



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Odontología**

**Escuela Profesional de Odontología**

**Estimación del dimorfismo sexual mediante el análisis  
morfométrico geométrico del seno frontal en  
radiografías cefalométricas de una población adulta  
peruana**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Cirujana Dentista

**AUTOR**

Patricia MEZA CÁMARA

**ASESOR**

Dr. Daniel Guillermo SUÁREZ PONCE

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Meza P. Estimación del dimorfismo sexual mediante el análisis morfométrico geométrico del seno frontal en radiografías cefalométricas de una población adulta peruana [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Odontología, Escuela Profesional de Odontología; 2023.

---

## Metadatos complementarios

<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Patricia Meza Cámara
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72295006
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0004-6329-092X">https://orcid.org/0009-0004-6329-092X</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	Daniel Guillermo Suárez Ponce
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10054920
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-1287-527X">https://orcid.org/0000-0003-1287-527X</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Juana Rosa Delgadillo Ávila
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08556098
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	Delia Olinda Huapaya Paricoto De Murillo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06636320
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	Daniel Guillermo Suárez Ponce
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	10054920
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	B.3.2.4 Odontología legal y forense

Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos Edificio: Facultad de Odontología de la UNMSM País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Latitud: -12.054583 Longitud: -77.085246
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2022-Octubre 2023
URL de disciplinas OCDE	Anatomía, Morfología <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.01</a> Odontología, Cirugía oral, Medicina oral <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.02.14">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.02.14</a> Ciencia forense <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.05.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.05.01</a>

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA)  
**FACULTAD DE ODONTOLOGIA VICE DECANATO ACADÉMICO**  
**UNIDAD DE ASESORÍA Y ORIENTACIÓN DEL ESTUDIANTE**  
(AYOE)

“Año de la unidad, la Paz y el desarrollo”

# A C T A DE SUSTENTACIÓN

## PRESENCIAL N° 029

Los Docentes que suscriben, reunidos el 19 de octubre del 2023 en la ciudad de Lima, siendo las 10:00 horas, por encargo del Señor Decano de la Facultad, con el objeto de constituir el Jurado de Sustentación para optar el Título Profesional de Cirujana Dentista de la Bachiller:

**MEZA CÁMARA, PATRICIA**

**CERTIFICAN:**

Que, luego de la Sustentación de la Tesis «**ESTIMACIÓN DEL DIMORFISMO SEXUAL MEDIANTE EL ANÁLISIS MORFOMÉTRICO GEOMÉTRICO DEL SENO FRONTAL EN RADIOGRAFÍAS CEFALOMÉTRICAS DE UNA POBLACIÓN ADULTA PERUANA**» y habiendo absuelto las preguntas formuladas, demostró un grado de aprovechamiento:

..... *Sobresaliente* .....

(escala)

siendo calificado con un promedio de: *Diecinueve* .....

..... *19* .....

(en letras)

(en números)

En tal virtud, firmamos en la Ciudad Universitaria, a los diecinueve días del mes de octubre del dos mil veintitrés.

**PRESIDENTE DEL JURADO**

*Juana Rosa Delgadillo Ávila*

**Dra. Juana Rosa Delgadillo Ávila**

**MIEMBRO SECRETARIO**

*Delia Olinda Huapaya Paricoto De Murillo*

**Mg. Delia Olinda Huapaya Paricoto De Murillo**

**MIEMBRO VOCAL (ASESOR)**

*Daniel Guillermo Suárez Ponce*

**Dr. Daniel Guillermo Suárez Ponce**



Escala de calificación: Grado de Aprovechamiento:  
Sobresaliente (18-20), Bueno (15-17), Regular (12-14), Desaprobado (11 ó menos)  
Criterios: Originalidad, Exposición, Dominio del Tema, Respuestas.



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

Universidad del Perú. Decana de América

**FACULTAD DE ODONTOLOGIA**

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Daniel Guillermo Suárez Ponce**, en mi condición de asesor acreditado con **OFICIO VIRTUAL N°0346/FO-VDAC-UNAYOE/2022**, del 26 de setiembre de 2022, de la tesis, cuyo título es **Estimación del dimorfismo sexual mediante el análisis morfométrico geométrico del seno frontal en radiografías cefalométricas de una población adulta peruana**, presentado por la egresada **Patricia Meza Cámara** para optar el título profesional de Cirujano Dentista.

**CERTIFICO** que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual (RR 002616-2023-R).

Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de **9% de similitud**, nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado académico correspondiente.

Lima, 23 de octubre de 2023.

**Firma del Asesor**

**DNI:** 10054920

**Nombres y apellidos del asesor:** Daniel Guillermo Suárez Ponce



Huella digital

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación

con todo mi corazón

a mis padres y mi familia,

por su amor incondicional.



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme la fortaleza necesaria y ser mi luz en cada paso de mi vida.

A mis padres, César Meza y Dalila Cámara, por haberme inculcado valores y haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; en especial a mi querido padre, por su sacrificio y esfuerzo constante, por creer y confiar incondicionalmente en mi capacidad.

A mi familia, exclusivamente a mi tía Sonia y prima Flor, por estar siempre a mi lado y por el cariño brindado en todo momento.

A mi asesor, Dr. Daniel Guillermo Suárez Ponce, por su apoyo y guía constante en el camino de la creación de mi tesis, siempre presto a escucharme y orientarme con mucho compromiso. Por ello, me siento muy agradecida ya que en base a su experiencia y sabiduría ha sabido direccionar mis conocimientos con responsabilidad.

Al Mg. Esp. Carlos Vigo García, por la asistencia permanente en la etapa de calibración y por brindarme el acceso a la base de datos de su centro imagenológico.

A los jurados, Dra. Delia Olinda Huapaya Paricoto de Murillo y Dra. Juana Rosa Delgadillo Ávila por las sugerencias en la mejora de mi tesis y la buena disposición en todo momento.

A la vida, porque cada día me demuestra lo hermosa que es y que gracias a ella he podido conocer bellas personas a lo largo de este camino.

## RESUMEN

El seno frontal es una estructura anatómica con características únicas en cada individuo. **Objetivo:** Determinar la estimación del dimorfismo sexual mediante el análisis morfométrico geométrico del seno frontal en radiografías cefalométricas de una población adulta peruana. **Método:** La investigación fue descriptiva, observacional, retrospectiva y transversal que estuvo conformada por 456 radiografías cefalométricas (228 masculinas y 228 femeninas) de pacientes adultos atendidos en el centro imagenológico DentolImagen 3D. Se digitalizaron 8 puntos de referencia en cada radiografía mediante el programa TPSDig2, para luego realizar el análisis morfométrico geométrico en el programa MorphoJ. **Resultados:** El análisis de componentes principales demostró que los tres primeros componentes principales (CP1, CP2 y CP3) presentaron el 80,97% de la variabilidad total de la forma del seno frontal. El análisis ANOVA de Procrustes manifestó diferencias significativas en la forma del centroide y en el tamaño (*valor*  $p < 0,05$ ) del seno frontal entre los sexos. El análisis de función discriminante evidenció una precisión del 89,5% de la muestra, obteniendo una precisión del 85,1% en el sexo masculino y 93,9% en el sexo femenino. **Conclusión:** La variabilidad del seno frontal permite desarrollar la estimación del dimorfismo sexual mediante un análisis morfométrico geométrico en pacientes adultos de una población peruana.

**Palabras clave:** Dimorfismo sexual, seno frontal, radiografía, morfometría geométrica

## ABSTRACT

The frontal sinus is an anatomical structure with unique characteristics in each individual. **Objective:** To determine the estimation of sexual dimorphism by means of geometric morphometric analysis of the frontal sinus in cephalometric radiographs of a Peruvian adult population. **Methods:** The research was descriptive, observational, retrospective and cross-sectional and consisted of 456 cephalometric radiographs (228 male and 228 female) of adult patients attended at the Dentolmagen 3D imaging center. Eight reference points were digitized to each radiograph using the TPSDig2 program and then the geometric morphometric analysis was performed in the MorphoJ program. **Results:** Principal component analysis showed that the first three principal components (PC1, PC2 and PC3) accounted for 80,97% of the total variability of frontal sinus shape. Procrustes ANOVA analysis showed significant differences in centroid shape and size ( $p\text{-value} < 0,05$ ) of frontal sinus between sexes. The discriminant function analysis showed an accuracy of 89,5%, obtaining an accuracy of 85,1% in the male sex and 93,9% in the female sex. **Conclusion:** The variability of the frontal sinus allows developing the estimation of sexual dimorphism by means of a geometric morphometric analysis in adult patients of a Peruvian population.

**Key words:** Sexual dimorphism, frontal sinus, radiography, geometric morphometric.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2.1 Situación problemática.....	2
2.2 Delimitación del problema.....	3
2.3 Formulación del problema.....	4
2.4 Objetivos de la investigación.....	5
2.4.1 Objetivo general.....	5
2.4.2 Objetivos específicos.....	5
2.5 Justificación.....	6
2.6 Limitaciones.....	6
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1 Antecedentes.....	7
3.2 Bases teóricas.....	12
3.2.1 Identificación humana.....	12
3.2.1.1 Generalidades.....	12
3.2.1.2 Métodos de identificación.....	13
3.2.1.2.1 Método primario.....	13
3.2.1.2.2 Método secundario.....	13
3.2.2 Perfil biológico.....	14
3.2.2.1 Estimación del sexo.....	15
3.2.2.2 Estimación de la edad.....	17
3.2.2.3. Estimación de los ancestros.....	17
3.2.2.4 Estimación de la estatura.....	18
3.2.3 Dimorfismo sexual.....	18
3.2.3.1 Definición.....	18
3.2.3.2 Según partes del cuerpo.....	19
3.2.3.2.1 Pelvis.....	20
3.2.3.2.2 Cráneo y mandíbula.....	21
3.2.3.2.2.1 Seno Frontal.....	22
3.2.3.2.2.3 Dimorfismo sexual mediante el seno frontal.....	24
3.2.3.2.2.3 Dimorfismo sexual mediante la morfometría.....	26
3.2.4 Radiología aplicada en la identificación forense.....	26
3.2.4.1 Generalidades.....	26
3.2.4.2 Estimación del sexo aplicada a la radiología forense.....	27

3.2.5 Morfometría en el campo forense.....	28
3.2.5.1 Morfometría lineal vs morfometría geométrica.....	28
3.2.5.2 Morfometría geométrica.....	29
3.2.5.2.1 Estudio de la forma.....	31
3.2.5.2.2 Puntos de referencia y semipuntos de referencia.....	33
3.2.5.2.3 Análisis.....	35
3.3 Definición de términos.....	37
3.4 Operacionalización de variables.....	38
4. METODOLOGÍA.....	39
4.1 Tipo de investigación.....	39
4.2 Población y muestra.....	39
4.2.1 Población.....	39
4.2.2 Muestra.....	39
4.2.3 Criterios de inclusión.....	40
4.2.4Criterios de exclusión.....	40
4.2.5 Unidad de análisis.....	41
4.3 Procedimientos y técnicas.....	41
4.4 Recolección de datos.....	41
4.5 Procesamiento de datos.....	43
4.6 Análisis e interpretación de resultados.....	43
4.7 Consideraciones éticas.....	45
5. RESULTADOS .....	46
6. DISCUSIÓN.....	60
7. CONCLUSIONES.....	65
8. RECOMENDACIONES.....	66
6. BIBLIOGRAFÍA.....	67
7. ANEXOS.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		Pág.
Tabla 1	Distribución de la muestra según sexo.....	46
Tabla 2	Prueba de normalidad de las variables.....	47
Tabla 3	Estadísticos descriptivos según la comparación de los diferentes parámetros y sexo.....	48
Tabla 4	Análisis de componentes principales.....	49
Tabla 5	Resultado del análisis de componentes principales.....	50
Tabla 6	Resultado de los puntos de referencia del análisis Procrustes generalizado.....	52
Tabla 7	El análisis de varianza ANOVA según puntos de referencia.....	57
Tabla 8	ANOVA de Procrustes del tamaño del centroide y la forma del seno frontal para el sexo.....	58
Tabla 9	Análisis discriminante utilizando mediciones de los parámetros para discriminar entre sexos.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS		Pág.
Figura 1	Signos para estimar el sexo en el adulto.....	16
Figura 2	Anatomía de los senos frontales.....	23
Figura 3	Agenesia de los senos frontales. ....	24
Figura 4	Resumen de los pasos fundamentales en el estudio de morfometría geométrica.....	30
Figura 5	Imagen de representación del procedimiento del análisis de Procrustes.....	32
Figura 6	Histograma sobre análisis de componentes principales.....	51
Figura 7	Análisis Procrustes Generalizado.....	53
Figura 8	Diagrama piruleta (izquierda) y diagrama de alambre (derecha) de los tres primeros componentes principales....	54
Figura 9	Diagrama piruleta (izquierda) y diagrama de alambre (derecha) según sexo.....	56

## ÌNDICE DE ANEXOS

ANEXO	Pág.
Anexo 1 Constancia de aprobación del Comité de Ética en Investigación de la facultad de Odontología de la UNMSM....	75
Anexo 2 Solicitud para el acceso y recolección de radiografías en el centro imagenológico Dentolmagen 3D de Lima, Perú.....	76
Anexo 3 Constancia de ingreso y ejecución de proyecto de tesis en el centro imagenológico Dentolmagen 3D Lima, Perú.....	77
Anexo 4 Constancia de calibración del experto.....	78
Anexo 5 Análisis de correlación intraclase en la calibración inter-examinador e intra-examinador.....	79
Anexo 6 Consentimiento informado del centro imagenológico Dentoimagen 3D.....	81
Anexo 7 Radiografía cefalométrica de la muestra con la digitalización de los puntos de referencia en el software TPSDig2.....	83



## 1. INTRODUCCIÓN

La preocupación persistente por hallar la identidad de un individuo desconocido ha sido materia de investigación a través del tiempo, dentro del campo forense es el objeto principal en el que se basa toda la criminalística moderna.<sup>1</sup>

La particularidad de las configuraciones anatómicas del ser humano y la variabilidad que presenta en su morfología proporcionan la piedra angular para la identificación forense de individuos desconocidos. Entre los cuatro senos paranasales, esto es, maxilar, frontal, etmoidal y esfenoidal; el seno frontal ha sido estudiado con gran interés forense, debido a que dicha estructura presenta un patrón único en cada persona y es útil en la construcción de perfiles biológicos.<sup>2, 3</sup>

La estimación del sexo en restos óseos humanos es una de las particularidades bioantropológicas iniciales cuyo fin es la elaboración de un perfil biológico que favorezca la identificación de un individuo. En adición, el sexo de una persona puede determinarse por medio de métodos visuales y morfométricos. Las técnicas morfométricas favorecen el estudio de las diferencias de tamaño de las configuraciones anatómicas y proporciona mayor objetividad.<sup>4, 5</sup>

Por lo referido en párrafos anteriores, la presente investigación busca determinar el sexo mediante un análisis morfométrico geométrico que nos indicará la variación que presenta la forma del seno frontal en radiografías cefalométricas de una población peruana, con el fin de construir un patrón de diferenciación de esta estructura anatómica apoyado en el estudio de función discriminante en nuestra población.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 Situación Problemática**

La identificación se expone como un proceso estructurado sistemáticamente que busca determinar la identidad propia del individuo. Dicha identificación sería necesaria en acontecimientos de decesos repentinos como explosiones, siniestros, accidentes, catástrofes, desmembramientos, actos criminales o cadáveres en avanzado estado de descomposición que requiere de una gran pericia médico-legal para establecer su identidad.<sup>6</sup>

Existen diversos procedimientos a utilizar para determinar la identidad de restos humanos en las ciencias forenses. La confiabilidad de cada método varía y depende exclusivamente de los restos hallados y de su estado de descomposición.<sup>6,7</sup>

Las ciencias forenses desarrollan el estudio del ser humano en un marco legal, generalmente en episodios criminales en donde los restos humanos son hallados en una fase avanzada de descomposición, lo cual dificulta el proceso de investigación en cuanto a la recuperación del cuerpo y la identificación de este.<sup>7</sup> Con el apoyo de ciertos métodos se obtendrá la recolección de datos sobre el sexo, la edad, la estatura, la ascendencia y la raza del individuo para su identificación.<sup>6,7</sup>

Se han utilizado diversos métodos para estudiar el dimorfismo sexual utilizando el esqueleto humano como parte del análisis. Uno de estos métodos es la osteometría, la cual se basa en la medición de la distancia lineal tomada con calibradores entre determinados puntos anatómicos. La medición lineal no detalla la información sobre la forma de la estructura estudiada, tiene un alto estándar de error y muchas veces pasa por alto la importante variación

morfológica en estructuras óseas complejas, por lo que afecta la fiabilidad de este método. En cambio el método morfométrico geométrico bidimensional (2D) proporciona un enfoque más eficiente para evaluar la forma esquelética por utilizar la técnica basada en puntos de referencia, la cual preserva la información geométrica del hueso en el análisis para representar visualmente la variación de la forma, lo que lo hace más fiable a comparación de la técnica lineal.<sup>8, 9</sup>

Estimar el sexo a través de técnicas radiológicas también tiene una labor importante dentro del campo forense. Existen diferentes técnicas radiológicas, entre las más comunes en la identificación de un cuerpo se encuentran la ortopantomografía o panorámica y la radiografía cefalométrica.<sup>10</sup>

## **2.2 Delimitación del problema**

El seno frontal es una cavidad localizada dentro del hueso frontal, el cual forma parte de los senos paranasales. Los senos frontales son estructuras contorneadas y presentan relación con la cavidad nasal, estas estructuras se les conoce por tener un rol importante dentro de la identificación forense en virtud de su morfología irregular y características únicas; lo que genera que el hueso frontal sea de particularidad exclusiva en cada persona.<sup>11</sup>

El seno frontal presenta una gran variabilidad y su morfología no cambia después de los 20 años de edad, con excepción de que el individuo presente patologías como fracturas, tumores o infecciones graves. Por ser de características únicas, las mediciones del seno frontal llegan a ser de gran aporte a la diferenciación del género en individuos desconocidos.<sup>12</sup>

Revisiones sistemáticas realizadas permiten identificar estudios tales como, Shireen *et al.*<sup>6</sup>, Mathur<sup>7</sup>, Sherif *et al.*<sup>10</sup>, Almeida *et al.*<sup>11</sup>, Uthman *et al.*<sup>12</sup> quienes estimaron que si hubo diferencias significativas en los senos frontales; por lo cual, si es posible estimar el sexo en poblaciones de países como India, Arabia Saudita, Egipto, Grecia e Irak, respectivamente.

