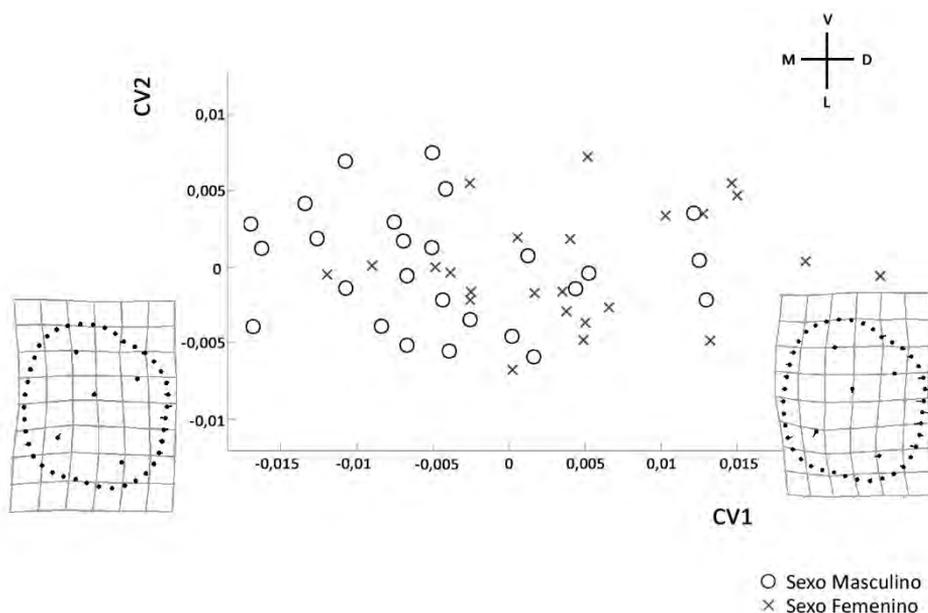


Figura 7.56. Análisis de variables canónicas de la *forma* del primer molar superior permanente y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 2). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

En la Tabla 7.77 se muestran los resultados del análisis discriminante para el primer molar superior. En primer lugar se detallan los valores para las variables de forma, con una fiabilidad de las variables originales (74,0%) que casi duplica al método de la validación cruzada (44,0%). Con el primer método los masculinos están mejor clasificados que los femeninos; sin embargo, con el segundo estos resultados se invierten. La inclusión del centroide en el análisis no supone cambios en la fiabilidad de los datos originales; en cambio, mediante la validación cruzada se produce un ligero ascenso hasta el 52,0% de acierto.

Tabla 7.77. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del primer molar superior permanente

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
	F	Sig.	λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
					N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	1,113	0,189	0,679	0,406	21/26	80,8	16/24	66,7	37/50	74,0
VC					10/26	38,5	12/24	50,0	22/50	44,0
<i>F+T</i>										
OR	1,140	0,129	0,655	0,391	21/26	80,8	16/24	66,7	37/50	74,0
VC					14/26	53,8	12/24	50,0	26/50	52,0

F, *forma*; *F+T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

El contraste de hipótesis para la diferencia entre medias se ha llevado a cabo mediante el test de remuestreo, que evidencia que no existen diferencias significativas entre los molares de sexo masculino y los de sexo femenino ($p > 0,05$; Tabla 7.78). La superposición de las *formas* consenso de ambos sexos muestra las pocas diferencias que se desprenden entre ellas (Figura 7.57). Tan solo se observan discrepancias en las cúspides mesiovestibular y distolingual, que en el caso de los individuos de sexo femenino se encuentran ligeramente desplazadas hacia el margen mesial con respecto a los masculinos. En el contorno de la cúspide mesiolingual también se aprecia como el margen de ésta es sutilmente más pronunciado en los molares masculinos que en los femeninos.

Tabla 7.78. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del primer molar superior permanente. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	<i>F</i>	Sig.
Masculino	26	0,0121	0,62	0,781
Femenino	24			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

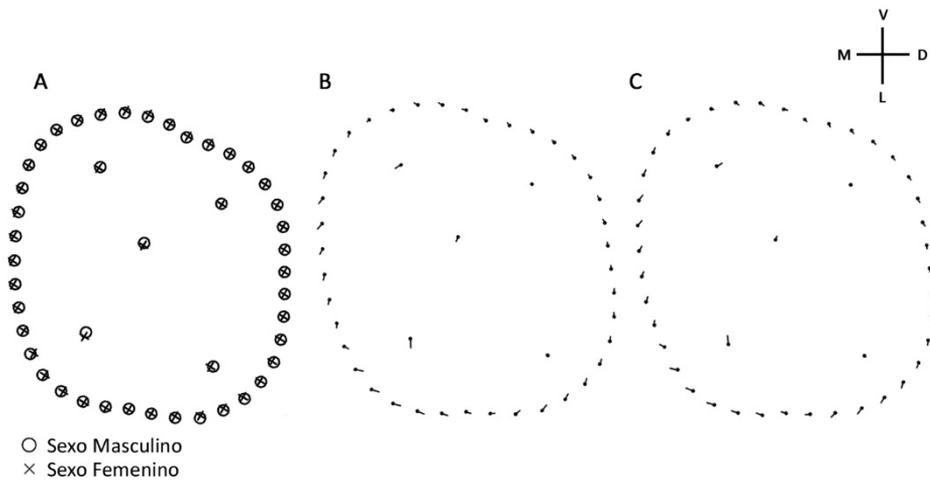


Figura 7.57. Formas medias del primer molar superior permanente por sexo. A, superposición de las formas medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma femenina. C, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

Seguidamente se exponen los estadísticos descriptivos del tamaño del centroide para ambos sexos, así como los resultados de la comparación de los mismos a través de la t de Student, que muestra una diferencia no significativa en las medias de los tamaños del centroide de sexo masculino y los de sexo femenino ($p > 0,05$; Tabla 7.79). Destaca el mayor tamaño medio del centroide de los individuos femeninos con respecto a los masculinos.

Tabla 7.79. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer molar superior permanente, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroides		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	34,99	2,263	0,186	0,132	48	0,853
Femenino	35,13	2,769				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El componente alométrico refleja que el 4,07% de la variación morfológica del primer molar superior se encuentra justificada por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo ($p > 0,05$).

En el caso del primer molar destaca que el tamaño máximo del centroide femenino (TC=40,59) sea ligeramente mayor al del masculino (TC=39,74); en cuanto al tamaño mínimo del centroide, el de sexo femenino (TC=27,63) es menor que el masculino (TC=30,63). De este modo, los primeros molares de tamaño del centroide grande pertenecen tanto a individuos femeninos como masculinos, pero los que tienen un tamaño del centroide por debajo de 30,63 con únicamente de sexo femenino (Figura 7.58).

Los molares masculinos de tamaño grande presentan un polígono cuspeado centrado, un contorno redondeado pero sin prominencias destacadas. Los molares pequeños muestran una *forma* romboidal más marcada y el margen de la cúspide mesiovestibular más prominente (Figura 7.58).

Los molares femeninos grandes presentan una *forma* romboidal muy acentuada, frente a los pequeños que son mucho más cuadrados. Esta acentuación está provocada por la prominencia del borde de la cúspide mesiovestibular y la reducción de la mesiolingual (Figura 7.58).

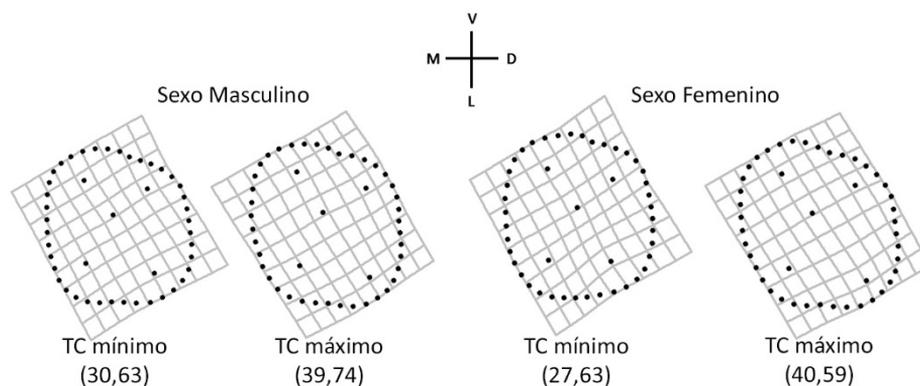


Figura 7.58. Alometría del primer molar superior. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.2.7. Segundo molar superior

Los 2 primeros componentes principales del segundo molar superior explican el 52% de la varianza acumulada (Tabla 7.80). Los valores positivos del primer componente (34,62% de la varianza) describen molares con las cúspides vestibulares y la fosa central desplazadas hacia el margen mesial con respecto a la *forma* de referencia; al contrario que la cúspide mesiolingual que se desplaza hacia el margen distal (Figura 7.59). Muestran, a su vez, un contorno sinuoso y con la prominencia de los márgenes de las cúspides mesiovestibular y distolingual, mientras que la mesiolingual describe un margen rectilíneo. Los valores negativos, por el contrario muestran las cúspides vestibulares y la fosa central desplazadas hacia el margen distal con respecto a la *forma* de referencia; la cúspide mesiolingual que se desplaza hacia el margen mesial. El contorno de las formas de los valores negativos es menos angulado y, en este caso es la cúspide mesiolingual la que muestra una ligera prominencia. En el segundo componente principal (17,71% de la varianza) destaca el desplazamiento de la cúspide mesiolingual mesiovestibularmente con respecto a la *forma* de referencia en los valores positivos, mientras que en los negativos se desplaza distolingualmente (Figura 7.59).

Tabla 7.80. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–15) del segundo molar superior

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00111592	34,62%	34,62%
2	0,00057084	17,71%	52,34%
3	0,00029745	9,23%	61,56%
4	0,00025738	7,99%	69,55%
5	0,00018449	5,72%	75,27%
6	0,0001442	4,47%	79,75%
7	0,00010133	3,14%	82,89%
8	8,79E-05	2,73%	85,62%
9	7,11E-05	2,21%	87,83%
10	5,98E-05	1,86%	89,68%
11	5,72E-05	1,77%	91,46%
12	4,85E-05	1,51%	92,96%
13	3,45E-05	1,07%	94,03%
14	3,01E-05	0,93%	94,96%
15	2,22E-05	0,69%	95,65%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

El gráfico de dispersión muestra una amplia superposición de individuos a lo largo de los dos componentes principales (Figura 7.59). Los individuos masculinos se localizan mayoritariamente en el centro del gráfico y con algunos individuos en el extremo positivo del primer componente. Los femeninos, igualmente lo hacen en el centro del gráfico y en este caso lo más extremos lo hacen en la dirección negativa del primer componente principal.

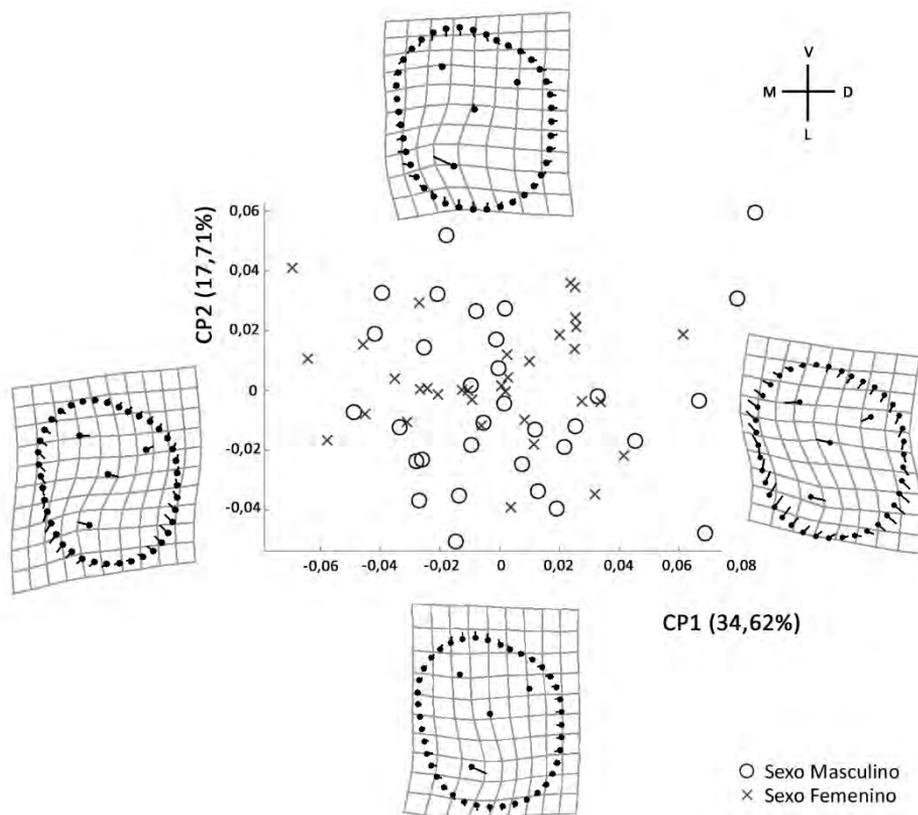


Figura 7.59. Análisis de componentes principales de la *forma* del segundo molar y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

El gráfico de dispersión muestra una amplia superposición de individuos (Figura 7.60). Los valores positivos de la variable canónica muestran molares homogéneos, destacado el desplazamiento de la cúspide mesiolingual, con respecto a la *forma* de referencia, hacia el margen mesiobucal. La dirección negativa, por el contrario, muestra el desplazamiento de la misma cúspide hacia

el margen lingual. A pesar de la superposición los individuos masculinos tienen más presencia en los valores negativos de la variable canónica, con un desplazamiento de la cúspide mesiolingual hacia el margen lingual del molar, mientras que los femeninos lo hacen a lo largo de la dirección positiva, con un desplazamiento de la cúspide mesiolingual hacia el margen mesiobucal.

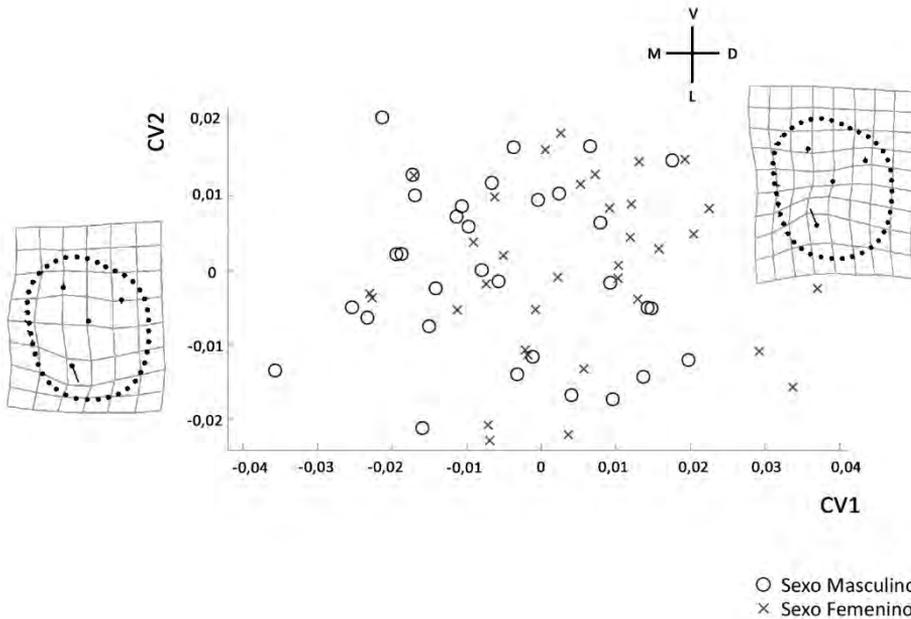


Figura 7.60. Análisis de variables canónicas de la *forma* del segundo molar superior y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 1,5). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal. La variable canónica resulta significativa ($p < 0.05$).

La tabla 7.81 muestra los resultados de los análisis discriminantes para el segundo molar superior. El test M de Box corrobora la asunción de que existe una homogeneidad entre la matrices de varianza–covarianza de ambos grupos ($p > 0,05$), independientemente de si en el análisis se incluye o no la variable de tamaño. En primer lugar se muestran los resultados basados en las variables de *forma*, con un porcentaje de acierto superior si se realiza el análisis a través de las variables originales (68,2%) que si se hace a través del método de la validación cruzada (56,1%). A través del método de las variables originales, la clasificación por sexos es muy similar: 68,8% para los masculinos y 67,6% para los femeninos. Con la validación cruzada los individuos femeninos (58,8%) se clasifican

ligeramente mejor que los masculinos (53,1%). La inclusión del tamaño del centroide supone un descenso en la correcta asignación de individuos con ambos métodos, de tan solo 1 individuo en la clasificación total.

Tabla 7.81. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del segundo molar superior permanente

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
	F	Sig.	λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
					N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	1,165	0,106	0,743	0,334	22/32	68,8	23/34	67,6	45/66	68,2
VC					17/32	53,1	20/34	58,8	37/66	56,1
<i>F + T</i>										
OR	1,155	0,106	0,696	0,200	21/32	65,6	23/34	67,6	44/66	66,7
VC					19/32	59,4	17/34	50,0	36/66	54,5

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

La existencia de diferencia entre medias se ha llevado a cabo mediante el test de remuestreo, que prueba que no existen diferencias significativas entre los segundos molares superiores permanentes de sexo masculino y los de sexo femenino ($p > 0,05$; Tabla 7.82). Igualmente, la *t* de Student también muestra que no existen diferencias en el tamaño del centroide entre ambos sexos (Tabla 7.83).

En la superposición de las *formas* consenso del segundo molar permanente de individuos de ambos sexos se observan diferencias en la localización de la cúspide mesiolingual, más cercana al margen lingual en los femeninos y más alejada en los individuos masculinos. Se aprecia, también, una sutil diferencia en el margen mesial y en el contorno de las cúspides distolingual y mesiovestibular, en los que individuos masculinos se desplazan hacia la línea media, mientras que en los femeninos lo hacen hacia el margen distal. Las cúspides vestibulares muestran, a su vez, el ligero desplazamiento de los masculinos hacia el mismo margen (Figura 7.61).

Tabla 7.82. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del segundo molar superior permanente. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
Masculino	32	0,0131	0,87	0,478
Femenino	34			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

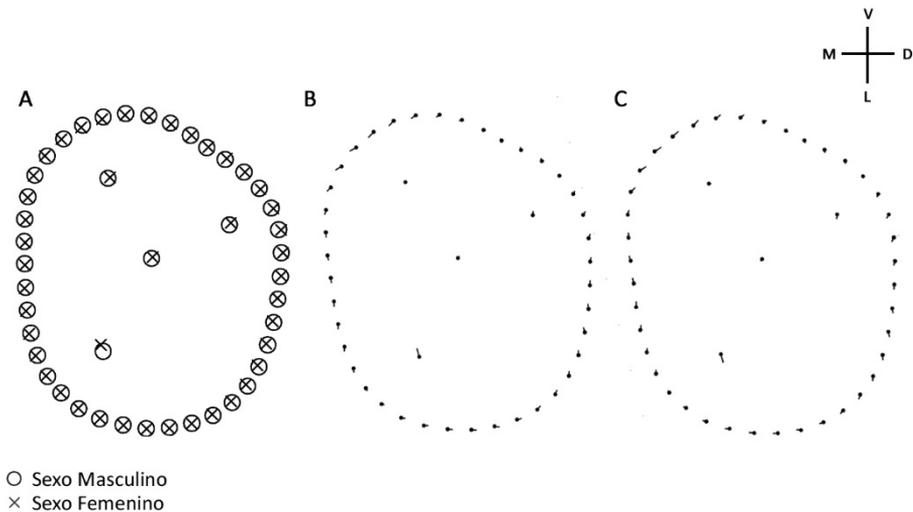


Figura 7.61. Formas medias del segundo molar superior por sexo. A, superposición de las *formas* medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* femenina. C, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5).

Tabla 7.83. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo molar superior permanente, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	34,50	2,500	1,438	1,009	64	0,155
Femenino	33,49	3,161				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El efecto alométrico del segundo molar superior permanente explica que el 3,02% de la morfología se encuentra justificada por cambios de tamaño y que dicho efecto resulta significativo ($p < 0,05$).

Los molares que presentan el centroide de mayor tamaño corresponden al sexo masculino (TC=41,32) y los de menor tamaño al femenino (TC=27,51; Figura 7.62).

Los segundos molares superiores masculinos con mayor tamaño de centroide tienen los contornos angulados y son más anchos que los de pequeño tamaño. Destaca la prominencia del margen de las cúspides mesiovestibular y distovestibular y la concavidad del margen vestibular. El margen mesial es más rectilíneo y prolongado que el distal, debido al realce del contorno de la cúspide mesiolingual, del que carece la distolingual. Los segundos molares superiores masculinos de pequeño tamaño son de contorno menos sinuoso y más homogéneo. No se observa la prominencia detallada en los de gran tamaño, pero si, al contrario que éstos, destacan por el marcado margen de la cúspide distolingual. Tanto los segundos molares masculinos superiores masculinos grandes como los pequeños muestran el mismo esquema morfológico para el patrón cuspídeo (Figura 7.62).

Los segundos molares femeninos de mayor tamaño muestran márgenes más sinuosos y marcados que los pequeños. Destaca la prominencia del margen de la cúspide mesiolingual. Los pequeños tienen un contorno redondeado y simétrico. Tanto los segundos molares superiores femeninos grandes como los pequeños muestran el mismo esquema morfológico para el patrón cuspídeo (Figura 7.62).

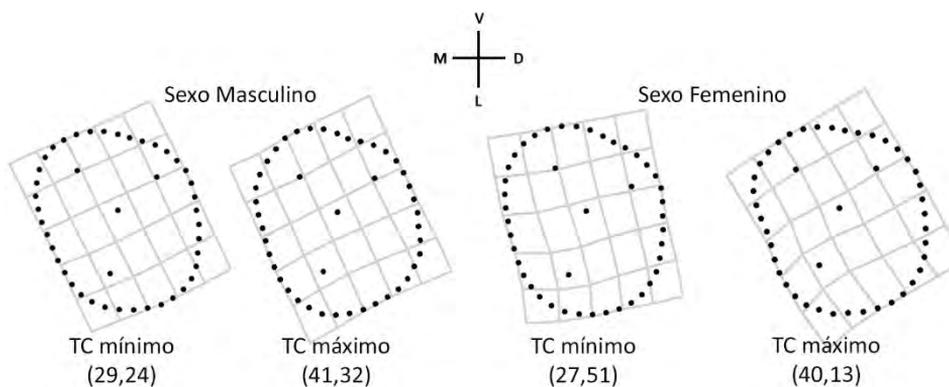


Figura 7.62. Alometría del segundo molar superior. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.2.8. Tercer molar superior

Los dos primeros componentes del tercer molar superior explican el 61,82% de la varianza (Tabla 7.84). Los valores positivos del primer componente principal (42,77% de la varianza) describen molares con las cúspides vestibulares y la fosa central desplazadas hacia el margen mesial; la cúspide mesiolingual, en cambio, se encuentra desplazada hacia el margen distal con respecto a la *forma* consenso (Figura 7.63). Detallan, a su vez, un contorno sinuoso y con la prominencia de los márgenes de las cúspides mesiovestibular y distolingual, mientras que las cúspides mesiolingual y distovestibular tiene los márgenes contraídos, dando lugar, por lo tanto, a márgenes rectilíneos. Los valores negativos, al contrario, exhiben las cúspides vestibulares y la fosa central desplazadas hacia el margen distal con respecto a la *forma* de referencia; la cúspide mesiolingual se desplaza hacia el margen mesial. El contorno de las *formas* de los valores negativos muestra, en este caso, la prominencia en los márgenes de las cúspides mesiolingual y distovestibular y la contracción de la mesiovestibular y distolingual. El segundo componente principal (19,05% de la varianza) muestra, en comparación con el primero, contornos menos sinuosos (Figura 7.63). Los valores positivos muestran la contracción de los márgenes mesial y distal dando lugar a terceros molares estrechos, con las cúspides vestibulares y la fosa central hacia el margen mesial y la cúspide mesiovestibular hacia el margen lingual. Los valores negativos, en cambio, describen terceros molares anchos con las cúspides vestibulares y la fosa central hacia el margen distal y la cúspide mesiovestibular hacia el margen vestibular.

Tabla 7.84. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–10) del tercer molar superior permanente

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00194493	42,77%	42,77%
2	0,00086627	19,05%	61,82%
3	0,0006386	14,04%	75,86%
4	0,00026253	5,77%	81,63%
5	0,00021151	4,65%	86,28%
6	0,00015742	3,46%	89,75%
7	9,52E-05	2,09%	91,84%
8	6,32E-05	1,39%	93,23%
9	5,91E-05	1,30%	94,53%
10	5,00E-05	1,10%	95,63%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

El gráfico de dispersión muestra una amplia intercalación de individuos a lo largo de los dos componentes principales (Figura 7.63).

Los individuos masculinos se localizan mayoritariamente en los valores positivos del primer componente y en los negativos del segundo. Los femeninos, lo hacen en el centro del primer componente principal y a lo largo de todo el segundo componente.

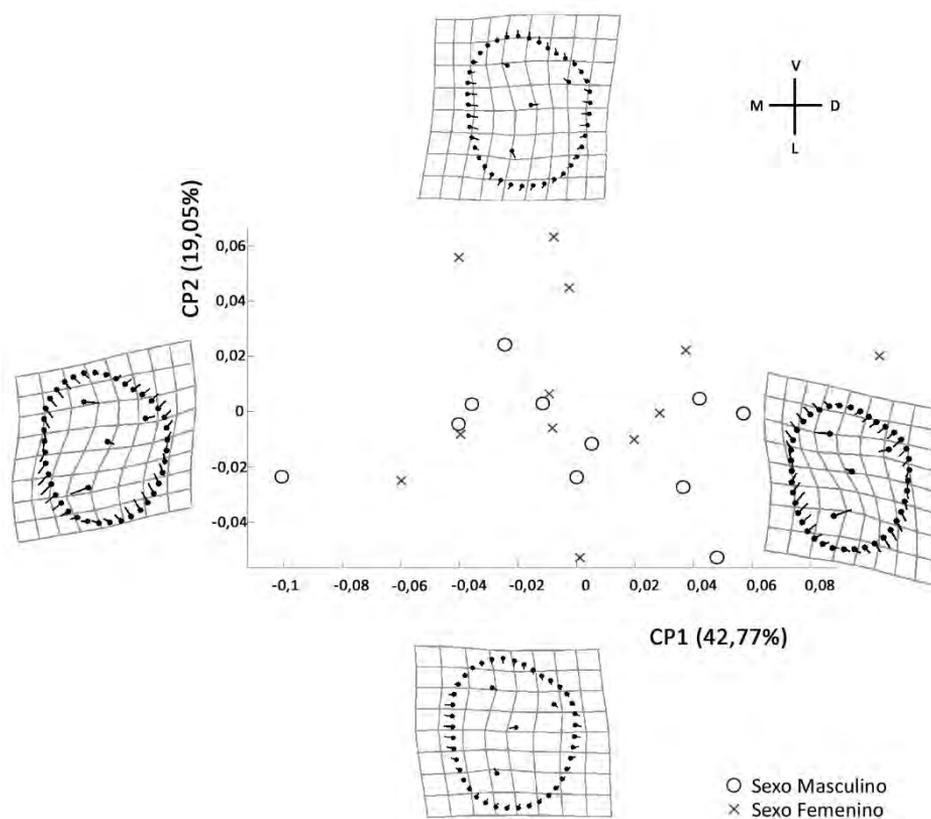


Figura 7.63. Análisis de componentes principales de la *forma* del tercer molar superior permanente y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

Los resultados de la superposición de individuos del análisis de variables canónicas se exponen en la Figura 7.64. Los valores positivos de la variable canónica describen terceros molares con las cúspides vestibulares desplazadas hacia el surco vestibular y la cúspide mesiolingual desplazada hacia el margen mesial con respecto a la *forma* consenso. El margen vestibular presenta una marcada concavidad, el mesial una prominencia importante y el lingual la reducción del mismo. La dirección negativa, en cambio, muestra la concavidad en el margen mesial de los terceros molares superiores y la prominencia en el vestibular. En este caso, las cúspides vestibulares se encuentran desplazadas hacia su respectivo margen y la cúspide mesiolingual hacia la superficie lingual. Los individuos masculinos tienden a situarse en su mayoría en los valores positivos de la variable canónica, y los femeninos aparecen en la dirección negativa. Tanto el contorno de la cúspide mesiovestibular como el de la distolingual mantienen la misma *forma* que la de referencia en ambas direcciones del eje x.

