

“Evaluación de la concordancia entre las medidas obtenidas mediante la técnica manual de evaluación morfométrica y volumétrica y las realizadas por tomografía computarizada en órbitas oculares de una colección de cráneos de la Universidad de Valparaíso.”

Seminario de Grado presentado en conformidad a los requisitos para obtener el Grado Académico de “Licenciado en Tecnología Médica con mención en Oftalmología”

María José Contreras Contreras

Paola Yanara Vargas Parada

Profesor Guía

TM Zahira Tapia Espinoza

Profesores Co-Guía

Antropólogo Físico Carlos Coros Vilca

TM Yasna Olgún Madrid

AGRADECIMIENTOS

A nuestra profesora guía, TM Zahira Tapia por orientarnos en este trabajo de investigación, por apoyarnos y brindarnos su ayuda cada vez que la necesitábamos.

A nuestros profesores co-guías, TM Yasna Olgún y Antropólogo Físico Carlos Coros, por enseñarnos acerca de temas con los cuales no estamos relacionadas y esclarecer todas nuestras dudas para el resultado exitoso de este estudio.

Reconocemos y agradecemos de forma especial a nuestras profesoras de metodología, TM Ana Zepeda y TM Pamela López, por la disposición, la paciencia, el apoyo y por ser excelentes guías durante todo este proceso.

Dedicada a nuestras familias, piezas fundamentales en nuestras vidas. Gracias al cariño, apoyo, compañía y energía que nos han brindado desde siempre, son el motor que nos ha impulsado a finalizar esta hermosa pero difícil etapa.

A nuestros amigos, que con sus palabras de apoyo nos dieron ánimos para poder continuar.

III. RESUMEN

Introducción: Las órbitas oculares son cavidades óseas situadas en la parte antero-superior de la cara, destinadas a alojar a los globos oculares y a sus estructuras vasculares, neurológicas y lacrimales. El estudio de la variabilidad humana, inserto en la antropología física, se interesa por la medición de estas cavidades y para ello se han utilizado diversas técnicas, que van desde métodos manuales a procedimientos más sofisticados como lo es la imagenología, siendo la tomografía computarizada (TC) el *Gold Standard* en la medición volumétrica de órbitas. La nueva técnica manual de medición, propuesta, consiste en obtener el volumen orbitario con la utilización de esferas de acero mediante desplazamiento de fluidos.

Objetivo: Evaluar la concordancia entre las medidas obtenidas mediante la técnica manual de evaluación morfométrica y volumétrica y las realizadas por tomografía computarizada en órbitas oculares de una colección de cráneos de la Universidad de Valparaíso.

Metodología: El diseño del estudio es de tipo comparativo correlacional, no experimental de corte transversal. En esta investigación no se vieron involucradas personas, sino que un material arqueológico que es parte del patrimonio cultural de la región de Valparaíso. La muestra está compuesta por 20 cráneos humanos, pero debido al mal estado de conservación de algunas piezas arqueológicas la muestra final correspondió a 35 órbitas. Se llevó a cabo un análisis estadístico mediante tablas, gráficos y medidas de resumen, r de Pearson y comparación estadística de T de Student de los valores de ambos métodos para evaluar concordancia entre éstos.

Resultados: Se obtuvo que las medidas realizadas con TC fueron mayores a las obtenidas con la técnica manual. La media de las medidas de TC fue de $19,66\text{cm}^3$ y la de la técnica manual $17,28\text{cm}^3$, dando una diferencia de $2,08\text{cm}^3$ con un $p < 0,0001$ lo que indica que las diferencias entre ambos métodos son estadísticamente significativas y la relación de estos métodos obtuvo un valor de $p < 0,0001$, quiere decir que la correlación es estadísticamente significativa en ambos métodos de medición. De acuerdo a las diferencias halladas se estableció como rango de semejanza un valor menor o igual a 3cm^3 .

Conclusiones: Al comparar los resultados promedios de ambas técnicas se agrupan los valores de volumen orbitario por debajo de los 20cm^3 . Según los datos entregados más el análisis estadístico realizado se concluye que los resultados de TC y técnica manual se correlacionan. Este resultado debe ser evaluado con cautela por lo exigua de la muestra y se recomienda reproducir el estudio en una muestra más grande, para así permitir la consolidación de una nueva técnica manual, la cual es reproducible, de fácil realización y económica para la medición de las cavidades orbitarias.

Palabras clave: Variabilidad de la órbita; volumen orbitario; TC de órbita; cráneos; medición volumétrica; morfología orbitaria

IV. ABSTRACT

Introduction: The ocular orbits are bony cavities located in the antero-superior part of the face, destined to lodge the eye balls and their vascular, neurological and lacrimal structures. The study of human variability, inserted in physical anthropology, is interested in the measurement of these cavities and for this have been used various techniques, ranging from manual methods to more sophisticated procedures such as imaging, being the computed tomography (TC) the *Gold Standard* in the volumetric measurement of orbits. The new manual measurement technique, proposed, consists of obtaining the orbital volumen with the use of Steel spheres by means of fluid displacement.

Objective: To evaluate the agreement between the measurements obtained through the manual technique of morphometric and volumetric evaluation and those made by computed tomography in ocular orbits of a collection of skulls of the Universidad de Valparaíso.

Methodology: The design of the study is of a comparative, correlational, non-experimental cross-sectional type. This research did not involve people, but archaeological material that is part of the cultural heritage of the Valparaíso región. The sample consists of 20 human skulls, but due to the poor state of conservation of some archaeological pieces the final sample corresponded to 35 orbits. A statistical analysis was carried out using tables, graphs and summary measures, Pearson's r and statistical comparison of Student's T of the values of both methods to evaluate concordance between them.

Results: It was obtained that the measurements made with TC were greater than those obtained with the manual technique. The average of the TC measurements was 19.66 cm^3 and that of the manual technique 17.28 cm^3 giving a difference of 2.08 cm^3 with a $p < 0.0001$. This indicates that the differences between both methods are statistically significant and the relation of these methods obtained a value of $p < 0.0001$, meaning that the correlation is statistically significant in both measurement methods. According to the differences found, a similar or smaller value as established as 3 cm^3 .

Conclusions: When comparing the average results of both techniques, the orbital volumen values could be grouped below 20 cm^3 . According to the data delivered plus the statistical analysis performed, we did not find significant differences between one measurement method and another. This results should be evaluated with caution because of the paucity of the sample and it is recommended to reproduce the study in a larger sample, in order to allow the consolidation of a new manual technique, which is reproducible, easy to perform and economical to measure the orbital cavities.

Keywords: Orbit variability; Orbital volume; Orbit CT; skulls; volumetric measurement; Orbital morphology.