La morfometría geométrica es un método eficaz para cuantificar características específicas del cráneo, son capaces de cuantificar con precisión la forma y el tamaño de la estructura del esqueleto, no limitándose a solo brindar información sobre longitud y altura de estas estructuras. En adición, la morfometría geométrica tiene la ventaja de hacer posible la visualización de la variabilidad morfológica de las distintas estructuras del ser humano por lo que el presente estudio de investigación pretende estudiar la estimación del dimorfismo sexual mediante un análisis morfométrico geométrico del seno frontal en radiografías cefalométricas de una población adulta peruana.<sup>9</sup>

### **2.3 Formulación del problema**

¿Cuál es la estimación del dimorfismo sexual mediante el análisis morfométrico geométrico del seno frontal en radiografías cefalométricas de una población adulta peruana?

## **2.4 Objetivos de la investigación**

### **2.4.1 Objetivo general**

Determinar la estimación del dimorfismo sexual mediante el análisis morfométrico geométrico del seno frontal en radiografías cefalométricas de una población adulta peruana.

### **2.4.2 Objetivos específicos**

- Identificar el sexo de pacientes adultos en las radiografías cefalométricas.
- Identificar el punto más alto de la pared posterior del seno frontal, la glabella, el nasion y el punto más bajo de la pared posterior del seno frontal en las radiografías cefalométricas.
- Establecer los puntos medios entre el punto más alto de la pared posterior del seno frontal y la glabella, entre la glabella y el nasion, entre el nasion y el punto más bajo de la pared posterior del seno frontal; y el punto más bajo y más alto de la pared posterior del seno frontal en las radiografías cefalométricas.
- Correlacionar el sexo con la morfología geométrica obtenida a partir de los puntos de referencia del seno frontal en radiografías cefalométricas de pacientes adultos.

## **2.5 Justificación**

La presente investigación permitirá establecer nuevos conocimientos sobre el estudio del seno frontal como parámetro para estimar el sexo. Estudiar y ampliar el conocimiento de este nuevo método de análisis morfométrico geométrico del seno frontal generaría un gran aporte para los especialistas de Odontología Forense en el Perú, y su aplicación podría mejorar significativamente la precisión en la estimación del sexo. En vista de la dificultad que presenta la identificación del sexo de un individuo en situaciones en donde es inviable establecer su identidad sin un análisis forense, el presente trabajo de investigación se encuentra orientado a fijar un método científico basado en el estudio del seno frontal a través del análisis morfométrico geométrico en radiografías cefalométricas de una población adulta peruana. Por otro lado, cabe destacar que los estudios sobre la morfología del seno frontal no pueden ser iguales entre grupos poblacionales, ya que estas varían según el estilo de vida del individuo, aspecto geográfico y ascendencia; por ello, es necesario adquirir un parámetro particular de las medidas del seno frontal en una población peruana. De esta manera, se justifica la investigación por no tener antecedentes que validen la eficacia de este método en nuestro país.

## **2.6. Limitaciones**

El presente estudio se realizó en un marco de post pandemia teniendo en cuenta que los recursos estuvieron sujetas estrictamente a la disponibilidad de la base de datos del centro imagenológico Dentolmagen 3D. Por otro lado, existe falta de información y estudios de investigación previos sobre el análisis

morfométrico geométrico del seno frontal para estimar el dimorfismo sexual de una población adulta peruana.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes

**Zulkiflee et al. (2022).**<sup>2</sup> En Malasia, se realizó una investigación que consistió en evaluar el dimorfismo sexual del seno frontal entre malayos utilizando el método de morfometría geométrica bidimensional. Se evaluaron radiografías laterales del cráneo de 453 adultos malayos, siendo masculino (228) y femenino (225). Se aplicaron ocho puntos de referencia a las radiografías laterales del cráneo utilizando el software TPSDig. También se realizó un análisis morfométrico geométrico 2D con el software MorphoJ. La alta precisión de la clasificación sugiere que el seno frontal es una herramienta valiosa para la identificación del sexo utilizando la morfometría geométrica 2D. El significativo dimorfismo sexual de la forma del seno frontal indica su capacidad para ayudar en la investigación forense. Hasta donde se tiene conocimiento, este es el primer estudio que muestra estos resultados en la población malaya.

**Almeida et al. (2021).**<sup>11</sup> En Grecia, estudiaron la variabilidad del volumen de los senos frontales y su potencial uso en el proceso de identificación forense. La muestra consistió en 102 tomografías computarizadas de una población griega, 50 TC masculinas (49%) y 52 TC femeninas (51%). Las edades oscilaban entre los 19 y los 101 años (la edad media era de 70,6 años de sexo masculino y 69,6 para el sexo femenino). Se construyeron modelos 3D del

cráneo y se calculó el volumen del seno frontal con el software Amira 5.4. La media del volumen del seno frontal del sexo masculino fue de 9220 mm<sup>3</sup> y la del sexo femenino fue de 5.880 mm<sup>3</sup>. La prueba de Mann-Witney confirmó que los valores medios eran significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) entre ellos. El coeficiente de correlación de Pearson no mostró ninguna correlación evidente entre los volúmenes y las edades de los cráneos de ambos grupos. Utilizando las radiografías orientadas lateral y anteriormente para emparejar los senos, el método produjo una sensibilidad del 60% / especificidad del 99,32% y una sensibilidad del 80% / especificidad del 99,97%, respectivamente. Se concluye que aunque existen diferencias estadísticamente significativas en la forma y el volumen entre sexos, estas no son suficientes para ser utilizadas como indicador del sexo en poblaciones de todo el mundo. Los resultados del estudio señalan que el uso de la vista anterior de los senos frontales es más consistente en la identificación humana, y que el método demuestra ser fiable, siempre que el seno se observe adecuadamente en la radiografía.

**Garhia et al. (2019).**<sup>3</sup> En India, se realizó un estudio que evaluó la eficacia del seno frontal como indicador de identificación personal. Se seleccionaron aleatoriamente las radiografías de los senos paranasales de 64 voluntarios que acudieron al servicio de consultas externas del hospital y se analizaron los senos frontales con el software GIMP (GNU Image Manipulation Program) 2.0. Las dimensiones totales del seno frontal eran mayores en el sexo masculino que en el sexo femenino, con una diferencia estadísticamente significativa. Se demostró que 55 individuos presentaron simetría bilateral, mientras que la asimetría se observó en 9 individuos, de los cuales la asimetría dominante



derecha se encontró en 6 individuos y 3 voluntarios tenían el seno frontal dominante izquierdo, 27 individuos mostraron un número de lóbulos inferior o igual a cuatro, mientras que 37 individuos tenían un número de lóbulos superior o igual a cinco. Se concluyó que el seno frontal mostró una singularidad en diferentes individuos y puede ser utilizado como una valiosa ayuda en términos de identificación personal.

**Cechova et al. (2018).**<sup>4</sup> En Republica Checa, investigaron sobre la estimación del sexo utilizando la forma y el contorno de la superficie externa del hueso frontal con o sin la inclusión de sus senos. La muestra del estudio consistió en 103 imágenes de TC craneales de una población checa contemporánea. Se analizaron modelos virtuales tridimensionales de los huesos frontales y los senos mediante morfometría geométrica y estadísticas multidimensionales: análisis de correspondencia de puntos coherentes y densos (CPD-DCA), análisis de componentes principales (PCA) y máquina de vectores de apoyo (SVM). Toda la superficie frontal externa era significativamente diferente entre el sexo masculino y femenino, tanto en forma como en figura. La mayor tasa de éxito total de la estimación del sexo basada en la forma fue del 93,2%, que disminuyó al 86,41% tras la validación cruzada, y este modelo identificó al sexo femenino y masculino con la misma precisión. La mejor estimación basada en la forma alcanzó una tasa de éxito del 91,26%, con una precisión ligeramente mayor para el sexo femenino. Sin embargo, tras la validación cruzada, la tasa de éxito disminuyó al 83,49%. Las diferencias entre sexos también fueron significativas en el volumen y la superficie de los senos frontales, pero la estimación del sexo solo tuvo una precisión del 64,07% tras la validación

cruzada. El uso simultáneo de la forma de la superficie frontal y de los senos frontales mejoró la tasa de éxito total hasta el 98,05%, que disminuyó al 84,46% tras la validación cruzada.

**Soman et al. (2016).**<sup>13</sup> En India, realizaron una evaluación morfométrica del seno frontal en relación con la edad y el género con el fin de establecer su importancia y aplicación forense. El grupo de estudio estaba formado por 200 sujetos (100 del sexo masculino y 100 del sexo femenino) en los grupos de edad de 14-20 años, 21-30 años, 31- 45 años, 45 años y más. Se tomaron radiografías cefalométricas posteroanteriores (PA) utilizando una técnica estandarizada. Se realizaron trazos y se estableció el patrón del seno frontal según el sistema de clasificación de Yoshino. Los valores medios de la longitud, el ancho y el área del seno frontal fueron mayores en el sexo masculino que en el femenino, y el área de los senos frontales aumenta con la edad, excepto en el sexo masculino de 45 años o más. El ancho izquierdo, el área izquierda y la asimetría bilateral en relación con el sexo resultaron ser estadísticamente significativas. La evaluación morfológica del seno frontal es una técnica útil para determinar el sexo y parece prometedora en la identificación personal.

**Perlaza (2014).**<sup>5</sup> En Colombia, investigaron sobre la estimación del sexo a través del análisis morfométrico geométrico del hueso frontal de una población colombiana. Se emplearon 60 radiografías laterales de sujetos adultos de ambos sexos (30 del sexo masculino y 30 del sexo femenino), con edades comprendidas entre los 18 y los 40 años. No se encontraron diferencias

significativas entre los sexos con respecto al tamaño. Los resultados sugieren diferencias de forma y tamaño en la región glabelar, además de reafirmar el uso de la morfometría geométrica como método cuantitativo en la estimación del sexo.

**Uthman et al. (2010).**<sup>12</sup> En Irak, se llevó a cabo un estudio para probar un método sencillo para la identificación de personas desconocidas usando imágenes de tomografías computarizadas en espiral del seno frontal y otras medidas craneales de una población iraquí. En este estudio se seleccionaron 90 pacientes (45 del sexo masculino y 45 sexo femenino) con edades comprendidas entre los 20 y los 49 años. Los resultados arrojaron tres características que fueron presencia o ausencia del seno frontal, tabique y festoneado, dos grupos de medidas del seno frontal y tres dimensiones craneales que fueron el ancho, la altura y la longitud anteroposterior del seno frontal. Además de las medidas del ancho total, la distancia entre los puntos más altos de los dos senos, la distancia entre los puntos más altos de cada seno hasta su límite lateral máximo. Las medidas del cráneo incluían: la longitud máxima del cráneo, la altura prostibularia y el ancho máximo del cráneo. El análisis discriminante demostró la virtud del seno frontal para estimar el sexo (76,9 %) y añadiendo las mediciones craneales a las del seno frontal se obtuvo una mayor precisión de clasificación general para el sexo (85,9%). Las mediciones del seno frontal son un método valioso para diferenciar el sexo y al adicionar las mediciones craneales a las del seno frontal puede aumentar considerablemente la precisión de la estimación mediante el estudio de función discriminante. Los trazados en las TC logran proporcionar mediciones valiosas

y precisas no solo del seno frontal sino también de todo el cráneo, que no puede abordarse por otros medios.

## **3.2 Bases teóricas**

### **3.2.1 Identificación humana**

#### **3.2.1.1 Generalidades**

En trágicos eventos con numerosas víctimas mortales, la verificación de la identidad de los individuos debe estar a cargo del consejo de identificación o las autoridades locales tras haberse efectuado un análisis y una evaluación minuciosa de datos fiables y pertinentes. Dentro del campo forense, el protocolo de identificación personal debe contener tres componentes fundamentales que son: Identidad, filiación e identificación. <sup>14</sup>

Se define la identidad como “el conjunto de características y particularidades de origen congénito o adquiridas que hacen de una persona, animal o cosa sea igual a sí misma con prescindencia de otra de la misma especie”. Se conceptualiza la filiación como “el hecho de dejar constancia de las características y particularidades de una persona, animal o cosa, a fin de que más tarde sea posible reconocerla por medio del examen de dichas características (fotografías, impresiones dactilares, características físicas, cromáticas y datos civiles del delincuente)”. Por último, la identificación se reconoce como el mecanismo por medio del cual es factible establecer diferenciación o igualdad de un individuo, animal o cosa que ya se encuentra filiado. <sup>14, 15</sup>

### **3.2.1.2 Métodos de identificación**

Ante una tragedia se emplean métodos de identificación, las cuales deben ser científicamente válidos, confiables y aplicables en un tiempo determinado regidos a las circunstancias existentes del lugar. <sup>15</sup>

#### **3.2.1.2.1 Método primario**

Son los métodos más fiables, los cuales son el análisis lofoscópico, el análisis del ADN y el análisis odontológico comparativo. En adición, los valores numéricos de los implantes médicos también brindan una información confiable debido a que son únicos, lo que lograría facilitar el proceso de identificación personal. <sup>14, 15</sup>

#### **3.2.1.2.2 Método secundario**

Dentro de los métodos de identificación se ubican algunos que se han empleado desde hace décadas; sin embargo, no son los suficientemente fiables ya que no constan de la validación científica que los considere al mismo escalón en el que se localizan los métodos primarios. Pese a esta limitación, estos métodos no dejan de ser indiciarios de una posible identidad y que en asociación con otras pruebas de mayor calado, pueden llegar a ser primordiales en el proceso de identificación de un sujeto. <sup>16</sup>

Los métodos secundarios como los datos médicos, la descripción personal, los tatuajes y las secuelas personales, así como la vestimenta que lleva puesta, sirven de apoyo en el proceso de identificación que se esté elaborando con diferentes métodos y que, por lo regular, por sí solos no son suficientes para ratificar la identidad del individuo (salvo ciertas excepciones).<sup>14</sup>

### **3.2.2 Perfil biológico:**

Los estudios realizados por los peritos forenses en cuanto a la identificación personal de un sujeto suelen ser complejos, debido a esto el trabajo en equipo de las diferentes disciplinas asociadas al campo forense es cada vez más frecuente y necesario.

En la búsqueda de restos humanos surgen interrogantes en relación a la cantidad de individuos, sexo, especie, raza, edad, estatura, motivo de fallecimiento y características peculiares que proporcionen información relevante para la identificación.

Con el fin de encontrar respuestas y esclarecer diversas hipótesis, es primordial realizar una investigación detallada realizando el levante de restos humanos (como piel, cabello, uñas, huesos etc.), elementos personales (como ropa, joyas, etc.) y algunos componentes “culturales” (tejidos, cerámica, etc.), debido a esto, el lugar del suceso debe ser examinado con total profesionalismo. En seguida, se mencionará algunas consideraciones propias de cada uno de los aspectos a investigar en la estimación de la identidad de un individuo.<sup>17</sup>

### **3.2.2.1 Estimación del sexo**

En el caso de que el cadáver se encuentre en estado de putrefacción o si aún conserva ciertos tejidos blandos, la identificación sexual no presenta dificultades; el hallazgo de órganos genitales brindara información precisa; sin embargo, se debe considerar la eventualidad de hermafroditismo. Cabe resaltar que es valioso el análisis del cabello, la distribución del vello corporal, presencia de mamas y si estas se encuentran desarrolladas y órganos genitales.<sup>17</sup>

Por lo general, la estimación del sexo no estila exponer inconvenientes en el estudio de restos humanos en la etapa adulta. Relativamente dicho análisis se torna sencillo en el caso de disponer de la pelvis, donde evidentemente se presencia una diferenciación de caracteres sexuales del sexo masculino y femenino; de esta manera, incluso existe diferenciación entre ambos sexos con respecto al cráneo, tórax y fémur (Figura 1).<sup>17, 18</sup>

**Figura 1.** Signos para estimar el sexo en el adulto. Fuente: Araya, 2009 <sup>17</sup>

<b>DIFERENCIAS SEXUALES ÓSEAS</b>		
<b>Características</b>	<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
Volumen del cráneo	Mayor	Menor
Frente	Huidiza	Vertical
Las protuberancias supraorbitarias	Más pronunciadas	Menos marcadas
La glabella	Más marcada	Menos marcada
El borde orbitario	Romo y grueso	Fino y agudo
Las apófisis mastoides	Grandes, robustas	Pequeñas
Surco digástrico	Profundo y ancho	Poco profundo y estrecho
Protuberancias frontales y parietales	Poco marcadas	Salientes y acentuadas
El arco zigomático	Más robusto, ancho y alto	Más fino, débil y delgado
Marcas musculares en temporal y occipital	Marcadas	Poco marcadas
Los tubérculos Geni	Más gruesos y prominentes	Más planos o no existen
El paladar	Más ancho y profundo	Más estrecho y menos profundo
El coxal	Mayor y más pesado	Más pequeño y menos pesado
El ángulo de la escotadura ciática	Cerrado (en forma de V)	Abierto (en forma de L)
Pubis	Forma triangular	Forma trapezoidal
Ángulo subpúbico	Agudo (65°-70°)	Abierto (90° ó más)
Carita auricular	Más larga (60 mm)	Más corta (50-55 mm)
Surco preauricular	Raro	Muy frecuente y profundo
Pelvis	Alargada (dolicipélica)	Corta (braquipélica)
Diámetro vertical de la cabeza femoral y humeral	Mide entre 47-48 mm	Mide entre 40-42 mm
La cabeza del radio	Mide más de 20 mm	Mide menos de 20 mm



### **3.2.2.2 Estimación de la edad**

Se efectúa a través de los cambios biológicos que ocurren en las configuraciones óseas y dentarias del ser humano en el transcurso de su vida. Cabe destacar que estos cambios expresan la edad biológica del individuo, la cual no todo el tiempo se relaciona con la edad cronológica, además también se debe considerar la existencia de variaciones inter e intrapoblacionales. El envejecimiento se sujeta a diversos factores que inciden en el organismo del ser humano, estas pueden ser de origen endógeno, estilo de vida, ambientales, entre otros. Durante la etapa de la infancia y juventud, es fácil de estimar la edad debido a que no existe una amplia diferencia entre la edad biológica y la cronológica; no obstante, esta discrepancia resalta aún más en tanto el ser humano va envejeciendo.<sup>17, 18</sup>

Para la estimación de la edad de restos humanos se puede señalar 3 periodos relevantes: Desde el nacimiento hasta los 12 - 13 años, en donde podemos desarrollar la estimación a partir de la osificación extrauterina; desde los 14 años hasta los 23 años, en donde se establece la edad a partir del análisis de la calcificación del cartílago metafisiario; en la adultez, mediante el análisis del cierre de las suturas craneales y el grado de deterioro óseo en las vértebras que es donde mejor se visualiza.<sup>18</sup>

### **3.2.2.3 Estimación de los ancestros**

La estimación de los ancestros es necesario en esos territorios en donde se presenta una mixtura racial; por el contrario, en naciones de características

raciales homogéneas, probablemente este tipo de estudio no es relevante aunque en el presente ya no existen razas puras en el planeta.<sup>17, 18</sup>