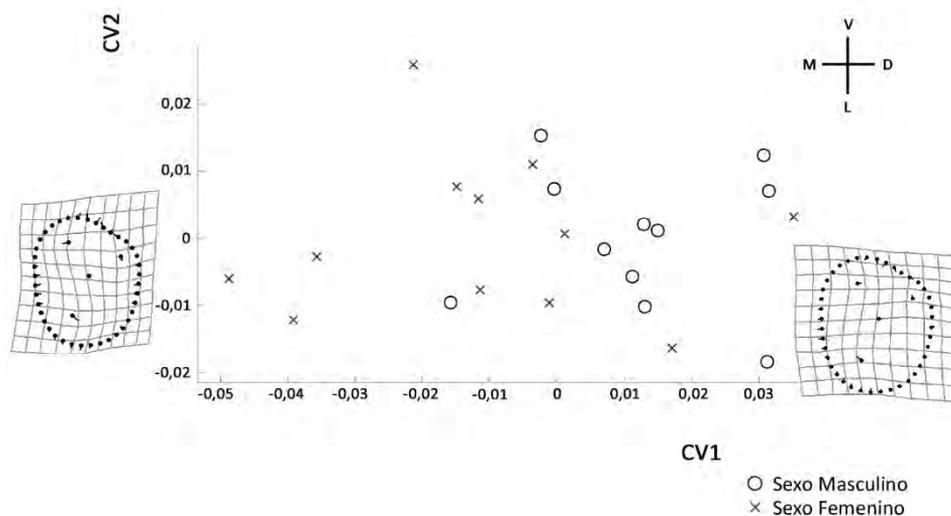


Figura 7.64. Análisis de variables canónicas de la *forma* del tercer molar superior permanente y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 1.5). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

La fiabilidad de la *forma* y de la *forma* y el tamaño del tercer molar superior como clasificatoria en función del sexo se detalla en la Tabla 7.85. La clasificación por sexo basada en las variables originales ofrece un porcentaje de

acierto del 60,9%, con el mismo número de aciertos para cada grupo. El método de la validación cruzada ofrece valores más limitados (52,2%) y son los femeninos (58,3%) mejor clasificados que los masculinos (45,5%). La introducción del tamaño del centroide en el análisis solo supone un descenso en la clasificación mediante el método de la validación cruzada. El test de la Lambda de Wilks determina que ninguna de las variables tiene poder discriminante y ofrece el mismo valor en ambas opciones ($p > 0,05$; Tabla 7.85).

Las diferencias entre las *formas* medias se ha llevado a cabo mediante el test de remuestreo que prueba, que no existen diferencias significativas entre los sexos ($p > 0,05$; Tabla 7.86).

En la Figura 7.65 se recoge la superposición de las *formas* medias de los terceros molares superiores masculinos y femeninos. Se aprecian discrepancias en la localización de las cúspides vestibulares, más centradas en el sexo masculino que en el femenino, así como en la cúspide mesiolingual, desplazada hacia el margen mesial en los masculinos. A su vez cabe destacar el margen mesial más cerrado de los femeninos, mientras que en los masculinos es más prominente; al contrario que el margen vestibular que es más prominente en mujeres que en hombres.

Los resultados de la comparación del tamaño del centroide de los grupos a través de la t de Student tampoco muestran diferencias ($p > 0,05$; Tabla 7.87).

Tabla 7.85. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del tercer molar superior permanente

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
					Masculino		Femenino		Total	
	F	Sig.	λ	Sig.	N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR					7/11	63,3	7/12	58,3	14/23	60,9
VC	1,138	0,237	0,888	0,511	5/11	45,5	7/12	58,3	12/23	52,2
<i>F + T</i>										
OR					7/11	63,3	7/12	58,3	14/23	60,9
VC	1,391	0,179	0,888	0,508	5/11	45,5	6/12	50,0	11/23	47,8

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

Tabla 7.86. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del tercer molar superior permanente. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
Masculino	11	0,0250	0,78	0,521
Femenino	12			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

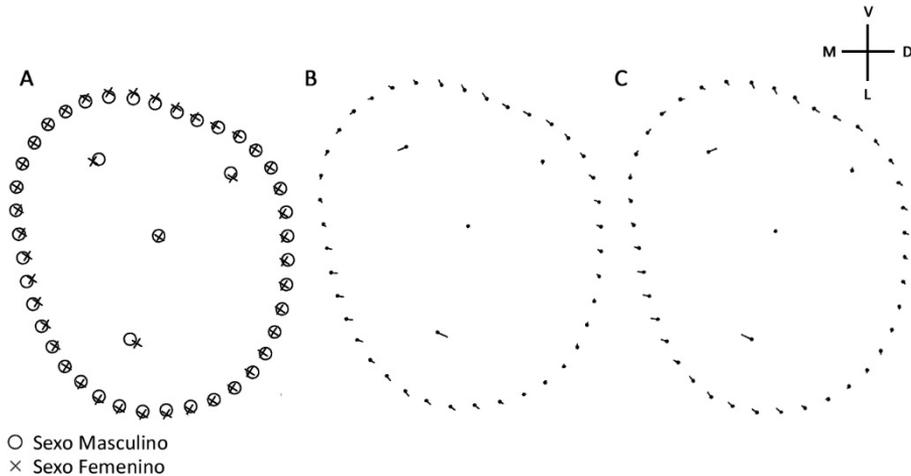


Figura 7.65. Formas medias del tercer molar superior permanente por sexo. A, superposición de las *formas* medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* femenina. C, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la *forma* masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

Tabla 7.87. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del tercer molar superior permanente, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	31,38	2,650	-0,535	-0,628	21	0,598
Femenino	31,99	2,950				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El componente alométrico explica que el 4,59% de la variación morfológica del tercer molar superior se encuentra justificada por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo ($p < 0,05$).

Los molares masculinos de mayor tamaño (TC=36,89) son ligeramente superiores a los de mayor tamaño femenino (TC=36,30), al igual que ocurre con los de tamaño mínimo masculinos (TC=28,38) y los femeninos (TC=36,30).

Los molares grandes de tamaño masculino presentan un polígono cuspídeo alargado linguovestibularmente, una morfología alta y estrecha y un contorno de la cúspide mesiovestibular prominente. Los pequeños por el contrario son anchos, de contorno muy redondeado y con las cúspides vestibulares a la misma altura, debido a la poca prominencia de la cúspide mesiovestibular (Figura 7.66).

Los molares femeninos presentan una *forma* más similar entre los de tamaño mínimo y máximos ambos tiene un prominente margen de la cúspide mesiovestibular y los márgenes mesial y distal rectilíneos (Figura 7.66). No obstante, el polígono cuspídeo junto con la fosa central tiende a desplazarse hacia el margen distal en los pequeños y se mantienen centrados en los grandes, así como se aprecia una concavidad en el margen vestibular más marcada en los pequeños.

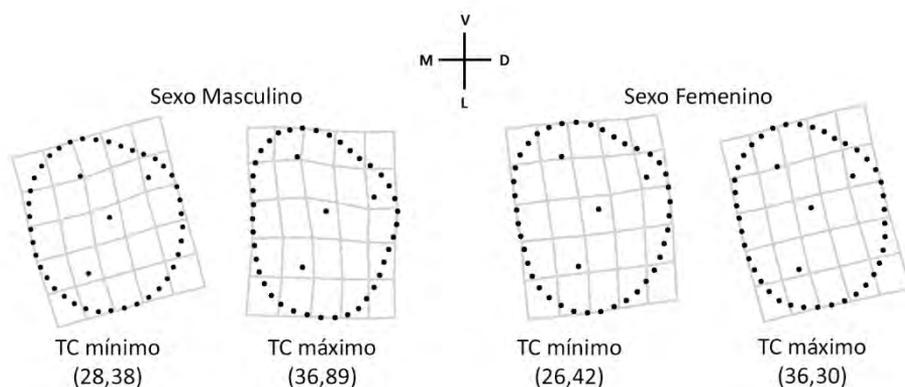


Figura 7.66. Alometría del tercer molar superior. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.2.9. Primer incisivo inferior

Los tres primeros componentes del primer incisivo inferior explican más del 95% de la varianza (Tabla 7.88).

Los valores positivos del primer componente principal (73,92% de la varianza) muestran líneas amelocementarias de *forma* estrecha y cerrada y de curvatura pronunciada. Los valores negativos, en cambio, muestran una morfología más abierta y expandida de la línea y con la curvatura más baja, de modo que le dan un aspecto más rectilíneo. El segundo componente principal (17,27% de la varianza) muestra en ambas direcciones del eje y formas curvadas, pronunciadas y sinuosas. Con ligeras diferencias en el extremo lingual de la línea, más bajo en la dirección positiva que el negativa, así como en la mitad vestibular de la misma (Figura 7.88).

Tabla 7.88. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–3) del primer incisivo inferior

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00466537	73,92%	73,92%
2	0,0010903	17,27%	91,19%
3	0,00045339	7,18%	98,37%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

Al interpretar los resultados del primer incisivo inferior es necesario tener en cuenta el pequeño tamaño muestral, que limita la explicación de la distribución de los individuos en el gráfico de dispersión obtenido del análisis de componentes principales.

Ambos individuos masculinos se localizan en los valores negativos del segundo componente; sin embargo, cada uno está a un extremo del primer componente. Igualmente los femeninos tampoco se localizan en una misma zona del gráfico de dispersión. Dos de ellos están en la dirección positiva del eje y negativa del eje x y el tercero al contrario, en la dirección negativa del eje y y positiva del x. Por todo ello, no es posible describir la morfología por sexo en relación a las deformaciones resultantes a lo largo de los ejes de cada uno de los componentes principales (Figura 7.67).

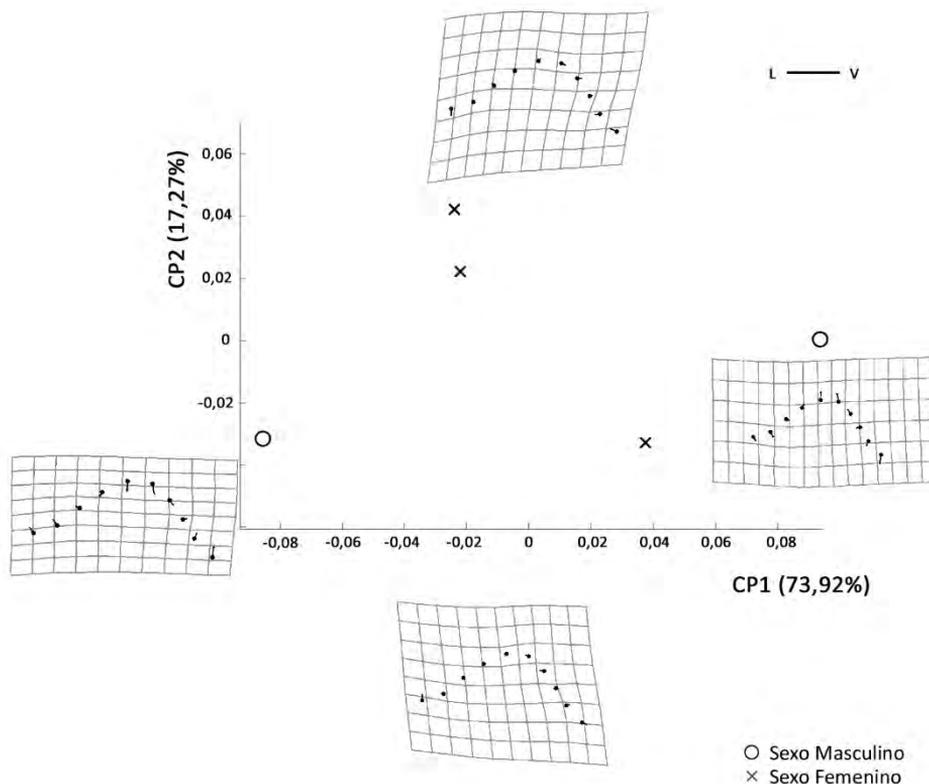


Figura 7.67. Análisis de componentes principales de la *forma* del primer incisivo inferior permanente y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual.

Debido al pequeño tamaño muestral del primer incisivo inferior permanente, el estudio del componente alométrico se ha realizado de forma conjunta para ambos sexos (Figura 7.68). El efecto alométrico explica que el 51,55% de la morfología del primer incisivo inferior se encuentra justificada por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo ($p > 0,05$).

Los incisivos de menor tamaño (TC=5,36) presentan una línea amelocementaria amplia y sinuosa, con la curvatura más pronunciada en la mitad vestibular. Los de mayor tamaño (TC=6,14) tienen la línea más cerrada y la curvatura más marcada.

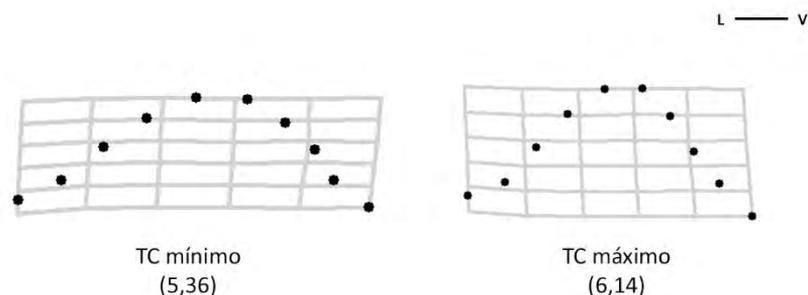


Figura 7.68. Alometría del primer incisivo inferior permanente. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.2.10. Segundo incisivo inferior

Los cuatro primeros componentes del segundo incisivo inferior permanente explican más del 95% de la varianza (Tabla 7.89).

Los valores positivos del primer componente principal, que explica el 74,72% de la varianza, describen líneas amelocementarias de morfología cerrada y con una curvatura muy marcada hacia el borde incisal del canino inferior. La dirección negativa, en cambio, muestra líneas mucho más rectilíneas, sin apenas curvatura y con una diferencia de altura entre el extremo vestibular y lingual de la línea menos acusada que en la dirección positiva (Figura 7.69).

El segundo componente principal (13,87% de la varianza) refleja las mayores diferencias entre los valores positivos y negativos en la mitad vestibular de la línea. La dirección positiva muestra que dicha mitad está curvada hacia el borde incisal del diente, mientras que la negativa desplaza la curvatura de forma contraria, hacia el ápice de la raíz del diente (Figura 7.69).

Tabla 7.89. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–4) del segundo incisivo inferior permanente

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00870484	74,72%	74,72%
2	0,00161595	13,87%	88,59%
3	0,00067763	5,82%	94,41%
4	0,00038888	3,34%	97,75%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

La mayoría de los individuos, sin diferenciar por sexo, se localizan en torno al valor 0 del eje x, por lo que presentan una línea de *forma* estrecha y muy curvada; solo un individuo se asocia con la *forma* rectilínea de la dirección negativa del primer componente (Figura 7.69).

Respecto al segundo componente principal se localizan principalmente en los valores positivos, de forma que la curvatura de la mitad lingual de la línea de los mismos se desplaza hacia el margen incisal del diente. El gráfico de dispersión muestra una localización de los individuos de sexo femenino en la región superior derecha, correspondiente a los valores positivos de ambos componentes, mientras que los masculinos lo hacen a lo largo de todo el primer componente y los negativos del segundo.

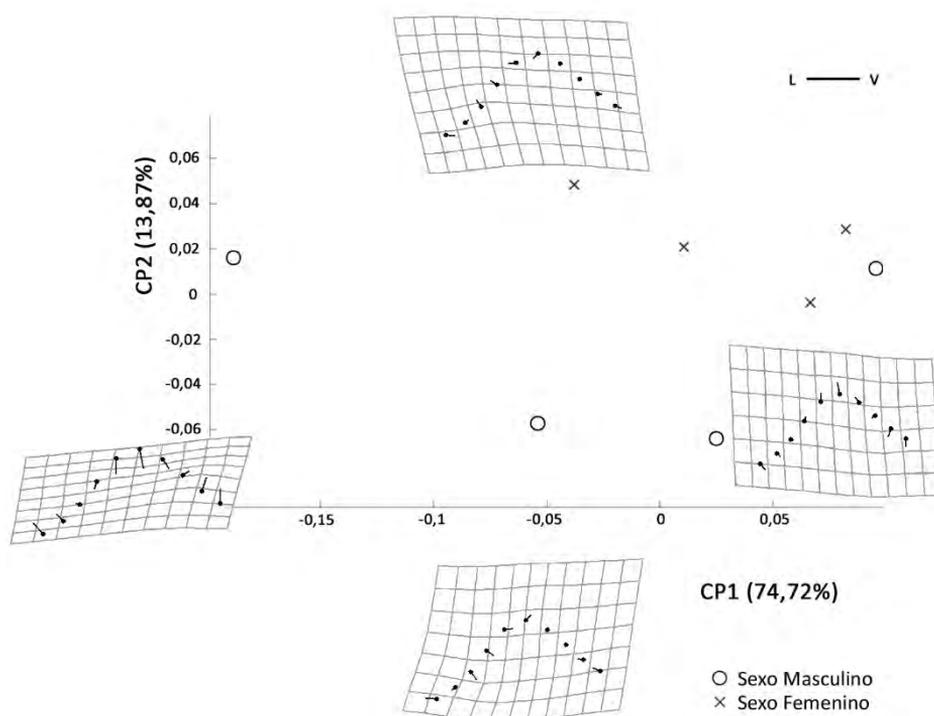


Figura 7.69. Análisis de componentes principales de la *forma* del segundo incisivo inferior permanente y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual.

Debido al pequeño tamaño muestral que se dispone del segundo incisivo inferior permanente, el estudio del componente alométrico se ha realizado de manera conjunta para ambos grupos (Figura 7.70). El efecto alométrico explica que el 45,52% de la morfología del segundo incisivo inferior se encuentra demostrada por cambios de tamaño y que dicho efecto resulta significativo ($p < 0,05$).

Los incisivos de menor tamaño (TC=5,27) presentan una línea amelocementaria amplia, con la curvatura más pronunciada en la mitad lingual, así como con la elevación del extremo de dicha mitad (Figura 7.70).

Los de mayor tamaño (TC=6,96) tienen la línea más curvada, estrecha y marcada; ambas mitades son rectilíneas, ninguna de ellas presenta curvaturas (Figura 7.70).

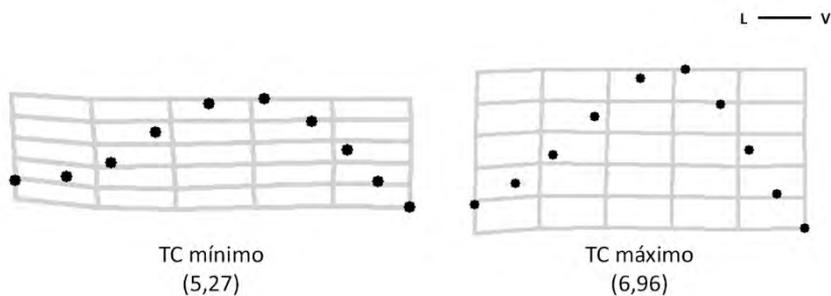


Figura 7.70. Alometría del segundo incisivo inferior permanente. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.2.11. Canino inferior

Los tres primeros componentes del canino inferior explican más del 95% de la varianza (Tabla 7.90).

Los valores positivos del primer componente principal (54,95% de la varianza) describen líneas amelocementarias de morfología estrecha y de marcada curvatura (Figura 7.71). Los valores de la dirección negativa, en cambio, muestran líneas muy rectilíneas, en las que apenas se marca la curvatura de la zona media de la línea. El segundo componente principal (23,19% de la varianza) describe, por el contrario, unas diferencias más sutiles a lo largo del mismo. La

dirección positiva detalla un desplazamiento de la curvatura hacia el margen vestibular, mientras que la negativa lo hace hacia el lingual. El extremo vestibular de la línea se encuentra más desplazado hacia el interior de la superficie mesial del canino, mientras que la negativa lo hace hacia el exterior. Igualmente el extremo lingual de la línea se localiza más desplazada hacia el margen lingual y el ápice de la raíz en los valores positivos, y hacia el margen vestibular e incisal de la corona en los negativos (Figura 7.71).

Tabla 7.90. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–3) del canino inferior permanente

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,0033098	54,95%	54,95%
2	0,00139647	23,19%	78,14%
3	0,00107147	17,79%	95,93%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

Al interpretar el gráfico de dispersión resultante del análisis de componentes principales es necesario tener en cuenta el pequeño tamaño muestral disponible de los caninos inferiores permanentes (Figura 7.71).

Los individuos se sitúan a lo largo de todo el primer componente, en la zona central del eje x; se encuentran de ambos sexos, mientras que en el extremo negativo solo femeninos y en el positivo solo masculinos. En el segundo componente principal los individuos se localizan a lo largo del mismo, sin una clara separación por sexos.

Debido al reducido tamaño muestral disponible, el análisis del factor alométrico de los caninos inferiores permanentes ha sido valorado unificando ambos grupos. En el caso de los caninos inferiores el efecto alométrico explica el 28,66% de la morfología del diente; se encuentra justificado por cambios de tamaño y dicho cambio no resulta significativo ($p > 0,05$). Al comparar la morfología de las líneas amelocementarias de máximo (TC=8,85) y mínimo tamaño (TC=6,60) se aprecia la similar morfología entre las mismas. Ambas son estrechas y curvadas; sin embargo, los de mayor tamaño presentan una ligera curvatura de la mitad lingual que no se aprecia en los de pequeño tamaño y que les diferencian (Figura 7.72).

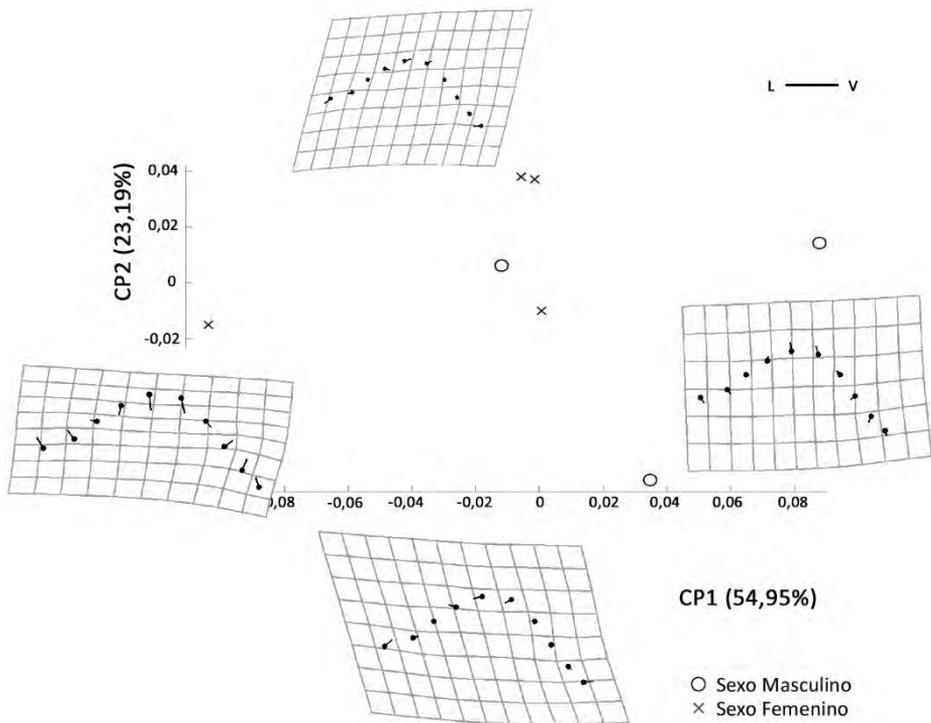


Figura 7.71. Análisis de componentes principales de la *forma* del canino inferior permanente y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual.

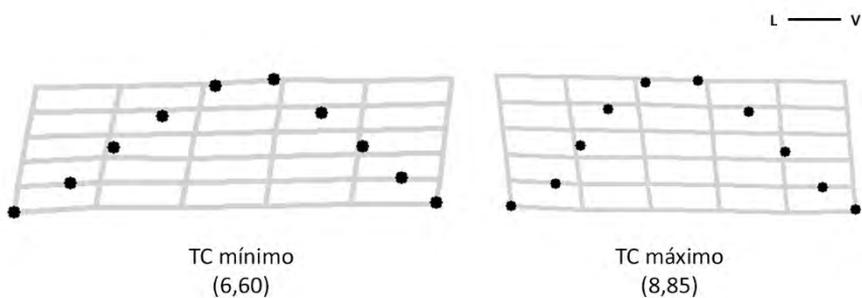


Figura 7.72. Alometría del canino inferior permanente. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.2.12. Primer premolar inferior

Los 9 primeros componentes principales explican más del 95% de la varianza para el primer premolar inferior y los dos primeros, recogidos en la Figura 7.73 explican entre ambos el 49,02% (Tabla 7.94). Ambos componentes describen en la la deformación de las formas a lo largo de cada eje primeros premolares inferiores de contorno muy similar, por lo que las diferencias se centran en la localización de las cúspides y las fosas.

Los valores positivos del primer componente principal (29,45% de la varianza) describen premolares en los que las cúspides se encuentran ampliamente desplazadas hacia el margen vestibular y lingual respectivamente. Ambas fosas presentan, a su vez, un desplazamiento con respecto a la *forma* de referencia hacia la superficie distal, más marcado en la fosa distal que en la mesial. La dirección negativa del primer componente presenta el mismo patrón de desplazamiento de cúspides y fosas, pero menos pronunciado (Figura 7.73).

El segundo componente principal (19,56% de la varianza), por su parte, describe cúspides que tienden a aproximarse al margen vestibular del diente en la dirección positiva, mientras que en la negativa lo hacen hacia el margen lingual. Las fosas se desplazan hacia sus respectivos márgenes en los valores positivos, mientras que en los negativos lo hacen hacia el interior del diente, aproximándose entre sí. De este modo, se aprecia como el polígono formado por las dos cúspides y las dos fosas es amplio en los valores positivos y cerrado en los valores negativos; se aprecia en la distancia de las líneas de la grilla de deformación (Figura 7.73).

Tabla 7.91. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–9) del primer premolar inferior

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,0009375	29,45%	29,45%
2	0,00062267	19,56%	49,02%
3	0,0004431	13,92%	62,94%
4	0,00033295	10,46%	73,40%
5	0,00023391	7,35%	80,75%
6	0,00018008	5,66%	86,40%
7	0,00015456	4,86%	91,26%
8	0,00010218	3,21%	94,47%
9	5,23E-05	1,64%	96,11%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

El gráfico de dispersión del análisis de componentes principales muestra una superposición de los individuos y el sexo (Figura 7.73). La mayoría de los individuos de sexo femenino se localizan en el centro de la gráfica, en torno a los valores 0 de ambos ejes, por lo que su *forma* no se aleja mucho de la *forma* de referencia. Los individuos masculinos, por su parte, ocupan la mayor parte del gráfico, tanto en el primer como en el segundo componente principal. Salvo, por tres individuos aislados, se encuentran bastante localizados en la parte inferior izquierda del gráfico.

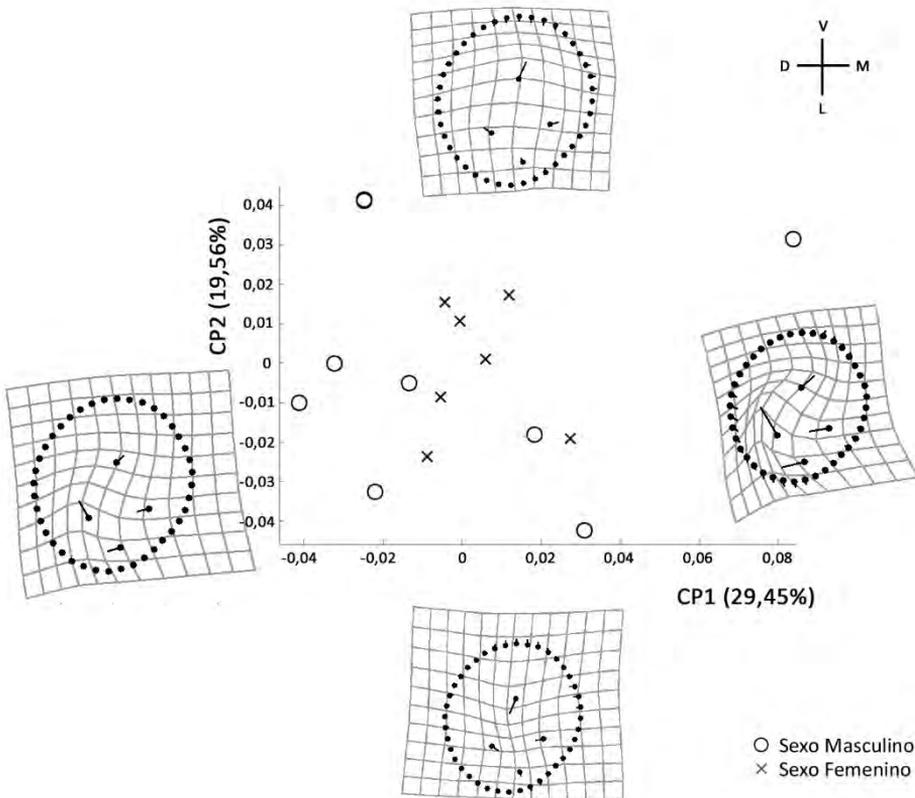


Figura 7.73. Análisis de componentes principales de la *forma* del primer premolar inferior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

El análisis de variables canónicas muestra una distribución por sexos a lo largo de la variable canónica. Los individuos de sexo masculino se localizan a lo largo de los valores negativos, por lo que tienden a mostrar un desplazamiento

de las cúspides hacia el margen lingual del diente. Los individuos de sexo femenino, por el contrario, se sitúan en la dirección positiva de la variable canónica, de modo que las cúspides se desplazan hacia el margen contrario a los masculinos; es decir, hacia el margen vestibular del premolar (Figura 7.74).