ABREVIATURAS

IO	:	Índice Orbitario
TC	:	Tomografía Computarizada
Rx	:	Rayos X
EMI	:	Electric and Musical Industries
PET-TC	:	Positron Emission Tomography
SPECT-TC	:	Single Photom Emission Computed Tomography
3D	:	3 Dimensiones
DAS	:	Data Acquisition System
DICOM	:	Digital Imaging and Communication System
PACS	:	Picture Archiving and Communication System
FOV	:	Field Of View / Campo de medición
UH	:	Unidad Hounsfield
MPR	:	Reconstrucción Multiplanar
D.F.L	:	Decreto con Fuerza de Ley
ID	:	Identification
LOM	:	Línea órbitomeatal
CAE	:	Conducto auditivo externo
VR	:	Volumen Rendering
CD	:	Compact Disc
SPSS	:	Statistical Package for the Social Sciences
UV-SF	:	Universidad de Valparaíso Campus San Felipe

V. INDICE

AGRADECIMIENTOS	1
III. RESUMEN	3
IV. ABSTRACT	4
V. INDICE.....	6
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	10
1.1 ANTROPOLOGÍA.....	11
1.2 EVOLUCIÓN	12
1.2.1 Proceso de hominización.....	12
1.2.2 Desarrollo del cráneo y los huesos de la cara.....	12
1.3 ÓRBITAS OCULARES	14
1.3.1 Base	16
1.3.2 Vértice	16
1.3.3 Paredes.....	16
1.3.4 Bordes o ángulos.....	19
1.3.5 Agujeros y canales de la cavidad orbitaria.....	19
1.4 ÍNDICE ORBITARIO (IO) Y CLASIFICACIÓN.....	21
1.5 TÉCNICAS DE MEDICIÓN	22
1.5.1 Técnica manual.....	22
1.5.1 Tomografía computarizada (TC).....	34
1.6 MÉTRICA DE LAS ÓRBITAS EN LA LITERATURA	47
CAPÍTULO 2: OBJETIVOS.....	49
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	49
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	49
2.3 HIPÓTESIS.....	49
CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
3.1 TIPO DE ESTUDIO	50
3.2 POBLACIÓN EN ESTUDIO.....	50
3.3 MUESTRA.....	50
3.4 TIPO DE MUESTRA	51
3.5 LUGAR DE EJECUCIÓN.....	51

3.6	CONSIDERACIONES DEL ESTUDIO	51
3.6.1	Consideraciones éticas	51
3.7	MATERIALES PARA OBTENCIÓN DE DATOS.....	53
3.7.1	Recurso humano	53
3.7.2	Material físico.....	53
3.7.3	Herramientas para la recopilación y análisis de datos	53
3.8	PROCESO DE OBTENCIÓN DE DATOS.....	55
3.8.1	Actividades.....	55
3.9	ANÁLISIS ESTUDIO-ESTADÍSTICO	58
3.10	ANÁLISIS DE DATOS.....	59
	CAPÍTULO 4: RESULTADOS	61
4.1	RESULTADOS POR CLASIFICACIÓN SEGÚN IO	63
4.2	RESULTADOS POR GÉNERO SEGÚN TC	64
4.3	RESULTADOS POR LUGAR DE CONSERVACION SEGÚN TC	65
	CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN.....	66
	CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	71
	REFERENCIAS	72
	ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. <i>Australopithecus robustus</i> y <i>Homo sapiens sapiens</i> , respectivamente	13
FIGURA 2. Cráneo y órbitas vistas de frente	14
FIGURA 3. Huesos de la órbita	15
FIGURA 4. Ejes de la órbita y del globo ocular.....	15
FIGURA 5. Órbita, pared superior o techo orbitario	16
FIGURA 6. Órbita, pared inferior o piso	17
FIGURA 7. Sección sagital de la órbita para poner de manifiesto su pared interna	18
FIGURA 8. Estructuras anatómicas que forman la órbita.....	21
FIGURA 9. Hitos craneométricos	21
FIGURA 10. Esferas de acero de 2 mm de diámetro	23
FIGURA 11. Cubrimiento de las hendiduras orbitarias con cera rosa	23
FIGURA 12. Posicionamiento de cráneo para la técnica de llenado con las esferas	24
FIGURA 13. Esferas en órbita ocular.....	24
FIGURA 14. Desplazamiento de fluidos	25
FIGURA 15. Gantry y mesa de examinación.....	37
FIGURA 16. Interior del gantry.....	37
FIGURA 17. Planos anatómicos	42
FIGURA 18. Algunos cráneos pertenecientes a la muestra	51
FIGURA 19. Posicionamiento del cráneo en el cabezal con las correas de sujeción	56
FIGURA 20. Reconstrucción 3D.....	57
FIGURA 21. Comparación de las medidas obtenidas mediante la TC y la técnica manual parte 1	61
FIGURA 22. Comparación de las medidas obtenidas mediante la TC y la técnica manual parte 2	62
FIGURA 23. Clasificación de las cavidades orbitarias por IO, medido con ambas técnicas	64
FIGURA 24. Comparación de los valores obtenidos mediante TC entre cráneos femeninos y masculinos	64
FIGURA 25. Comparación de los valores obtenidos mediante TC entre cráneos del museo arqueológicos de Los Andes y cráneos de la UV-SF	65

FIGURA 26. <i>Cráneo N°3 y cráneo N°6, respectivamente</i>	69
FIGURA 27. <i>Cráneo N°7 y cráneo N°9, respectivamente</i>	69
FIGURA 28. <i>Cráneo N°10 y cráneo N°11, respectivamente</i>	70
FIGURA 29. <i>Cráneo N°12 y cráneo N°13, respectivamente</i>	70

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. <i>Descripción de los hitos craneométricos</i>	22
TABLA 2. <i>Resultados de las técnicas</i>	27
TABLA 3. <i>Índice orbitario y clasificación</i>	28
TABLA 4. <i>Volumen geométrico orbitario</i>	29
TABLA 5. <i>Clasificación de cráneos por sexo y edad</i>	32
TABLA 6. <i>Diámetro de las esferas de metal</i>	33
TABLA 7. <i>Estandarización del desplazamiento de fluidos</i>	33
TABLA 8. <i>Valores para centro y ventana en diferentes regiones del cuerpo humano</i>	41
TABLA 9. <i>Resumen de los métodos y resultados</i>	48
TABLA 10. <i>Descripción de variables estadísticas</i>	58
TABLA 11. <i>Órbitas con mayor diferencias a la comparación de ambas técnicas</i>	63

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

La importancia en conocer el origen y la historia del hombre, radica en prever y proyectar su futuro, siendo esta la razón del por qué la evolución humana ha generado gran revuelo en el área investigativa. La evolución biológica se define como cambios en la frecuencia genética de poblaciones, provocados por los efectos de distintos elementos que generan variaciones, tales como las mutaciones, la migración genética, la selección sexual, el comportamiento vital, etc. Todos estos factores, a su vez, están sometidos a mecanismos y procesos de la selección natural, la cual además produce sus propias modificaciones adaptativas (1), siendo la bipedación, la expansión cerebral, la confección y el uso de herramientas, y el lenguaje, claros ejemplos resultantes de un proceso por medio del cual una población se adapta a su ambiente para poder sobrevivir. La constante exploración de nuevos entornos le permitió al hombre adoptar distintas estrategias adaptativas, las cuales actualmente siguen siendo inherentes al ser humano.