#### **3.2.2.4 Estimación de la estatura**

La estimación de la talla es realmente sencillo cuando el esqueleto a examinar se encuentra completo; sin embargo, en situaciones de desastres esto no sucede en la mayoría de casos.<sup>17</sup> En los últimos años se han propuesto algunos métodos para la estimación de la estatura, entre ellos está la reconstrucción anatómica y la ecuación de regresión con base en los huesos largos. El primer método, es más confiable debido a toma la altura total del esqueleto y de esta manera brinda estimaciones más exactas, por lo que no es aplicable en restos óseos incompletos. El segundo método, consta de una relación métrica de la longitud del hueso respecto a la longitud total del cuerpo del cadáver; no obstante, los diversos grupos poblacionales que existen necesitan ecuaciones independientes para cada población porque se presenta diferenciación en las proporciones corporales.<sup>19</sup> Para la criminalística y antropología forense, es necesario considerar la utilización de un método matemático haciendo uso de los huesos largos persistentes como el fémur, humero y tibia.<sup>20</sup>

#### **3.2.3. Dimorfismo sexual**

##### **3.2.3.1. Definición**

La diferenciación sexual representa la presencia de dos configuraciones anatómicas distintas dentro de los caracteres físicos correspondientes a machos y hembras de una especie, lo que significa la presencia de una

variabilidad marcada tanto en las proporciones corporales y tamaño como en la morfología de las mismas. Este aspecto se presenta en diversas etapas de la vida del ser humano a partir de la fecundación, ya que en ese momento surgen diversos eventos genéticos que estiman el sexo de la persona que inicia el desarrollo, debido a esto, es viable identificar el sexo desde la etapa intrauterina mediante análisis genéticos o citoquímicos, siendo estos métodos muy complejos; por lo que es mejor aguardar a que las características sexuales primarias empiecen a formarse en el útero de la madre. <sup>21</sup>

El desarrollo de las particularidades sexuales secundarias se encuentran sujetas a los factores ambientales, un ejemplo de ello es la limitación del dimorfismo sexual en el sexo masculino por un déficit nutricional que retarda el crecimiento con normalidad de los diversos sistemas del cuerpo humano.<sup>21</sup>

Determinar con exactitud el sexo de restos humanos de una persona joven es complicado ya que las características más diferenciables para estimar el sexo se desarrollan en la etapa del estirón puberal, esta etapa es una fase en donde se da un incremento sustancial de la velocidad de crecimiento, se presentan las particularidades dimórficas secundarias en el ser humano en virtud de la notable producción de hormonas sexuales que contribuyen al crecimiento y desarrollo del cuerpo humano.<sup>21</sup>

### **3.2.3.2 Según partes del cuerpo**

La morfología estudia las formas y características del cuerpo para después determinar unas guías en la relación de dichos caracteres tanto internas como externas. Es un método de gran importancia en el análisis de la osteobiografía por lo que aporta información fiable y con gran precisión.<sup>21</sup>

### 3.2.3.2.1 Pelvis

La diferenciación sexual es más sencilla estudiar a partir de la pelvis, tal es así que diversos autores han estudiado dicha región ósea, algunos de ellos son: Bass, 1987 <sup>22</sup>; Brothwell, 1963 <sup>23</sup>; Buikstra y Ubelaker, 1994 <sup>24</sup>, Stewart, 1979 <sup>25</sup>; Krogman e Iscan, 1986 <sup>26</sup>; y Rogers, 1987 <sup>27</sup>, quienes argumentan que la pelvis femenina empieza a mostrar cambios en el transcurso de la etapa de la pubertad para acondicionar la estructura y después prepararla para el alumbramiento. Este evento de alumbramiento requiere también la extensión de la pubis y el incremento de la altura de la superficie articular, el ángulo subpúbico y el ángulo de la escotadura se hacen obtusos. Estas características son sencillas de establecer a través de inspección visual, sin embargo es imprescindible el conocimiento y la experiencia previa de las cualidades a visualizar.<sup>28</sup> La pelvis femenina comienza a desarrollarse en la etapa de la pubertad dándole una apariencia de entrada más extensa, esto le da un aspecto más baja; todo lo contrario sucede con la pelvis masculina la cual se desarrolla de igual manera al patrón de pelvis preadolescente, otorgándole un aspecto más estrecha y alta. Buikstra y Ubelaker (1994)<sup>24</sup> argumentan que dichas características podrían arrojar resultados confiables si los restos óseos tuviesen entre 12 y 13 años como mínimo en el momento del deceso, los autores sugieren tres técnicas de estimación del sexo mediante la pelvis: La técnica de Phenice (1969) <sup>29</sup> la cual se centra en la forma de la escotadura ciática mayor, la existencia del surco preauricular y la forma del ángulo subpúbico. Tiempo después, Bruzek (2002) <sup>30</sup> también utilizó dichas técnicas en su investigación, obteniendo una muy buena precisión en el estudio de la estimación del sexo con la ayuda de la pelvis.

### **3.2.3.2.2 Cráneo y mandíbula**

El cráneo viene siendo el hueso más estudiado del esqueleto humano y también de otras especies; habitualmente, el cráneo del sexo masculino suele ser más robusto a comparación del sexo femenino, en especial donde están las inserciones musculares.<sup>21</sup>

Determinar el sexo en el cráneo no resulta ser tan sencillo, más aun cuando este se encuentra quebrado o fragmentado. En términos generales, las características de un cráneo masculino son que presenta mayor peso, tiene las áreas de las inserciones musculares más prominentes que en el del sexo femenino entre ellos se encuentra las crestas occipitales y las líneas temporales. El cráneo masculino exhibe una frente más inclinada, en cambio el sexo femenino presenta una frente más vertical y curvada. Los rebordes superficiales son más sobresalientes y los senos frontales de mayor tamaño en el cráneo del sexo masculino, notándose en algunos casos un torus supraorbitario. Con respecto a la forma, el cráneo del sexo masculino es más redondeado en tanto el cráneo del sexo femenino mantiene la forma adolescente.<sup>31</sup> Las apófisis mastoides y la protuberancia occipital externa usualmente son más grandes en el sexo masculino. Las investigaciones de Hoshi (1962)<sup>32</sup> proponen tres tipologías según el sexo a partir del estudio de la apófisis mastoides. Con respecto a los márgenes supraorbitarios, en el caso del sexo femenino son más delicados a comparación del sexo masculino, siendo en ellos más redondeados y gruesos.<sup>33</sup>

A pesar de que el cráneo femenino es más fino y el del sexo masculino suele ser más fuerte, los estudios deben delimitarse exclusivamente a edades

comprendidas entre los 20 años hasta los 55 años de edad debido a que la característica masculina del cráneo se hace presente a partir que se da el estirón puberal y anterior a ello que no presenta un desarrollo notorio de las cualidades sexuales secundarias.<sup>24</sup> Desde los 55 años de edad empieza un proceso de resorción ósea y desmineralización que como consecuencia se reducen los rasgos que nos ayudan a dar con el sexo de una persona.<sup>21, 28</sup>

La mandíbula de igual manera nos brinda considerable información, siendo del sexo femenino más fina, con un aspecto redondeado en el mentón, con la escotadura infrasinfiaria mentoniana poco marcada o nula en algunos casos y a veces no presenta trígono mentoniano ni eversión de los ángulos gonianos<sup>34</sup>; en cambio en las mandíbulas del sexo masculino se observan una estructura con mayor robustez, la rama ascendente es más gruesa y proyectada, con las regiones goniales más prominentes y un mayor desarrollo de las apófisis coronoides.<sup>33</sup>

#### **3.2.3.2.2.1 Seno frontal**

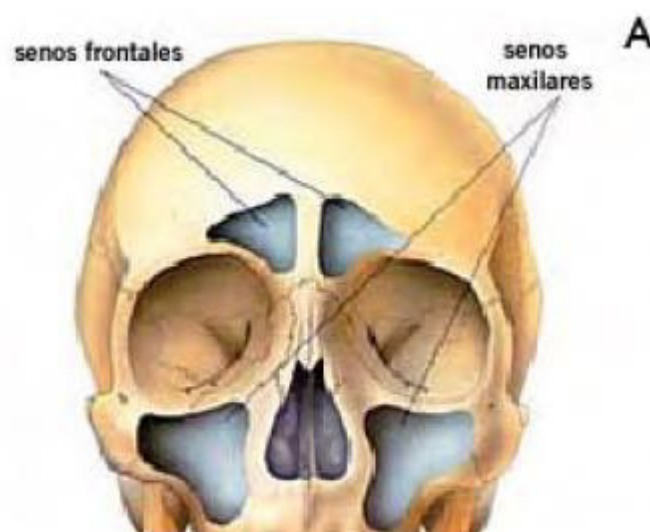
Los senos paranasales son un conjunto de cavidades aéreas que se localizan en los huesos frontales, esfenoides, etmoides y maxilar superior y tienen comunicación con las fosas nasales (Figura 2). A través del tabique, los senos frontales se dividen en una sección derecha y otra izquierda; tanto el lado derecho como el izquierdo se denominan celdas. <sup>1</sup>

Los senos frontales se clasifican como incompleta y completa, presentan variaciones en tamaño, forma y simetría; y normalmente se observa que en el sexo masculino está más desarrollado que en el sexo femenino, esta

diferenciación se observa como un festoneado en el límite superior de dichas celdas, siendo ella la principal característica única. En la zona inferior pueden presentarse otras celdas las cuales vienen a ser los senos etmoidales. El seno frontal no se encuentra desde el nacimiento ya que recién empieza su desarrollo en el término del primer año de vida. <sup>1</sup>

Las medidas medias de los senos frontales son: 20-23 mm de altura, 25-27 mm de ancho y 10-15 mm de profundidad. Por otro lado es posible que exista agenesias de senos, que oscilan entre un 5% (Figura 3). Cuando hay ausencia de ello en la radiografía se mostrará una neumatización, la cual va imposibilitar la identificación del individuo, pero permitirá descartar posibles candidatos. Diversas investigaciones han propuesto que la silueta del seno frontal es único en cada sujeto y se conserva invariable después de culminar su desarrollo. <sup>1,35</sup>

**Figura 2.** Anatomía de los senos frontales. Fuente: Lamas, 2008 <sup>1</sup>



**Figura 3.** Agenesia de los senos frontales. Fuente: Lamas, 2008 <sup>1</sup>



#### **3.2.4.3 Dimorfismo sexual mediante el seno frontal**

El dimorfismo sexual en cuanto a la forma del seno frontal es un indicador fiable para la identificación del sexo de un individuo dentro de una investigación forense. Uthman<sup>12</sup> menciona que las mediciones del seno frontal suelen ser de gran valor en la diferenciación del sexo, el uso de las características y mediciones del seno frontal y su transferencia a valores numéricos para la obtención de un código de barras único podría llegar a ser un método futuro de identificación personal a partir de restos óseos.

Por otro lado, Perlaza<sup>5</sup> estudió un enfoque para la evaluación de la morfología del seno frontal utilizando morfometría geométrica 2D, el cual destaca la importancia del uso de puntos de referencia y del análisis multivariante sobre rasgos morfoscópicos y craneometría tradicional.



El dimorfismo sexual del seno frontal suele verse afectado principalmente por el nivel hormonal en el sexo masculino y femenino (es decir, las hormonas sexuales). Las hormonas sexuales, la testosterona y el estrógeno, va al tejido óseo el cual apoya al crecimiento del esqueleto. Los niveles elevados de testosterona en el sexo masculino contribuyen a un crecimiento acelerado del hueso, lo que provoca una mayor morfología y densidad de masa del esqueleto que en el sexo femenino. En contraste, el estrógeno predominante en el sexo femenino podría generar un tamaño y una densidad de masa ósea menores que en el masculino. La masa ósea afectada por el nivel de testosterona también podría contribuir a que la pared anterior del seno frontal se proyecte más hacia adelante en el sexo masculino que en el femenino. Se necesitan más estudios para dilucidar si los niveles de esteroides sexuales tienen un efecto en la marcada proyección de la pared anterior del seno frontal.<sup>2</sup>

Aspectos como el estilo de vida individual, las actividades físicas cumplen de igual forma un papel importante en la variación morfológica del seno frontal. Las actividades físicas, como el deporte y el ejercicio, generan un efecto verificable en el hueso, lo que genera que se vuelva más osteogénico y termine variando su morfología.<sup>23</sup> El sexo masculino suelen realizar más actividades físicas que el femenino. Bielemann<sup>23</sup> afirmó que la carencia de actividades físicas y vigorosas asociadas al sexo femenino, además del nivel hormonal, crea una diferencia significativa en la morfología ósea entre el sexo masculino y femenino.

#### **3.2.4.4 Dimorfismo sexual mediante morfometría**

El análisis de la morfometría implica el uso de procesos y estudios cuantitativos de las cualidades que manifiestan los huesos y de las características del dimorfismo sexual que pueden evaluarse en ellos. La morfometría es considerada una regla dentro de la bioarqueología y la antropología forense, debido a que involucra menor subjetividad y disminuye considerablemente el error inter e intra-observador.<sup>36</sup> En el transcurso del tiempo la metodología cuantitativa que se aplican a la osteología han aumentado su objetividad, la normalización de sus procesos y la adecuación de sus enfoques han aumentado su confiabilidad, la cual se encuentra sujeta por tasas de error que expresan observaciones y señalan estadísticamente los niveles de confianza, dicho sistema que dará a conocer el nivel de precisión deberá ser demostrado empíricamente, falseable y sujeto a revisión por pares.<sup>21, 28</sup>

#### **3.2.4 Radiología aplicada en la identificación forense**

##### **3.2.4.1 Generalidades**

En casos de desastres, la identificación personal es uno de requerimientos primordiales en la necropsia. Para obtener dicha información, el análisis radiológico tiene gran valor debido a que, en casos de desastres, los cadáveres estudiados presentan numerosas lesiones o mutilaciones que impedirían el proceso de identificación mediante una evaluación física, y que inclusive no consientan la utilización de métodos de identificación fidedignas, por falta de estructuras dentales o huellas dactilares. De esta manera, la radiología es útil

porque permite identificar señales específicas en los cadáveres o fragmentos de cadáveres investigados.<sup>37</sup>

En ámbitos generales, la identificación se define como un procedimiento de comparación utilizando una referencia previa. Dentro de las señales particulares identificables se encuentran: Las fracturas con formación de callo óseo y la existencia de prótesis ortopédicas y/o material de osteosíntesis; y la presencia de variantes anatómicas como fusión de vértebras o vértebras supernumerarias.<sup>37</sup>

Por otro lado, la edad es una característica de una persona que aporta valiosa información en cuanto a la identificación de ella. El examen radiográfico brinda una mayor precisión a la aproximación de la edad del sujeto evaluado. Para ello, existen numerosas técnicas radiológicas, una de ellas es el análisis carpograma (radiografía del hueso carpo) y el estudio de las singularidades dentales en la radiografía.<sup>37</sup>

#### **3.2.4.4 Estimación del sexo aplicada a la radiología forense**

Con respecto al estudio de cadáveres, la estimación del sexo mediante un examen físico de forma general se realiza relativamente sin inconvenientes ya que es posible hacer un examen personal y al mismo tiempo identificar los órganos genitales. No obstante, en personas vivas es posible que una intervención quirúrgica de cambio de sexo logre generar equivocaciones en la estimación. Debido a esto, la radiología logra apoyar a que esta estimación se obtenga satisfactoriamente con el estudio de la forma del cráneo y sus estructuras adyacentes, estudio de la pelvis, entre otros.<sup>37</sup>

### **3.2.5 Morfometría en el campo forense**

#### **3.2.5.1 Morfometría lineal vs morfometría geométrica**

La morfometría es un método para el estudio de la variación de forma. Las técnicas de la morfometría geométrica son capaces de cuantificar con exactitud la forma y el tamaño del cráneo en lugar de solo basarse en brindar medidas de anchura y longitud, como lo hace la morfometría lineal.<sup>9</sup>

La morfometría lineal utiliza la estadística multivariada a dificultades referente a la morfología de diversos organismos; sin embargo, en comparación con la morfometría geométrica, dentro de los datos primarios se incluyen índices, distancias o ángulos en lugar de coordenadas cartesianas. Estos métodos en raras ocasiones mantienen configuraciones geométricas del objeto estudiado mientras se esté desarrollando el análisis, lo que hace más complicada la visualización de la variación en la forma; por otro lado, ello dará como consecuencia que visualizaciones de los resultados obtenidos o el desarrollo de gráficos casi a menudo se haga por medio de tablas poco intuitivas. La estandarización de las variables también es otra crucial diferencia a considerar. A pesar de que las distancias son independientes de la orientación y la posición del elemento del cual son adquiridas, no es posible eliminar los efectos del tamaño y la escala en comparación con la morfología geométrica que si es posible mediante del análisis de Procusto.<sup>38</sup>

De manera general, las estandarizaciones que se utilizan en la morfometría lineal, abarca desde el uso de proporciones e índices hasta el cambio de las variables de diferentes modos. La dificultad del estudio de los índices radica en la falta de un desarrollo estadísticamente significativo para su análisis

multivariado, de la misma manera que una considerable limitación en la variabilidad. Por otra parte, las distancias también presentan dificultades al preservar información relacionada a las posiciones relativas de los hitos entre sí.<sup>38</sup>

Las herramientas de la morfometría geométrica cuentan con muchas virtudes en comparación con la morfometría tradicional o lineal, puesto que dan una descripción más precisa y certera de las configuraciones biológicas, también permiten una apropiada visualización de los resultados e interpretación.<sup>38</sup> Por otro lado, este método también tiene la ventaja de ser sencillo de usar, de mínimo costo y rápida; y estas utilidades la hacen especialmente eficiente para su uso compartido entre centros de investigación. Se sugiere que la forma es más adecuada que el tamaño para diferenciar estructuras morfológicamente similares, debido a esto, la diferenciación es de más valor para la raza.<sup>9</sup>