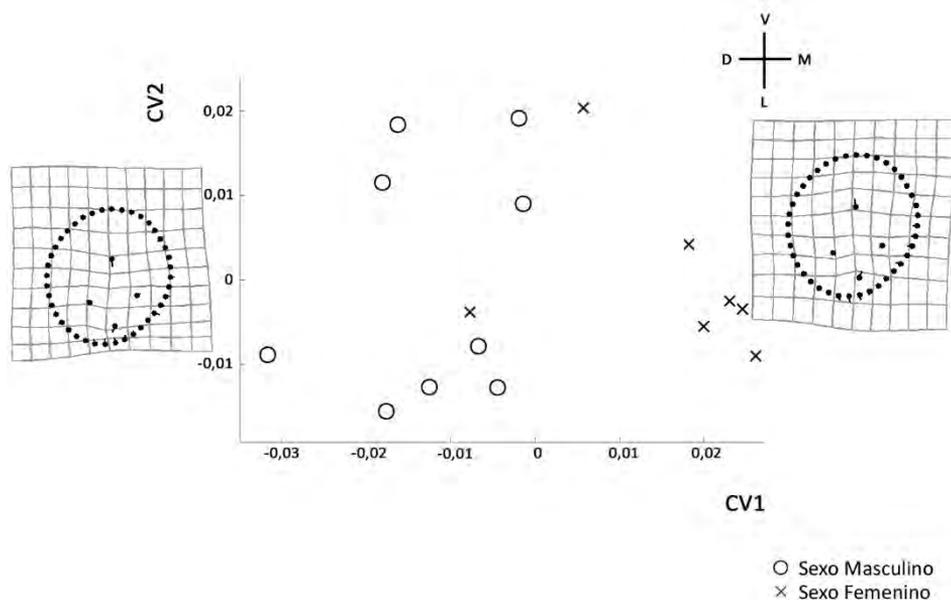


Figura 7.74. Análisis de variables canónicas de la *forma* del primer premolar inferior y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 1,5). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

El análisis discriminante se ha realizado en primer lugar con las variables de *forma* del primer premolar inferior (Tabla 7.92). Los resultados de las variables originales muestran un alto porcentaje de clasificación (87,5%), con mejores resultados para el sexo masculino (88,9%) que para el femenino (85,7%). Los obtenidos mediante el métodos de la validación cruzada son inferiores (68,8%) y, en este caso, son los femeninos (71,4%) los que se asignan mejor que los masculinos (66,7%). A continuación el análisis ha sido repetido incluyendo también el tamaño del centroide como variable de tamaño. Esto ha arrojado los mismos resultados para las variables originales y un descenso de la fiabilidad al 56,3% para la validación cruzada. En ambos casos el test de la Lambda de Wilks muestra que las variables no tienen poder discriminante por sexo ($p > 0,05$).

Tabla 7.92. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del primer premolar inferior permanente

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
	F	Sig.	λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
					N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	0,971	0,484	0,888	0,078	8/9	88,9	6/7	85,7	13/16	87,5
VC					6/9	66,7	5/7	71,4	11/16	68,8
<i>F + T</i>										
OR	0,936	0,543	0,420	0,145	8/9	88,9	6/7	85,7	13/16	87,5
VC					5/9	55,6	4/7	57,1	9/16	56,3

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

El contraste de hipótesis para la diferencia entre las medias de ambos sexos se ha llevado a cabo con el test de remuestreo, que prueba que no existen diferencias significativas entre los premolares de sexo masculino y los de sexo femenino ($p > 0,05$; Tabla 7.93).

Tabla 7.93. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del primer premolar inferior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	<i>F</i>	Sig.
Masculino	9	0,0292	1,06	0,380
Femenino	7			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Las formas medias de cada grupo se muestran en la Figura 7.75. Las mayores diferencias se aprecian en el margen lingual del primer premolar inferior: individuos de sexo masculino muestran un margen más contraído y angulado, mientras que los femeninos tienen un margen lingual más amplio y redondeado. Como se apreciaba en el análisis de variables canónicas las cúspides masculinas se encuentran más desplazadas hacia el margen lingual y las femeninas hacia el vestibular, abriendo o cerrando el polígono formado por los

landmarks localizado en las cúpides y fosas. A su vez, las fosas femeninas tienden hacia el interior del diente, mientras que las masculinas lo hacen hacia sus respectivos márgenes.

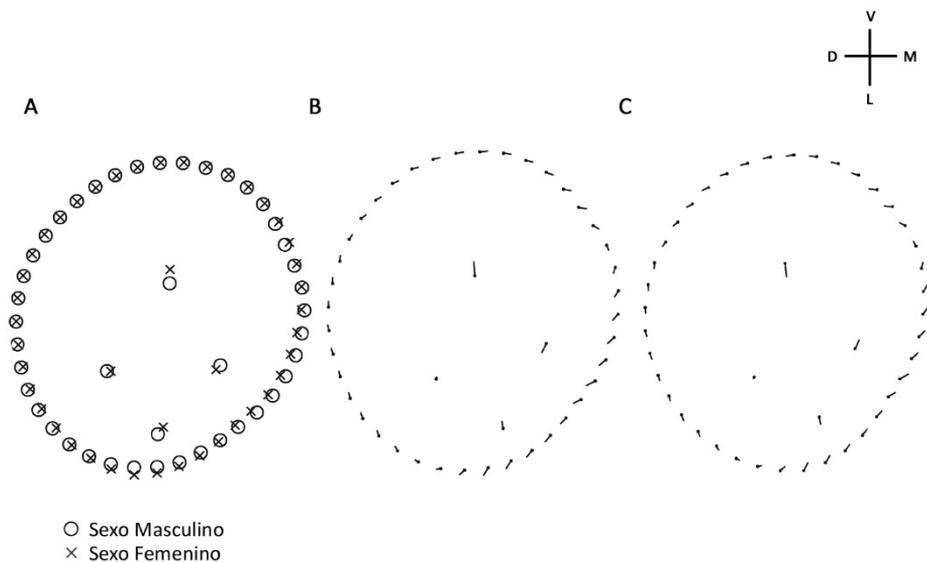


Figura 7.75. Formas medias del primer premolar inferior por sexo. A, superposición de las formas medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la forma masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma femenina. C, los puntos indican la localización de los *landmarks* en la forma femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

Seguidamente se muestran los resultados de la comparación de los centroides a través de la t de Student, que muestra una diferencia no significativa ($p > 0,05$; Tabla 7.94).

Tabla 7.94. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer premolar inferior, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	23,26	1,36	1,872	1,435	14	0,084
Femenino	21,83	1,73				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El efecto alométrico explica que el 4,38% de la morfología del primer premolar inferior se encuentra concedida por cambios de tamaño, sin embargo, dicho efecto no resulta significativo ($p>0,05$).

Los premolares que presentan el centroide de mayor tamaño corresponden a los de sexo masculino (TC=30,59) y los de menor tamaño a los femeninos (TC=20,60); no obstante la diferencia entre los valores máximos y mínimos para ambos sexos es muy pequeña (Figura 7.76).

Los premolares masculinos de tamaño máximo son redondeados, con el polígono formado por las cúspides y fosas cerrado, mientras que los de pequeño tamaño muestran un polígono más amplio, con el margen mesiovestibular curvado y con la cúspide lingual más desplazada hacia el margen mesial (Figura 7.76).

Los de gran tamaño de sexo femenino muestran un contorno muy redondeado en todos sus márgenes, poco asociado a la *forma* clásica del primer contorno, a la que si se asimilan los de pequeño tamaño. El polígono de los grandes se muestra más elevado que en el resto de los casos, puesto que la cúspide lingual se encuentra desplazada hacia el margen vestibular del diente y muy próxima a ambas fosas. El polígono de los premolares de pequeño tamaño es más amplio y la cúspide lingual muy cercana a su respectivo margen (Figura 7.76).

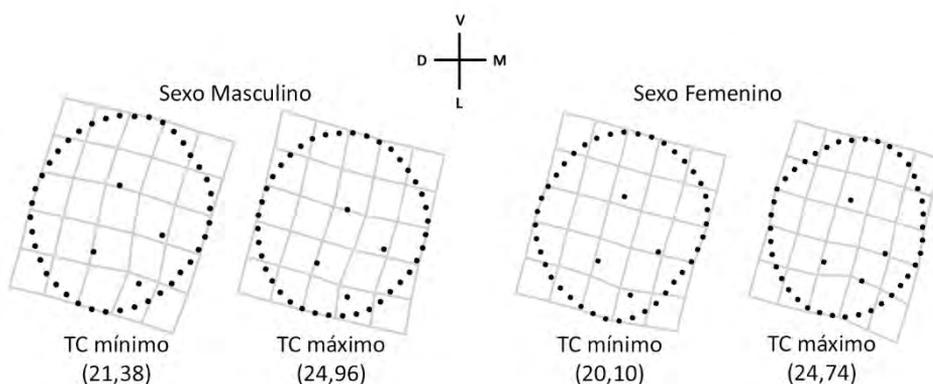


Figura 7.76. Alometría del primer premolar inferior. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.2.13. Segundo premolar inferior

Los 8 primeros componentes del segundo premolar inferior explican más del 95% de la varianza y los dos primeros, representados en la Figura 7.77 explican el 69,35% de la varianza entre ambos (Tabla 7.95).

Los valores positivos del primer componente principal (56,27% de la varianza) describen premolares con los márgenes vestibular y lingual reducidos y con el mesial, por el contrario, prominente. Ambas cúspides presentan un gran desplazamiento con respecto a la *forma* consenso; la vestibular hacia el surco de desarrollo principal y la lingual, en mayor medida hacia la superficie distal. La fosa distal si se desplaza hacia la cúspide lingual; sin embargo, la distal permanece en el mismo sitio. Los valores negativos presentan la contracción en el margen mesial y el vestibular y lingual se contraen. En este caso, la cúspide vestibular se acerca al margen y la lingual hacia el ángulo mesiolingual del diente. La fosa mesial se desplaza hacia dicho margen y la distal permanece, igualmente, en el mismo lugar (Figura 7.77).

El segundo componente principal (13,08% de la varianza) presenta diferencias a lo largo del mismo, tanto en el contorno como en la localización de las cúspides y fosas. El contorno de los márgenes mesial y distal se contrae en la dirección negativa, expandiéndose en la positiva; el margen vestibular se contrae en la positiva y se expande en la negativa. Los valores positivos describen un desplazamiento del polígono formado por cúspides y fosas hacia el margen vestibular, mientras que en los valores negativos dicho desplazamiento se produce en la dirección contraria, hacia el margen lingual. El margen lingual es el que menos se altera en ambas direcciones (Figura 7.77).

Tabla 7.95. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–8) del segundo premolar inferior

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00277964	56,27%	56,27%
2	0,00064626	13,08%	69,35%
3	0,00040571	8,21%	77,56%
4	0,00026241	5,31%	82,88%
5	0,0002399	4,86%	87,73%
6	0,0001693	3,43%	91,16%
7	0,00013133	2,66%	93,82%
8	7,57E-05	1,53%	95,35%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

El gráfico de dispersión resultante del análisis de componentes principales muestra una amplia superposición de los individuos a lo largo de ambos ejes. La mayoría de ellos se localizan en la zona central del gráfico; sin embargo, no es posible hacer una diferenciación por grupos entre los mismos (Figura 7.77).

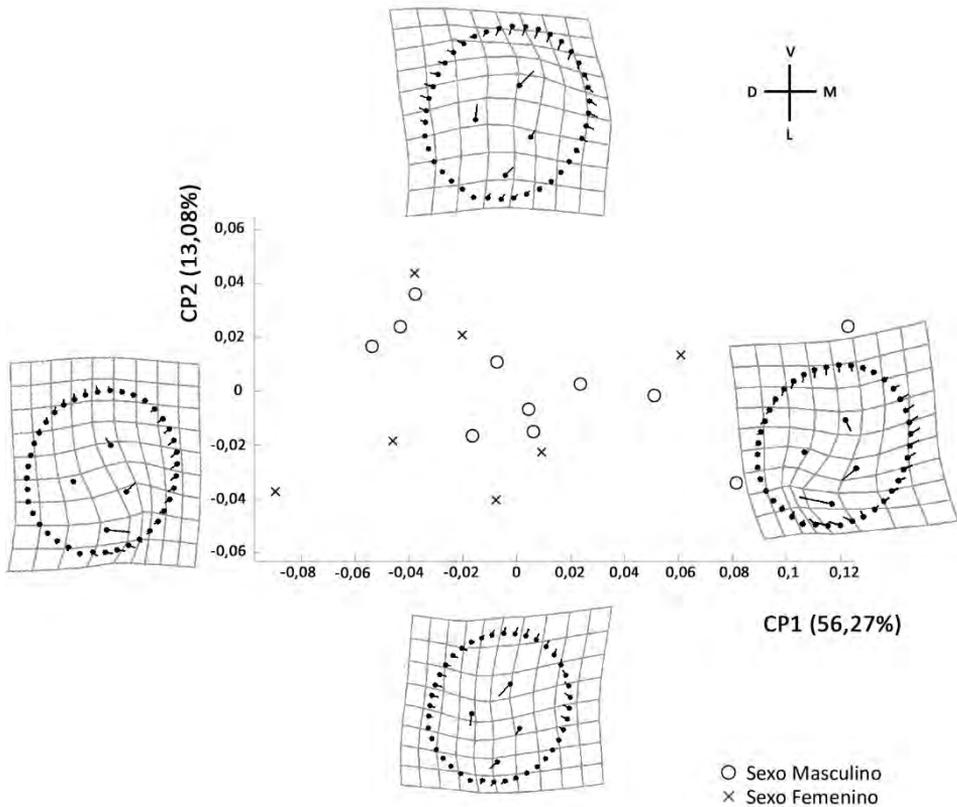


Figura 7.77. Análisis de componentes principales de la *forma* del segundo premolar inferior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

En la Figura 7.78 se expone el gráfico correspondiente al análisis de variables canónicas. Los individuos femeninos se encuentran mayoritariamente en los valores positivos de la variable canónica que describen premolares con las

cúspides desplazadas hacia su correspondiente margen y las fosas hacia el margen vestibular del premolar; los márgenes vestibular y lingual tienden a expandirse hacia el exterior del diente y el mesial a contraerse. Los masculinos, por el contrario, lo hacen en los valores negativos, que muestran el desplazamiento de las cúspides hacia el surco de desarrollo central de diente, las fosas hacia la superficie lingual y los márgenes vestibular y lingual contraídos hacia el interior del premolar.

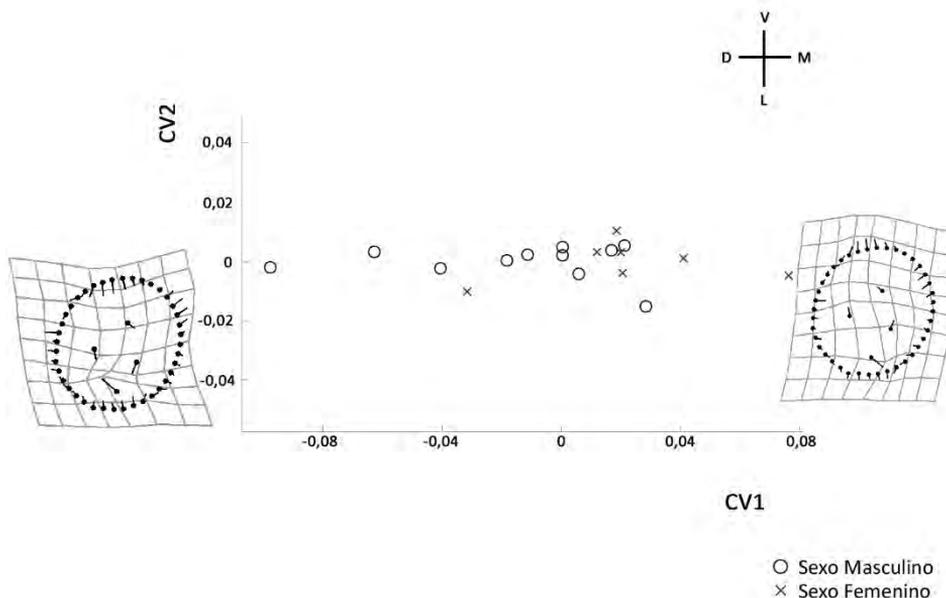


Figura 7.78. Análisis de variables canónicas de la *forma* del segundo premolar inferior y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 1,5). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

En la Tabla 7.95 se detallan los resultados de los análisis discriminantes por sexo para el segundo premolar inferior. En la clasificación según la *forma*, los datos originales muestran una fiabilidad del 88,9%, ligeramente superior para los masculinos (90,9%) que para los femeninos (85,5%); la validación cruzada detalla valores mucho más bajos (66,7%). La inclusión del tamaño del centroide supone un descenso para los datos originales (88,9%) y para la validación cruzada (61,8%).

En ninguno de los casos el test de la Lambda de Wilks muestra que las variables tengan poder discriminante por sexo ($p > 0,05$; Tabla 7.95).

Tabla 7.95. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del segundo premolar inferior permanente

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
	F	Sig.	λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
					N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	1,286	0,283	0,878	0,088	10/11	90,9	6/7	85,7	16/18	88,9
VC					7/11	63,6	5/7	71,4	12/18	66,7
<i>F + T</i>										
OR	1,616	0,002*	0,501	0,174	8/11	72,2	6/7	85,7	12/18	77,8
VC					7/11	63,6	4/7	57,1	10/18	61,8

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

La existencia de diferencias entre las medias de ambos grupos se ha llevado a cabo mediante el test de remuestreo, que prueba que no existen diferencias significativas entre los segundos molares superiores permanentes de sexo masculino y los de sexo femenino ($p > 0,05$; Tabla 7.96).

Tabla 7.96. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del segundo premolar inferior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	<i>F</i>	Sig.
Masculino	11	0,0393	1,37	0,231
Femenino	9			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

La superposición gráfica de las formas medias de cada sexo muestra las diferencias entre las mismas (Figura 7.79).

La *forma* media de los premolares de sexo masculino es más curvada y prominente en los márgenes mesial y distal, mientras que la femenina lo es en los márgenes vestibular y lingual. Las cúspides en el caso de los femeninos se muestran más cercanas a sus respectivos márgenes y las fosas desplazadas hacia el margen vestibular. Los masculinos muestran estas localizaciones al contrario:

cúspides cerradas hacia el surco de desarrollo central y fosas desplazadas hacia la cúspide lingual.

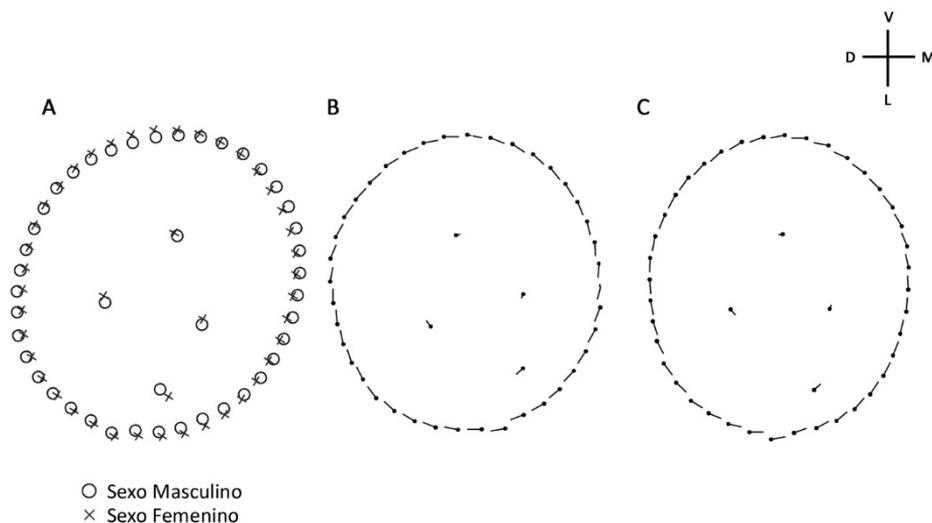


Figura 7.79. Formas medias del segundo premolar inferior por sexo. A, superposición de las formas medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma femenina. C, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

Posteriormente se detallan los análisis estadísticos descriptivos del tamaño del centroide para ambos grupos y los resultados de la comparación de los mismos a través de la t de Student, que muestra una diferencia no significativa de los mismos ($p > 0,05$; Tabla 7.97).

Tabla 7.97. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo premolar inferior, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	23,65	1,600	-0,489	0,406	16	0,631
Femenino	24,06	1,948				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El componente alométrico determina que el 23,17% de la morfología del segundo premolar superior se encuentra justificada por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo ($p>0,05$).

Los premolares que presentan el centroide de mayor tamaño corresponden a los de sexo masculino (TC=20,46) y los de menor tamaño también a los femeninos (TC=21,08); no obstante, la diferencia entre los valores máximos y mínimos para ambos sexos es mínima (Figura 7.80).

Los premolares masculinos de pequeño tamaño (TC=21,27) son redondeados y con el polígono formado por cúspides y fosas centrado. En los grandes (TC=26,32), sin embargo, dicho polígono se encuentra desplazado hacia el margen mesial del premolar, sobre todo la cúspide lingual que es la que presenta la mayor diferencia en la situación (Figura 7.80).

Los premolares femeninos pequeños (TC=21,08) presentan una gran diferencia con respecto a los grandes (TC=26,46), tanto en la localización de las cúspides y fosas como en el contorno de los mismos. El contorno de los pequeños es muy redondeado mientras que los grandes son más cuadrangulares. La cúspide lingual de los de tamaño mínimo se encuentra próxima al margen distal y las fosas más cerradas hacia el interior del diente, mientras que en los de máximo tamaño la cúspide mesial se encuentra muy cerca de dicho margen y las fosas desplazadas hacia el exterior del diente (Figura 7.80).

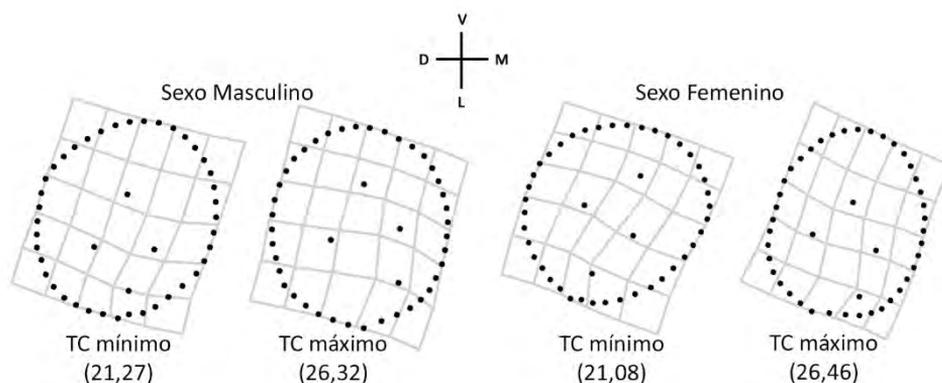


Figura 7.80. Alometría del segundo premolar inferior. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.2.14. Primer molar inferior

Los 11 primeros componentes principales del primer molar inferior describen más del 95% de la varianza y los 2 primeros, representados en la Figura 7.81, describen el 57,07% (Tabla 7.99).

La dirección positiva del primer componente principal (31,27% de la varianza) describe molares con el margen vestibular prominente, en concreto el contorno de la cúspide centrovestibular. Las cúspides mesiales muestran un desplazamiento hacia el margen lingual del diente y la cúspide distolingual hacia el margen distal. Los valores negativos, por el contrario, describen primeros molares inferiores con un marcado surco de desarrollo vestibular, así como el contorno de la cúspide distal. El contorno de la cúspide mesiolingual, por el contrario, se presenta muy reducido. Ni la cúspide distal, ni la centrovestibular, ni la fosa central, presentan ningún desplazamiento con respecto a la *forma* consenso en ninguna de las direcciones del primer componente principal (Figura 7.81).

El segundo componente principal (22,80% de la varianza) describe en su dirección positiva molares con un prominente margen vestibular y el mesial muy contraído. Las cúspides vestibulares se desplazan hacia el interior del diente y la distolingual hacia el margen lingual. Los valores negativos muestran un margen vestibular muy contraído, el desplazamiento de las cúspides vestibulares hacia dicho margen y la distolingual hacia el margen lingual (Figura 7.81).

Tabla 7.99. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–11) del primer molar inferior

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00098862	31,27%	31,27%
2	0,00072073	22,80%	54,07%
3	0,00033827	10,70%	64,78%
4	0,00026817	8,48%	73,26%
5	0,0002363	7,48%	80,73%
6	0,00012578	3,98%	84,71%
7	0,00010242	3,24%	87,95%
8	8,54E-05	2,70%	90,65%
9	6,41E-05	2,03%	92,68%
10	5,33E-05	1,69%	94,37%
11	4,24E-05	1,34%	95,71%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

El gráfico de dispersión resultante del análisis de componentes principales muestra un grupo de individuos en el cuadrante de valores negativos de ambos ejes y otra que abarca el resto de los otros tres cuadrantes (Figura 7.81). No se aprecia separación entre los grupos, ni una *forma* predominante que diferencie al sexo femenino del masculino.

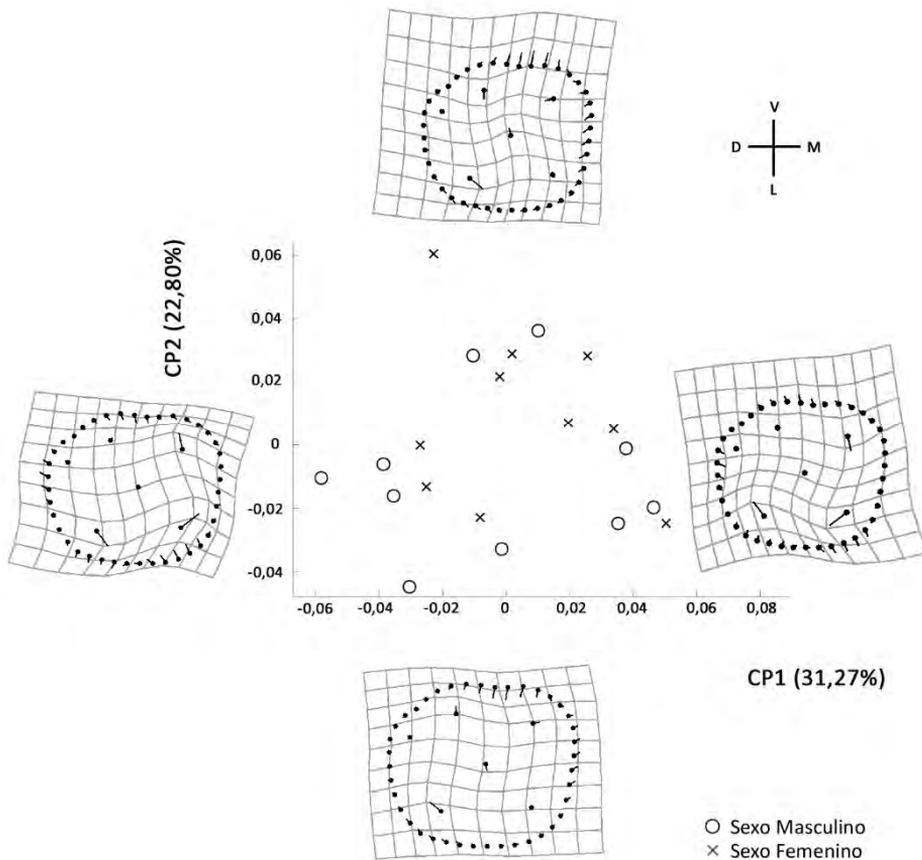


Figura 7.81. Análisis de componentes principales de la *forma* del primer molar inferior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

El gráfico de dispersión resultante del análisis de variables canónicas, Figura 7.82, muestra la separación de los dos grupos a lo largo de la variable

canónica descrita a lo largo del eje x. En ella se aprecia la localización de los individuos de sexo masculino, principalmente, en los valores negativos y los femeninos en los positivos. De este modo los molares masculinos se asocian con el desplazamiento de las cúspides vestibulares hacia el exterior del diente, mientras que, en los de sexo femenino se describen mediante el desplazamiento de las mismas cúspides hacia el interior del diente.

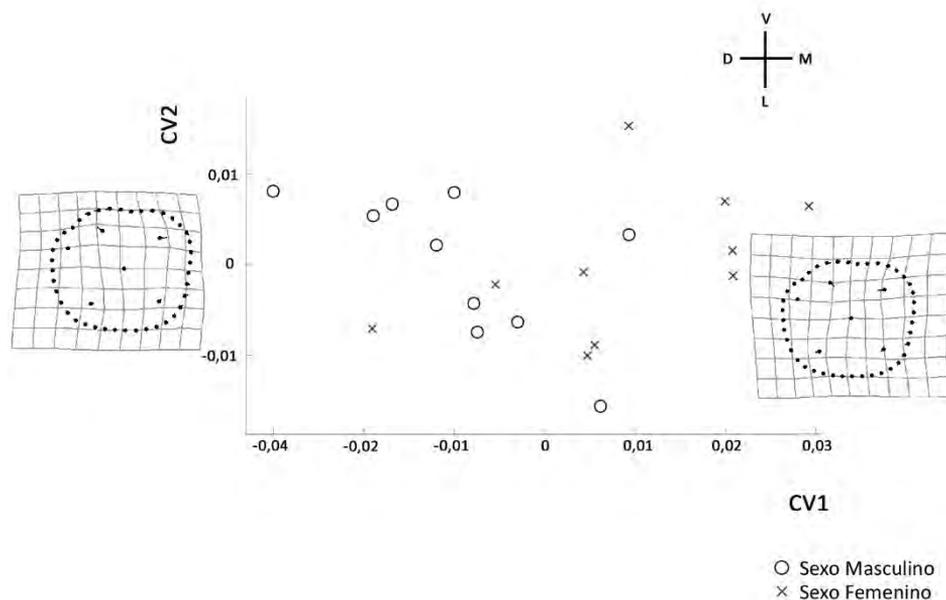


Figura 7.82. Análisis de variables canónicas de la *forma* del primer molar inferior y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 1,5). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

Esta clara separación en el gráfico de dispersión se traduce en una buena clasificación de los análisis discriminantes basados en las variables originales (80,0%), que contrasta con la baja asignación obtenida a través del método de la validación cruzada (50,0%; Tabla 7.100). La clasificación por sexo es similar a través de la validación cruzada y mejor para los femeninos mediante el método de los datos originales. La repetición del análisis incluyendo el tamaño del centroide da lugar a diferentes resultados para cada uno de los métodos. Si se incluye junto con las variables de *forma* en el método de variables originales la fiabilidad se incrementa ligeramente de un 80,0 a un 85,0%, mientras que

mediante la validación cruzada ese mismo valor se resta, pasando de un 50,0 a un 45,0%.