Para determinar las modificaciones desarrolladas en el género humano, la antropología física ha tenido que recurrir a la variabilidad humana, la cual se preocupa de todos los procesos biológicos y ecológicos que se entrelazan como múltiples elementos en la constitución de las localidades humanas (1). Se han utilizado distintos caracteres corporales para clasificar a la humanidad, tales como la estatura, la capacidad craneana, el vello corporal, la forma de los ojos, la posición del párpado, entre otros, siendo la variabilidad orbitaria una de las características menos analizadas, lo que lleva al presente estudio a evaluar un nuevo método manual de fácil aplicabilidad y bajo costo (2), para la medición volumétrica de las órbitas oculares, y así permitir la posibilidad de realizar diversas indagaciones que contribuyan a la creación de una nueva línea investigativa en el área de la Tecnología Médica, con aportes en anatomía y antropología física.

1.1 ANTROPOLOGÍA

Conocer y comprender las características físicas y morfológicas de nuestra especie ha sido un tema que desde siempre ha generado gran controversia e interés en el ser humano. La antropología es por ende, “el estudio de la variación y evolución bio-cultural de la humanidad” (3) y se divide en diferentes áreas, entre ellas la antropología biológica o física, que se centra en la biodiversidad humana en todos sus aspectos.

Desde el año 1950, la antropología biológica incorporó la teoría evolutiva como su marco de referencia teórico, y de ser una ciencia descriptiva pasó a ser una ciencia en la que las hipótesis se someten a pruebas rigurosas. La evolución humana y la antropología biológica se asemejan de tal manera, que ésta última, en ocasiones, ha sido definida en términos de la primera: "historia natural del género Homo" o "tratado de las causas y caminos de la evolución humana". Cachel, afirma que hablar de antropología biológica equivale a hablar de antropología evolutiva (4).

Si bien antes, muchas de las explicaciones científicas que intentaban esclarecer nuestro pasado, caían en el "campo de lo mítico", actualmente la ciencia ha recurrido a diversos métodos para tratar de explicar nuestros orígenes e interpretar la variabilidad física de la especie humana de la manera más objetiva. Estos métodos se clasifican en directos, indirectos e inferenciales. Para los directos, los restos óseos de las localidades desaparecidas son fundamentales. Así, parte de la paleoantropología se ocupa de la búsqueda, análisis morfológicos, métricos y estadísticos, y clasificación de restos fósiles en distintas fases del proceso evolutivo (3) (4).

Aunque se consiguiera la secuencia ininterrumpida de los estadios evolutivos, sólo se tendría la descripción anatomo-funcional, basada en los restos fósiles, sin saber exactamente cuáles fueron los mecanismos responsables de la evolución. Debido a esto, es que se recurre a métodos indirectos e inferenciales, obtenidos mediante datos que van desde cultura material, manifestaciones artísticas y huellas dejadas por nuestros antepasados, hasta estudios comparativos a nivel anatómico, fisiológico, molecular y conductual con otras especies de animales contemporáneos, en especial con los primates (4).

La antropología física se relaciona estrechamente con otras disciplinas, tales como la biología, la demografía, la salud pública, la epidemiología, y hasta la medicina. Estas especialidades han contribuido en la comprensión de la variabilidad biológica humana y la antropología física se diferencia de ellas debido al enfoque evolutivo, trans-cultural y bio-cultural que otorga ésta a las investigaciones.

En definitiva, la antropología biológica tiene intereses muy variados, que se asemejan a las de otras áreas. Lo que la hace distinta es la amplia visión que posee, que ve a *Homo sapiens* como el producto de la evolución más apasionante, aquella que integra la cultura como un rasgo sin igual, y que se ha ajustado de manera bio-cultural a diversas condiciones ambientales.

1.2 EVOLUCIÓN

1.2.1 Proceso de hominización

El proceso de hominización es el paso del homínido al hombre. Esta fase es muy probable que se haya originado por la necesidad de un grupo de homínidos de sobrevivir en un nuevo hábitat, al ser desplazados desde el bosque tropical a la sabana. A este hecho se le denominó "desafío ecológico", y fue precisamente lo que permitió el proceso evolutivo, llevando al homínido primitivo a la condición de hombre (5).

El bipedismo, el refuerzo del vínculo sexual, el establecimiento de grupos sociales, los cambios en la alimentación, las variaciones del cráneo y de los huesos de la cara, y el desarrollo del lenguaje y de la capacidad intelectual fueron algunos de las modificaciones que los primeros homínidos tuvieron que adoptar para adecuarse mejor al nuevo ambiente.

1.2.2 Desarrollo del cráneo y los huesos de la cara

Mediante el hallazgo y estudio de cráneos y mandíbulas, se ha logrado concluir que durante el proceso evolutivo, el tamaño del neurocráneo fue aumentando, debido al desarrollo y crecimiento del encéfalo. Paralelamente, la dimensión del esplacnocráneo se redujo a causa de la disminución de la musculatura masticatoria, provocada principalmente por la incorporación de nuevas dietas más blandas. Como consecuencia de lo anterior, el neurocráneo ha pasado de medir unos 300 centímetros cúbicos (cm^3) en el

Australopithecus a unos 1.300-1.500 cm^3 en el *Homo sapiens sapiens*. Este acontecimiento, está totalmente relacionado con el desarrollo de la inteligencia (6).



FIGURA 1. *Australopithecus robustus* y *Homo sapiens sapiens*, respectivamente (6).

El aumento del encéfalo causó el crecimiento y abombamiento de los huesos parietales y temporales. Asimismo, el hueso frontal pasó de estar muy inclinado (frente huidiza) a no estarlo (frente vertical) en el *Homo sapiens sapiens*. Estas variaciones, provocaron que los neurocráneos alargados hacia atrás (dolicocefalos) se transformaran en neurocráneos redondeados (braquicefalos).