### **3.2.5.2 Morfometría geométrica**

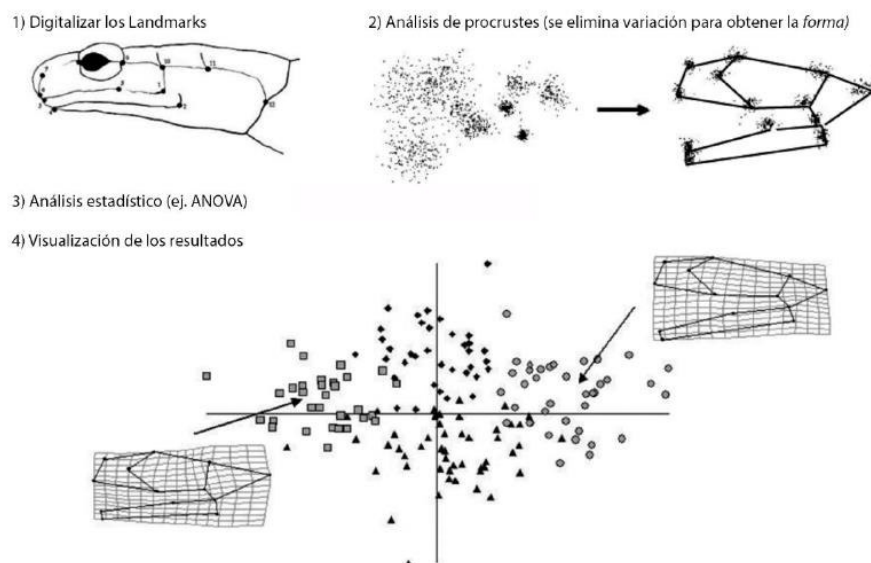
A través de la investigación cuantitativa de la forma, se desarrolla la morfometría como campo de estudio. En términos de morfometría geométrica, se utilizan características geométricas para cuantificar la morfología de una configuración anatómica. El uso de puntos de referencia en un espacio bidimensional o tridimensional limita la forma de la estructura estudiada. En el estudio de la morfometría geométrica, la morfología de un elemento se define por su forma y tamaño.<sup>39, 40</sup>

La utilización de información multidimensional que capta la geometría de la forma evaluada permitió un notable avance en la aplicación de la estadística

multivariante a la investigación de la covariación de formas y sus factores causales. El estudio de los componentes principales logra reproducir la dispersión de las formas evaluadas en el campo y la morfometría geométrica tiene la virtud de observar la variabilidad de las formas mediante gráficos.<sup>39, 40</sup>

Las investigaciones mediante la morfometría geométrica permiten efectuar interpretaciones de alto significado biológico de la diferenciación entre individuos, grupos poblacionales, etc. La geometría de la estructura logra capturar contornos o hitos, “puntos de referencia o landmarks”, que guía a métodos de análisis que siguen tres pasos principales (Figura 4): 1) obtención de datos, 2) obtención de la información que describe la forma de la estructura y 3) análisis de exploración y de confirmación de covariación de la forma con factores causales.<sup>39,40</sup>

**Figura 4.** Resumen de los pasos fundamentales en el estudio de morfometría geométrica. Fuente: Bravo, 2021.<sup>40</sup>



### 3.2.5.2.1 Estudio de la Forma

En primer lugar, se debe definir en un contexto morfométrico es que “forma” se refiere a la morfología de un elemento que se encuentra constituido por la forma y el tamaño de este mismo. La definición de *forma* se refiere a la información geométrica que resta tras la eliminación de los efectos de traslación, escala y rotación <sup>39</sup>, resulta más sencillo de comprender gráficamente (Figura 5). Dicha información morfométrica se origina de los puntos de referencia que coinciden en los individuos de la muestra estudiada. Los sujetos serán evaluados a través de las formas de las estructuras integras de los puntos de referencias. Los efectos anteriormente señalados deben ser excluidos de todos los sets de los puntos de referencia que por orden en el que ocurren son: La escala, la traslación y la rotación. <sup>39, 40</sup>

**La escala:** El tamaño del centroide dentro del campo de la morfometría geométrica sirve como estimador de tamaño más común. Este tamaño es igual a la raíz cuadrada de la suma de las distancias entre la configuración al cuadrado del centroide y los puntos de referencia.<sup>40</sup>

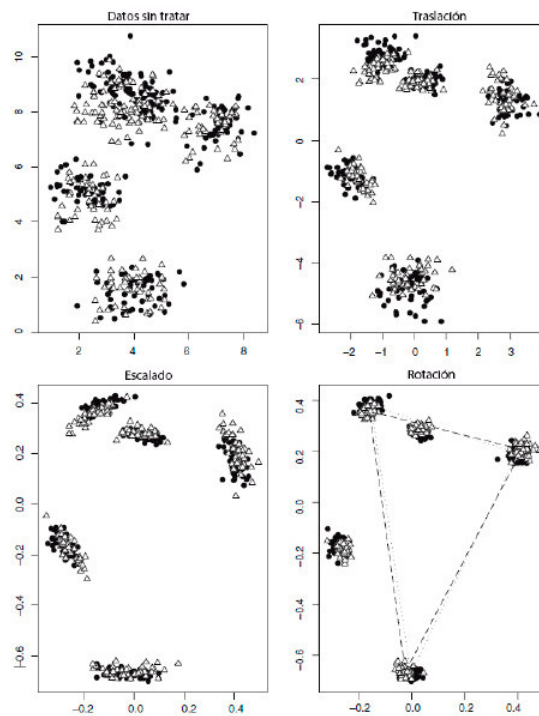
Por la manera en el que adquirimos el valor del tamaño del centroide, es fácil escalar todas las formas de puntos de referencia de la muestra a un tamaño más común, esto suprime toda información acerca del tamaño de los sujetos.<sup>40</sup>

**La traslación:** Es el desplazamiento de los centroides de todos los sujetos a un único punto a lo largo del mismo eje de coordenadas (Figura 5).<sup>40</sup>

**La rotación:** Las matrices de las configuraciones restantes se rotan hasta que el total de configuraciones estén lo más continua posible unas de otras, es decir,

se reduce la suma de las distancias al cuadrado entre puntos de referencia homólogos, utilizando una configuración como referencia.<sup>40</sup>

**Figura 5.** Imagen de representación del procedimiento del análisis de Procrustes. Fuente: Bravo, 2021.<sup>40</sup>



La información geométrica que es obtenida después de eliminar los tres efectos ya mencionados es la que definimos como forma y coordenadas de forma de Procrustes, a las coordenadas resultantes.<sup>40</sup>



### 3.2.5.2.2 Puntos de referencia y semipuntos de referencia

Los puntos de referencia expresados en morfometría geométrica son puntos de referencia anatómicos fundado en coordenadas cartesianas (X, Y y Z en 3D), las cuales se relacionan a las configuraciones homólogas, biológicas y repetibles entre toda la muestra. En morfometría geométrica, la elección de estos puntos de referencia son un paso importante dentro del estudio; por otro lado, deben de poseer ciertos requisitos que apoyarán en el estudio de las formas biológicas:<sup>40,41</sup>

Homología: Son aquellas estructuras que deben ser reconocibles en todos los sujetos de la muestra. En adición, se deben diferenciar evidentemente de las demás estructuras biológicas de su entorno. Únicamente con puntos de referencia homólogos se puede interpretar la variabilidad de la morfología con significancia biológica. En aquellas ocasiones en donde la homología de los puntos de referencia no llega a ser posible pero la configuración biológica es importante, se recurre a la utilización de semipuntos de referencia.<sup>40</sup>

Consistencia en su posición relativa: La disposición de estos puntos de referencia y su respectiva ubicación en la muestra, debe de ser consistente.<sup>40</sup>

Cobertura adecuada del campo a evaluar: Los puntos de referencia tienen de reproducir exactamente la configuración a evaluar. El número de puntos de referencia a emplear debe ser suficiente, si son pocos o demasiados, se estarían distorsionando los resultados. Ello puede suceder particularmente cuando es una muestra pequeña.<sup>40</sup>

Repetibilidad: El posicionamiento de los puntos de referencia debe ser efectuada por el investigador y dicha información debe ser detallada de manera

eficiente. Se han detallado seis tipos de puntos de referencia, antes se consideraban solo tres tipos, pero Bookstein y Weber renovaron esta información en el 2011.<sup>48</sup> Para estudiar estructuras con diferentes características, se puede utilizar los siguientes tipos de puntos de referencia:<sup>40</sup>

Tipo I: Puntos discretos creados por la intersección de tejidos, como la unión de suturas óseas, la intersección de curvas y los lugares de origen de ramificaciones.

Tipo II: Puntos en los terminaciones de curvas o puntos localizados por estructuras geométricas. Incluye invaginaciones, valles, puntas o extrusiones.

Tipo III: Puntos localmente específicos utilizando diferentes curvas y por simetría.

IIIa. El punto en el que la curva media y una cresta cruzan una superficie, como el foramen magnum.

IIIb. La intersección de una curva con la curva media, como el borde posterior del paladar.

IIIc. El punto en el que una cresta y otra curva cruzan la misma superficie, como una sutura que cruza una cresta.

Tipo IV: Semipuntos de referencia desarrollados en curvas.

Tipo V: Semipuntos de referencia en superficies.

Tipo VI: Semipuntos de referencia contruidos. Algunos ejemplos son las proyecciones de una configuración sobre otra, el inicio y el final de las curvas, y los lugares donde las curvas están más juntas.<sup>40</sup>

La digitalización de estos puntos de referencia o semipuntos de referencia permite analizar las configuraciones anatómicas que no podrían ser analizadas de una manera diferente, como superficies o curvas. No obstante, es importante considerar que los semipuntos de referencia no son puntos discretos y su localización no debe otorgarse de manera directa, de igual forma no deben ser evaluados de la misma manera que los puntos de referencia debido a que disponen de menor cantidad de información.<sup>42</sup>

Inicialmente es necesario realizar una operación de superposición denominada deslizamiento para investigar los semipuntos de referencia. Los semipuntos de referencia se desplazarán alrededor de la superficie o curva evaluada, buscando de forma natural la mínima cantidad de energía de torsión necesaria a fin de cambiar la forma del individuo consensuado por la forma del sujeto de estudio.<sup>40, 42</sup> La forma se tiene en cuenta como un todo a lo largo de este proceso, donde los semipuntos de referencia influenciados por los puntos de referencia anatómicos se deslizan juntos.<sup>40</sup>

### **3.2.5.2.3 Análisis**

Debido a que en morfometría geométrica se desarrolla el estudio con un amplio número de coordenadas, la dimensionalidad de la información estila ser complicado de observar y analizar. Por consiguiente se utilizan procesos que nos ayudan a simplificar estos datos y cuantificar la variación de la forma.<sup>43</sup>

El estudio de componentes principales tiene como finalidad reproducir los modelos de variación de la morfología de toda la muestra, y así favorece su interpretación.<sup>40, 43</sup>

Numerosas estrategias utilizadas en los enfoques estadísticos multivariantes dependen del estudio que se vaya a realizar. Así, la prueba F-Goodall es la más utilizada para la varianza. Basándose en la varianza de cada grupo, este método compara las distancias de Procrustes entre los valores medios de los grupos. Suponiendo que los diversos grupos tienen covarianzas comparables, esta prueba tiene en cuenta el grado de separación de los grupos, pero ignora las características de la distribución individual. Cuando el tamaño de la muestra no es mucho mayor que el tamaño de la variable, puede dar lugar a suposiciones incorrectas. Para obtener la estimación del error, esta prueba se combina con la prueba de permutación.<sup>44</sup>

Por último, el análisis Procrustes de ANOVA es un tipo de análisis que nos ayuda a testear una hipótesis y también aporta información para corroborar si presenta variaciones en la forma de las medias de dos grupos (puede ser por edad o sexo). Esta prueba requiere una distribución normal y homocedasticidad para la muestra, por lo general son los test de Levene y los test de Kolmogorov-Smirnov los usados para corroborar si los datos cumplen con las condiciones.<sup>40</sup>

### 3.3 Definición de los términos

**Dimorfismo sexual:** El dimorfismo sexual representa la existencia de dos configuraciones diferentes en los caracteres físicos entre machos y hembras de una misma especie, lo que significa la presencia de una variabilidad notable tanto en las proporciones corporales y el tamaño como en la forma de las mismas.

**Radiografía cefalométrica:** Radiografía empleada para el estudio de los huesos faciales y el cráneo, también expone los tejidos blandos nasofaríngeos, el paladar duro y los senos paranasales.

**Seno Frontal:** Los senos frontales son cavidades aéreas que localizan en el hueso frontal, varían en forma, tamaño y simetría. La silueta de los senos frontales (derecho e izquierdo) es único en cada sujeto y se conserva invariable a lo largo de la vida de un individuo después de haber culminado su desarrollo.

**Morfometría geométrica:** El estudio de la morfometría se desarrolla mediante el análisis cuantitativo de la forma. Con respecto a la morfometría geométrica, se cuantifica la morfología de una configuración anatómica a través de sus caracteres geométricos. La forma de la estructura es delimitada por la utilización de coordenadas de puntos en un espacio bi o tridimensional.

### 3.4 Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Tipo de variable	Escala de medición	Instrumento
<b>Estimación del dimorfismo sexual</b>	Características y/o variaciones físicas como tamaño y forma que se diferencian entre el sexo masculino y el femenino de una misma especie.	Puntos de referencia	1.El punto más alto de la pared posterior del seno frontal.	Continua	Razón	Software TpsDig2
			2.Glabela - Punto más anterior en el plano medio sagital entre los arcos superciliares del seno frontal.	Continua	Razón	Software TpsDig2
			3.Nasion – Punto más anterior de la sutura frontonasal en el plano sagital del seno frontal.	Continua	Razón	Software TpsDig2
			4.El punto más bajo de la pared posterior del seno frontal.	Continua	Razón	Software TpsDig2
		Semipuntos de referencia	5.Punto medio entre el punto de referencia 1 y el punto de referencia 2.	Continua	Razón	Software TpsDig2
			6.Punto medio entre el punto de referencia 2 y el punto de referencia 3.	Continua	Razón	Software TpsDig2
			7.Punto medio entre el punto de referencia 3 y el punto de referencia 4.	Continua	Razón	Software TpsDig2
			8.Punto medio entre el punto de referencia 4 y el punto de referencia 1.	Continua	Razón	Software TpsDig2
<b>Sexo</b>	Características de diferenciación de la especie humana		Sexo registrado en la radiografía cefalométrica	Nominal	Dicotómica	Ficha de recolección de datos

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1. Tipo de investigación**

DESCRIPTIVO: Se buscó la estimación del dimorfismo sexual mediante el análisis morfométrico geométrico en radiografías cefalométricas del seno frontal.

OBSERVACIONAL: Se obtuvieron los datos de manera observacional sin manipulación de las variables.

RETROSPECTIVO: Se obtuvieron las radiografías cefalométricas de los pacientes adultos del centro imagenológico Dentolmagen 3D, estas radiografías estuvieron almacenadas en una base de datos.

TRANSVERSAL: Según la secuencia y periodo de este estudio, se realizó el análisis morfométrico geométrico del seno frontal en radiografías cefalométricas en un tiempo determinado.

### **4.2. Población y muestra**

#### **4.2.1. Población**

Estuvo conformada por radiografías cefalométricas tomadas a pacientes adultos entre 20 a 40 años de edad, que acudieron durante el periodo 2018 al 2022 al centro imagenológico Dentolmagen 3D en Lima, Perú.

#### **4.2.2. Muestra**

El tipo de muestra fue probabilístico. Se seleccionaron las imágenes radiográficas que cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión, el cual se realizó a través de un muestreo aleatorio simple.

El tamaño muestral se obtuvo mediante un cálculo proporcional de datos obtenidos del antecedente principal, la proporción poblacional fue de 80,8% con una precisión de 3,6%, además se consideró el nivel de confianza del 95%. De esta manera se obtuvo la muestra total que estuvo constituida por 456 radiografías cefalométricas de pacientes adultos atendidos en el centro imagenológico Dentolmagen 3D en Lima, Perú.

#### **4.2.3 Criterios de Inclusión**

- Radiografías cefalométricas de pacientes adultos entre 20 a 40 años atendidos en el centro imagenológico Dentolmagen 3D.
- Radiografías cefalométricas que poseen registro de fecha de nacimiento y sexo de los pacientes adultos atendidos en el centro imagenológico Dentolmagen 3D.
- Radiografías cefalométricas tomadas desde el año 2018 hasta el 2022 de pacientes adultos atendidos en el centro imagenológico Dentolmagen 3D.
- Radiografías cefalométricas sin antecedentes de traumatismo maxilofacial, cirugía de la base del cráneo o de los senos paranasales de pacientes adultos atendidos en el centro imagenológico Dentolmagen 3D.

#### **4.2.4 Criterios de Exclusión**

- Radiografías cefalométricas de pacientes adultos que muestren malformación del cráneo o anomalías congénitas de desarrollo.
- Radiografías cefalométricas con distorsiones en la calidad de la imagen, las cuales no permitiría distinguir con precisión las estructuras anatómicas del seno frontal.



- Radiografías cefalométricas de pacientes adultos de otra nacionalidad que no sean peruanos de nacimiento.

#### **4.2.5 Unidad de Análisis**

Imagen de cráneo en la radiografía cefalométrica de pacientes adultos de ambos sexos del centro imagenológico Dentolmagen 3D en Lima, Perú.

#### **4.3 Procedimientos y técnicas**

Se creó el formato TPS para las radiografías cefalométricas con el software tpsUtil, la morfología del seno frontal fue analizado a través de la digitalización de los puntos de referencias mediante el software TpsDig2, el análisis estadístico descriptivo e inferencial fue elaborado en el software IBM SPSS Statistics y en el software MorphoJ se desarrolló el análisis morfométrico geométrico.

#### **4.4 Recolección de datos**

- Se presentó una solicitud para la aprobación ética del proyecto al Comité de Ética de Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Anexo 1).
- Se envió una solicitud y al Mg. Esp. Carlos Vigo García, director del centro imagenológico Dentolmagen 3D ubicado en la Av. José Pardo 601 of. 601 en el distrito de Miraflores, con el fin de obtener la autorización y acceso a las radiografías cefalométricas del centro (Anexo 2).
- Se creó una carpeta virtual donde se archivaron las 456 radiografías, las cuales cada radiografía contenía datos específicos de cada paciente como:

número de registro, sexo, edad y fecha de toma de la radiografía cefalométrica.

- Se seleccionó la muestra total de radiografías cefalométricas siguiendo los criterios de exclusión e inclusión del trabajo de investigación. Se procedió a asignar un número de registro para cada radiografía cuando se obtuvo la muestra total.
- Se recopiló la muestra y se realizó la calibración con un especialista experto en Radiología Bucal quién también manejó los criterios de exclusión e inclusión con el 10% del total de la muestra de radiografías cefalométricas. La investigadora y el experto evaluaron las radiografías cefalométricas de manera independiente con el fin de hallar la concordancia inter-examinador.
- El experto y la investigadora evaluaron radiografías cefalométricas iguales de forma independiente, luego cada cual ejecutó la digitalización de los ocho puntos de referencias en el software TPSDig2 y posteriormente se procedió a archivar los resultados obtenidos. El Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI) fue mayor de 0,95 para todos los puntos de referencia del seno frontal, lo que significó una excelente relación entre las fuerza de concordancia (Anexo 5).
- Finalmente, se ejecutó el proyecto de investigación creando el formato TPS para toda la muestra en el software tpsUtil para luego digitalizar un total de ocho puntos de referencia en 2D con el fin de delinear y visualizar con precisión la forma del seno frontal en las radiografías cefalométricas mediante el software TPSDig2, basándose estos en el estudio de Zulkiflee<sup>2</sup>. Los puntos de referencia digitalizados fueron:

1. El punto más alto de la pared posterior del seno frontal.
  2. Glabella - Punto más anterior en el plano medio sagital entre los arcos superciliares del seno frontal.
  3. Nasion – Punto más anterior de la sutura frontonasal en el plano sagital del seno frontal.
  4. El punto más bajo de la pared posterior del seno frontal.
  5. Punto medio entre el punto de referencia 1 y punto de referencia 2.
  6. Punto medio entre el punto de referencia 2 y punto de referencia 3.
  7. Punto medio entre el punto de referencia 3 y punto de referencia 4.
  8. Punto medio entre el punto de referencia 4 y punto de referencia 1.
- En adición, cabe destacar que en el presente estudio se utilizó el método morfométrico geométrico para analizar la variación en la morfología del seno frontal mediante el software MorphoJ y de esta manera estimar el dimorfismo sexual de la muestra.