Los valores de la prueba de la Lambda de Wilks denotan que no existen diferencias significativas en ninguno de los casos, por lo que las variables carecen de poder discriminante ($p > 0,05$; Tabla 7.100).

Tabla 7.100. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del primer molar inferior permanente

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
					Masculino		Femenino		Total	
	F	Sig.	λ	Sig.	N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	0,755	0,853	0,645	0,631	7/10	70,0	9/10	90,0	16/20	80,0
VC					5/10	50,0	5/10	50,0	10/20	50,0
<i>F + T</i>										
OR	0,762	0,769	0,695	0,486	8/10	80,0	9/10	90,0	17/20	85,0
VC					3/10	30,0	6/10	60,0	9/20	45,0

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

La comparación de las *formas* consenso de los individuos masculinos y femeninos del primer molar inferior permanente se comprobó mediante un test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones, que detalla las distancias Procrustes parciales entre las medias de los ambos grupos, el valor de F y la ausencia de diferencias significativas entre las medias ($p > 0,05$; Tabla 7.101).

Tabla 7.101. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del primer molar inferior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
Masculino	10	0,0256	1,04	0,406
Femenino	10			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

En la Figura 7.83 se expone la superposición gráfica de las formas medias de ambos sexos. Los individuos masculinos presentan un desplazamiento de las cúpsides vestibulares hacia el exterior del diente, mientras que los femeninos lo hacen hacia el interior. Destaca además el surco de desarrollo vestibular, más marcado en los masculinos que en los femeninos.

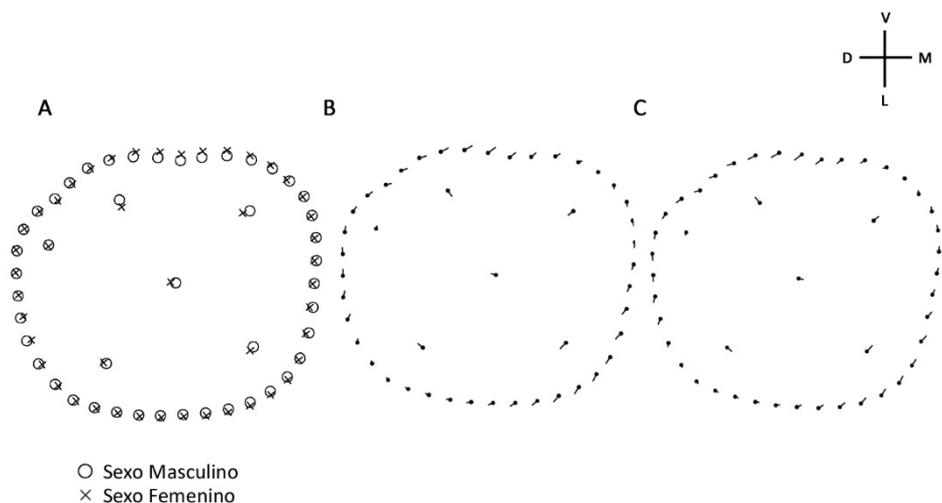


Figura 7.83. Formas medias del primer molar inferior por sexo. A, superposición de las formas medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma femenina. C, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

En la tabla 7.102, los resultados de la comparación del tamaño del centroide a través de la prueba *t* de Student, muestran una ausencia de diferencias significativas entre el tamaño de los mismos ($p > 0,05$).

Tabla 7.102. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del primer molar inferior, *t* de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	33,04	3,551	-1,597	-2,308	18	0,598
Femenino	35,25	2,549				

DE, desviación estándar; *t*, *t* de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El efecto alométrico indica que el 8,01% de la variación morfológica del primer molar inferior se encuentra reconocida por cambios de tamaño y que dicho efecto no resulta significativo ($p>0,05$).

Los molares masculinos de mayor tamaño (TC=39,30) son ligeramente inferiores a los de mayor tamaño femenino (TC=39,47), al igual que ocurre con los de tamaño mínimo masculino (TC=26,32) que también son inferiores a los femeninos (TC=30,58).

Los primeros molares masculinos presentan un contorno de la cúspide centrovestibular más desplazado hacia el surco de desarrollo vestibular que hacia la cúspide distal, como se aprecia en los de pequeño tamaño. El polígono cuspídeo muestra una tendencia de situación hacia la cúspide distal del molar, mientras que en los pequeños esta tendencia se da hacia el margen mesial (Figura 7.84).

Los molares femeninos se diferencian también en la prominencia del contorno de cúspide vestibular, más marcado en los pequeños que en los grandes. A su vez las cúspides vestibulares se encuentran más cercanas a dicho margen en los de mínimo tamaño que en los de máximo tamaño (Figura 7.84).

Destaca la localización de la fosa central y de la cúspide distal, que se mantienen en una posición similar para las cuatro morfologías descritas.

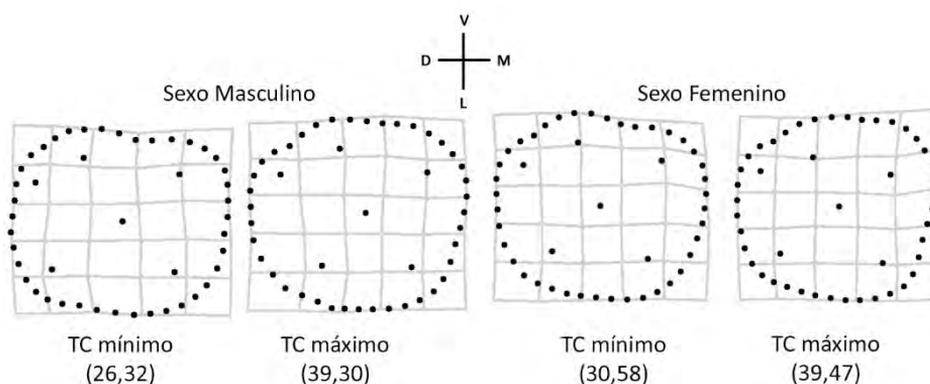


Figura 7.84. Alometría del primer molar inferior. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.2.15. Segundo molar inferior

Los 14 primeros componentes principales explican más del 95% de la varianza del segundo molar inferior permanente y los 2 primeros, detallados en la Figura 7.85, describen el 45,61% entre ambos (Tabla 7.103).

El primer componente principal (32,53% de la varianza) presenta en la dirección positiva molares con el margen distal, así como los contornos de ambas cúspides distales muy prominentes; el margen mesial se muestra contrario. Las cúspides vestibulares se localizan desplazadas hacia el interior del diente, mientras que la distolingual lo hace hacia la superficie lingual y la mesiolingual hacia la lingual. Los valores negativos muestran la contracción del margen distal y de los contornos de las dos cúspides distales y el relieve del margen mesial. Las cúspides vestibulares, en este caso, se desplazan hacia el exterior del molar, mientras que la mesiolingual lo hace hacia el margen lingual y la distolingual hacia el distal. El segundo componente principal (13,08% de la varianza) muestra menos deformación de la *forma* que el primero. En los valores positivos se aprecia un ligero desplazamiento de las cúspides hacia el exterior del molar y en los negativos hacia el interior. Destaca el desplazamiento de la fosa central del diente que muestra un deslizamiento apenas existente en el primer componente (Figura 7.85).

Tabla 7.103. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–14) del segundo molar inferior

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00090479	32,53%	32,53%
2	0,00036368	13,08%	45,61%
3	0,00035478	12,76%	58,37%
4	0,00021554	7,75%	66,12%
5	0,00016853	6,06%	72,18%
6	0,00014541	5,23%	77,41%
7	0,0001237	4,45%	81,87%
8	9,89E-05	3,55%	85,41%
9	7,48E-05	2,69%	88,10%
10	7,00E-05	2,52%	90,62%
11	4,67E-05	1,68%	92,30%
12	4,01E-05	1,44%	93,74%
13	3,09E-05	1,11%	94,85%
14	2,60E-05	0,93%	95,79%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

El gráfico de dispersión resultante del análisis de componentes principales muestra una localización de individuos en la zona superior del gráfico, asociados a la *forma* descrita de los valores negativos cercanos a 0 y a los positivos del segundo componente principal. A lo largo del primer componente la distribución es más homogénea. Tan solo se encuentran dos individuos femeninos en el extremo negativo del eje y y dos en el extremo positivo del eje x (Figura 7.85).

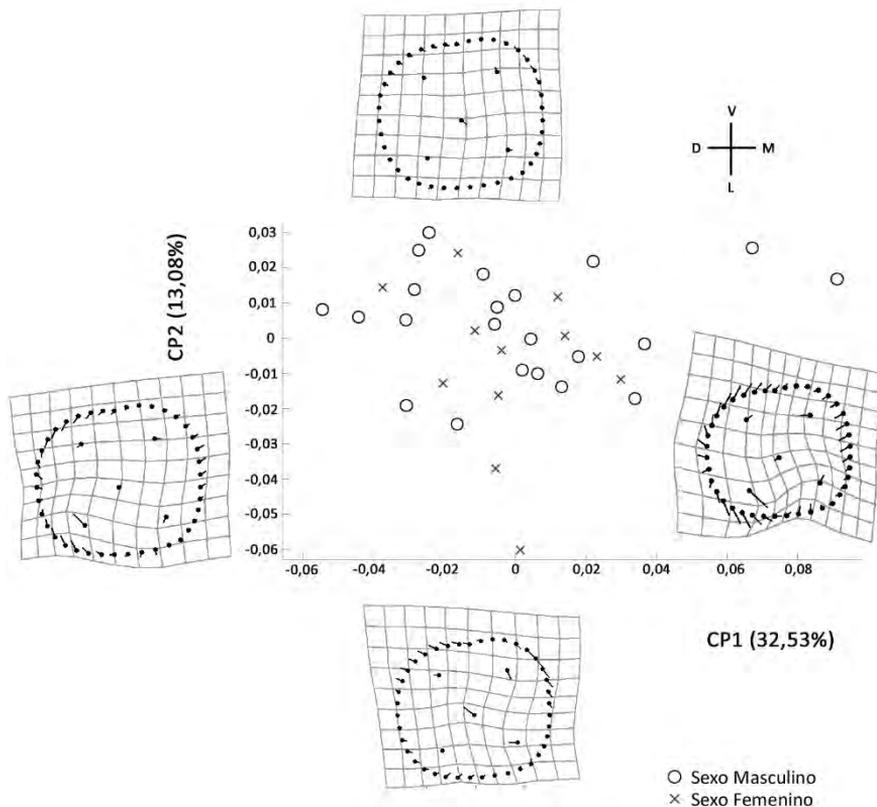


Figura 7.85. Análisis de componentes principales de la *forma* del segundo molar inferior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

El gráfico de dispersión del análisis de las variables canónicas muestra una amplia superposición de ambos grupos (Figura 7.86) La mayoría de los individuos se localizan en los valores positivos de ambos ejes o cercanos a ellos, lo que supone un ligero desplazamiento de las cúspides mesiovestibular y

distolingual. Los dos individuos femeninos localizados en el extremo negativo de la variable canónica se asocian con una *forma* con más deformación debido a desplazamiento por el eje hasta valores más bajos.

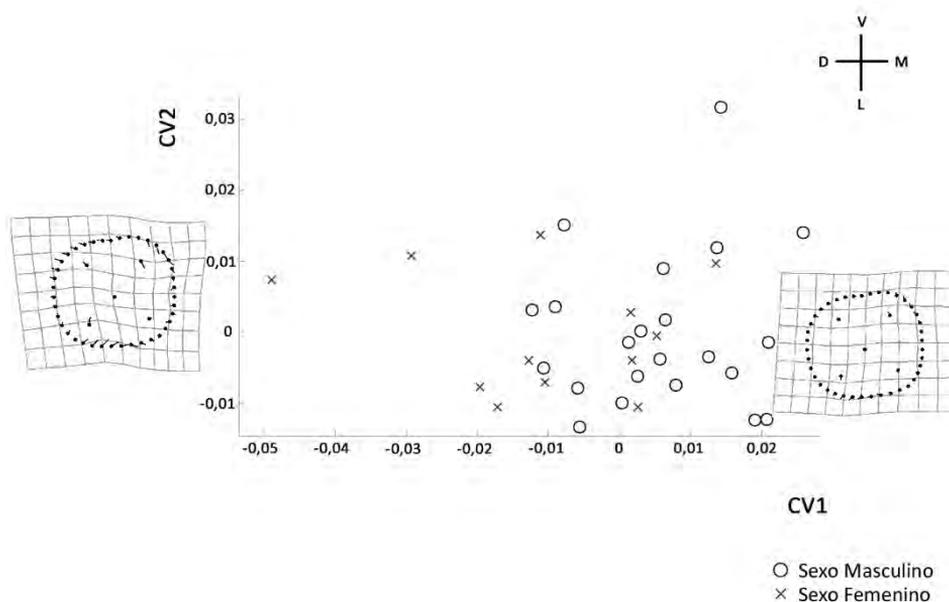


Figura 7.86. Análisis de variables canónicas de la *forma* del segundo molar inferior y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 1,5). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

Los resultados de los análisis discriminantes para el segundo molar inferior se muestran en la Tabla 7.104. De nuevo se repite la diferencia de clasificación entre el método basado en las variables originales y la validación cruzada. Mediante las variables de *forma*, los individuos se clasifican en función del sexo a través de las variables originales con un 76,5% de fiabilidad, mientras que a través de la validación cruzada se reduce a un 52.6%. En ambos casos los masculinos son mejor clasificados que los femeninos.

La inclusión de la variable de tamaño en los análisis discriminantes supone una ligera reducción de la fiabilidad en el caso de los datos originales, mientras que en la validación cruzada se produce un ligero ascenso. También continúan siendo mejor clasificados los masculinos que los femeninos. En ninguno de los casos el test de la Lambda de Wilks muestra que las variables tengan poder discriminante por sexo ($p > 0,05$; Tabla 7.104).

Tabla 7.104. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del segundo molar inferior permanente

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
					Masculino		Femenino		Total	
	F	Sig.	λ	Sig.	N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	1,106	0,348	0,748	0,534	18/22	81,8	8/12	66,7	26/34	76,5
VC					12/22	54,5	6/12	50,0	18/34	52,9
<i>F + T</i>										
OR	0,873	0,734	0,719	0,543	16/22	72,7	8/12	66,7	24/34	70,6
VC					14/22	63,6	6/12	50,0	20/34	58,8

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

La comparación de las medias de las *formas* de ambos grupos se ha analizado con un test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones (Tabla 7.105). Se explican las distancias Procrustes parciales entre las medias de los dos grupos, el valor de F bajo y la ausencia de diferencias significativas entre las medias de los segundos molares femeninos y masculinos ($p > 0,05$).

Tabla 7.105. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del segundo molar inferior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
Masculino	22	0,0167	0,77	0,583
Femenino	12			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Las pocas diferencias entre sexos en el segundo molar vista hasta el momento se repiten al superponer las formas medias de ambos grupos (Figura 7.87) Solo se aprecian sutiles diferencias en la prominencia del contorno de la cúspide mesiovestibular y un ligero desplazamiento de esa misma cúspide y de la distolingual.

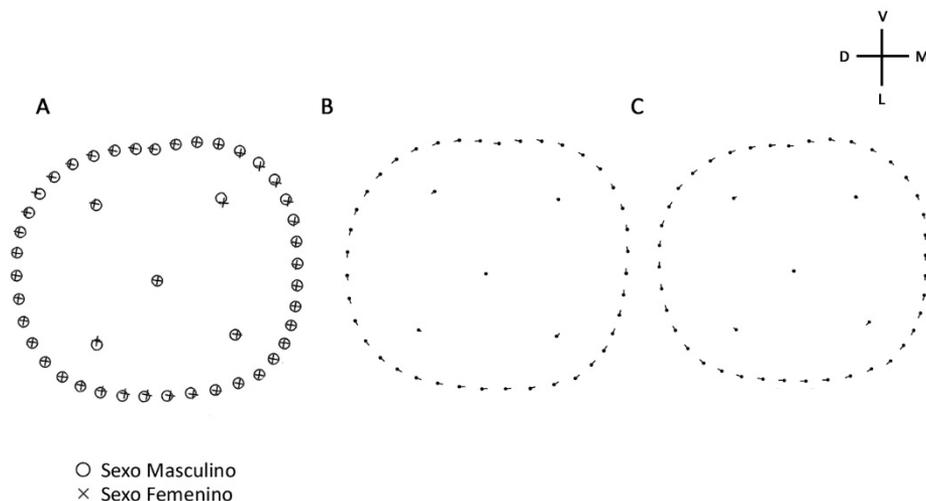


Figura 7.87. Formas medias del segundo molar inferior por sexo. A, superposición de las formas medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma femenina. C, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

Posteriormente se detallan los análisis estadísticos descriptivos del tamaño del centroide para ambos sexos y los resultados de la comparación de los mismos a través de la t de Student, que muestra una diferencia no significativa ($p > 0,05$; Tabla 7.106).

Tabla 7.106. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del segundo molar inferior, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	34,18	3,042	0,105	0,114	32	0,917
Femenino	34,07	3,037				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

El efecto alométrico justifica que el 11,46% de la morfología del segundo molar superior se encuentra concedida por cambios de tamaño y que dicho efecto resulta significativo ($p < 0,05$).

Los segundos molares inferiores que presentan el centroide de mayor tamaño corresponden a los de sexo masculino (TC=39,25) y los de menor tamaño también a los masculinos (19,33). No obstante, las diferencias con los de sexo femenino son muy reducidas (Figura 7.88).

La principal diferencia entre los molares grandes y pequeños de sexo masculino es el desplazamiento del polígono cuspeado y de la fosa central hacia el margen mesial en los de gran tamaño, y hacia el margen distal en los de pequeño tamaño. Asimismo, los márgenes lingual y mesial son más rectilíneos en los pequeños y redondeados en los grandes (Figura 7.88).

En el caso de los femeninos el desplazamiento del polígono y la fosa se produce hacia el ángulo mesiolingual en los grandes y hacia el distovestibular en los pequeños. El contorno de la mitad inferior es más pronunciado en los molares grandes, mientras que en los pequeños se produce al contrario y son más pronunciados en la mitad superior del diente (Figura 7.88).

En ambos sexos, al comparar grandes y pequeños, se aprecia un margen mesial más rectilíneo en los grandes y redondeado en los pequeños.

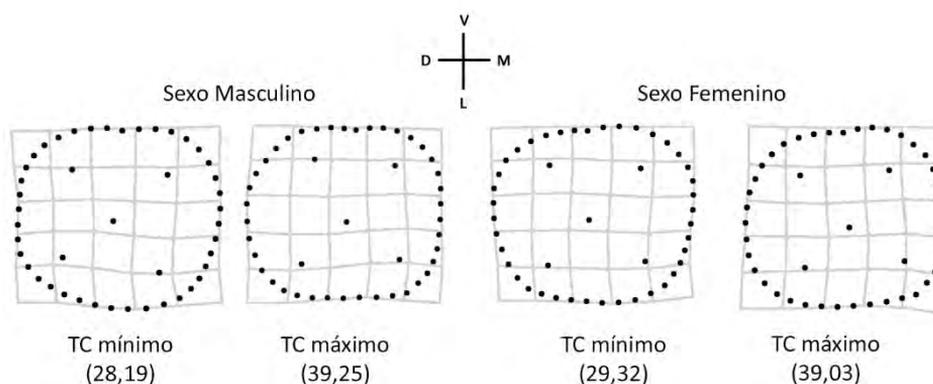


Figura 7.88 Alometría del segundo molar inferior. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.5.2.16. Tercer molar inferior

Los 10 primeros componentes principales del tercer molar superior explican más del 95% de la varianza y los dos primeros, descritos en la Figura 7.89, describen entre los dos el 50,57% de la varianza (Tabla 7.107).

Los valores positivos del primer componente principal (34,08% de la varianza) muestran una deformación con la reducción de la mitad mesial del molar debido a la contracción del margen mesial y que se aprecia en las líneas de la grilla. La mitad distal, por el contrario, se amplía por la expansión del margen distal. Las cúspides mesiales se trasladan hacia el margen vestibular con respecto a la *forma* de referencia, la distolingual hacia el lingual y la fosa central hacia el margen mesial; esto se traduce en un desplazamiento de la fosa central y del polígono formado por las cúspides hacia la mitad mesial del molar. La dirección negativa, por el contrario, muestra la reducción en la mitad distal, derivada de la contracción de dicho margen y la expansión del resto, motivada por la dilatación del margen mesial. Las cúspides y la fosa producen el movimiento contrario al de la dirección positiva, lo que produce la inclinación de la fosa y el polígono cuspídeo hacia la mitad distal del molar (Figura 7.89).

El segundo componente (16,49% de la varianza), por su parte, muestra el deslizamiento del polígono cuspídeo y la fosa hacia el margen mesial en los valores negativos y hacia el distal en los valores positivos. El contorno describe una reducción en los márgenes vestibular y lingual en la dirección negativa y del distal y mesial en la positiva (Figura 7.89).

Tabla 7.107. Varianza de la *forma* correspondiente a los componentes principales (1–10) del tercer molar inferior

CP	Eigenvalores	Varianza	Varianza acumulada
1	0,00169042	34,08%	34,08%
2	0,00081769	16,49%	50,57%
3	0,00063826	12,87%	63,44%
4	0,00048456	9,77%	73,21%
5	0,00039631	7,99%	81,20%
6	0,00022786	4,59%	85,79%
7	0,00018222	3,67%	89,46%
8	0,00014039	2,83%	92,29%
9	7,92E-05	1,60%	93,89%
10	6,26E-05	1,26%	95,15%

CP, componentes principales, que explican más del 95% de la varianza.

El gráfico de dispersión resultante de los dos primeros componentes del tercer molar inferior muestra un extenso solapamiento de los individuos en la zona central del mismo (Figura 7.89). Tanto los individuos femeninos como los masculinos se sitúan en su mayoría en torno al valor 0 de ambos ejes. En el extremo positivo del primer componente se sitúan individuos masculinos y en el negativo femeninos, alejándose del grupo central y asociándose a las formas de deformación que representan los de los terminales.

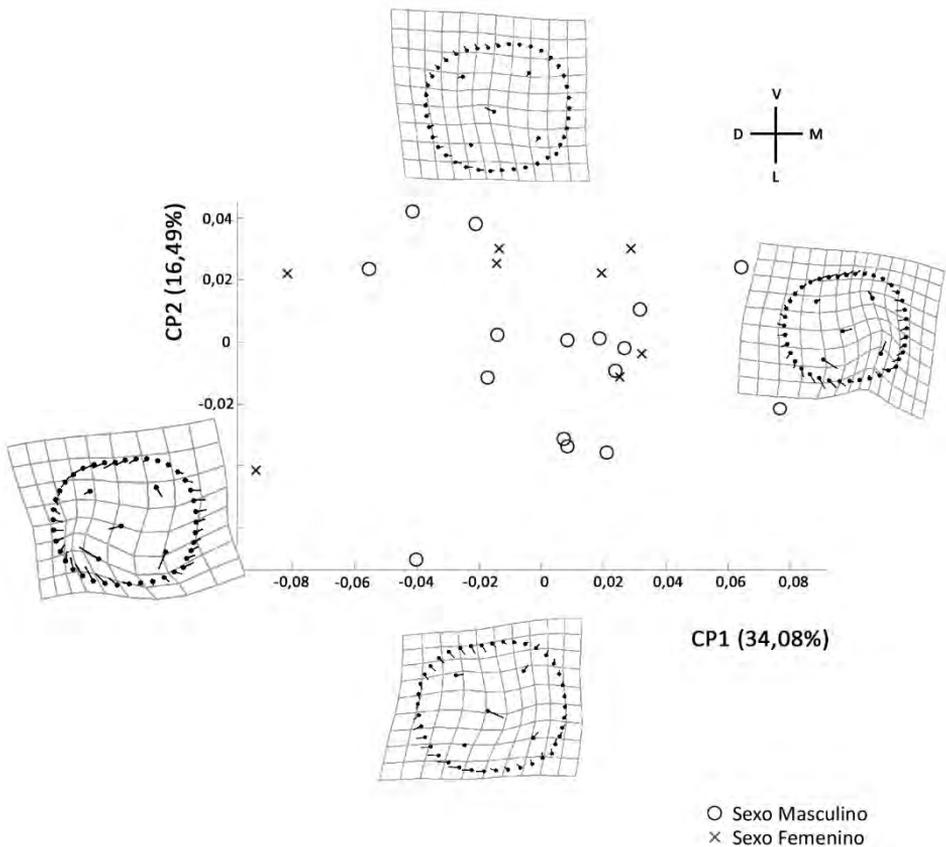


Figura 7.89. Análisis de componentes principales de la *forma* del tercer molar inferior y la deformación que muestra la variación a lo largo de cada eje; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de los CP (exageración de la deformación 1,5). CP, componente principal; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

En el gráfico de las variables canónicas se aprecia una tendencia de los terceros molares inferiores de individuos femeninos a situarse en los valores positivos de la variable canónica, mientras que los negativos solo observan

masculinos (Figura 7.90). De este modo, los individuos femeninos se asocian a la *forma* de la deformación representada en el extremo positivo de la variable, que describe un molar con el desplazamiento de las cúspides mesiales hacia el margen lingual y la fosa central y la cúspide distolingual hacia el margen distal.

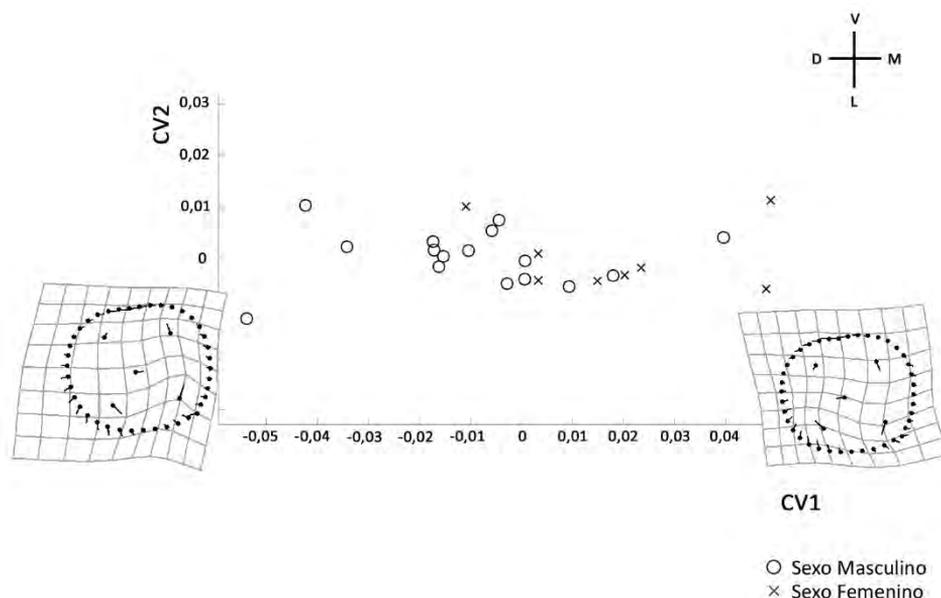


Figura 7.90. Análisis de variables canónicas de la *forma* del tercer molar inferior y la deformación a lo largo del eje x; los puntos indican la localización de los *landmarks* en la *forma* de referencia y las líneas los cambios en la posición relativa de los *landmarks* a lo largo de la VC (exageración de la deformación 1,5). VC, variable canónica; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

Los resultados del análisis discriminante de la *forma* del tercer molar inferior para la su asignación por sexo se exponen en la Tabla 7.108 en la que, de nuevo, se repite la diferencia en la fiabilidad de clasificación ofrecida por los dos métodos empleados. Las variables originales (79,2%) asignan con mejores resultados los individuos femeninos (87,5%) que los masculinos (75%); sin embargo esta posición se invierte con la validación cruzada (66,7%), que clasifica ligeramente mejor a los masculinos (68,8%) que a los femeninos (62,2%). La inclusión del tamaño del centroide como variable de tamaño en los análisis discriminantes no supone ninguna variación en la clasificación de los individuos; tanto los datos originales (79,2%) como la validación cruzada (66,7%) mantienen los mismos valores de asignación. El resultado de test de la Lambda de Wilks resulta estadísticamente no significativo por lo que en ninguno de los dos casos existe discriminación entre los grupos ($p > 0,05$; Tabla 7.108).

Tabla 7.108. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño del tercer molar inferior permanente

	M de Box		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
	F	Sig.	λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
					N	%	N	%	N	%
<i>F</i>										
OR	1,073	0,373	0,643	0,210	12/16	75,0	7/8	87,5	19/24	79,2
VC					11/16	68,8	5/8	62,5	16/24	66,7
<i>F + T</i>										
OR	1,028	0,427	0,642	0,315	12/16	75,0	7/8	87,5	19/24	79,2
VC					11/16	68,8	5/8	62,5	16/24	66,7

F, *forma*; *F + T*, *forma* + tamaño; OR, original; VC, validación cruzada; M de Box y Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; N, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra.