El prognatismo mandibular fue disminuyendo y la prominencia del reborde de los arcos superciliares se fue reduciendo hasta desaparecer.

El maxilar inferior ha tenido dos líneas evolutivas distintas a partir del *Australopithecus africanus*. Una de ellas fue la vía hacia el crecimiento de los premolares y molares, y la robustez del hueso mandibular del *Australopithecus robustus* y del *Australopithecus boisei*, y la otra línea evolutiva fue hacia la formación de una mandíbula grácil en el Género Homo (6).

La robustez mandibular provocó el crecimiento de la cresta sagital con el fin de expandir el área de inserción de los músculos temporales que movilizan el maxilar inferior. Estos cambios se relacionan directamente con la transición de una dieta rica en frutos carnosos, los cuales abundan en las selvas y requieren de grandes incisivos, a un régimen a base de frutos secos, semillas, tubérculos y raíces, que precisa grandes molares y es característico de bosques secos y de las sabanas.

En la línea evolutiva seguida por el Género Homo, la mandíbula se vuelve más refinada, sus ramas más gráciles, y los dientes más pequeños y en el *Homo sapiens sapiens*, aparece el mentón. Esto fue posible, ya que el desarrollo de la inteligencia, les permitió utilizar instrumentos con los cuales cortaban a los animales sin tener que recurrir a grandes caninos y al uso del fuego, que posibilitó ablandar los alimentos, por lo que el consumo de carne ya no requería de grandes premolares y molares.

Debido a la expansión del tercio anterior de la órbita, su altura aumenta y el volumen orbitario disminuye, logrando un re posicionamiento del globo ocular y su musculatura (2).

1.3 ÓRBITAS OCULARES

Las órbitas oculares son dos cavidades óseas ubicadas simétricamente a ambos lados de la línea media, en la parte antero-superior de la cara, por debajo del hueso frontal y por arriba del seno maxilar (figura 2). Están destinadas a alojar a los globos oculares y a sus estructuras vasculares, neurológicas y lacrimales. Se distinguen, naturalmente, en órbita derecha y órbita izquierda (7) (8).

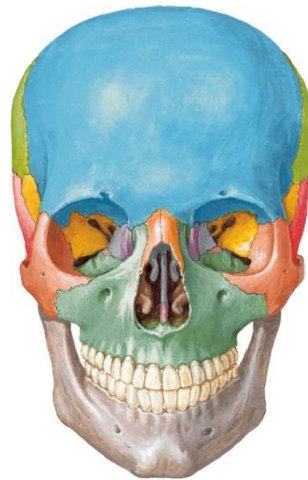


FIGURA 2. *Cráneo y órbitas vistas de frente (9).*

Cada una está conformada por siete huesos: el frontal, el etmoides, el lagrimal o unguis, el maxilar, el palatino, el esfenoides y el cigomático o malar, que se disponen formando cuatro paredes, una superior, una inferior, una medial y otra lateral (figura 3).



FIGURA 3. *Huesos de la órbita* (9).

Cada órbita tiene una forma de pirámide cuadrangular. Sus paredes mediales, son casi paralelas, mientras que sus paredes laterales forman un ángulo aproximado de 90° . Por lo tanto, los ejes de las órbitas forman entre sí un ángulo de 40 a 45° , encontrándose por detrás y debajo del borde superior de la lámina cuadrilátera del esfenoides. Sin embargo, los ejes ópticos son paralelos, y en la posición anatómica van orientados anteriormente (mirada al frente) al estar los globos oculares en posición primaria (figura 4) (8).

Se ha descrito que el ancho promedio de la base de la órbita es de 40 mm, y su altura, de 35 mm. Su profundidad oscila entre los 42 y 50 mm. La distancia entre ambas órbitas, medida a nivel de sus bases, es en promedio de 25 mm (7) (8).

Al tener una forma de pirámide cuadrangular, presentan una base antero-lateral, un vértice postero-medial, cuatro paredes y cuatro bordes.

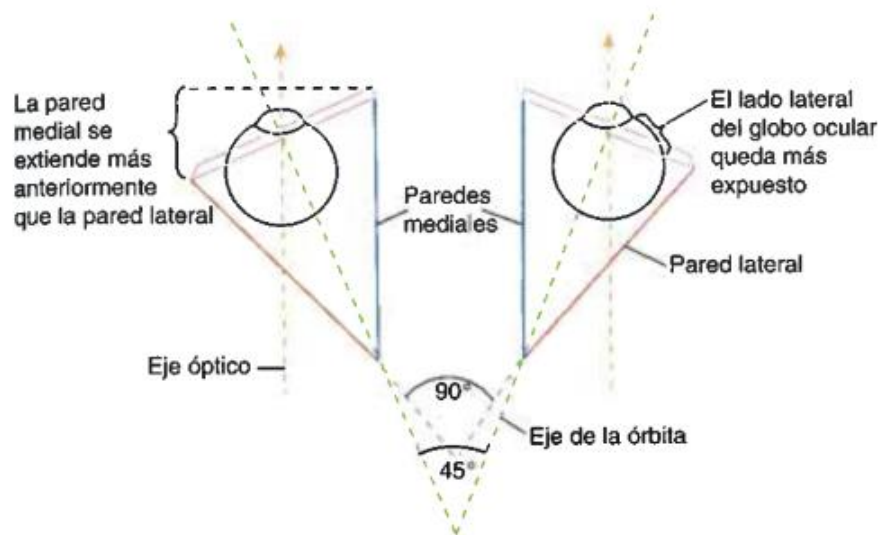


FIGURA 4. *Ejes de la órbita y del globo ocular* (10).

1.3.1 Base

Es la abertura anterior de la órbita y tiene forma de un cuadrilátero con ángulos redondeados. Su reborde orbitario está constituido, en su parte superior, por el arco orbitario del hueso frontal y por las dos apófisis orbitarias del mismo hueso: la interna y externa; en su porción inferointerna, por la apófisis ascendente del maxilar superior; y en su parte inferoexterna, por el borde anterosuperior del hueso cigomático o malar (11).

1.3.2 Vértice

Provee la vía de comunicación entre la órbita y la cavidad intracraneal (8).

1.3.3 Paredes

1.3.3.1 Pared superior o techo orbitario

Está constituida, de delante a atrás, por la bóveda orbitaria del hueso frontal y por la cara inferior del ala menor del hueso esfenoides. En su parte anteromedial se sitúa la fosa troclear para la inserción de la polea de reflexión del músculo oblicuo superior del globo ocular, y en sentido anterolateral se encuentra la fosa para la glándula lagrimal. Gruesa en la porción anterior, cerca del reborde orbitario, y extremadamente delgada en el resto de su extensión. Esta pared corresponde a la fosa o compartimiento anterior de la base del cráneo y, por lo tanto, está en relación con los lóbulos frontales del cerebro (7) (figura 5).