#### **4.5 Procesamientos de datos**

Se desarrolló en una laptop Toshiba Windows 8 con Intel Core i5, se ejecutaron los siguientes programas: Microsoft Word 2013, Microsoft Excel 2013, TPSUtil, TpsDig2, MorphoJ y el programa estadístico IBM SPSS Statistics.

#### **4.6 Análisis e interpretación de resultados**

- Mediante el programa IBM SPSS Statistics, se realizó el análisis descriptivo e inferencial de los datos obtenidos considerando estadísticamente significativo un  $p < 0,05$  para el análisis de toda la muestra del presente estudio.

- Se tomó en cuenta la prueba Kolmogorov-Smirnov para todas las variables y se realizó la estadística inferencial para una distribución normal mediante el estadístico t para muestras independientes y para la correlación de las variables se aplicó la prueba de Pearson para variables cuantitativas y funciones discriminantes.
- Se realizó el análisis morfométrico geométrico basado en puntos de referencia del seno frontal mediante el software MorphoJ, el cual permitió realizar los siguientes análisis:
  1. Análisis Procrustes Generalizado (GPA) con el fin de estandarizar la forma del seno frontal y omitir los efectos de la escala, traslación y rotación de las configuraciones de los hitos que no se encuentran relacionadas con la morfología de la muestra. El GPA superpuso las coordenadas de los puntos de referencia de la muestra garantizando que únicamente se mantenga la diferencia de las formas del seno frontal entre la muestra. Como resultado secundario, se obtuvo el tamaño del centroide, el cual fue exportado para un análisis posterior.
  2. Análisis de componentes principales (ACP) para describir las variaciones de la forma en la muestra.
  3. Análisis de varianza de Procrustes (ANOVA) reveló si existe diferencias significativas en el tamaño y la forma del centroide del seno frontal entre los sexos.
  4. Y el Análisis de función discriminante (AFD) para establecer la predicción del dimorfismo sexual en la muestra.

#### **4.7 Consideraciones Éticas**

Las radiografías pertenecen a pacientes que previamente brindaron su autorización firmando un consentimiento informado, los cuales se ubican en la base de datos del centro imagenológico Dentolmagen 3D.

Las radiografías evaluadas se indicaron con fines de diagnóstico, terapéuticos y/o de control solicitados por profesionales cirujanos dentistas de diferentes especialidades, mas no con fines de realizar el presente estudio.

Los datos de filiación así como datos específicos de los pacientes se reservados con fines de protección en la identidad de los mismos.

Las digitalizaciones de los puntos de referencia que se realizaron en las radiografías cefalométricas de los pacientes, se ejecutaron exclusivamente para investigación.

Los resultados emitidos en el presente estudio serán de gran aporte para las ciencias forenses debido a que presenta evidencia de diferenciación sexual, por tanto contiene valiosa contribución en la búsqueda de identificación de un sujeto.

Por todo lo expuesto, la investigadora declara conocer y respetar la intimidad e información confidencial de los pacientes, basándose en los principios y normas de la Declaración de Helsinki, 2013.

## 5. RESULTADOS

Se evaluaron 456 radiografías cefalométricas del centro imagenológico Dentolmagen 3D en Lima, Perú. Los resultados se organizaron a través de un análisis descriptivo e inferencial; y morfométrico geométrico, obteniéndose las siguientes tablas y figuras:

**Tabla 1.** Distribución de la muestra según el sexo.

Sexo	Frecuencia	Porcentaje
Masculino	228	50,0
Femenino	228	50,0
Total	456	100,0

La distribución de la muestra estuvo compuesta por 228 radiografías cefalométricas pertenecientes al sexo masculino (50 %) y 228 radiografías cefalométricas pertenecientes al sexo femenino (50%).

**Tabla 2.** Prueba de normalidad de las variables.

SEXO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>				
		Estadístico	gl	Sig.*	¿Normalidad?
Femenino	LMX1	,040	228	,200*	Sí
	LMY1	,041	228	,200*	Sí
	LMX2	,046	228	,200*	Sí
	LMY2	,041	228	,200*	Sí
	LMX3	,037	228	,200*	Sí
	LMY3	,057	228	,068	Sí
	LMX4	,041	228	,200*	Sí
	LMY4	,046	228	,200*	Sí
	LMX5	,042	228	,200*	Sí
	LMY5	,035	228	,200*	Sí
	LMX6	,046	228	,200*	Sí
	LMY6	,041	228	,200*	Sí
	LMX7	,037	228	,200*	Sí
	LMY7	,047	228	,200*	Sí
	LMX8	,046	228	,200*	Sí
	LMY8	,029	228	,200*	Sí
Masculino	LMX1	,048	228	,200*	Sí
	LMY1	,041	228	,200*	Sí
	LMX2	,037	228	,200*	Sí
	LMY2	,058	228	,057	Sí
	LMX3	,031	228	,200*	Sí
	LMY3	,037	228	,200*	Sí
	LMX4	,051	228	,200*	Sí
	LMY4	,034	228	,200*	Sí
	LMX5	,043	228	,200*	Sí
	LMY5	,052	228	,200*	Sí
	LMX6	,032	228	,200*	Sí
	LMY6	,046	228	,200*	Sí
	LMX7	,043	228	,200*	Sí
	LMY7	,033	228	,200*	Sí
	LMX8	,053	228	,200*	Sí
	LMY8	,047	228	,200*	Sí

\*  $p > 0.05$  presenta distribución normal

Los datos de cada una de las variables son mayores a 50; por lo tanto, se debe tomar en cuenta la prueba de Kolmogorov-Smirnov, para todas las variables. Además, presentan una distribución normal ( $p > 0,05$ ), por lo que se aplicó el estadístico t para muestras independientes y para generar la correlación de las variables se aplicó la prueba de Pearson (tabla 2).

**Tabla 3.** Estadísticos descriptivos según la comparación de los diferentes parámetros y sexo.

Parámetros	Sexo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Diferencia de medias	t	p-value
LMX1	Masculino	228	1498,31	61,55	4,08	-28,04	-4,743	<0,001
	Femenino	228	1526,34	64,63	4,28	-28,04		
LMY1	Masculino	228	1953,75	92,33	6,11	-64,56	-7,501	<0,001
	Femenino	228	2018,30	91,45	6,06	-64,56		
LMX2	Masculino	228	1566,14	61,38	4,07	-73,54	-12,392	<0,001
	Femenino	228	1639,68	65,28	4,32	-73,54		
LMY2	Masculino	228	1815,60	62,25	4,12	-20,16	-3,404	0,001
	Femenino	228	1835,75	64,18	4,25	-20,16		
LMX3	Masculino	228	1544,42	55,89	3,70	-53,73	-9,862	<0,001
	Femenino	228	1598,15	60,38	4,00	-53,73		
LMY3	Masculino	228	1695,29	58,03	3,84	-16,78	-2,866	0,004
	Femenino	228	1712,07	66,71	4,42	-16,78		
LMX4	Masculino	228	1395,28	57,45	3,80	-22,28	-3,955	<0,001
	Femenino	228	1417,56	62,71	4,15	-22,28		
LMY4	Masculino	228	1685,27	58,20	3,85	-22,34	-3,888	<0,001
	Femenino	228	1707,61	64,33	4,26	-22,34		
LMX5	Masculino	228	1547,98	61,29	4,06	-55,20	-9,430	<0,001
	Femenino	228	1603,18	63,68	4,22	-55,20		
LMY5	Masculino	228	1889,11	75,54	5,00	-47,92	-6,861	<0,001
	Femenino	228	1937,04	73,60	4,87	-47,92		
LMX6	Masculino	228	1554,83	59,21	3,92	-66,86	-11,665	<0,001
	Femenino	228	1621,68	63,11	4,18	-66,86		
LMY6	Masculino	228	1751,38	58,33	3,86	-17,40	-3,063	0,002
	Femenino	228	1768,78	62,89	4,16	-17,40		
LMX7	Masculino	228	1474,44	54,69	3,62	-38,60	-7,161	<0,001
	Femenino	228	1513,04	60,28	3,99	-38,60		
LMY7	Masculino	228	1666,26	58,77	3,89	-17,75	-3,129	0,002
	Femenino	228	1684,01	62,28	4,12	-17,75		
LMX8	Masculino	228	1445,35	57,27	3,79	-30,06	-5,431	<0,001
	Femenino	228	1475,41	60,88	4,03	-30,06		
LMY8	Masculino	228	1812,14	64,81	4,29	-40,39	-6,486	<0,001
	Femenino	228	1852,53	68,11	4,51	-40,39		

En la tabla 3 se visualiza las medidas son estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ) en los diferentes parámetros estudiados, en el sexo masculino y femenino.



## Análisis de componentes principales (ACP)

**Tabla 4.** Análisis de componentes principales.

var	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12
x1	-0,2455	-0,4462	-0,1199	-0,0266	-0,3152	-0,1515	0,0931	0,0656	-0,1261	-0,4008	0,0371	0,0587
y1	0,4131	-0,1993	0,3595	0,0029	-0,0517	-0,1616	0,2314	-0,3982	-0,0958	-0,0138	-0,0040	0,0340
x2	-0,1260	0,4064	0,0609	-0,2509	0,1738	0,3431	-0,0302	-0,1282	0,0958	-0,1977	0,2048	0,5622
y2	-0,2790	-0,2370	-0,5769	-0,0425	0,2032	0,0305	-0,0667	-0,3497	0,0014	0,0505	-0,3961	0,1494
x3	-0,1094	0,2028	-0,0891	0,3157	-0,1052	-0,5615	0,0297	0,2049	-0,3071	0,2663	0,0880	0,2830
y3	-0,3608	-0,0086	0,5865	0,1623	-0,2189	0,2074	0,0160	0,0847	-0,0603	0,0144	-0,3855	0,1780
x4	0,4781	-0,1645	-0,1192	-0,3156	-0,2173	0,2995	0,0878	0,0212	-0,3672	0,0974	-0,0268	0,0582
y4	0,2441	0,3923	-0,2746	0,4425	0,0084	0,1144	0,4003	-0,0619	0,0251	-0,0183	-0,0028	-0,0110
x5	-0,1569	0,0054	0,0283	-0,1702	-0,0704	0,1402	0,0906	-0,0105	0,2079	0,7386	-0,0980	-0,2466
y5	0,0481	-0,1371	-0,1165	-0,0809	0,1245	0,1700	0,2230	0,7565	0,1600	-0,0983	0,0310	-0,0522
x6	-0,1152	0,3600	0,0438	-0,0212	0,1239	0,0351	-0,0399	-0,0564	-0,2806	-0,3467	-0,2586	-0,6316
y6	-0,3251	-0,1135	0,0167	0,0450	0,0109	0,1421	-0,0224	-0,1793	-0,1507	0,0721	0,7503	-0,2581
x7	0,0939	-0,0349	-0,0098	0,1470	-0,2817	-0,1093	0,0086	-0,1462	0,7389	-0,1834	0,0473	-0,1060
y7	0,0205	0,1727	0,1018	-0,5886	0,2100	-0,5368	0,0218	0,0393	0,1207	-0,0315	-0,0006	-0,0258
x8	0,1811	-0,3290	0,2051	0,3218	0,6920	0,0044	-0,2397	0,0496	0,0385	0,0262	0,0062	0,0221
y8	0,2391	0,1304	-0,0965	0,0593	-0,2863	0,0339	-0,8033	0,1088	-0,0004	0,0250	0,0077	-0,0143

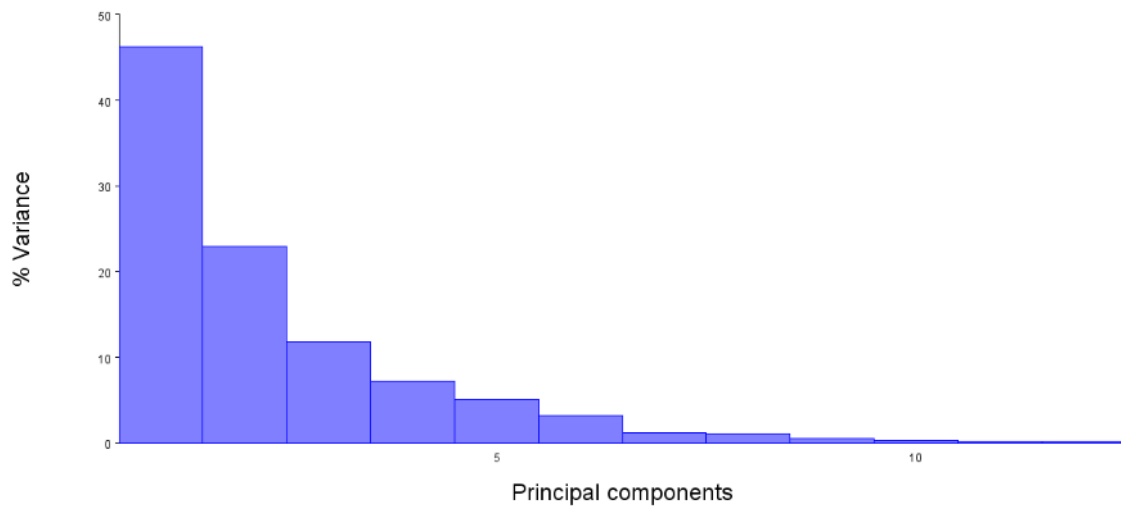
En la tabla 4 se observa los doce componentes principales obtenidos a partir de la fórmula de componentes ( $2k - 4$ ; siendo  $k$  = el número de puntos de referencia).

**Tabla 5.** Resultado del análisis de componentes principales.

CP	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1	0,01233303	46,252	46,252
2	0,00611385	22,929	69,181
3	0,00314481	11,794	80,975
4	0,00192398	7,215	88,190
5	0,00135361	5,076	93,267
6	0,00085589	3,210	96,476
7	0,00031931	1,198	97,674
8	0,00027857	1,045	98,719
9	0,00013801	0,518	99,236
10	0,00009681	0,363	99,599
11	0,00006070	0,228	99,827
12	0,00004617	0,173	100,000

De la tabla 5 podemos interpretar que el análisis de componentes principales (ACP) reveló doce componentes principales (CP) responsables del 100% de las variaciones del seno frontal en el estudio, a saber, CP1, CP2, CP3, CP4, CP5, CP6, CP7 y CP8 contribuyeron el 98,719% del total. Por otro lado, el número de variaciones de forma que contribuyen a las muestras trazadas figuran en un histograma (Fig. 6).

**Figura 6.** Histograma sobre análisis de componentes principales.



La figura 6 muestra el histograma de la distribución de componentes principales del seno frontal para ambos sexos, es decir, el número de variaciones de forma. Se consideró a los 3 primeros CP debido que son los que presentan mayor varianza (80,96%), siendo el CP1 el que más contribuyó a la variabilidad de la forma, representando el 46,3%, seguida del CP2 (22,9 %) y el CP3 (11,8 %).

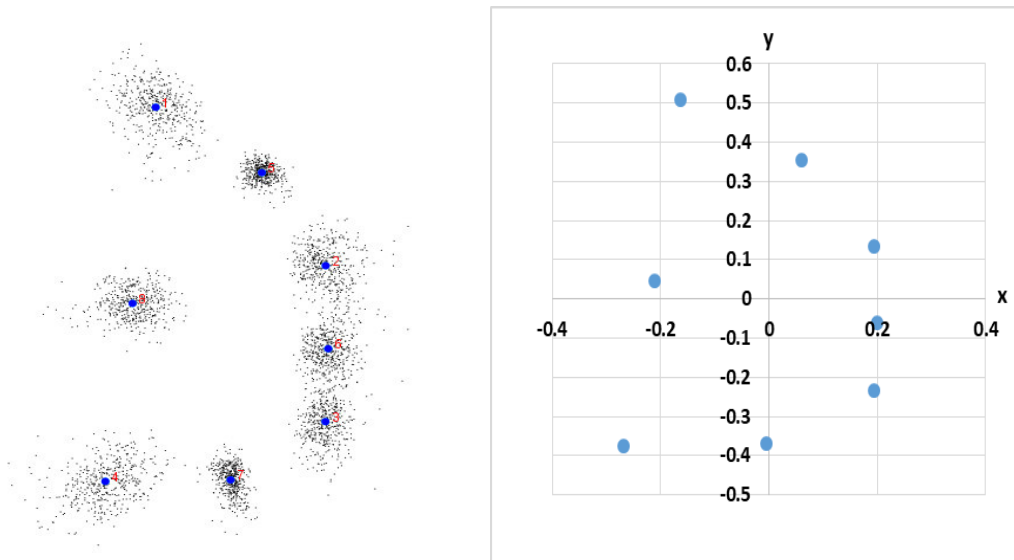
## Análisis de Procrustes generalizado (GPA)

**Tabla 6.** Resultado de los puntos de referencia del análisis Procrustes generalizado.

puntos de referencia	Axis 1 (x)	Axis 2 (y)
1	-0,16292177	0,50734792
2	0,19435739	0,13387812
3	0,19381	-0,23326828
4	-0,26844737	-0,37408969
5	0,06040148	0,35324793
6	0,19972225	-0,06164861
7	-0,00530395	-0,37067135
8	-0,21161802	0,04520396

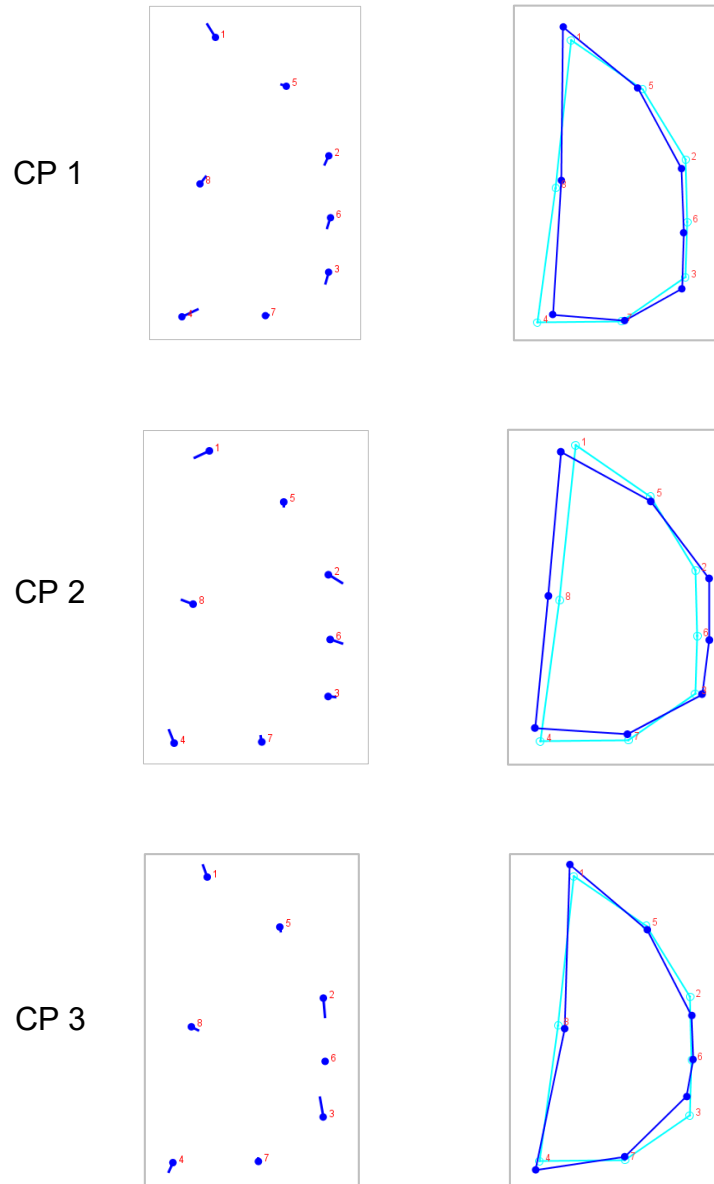
El análisis de Procrustes generalizado (GPA) superpuso las coordenadas de los puntos de referencia de todas las muestras para garantizar que solo se mantuvieran las diferencias de forma entre las muestras. Esto se realizó eliminando otros factores como el tamaño, la orientación y la rotación. La tabla 6 muestra los ocho puntos de referencia en las dos dimensiones.