A continuación se señala la inexistencia de diferencias entre las *formas* medias de ambos grupos a través el test de remuestreo que prueba que no existen diferencias significativas entre los terceros molares superiores permanentes de sexo masculino y los de sexo femenino ($p > 0,05$; Tabla 7.109).

Tabla 7.109. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* del segundo molar inferior. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	<i>F</i>	Sig.
Masculino	16	0,0321	1,11	0,343
Femenino	8			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

La superposición gráfica mostrada en la Figura 7.91 detalla las diferencia en las formas medias de ambos grupos de manera visual, de modo que se aprecia la discrepancia en la concavidad inducida por el surco de desarrollo vestibular y la protuberancia del contorno de la cúspide ditolingual, más marcadas, en ambos casos, en los individuos masculinos que en los femeninos. Además, se aprecia la posición más elevada y cercana al margen vestibular de dichas cúspides en los

individuos masculinos, así como la proximidad en los mismos de la cúspide mesiolingual al margen inferior.

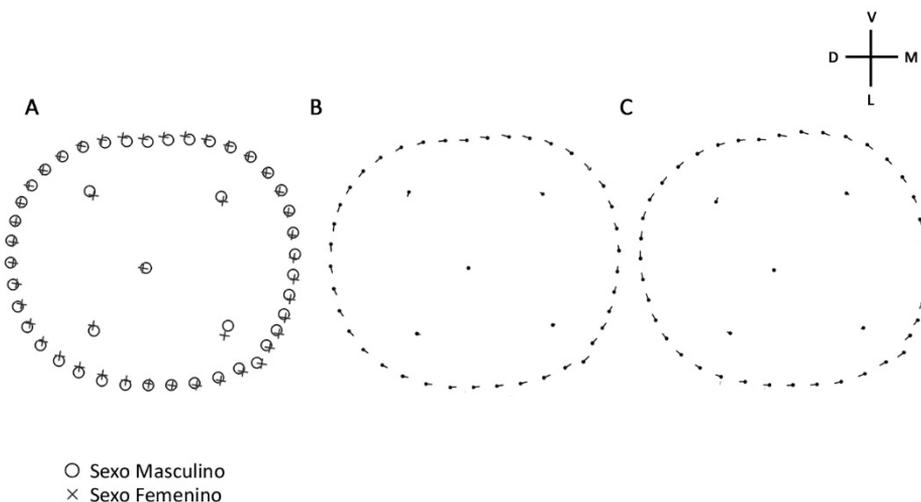


Figura 7.91. Formas medias del tercer molar inferior por sexo. A, superposición de las formas medias de sexo masculino y sexo femenino. B, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma masculina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma femenina. C, los puntos indican la localización de los landmarks en la forma femenina y las líneas los cambios en la posición relativa hasta la forma masculina (exageración de las deformaciones B y C 1,5). V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

El tamaño del centroide de individuos femeninos y masculinos no presenta diferencias significativas entre los mismos, tal y como demuestra la t de Student detallado en la Tabla 7.110.

Tabla 7.110. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide del tercer molar inferior, t de Student para variables independientes

	Tamaño Centroide		t de Student			
	Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
Masculino	33,05	3,023	-0,01	0,0125	22	0,992
Femenino	33,06	2,541				

DE, desviación estándar; t, t de Student; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

El efecto alométrico determina que el 15,57% de la morfología del tercer molar inferior se encuentra justificada por cambios de tamaño y que dicho efecto resulta significativo ($p < 0,05$).

Los terceros molares que presentan el centroide de mayor tamaño corresponden a los de sexo masculino (TC=39,78), así como los de tamaño mínimo (TC=28,68); no obstante, las diferencias de gran y pequeño tamaño de sexo femenino son mínimas (Figura 7.92).

Los terceros molares de pequeño tamaño, tanto femeninos como masculinos, muestran el desplazamiento de la fosa central y del polígono cuspeado hacia el margen distal del diente, así como un contorno redondeado y homogéneo (Figura 7.92).

Los de gran tamaño, también muestran una morfología similar para ambos sexos. Tanto la fosa central como el polígono cuspeado se muestran desplazados hacia el ángulo mesiovestibular, y el margen distal especialmente redondeado. Destaca la protuberancia en el contorno de la cúspide mesiolingual, ligeramente marcada en los de pequeño tamaño, pero muy visible en los grandes (Figura 7.92).

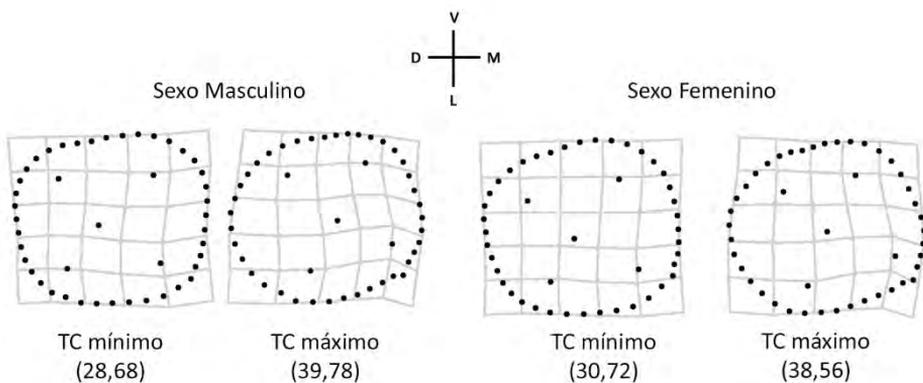


Figura 7.92. Alometría del tercer molar inferior. TC, tamaño del centroide; V, vestibular; L, lingual; M, mesial; D, distal.

7.6. ANÁLISIS DEL DIMORFISMO SEXUAL

Las diferencias entre hombres y mujeres, como por ejemplo, en el tamaño o la forma corporal, es un aspecto obvio y, a su vez muy estudiado. Es común la idea de que los hombres son más altos que las mujeres, tienen el cráneo y los caracteres faciales más robustos o que son más altos y con mayor musculatura. A estas afirmaciones se suma que en todas las poblaciones los hombres tienen los dientes de mayor tamaño que las mujeres (Fraye y Wolpoff, 1985).

Se han publicado numerosos estudios que demuestran las diferencias entre sexos en los dientes como consecuencia del crecimiento diferenciado que provoca el cromosoma Y y el cromosoma X (Alvesalo, 1997).

Este crecimiento diferencial se manifiesta en el mayor tamaño medio de la corona de dientes permanentes masculinos que de femeninos (Alvesalo, 1997; Ayoub *et al.*, 2014; Garn *et al.*, 1966; Garn *et al.*, 1967; Gupta *et al.*, 2014; Haralabakis y Sifakakis, 2005; Hattab *et al.*, 1996; Kieser, 1990; Lysell y Myrberg, 1982; Schwartz y Dean, 2005; Stroud *et al.*, 1994; Viciano, 2012, Viciano *et al.*, 2011; Viciano *et al.*, 2013; Zorba *et al.*, 2012); así como de los primarios (Adler y Donlon, 2010; Black, 1978; Viciano, 2012, Viciano *et al.*, 2011; Viciano *et al.*, 2013); diferencias en la morfología de la corona dental (Alvesalo, 1997; Mayhall y Alvesalo, 1995; Scott y Turner, 2000), o por desarrollo diferencial en crecimiento de los dientes (Alvesalo, 1997; Demirjian y Levesque, 1980; Irurita *et al.*, 2014a; Levesque *et al.*, 1981).

A diferencia de las publicaciones mencionadas, que emplean la Odontometría o la valoración de rasgos morfológicos no métricos, el presente trabajo se ha llevado a cabo con técnicas de morfometría geométrica, que presenta frente a ellas una serie de ventajas en el estudio de la biología de los organismos. La morfometría geométrica se ha convertido en una herramienta imprescindible y plenamente aceptada en la literatura científica que apuesta por un cambio en la técnica de estudio. Para ello, propone el estudio a través de *landmarks* que se desplazan en el espacio permitiendo comprender la *forma* y el tamaño de los organismos, a la vez que su variación, asociaciones, causas y efectos. No solo presenta la ventaja de analizar la *forma* como una variable cuantitativa, lo que le convierte en un método descriptivo preciso y exacto, sino que, además, permite la representación gráfica y comunicación de los resultados.

Por todo ello, evita las limitaciones ligadas a la morfometría tradicional —la dificultad de mantener la homología entre distancias lineales o ángulos, la imposibilidad de conservar la geometría de los especímenes, el impedimento de que un mismo conjunto de medidas pueda dar lugar a diferentes *formas*— o al estudio de la morfología dental mediante rasgos no métricos —problemas en la definición de los rasgos, el uso de diferentes escalas de medidas en función del estudio, dificultades observacionales del grado de expresión.

La principal limitación que se ha presentado en este estudio de morfometría geométrica de cara a la aplicación de estadística multivalente, es el empleo de *semilandmarks* para capturar la *forma* de los dientes, puesto que suponían un elevado número de variables para ser analizadas *a posteriori*. Ante la premisa de tener que emplear un número de variables menor al número de individuos que formaba el grupo con menor tamaño muestral, ha sido necesario trabajar con componentes principales, que reducen la dimensionalidad de los datos y el número de variables en los análisis. Se ha intentado incluir siempre un mínimo de componentes principales que explicaran al menos el 95% de la varianza; no obstante, el número se ha visto limitado en cada diente en función de la muestra disponible.

Los métodos empleados en la clasificación de los individuos del análisis discriminante han sido las propias variables originales y la validación cruzada. La clasificación original es aquella en la que todos los casos son clasificados por medio de funciones creadas empleando la información contenida en todos los casos que conforman la muestra. La validación cruzada realiza la clasificación de manera secuencial, deja un caso fuera y con los restantes crea la función que clasifica dicho caso que ha quedado fuera. En general, el método basado en las variables originales es más “optimista”, puesto que subestima el número de errores en la clasificación y en algunos casos este sesgo puede ser grave (Braga-Neto *et al.*, 2004). La validación cruzada se encuentra más próxima a la imparcialidad y es preferida, por ello, frente a la clasificación según las variables originales. No obstante, hay investigadores que han planteado que la validación cruzada puede presentar errores en casos en los que la muestra es pequeña (Braga-Neto y Dougherty, 2004; Fu *et al.*, 2005; Isaksson *et al.*, 2008). En muestras grandes y robustas, el valor de la validación cruzada y de las variables originales debe ser aproximado (Webster y Sheet, 2010).

En este trabajo, en la mayoría de los casos, la clasificación de las variables originales proporciona resultados más altos que la validación cruzada, llegando en algunos casos a duplicar el porcentaje de clasificación y en otros permanecen iguales o muy próximos (Tablas 7.111, 7.112, 7.116 y 7.117).

7.6.1. Dentición primaria

La dentición primaria muestra resultados dispares en los diferentes análisis realizados con el fin de estimar el sexo en cada diente. Tan solo las variables del primer molar superior y del segundo incisivo inferior tienen poder para discriminar entre los sexos.

Los porcentajes de fiabilidad resultantes ofrecen amplios rangos de variación entre los dientes y los porcentajes altos no siempre se corresponden con la diferenciación por grupos. Los dientes que presentan mejores resultados de clasificación son el primer molar superior, el segundo incisivo inferior, el canino superior y el primer molar inferior. De estos, los dos primeros mencionados, son los únicos que presentan variables con poder discriminante por sexo; sin embargo, el valor de la Lambda de Wilks no es especialmente bajo, sobre todo en el caso del segundo molar inferior. Los otros dos dientes con altos porcentajes de fiabilidad presentan diferencias entre los grupos; sin embargo, no llegan a ser significativos, aunque por una mínima diferencia (Tablas 7.111 y 7.112). Estos dos últimos casos coinciden en tener un tamaño muestral mucho más reducido que los otros dos dientes, de modo, que sería necesario ampliar el número para comprobar que si esta es la causa de que tengan altos valores de clasificación y diferencias entre grupos, pero no sobrepasen el valor de la significación estadística.

Junto a los análisis discriminantes se testó la significancia de las diferencias entre las media de cada diente a través de las distancias parciales de Procrustes. En ninguno de los casos las distancias entre las medias de los dos grupos ofrecieron resultados estadísticamente significativos, ni siquiera en los casos en los que análisis discriminantes determinaron el poder discriminante de las variables, en este caso, los componentes principales. Los dientes que presentan menor variabilidad entre los grupos son los incisivos centrales y los que más los caninos; el resto de la dentición presenta valores intermedios (Tabla 7.113).

Tras la revisión de la literatura científica que cuenta con numerosos artículos que demuestran las diferencias en el tamaño de la dentición humana entre los sexos se decidió realizar los análisis discriminantes incluyendo, también, el tamaño del centroide como variable de tamaño. Tras ellos se han obtenido resultados muy variados entre los dientes primarios, por lo que no ha podido afirmarse si la inclusión de la variable de tamaño junto a las de *forma* favorezca, empeore o no altere los datos obtenidos. Tanto es así, que en varios dientes esta inserción daba lugar a diferentes cambios en función del método en el que se basaba el análisis discriminante. Por ejemplo, el primer molar superior presenta una clasificación total por sexo, en función de las variables de *forma*, del 86,98% basada en los datos originales y del 73,7% basada en la validación cruzada; sin embargo, si se introduce el tamaño del centroide, los resultados de la validación cruzada se mantienen, pero los de la clasificación original aumentan a un 92,1%. La validación cruzada se mantiene a pesar de que el valor de la Lambda de Wilks muestra mayores diferencias entre los grupos y aún más significación estadística con respecto al análisis realizado únicamente con las variables de *forma* (Tabla 7.111). En el caso del segundo incisivo inferior, por el contrario, la inclusión de la variable de tamaño no supone cambios en la clasificación en función de las variables originales (78,1%); sin embargo, mediante la validación cruzada se produce un descenso en la fiabilidad del 78,1% al 71,9% (Tabla 7.112).

De este modo, teniendo en cuenta únicamente los dientes que presentan poder discriminante en la clasificación por sexos, y empleados anteriormente como ejemplo, los resultados al incluir el tamaño junto a las variables de *forma* suponen el descenso de la fiabilidad de clasificación en el caso del segundo incisivo inferior y una mejora en el caso del primer molar superior. No obstante, el segundo incisivo inferior o dientes con mayores diferencias entre grupos y para los que previamente se ha propuesto una ampliación de muestra para futuros estudios, si se incluye el tamaño se produce una reducción en las discrepancias entre los grupos.

Estos resultados concuerdan con los numerosos estudios que corroboran las diferencias entre los sexos al estudiar el tamaño de los dientes primarios (De Vito y Saunders, 1990; Coughlin, 1967; Harris *et al.*, 2001; Harris y Lease, 2005; Moorrees *et al.*, 1957; Viciano, 2012; Viciano *et al.*, 2013). Pero también lo hacen con los investigadores que no han encontrado diferencias en el tamaño de los dientes primarios entre sexos, de modo que no los consideran adecuados para

la estimación del sexo (Alvrus, 2000; Cardoso, 2010). No obstante, es necesario tener en cuenta que los estudios llevados a cabo para analizar el dimorfismo sexual en la dentición primaria han sido realizados principalmente a través del tamaño de los dientes, como los citados previamente, o a través del desarrollo y emergencia dental (Demirjian, 1986; Demirjian y Levesque, 1980; Irurita *et al.*, 2014b; Smith, 1991). Los que estudian la morfología de la dentición primaria lo hacen a través de rasgos dentales no métricos (Saunders y Mayhall, 1982; Townsend y Brown, 1981). De este modo, los resultados no son del todo equiparables, puesto que el presente estudio se centra en la *forma* de los dientes.

La variable de tamaño analizada de manera individual no presenta diferencias significativas en ninguno de los dientes, lo cual se debe en muchos de los casos a la similitud de valores medios del tamaño del centroide entre los dos sexos; llegando a ser superior en numerosas ocasiones el de sexo femenino que el de sexo masculino. Estos resultados contrastan con la idea generalizada de que los dientes de individuos masculinos son de mayor tamaño que los femeninos (Tabla 7.114).

Ante estos datos se hace necesario el planteamiento de nuevos análisis con mayor número de dientes en los que se pueda comprobar si el empleo de la *forma* es suficiente para discriminar en función del sexo, o si es necesario la inclusión del tamaño para obtener mayores diferencias entre los grupos, y por lo tanto, mayor fiabilidad.

En cuanto a la clasificación de la dentición primaria por sexo no puede afirmarse que uno de los grupos sea mejor clasificado por encima del otro; hay varios casos en los que los resultados son idénticos y en otros existen diferencias pero mínimas. Es también reseñable que no se mantienen los valores en función del método o de si se incluye el tamaño del centroide. Hay dientes en los que la inclusión de las variables de tamaño invierte los resultados favorables a un sexo u a otro, pero también cambian si se tiene en cuenta el método de la validación cruzada o de las variables originales (Tablas 7.111 y 7.112).

Los dientes primarios que muestran diferencias estadísticamente significativas, en el presente trabajo son el primer molar superior y el segundo incisivo inferior; de modo que son los únicos dientes que pueden emplearse en la discriminación por sexo (Tablas 7.111 y 7.112).

El dimorfismo sexual del molar coincide con los resultados de otros trabajos en los que los molares son los dientes que presentan mayor grado de dimorfismo sexual; no obstante, no se mantiene para el segundo incisivo (Kuswandari y Nishino, 2004, Rodríguez–Florez *et al.*, 2008; Viciano *et al.*, 2013; Yuen *et al.*, 1997). Es necesario tener en cuenta que estos estudios realizan análisis de odontometría, y que en el caso de este trabajo se analiza la *forma* del diente; de modo, que un diente puede resultar dimórfico en la *forma* pero no en el tamaño y viceversa.

La comparación más directa que se puede realizar con este estudio es el realizado con la misma colección de dentición primaria procedente del cementerio de San José de Granada, también con el fin de estudiar el dimorfismo sexual existente, solo que en ese caso a través de odontometría (Viciano, 2012; Viciano *et al.*, 2013). Dichos resultados presentan como dientes primarios más dimórficos los molares, con una precisión de clasificación entre 78,1 y 93,1% a través de la aplicación de funciones discriminantes. La diferencia entre los resultados clasificatorios obtenidos entre ambos estudios puede ser la región analizada del diente. La ausencia de comparativa con estudios de la *forma* del diente para la estimación del sexo es la falta de estudios que analicen la morfología de la dentición primaria.

A pesar de que se considera que la dentición primaria cuenta con un menor grado de dimorfismo sexual con respecto a la permanente (Farmer y Townsend, 1993; Harris y Lease, 2005; Mitsea *et al.*, 2014; Moorrees *et al.*, 1957), en el presente trabajo, es la primera dentición la que muestra mayores diferencias en los análisis entre los sexos.

Tabla 7.111. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño de la dentición superior primaria

i ¹		Resultados de clasificación							
		Lambda Wilks		Masculino		Femenino		Total	
		λ	Sig.	n	%	n	%	n	%
<i>Forma</i>	Originales	0,983	0,956	12/24	50,0	12/19	63,2	24/34	55,8
	V.cruzada			9/24	37,5	6/19	31,6	15/34	34,9
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,983	0,986	12/24	20,0	12/19	63,2	24/34	55,8
	V.cruzada			7/24	29,2	12/19	63,2	19/34	23,3
i ²	Originales	0,919	0,623	10/19	52,6	10/16	62,5	20/35	57,1
	V.cruzada			8/19	42,1	7/16	43,8	15/35	42,9
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,851	0,289	12/19	63,2	11/16	68,8	23/35	65,7
	V.cruzada			11/19	57,9	8/16	50,0	19/35	54,3
c	Originales	0,659	0,060	8/10	80,0	8/10	80,0	16/20	80,0
	V.cruzada			7/10	70,0	7/10	70,0	14/20	70,0
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,569	0,120	8/10	80,0	8/10	80,0	16/20	80,0
	V.cruzada			7/10	70,0	7/10	70,0	14/20	70,0
m ¹	Originales	0,358	0,008**	17/21	81,0	16/17	94,1	33/38	86,8
	V.cruzada			15/21	71,4	13/17	76,5	28/38	73,7
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,319	0,005**	18/21	85,7	17/17	100	35/38	92,1
	V.cruzada			15/21	71,4	13/17	76,5	28/38	73,7
m ²	Originales	0,962	0,961	2/5	40,0	4/6	66,7	6/11	54,5
	V.cruzada			0/5	0,0	3/6	50,0	3/6	27,3
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,959	0,990	2/5	40,0	3/6	50,0	5/11	45,5
	V.cruzada			1/5	20,0	2/6	33,3	3/11	27,3

Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001; n, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra; TC, tamaño del centroide.

Tabla 7.112. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño de la dentición inferior primaria

		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
		λ	Sig.	Masculino		Femenino		Total	
				n	%	n	%	n	%
<i>i</i> ₁									
<i>Forma</i>	Originales	0,941	0,627	16/29	55,2	11/18	61,1	27/47	57,4
	V.cruzada			15/29	61,1	7/18	38,9	22/47	46,8
<i>Forma</i> +TC	Originales	0,933	0,712	13/29	65,5	11/18	61,1	30/47	63,8
	V.cruzada			14/29	48,3	6/18	33,3	20/47	42,2
<i>i</i> ₂									
<i>Forma</i>	Originales	0,726	0,028*	17/20	85,0	8/12	66,7	25/32	78,1
	V.cruzada			17/20	85,0	8/12	66,7	25/32	78,1
<i>Forma</i> +TC	Originales	0,716	0,053	17/20	85,0	8/12	66,7	25/32	78,1
	V.cruzada			17/20	85,0	6/12	50,0	23/32	71,9
<i>c</i>									
<i>Forma</i>	Originales	0,658	0,167	4/6	66,7	6/8	75,0	10/14	71,4
	V.cruzada			2/6	33,3	4/8	50,0	6/14	42,9
<i>Forma</i> +TC	Originales	0,479	0,221	6/6	100	6/8	75,0	12/14	85,7
	V.cruzada			3/6	50,0	6/8	75,0	9/14	64,3
<i>m</i> ₁									
<i>Forma</i>	Originales	0,386	0,085	14/15	93,3	12/15	80,0	26/30	86,7
	V.cruzada			10/15	66,7	11/15	73,3	21/30	70,0
<i>Forma</i> +TC	Originales	0,386	0,131	14/15	93,3	12/15	80,0	26/30	86,7
	V.cruzada			9/15	60,0	10/15	66,7	17/30	63,3
<i>m</i> ₂									
<i>Forma</i>	Originales	0,609	0,429	7/9	77,8	6/8	75,0	13/17	76,5
	V.cruzada			4/9	44,4	4/8	50,0	8/17	47,1
<i>Forma</i> +TC	Originales	0,607	0,570	7/9	77,8	5/8	62,5	12/17	70,6
	V.cruzada			3/9	33,3	4/8	50,0	7/17	41,2

Lambda de Wilks (λ) con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; n, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra; TC, tamaño del centroide.

Tabla 7.113. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* de la dentición primaria. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
i^1				
Masculino	24			
Femenino	19	0,0116	0,21	0,903
i^2				
Masculino	19			
Femenino	16	0,0236	0,68	0,538
c'				
Masculino	10			
Femenino	10	0,0444	1,82	0,151
m^1				
Masculino	21			
Femenino	17	0,0167	0,93	0,463
m^2				
Masculino	5			
Femenino	6	0,0227	0,42	0,793
i_1				
Masculino	29			
Femenino	18	0,0148	0,35	0,775
i_2				
Masculino	20			
Femenino	12	0,0318	1,21	0,306
$c,$				
Masculino	6			
Femenino	8	0,0551	1,14	0,360
m_1				
Masculino	15			
Femenino	15	0,0350	1,68	0,111
m_2				
Masculino	9			
Femenino	8	0,0360	1,31	0,240

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de $*p \leq 0,05$, $**p \leq 0,01$, $***p \leq 0,001$.

Tabla 7.114. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide de la dentición primaria, t de Student para variables independientes

		n	Tamaño centroide		t de Student																																																																																																																			
			Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.																																																																																																																
i ¹	Masculino	24	4,06	0,391	-0,178	0,020	41	0,860																																																																																																																
	Femenino	19	4,08	0,367					i ²	Masculino	19	4,17	0,517	0,783	0,113	33	0,439	Femenino	16	4,06	0,276	c'	Masculino	10	4,67	0,581	0,428	0,091	18	0,673	Femenino	10	4,58	0,334	m ¹	Masculino	21	22,68	1,867	0,585	0,327	36	0,562	Femenino	17	22,25	1,498	m ²	Masculino	5	27,96	1,616	0,109	0,099	9	0,915	Femenino	6	27,86	1,379	i ₁	Masculino	29	3,18	0,274	0,769	0,057	45	0,446	Femenino	18	3,12	0,199	i ₂	Masculino	20	3,57	0,281	-0,486	0,048	30	0,630	Femenino	12	3,62	0,254	c ₁	Masculino	6	4,36	0,159	-0,690	-0,064	12	0,503	Femenino	8	4,42	0,182	m ₁	Masculino	15	22,31	1,193	0,402	0,198	28	0,691	Femenino	15	22,12	1,490	m ₂	Masculino	9	28,10	2,183	-0,034	-0,0331	15
i ²	Masculino	19	4,17	0,517	0,783	0,113	33	0,439																																																																																																																
	Femenino	16	4,06	0,276					c'	Masculino	10	4,67	0,581	0,428	0,091	18	0,673	Femenino	10	4,58	0,334	m ¹	Masculino	21	22,68	1,867	0,585	0,327	36	0,562	Femenino	17	22,25	1,498	m ²	Masculino	5	27,96	1,616	0,109	0,099	9	0,915	Femenino	6	27,86	1,379	i ₁	Masculino	29	3,18	0,274	0,769	0,057	45	0,446	Femenino	18	3,12	0,199	i ₂	Masculino	20	3,57	0,281	-0,486	0,048	30	0,630	Femenino	12	3,62	0,254	c ₁	Masculino	6	4,36	0,159	-0,690	-0,064	12	0,503	Femenino	8	4,42	0,182	m ₁	Masculino	15	22,31	1,193	0,402	0,198	28	0,691	Femenino	15	22,12	1,490	m ₂	Masculino	9	28,10	2,183	-0,034	-0,0331	15	0,973	Femenino	8	28,13	1,718								
c'	Masculino	10	4,67	0,581	0,428	0,091	18	0,673																																																																																																																
	Femenino	10	4,58	0,334					m ¹	Masculino	21	22,68	1,867	0,585	0,327	36	0,562	Femenino	17	22,25	1,498	m ²	Masculino	5	27,96	1,616	0,109	0,099	9	0,915	Femenino	6	27,86	1,379	i ₁	Masculino	29	3,18	0,274	0,769	0,057	45	0,446	Femenino	18	3,12	0,199	i ₂	Masculino	20	3,57	0,281	-0,486	0,048	30	0,630	Femenino	12	3,62	0,254	c ₁	Masculino	6	4,36	0,159	-0,690	-0,064	12	0,503	Femenino	8	4,42	0,182	m ₁	Masculino	15	22,31	1,193	0,402	0,198	28	0,691	Femenino	15	22,12	1,490	m ₂	Masculino	9	28,10	2,183	-0,034	-0,0331	15	0,973	Femenino	8	28,13	1,718																					
m ¹	Masculino	21	22,68	1,867	0,585	0,327	36	0,562																																																																																																																
	Femenino	17	22,25	1,498					m ²	Masculino	5	27,96	1,616	0,109	0,099	9	0,915	Femenino	6	27,86	1,379	i ₁	Masculino	29	3,18	0,274	0,769	0,057	45	0,446	Femenino	18	3,12	0,199	i ₂	Masculino	20	3,57	0,281	-0,486	0,048	30	0,630	Femenino	12	3,62	0,254	c ₁	Masculino	6	4,36	0,159	-0,690	-0,064	12	0,503	Femenino	8	4,42	0,182	m ₁	Masculino	15	22,31	1,193	0,402	0,198	28	0,691	Femenino	15	22,12	1,490	m ₂	Masculino	9	28,10	2,183	-0,034	-0,0331	15	0,973	Femenino	8	28,13	1,718																																		
m ²	Masculino	5	27,96	1,616	0,109	0,099	9	0,915																																																																																																																
	Femenino	6	27,86	1,379					i ₁	Masculino	29	3,18	0,274	0,769	0,057	45	0,446	Femenino	18	3,12	0,199	i ₂	Masculino	20	3,57	0,281	-0,486	0,048	30	0,630	Femenino	12	3,62	0,254	c ₁	Masculino	6	4,36	0,159	-0,690	-0,064	12	0,503	Femenino	8	4,42	0,182	m ₁	Masculino	15	22,31	1,193	0,402	0,198	28	0,691	Femenino	15	22,12	1,490	m ₂	Masculino	9	28,10	2,183	-0,034	-0,0331	15	0,973	Femenino	8	28,13	1,718																																															
i ₁	Masculino	29	3,18	0,274	0,769	0,057	45	0,446																																																																																																																
	Femenino	18	3,12	0,199					i ₂	Masculino	20	3,57	0,281	-0,486	0,048	30	0,630	Femenino	12	3,62	0,254	c ₁	Masculino	6	4,36	0,159	-0,690	-0,064	12	0,503	Femenino	8	4,42	0,182	m ₁	Masculino	15	22,31	1,193	0,402	0,198	28	0,691	Femenino	15	22,12	1,490	m ₂	Masculino	9	28,10	2,183	-0,034	-0,0331	15	0,973	Femenino	8	28,13	1,718																																																												
i ₂	Masculino	20	3,57	0,281	-0,486	0,048	30	0,630																																																																																																																
	Femenino	12	3,62	0,254					c ₁	Masculino	6	4,36	0,159	-0,690	-0,064	12	0,503	Femenino	8	4,42	0,182	m ₁	Masculino	15	22,31	1,193	0,402	0,198	28	0,691	Femenino	15	22,12	1,490	m ₂	Masculino	9	28,10	2,183	-0,034	-0,0331	15	0,973	Femenino	8	28,13	1,718																																																																									
c ₁	Masculino	6	4,36	0,159	-0,690	-0,064	12	0,503																																																																																																																
	Femenino	8	4,42	0,182					m ₁	Masculino	15	22,31	1,193	0,402	0,198	28	0,691	Femenino	15	22,12	1,490	m ₂	Masculino	9	28,10	2,183	-0,034	-0,0331	15	0,973	Femenino	8	28,13	1,718																																																																																						
m ₁	Masculino	15	22,31	1,193	0,402	0,198	28	0,691																																																																																																																
	Femenino	15	22,12	1,490					m ₂	Masculino	9	28,10	2,183	-0,034	-0,0331	15	0,973	Femenino	8	28,13	1,718																																																																																																			
m ₂	Masculino	9	28,10	2,183	-0,034	-0,0331	15	0,973																																																																																																																
	Femenino	8	28,13	1,718																																																																																																																				

N, tamaño de la muestra; DE, desviación estándar; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

7.6.2. Dentición permanente

La dentición permanente muestra resultados de clasificación más pobres que la primaria, y a pesar de que hay resultados clasificatorios altos, en ninguno de los dientes las variables han resultado discriminantes en los análisis realizados. Tan solo se han podido aplicar los análisis en la dentición lateral ya que la anterior no contaba con suficiente tamaño muestra. Esto ha supuesto una pérdida de información importante, en concreto en lo referente al canino, puesto que es el diente más dimórfico de la dentición permanente (Garn *et al.*, 1967). Las variables originales mantienen valores de clasificación más altos con respecto a la validación cruzada.