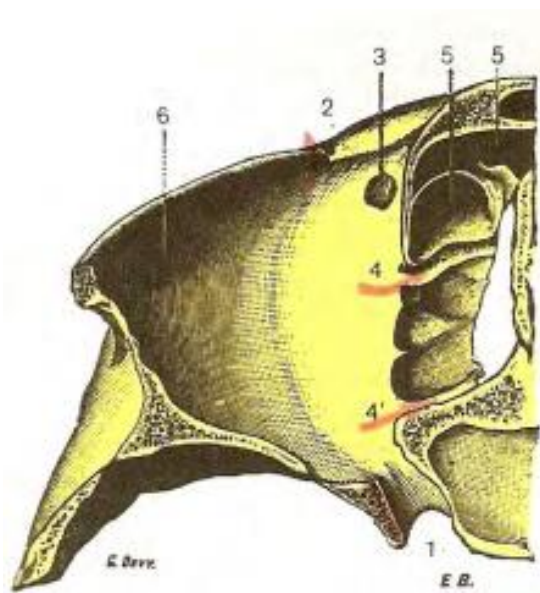


FIGURA 5. Órbita, pared superior o techo orbitario (8).

1, agujero óptico. – 2, escotadura supraorbitaria. – 3, inserción de la polea del oblicuo superior. – 4, conducto orbitario interno anterior. – 4', conducto orbitario interno posterior. – 5, células etmoidales. – 6, fosita lagrimal.

1.3.3.2 Pared inferior o piso

Es discretamente cóncava y está formada por la apófisis orbitaria del hueso cigomático y la cara orbitaria del hueso maxilar superior y en su límite posterior se encuentra la apófisis orbitaria del hueso palatino. En sus dos tercios posterolaterales, el piso está separado de la pared lateral por la fisura orbitaria inferior. (Figura 6)

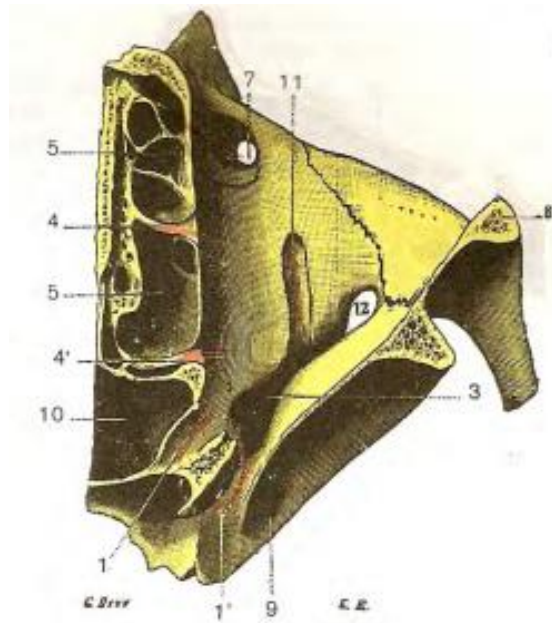


FIGURA 6. Órbita, pared inferior o piso (8).

1, agujero óptico. – 1', extremidad interna de la hendidura esfenoidal. – 3, fosa pterigomaxilar. – 4, conducto orbitario interno anterior. – 4', conducto orbitario interno posterior. – 5, células etmoidales. – 7, conducto nasal. – 8, sección del pómulo. – 9, agujero redondo mayor. – 10, seno esfenoidal. – 11, canal infraorbitario. – 12, fisura orbitaria inferior.

1.3.3.3 Pared medial o interna

Plana y muy delgada. Constituida por la lámina papirácea u orbitaria del hueso etmoides, que se articula anteriormente con el hueso lacrimal y este a su vez, con la apófisis

ascendente del hueso maxilar superior. En su zona posterior, la lámina papirácea se articula con una pequeña parte del cuerpo del esfenoides.

Entre el hueso maxilar y el hueso lacrimal se ubica el conducto lacrimonasal, el cual está limitado en su parte anterior y posterior, por dos crestas muy salientes, en donde se insertan dos tendones del músculo orbicular de los párpados (tendón directo y tendón reflejo). Hacia posterior, se inserta el músculo de Horner, inmediatamente por detrás del tendón reflejo.

La pared medial contacta con la pared superior en la sutura frontoetmoidal y con la pared inferior en la sutura maxiloetmoidal.

En la zona anterior del hueso lacrimal o unguis hay un surco o canal lacrimal, conformado anteriormente por la apófisis ascendente del maxilar y limitado posteriormente por la cresta lacrimal posterior, formando la fosa para alojar al saco lacrimal (8).

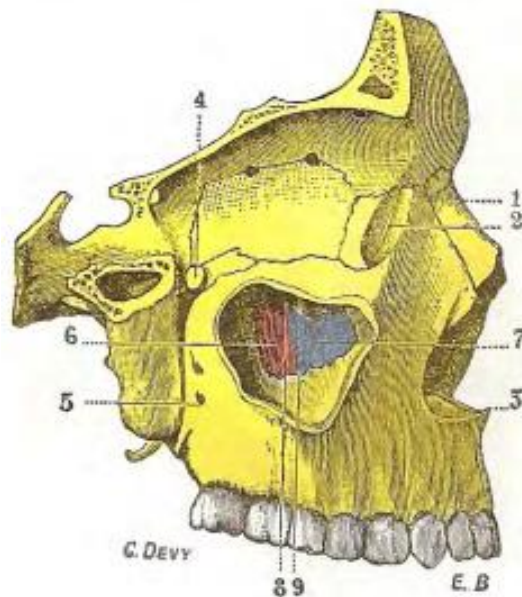


FIGURA 7. Sección sagital de la órbita para poner de manifiesto su pared interna (8).

1, hueso propio de la nariz. – 2, canal lacrimonasal. – 3, espina nasal anterior. – 4, agujero esfenopalatino. – 5, agujeros dentarios posteriores. – 6, porción del palatino que estrecha el orificio de entrada del seno maxilar. – 7, apófisis auricular de la concha inferior, cubierta en estado fresco por la mucosa del seno. – 8, parte posterior de la entrada del seno, igualmente cubierta por la mucosa. – 9, apófisis unciforme del etmoides.

1.3.3.4 Pared lateral o externa

Es la más gruesa de la órbita. Conformada por la apófisis frontal del hueso cigomático en su parte anterior y por el ala mayor del hueso esfenoides en su porción más posterior. En su zona superior se ubica la apófisis orbitaria externa del hueso frontal. Está separada del piso por la fisura orbitaria inferior y de la pared superior por la fisura orbitaria superior y por la sutura frontoesfenoidal.