**Figura 7.** Análisis Procrustes Generalizado.



La figura 7 muestra el análisis de Procrustes generalizado mediante un gráfico de dispersión de los 456 conjuntos superpuestos de las configuraciones de los puntos de referencia del seno frontal, los puntos azules representan los puntos de referencia medios y los puntos negros representan los puntos de referencia de cada individuo de la muestra de las 456 radiografías cefalométricas.

**Figura 8.** Diagrama piruleta (izquierda) y diagrama de alambre (derecha) de los tres primeros componentes principales.

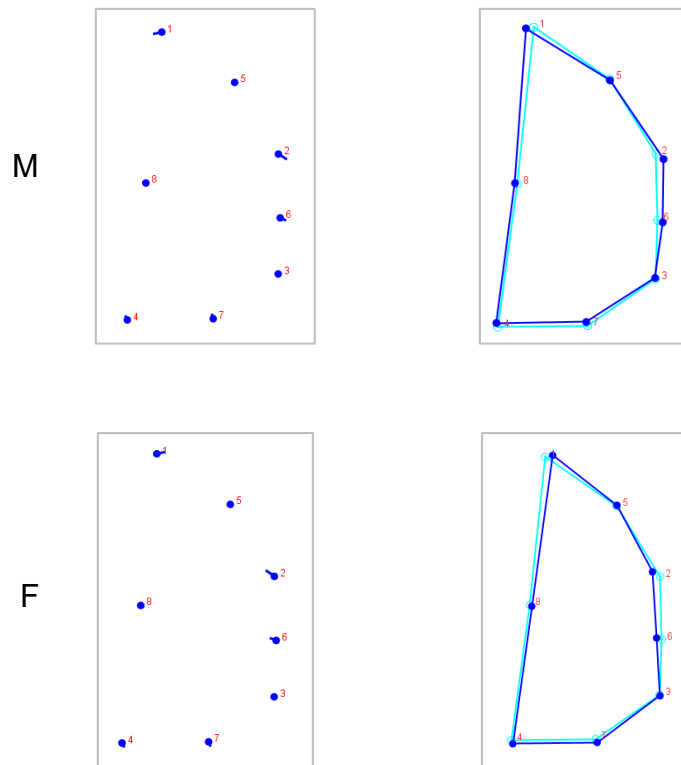


Los componentes principales del seno frontal se trazaron en forma de piruleta y de diagrama de alambre, los cuales muestran la variabilidad de los tres primeros CP. Los diagramas de piruleta (Fig. 8) del sector izquierdo muestran desviaciones de los tres primeros CP respecto a los puntos de referencia

medios del seno frontal (puntos azules) y los diagramas de alambre del sector derecho (Fig. 8) representan las variaciones generales de forma de los tres primeros CP. Las líneas y los puntos de color celestes representan la forma media del seno frontal de toda la muestra, en tanto que las líneas y puntos de color azul indican las desviaciones de forma de los tres primeros CP con respecto a la forma media de toda la muestra.

De los diagramas se puede glosar que los puntos de referencia en el CP1 tuvieron mayor desviación en los puntos 1 y 4, donde el punto de referencia 1 (punto más alto del seno frontal) es más superior y posterior, en tanto el punto de referencia 4 (punto más inferior del seno frontal) es más superior y anterior que la forma media del seno frontal. En el caso de CP2, la mayor variación se visualizó en los puntos de referencia 1, 2 y 4, en los que el punto de referencia 1 se ubicó más inferior y posterior, el punto de referencia 2 (glabella) se proyectó más inferior y anterior; mientras tanto, el punto de referencia 4 se proyectó más superior y posterior que la forma media. Con respecto a la CP3, se produjo más desviación en los puntos de referencia 2 y 3, en los que el punto de referencia 2 se trazó más inferior y el punto de referencia 3 (nasion) se trazó más superior y posterior que la forma media del seno frontal.

**Figura 9.** Diagrama piruleta (izquierda) y diagrama de alambre (derecha) según sexo.



Los diagramas de piruleta nos muestran los puntos de referencia que presentaron mayor desviación en toda la muestra según sexo; con respecto al sexo masculino, el punto de referencia 1 y 2 fueron los de mayor varianza, al igual que en el sexo femenino, la desviación más visible fue desarrollada en los puntos de referencia 1 y 2.

Los diagramas de alambre presentaron variaciones generales de forma de la muestra, tanto para el sexo masculino como para el femenino; las líneas y los puntos de color celeste representan la forma media del seno frontal en toda la muestra, mientras que las líneas y los puntos de color azul visualizan las desviaciones de forma según sexo con respecto a la forma media de toda la muestra.



## Análisis ANOVA de Procrustes

**Tabla 7.** El análisis de varianza ANOVA según puntos de referencia.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.*
LMX1	Entre grupos	89600,140	1	89600,140	22,497	,000
	Dentro de grupos	1808165,825	454	3982,744		
	Total	1897765,965	455			
LMY1	Entre grupos	475107,371	1	475107,371	56,264	,000
	Dentro de grupos	3833685,364	454	8444,241		
	Total	4308792,735	455			
LMX2	Entre grupos	616518,178	1	616518,178	153,573	,000
	Dentro de grupos	1822577,136	454	4014,487		
	Total	2439095,314	455			
LMY2	Entre grupos	46322,842	1	46322,842	11,590	,001
	Dentro de grupos	1814609,123	454	3996,936		
	Total	1860931,965	455			
LMX3	Entre grupos	329138,160	1	329138,160	97,250	,000
	Dentro de grupos	1536538,346	454	3384,446		
	Total	1865676,507	455			
LMY3	Entre grupos	32101,482	1	32101,482	8,214	,004
	Dentro de grupos	1774380,482	454	3908,327		
	Total	1806481,965	455			
LMX4	Entre grupos	56570,704	1	56570,704	15,642	,000
	Dentro de grupos	1641976,294	454	3616,688		
	Total	1698546,998	455			
LMY4	Entre grupos	56883,002	1	56883,002	15,118	,000
	Dentro de grupos	1708215,154	454	3762,588		
	Total	1765098,156	455			
LMX5	Entre grupos	347329,441	1	347329,441	88,926	,000
	Dentro de grupos	1773247,873	454	3905,832		
	Total	2120577,314	455			
LMY5	Entre grupos	261792,711	1	261792,711	47,071	,000
	Dentro de grupos	2524980,754	454	5561,632		
	Total	2786773,465	455			
LMX6	Entre grupos	509537,388	1	509537,388	136,083	,000
	Dentro de grupos	1699923,592	454	3744,325		
	Total	2209460,980	455			
LMY6	Entre grupos	34511,160	1	34511,160	9,382	,002
	Dentro de grupos	1670077,154	454	3678,584		
	Total	1704588,314	455			
LMX7	Entre grupos	169863,160	1	169863,160	51,282	,000
	Dentro de grupos	1503813,820	454	3312,365		
	Total	1673676,980	455			
LMY7	Entre grupos	35899,377	1	35899,377	9,791	,002
	Dentro de grupos	1664616,193	454	3666,555		
	Total	1700515,570	455			
LMX8	Entre grupos	103020,430	1	103020,430	29,493	,000
	Dentro de grupos	1585830,693	454	3493,019		
	Total	1688851,123	455			
LMY8	Entre grupos	185936,982	1	185936,982	42,073	,000
	Dentro de grupos	2006406,351	454	4419,397		
	Total	2192343,333	455			

\*El valor  $p < 0,05$  es significativo

De la tabla 7 se interpreta que el análisis de varianza ANOVA evidencia que existe diferenciación entre las medias del sexo en cada uno de los parámetros; además, reveló diferencias significativas en el tamaño y la forma del centroide ( $p < 0,05$ ) del seno frontal entre los sexos.

**Tabla 8.** ANOVA de Procrustes del tamaño del centroide y la forma del seno frontal para el sexo.

<b>Efecto</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>
<b>Tamaño del centroide</b>	443076,38	443076,382883	1	110,81	<,0001*
<b>Forma</b>	0,89	0,0744413542	12	36,08	<,0001*

SS=Suma de los cuadrados, MS=Media de los cuadrados, df=Degrado de libertad, F=Estadístico de Goodall

\*El valor  $p < 0,05$  es significativo

Hubo diferencia significativa en el tamaño del centroide del seno frontal (*valor*  $p < 0,05$ ); con respecto al estadístico de Goodall (F), este mostró un rango de variación de  $F = 110,81$  (Tabla 8). Del mismo modo, también hubo diferencia significativa en la forma del seno frontal entre sexos (*valor*  $p < 0,05$   $F = 36,08$ ). La prueba F indicó mayor variación en el tamaño del centroide que en la forma.

## Análisis de la función discriminante

**Tabla 9.** Análisis discriminante utilizando mediciones de los parámetros para discriminar entre sexos.

$D = -13,121 - 0,013(LMX1) - 0,020(LMY1) + 0,117(LMX2) - 0,045(LMY2) - 0,007(LMX3) + 0,008(LMY3) - 0,012(LMX4) + 0,007(LMY4) - 0,059(LMX5) + 0,051(LMY5) - 0,050(LMX6) + 0,003(LMY6) + 0,014(LMX7) - 0,001(LMY7) - 0,013(LMX8) - 0,00019(LMY8)$			
Wilks Lambda = 0,402 p-value < 0,001	<b>Femenino</b>	<b>Masculino</b>	<b>General</b>
Porcentaje de grupo con una predicción precisa	93,9%	85,1%	89,5%
Función centroide de grupo	-1,216	1,216	Masculino D > 0,01

En la tabla 9 se logra visualizar la fórmula discriminante del dimorfismo sexual del seno frontal (D) mediante la morfometría geométrica, proporcionando una ecuación de regresión lineal para los puntos de referencia examinados. Como puede observarse, el coeficiente Lambda de Wilks es de 0,402, lo que evidencia la independencia de las variables utilizadas en la ecuación. Por otro lado, se observa la predictibilidad del sexo donde un valor obtenido corresponde al sexo masculino o femenino según sea mayor o menor de 0,01. Además, se predijeron correctamente los sexos como femenino (93,9%) y masculino (85,1%), obteniendo una predicción general de 89,5% de toda la muestra utilizando esta ecuación. Se evidenció así una mayor precisión de estimación del dimorfismo sexual del seno frontal para el sexo femenino que el masculino.

## 6. DISCUSIÓN

En casos de desastres, homicidios y/o tragedias, existen métodos que contribuyen en la búsqueda de la identificación de un individuo desconocido, diversos métodos de identificación se utilizan y la fiabilidad de estos varían según las estructuras anatómicas disponibles y del estado en el que se encuentran.<sup>6,7,10</sup> La identificación del sexo es el perfil preliminar en una investigación forense, debido a que una acertada clasificación del sexo contribuirá aún más en el proceso de identificación de la ascendencia y la edad, ya que estos parámetros dependen de la estimación correcta del sexo.<sup>2</sup>

Las imágenes de los senos frontales se utilizan en las investigaciones de las ciencias forenses con éxito debido a la característica única de esta estructura en cada persona. Según Mathur<sup>7</sup>, el seno frontal se encuentra ausente solo en el 4% de la población, su desarrollo suele completarse alrededor de los 18 a 20 años de edad y presenta variaciones particulares de cada individuo en cuanto a la forma, área y simetría, convirtiéndose de esta manera en un indicador notable en la estimación del dimorfismo sexual y así permitir la identificación del individuo.

Según Perlaza<sup>5</sup> y Zulkiflee *et al.*<sup>2</sup>, el estudio de la morfología del seno frontal es un valioso indicador dimórfico para la estimación del sexo en un estudio forense debido a que los resultados generales de estas investigaciones arrojaron un dimorfismo sexual significativo para la población colombiana y malaya, respectivamente.

En el Perú, no hay evidencia de estudios de investigación que aporten información para desarrollar nuevos parámetros métricos y morfológicos por

medio de las particularidades anatómicas del seno frontal con fines forenses, tanto en morfometría lineal como en morfometría geométrica. Esta investigación se apoyó en el estudio de Zulkiflee *et al.*<sup>2</sup>, donde se realizó la evaluación del seno frontal mediante digitalizaciones de puntos de referencia de esta estructura en radiografías cefalométricas apoyados en un análisis morfométrico geométrico bidimensional.

El presente estudio así como las investigaciones de Perlaza<sup>5</sup> y Zulkiflee *et al.*<sup>2</sup> coinciden en que los resultados mostraron la importancia de la digitalización y el uso de los puntos de referencia, así como del análisis de la función discriminante a través de la morfometría geométrica con el fin obtener un porcentaje de predicción de dimorfismo sexual.

De acuerdo con los objetivos, se obtuvieron diferencias significativas entre los valores del sexo masculino y femenino en todas las variables que han sido evaluadas, se obtuvo una mayor predicción para el sexo femenino en comparación del sexo masculino, cabe indicar que ambos sexos varían según sus orígenes filogenéticos y raciales en tamaño y forma, lo que se conoce como dimorfismo sexual, hay especies más dimórficas que otras y se relaciona con el tipo de estructura social.<sup>46</sup> El presente estudio logró establecer que el seno frontal permite estimar el dimorfismo sexual obteniéndose un grado de precisión de 89,5% para ambos sexos, siendo de 85,1% para el sexo masculino y 93,9% para femenino. Luego de haber identificado los puntos más alto de la pared posterior del seno frontal, la glabella, el nasion y el punto más bajo de la pared posterior del seno frontal en las radiografías cefalométricas, se estableció un nivel de significancia de  $p < 0,001$  para todas estas variables; de igual modo, al

establecer los puntos medios entre el punto más alto de la pared posterior del seno frontal y la glabella, entre la glabella y el nasion, entre el nasion y el punto más bajo de la pared posterior del seno frontal; y el punto más bajo y más alto de la pared posterior del seno frontal, se consideraron estadísticamente significativos en todas las variables mencionadas.

La presente investigación demostró un dimorfismo sexual estadísticamente significativo en cuanto a la forma y al tamaño del centroide del seno frontal al igual que el estudio de Zulkiflee *et al.*<sup>2</sup>, quienes utilizaron los mismos parámetros y análisis para el estudio en una población malaya; mientras que Perlaza<sup>12</sup> si bien tuvo una perspectiva similar al estudiar la morfología del seno frontal mediante la morfometría geométrica, en su investigación no encontró diferencias significativas y solo comparó el tamaño del centroide mas no consideró la variación de la forma de esta configuración anatómica.

Dentro de los resultados obtenidos, se puede destacar el análisis de componentes principales (ACP) la cual reveló doce componentes principales (CP) responsables del 100% de las variaciones morfológicas del seno frontal y que los tres primeros CP obtuvieron el 80,97% de la varianza total de la muestra, Zulkiflee *et al.*<sup>2</sup> obtuvieron 83,0% de variabilidad en los tres primeros CP y Perlaza<sup>5</sup> obtuvo 82% de varianza en los dos primeros CP. Es importante mencionar que Perlaza<sup>12</sup> solo consideró cuatro puntos de referencia al digitalizar su muestra, en cambio en este estudio y en la investigación de Zulkiflee *et al.*<sup>2</sup> se digitalizaron un total de ocho puntos de referencia del seno frontal. Por otra parte, en los diagramas de piruleta y alambre presentados en la sección de resultados se demostró la variabilidad de la morfología del seno

frontal según el sexo, se observó que ambos sexos presentaron mayor varianza en el punto de referencia 1 (punto más alto del seno frontal) y en el punto de referencia 2 (glabella), lo que coincide con el estudio de Cechova *et al.*<sup>4</sup> realizado en tomografías computarizadas, el cual encontró dimorfismo sexual que indica que el sexo masculino en la región inferior del hueso frontal (la glabella y los arcos superciliares) presenta mayor prominencia; en cambio, hacia la escama frontal (parte superior del seno frontal), la prominencia masculina disminuyó ligeramente en comparación al sexo femenino.

Con respecto al análisis de ANOVA de Procrustes, en este estudio hubo diferencia significativa tanto en el tamaño del centroide como en la forma del seno frontal (*valor p*<0,05), donde la prueba F indicó una mayor variación en el tamaño del centroide que en la forma; mientras que en la investigación de Zulkiflee *et al.*<sup>2</sup> fue todo lo contrario ya que el valor F mostró una mayor varianza en cuanto a la forma del seno frontal que en el tamaño del centroide.