En ninguno de los dientes permanentes analizados, las variables han resultado discriminantes para distinguir por sexo, aunque en algunos casos como el segundo premolar superior o el primero inferior el valor de la Lambda de Wilks se encuentra cercano a la significancia, lo que hace pensar en una posibilidad de ampliación de la muestra para comprobar si puede darse esa discriminación.

Junto a los análisis discriminantes se testó la diferencia entre las medias de cada diente a través de las distancias parciales de Procrustes. En ninguno de los casos las distancias entre las medias de los dos grupos ofrecieron resultados estadísticamente significativos. Los dientes inferiores presentaron mayor variabilidad que los superiores, no obstante, la diferencia era reducida. Y entre los tipos de dientes no se puede constatar diferencias entre ellos puesto que las distancias que presentan entre las medias son similares (Tablas 7.117 y 7.118).

Al igual que se hizo con la dentición primaria, se procedió a introducir la variable tamaño con el fin de comparar los resultados obtenidos solo con la *forma* de los dientes y los obtenidos, además, con el tamaño del centroide. También es numerosa la literatura científica que ha constatado la existencia de diferencias en el tamaño de los dientes permanentes entre los individuos de sexo femenino y los de sexo masculino (Alvesalo, 1997; Ayoub *et al.*, 2014; Garn *et al.*, 1966; Garn *et al.*, 1967; Gupta *et al.*, 2014; Haralabakis *et al.*, 2005; Hattab *et al.*, 1996; Kieser, 1990; Lysell y Myrberg, 1982; Schwartz y Dean, 2005; Stroud *et al.*, 1994; Viciano, 2012, Viciano *et al.*, 2011; Viciano *et al.*, 2013; Zorba *et al.*, 2012). Cabría esperar una mejora en los resultados de la *forma* o al menos que se mantuvieran igual; sin embargo, en muchos de los dientes la introducción de la variable de tamaño ha supuesto un descenso en la clasificación por sexo o un aumento de la mezcla entre los grupos. Y de nuevo, el aumento o disminución

de los valores no era constante entre los métodos empleados, sino que varía en función de si la clasificación se realiza a través de las variables originales o mediante la validación cruzada.

La comparación del tamaño del centroide entre los sexo ofrece resultados muy similares a los de la dentición primaria. En ningún caso existen diferencias significativas entre los grupos y, además, el tamaño medio en algunos dientes resulta mayor en el sexo femenino que en el masculino. Tampoco se pueden hacer distinciones por tipo de diente o entre mandíbula y maxilar (Tablas 7.119 y 7.120).

No se puede determinar que mediante esta técnica de análisis uno de los sexos obtenga mejores resultados que el otro en el estudio de la dentición permanente, ya que los valores varían entre los casos y también entre los métodos.

El diente más dimórfico de la dentición permanente es el canino, tal y como constatan numerosos artículos de la literatura científica (Acharya y Mainali, 2007, 2008; Cardoso, 2008; Garn *et al.*, 1964; Hattab *et al.*, 1996; Ling y Wong, 2007; Moorrees *et al.*, 1957; Viciano *et al.*, 2013; Vodanović *et al.*, 2007; Zorba *et al.*, 2011). No obstante, en el presente trabajo no ha podido comprobarse debido a la falta de tamaño muestral por parte de dicho diente.

Estudios como el de Polychronis y colaboradores (2013) tampoco encuentran dimorfismo sexual en la *forma*, en su caso en los primeros molares superiores e inferiores permanentes mediante el escaneo en 3 dimensiones de las superficies oclusales de dichos dientes.

Tabla 7.115. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño de la dentición superior permanente

		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
				Masculino		Femenino		Total	
		λ	Sig.	n	%	n	%	n	%
I^1									
<i>Forma</i>	Originales	-	-	-	-	-	-	-	-
	V.cruzada	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Forma+TC</i>	Originales	-	-	-	-	-	-	-	-
	V.cruzada	-	-	-	-	-	-	-	-
I^2									
<i>Forma</i>	Originales	-	-	-	-	-	-	-	-
	V.cruzada	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Forma+TC</i>	Originales	-	-	-	-	-	-	-	-
	V.cruzada	-	-	-	-	-	-	-	-
C									
<i>Forma</i>	Originales	-	-	-	-	-	-	-	-
	V.cruzada	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Forma+TC</i>	Originales	-	-	-	-	-	-	-	-
	V.cruzada	-	-	-	-	-	-	-	-
p^1									
<i>Forma</i>	Originales	0,687	0,376	19/27	70,4	18/22	81,8	37/49	75,5
	V.cruzada			16/27	59,3	12/22	54,5	28/49	57,1
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,678	0,387	20/27	74,1	18/22	81,8	38/49	77,6
	V.cruzada			14/27	51,9	15/22	68,2	29/49	59,2
p^2									
<i>Forma</i>	Originales	0,656	0,060	26/32	81,3	25/29	86,6	51/61	83,6
	V.cruzada			20/32	62,5	19/29	65,5	39/61	63,9
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,654	0,060	26/32	81,3	25/29	86,6	51/61	83,6
	V.cruzada			19/32	59,4	18/29	62,1	37/61	60,7
M^1									
<i>Forma</i>	Originales	0,679	0,406	21/26	80,8	16/24	66,7	37/50	74,0
	V.cruzada			10/26	38,5	12/24	50,0	22/50	44,0
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,655	0,391	21/26	80,8	16/24	66,7	37/50	74,0
	V.cruzada			14/26	53,8	12/24	50,0	26/50	52,0
M^2									
<i>Forma</i>	Originales	0,743	0,334	22/32	68,8	23/34	67,6	45/66	68,2
	V.cruzada			17/32	53,1	20/34	58,8	37/66	56,1
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,696	0,200	21/32	65,6	23/34	67,6	44/66	66,7
	V.cruzada			19/32	59,4	17/34	50,0	36/66	54,5
M^3									
<i>Forma</i>	Originales	0,888	0,511	7/11	63,3	7/12	58,3	14/23	60,9
	V.cruzada			5/11	45,5	7/12	58,3	12/23	52,2
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,888	0,508	7/11	63,3	7/12	58,3	14/23	60,9
	V.cruzada			5/11	45,5	6/12	50,0	11/23	47,8

λ , Lambda de Wilks con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; n, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra; TC, tamaño del centroide.

Tabla 7.116. Análisis de función discriminante para la *forma* y el tamaño de la dentición inferior permanente

		Lambda Wilks		Resultados de clasificación					
				Masculino		Femenino		Total	
		λ	Sig.	n	%	n	%	n	%
I^1									
<i>Forma</i>	Originales	-	-	-	-	-	-	-	-
	V.cruzada	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Forma+TC</i>	Originales	-	-	-	-	-	-	-	-
	V.cruzada	-	-	-	-	-	-	-	-
I^2									
<i>Forma</i>	Originales	-	-	-	-	-	-	-	-
	V.cruzada	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Forma+TC</i>	Originales	-	-	-	-	-	-	-	-
	V.cruzada	-	-	-	-	-	-	-	-
C									
<i>Forma</i>	Originales	-	-	-	-	-	-	-	-
	V.cruzada	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Forma+TC</i>	Originales	-	-	-	-	-	-	-	-
	V.cruzada	-	-	-	-	-	-	-	-
p^1									
<i>Forma</i>	Originales	0,888	0,078	8/9	88,9	6/7	85,7	13/16	87,5
	V.cruzada			6/9	66,7	5/7	71,4	11/16	68,8
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,420	0,145	8/9	88,9	6/7	85,7	13/16	87,5
	V.cruzada			5/9	55,6	4/7	57,1	9/16	56,3
p^2									
<i>Forma</i>	Originales	0,878	0,088	10/11	90,9	6/7	85,7	16/18	88,9
	V.cruzada			7/11	63,6	5/7	71,4	12/18	66,7
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,866	0,174	8/11	72,2	6/7	85,7	12/18	77,8
	V.cruzada			7/11	63,6	4/7	57,1	10/18	61,8
M^1									
<i>Forma</i>	Originales	0,645	0,631	7/10	70,0	9/10	90,0	16/20	80,0
	V.cruzada			5/10	50,0	5/10	50,0	10/20	50,0
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,695	0,486	8/10	80,0	9/10	90,0	17/20	85,0
	V.cruzada			3/10	30,0	6/10	60,0	9/20	45,0
M^2									
<i>Forma</i>	Originales	0,748	0,534	18/22	81,8	8/12	66,7	26/34	76,5
	V.cruzada			12/22	54,5	6/12	50,0	18/34	52,9
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,719	0,534	16/22	72,7	8/12	66,7	24/34	70,6
	V.cruzada			14/22	63,6	6/12	50,0	20/34	58,8
M^3									
<i>Forma</i>	Originales	0,643	0,210	12/16	75,0	7/8	87,5	19/24	79,2
	V.cruzada			11/16	68,8	5/8	62,5	16/24	66,7
<i>Forma+TC</i>	Originales	0,642	0,315	12/16	75,0	7/8	87,5	19/24	79,2
	V.cruzada			11/16	68,8	5/8	62,5	16/24	66,7

λ , Lambda de Wilks con significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; n, número de individuos correctamente asignados con respecto al tamaño de la muestra; TC, tamaño del centroide.

Tabla 7.117. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* de la dentición superior permanente. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

		N	DPP	F	Sig.
I ¹	Masculino	-	-	-	-
	Femenino	-	-	-	-
I ²	Masculino	-	-	-	-
	Femenino	-	-	-	-
C	Masculino	-	-	-	-
	Femenino	-	-	-	-
p ¹	Masculino	27	0,0121	0,81	0,566
	Femenino	22			
p ²	Masculino	32	0,0129	1,16	0,290
	Femenino	29			
M ¹	Masculino	26	0,0121	0,62	0,781
	Femenino	24			
M ²	Masculino	32	0,0131	0,87	0,478
	Femenino	34			
M ³	Masculino	11	0,0250	0,78	0,521
	Femenino	12			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

Tabla 7.118. Comparación de la diferencia de medias de la *forma* de la dentición inferior permanente. Test de remuestreo basado en 1.600 iteraciones

	N	DPP	F	Sig.
I_1				
Masculino	–	–	–	–
Femenino	–	–	–	–
I_2				
Masculino	–	–	–	–
Femenino	–	–	–	–
C ₁				
Masculino	–	–	–	–
Femenino	–	–	–	–
P_1				
Masculino	9	0,0292	1,06	0,380
Femenino	7			
P_2				
Masculino	11	0,0393	1,37	0,231
Femenino	9			
M_1				
Masculino	10	0,0256	1,04	0,406
Femenino	10			
M_2				
Masculino	22	0,0167	0,77	0,583
Femenino	12			
M_3				
Masculino	16	0,0321	1,11	0,343
Femenino	8			

N, tamaño de la muestra; DPP, Distancias Procrustes Parciales entre pares de medias; Sig., significación a nivel de * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Tabla 7.119. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide de la dentición superior permanente, t de Student para variables independientes

	n	Tamaño centroide		t de Student			
		Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
I¹							
Masculino	-	-	-	-	-	-	-
Femenino	-	-	-	-	-	-	-
I²							
Masculino	-	-	-	-	-	-	-
Femenino	-	-	-	-	-	-	-
C							
Masculino	-	-	-	-	-	-	-
Femenino	-	-	-	-	-	-	-
p¹							
Masculino	27	26,10	3,807	1,440	1,316	47	0,156
Femenino	22	24,78	2,163				
p²							
Masculino	32	25,60	2,126	0,600	0,335	59	0,551
Femenino	29	25,20	2,224				
M¹							
Masculino	26	34,99	2,263	0,186	0,132	48	0,853
Femenino	24	35,13	2,769				
M²							
Masculino	32	34,50	2,500	1,438	1,009	64	0,155
Femenino	34	33,49	3,161				
M³							
Masculino	11	31,38	2,650	-0,535	-0,628	21	0,598
Femenino	12	31,99	2,950				

N, tamaño de la muestra; DE, desviación estándar; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

Tabla 7.120. Comparación de la diferencia de medias del tamaño del centroide de la dentición inferior permanente, t de Student para variables independientes

	n	Tamaño centroide		t de Student			
		Media	DE	t	Dif. medias	gl	Sig.
I₁							
Masculino	-	-	-	-	-	-	-
Femenino	-	-	-	-	-	-	-
I₂							
Masculino	-	-	-	-	-	-	-
Femenino	-	-	-	-	-	-	-
C₁							
Masculino	-	-	-	-	-	-	-
Femenino	-	-	-	-	-	-	-
P₁							
Masculino	9	23,26	1,36	1,872	1,435	14	0,084
Femenino	7	21,83	1,73				
P₂							
Masculino	11	23,65	1,600	-0,489	0,406	16	0,631
Femenino	9	24,06	1,948				
M₁							
Masculino	10	33,04	3,551	-1,597	-2,308	18	0,598
Femenino	10	35,25	2,549				
M₂							
Masculino	22	34,18	3,042	0,105	0,114	32	0,917
Femenino	12	34,07	3,037				
M₃							
Masculino	16	33,05	3,023	-0,01	0,0125	22	0,992
Femenino	8	33,06	2,541				

N, tamaño de la muestra; DE, desviación estándar; Dif. Medias, valor promedio de las diferencias; gl, grados de libertad; Sig., significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

7.6.3. Dimorfismo sexual y alometría

La relación entre el tamaño y la *forma* de los dientes, es decir, la alometría, se ha estudiado mediante la relación existente entre las coordenadas Procrustes de la *forma* y el tamaño del centroide. En este trabajo se ha analizado la alometría estática, referida a la relación entre *forma* y tamaño en una única etapa de desarrollo, una vez los dientes estaban completamente formados. La identificación del componente alométrico es destacable, puesto que puede dar lugar a errores en la estimación de sexo (Rosas y Bastir, 2002). La interacción de ambos factores debe tenerse en cuenta puesto que una región anatómica puede verse afectada por el efecto de tamaño al igual que puede verse afectada por efecto del sexo.

Se han empleado las deformaciones de la grilla para las comparaciones entre los grupos puesto que son una manera sencilla y eficaz para cotejar la alometría estática en términos morfológicos cualitativos. Los resultados establecen que existe un efecto alométrico en la dentición pero que varía entre los dientes.

Ninguno de los dientes primarios presenta un componente alométrico estático superior al 10%, de modo que la variación morfológica por cambio en el tamaño es reducida. El valor del efecto alométrico no es el mismo para cada diente, sino que varía entre un 1,66% y un 9,46%, y tan solo en dos de ellos resulta significativo (Tabla 7.115).

La dentición permanente superior presenta un efecto alométrico ligeramente menor al de la dentición primaria, con un intervalo que oscila entre 1,59% y 5,98%. La dentición permanente inferior, presenta valores mucho más elevados (4,38%–51,55%; Tablas 7.122 y 123). No obstante, es necesario reparar en el bajo tamaño muestral disponible, sobre todo en el caso de la dentición anterior. De hecho en tan solo dos dientes el efecto es significativo y entre ellos existe una gran diferencia de tamaño del componente: un 1,56% en el caso del segundo molar superior y un 45,52% en el caso del canino inferior.

Una vez reconocida la existencia de un componente alométrico en los dientes analizados, como posible estudio posdoctoral se plantea la necesidad de ampliar esta investigación con los valores residuales de la regresión y una nueva matriz de varianzas, de modo que se pueda estudiar el efecto de la relación entre el tamaño y el sexo de los dientes.

Tabla 7.121. Variación morfológica de la dentición primaria justificada por cambios de tamaño

		n	Componente alométrico	Sig.
i ¹	Masculino	25	2,77%	0,33
	Femenino	19		
i ²	Masculino	19	8,41%	0,04*
	Femenino	16		
c'	Masculino	10	2,76%	0,72
	Femenino	10		
m ¹	Masculino	21	4,19%	0,11
	Femenino	17		
m ²	Masculino	5	5,25%	0,81
	Femenino	6		
i ₁	Masculino	29	1,66%	0,48
	Femenino	18		
i ₂	Masculino	20	9,46%	0,43*
	Femenino	12		
c,	Masculino	6	9,14%	0,34
	Femenino	8		
m ₁	Masculino	15	5,01%	0,16
	Femenino	15		
m ₂	Masculino	9	4,34%	0,75
	Femenino	8		

N, tamaño de la muestra; Sig., significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

Tabla 7.122. Variación morfológica de la dentición superior permanente justificada por cambios de tamaño

	n	Componente alométrico	Sig.
I ¹	8	5,98%	0,78
I ²	-	-	-
C	10	2,04%	0,90
p ¹			
Masculino	27	2,04%	0,42
Femenino	22		
p ²			
Masculino	32	1,59%	0,44
Femenino	29		
M ¹			
Masculino	26	4,07%	0,18
Femenino	24		
M ²			
Masculino	32	3,02%	0,04*
Femenino	34		
M ³			
Masculino	11	4,59%	0,38
Femenino	12		

N, tamaño de la muestra; Sig., significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

Tabla 7.123. Variación morfológica de la dentición inferior permanente justificada por cambios de tamaño

	n	Componente alométrico	Sig.
I ₁	5	51,55%	0,09
I ₂	8	45,52%	0,02*
C ₁	7	28,66%	0,10
P ₁			
Masculino	9	4,38%	0,78
Femenino	7		
P ₂			
Masculino	11	23,17%	0,08
Femenino	9		
M ₁			
Masculino	10	8,01%	0,14
Femenino	10		
M ₂			
Masculino	22	11,46%	0,03*
Femenino	12		
M ₃			
Masculino	16	15,57%	0,01*
Femenino	8		

N, tamaño de la muestra; Sig., significación a nivel de *p ≤ 0,05, **p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

CAPÍTULO 8

Conclusiones Conclusions



1. El análisis del error intraobservador indica una elevada fiabilidad y reproducibilidad en la orientación de los dientes, tanto en los aislados anteriores y laterales, como en los que se encuentran *in situ* en el maxilar o en la mandíbula.
2. El análisis del error intraobservador indica una elevada fiabilidad y reproducibilidad en la localización de los *landmarks* y los *semilandmarks*, tanto en los dientes anteriores como laterales de las denticiones primarias y permanentes.
3. El análisis del error interobservador indica una elevada fiabilidad y reproducibilidad en la localización de los *landmarks* y los *semilandmarks*, tanto en los dientes anteriores como laterales de las denticiones primarias y permanentes.
4. Ante la falta de acuerdo y la complejidad de la evaluación de observaciones en morfometría geométrica, sobre todo cuando el análisis incluye *semilandmarks*, es necesario el desarrollo de nuevos estudios que formulen planteamientos válidos que permitan comprobar la fiabilidad y reproducibilidad de las observaciones.
5. Ambos métodos de *semilandmarks* son efectivos para la captura de contornos.
6. En el deslizamiento de *semilandmarks*, el método de la minimización mediante la energía de torsión produce mayor variación entre y dentro de los grupos que la minimización mediante las distancias de Procrustes. No obstante, existe una correlación muy alta entre los métodos y resultados de los análisis discriminantes muy similares.

7. La comparación de criterios de deslizamiento de *semilandmarks* ha sido llevada a cabo con una muestra real de dentición humana; no obstante, es recomendable la realización de nuevos estudios con mayores tamaños muestrales y con diferentes *formas* biológicas.
8. Los resultados muestran que, en general, no existen diferencias entre las diferentes poblaciones estudiadas; de este modo, pueden ser agrupadas para un análisis conjunto.
9. En general, los resultados solo muestran dimorfismo sexual entre las *formas* de los dientes masculinos y femeninos en la dentición primaria, encontrándose ausente en la permanente.
10. La dentición primaria presenta mayores diferencias entre los sexos que la dentición permanente.
11. Los dientes primarios con poder discriminante para diferenciar por sexo son:
 - El primer molar superior primario una fiabilidad de clasificación del:
 - 86,8% para la *forma* y 92,1% para la *forma* y el tamaño mediante variables originales
 - 73,7% tanto para la *forma*, como para la *forma* y el tamaño mediante la validación cruzada.
 - El segundo incisivo inferior una fiabilidad de clasificación del:
 - 78,1% tanto para la *forma* como para la *forma* y el tamaño mediante variables originales
 - 78,1% para la *forma* y de 71,9% para la *forma* y el tamaño mediante la validación cruzada.
12. La dentición primaria presenta un intervalo de clasificación de la *forma* de los dientes de 54,5–86,8% mediante las variables originales y de 27,3–78,1% mediante la validación cruzada.

13. La dentición primaria presenta un intervalo de clasificación de la *forma* y el tamaño de los dientes de 45,5–92,1% mediante las variables originales y de 23,3–73,7% mediante la validación cruzada.
14. Ninguno de los dientes permanentes presenta poder discriminante para diferenciar por sexo.
15. La dentición permanente presenta un intervalo de clasificación de la *forma* de los dientes de 60,9–88,9% mediante las variables originales y de 44,0–68,8% mediante la validación cruzada.
16. La dentición permanente presenta un intervalo de clasificación de la *forma* y el tamaño de los dientes de 60,9–87,5% mediante las variables originales y de 45,0–66,7% mediante la validación cruzada.
17. La inclusión del tamaño del centroide como variable de tamaño arroja resultados variables; no supone, en todos los casos la mejora o conformidad de los resultados de clasificación.
18. Los valores discriminatorios obtenidos en la dentición primaria, así como el pequeño tamaño muestral o inexistente en algunos dientes hace necesario la ampliación de la muestra para futuros estudios.
19. La dentición primaria presenta un componente alométrico inferior al 10% y la permanente entre 4,38%–51,55%.
20. Dados los resultados del presente trabajo, queda demostrada la aplicabilidad de la morfometría geométrica y el potencial de esta técnica en la resolución de problemas planteados en Antropología Física y Forense.

1. The intra- observer analysis shows high reliability and reproducibility in the orientation of the teeth, both anterior and isolated, as those found *in situ* in the maxilla or mandible.
2. The intra- observer analysis shows high reliability and reproducibility in the location of landmarks and semilandmarks, both the anterior and lateral primary and permanent teeth.
3. The inter-observer analysis shows high reliability and reproducibility in the location of landmarks and semilandmarks, both the anterior and lateral primary and permanent teeth.
4. In the absence of agreement and the complexity of the evaluation of geometric morphometric observations, especially when the analysis includes semi-landmarks, it is necessary to develop new studies which formulate valid approaches in order to check the reliability and reproducibility of the observations.
5. Both semi-landmark methods are as effective in capturing the outlines.
6. In the semi-landmark sliding, the minimum bending energy method results in larger between and within-group variances than the minimum Procrustes distance method. However, there is a very high correlation between the methods and the results of discriminant analysis are very similar.

7. The comparison of criteria for semi-landmark sliding was carried out using a real sample of human dentition; nevertheless, new analyses with larger sample sizes and with different biological forms are recommended.
8. Generally speaking, the results show that there are no differences between diverse populations studied; thus, they can be grouped for a joint analysis.
9. On the whole, the results only attest sexual dimorphism between male and female teeth shape in the primary dentition, being absent in the permanent dentition.
10. The primary dentition shows major differences between the sexes than the permanent dentition.
11. The primary teeth with discriminant power for determining sex are:
 - Maxillary first molar with classification accuracy of:
 - 86.8% using shape and 92.1% using size and shape by means of the original variables
 - 73.3% using shape as well as size and shape by means of the cross-validation
 - Mandibular lateral incisor with classification accuracy of:
 - 78.1% using shape or size and shape by means of the original variables
 - 78.1% using shape and 71.9% using size and shape through the cross-validation
12. The classification success rates of primary dentition based on shape variables are 54.5–86.8% using the original variables, and 27.3–78.1% after cross-validation.
13. The classification accuracies of the primary dentition based on shape and size variables are 45.5–92.1% employing the original variables and 23.3–73.7% after cross-validation.

14. None of the permanent teeth has discriminant power for determining sex.
15. The classification success rates of permanent dentition based on shape variables are 60.9–88.9% using the original variables and 44.0–68.8% after cross-validation.
16. The classification accuracies of permanent dentition based on shape and size variables are 60.9–87.5% employing the original variables and 45.0–66.7% after cross-validation.
17. The inclusion of the centroid size (as size variable) shows mixed results; it does not suppose the improvement or conformity of the classification results in all cases.
18. The classification results obtained both in the primary dentition and in the small sample size make necessary the sample extension for future studies.
19. The primary dentition presents an allometric component less than 10% and in case of the permanent dentition it is between 4.38% and 51.55%.
20. The results obtained in the present study demonstrate the applicability of geometric morphometric and the potential of this technique in solving the problems considered in Physical and Forensic Anthropology.

Anexos



ANEXO I

EL USO DE FOTOGRAFÍAS EN ESTUDIOS DE MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA

El presente análisis de morfometría geométrica se ha llevado a cabo sobre fotografías en dos dimensiones, lo que supone una serie de ventajas y desventajas frente a otro tipo de instrumentos que permiten la toma de datos, como puede ser un escáner de tres dimensiones o un digitalizador.

Las principales ventajas del uso de la fotografía son el bajo coste económico, la rapidez en la toma de imágenes y la posibilidad de reprocesar las imágenes.

El bajo coste económico del proceso se debe a que el equipo necesario se reduce a una cámara fotográfica y a un soporte en el que situarla. El acceso a una cámara está al alcance de cualquier investigador, lo que hace de ésta, una metodología muy asequible.

La toma de fotografías puede ser relativamente rápida una vez que el proceso se ha automatizado, dando como resultado una serie de imágenes, de las que *a posteriori*, se podrá obtener una gran cantidad de información tras la captura de *landmarks*.

A esto se suma que una vez obtenidas las fotografías, pueden ser reutilizadas para estudios posteriores, ya que pueden ser reprocesadas para otro tipo de análisis o puede llevarse a cabo una nueva captura de *landmarks* de otros caracteres morfológicos.

Sin embargo, el análisis sobre fotografías presenta principalmente tres inconvenientes, frente al uso de otro tipo de herramientas: la pérdida de tridimensionalidad, la dificultad de la orientación de los objetos y, frente al

escáner de tres dimensiones, la imposibilidad de reorientar la imagen para retomar los puntos de referencia.

Con la fotografía la imagen se ve reducida de tres a dos dimensiones, lo que implica una pérdida de parte de la información, debido a la falta de la profundidad. Esta desventaja debe ser matizada, ya que esa información puede ser prescindible en función del estudio.

En cuanto a la orientación del objeto a fotografiar, hay que tener en cuenta que si no se lleva a cabo de la forma correcta y se producen variaciones de una toma a otra, se da lugar a errores. Los objetos, en este caso los dientes, deben colocarse siempre con la misma orientación.

Y por último, la fotografía no nos permite subsanar errores si está mal tomada. Por ejemplo, si al realizar la fotografía de la superficie oclusal de un molar, éste se encuentra inclinado, los puntos de referencia no serán tomados donde deberían y, por tanto, el resultado del análisis no es real. Una vez realizada la fotografía, aunque nos percatemos del error en la imagen, ésta no podrá ser manipulada, sino que, siempre que sea posible, deberá realizarse de nuevo. En cambio, si la imagen se toma en tres dimensiones con un escáner, se conserva la tridimensionalidad del objeto, lo que permite, su reorientación tantas veces como sean necesarias.

ANEXO II

EL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN INTRACLASE

El coeficiente de correlación intraclass (CCI) fue introducido por Fisher como una formulación especial del coeficiente de correlación de Pearson, que se había empleado como índice de la concordancia de forma errónea.

Desde un punto de vista matemático, el índice más apropiado para cuantificar la concordancia entre diferentes mediciones de variables cuantitativas es el coeficiente de correlación intraclass (Fernández *et al.*, 2003; Prieto *et al.*, 1998).