1.3.4 Bordes o ángulos

Unen las caras entre sí y son:

1.3.4.1 Borde superolateral

Es a partir de la fosa de la glándula lagrimal, la sutura frontoesfenoidal y la parte lateral de la fisura orbitaria superior (figura 5).

1.3.4.2 Borde superomedial

Presenta las suturas del hueso frontal con la apófisis frontal del maxilar, con el hueso lagrimal y con el hueso etmoides; a nivel de éste se abren dos forámenes etmoidales para el paso de las arterias etmoidales y los racimos etmoidales del nervio nasociliar (11) (figura 7).

1.3.4.3 Borde inferomedial

Comienza a nivel de la parte inferior de la fosa del saco lagrimal y, de adelante hacia atrás, se observa la sutura del hueso lagrimal y del etmoides con el maxilar, y luego la del cuerpo del esfenoides con el hueso palatino (figura 7).

1.3.4.4 Borde inferolateral

Formado por delante por la cara superior del proceso orbitario del hueso cigomático y por detrás se confunde con la fisura orbitaria inferior (8).

1.3.5 Agujeros y canales de la cavidad orbitaria

Permiten las comunicaciones con las fosas nasales, la parte media de la base del cráneo y la fosa infratemporal (figura 8). Éstos son:

1.3.5.1 El conducto óptico

Conforma, prácticamente, el vértice de la pirámide cuadrangular de la órbita en el ala menor del esfenoides. Por él pasa el nervio óptico (II nervio craneal) y la arteria oftálmica.

1.3.5.2 La fisura orbitaria superior o hendidura esfenoidal

Situada entre el ala mayor y el ala menor del esfenoides y da paso a:

- El nervio oculomotor común (III), el nervio troclear (IV) y el nervio oculomotor externo (VI), es decir a los tres nervios motores del globo ocular.
- Las ramas (lacrimonasal, frontal y nasal) del nervio oftálmico de Willis (rama superior del nervio trigémino V₁), que dan la sensibilidad al globo ocular y a la órbita.
- Una rama ortosimpática asignada al ganglio ciliar.
- Las venas oftálmicas superior e inferior.
- La rama orbital de la arteria meníngea media, procedente de la arteria maxilar, rama terminal de la carótida externa (7).

1.3.5.3 La fisura orbitaria inferior o hendidura esfenomaxilar

Se encuentra en la parte posterior del borde inferoexterno de la cavidad. Por ella pasan dos ramas del nervio maxilar (rama media del trigémino V₂) y del ganglio esfenopalatino (de Meckel), permitiendo a las fibras parasimpáticas llegar a la glándula lacrimal, al párpado, al músculo de Müller y a los senos etmoidal y frontal.

Además, la órbita presenta dos conductos etmoidales, el conducto nasal para el canal lacrimal, la escotadura supraorbitaria, el conducto suborbitario, y un conducto cigomático para el nervio maxilar (7).

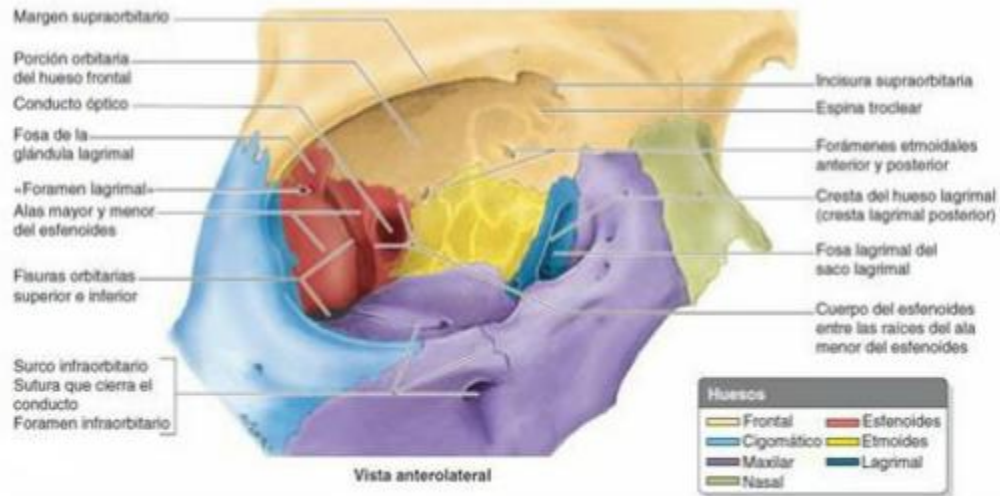


FIGURA 8. Estructuras anatómicas que forman la órbita (10).

1.4 ÍNDICE ORBITARIO (IO) Y CLASIFICACIÓN

El índice orbitario es la división del diámetro vertical con el diámetro transversal del reborde orbitario, multiplicado por 100 y es utilizado para clasificar a las órbitas según su tamaño. Para obtener las mediciones de ambos diámetros es necesario utilizar un pie de metro y tener en cuenta algunos hitos anatómicos, entendiendo que un hito o Landmark (figura 9), es un punto en el espacio que tiene un nombre y coordenadas cartesianas en forma bidimensional (x, y) y tridimensional (x, y, z). Para la altura orbitaria, los hitos a considerar son desde el N°1 al N°4, para el ancho, desde el N° 3 al N° 6 y para la profundidad desde el pilar óptico, a un costado del agujero óptico, hasta el cruce de la altura y ancho descritos previamente. (Tabla 1)



FIGURA 9. Hitos craneométricos (2).

TABLA 1. Descripción de los hitos craneométricos (2).

NUMERO	HITO	CARACTERISTICAS
1	Zygorbitale	Punto más superior de la sutura cigomático-maxilar a nivel del borde inferior de la órbita.
2	Orbitale Inferolateral	Punto de máxima curvatura en la esquina inferolateral del borde orbital.
3	Maxillofrontale	Se localiza en la intersección del borde medial de la órbita con la sutura frontomaxilar (Rodríguez, 1994).
4	Supraorbital	Punto ubicado en el agujero supraorbital de la porción medial de la órbita.
5	Orbitale Superolateral	Punto de máxima curvatura en la esquina superolateral del borde orbital.
6	Frontomalar anterior	Punto más anterior de la sutura frontocigomática.

Según el valor obtenido, la distribución es la siguiente:

- Cameconquios o microsemas (órbitas bajas) IO < 82.9
- Mesoconquios o mesosemas (órbitas medias) IO de 83.0 a 88.9
- Hipoconquios o megasemas (órbitas altas) IO > 89

1.5 TÉCNICAS DE MEDICIÓN

1.5.1 Técnica manual

Fue propuesta por los autores Coros, Tapia y Lorenzi con el objetivo de desarrollar y aplicar un método manual para la evaluación morfométrica y volumétrica de órbitas oculares, que sea reproducible y de bajo costo.