Finalmente, el análisis de función discriminante (AFD) arrojó una ecuación de regresión lineal para todos los puntos de referencia estudiados; en ese sentido, el valor del coeficiente de la Lambda de Wilks fue de 0,402, lo que explica como las variables de la ecuación son todas independientes entre sí. Los resultados generales del AFD indicaron que el 89,5% de las muestras se clasificaron correctamente según los grupos de sexo; en relación a esto, la presente investigación obtuvo mayor porcentaje de predictibilidad en comparación a investigaciones de Perlaza<sup>5</sup> y Zulkiflee *et al.*<sup>2</sup> que obtuvieron menor porcentaje con valores de 84,31% y 80,8%, respectivamente. En adición, este estudio demostró una mayor precisión de estimación del dimorfismo sexual del seno

frontal para el sexo femenino con un 93,9% que para el sexo masculino con solo un 85,1%.

En estudios donde se aplicó el análisis morfométrico geométrico<sup>2, 5</sup> se utilizaron radiografías cefalométricas, las cuales poseen la ventaja de ser cuantificables por el análisis de función discriminante que nos ayudará a obtener una predicción correcta de estimación del dimorfismo sexual.

Cabe destacar que debido a la falta de investigaciones previas sobre estimación del sexo utilizando morfometría geométrica en el Perú y al ser el primer estudio realizado en una población peruana, nuestro sistema de estimación de dimorfismo sexual del seno frontal será muy valioso para los antropólogos y forenses que lo apliquen, siempre que sus datos se procesen de la misma manera que este estudio. Sin embargo, hubiese sido de mayor aporte poder realizar la investigación por grupos poblacionales; dado que cada grupo poblacional, así sea del mismo país, presenta rasgos y características peculiares por lo que se diferencian uno del otro.

Los resultados obtenidos en esta investigación apoyan en la predictibilidad del dimorfismo sexual dentro del ámbito forense, particularmente cuando se requiera identificar a un individuo y no se cuente con las configuraciones óseas completas, entonces sería de gran beneficio poder contar al menos con esta estructura anatómica para estimar el sexo y así aportar información sustancial dentro de una investigación.



## 7. CONCLUSIONES

- Mediante el análisis morfométrico geométrico del seno frontal, se halló un porcentaje de predicción general de dimorfismo sexual de 89,5% de toda la muestra. Además, se obtuvo diferencias significativas entre los valores del sexo masculino y femenino en todas las variables evaluadas, se demostró mayor predicción para el sexo femenino (93,9%) en comparación con el sexo masculino (85,1%).
- Se demostró variabilidad en la morfología del seno frontal según el sexo; se observó que ambos sexos presentaron mayor varianza en el punto de referencia 1 (punto más alto del seno frontal) y en el punto de referencia 2 (glabella).
- Se apreciaron diferencias significativas tanto en el tamaño del centroide como en la forma del seno frontal, siendo el tamaño del centroide de mayor variación a comparación de la forma.
- Debido a la alta precisión de clasificación del seno frontal, se sugiere esta estructura anatómica como una importante herramienta de apoyo para la identificación del sexo utilizando la morfometría geométrica. La variabilidad del seno frontal permite desarrollar la estimación del dimorfismo sexual mediante un análisis morfométrico geométrico en pacientes adultos de una población peruana.

## **8. RECOMENDACIONES**

- Se sugiere ejecutar estudios de investigación sobre estimación del dimorfismo sexual mediante el análisis morfométrico geométrico en diferentes grupos poblacionales del Perú con el fin de encontrar particularidades específicas de cada uno de ellos, de esta manera encontrar un patrón que ayude a las ciencias forenses en el proceso de identificación humana.

## 9. BIBLIOGRAFÍA:

1. Lamas J., Vega R., González J. Identificación personal mediante el estudio de los senos frontales: A propósito de un caso. Cuad. med. forense [Internet]. 2008 Oct [citado 2022 Oct 11] ; ( 53-54 ): 317-326. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-76062008000300012&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062008000300012&lng=es).
2. Zulkiflee NDI, Alias A, Chainchel Singh MK, Mohd Hadi Pritam H, Chung E, Sakaran R, et al. Sexual Dimorphism of Frontal Sinus: A 2-Dimensional Geometric Morphometric Analysis on Lateral Skull Radiographs. Forensic Imaging. junio de 2022;29:200506.
3. Garhia P, Saxena S, Gupta A. Frontal sinus variability as a tool in forensic identification- A pilot study using radiographic images and software analysis. Int J Curr Res Rev [Internet]. 2019;11(8):08–12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.31782/ijcrr.2019.0812>
4. Čechová M, Dupej J, Brůžek J, Bejdová Š, Horák M, Velemínská J. Sex estimation using external morphology of the frontal bone and frontal sinuses in a contemporary Czech population. Int J Legal Med [Internet]. 2019;133(4):1285–94. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00414-019-02063-8>
5. Perlaza NA. Sex Determination from the Frontal Bone: A Geometric Morphometric Study. J Forensic Sci. septiembre de 2014;59(5):1330-2.

6. Shireen A, Goel S, Ahmed I, Sabeh A, Mahmoud W. Radiomorphometric evaluation of the frontal sinus in relation to age and gender in Saudi population. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2019;0(0):0.
7. Mathur DH. Conventional Frontal Sinus Imaging In Identification Of Sex: Original Study In Population Of Udaipur City ,India . 2013;1(1):5.
8. Murphy RE. A Morphometric Outline Analysis of Ancestry and Sex Differences in Cranial Shape. 2017:9.
9. Parés-Casanova PM, Salamanca-Carreño A, Crosby-Granados RA, Bentez-Molano J. A Comparison of Traditional and Geometric Morphometric Techniques for the Study of Basicranial Morphology in Horses: A Case Study of the Araucanian Horse from Colombia. *Animals.* 10 de enero de 2020;10(1):118.
10. Sherif NAEH, Sheta AAEM, Ibrahim ME, Kaka RAEM, Henaigy MF. Evaluation of the paranasal sinuses dimensions in sex estimation among a sample of adult egyptians using multidetector computed tomography. *J Forensic Radiol Imaging.* diciembre de 2017;11:33-9.
11. Almeida Prado PS, Adams K, Fernandes LC, Kranjoti E. Frontal sinus as an identity and sex indicator. *Morphologie.* diciembre de 2021;105(351):281-7.
12. Uthman AT, AL-Rawi NH, Al-Naaimi AS, Tawfeeq AS, Suhail EH. Evaluation of frontal sinus and skull measurements using spiral CT scanning: An aid in unknown person identification. *Forensic Sci Int.* abril de 2010;197(1-3):124.e1-124.e7.
13. Soman B, Sujatha G, Lingappa A. Morphometric evaluation of the frontal sinus in relation to age and gender in subjects residing in Davangere, Karnataka. *J Forensic Dent Sci.* 2016;8(1):57.

14. Godoy C. La identificación humana dentro del proceso penal [tesis de pregrado]. [Santiago (Chile)]: Facultad de Derecho de la Universidad de Chile; 2008.
15. INTERPOL. Guía para la Identificación de Víctimas de Catástrofes. 2018.
16. Recamán L. Criminalística de la identificación personal. Boletín Galego de Medicina legal y Forense n° 27 [Internet] 2020 Jun [citado el 11 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://www.agmf.es/az/boletin27CRIMINALISTICA%20DE%20LA%20IDENTIFICACION%20PERSONA.pdf>
17. Araya C. Estudio comparativo de métodos de identificación médico legal [tesis de pregrado]. [Santiago (Chile)]: Facultad de Odontología de la Universidad de Chile; 2009.
18. Teke. A. "Medicina legal y criminalística". Primera edición. Ediciones jurídicas de Santiago. 2004. Capítulos 6 y 7
19. Garrido Yasna, Zavando Daniela, Suazo Galdames Iván. Estimación de la Estatura a Partir de las Dimensiones de la Dentición Temporal. Int. J. Odontostomat. [Internet]. 2012 Ago [citado 2022 Oct 18]; 6( 2 ): 139-143. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-381X2012000200004&lng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2012000200004&lng=es). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2012000200004>.
20. Análisis criminalístico del perfil biológico antropológico [Internet]. vLex. [citado el 11 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://vlex.com.mx/vid/analisis-criminalistico-perfil-biologico-836910989>

21. Noreña J. Estimación del dimorfismo sexual en la mandíbula usando una muestra de Medellín [Tesis de pregrado]. [Antioquia (Colombia)]: Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de la Universidad de Antioquia; 2017.
22. Bass WM. Human osteology: a laboratory and field manual. Missouri Archaeological Society, Columbia, MO. [Internet] 1987
23. Brothwell, D.R. Digging up Bones: The Excavation, Treatment and Study of Human Skeletal Remains. British Museum, London. [Internet] 1963
24. Buikstra, J. E., & Ubelaker, D. (1994). Standards for data collection from human skeletal remains. Research series no. 44. Fayetteville, Arkansas Arkansas archeological survey research series no 44. - References - Scientific Research Publishing [Internet]. Scirp.org. [citado el 18 de octubre de 2022]. Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1010136](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1010136)
25. Stewart, T.D. Essentials of Forensic Anthropology, Especially as Developed in the United States. Charles C. Thomas, Springfield, IL. [Internet] 1979
26. Krogman W.M., Iscan, M.Y. The Human Skeleton in Forensic Medicine. Charles C. Thomas, Springfield, IL. [Internet] 1986
27. Rogers SL. Personal identification from human remains. Charles C. Thomas Publisher; 1987.
28. Digangi E, Moore M. Research Methods in Human Skeletal Biology. Academic Press (hardcover) – American Journal of Physical Anthropology (serial online) [Internet] 2013. 152 4): 569.

29. Phenice TW. A newly developed visual method of sexing the os pubis. *Am J Phys Anthropol* [Internet]. 1969 [citado el 18 de octubre de 2022];30(2):297–301. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5772048/>
30. Bruzek J. A method for visual determination of sex, using the human hip bone. *Am J Phys Anthropol* [Internet]. 2002 [citado el 18 de octubre de 2022];117(2):157–68. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11815949/>
31. Brothwell DR. Desenterrando huesos: la excavación, tratamiento y estudio de restos del esqueleto humano. Fondo de Cultura Económica de España; 1993.
32. Hoshi H. Sex difference in the shape of the mastoid process in norma occipitalis and its importance to the sex determination of the human skull. *Okajimas Folia Anat Jpn* [Internet]. 1962 [citado el 13 de octubre de 2022];38(5):309–13. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/60bf3ddb165ab10fdfb0ee4ca2bee8a4cdd2005b>
33. Trujillo A., Ordoñez A. Nociones básicas para la determinación del sexo y la edad en restos biantropológicos. *Estrat Critic*. 2012; 6:134-155.
34. Sánchez Astorga P. CAMPILLO, D. y SUBIRÁ, M. E., 2004: *Antropología Física para arqueólogos*. Colección Ariel Prehistoria. Ariel. Barcelona.h[Recurso electrónico] /. 2003 [citado el 13 de octubre de 2022]; Disponible en: <https://rodin.uca.es/handle/10498/9052>
35. Byers SN. *Introduction to Forensic Anthropology. A Textbook*. Second Edition. Pearson Education, Inc. Boston, 2005.

36. Spradley MK, Jantz RL. Sex estimation in forensic anthropology: skull versus postcranial elements: Sex estimation in forensic anthropology. *J Forensic Sci* [Internet]. 2011 [citado el 13 de octubre de 2022];56(2):289–96. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21210801/>
37. Andrés G, Loaiza M, Felipe A, Daza O, Archila GA. Aplicaciones de IA rAdiologíA convencional en el cAmpo de IA medicinA forense ApplicAtions of conventionAl rAdiology in the medicAl forensic field [Internet]. *Webcir.org*. [citado el 11 de octubre de 2022]. Disponible en: [https://www.webcir.org/revistavirtual/articulos/marzo14/colombia/col\\_esp\\_a.pdf](https://www.webcir.org/revistavirtual/articulos/marzo14/colombia/col_esp_a.pdf)
38. Benítez H, Püschel T. Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva. *Int. J. Morphol.* [Internet]. 2014 Sep [citado 2022 Oct 11]; 32( 3 ): 998-1008. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300041>.
39. Toro Ibacache, M. V., Manriquez Soto, G., & Suazo Galdames, I. (2010). Morfometría geométrica y el estudio de las formas biológicas: De la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa. *International Journal of Morphology*, 28(4), 977-990.
40. Bravo Morante G. Morfometría geométrica y 3D en la Antropología Física. Determinación de la edad al morir. Universidad de Granada; 2021.
41. Bookstein, F.I. (1991) *Morphometric Tools for Landmark Data. Geometry and biology*. Cambridge university press. - references - scientific research publishing [Internet]. *Scirp.org*. [citado el 13 de octubre de 2022]. Disponible en:



[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1173865](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1173865)

42. Gunz P, Mitteroecker P. Semilandmarks: a method for quantifying curves and surfaces. *Hystrix* [Internet]. 2013 [citado el 13 de octubre de 2022];24(1):103–9. Disponible en: <http://www.italian-journal-of-mammalogy.it/Semilandmarks-a-method-for-quantifying-curves-and-surfaces,77248,0,2.html>
43. Zelditch ML, Swiderski DL, Sheets HD. *Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer* [Internet]. 2a ed. Academic Press; 2014 [citado el 13 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/geometric-morphometrics-for-biologists/zelditch/978-0-12-386903-6>
44. Bastir M, García-Martínez D, Torres-Tamayo N, Palancar CA, Fernández-Pérez FJ, Riesco-López A, et al. Workflows in a Virtual Morphology Lab: 3D scanning, measuring, and printing. *J Anthropol Sci* [Internet]. 2019;96:107–34. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4436/JASS.97003>
45. Hamed SSh, El-Badrawy AM, Abdel Fattah S. Gender identification from frontal sinus using multi-detector computed tomography. *J Forensic Radiol Imaging*. julio de 2014;2(3):117-20.
46. Rodríguez J. *La Antropología Forense en la identificación humana*. 1st. ed. Colombia: Guadalupe Ltda; 2004
47. Weber GW, Bookstein FL. *Virtual Anthropology: A guide to a new interdisciplinary field* [Internet]. Vienna, Austria: Springer; 2007 [citado el 13 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.virtual-anthropology.com/>
48. Slice DE, editor. *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. Boston, MA: Springer US; 2005.

49. Bielemann RM, Martinez-Mesa J, Gigante DP. Physical activity during life course and bone mass: a systematic review of methods and findings from cohort studies with young adults. BMC Musculoskelet Disord [Internet]. 2013 [citado el 18 de octubre de 2022];14(1):77. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23497066/>
50. Gillick H. ANCESTRY DETERMINATION USING GEOMETRIC MORPHOMETRICS.2012 :134.
51. Bytheway JA, Ross AH. A Geometric Morphometric Approach to Sex Determination of the Human Adult Os Coxa: A GEOMETRIC MORPHOMETRIC APPROACH TO SEX DETERMINATION. J Forensic Sci. 25 de marzo de 2010;55(4):859-64.
52. Ibrahim MA, Abdel-Karim RI, Ibrahim MS, Dar UF. Comparative study of the reliability of frontal and maxillary sinuses in sex identification using multidetector computed tomography among Egyptians. Forensic Imaging. septiembre de 2020;22:200390.
53. Villalobos-Rangel H. Rev. cienc. forenses Honduras. 2017; 3(2): 28-38.
54. García Bejarano EA, Vargas Caro JP, Jiménez Ramírez LG. La aplicación de la lofoscopia como método de prueba en un hecho punible. 2015 [citado el 17 de octubre de 2022]; Disponible en: <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/4965>

## 10. ANEXOS

**Anexo 1.** Constancia de aprobación del Comité de Ética en Investigación de la facultad de Odontología de la UNMSM.



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

### CONSTANCIA DE APROBACIÓN N°007-CEI-FO-2023

El Comité de Ética Institucional de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos **APROBÓ** el proyecto de investigación: "**ESTIMACIÓN DEL DIMORFISMO SEXUAL MEDIANTE EL ANÁLISIS MORFOMÉTRICO GEOMÉTRICO DEL SENO FRONTAL EN RADIOGRAFÍAS CEFALOMÉTRICAS DE UNA POBLACIÓN ADULTA PERUANA.**" a cargo de la investigadora principal Patricia Meza Cámara.

La presente aprobación del Comité de Ética Institucional de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos tiene una vigencia de tres años, del 13 de julio de 2023 al 13 de julio de 2026 bajo los siguientes considerandos:

- El proyecto de investigación se encuentra registrado y almacenado en los archivos digitales del comité.
- Los datos obtenidos de la investigación deberán ser rigurosamente resguardados y almacenados por un periodo mínimo de tres años pudiendo ser solicitados por este comité en cualquier momento.
- El comité se reserva el derecho de solicitar en cualquier momento un informe del avance del proceso de ejecución del proyecto de investigación
- Cualquier modificación al proyecto presentado deberá ser informado al Comité.
- Al finalizar la ejecución el investigador responsable debe enviar una copia del informe final a este comité.
- El Comité de Ética está a disposición para posteriores esclarecimientos o dudas.

Ciudad Universitaria, 13 de julio de 2023

**Dr. Fernando Alfonso Ortiz Culca**  
Presidente del Comité de Ética Institucional  
Facultad de Odontología

**Anexo 2.** Solicitud para el acceso y recolección de radiografías en el centro  
imagenológico Dentolimagen 3D de Lima, Perú.



Lima, 22 de Marzo del 2023

**CARTA DE PRESENTACIÓN N° 000003-2023-D-FO/UNMSM**

Magister  
**CARLOS VIGO GARCÍA**  
Director del Centro Radiológico Dentolimagen 3D  
Presente. –

De mi mayor consideración:

Es grato saludarlo y presentar a **PATRICIA MEZA CÁMARA**, bachiller egresada de los estudios de Pregrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

La bachiller **PATRICIA MEZA CÁMARA** se encuentra desarrollando el proyecto de tesis titulado: **“ESTIMACIÓN DEL DIMORFISMO SEXUAL MEDIANTE EL ANÁLISIS MORFOMÉTRICO GEOMÉTRICO DEL SENO FRONTAL EN RADIOGRAFÍAS CEFALOMÉTRICAS DE UNA POBLACIÓN ADULTA PERUANA”**, el cual ha sido aprobado para su ejecución por el Vicedecanato Académico y la Unidad de Asesoría y Orientación del Estudiante (UNAYOE) de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Dicho trabajo requiere del permiso dado por su dependencia para iniciar la ejecución de la investigación, razón por la cual, agradeceré que tenga a bien otorgarle las facilidades del caso.

Sin otro particular, sea propicia la oportunidad para reiterarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

**ROMEL ARMANDO WATANABE VELÁSQUEZ**  
DECANO DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA



**Anexo 3.** Constancia de ingreso y ejecución de proyecto de tesis en el centro imagenológico Dentolmagen 3D Lima, Perú.