Este coeficiente se define como la proporción de la variabilidad total que es debida a la variabilidad de los sujetos (Cortés-Reyes *et al.*, 2010); estima el promedio de las correlaciones entre todas las posibles ordenaciones de los pares de observaciones disponibles (Fernández *et al.*, 2003). Presenta la gran ventaja de que puede ser empleado sobre dos o más medidas por sujeto.

El coeficiente de correlación intraclass se basa en que la variabilidad total de las mediciones se desgrana en dos componentes (Cortés-Reyes *et al.*, 2010):

- (i) la variabilidad debida a las diferencias entre los diferentes sujetos
- (ii) la variabilidad debida a la medición para cada sujeto, que a su vez se divide en:
 - (a) variabilidad entre observaciones
 - (b) variabilidad residual o aleatoria, debida al error que conlleva toda medición.

Los valores obtenidos del análisis pueden oscilar entre 0 y 1, donde 0 supone una total ausencia de concordancia y 1 la total concordancia entre las observaciones obtenidas.

La interpretación de estos valores es muy subjetiva, por lo que se han propuesto diferentes tablas de acuerdo para su interpretación. La más extendida es la clasificación de Fleiss (1986) para definir el grado de acuerdo:

Valor de la concordancia	Grado de acuerdo
<0,4	Pobre
0,41–0,75	Bueno
>0,75	Excelente

También es frecuente el empleo de la clasificación de Landis y Koch para el coeficiente Kappa (1977):

Valor de la concordancia	Grado de acuerdo
<0,00	Pobre
0,00–0,20	Leve
0,21–0,40	Aceptable
0,41–0,60	Moderada
0,61–0,80	Considerable
0,81–1	Casi perfecta

No obstante, aunque este coeficiente es muy empleado para medir concordancia, no es un método ideal debido a que tiene varios supuestos difíciles de cumplir (Cortés-Reyes *et al.*, 2010):

- (i) Los métodos evaluados provienen de una muestra al azar de una población de sujetos
- (ii) El error de medición es similar para cada uno de los métodos
- (iii) Depende de los valores en estudio: si la variabilidad entre ellos es muy baja el coeficiente de correlación intraclase va a ser bajo, independientemente de que los métodos sean o no concordantes y a mayor variabilidad entre los sujetos, mayor será el valor resultante del coeficiente de correlación intraclase, lo que también significa que su valor será mayor en muestras heterogéneas.

A esto se suma que, al ser una muestra paramétrica, es necesario que se cumplan los siguientes supuestos: las variables deben estar distribuidas siguiendo la normalidad, es necesario comprobar la homocedasticidad de la muestra y debe existir independencia entre los errores de cada observador.

Existen numerosas versiones del coeficiente de correlación intraclase, cada una de las cuales ofrece diferentes resultados cuando son aplicadas a la misma muestra. Este es un paso importante a la hora de aplicar este coeficiente puesto que si no se elige correctamente, los resultados obtenidos son erróneos (Shrout y Fleiss, 1979).

Shrout y Fleiss (1979) y McGraw y Wong (1996) describieron 5 modelos para el coeficiente de correlación intraclase, 3 modelos propuestos por los primeros y otros 2 por los segundos (Tabla AII.1). Cada uno de los cuales requiere un modelo matemático específico para la descripción de los resultados, dando lugar a diferentes modelos ANOVA (Benavente, 2009; Tabla AII.2).

La propuesta de Shrout y Fleiss (1979) consta de un modelo de coeficiente de correlación intraclase: un factor con efectos aleatorios, combinado bidireccional o aleatorio bidireccional (Tabla AII.1). Cada uno de los cuales toma dos posibles formas: (i) medidas únicas, si las puntuaciones del análisis provienen de valores individuales de cada sujeto o (ii) promedio, si las puntuaciones del análisis provienen de k valores de cada sujeto. De este modo dan lugar a un total de 6 opciones posibles (Tabla AII.1).

Más tarde, en 1996, McGraw y Wong incluyeron dos nuevos modelos: (i) el modelo de consistencia, que considera únicamente el error aleatorio y (ii) el modelo de acuerdo absoluto que considera el error aleatorio y el error sistemático. Solo los modelos bidireccionales pueden ser divididos en error aleatorio y sistemático (Weir, 2005)

Las decisiones que deben llevarse a cabo para seleccionar la opción adecuada son las cuatro siguientes (i) el análisis de la varianza unidireccional o bidireccional, (ii) el modelo aleatorio o combinado, (iii) se incluye o excluye el error sistemático, (iv) medidas únicas o promedio (Weir, 2005). La combinación de estas opciones son las que dan lugar a los diferentes modelos matemáticos.

Tabla AII.1. Modelos y formas para el coeficiente de correlación intraclase (Shrout y Fleiss, 1979)

Tipo de ICC	Descripción
ICC (1,1)	Cada sujeto es evaluado por un conjunto diferente de observadores aleatoriamente seleccionados de una población de observadores, con una sola medición
ICC (1,k)	Cada sujeto es evaluado por un conjunto diferente de observadores aleatoriamente seleccionados de una población de observadores, con una sola medición, tomando un promedio de medidas de cada sujeto
ICC (2,1)	Cada sujeto seleccionado al azar de una población es evaluado por el mismo número de observadores que a su vez han sido seleccionados de manera aleatoria de una población, con una sola medición
ICC (2,k)	Cada sujeto seleccionado al azar de una población es evaluado por el mismo número de observadores que a su vez han sido seleccionados de manera aleatoria de una población, tomando un promedio de medidas de cada sujeto
ICC (3,1)	Cada sujeto seleccionado al azar de una población es evaluado por el mismo número de observadores que representan a toda la población de observadores, con una sola medición
ICC (3,k)	Cada sujeto seleccionado al azar de una población es evaluado por el mismo número de observadores que representan a toda la población de observadores, tomando un promedio de medidas de cada sujeto

ICC, coeficiente de correlación intraclase (modelo, forma).

Tabla AII.2. Resumen de modelos y formas para el coeficiente de correlación intraclass

Shrout y Fleiss	McGraw y Wong	Fórmula	Modelo
1,1	1	$\frac{MS_B - MS_W}{MS_B + (k - 1)MS_W}$	Uni-
1,k	k	$\frac{MS_B - MS_W}{MS_B}$	Uni-
2,1	C,1	$\frac{MS_S - MS_E}{MS_S + (k - 1)MS_E}$	Bi-
2,K	C,k	$\frac{MS_S - MS_E}{MS_S}$	Bi-
2,1	A,1	$\frac{MS_S - MS_E}{MS_S + (K - 1)MS_E + \frac{k(MS_T + MS_E)}{n}}$	Bi-
2,k	A,k	$\frac{MS_S - MS_E}{MS_S + \frac{k(MS_T + MS_E)}{n}}$	Bi-
3,1	C,1	$\frac{MS_S - MS_E}{MS_S - (k - 1)MS_E}$	Bi-
3,k	C,k	$\frac{MS_S - MS_E}{MS_S}$	Bi-
3,1	A,1	$\frac{MS_S + MS_E}{MS_S + (K - 1)MS_E + \frac{k(MS_T + MS_E)}{n}}$	Bi-
3,k	A,k	$\frac{MS_S - MS_E}{MS_S + \frac{k(MS_T + MS_E)}{n}}$	Bi-

Shrout y Fleiss: modelo, forma. McGraw y Wong: A, acuerdo absoluto; C, consistencia. MS_B , cuadrados medios entre sujetos; MS_E , cuadrados medios del error; MS_S , cuadrados medios sujetos; MS_T , cuadrados medios del estudio; MS_W , cuadrados medios intra sujetos (adaptado de Weir, 2005).

Bibliografía



- Aas IHM, Risnes S. 1979. The depth of the lingual fossa in permanent incisors of Norwegian. I. method of measurement, statistical distribution and sex dimorphism. *American Journal of Physical Anthropology* 50:335–340.
- Abbott PV. 1998. Labial and palatal «talon cusps» on the same tooth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 85:726–730.
- Acharya AB, Mainali S. 2007. Univariate sex dimorphism in the Nepalese dentition and the use of discriminant functions in gender assessment. *Forensic Science International* 173:47–56.
- Acharya AB, Mainali S. 2008. Sex discrimination potential of buccolingual and mesiodistal tooth dimensions. *Journal of Forensic Sciences* 53:790–2.
- Adams DC, Rohlf FJ, Slice DE. 2004. Geometric morphometrics: Ten years of progress following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology* 71:5–16.
- Adler CJ, Donlon D. 2010. Sexual dimorphism in deciduous crown traits of a European derived Australian sample. *Forensic Science International* 199:29–37.
- Alemán I, Botella MC, Viciano J. 2013. Recomendaciones para la estimación del sexo. En: Serrulla F, editor. *Recomendaciones en Antropología Forense*. Verín: Asociación Española de Antropología y Odontología Forense. p 57–64.
- Alemán I, Irurita J, Valencia AR, Martínez A, López-Lázaro S, Viciano J, Botella MC. 2012. Brief communication: the Granada osteological collection of identified infants and young children. *American Journal of Physical Anthropology* 149: 606–610.
- Alóe F, Gonçalves LR, Azevedo A, Barbosa RC. 2003. Bruxismo durante o sono. *Revista Neurociências* 11:4–17.

- Alt KW, Pilcher SL. 1998. Artificial Modifications of Human Teeth. En: Alt KW, Rösing FW, Teschler–Nicola M, editores. *Dental Anthropology: Fundamentals, Limits, and Prospects*. Nueva York: Springer. p 387–415.
- Alt KW, Rösing FW, Teschler–Nicola M. 1998. Dental Anthropology. En: Alt KW, Rösing FW, Teschler–Nicola M, editores. *Dental Anthropology: Fundamentals, Limits, and Prospects*. Nueva York: Springer. p 1–3.
- Alvesalo L, Chapelle A. 1981. Tooth sizes in two males with deletions of the long arm of the Y–chromosome. *Annals of Human Genetics* 45:49–54.
- Alvesalo L. 1997. Sex chromosomes and human growth. *Human Genetics* 101:1–5.
- Alvesalo L. 2013. The expression of human sex chromosome genes in oral and craniofacial growth. En: Scott G, Irish JD, editores. *Anthropological Perspectives on Tooth Morphology: Genetics, Evolution, Variation*. Cambridge: Cambridge University Press. p 92–107.
- Alvrus A. 2000. Sex dimorphism in the deciduous dentition of modern Pima. *Dental Anthropology* 14:9–13.
- Anastasiou E, Chamberlain AT. 2013. The Sexual Dimorphism of the Sacro–Iliac Joint: An Investigation Using Geometric Morphometric Techniques. *Journal of Forensic Sciences* 58:126–134.
- Andreasen J, Andreasen FM. 1994. *Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth*, 3^a ed. Copenhagen: Munksgaard Publishers.
- Arnqvist G, Martensson T. 1998. Measurement error in geometric morphometrics: empirical strategies to assess and reduce its impact on measures of shape. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 44:73–96.
- Ayoub F, Shamseddine L, Rifai M. 2014. Mandibular canine dimorphism in establishing sex identity in the Lebanese population. *International Journal of Dentistry*, vol. 2014.
- Bailey RC, Byrnes J. 1990. A New, Old Method for Assessing Measurement Error in Both Univariate and Multivariate Morphometric Studies. *Systematic Zoology* 39:124.

- Bailey S, Hublin JJ. 2007. Foreword. En: Bailey S, Hublin J, editores. *Dental Perspectives on Human Evolution*. Leipzig, Germany: Springer. p xi–xii.
- Barbería Leache E, Maroto Edo M. 2011. Factores etiológicos locales. En: Ustrell Torrent JM, editor. *Manual de ortodoncia*. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona. p 190–197.
- Barbujani G, Magagni A, Minch E, Cavalli–Sforza LL. 1997. An apportionment of human DNA diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94:4516–4519.
- Bastir M, Rosas A, O’higgins P. 2006. Craniofacial levels and the morphological maturation of the human skull. *Journal of Anatomy* 209:637–654.
- Battistuzzi P, Káyser A, Peer P. 1987. Tooth loss and remaining occlusion in a Dutch population. *Journal of Oral Rehabilitation* 14:541–547.
- Bell EJ, Kaidonis J, Townsend G, Richards L. 1998. Comparison of exposed dentinal surfaces resulting from abrasion and erosion. *Australian Dental Journal* 43:362–366.
- Benavente Reche AP. 2009. *Medidas de acuerdo y de sesgo entre jueces*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.
- Benazzi S, Fantini M, De Crescenzo F, Persiani F, Gruppioni G. 2009. Improving the spatial orientation of human teeth using a virtual 3D approach. *Journal of Human Evolution* 56:286–293.
- Bernal V. 2007. Size and shape analysis of human molars: comparing traditional and geometric morphometric techniques. *Homo : internationale Zeitschrift für die vergleichende Forschung am Menschen* 58:279–96.
- Bigoni L, Velemínská J, Brůzek J. 2010. Three–dimensional geometric morphometric analysis of cranio–facial sexual dimorphism in a Central European sample of known sex. *Homo : internationale Zeitschrift für die vergleichende Forschung am Menschen* 61:16–32.
- Bishara SE, Jakobsen JR, Abdallah EM, Fernández García A. 1989. Comparisons of mesiodistal and buccolingual crown dimensions of the permanent teeth in three populations from Egypt, Mexico, and the United States. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 96:416–422.

- Black TK. 1978. Sexual dimorphism in the tooth–crown diameters of the deciduous teeth. *American Journal of Physical Anthropology* 48:77–82.
- Blakey ML, Armelagos GJ. 1985. Deciduous enamel defects in prehistoric Americans from Dickson Mounds: prenatal and postnatal stress. *American Journal of Physical Anthropology* 66:371–80.
- Bookstein FL, Streissguth AP, Sampson PD, Connor PD, Barr HM. 2002. Corpus callosum shape and neuropsychological deficits in adult males with heavy fetal alcohol exposure. *Neuroimage* 15; 233–251.
- Bookstein FL. 1989. Principal warps: Thin–plate splines and the decomposition of deformations. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 11:567–585.
- Bookstein FL. 1991. *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bookstein FL. 1996. Shape and the information in medical images: a decade of the morphometric synthesis. En: *Proceedings of the Workshop on Mathematical Methods in Biomedical Image Analysis*. IEEE. p 2–12.
- Bookstein FL. 1997. Landmark methods for forms without landmarks: morphometrics of group differences in outline shape. *Medical Image Analysis* 1:225–243.
- Braga–Neto U, Hashimoto R, Dougherty ER, Nguyen D V, Carroll RJ. 2004. Is cross–validation better than resubstitution for ranking genes? *Bioinformatics* 20:253–258.
- Braga–Neto UM, Dougherty ER. 2004. Is cross–validation valid for small–sample microarray classification? *Bioinformatics* 20:374–80.
- Brothwell DR. 1987. *Desenterrando huesos: la excavación, tratamiento y estudio de restos del esqueleto humano*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Brown RA, Armelagos GJ. 2001. Apportionment of racial diversity: a review. *Evolutionary Anthropology* 10:34–40.

- Bustamante M, Prato R. 2010. Etiopatogenia y terapéutica de caninos permanentes ectópicos e incluidos. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatria*, edición electrónica de junio.
- Cardoso HFV. 2008. Sample-specific (universal) metric approaches for determining the sex of immature human skeletal remains using permanent tooth dimensions. *Journal of Archaeological Science* 35:158–168.
- Cardoso HFV. 2010. Testing discriminant functions for sex determination from deciduous teeth. *Journal of Forensic Sciences* 55:1557–60.
- Chatzipapas IK, Whitlow BJ, Economides DL. 1999. The «Mickey Mouse» sign and the diagnosis of anencephaly in early pregnancy. *Ultrasound in obstetrics & gynecology: the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* 13:196–9.
- Cohen S, Berman LH, Blanco L. 2008. *Manual clínico de traumatología dental*. Madrid: Elsevier España.
- Cornejo M, Pérez G, de Lima K–C, Casals–Peidro E, Borrell C. 2013. Oral Health–Related Quality of Life in institutionalized elderly in Barcelona (Spain). *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal* 18:285–92.
- Corner BD, Lele SR, Richtsmeier JT. 1992. Measuring precision of three–dimensional landmark data. *Journal of Quantitative Anthropology* 3:347–359.
- Cortés–Reyes E, Rubio–Romero JA, Gaitán–Duarte H. Métodos estadísticos de evaluación de la concordancia y la reproducibilidad de pruebas diagnósticas. *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología* 61:247–255.
- Coughlin JW. 1967. Sex Differences in the Prenatal Human Deciduous Molar Crown. *Journal of Dental Research* 46:554–558.
- Cuniberti N, Rossi G. 2009. *Lesiones cervicales no cariosas: La lesión dental del futuro*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana 121.
- D´Souza RN, Kapadia H, Vieira AR. 2006. Teeth. En: Stevenson RE, Hal JG, editores. *Human Malformations and Related Anomalies*. Oxford: Oxford Monographs on Medical Genetics. p 425–468.

- Dahlberg AA, Menegaz–Bock RM. 1958. Emergence of the Permanent Teeth in Pima Indian Children. *Journal of Dental Research* 37:1123–1140.
- De Vito C, Saunders SR. 1990. A discriminant function analysis of deciduous teeth to determine sex. *Journal of Forensic Sciences* 35:845–58.
- Delattre VF. 2000. Burned beyond recognition: systematic approach to the dental identification of charred human remains. *Journal of Forensic Sciences* 45:589–96.
- Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. 1973. A new system of dental age assessment. *Human Biology*: 211–227.
- Demirjian A, Levesque GY. 1980. Sexual Differences in Dental Development and Prediction of Emergence. *Journal of Dental Research* 59:1110–1122.
- Demirjian A. 1986. Dentition. En: Falkner F, Tanner JM, editores. *Postnatal Growth Neurobiology*. 2ª ed. Nueva York: Springer. p 269–298.
- Díaz Quidiello J. 2009. *Atlas de la historia del territorio de Andalucía*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Domínguez González S. 2002. Patologías Dentarias: Caries, Sarro, Enfermedad Periodontal y otros procesos Infecciosos. En: Perea Pérez B, Sánchez Sánchez JJ, González Domínguez S, editores. *Antropología y Paleontología Dentarias*. Madrid: Fundación MAPFRE Medicina. p 213–256.
- Domjanic J, Fieder M, Seidler H, Mitteroecker P. 2013. Geometric morphometric footprint analysis of young women. *Journal of Foot and Ankle Research* 6:27.
- Dudar JC. 2010. Qualitative and Quantitative Diagnosis of Lethal Cranial Neural Tube Defects from the Fetal and Neonatal Human Skeleton, with a Case Study Involving Taphonomically Altered Remains. *Journal of Forensic Sciences* 55:877–883.
- Durer A. 1963. *Les quatre livres d'Albert Durer, peintre & geometrien tres excellent, de la proportion des parties & pourtraicts des corps humains*. Arnhem: Chez lean leanz.
- Escoufier Y. 1973. Le traitement des variables vectorielles. *Biometrics*: 751–760.

- Eustaquio–Raga MV, Montiel–Company JM, Almerich–Silla JM. 2013. Factors associated with edentulousness in an elderly population in Valencia (Spain). *Gaceta Sanitaria / SESPAS* 27:123–7.
- Farmer V, Townsend GC. 1993. Crown size variability in the deciduous dentition of South Australian children. *American Journal of Human Biology* 5:681–690.
- FDI. 1982. An epidemiological index of developmental defects of dental. *International Journal of Dental Research* 32:159–167.
- Fejerskov O, Nyvad B, Kidd EAM, Baleum V. 2008. Defining the disease: an introduction. En: Fejerskov O, Kidd EAM, editores. *Dental caries. The disease and its Clinical Management*. 2ª ed. Oxford. p 3–6.
- Ferembach D, Schwindezy I, Stoukal M. 1980. Recommendation for Age and Sex Diagnoses of Skeletons. *Journal of Human Evolution* 9:517–549.
- Fernández S, Pértega Díaz S, Rodríguez Maseda E. 2003. La fiabilidad de las mediciones clínicas: el análisis de concordancia para variables numéricas. *Cuadernos de Atención Primaria* 10:290–296.
- Finucane BC, Manning K, Touré M. 2008. Prehistoric dental modification in West Africa – early evidence from Karkarichinkat Nord, Mali. *International Journal of Osteoarchaeology* 18:632–640.
- Fleiss JL. 1986. *Design and analysis of clinical experiments*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Foote M. 1993. Contributions of individual taxa to overall morphological disparity. *Paleobiology*:403–419.
- Franklin D, Freedman L, Milne N, Oxnard CE. 2007a. Geometric morphometric study of population variation in indigenous southern African crania. *American Journal of Human Biology* 19:20–33.
- Franklin D, Oxnard CE, O’Higgins P, Dadour I. 2007b. Sexual dimorphism in the subadult mandible: Quantification using geometric morphometrics. *Journal of Forensic Sciences* 52:6–10.

- Fraser D, Nikiforuk G. 1982. The etiology of enamel hypoplasia in children—a unifying concept. *Journal of the International Association of Dentistry for Children* 13:1–11.
- Frayser DW, Wolpoff MH. 1985. Sexual dimorphism. *Annual Review of Anthropology*: 429–473.
- Fruciano C, Franchini P, Meyer A. 2013. Resampling–Based Approaches to Study Variation in Morphological Modularity. *PLoS ONE* 8:1–8.
- Fu WJ, Carroll RJ, Wang S. 2005. Estimating misclassification error with small samples via bootstrap cross–validation. *Bioinformatics* 21:1979–1986.
- Fuentes Fernández R, Oporto Venegas G. 2009. Tercer Molar Ectópico Impactado en Zona Retromolar: Reporte de Caso. *International Journal of Morphology* 27:35–38.
- Fuller J, Denehy G, Thomas M. 1999. *Concise Dental Anatomy and Morphology*. Iowa: University of Iowa College of Dentistry.
- Garn SM, Burdi AR, Babler WJ. 1974. Male advancement in prenatal hand development. *American Journal of Physical Anthropology* 41:353–359.
- Garn SM, Burdi AR. 1971. Prenatal ordering and postnatal sequence in dental development. *Journal of Dental Research* 50:1407–1414.
- Garn SM, Cole PE, Wainwright RL, Guire KE. 1977. Sex discriminatory effectiveness using combinations of permanent teeth. *Journal of Dental Research* 56:697–697.
- Garn SM, Lewis AB, Kerewsky RS. 1964. Sex difference in tooth size. *Journal of Dental Research* 43:306.
- Garn SM, Lewis AB, Kerewsky RS. 1966. Sexual dimorphism in the buccolingual tooth diameter. *Journal of Dental Research* 45:1819–1819.
- Garn SM, Lewis AB, Swindler DR, Kerewsky RS. 1967. Genetic Control of Sexual Dimorphism in Tooth Size. *Journal of Dental Research* 46:963–972.
- Garn SM, Lewis AB. 1967. Genetic control of sexual dimorphism in tooth size. *Journal of Dental Research* 46:963–972.

- Garne E, Loane M, Addor M-C, Boyd PA, Barisic I, Dolk H. 2010. Congenital hydrocephalus—prevalence, prenatal diagnosis and outcome of pregnancy in four European regions. *European Journal of Paediatric Neurology* 14:150–5.
- Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz E. 2002. *Embriología Especial Buce Maxilofacial*. Madrid: Editoria Médica Panamericana.
- Gómez-Robles A, Martínón-Torres M, Bermúdez de Castro JM, Prado L, Sarmiento S, Arsuaga JL. 2008. Geometric morphometric analysis of the crown morphology of the lower first premolar of hominins, with special attention to Pleistocene Homo. *Journal of Human Evolution* 55:627–638.
- Gómez-Robles A, Olejniczak AJ, Martínón-Torres M, Prado-Simón L, Bermúdez de Castro JM. 2011. Evolutionary novelties and losses in geometric morphometrics: a practical approach through hominin molar morphology. *Evolution*, 65:1772-1790.
- Gómez-Robles A. 2010. *Análisis de la forma dental en la filogenia humana. Tendencias y modelos evolutivos basados en métodos de morfometría geométrica*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- González PN, Bernal V, Pérez SI. 2009a. Analysis of sexual dimorphism of craniofacial traits using geometric morphometric techniques. *International Journal of Osteoarchaeology* 21:82–91.
- González PN, Bernal V, Pérez SI. 2009b. Geometric morphometric approach to sex estimation of human pelvis. *Forensic Science International* 189:68–74.
- González J, Tranco GJ, Robledo B. 2001. Modificaciones intencionales de la corona dental: la mutilación dentaria. En: Martín MC RF, editor. *Actas del VI Congreso Nacional de Paleopatología*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid y Asociación Española de Paleopatología. p 359–366.
- Goodall C. 1991. Procrustes methods in the statistical analysis of shape. *Journal of the Royal Statistical Society Series B (Methodological)*:285–339.
- Goodman AH, Allen LH, Hernández GP, Amador A, Arriola L V, Chávez A, Pelto GH. 1987. Prevalence and age at development of enamel hypoplasias in Mexican children. *American Journal of Physical Anthropology* 72:7–19.

- Goodman AH, Armelagos GH, Rose JC. 1984. The chronological distribution of enamel hypoplasias from prehistoric Dickson Mounds populations. *American Journal of Physical Anthropology* 65:259–66.
- Goodman AH, Martínez C, Chavez A. 1991. Nutritional supplementation and the development of linear enamel hypoplasias in children from Tezonteopan, Mexico. *The American Journal of Clinical Nutrition* 53:773–781.
- Goodman AH, Rose JC. 1990. Assessment of systemic physiological perturbations from dental enamel hypoplasias and associated histological structures. *American Journal of Physical Anthropology* 33:59–110.
- Goodman AH. 1989. Dental Enamel Hypoplasias in Prehistoric Populations. *Advances in Dental Research* 3:265–271.
- Goose DH, Lee GTR. 1971. The mode of inheritance of Carabelli's trait. *Human Biology*: 64–69.
- Gould SJ. 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biological Reviews* 41:587–638.
- Green WDK. 1996. The thin-plate spline and images with curving features. En: Mardia KV, Gill CA D IL, editor. *Proceedings in Image Fusion and Shape Variability Techniques*. Leeds: Leeds University Press. p 79–87.
- Griffin RC, Donlon D. 2009. Patterns in dental enamel hypoplasia by sex and age at death in two archaeological populations. *Archives of Oral Biology* 54 Suppl 1:S93–100.
- Grippio JO, Simring M, Schreiner S. 2004. Attrition, abrasion, corrosion and abfraction revisited. *The Journal of the American Dental Association* 135:1109–1118.
- Guatelli–Steinberg D, Irish JD. 2005. Brief communication: Early hominin variability in first molar dental trait frequencies. *American Journal of Physical Anthropology* 128:477–84.
- Gunz P, Mitteroecker P. 2013. Semilandmarks: A method for quantifying curves and surfaces. *Hystrix* 24:103–109.

- Gupta, S, Chandra, A, Verma, Y, Gupta, O P, Kumar D. 2014. Establishment of Sexual Dimorphism in North Indian Population by Odontometric Study of Permanent Maxillary Canine. *Journal of Forensic Research* 5:1–4.
- Hanihara K. 1977. Distances between Australian aborigines and certain other populations based on dental measurements. *Journal of Human Evolution* 6:403–418.
- Hanihara T, Ishida H. 2005. Metric dental variation of major human populations. *American Journal of Physical Anthropology* 128:287–298.
- Hanihara T. 2008. Morphological variation of major human populations based on nonmetric dental traits. *American Journal of Physical Anthropology* 136:169–82.
- Haralabakis NB, Sifakakis I, Papagrigorakis M, Papadakis G. 2006. The correlation of sexual dimorphism in tooth size and arch form. *World Journal of Orthodontics* 7:254–60.
- Harfin JF de, Ureña AJ. 2010. *Ortodoncia Lingual Procedimientos Y Aplicación Clínica*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Harris EF, Hicks JD, Barcroft BD. 2001. Tissue contributions to sex and race: differences in tooth crown size of deciduous molars. *American Journal of Physical Anthropology* 115:223–37.
- Harris EF, Hicks JD. 1998. A radiographic assessment of enamel thickness in human maxillary incisors. *Archives of Oral Biology* 43:825–831.
- Harris EF, Lease LR. 2005. Mesiodistal tooth crown dimensions of the primary dentition: A worldwide survey. *American Journal of Physical Anthropology* 128:593–607.
- Harris EF, Smith RN. 2009. Accounting for measurement error: a critical but often overlooked process. *Archives of Oral Biology* 54: S107–S117.
- Harris EF. 1980. Sex differences in lingual marginal ridging on the human maxillary central incisor. *American Journal of Physical Anthropology* 52:541–548.