La técnica consiste en obtener el volumen orbitario, mediante la utilización de esferas de acero de 2 mm de diámetro y mediciones lineales. Las esferas permiten conseguir 3 tipos de medidas: el desplazamiento de fluido, la densidad del metal y la sumatoria del volumen, mientras que con las mediciones lineales se obtiene el volumen orbitario, al considerar a la órbita semejante a una pirámide de base cuadrangular (2).

1.5.1.1 Muestra

Para evaluar el nuevo método se utilizó una muestra de 20 cráneos humanos de adultos: 14 correspondientes al laboratorio de anatomía de la Universidad de Valparaíso (Campus San Felipe) y 6 al Museo Arqueológico de Los Andes.

1.5.1.2 Materiales

- Esferas de acero de 2 milímetros (mm) de diámetro (figura 10), fabricadas por KoyoSeiko Co. Ltd, Japón.
- Cera rosa de uso odontológico, marca DECOCERA.
- Probeta aforada 100 mililitros (ml), marca NAHITA.
- Agua (H₂O) destilada.
- Termómetro.
- Balanza analítica RADWAG, Semicro AS/X, estándar level, Max: 160 gramo (g), d = 0,1 (miligramo) mg, plato: ø85 mm, pantalla gráfica, calibración interna automática.
- Pie de metro, marca MITUTOYO.
- Micrómetro, marca MITUTOYO.



FIGURA 10. Esferas de acero de 2 mm de diámetro (2).

1.5.1.3 Procedimientos

El primer paso de este nuevo método es cubrir todas las hendiduras orbitarias propias (agujero óptico, hendidura esfenoidal y la hendidura orbitaria superior) y agujeros provocados por daños tafonómicos o traumatismos, con cera rosa de uso odontológico (figura 11), estableciendo así el espacio volumétrico a medir. Se calculará la masa y volumen de la cera utilizada a través de los valores de su densidad.

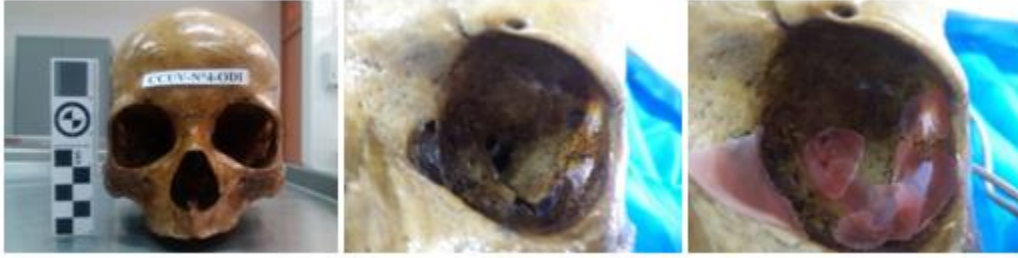


FIGURA 11. *Cubrimiento de las hendiduras orbitarias con cera rosa (2).*

Con el fin de evitar el derrame de las esferas al ser depositadas en la órbita, se debe posicionar el cráneo de tal manera que la línea entre los puntos craneométricos Dacrion y Ectoconquio (zona de unión entre los huesos frontal-maxilar y frontal cigomático, respectivamente) esté en concordancia al plano horizontal, es decir a 90° en relación al plano de Fráncfort (porción-orbital) a 45° con respecto al eje glabella –inion (figura 12) (2).

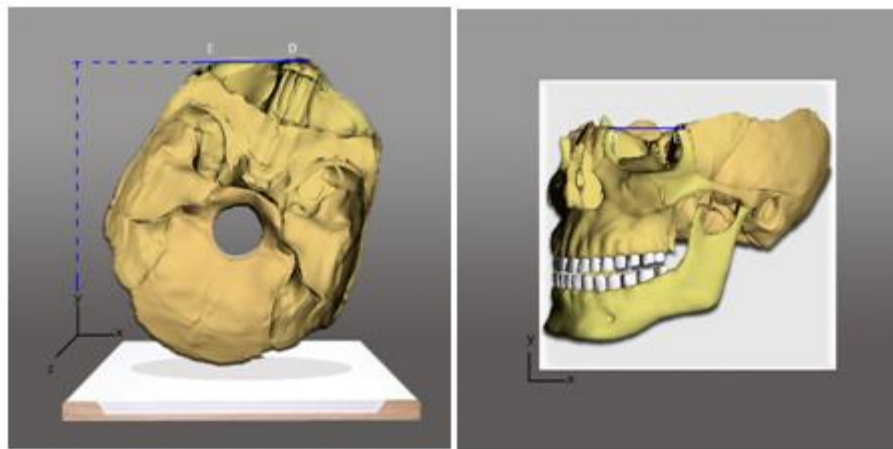


FIGURA 12. *Posicionamiento de cráneo para la técnica de llenado con las esferas (2).*

A continuación se llena la órbita con las esferas a nivel raso (figura 13).



FIGURA 13. *Esferas en órbita ocular (2)*

El volumen orbitario se obtendrá por desplazamiento de fluido y para esto se vierten 60 ml de agua destilada, a una temperatura bajo los 20° Celsius, en una probeta graduada de 100 ml (marca NAHITA). Las esferas contenidas en la órbita serán vaciadas en la probeta.

Observando el desplazamiento del agua (figura 14), sumando el volumen del espacio muerto existente entre las esferas y la cera antes mencionada, se conseguirá el volumen orbitario real (2).