**EL DIRECTOR DEL CENTRO IMAGENOLÓGICO DENTOIMAGEN 3D, DR. CARLOS VIGO GARCÍA, QUE SUSCRIBE:**

**HACE CONSTAR**

Que el Bach. **PATRICIA MEZA CÁMARA**, identificado con DNI 72295008, ejecutará su Proyecto de Tesis titulado: **"ESTIMACIÓN DEL DIMORFISMO SEXUAL MEDIANTE EL ANÁLISIS MORFOMÉTRICO GEOMÉTRICO DEL SENO FRONTAL EN RADIOGRAFÍAS CEFALOMÉTRICAS DE UNA POBLACIÓN ADULTA PERUANA."**

Así mismo se le autoriza el ingreso al centro imagenológico para el uso de la base de datos, que consistirá en digitalizar puntos de referencia del seno frontal en radiografías cefalométricas de los pacientes seleccionados. Dicha ejecución se realizará a partir del lunes 15 de mayo del 2023 hasta el 31 de mayo del 2023, brindándole las facilidades que el caso amerita.



---

Lima, 08 de Julio del 2023

**Anexo 4. Constancia de calibración del experto.**

**CONSTANCIA DE EXPERTO CALIBRADOR**

**NOMBRE DEL EXPERTO:** Carlos García Vigo

**GRADO:** Mg. C.D.

Por medio de la presente dejo constancia que participé como experto en el proceso de calibración realizado a la bachiller Patricia Meza Cámara, identificada con DNI 72295006, quién se encuentra realizando su trabajo de investigación titulado "Estimación del dimorfismo sexual mediante el análisis morfométrico geométrico del seno frontal en radiografías cefalométricas de una población adulta peruana."

Lima, 06 de Julio del 2023



---

Mg. Esp. C.D. Carlos Vigo García

DNI: 41097970

COP: 20666 RNE: 605

## Anexo 5. Análisis de correlación intraclase en la calibración inter-examinador.

### *Coeficiente de correlación intraclase del punto de referencia 1:*

Puntos x1	Correlación intraclase <sup>b</sup>	Intervalo de confianza al 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig
Medidas únicas	,990 <sup>a</sup>	,981	,995	197,278	39	39	,000
Medidas promedio	,995 <sup>c</sup>	,990	,997	197,278	39	39	,000
<b>Puntos y1</b>							
Medidas únicas	,986 <sup>a</sup>	,974	,993	141,472	39	39	,000
Medidas promedio	,993 <sup>c</sup>	,987	,996	141,472	39	39	,000

### *Coeficiente de correlación intraclase del punto de referencia 2:*

Puntos x2	Correlación intraclase <sup>b</sup>	Intervalo de confianza al 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig
Medidas únicas	,997 <sup>a</sup>	,994	,998	598,527	39	39	,000
Medidas promedio	,998 <sup>c</sup>	,997	,999	598,527	39	39	,000
<b>Puntos y2</b>							
Medidas únicas	,910 <sup>a</sup>	,836	,951	21,185	39	39	,000
Medidas promedio	,953 <sup>c</sup>	,911	,975	21,185	39	39	,000

### *Coeficiente de correlación intraclase del punto de referencia 3:*

Puntos x3	Correlación intraclase <sup>b</sup>	Intervalo de confianza al 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig
Medidas únicas	,998 <sup>a</sup>	,996	,999	934,329	39	39	,000
Medidas promedio	,999 <sup>c</sup>	,998	,999	934,329	39	39	,000
<b>Puntos y3</b>							
Medidas únicas	,964 <sup>a</sup>	,932	,981	54,096	39	39	,000
Medidas promedio	,982 <sup>c</sup>	,965	,990	54,096	39	39	,000

### *Coeficiente de correlación intraclase del punto de referencia 4:*

Puntos x4	Correlación intraclase <sup>b</sup>	Intervalo de confianza al 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig
Medidas únicas	,988 <sup>a</sup>	,978	,994	167,967	39	39	,000
Medidas promedio	,994 <sup>c</sup>	,989	,997	167,967	39	39	,000
<b>Puntos y4</b>							
Medidas únicas	,991 <sup>a</sup>	,983	,995	218,750	39	39	,000
Medidas promedio	,995 <sup>c</sup>	,991	,998	218,750	39	39	,000

*Coefficiente de correlación intraclass del punto de referencia 5:*

Puntos x5	Correlación intraclass <sup>b</sup>	Intervalo de confianza al 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig
Medidas únicas	,993 <sup>a</sup>	,987	,996	300,116	39	39	,000
Medidas promedio	,997 <sup>c</sup>	,994	,998	300,116	39	39	,000
<b>Puntos y5</b>							
Medidas únicas	,969 <sup>a</sup>	,943	,984	64,268	39	39	,000
Medidas promedio	,984 <sup>c</sup>	,971	,992	64,268	39	39	,000

*Coefficiente de correlación intraclass del punto de referencia 6:*

Puntos x6	Correlación intraclass <sup>b</sup>	Intervalo de confianza al 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig
Medidas únicas	,998 <sup>a</sup>	,997	,999	1089,484	39	39	,000
Medidas promedio	,999 <sup>c</sup>	,998	1,000	1089,484	39	39	,000
<b>Puntos y6</b>							
Medidas únicas	,955 <sup>a</sup>	,917	,976	43,729	39	39	,000
Medidas promedio	,977 <sup>c</sup>	,957	,988	43,729	39	39	,000

*Coefficiente de correlación intraclass del punto de referencia 7:*

Puntos x7	Correlación intraclass <sup>b</sup>	Intervalo de confianza al 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig
Medidas únicas	,990 <sup>a</sup>	,981	,995	197,223	39	39	,000
Medidas promedio	,995 <sup>c</sup>	,990	,997	197,223	39	39	,000
<b>Puntos y7</b>							
Medidas únicas	,974 <sup>a</sup>	,951	,986	74,843	39	39	,000
Medidas promedio	,987 <sup>c</sup>	,975	,993	74,843	39	39	,000

*Coefficiente de correlación intraclass del punto de referencia 8:*

Puntos x8	Correlación intraclass <sup>b</sup>	Intervalo de confianza al 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig
Medidas únicas	,988 <sup>a</sup>	,978	,994	167,399	39	39	,000
Medidas promedio	,994 <sup>c</sup>	,989	,997	167,399	39	39	,000
<b>Puntos y8</b>							
Medidas únicas	,983 <sup>a</sup>	,968	,991	115,065	39	39	,000
Medidas promedio	,991 <sup>c</sup>	,984	,995	115,065	39	39	,000

Modelo de dos factores de efectos mixtos donde los efectos de personas son aleatorios y los efectos de medidas son fijos.

- a. El estimador es el mismo, esté presente o no el efecto de interacción.
- b. Coeficientes de correlaciones entre clases del tipo C que utilizan una definición de coherencia. La varianza de medida intermedia se excluye de la varianza del denominador.
- c. Esta estimación se calcula suponiendo que el efecto de interacción está ausente, porque de lo contrario no se puede estimar.



**Anexo 6.** Consentimiento informado del centro imagenológico Dentoimagen 3D.

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo, (DATOS DEL PACIENTE)

Nombres y Apellidos:			
Con DNI o Documento de Identidad:		Edad:	Fecha:
N° de Historia Clínica:			

De ser el caso,

Nombres y Apellidos del representante u apoderado:	
Con DNI o Documento de Identidad:	

Declaro haber sido informado(a) de las actividades de investigación o docencia que se realizan en el establecimiento de salud Dentoimagen 3D y resueltas todas mis inquietudes y preguntas al respecto, consciente de mis derechos y en forma voluntaria, en cumplimiento del artículo N° 119 del Decreto Supremo N° 013-2006-SA; SI ( ) NO ( ) doy mi consentimiento para que las imágenes radiográficas, tomográficas u otro tipo de registro sean usadas únicamente como parte de material de investigación o docencia, en el cual no seré identificado (a):

SI consiento que sea utilizado: Tomografía ( ) Radiografía lateral ( )  
Radiografía panorámica ( )

NO consiento que sea utilizado: Tomografía ( ) Radiografía lateral ( )  
Radiografía panorámica ( )

Autorizo de manera libre, previa, expresa, informada e inequívoca de conformidad con la Ley N° 297333 - Ley de Protección de datos Personales y su Reglamento, que mis datos personales en especial los referidos a mis datos sensibles o datos de salud (registro de la atención e información complementaria) y que se encuentren en la base de datos del centro radiológico Dentoimagen 3D, sean accedidos por:

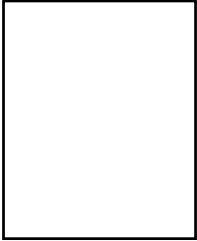
El profesional de la salud de quien recibo una atención de salud.

Por el (los) profesional(es) de la salud, estudiantes de pregrado y postgrado que realicen un trabajo de investigación.

Los fines de uso de mis datos personales y sensibles son para la realización de actos médicos y administrativos que sean necesarios para la continuidad de la atención del servicio de salud. El acceso a los datos personales y sensibles son

los estrictamente pertinentes y necesarios para el cumplimiento de los fines expuestos. El centro radiológico Dentolmagen 3D podrá tratar mis datos personales en el marco del cumplimiento de las funciones establecidas en la Ley N° 26842 – Ley General de la Salud y en las contempladas en otras normativas legales vigentes. En caso de querer ejercer algún derecho de protección de datos personales (derecho de acceso, derecho de información, derecho de rectificación, derecho de cancelación y derecho de oposición), serán dirigidas al centro radiológico Dentolmagen 3D a la siguiente dirección:

Domicilio	Correo electrónico




.....  
 Firma o Huella digital del paciente o representante legal  
 D.N.I.....

.....  
 Firma y sello del profesional de la salud docente que informa y toma el consentimiento  
 D.N.I.....

### REVOCATORIA / DESAUTORIZACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Fecha: ..... de ..... del 20.....

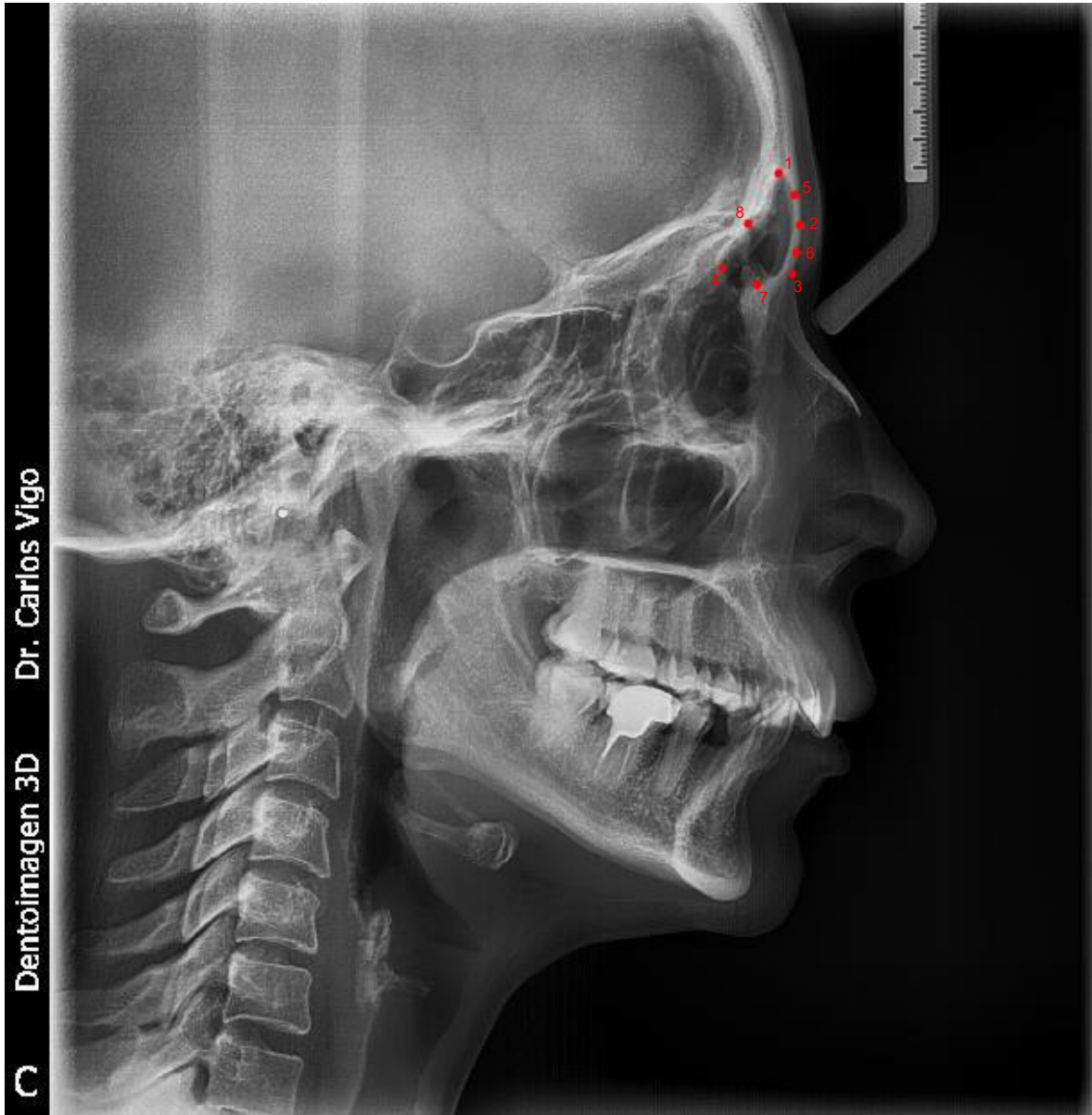


.....  
 Firma o Huella digital del paciente o representante legal  
 D.N.I.....

.....  
 Firma y sello del profesional de la salud docente que informa y toma el consentimiento  
 D.N.I.....

**Anexo 7.** Radiografía cefalométrica de la muestra con la digitalización de los puntos de referencia en el software TPSDig2.

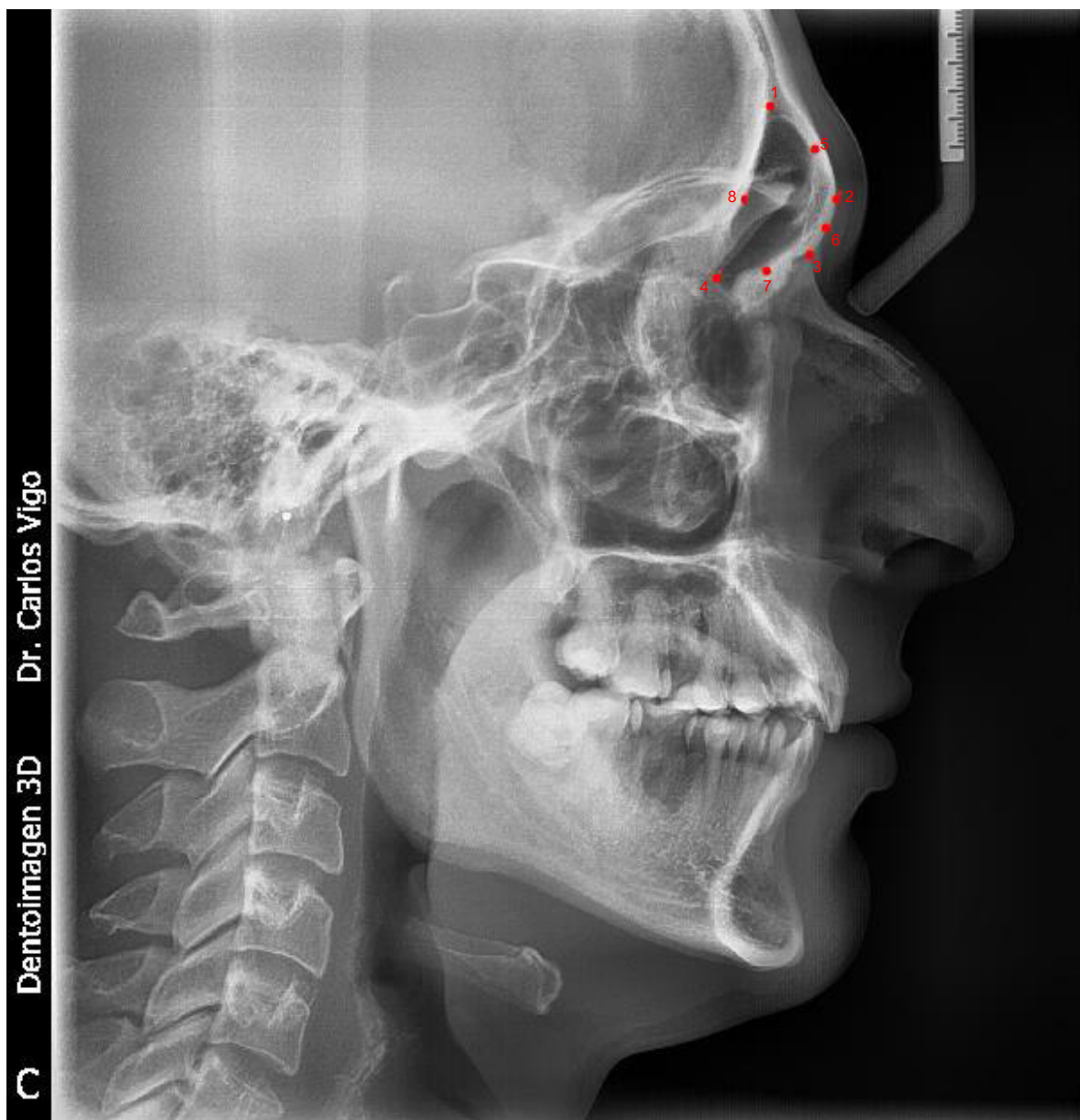
**Sexo:** Femenino



Puntos de referencia

- 1: El punto más alto de la pared posterior del seno frontal
- 2: Glabella
- 3: Nasion
- 4: El punto más bajo de la pared posterior del seno frontal
- 5: Punto medio entre el punto de referencia 1 y punto de referencia 2
- 6: Punto medio entre el punto de referencia 2 y punto de referencia 3
- 7: Punto medio entre el punto de referencia 3 y punto de referencia 4
- 8: Punto medio entre el punto de referencia 4 y punto de referencia 1

**Sexo:** Masculino



Puntos de referencia

- 1: El punto más alto de la pared posterior del seno frontal
- 2: Glabella
- 3: Nasion
- 4: El punto más bajo de la pared posterior del seno frontal
- 5: Punto medio entre el punto de referencia 1 y punto de referencia 2
- 6: Punto medio entre el punto de referencia 2 y punto de referencia 3
- 7: Punto medio entre el punto de referencia 3 y punto de referencia 4
- 8: Punto medio entre el punto de referencia 4 y punto de referencia 1