- Hasegawa Y, Amarsaikhan B, Chinvipas N, Tsukada S-I, Terada K, Uzuka S, Miyashita W, Iguchi S, Arai K, Kageyama I, Nakahara S. 2014. Comparison of mesiodistal tooth crown diameters and arch dimensions between modern Mongolians and Japanese. *Odontology / the Society of the Nippon Dental University* 102:167–75.
- Hattab FN, Al-Khateeb S, Sultan I. 1996. Mesiodistal crown diameters of permanent teeth in Jordanians. *Archives of Oral Biology* 41:641–645.
- Hillson S, Grigson C, Bond S. 1998. Dental defects of congenital syphilis. *American Journal of Physical Anthropology* 107:25–40.
- Hillson S. 1996. *Dental Anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Howe RP, McNamara JA, O'Connor KA. 1983. An examination of dental crowding and its relationship to tooth size and arch dimension. *American Journal of Orthodontics* 83:363–373.
- Hsu J, Tsai P, Hsiao T, Chang H, Lin L, Liu K, Yu H, Ferguson D. 1997. The effect of shovel trait on Carabelli's trait in Taiwan Chinese and Aboriginal populations. *Journal of Forensic Sciences* 42:802–6.
- Huang WJ, Creath CJ. 1995. The midline diastema: a review of its etiology and treatment. *Pediatric dentistry*.
- Hughes CE, White CA. 2009. Crack propagation in teeth: a comparison of perimortem and postmortem behavior of dental materials and cracks. *Journal of Forensic Sciences* 54:263–6.
- Iglesia-Puig MÁ, Arellano-Cabornero A, López-Areal García B. 2005. Anomalías dentarias de unión: fusión dental. *RCOE* 10:209–214.
- Irish JD. 1997. Characteristic high- and low-frequency dental traits in sub-Saharan African populations. *American Journal of Physical Anthropology* 102:455–67.
- Irish JD. 1998. Ancestral dental traits in recent Sub-Saharan Africans and the origins of modern humans. *Journal of Human Evolution* 34:81–98.

- Irurita J, Alemán I, López-Lázaro S, Viciano J, Botella MC. 2014a. Chronology of the development of the deciduous dentition in Mediterranean population. *Forensic Science International* 240:95–103.
- Irurita J, Alemán I, Viciano J, De Luca S, Botella MC. 2014b. Evaluation of the maximum length of deciduous teeth for estimation of the age of infants and young children: proposal of new regression formulas. *International Journal of Legal Medicine* 128:345–52.
- Irurita J. 2014. Estimación de la edad de individuos infantiles en Antropología Forense: resultados para la edad dental en una muestra de origen mediterráneo. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Isaksson A, Wallman M, Göransson H, Gustafsson MG. 2008. Cross-validation and bootstrapping are unreliable in small sample classification. *Pattern Recognition Letters* 29:1960–1965.
- Izquierdo Rojo JM. 1992. Hidrocefalia. En: Izquierdo Rojo JM, Alacreu B, editores. *Lecciones de neurocirugía*. Oviedo: Universidad de Oviedo, Servicio de Publicaciones. p 375–388.
- Jorde LB, Watkins WS, Bamshad MJ, Dixon ME, Ricker CE, Seielstad MT, Batzer MA. 2000. The distribution of human genetic diversity: a comparison of mitochondrial, autosomal, and Y-chromosome data. *American Journal of Human Genetics* 66:979–88.
- Juneja T, Singh G. 2008. Development of dentition. En: Singh G, editor. *Textbook of Orthodontics*. 2ª ed. Nueva Delhi: Jaypee Brothers Publishers. p 37–52.
- Kaidonis JA, Ranjitkar S. 2012. An anthropological perspective: another dimension to modern dental wear concepts. *International Journal of Dentistry*, vol. 2012.
- Kaidonis JA. 2008. Tooth wear: the view of the anthropologist. *Clinical Oral Investigations* 12 Suppl 1:21–26.
- Karjodkar FR, Gupta A. 2007. Mandibular talon cusp: a case report. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 103:86–7.
- Kendall D. 1977. The diffusion of shape. *Advances in Applied Probability*: 428–430.

- Kendall DG. 1984. Shape Manifolds, Procrustean Metrics, and Complex Projective Spaces. *Bulletin of the London Mathematical Society* 16:81–121.
- Kessler HP. 2013. Abnormalities of the teeth. En: DeLong L, Burkhart N, editores. *General and oral pathology for the dental hygienist*. 2ª ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. p 549–589.
- Khraisat A, Taha ST, Jung RE, Hattar S, Smadi L, Al-Omari IK, Jarbawi M. 2007. Prevalence, association, and sexual dimorphism of Carabelli's molar and shovel incisor traits amongst Jordanian population. *Odontostomatologie tropicale = Tropical dental journal* 30:17–21.
- Kieser JA, Preston CB. 1981. The dentition of the Lengua indians of Paraguay. *American Journal of Physical Anthropology* 55:485–90.
- Kieser JA, van der Merwe CA. 1984. Classificatory reliability of the carabelli trait in man. *Archives of Oral Biology* 29:795–801.
- Kieser JA. 1990. *Human adult odontometrics: the study of variation in adult tooth size*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kieser JA. 2008. *Human Adult Odontometrics: The Study of Variation in Adult Tooth Size*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kim K, Sheets HD, Haney RA, Mitchell CE. 2009. Morphometric analysis of ontogeny and allometry of the Middle Ordovician trilobite *Triarthrus becki*. *Journal Information* 28:364–377.
- Klingenberg CP. 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources* 11: 353–357.
- Koch G, Poulsen S. 2009. *Pediatric Dentistry: A Clinical Approach*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Krogman WM, Iscan MY. 1986. *The human skeleton in Forensic Medicine*. Springfield, Illinois: C Thomas.
- Kuswandari S, Nishino M. 2004. The mesiodistal crown diameters of primary dentition in Indonesian Javanese children. *Archives of Oral Biology* 49:217–222.

- Landis JR, Koch GG. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 159–174.
- Larsen MA, Kelley MA. 1991. Introduction. En: Kelley A, Larsen C, editores. *Advances in Dental Anthropology*. Nueva York: Wiley–Liss. p 1–5.
- Latour J, Abaira V, Cabello JB, López Sánchez J. 1997. Las mediciones clínicas en cardiología: validez y errores de medición. *Revista Española de Cardiología* 50:117–128.
- Lee A, He LH, Lyons K, Swain M V. 2012. Tooth wear and wear investigations in dentistry. *Journal of Oral Rehabilitation* 39:217–25.
- Levesque GY, Demirjian A, Tanguay R. 1981. Sexual Dimorphism in the Development, Emergence, and Agenesis of the Mandibular Third Molar. *Journal of Dental Research* 60:1735–1741.
- Lieverse AR. 1999. Diet and the aetiology of dental calculus. *International Journal of Osteoarchaeology* 9:219–232.
- Ling JYK, Wong RWK. 2007. Tooth dimensions of Southern Chinese. *Homo : internationale Zeitschrift für die vergleichende Forschung am Menschen* 58:67–73.
- Lockwood CA, Lynch JM, Kimbel WH. 2002. Quantifying temporal bone morphology of great apes and humans: an approach using geometric morphometrics. *Journal of Anatomy* 201:447–464.
- López–Guadalupe JJ. 2006. El cementerio municipal de San José. Memoria de Granada. En: López–Guadalupe JJ, editor. *Memoria de Granada. Estudios en torno al cementerio*. Granada: Emucesa. p 19–37.
- López–Lázaro S, Viciano J, Alemán I, Botella MC. 2013. Algunos Rasgos Dentales Básicos en la Identificación Humana. *Boletín Galego de Medicina Legal e Forense* 45:45–51.
- Lozano Ruíz M. 2006. Estudio del desgaste a nivel microscópico de los dientes anteriores de los homínidos del yacimiento pleistocénico de sima de los huesos (sierra de atapuerca, Burgos). Tesis doctoral. Universidad Rovira i Virgili

- Lukacs JR. 2001. Enamel hypoplasia in the deciduous teeth of great apes: variation in prevalence and timing of defects. *American Journal of Physical Anthropology* 116:199–208.
- Lygidakis NA, Laskaris MG. 2000. Dental defects. En: Laskaris MG, editor. *Color atlas of oral diseases in children and adolescents*. Alemania: Thieme. p 2–35.
- Lysell L, Myrberg N. 1982. Mesiodistal tooth size in the deciduous and permanent dentitions. *The European Journal of Orthodontics* 4:113–122.
- Macchi RL. 2007. *Materiales dentales*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Marcus LF, Bello E, García–Valdecasas A. 1993. Introduction. En: Marcus LF, Bello E, García–Valdecasas A, editores. *Contributions to Morphometrics*. Madrid: Editorial CSIC–CSIC Press. p 9–12.
- Martin R, Knußmann R. 1988. *Anthropologie: Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*. Stuttgart: Gustav Fischer.
- Marugán Lobón J. 2007. *Disparidad e integración en el cráneo de Archosauria: aplicaciones de la Morfología Teórica y la Morfometría Geométrica en Macroevolución*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- Mayhall JT, Alvesalo L. 1995. The effects of the sex chromosomes on molar morphology. En: Moggi–Cecchi J, editor. *Aspects of Dental Biology: Palaeontology, Anthropology and Evolution*. Florencia: Journal International Institute for the Study of Man. p 69–75.
- McGraw KO, Wong SP. 1996. Forming inferences about some intraclass correlation coefficients. *Psychological Methods* 1:30–46.
- Mitsea AG, Moraitis K, Leon G, Nicopoulou–Karayianni K, Spiliopoulou C. 2014. Sex determination by tooth size in a sample of Greek population. *Homo : internationale Zeitschrift für die vergleichende Forschung am Menschen* 65:322–329.
- Mitteroecker P, Gunz P, Windhager S, Schaefer K. 2013. A brief review of shape, form, and allometry in geometric morphometrics, with applications to human facial morphology. *Hystrix* 24:59–66.

- Mitteroecker P, Gunz P. 2009. Advances in Geometric Morphometrics. *Evolutionary Biology* 36:235–247.
- Moggi–Cecchi J, Pacciani E, Pinto–Cisternas J. 1994. Enamel hypoplasia and age at weaning in 19th–century Florence, Italy. *American Journal of Physical Anthropology* 93:299–306.
- Moorrees CFA, Fanning E, Hunt EE. 1963a. Formation and resorption of three deciduous teeth in children. *American Journal of Physical Anthropology* 21:205–213.
- Moorrees CFA, Fanning EA, Hunt EE. 1963b. Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *Journal of Dental Research* 42:1490–1502.
- Moorrees CFA, Thomsen S. 1957. Mesiodistal crown diameters of the deciduous and permanent teeth in individuals. *Journal of Dental Research* 36:39–47.
- Moreaux A. 2005. *Anatomía artística: Del hombre*. Madrid: Ediciones Norma.
- Mower JP. 2009. Deliberate ante–mortem dental modification and its implications in archaeology, ethnography and anthropology. *Papers from the Institute of Archaeology* 10:37.
- Müller F, Naharro M, Carlsson GE. 2007. What are the prevalence and incidence of tooth loss in the adult and elderly population in Europe? *Clinical Oral Implants Research* 18 Suppl 3:2–14.
- Nanci A. 2013. *Ten Cate’s Oral Histology–Pageburst on VitalSource: Development, Structure, and Function*. 8ª ed. Missouri: Elsevier Health Sciences.
- Nazer Herrera J, Aros Ojeda P, Campos K. 2005. Anencefalia. En: Hübner Guzmán ME, Ramírez Fernández R, Nazer Herrera J, editores. *Malformaciones Congenitas*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria. p 103–104.
- Nelson SJ, Ash MMJ. 2010. Wheeler. *Anatomía, Fisiología y Oclusión Dental*. 9ª ed. Barcelona: Elsevier España.
- Noss JF, Scott GR, Potter RHY, Dahlberg AA, Dahlberg T. 1983. The influence of crown size dimorphism on sex differences in the Carabelli trait and the canine distal accessory ridge in man. *Archives of Oral Biology* 28:527–530.

- Nunes E, Moraes IG de, Novaes PMDO, Sousa SMG de. 2002. Bilateral fusion of mandibular second molars with supernumerary teeth: case report. *Brazilian Dental Journal* 13:137–141.
- 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.
- Olivier G. 1960. *Pratiques anthropologiques*. Paris: Vigot Frères.
- Ortner DJ. 2003. *Identification of pathological conditions in human skeletal remains*. San Diego: Academic Press.
- Otuyemi OD, Noar JH. 1996. A comparison of crown size dimensions of the permanent teeth in a Nigerian and a British population. *The European Journal of Orthodontics* 18:623–628.
- Pamplona Roger, J. 1987. *El tercer molar y su importancia para el estudio de la evolución humana*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Parker J, Mills A, Stanton J. 2007. *Mythology: Myths, legends and fantasies*. Ciudad del Cabo: Struik.
- Pentón García V, Véliz Aguila Z, Herrera L. Diente retenido–invertido. 2009. Presentación de un caso: modelos de diagnóstico y evaluación. *MediSur* 7:59–63.
- Pérez SI, Bernal V, González PN. 2006. Differences between sliding semi–landmark methods in geometric morphometrics, with an application to human craniofacial and dental variation. *Journal of Anatomy* 208:769–784.
- Petersen PE, Esheng Z. 1998. Dental caries and oral health behaviour situation of children, mothers and schoolteachers in Wuhan, People’s Republic of China. *International Dental Journal* 48:210–216.
- Pirttiniemi P, Poikela A, Huggare J, Löppönen T. 2004. Dental maturation in children with shunt–treated hydrocephalus. *The Cleft palate–craniofacial journal : official publication of the American Cleft Palate–Craniofacial Association* 41:651–4.

- Polychronis G, Christou P, Mavragani M, Halazonetis DJ. 2013. Geometric morphometric 3D shape analysis and covariation of human mandibular and maxillary first molars. *American Journal of Physical Anthropology* 152:186–196.
- Pretty IA, Sweet D. 2001. Forensic dentistry: A look at forensic dentistry – Part 1: The role of teeth in the determination of human identity. *British Dental Journal* 190:359–366.
- Prieto L, Lamarca R, Casado A. 1998. Assessment of the reliability of clinical findings: the intraclass correlation coefficient. *Medicina Clínica* 110:142–5.
- Purkait SK. 2011. Oral manifestations of generalized diseases. En: Purkait SK, editor. *Essentials of Oral Pathology*. 3ª ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers. p 577–586.
- Radi Londoño JN, Gómez G, Liliana S, Cortés CN. 2004. Dientes dobles: fusión y geminación. Reporte de dos casos; tratamiento interdisciplinario. *Revista Facultad de Odontología de Antioquía* 15:48–52.
- Radzic D. 1988. Dental crowding and its relationship to mesiodistal crown diameters and arch dimensions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 94:50–56.
- Rai B, Kaur J. 2012. *Evidence-Based Forensic Dentistry*. Heidelberg: Springer.
- Rajab LD, Hamdan MAM. 2002. Supernumerary teeth: review of the literature and a survey of 152 cases. *International Journal of Paediatric Dentistry* 12:244–254.
- Reyment RA. 1996. An idiosyncratic history of early morphometrics. En: Marcus LF, Corti M, Loy A, Naylor GJP, Slice DE, editores. *Advances in Morphometrics*. Italia: Springer. p 15–22.
- Reyment RA. 2010. Morphometrics: An Historical Essay. En: Elewa AMT, editor. *Morphometrics for Nonmorphometricians. Lecture Notes in Earth Sciences*. Heidelberg: Springer. p 9–24.
- Richtsmeier JT, DeLeon VB, Lele S. 2002. The promise of geometric morphometrics. *Yearbook of Physical Anthropology* 45:63–91.

- Riojas Garzas M. 2006. Anatomía Dental. México: Manual Moderno.
- Risnes S. 1974. The prevalence, location, and size of enamel pearls on human molars. *European Journal of Oral Sciences* 82:403–412.
- Ritzman TB, Baker BJ, Schwartz GT. 2008. A fine line: a comparison of methods for estimating ages of linear enamel hypoplasia formation. *American Journal of Physical Anthropology* 135:348–61.
- Roberts–Harry EA, Clerehugh V. 2000. Subgingival calculus: where are we now? A comparative review. *Journal of Dentistry* 28:93–102.
- Rodríguez Romero FJ, Cerviño Ferradanes S. 2009. Múltiples dientes supernumerarios distomolares. *Avances en Odontología* 25:319–325.
- Rodríguez–Flórez CD. 2008. Método forense para determinar sexo en individuos subadultos usando odontometría de la dentición decidua. *Revista Facultad de Odontología de Antioquía* 20:1.
- Rohlf FJ, Loy A, Corti M. 1996. Morphometric analysis of Old World Talpidae (Mammalia, Insectivora) using partial–warp scores. *Systematic Biology* 45:344–362.
- Rohlf FJ, Marcus LF. 1993. A revolution morphometrics. *Trends in Ecology & Evolution* 8:129–32.
- Rohlf FJ. 1990. Morphometrics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21:299–316.
- Rohlf FJ. 1998. On applications of geometric morphometrics to studies of ontogeny and phylogeny. *Systematic Biology*: 147–158.
- Rohlf FJ. 1999. Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces. *Journal of Classification* 16:197–223.
- Rohlf FJ. 2000. Statistical power comparisons among alternative morphometric methods. *American Journal of Physical Anthropology* 111:463–478.
- Rohlf FJ. 2003a. tpsRelw, relative warps analysis, v1.36. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.

- Rohlf FJ. 2003b. tpsRegr, shape regression, v1.28. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- Rohlf FJ. 2004. tpsUtil, file utility program, v1.26. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- Rohlf FJ. 2005. tpsDig, digitize landmarks and outlines, v2.05. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- Rohlf FJ. 2008. tpsTri, Explore shapes of triangles, version 1.25. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- Roig M, Morelló S. 2006. Introducción a la patología dentaria. Parte 1. Anomalías dentarias. *Revista de Operatoria Dental y Endodoncia*:5–51.
- Rosas A, Bastir M. 2002. Thin-plate spline analysis of allometry and sexual dimorphism in the human craniofacial complex. *American Journal of Physical Anthropology* 117:236–45.
- Rossi GH, de Rossi NEC. 2004. Atlas de Odontología Restauradora y Periodoncia: workshop de cirugía periodontal para el práctico general. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Rothhammer F, Lasserre E. 1968. Microevolution in human Chilean populations: IV. Shovel shape, mesial-palatal version and other dental traits in Pewenche Indians. *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie*: 162–169.
- Ruíz Rodríguez L. 1991. Variabilidad y correlación de puntos craneométricos. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Russmann E. 2001. *Eternal Egypt: Masterworks of Ancient Art From The British Museum*. California: University of California Press.
- Saguar Quer C. 2006. La casa de los muertos. El cementerio en la España del siglo XIX. En: López-Guadalupe JJ, editor. *Memoria de Granada. Estudios en torno al cementerio*. Granada: Emuceca. p 279–323.
- Sampson PD, Bookstein FL, Sheehan FH, Bolson EL. 1996. Eigenshape Analysis of Left Ventricular Outlines from Contrast Ventriculograms. En: Marcus LF, Corti M, Loy A, Naylor GJP, Slice DE, editores. *Advances in Morphometrics*. Boston: Springer. p 211–233.

- Santonja JL. 1998. La construcción de cementerios extramuros: un aspecto de la lucha contra la mortalidad en el antiguo régimen. *Revista de historia moderna: Anales de la Universidad de Alicante*:33–44.
- Sapp JP, Eversole LR, Wysocki GP. 2005. *Patología oral y maxilofacial contemporánea*. Madrid: Elsevier España.
- Saraf S. 2008. *Textbook of Oral Pathology*. Nueva Delhi: Jaypee Brothers Publishers.
- Saunders SR, Mayhall JT. 1982. Developmental patterns of human dental morphological traits. *Archives of Oral Biology* 27:45–49.
- Scheid RC, Weiss G. 2012. *Woelfel's dental anatomy*. 8ª ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Scheuer L, Black S. 2004. *The Juvenile Skeleton*. Londres: Academic Press.
- Schwartz GT, Dean MC. 2005. Sexual dimorphism in modern human permanent teeth. *American Journal of Physical Anthropology* 128:312–7.
- Scott GR, Irish JD. 2013. Introduction. En: Scott GR, Irish JD, editores. *Anthropological Perspectives on Tooth Morphology: Genetics, Evolution, Variation*. Cambridge: Cambridge University Press. p 1–15.
- Scott GR, Turner CG. 2000. *The Anthropology of Modern Human Teeth: Dental Morphology and Its Variation in Recent Human Populations*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Scott GR. 1980. Population variation of Carabelli's trait. *Human Biology*: 63–78.
- Sengupta A, Whittaker DK, Barber G, Rogers J, Musgrave JH. 1999. The effects of dental wear on third molar eruption and on the curve of Spee in human archaeological dentitions. *Archives of Oral Biology* 44:925–934.
- Seow WK, Perham S. 1990. Enamel hypoplasia in prematurely-born children: a scanning electron microscopic study. *The Journal of Pedodontics* 14:235–9.
- Sheets HD, Covino KM, Panasiewicz JM, Morris SR. 2006. Comparison of geometric morphometric outline methods in the discrimination of age-related differences in feather shape. *Frontiers in Zoology* 3:15.

- Sheets HD, Kim K, Mitchell CE. 2004. A combined landmark and outline-based approach to ontogenetic shape change in the Ordovician trilobite *Triarthrus becki*. *Morphometrics*: 67–82.
- Sheets HD. 2011. IMP–Integrated Morphometrics package. Disponible en: <http://www3.canisius.edu/~sheets/>
- Shrout PE, Fleiss JL. 1979. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin* 86:420–428.
- Shrout PE. 1998. Measurement reliability and agreement in psychiatry. *Statistical Methods in Medical Research* 7:301–317.
- Šikanjić PR, Meštrović S. 2006. A case of short-root anomaly in a female from medieval Istria. *International Journal of Osteoarchaeology* 16:177–180.
- Singleton M. 2002. Patterns of cranial shape variation in the Papionini (Primates: Cercopithecinae). *Journal of Human Evolution* 42:547–578.
- Skinner M. 1996. Developmental Stress in Immature Hominines from Late Pleistocene Eurasia: Evidence from Enamel Hypoplasia. *Journal of Archaeological Science* 23:833–852.
- Slice DE. 2005. *Modern morphometrics in Physical Anthropology*. Nueva York: Springer.
- Slice DE. 2007. Geometric morphometrics. *The Annual Review of Anthropology* 36: 261–281.
- Smith BH. 1984. Patterns of molar wear in hunger-gatherers and agriculturalists. *American Journal of Physical Anthropology* 63:39–56.
- Smith BH. 1991. Standards of human tooth formation and dental age assessment. En: Kelley A, Larsen CS, editores. *Advances in Dental Anthropology*. Nueva York. p 143–168.
- Stroud JL, Buschang PH, Goaz PW. 1994. Sexual dimorphism in mesiodistal dentin and enamel thickness. *Dentomaxillofacial Radiology* 23:169–71.
- Teschler–Nicola M, Prossinger H. 1998. Sex Determination Using Tooth Dimensions. En: Alt KW, Rösing FW, Teschler–Nicola M, editores. *Dental Anthropology: Fundamentals, Limits, and Prospects*. Nueva York: Springer. p 479–500.

- Thompson DW. 1942. *On growth and form*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tillier AM, Arensburg B, Duday H, Vandermeersch B. 2001. Brief communication: An early case of hydrocephalus: the Middle Paleolithic Qafzeh 12 child (Israel). *American Journal of Physical Anthropology* 114:166–70.
- Toi A, Sauerbrei E. 2000. Cerebro fetal. En: Rumack CM, Wilson SR CJ, editor. *Ecografía Obstétrica y Fetal*. Madrid: Marbán. p 379–410.
- Toro Ibacache MV, Manriquez Soto G, Suazo Galdames I. 2010. Morfometría geométrica y el estudio de las formas biológicas: De la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa. *International Journal of Morphology* 28:977–990.
- Tortosa Grau L, Vincent Francés JF. 2012. *Geometría moderna para Ingeniería*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Townsend GC, Brown T. 1981. The Carabelli trait in Australian Aboriginal dentition. *Archives of Oral Biology* 26:809–814.
- Trancho GJ, Robledo B. 1999. Patología oral: hipoplasia del esmalte dentario. En: *Actas del V Congreso Nacional AEP*. Alcalá la Real, Jaén. p 268–277.
- Trancho GJ, Robledo B. 2002. Datos culturales y nutricionales aportados por los dientes. En: *Antropología y Paleontología Dentarias*. Madrid: Fundación MAPFRE Medicina. p 151–212.
- Trancho GJ, Robledo B. 2007. El patrón alimenticio de las poblaciones humanas ¿Qué comían las poblaciones del pasado? En: *Acercándonos al pasado. Prehistoria en 4 actos*. Madrid: Museo Arqueológico Nacional, Ministerio de Cultura. p 1–11.
- Tsai PL, Hsu JW. 1996. Logistic analysis of the effects of shovel trait on Carabelli's trait in a Mongoloid population. *American Journal of Physical Anthropology* 100:523–530.
- Turner CG, Nichol CR, Scott GR. 1991. Scoring procedures for key morphological traits of the permanent dentition: the Arizona State University dental anthropology system. En: Kelley A, Larsen CS, editores. *Advances in Dental Anthropology*. Nueva York: Wiley-Liss. p 13–31.

- Tyrrell AJ, Chamberlain AT. 1998. Non-metric trait evidence for modern human affinities and the distinctiveness of Neanderthals. *Journal of Human Evolution* 34:549–554.
- Ungar PS, Grine FE, Teaford MF, El Zaatari S. 2006. Dental microwear and diets of African early Homo. *Journal of Human Evolution* 50:78–95.
- Ustrel Torrent JM, Durán Arx J. 2002. *Ortodoncia*. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona.
- Velayos S. 2007. *Anatomía de la Cabeza*. Madrid: Editoria Médica Panamericana.
- Velemínská J, Krajíček V, Dupej J, Gómez-Valdés J a., Velemínský P, Šefčáková A, Pelikán J, Sánchez-Mejorada G, Brůžek J. 2013. Technical Note: Geometric morphometrics and sexual dimorphism of the greater sciatic notch in adults from two skeletal collections: The accuracy and reliability of sex classification. *American Journal of Physical Anthropology* 152:558–565.
- Viciano J, Alemán I, D’Anastasio R, Capasso L, Botella MC. 2011. Odontometric sex discrimination in the Herculaneum sample (79 AD, Naples, Italy), with application to juveniles. *American Journal of Physical Anthropology* 145:97–106.
- Viciano J, López-Lázaro S, Alemán I. 2013. Sex estimation based on deciduous and permanent dentition in a contemporary Spanish population. *American Journal of Physical Anthropology* 152:31–43.
- Viciano J, López-Lázaro S, Cesana DT, D’Anastasio R, Capasso L. 2012. Multiple traumatic dental injuries: A case report in a young individual from the Samnitic necropolis of Opi Val Fondillo (VI–V century BC; Central Italy). *Journal of Archaeological Science* 39:566–572.
- Viciano J. 2013. *Métodos odontométricos para la estimación del sexo en individuos adultos y subadultos*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Vodanović M, Demo Ž, Njemirovskij V, Keros J, Brkić H. 2007. Odontometrics: a useful method for sex determination in an archaeological skeletal population? *Journal of Archaeological Science* 34:905–913.

- Von Cramon–Taubadel N, Frazier BC, Lahr MM. 2007. The problem of assessing landmark error in geometric morphometrics: Theory, methods, and modifications. *American Journal of Physical Anthropology* 134:24–35.
- Watt ME, Lunt DA, Gilmour WH. 1997. Caries prevalence in the permanent dentition of a mediaeval population from the south–west of Scotland. *Archives of Oral Biology* 42:601–620.
- Webster M, Sheets HD, Hughes NC. 2001. Allometric patterning in trilobite ontogeny: testing for heterochrony in *Nephrolenellus*. Allometric patterning in trilobite ontogeny: testing for heterochrony in *Nephrolenellus*: 105–144.
- Webster M, Sheets HD. 2010. A practical introduction to landmark–based geometric morphometrics. *Quantitative Methods in Paleobiology* 16:168–188.
- Weir JPJ. 2005. Quantifying test–retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19:231–40.
- White DJ. 1997. Dental calculus: recent insights into occurrence, formation, prevention, removal and oral health effects of supragingival and subgingival deposits. *European Journal of Oral Sciences* 105:508–522.
- Williams JS, White CD. 2006. Dental modification in the Postclassic population from Lamanai, Belize. *Ancient Mesoamérica* 17:139–151.
- Wood BA, Abbott SA. 1983. Analysis of the dental morphology of Plio–pleistocene hominids. I. Mandibular molars: crown area measurements and morphological traits. *Journal of Anatomy* 136:197–219.
- Yuen KKW, So LLY, Tang ELK. 1997. Mesiodistal crown diameters of the primary and permanent teeth in Southern Chinese—a longitudinal study. *The European Journal of Orthodontics* 19:721–731.
- Zadzińska E, Karasińska M, Jedrychowska–Dańska K, Watala C, Witas HW. 2008. Sex diagnosis of subadult specimens from Medieval Polish archaeological sites: metric analysis of deciduous dentition. *Homo : internationale Zeitschrift für die vergleichende Forschung am Menschen* 59:175–87.

- Zambrano AC, Silva CC, Edo MM, Leache EB. 2009. Talón cuspídeo: manifestaciones clínicas, diagnóstico y pautas terapéuticas. *Gaceta Dental* 202.
- Zelditch ML, Swiderski DL, Sheets H. 2012. *Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer*. Londres: Academic Press.
- Zilberman U, Smith P, Alvesalo L. 2000. Crown components of mandibular molar teeth in 45,X females (Turner syndrome). *Archives of Oral Biology* 45:217–225.
- Zilberman U, Smith P. 2001. Sex- and Age-related Differences in Primary and Secondary Dentin Formation. *Advances in Dental Research* 15:42–45.
- Zöllner F. 2000. *Leonardo Da Vinci, 1452–1519*. Alemania: Taschen.
- Zorba E, Moraitis K, Eliopoulos C, Spiliopoulou C. 2012. Sex determination in modern Greeks using diagonal measurements of molar teeth. *Forensic Science International* 217:19–26.
- Zorba E, Moraitis K, Manolis SK. 2011. Sexual dimorphism in permanent teeth of modern Greeks. *Forensic Science International* 210:74–81.