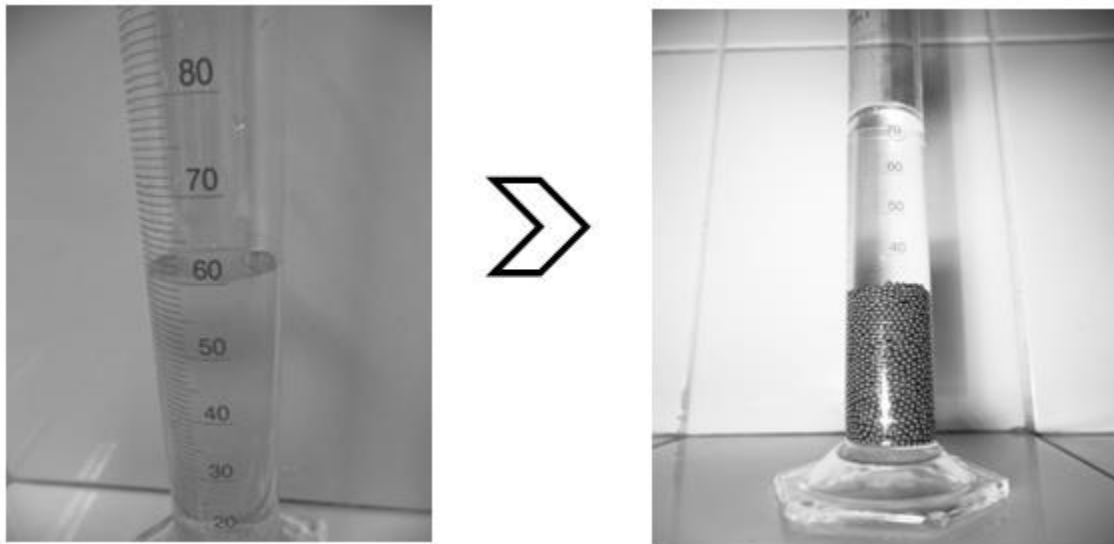


FIGURA 14. *Desplazamiento de fluidos (2).*

1.5.1.4 Cálculo volumen orbitario

Para determinar si los valores obtenidos coinciden con los adquiridos por diferentes autores en sus respectivas investigaciones, se compararon algunas técnicas probadas de la literatura y, además, se aplicaron tres fórmulas matemáticas. Una de ellas es según volumen de una esfera, la otra según densidad del acero y por último un cálculo geométrico inscrito en el volumen de una pirámide cuadrangular.

1.5.1.5 Forma matemática - diámetro de esfera

Se consigue el volumen de una de las esferas de acero mediante la fórmula $V = (4/3) \times \pi \times r^3$ y luego se multiplica este valor por la cantidad total de esferas contenidas en la órbita. Hubo dificultades en el conteo total debido al gran número de esferas alojadas en la cavidad orbitaria, por lo que se tuvieron que pesar "n" esferas en una balanza analítica. Así

se establece que 100 esferas pesan X gramos y que el número de esferas contenidas que pesan X gramos resulta un total de Y esferas. De esta manera es posible multiplicar el volumen de una esfera por el número de Y.

1.5.1.6 Densidad del metal

Se determina el volumen de cada esfera utilizando la fórmula de densidad (absoluta o definitiva): $d = m/vd$. La densidad del acero corresponde a 7.8 g/cm^3 y la masa ya se estableció anteriormente. Considerando el espacio muerto y sumando el volumen de todas las esferas, se obtiene el volumen total.

1.5.1.7 Cálculo geométrico

Se requieren mediciones lineales entre puntos craneométricos del reborde orbitario (establecidos en el Acuerdo de Mónaco, 1906), las cuales se realizan con un pie de metro. El volumen orbitario se calcula mediante una aproximación geométrica de una pirámide cuadrangular y para obtener el volumen de ésta, se utiliza la siguiente fórmula: $Volumen = \frac{Ab \times h}{3}$. Donde A_b es el área de la base y h es la altura de la pirámide (2).

1.5.1.8 Técnicas probadas de la literatura

Se repitieron dos técnicas descritas en la literatura, las cuales utilizaron otros materiales en vez de las esferas.

Una de ellas, se basa en el llenado de las órbitas con plastilina (Artel), en donde también se tapan los agujeros y surcos infraorbitarios. Este método sobrepasó por mucho a los valores de menor magnitud conseguidos con la técnica manual y la comparación bibliográfica. Y la otra, probó calcular el volumen orbitario mediante espuma de expansión en base poliuretano (Agorex). El procedimiento resultó ser bastante engorroso a causa del poder de adherencia de la espuma y la difícil extracción de esta, ya que se desintegra en fragmentos pequeños. No permite medir el volumen mediante desplazamiento de fluidos, debido que la espuma contiene cámaras de aire y flota.

1.5.1.9 Recolección de datos

Los datos se obtuvieron a través de mediciones con instrumentos estandarizados (pie de metro y micrómetro) y observación, y se documentaron en una tabla de cálculo EXCEL. Las mediciones de las órbitas se clasificaron acuerdo a las características tafonómicas y sexuales de los cráneos.

1.5.1.10 Análisis de datos

Los datos recolectados se analizaron según medidas de tendencia central (media, mediana, moda, etc.). Los valores del alto y ancho de las órbitas fueron requeridas para calcular el índice orbitario.

Además, se realizó una descripción del perfil antropológico de la muestra. La identificación del sexo, se hizo en base a la morfología (proceso mastoideo, glabella, toro supraorbitario, hueso cigomático) y funciones discriminantes del cráneo, según los criterios de Buikstra - Ubelaker (1994), Walrath et al (2004) Diaz (2010) (2).

Para estimar la edad, se debió estudiar las sinostosis de las suturas craneales en base a lo establecido por Meindl y Lovejoy y a pesar de que este método es un poco impreciso, fue imposible utilizar alguna otra forma debido a las condiciones tafonómicas de los cráneos. José Rodríguez Cuenca, indica que este método incluye 10 áreas y 4 estados de cierre en las suturas craneales, y la valoración de cada área, entrega mediante una fórmula, la edad estimativa correspondiente.

1.5.1.11 Resultados

En la tabla 2 se muestran los resultados de las técnicas descritas:

TABLA 2. *Resultados de las técnicas (2).*

TÉCNICA	PROMEDIO	MÁX.	MIN.	RANGO
Arquímedes (desplazamiento de fluidos)	17,42	21,593	15,314	6,279
Densidad metal	16,34	24,939	13,598	11,341
Geométrica	19,41	25,721	16,376	9,345
Sumatoria de volumen de las esferas	16,28	25,407	13,333	12,074

A continuación, en la tabla 3 se muestran los resultados según los valores de los índices orbitarios y clasificación.

TABLA 3. *Índice orbitario y clasificación (2).*

CRÁNEOS	ÍNDICE	DS	CLASIFICACIÓN	SEXO
CC-N°1	91,971	3,2	HIPSICONQUIO	M
CC-N°2	83,88	3,181	MESOCONQUIO	F
CC-N°3	92,266	2,714	HIPSICONQUIO	F
CC-N°4	96,395	4,447	HIPSICONQUIO	F
CC-N°5	98,02	1,881	HIPSICONQUIO	M
CC-N°6	87,696	3,209	MESOCONQUIO	F
CCUV-N°1	79,363	0,655	CAMECONQUIO	M
CCUV-N°2	90,053	3,039	HIPSICONQUIO	M
CCUV-N°3	90,089	1,852	HIPSICONQUIO	M
CCUV-N°4	96,124	3,386	HIPSICONQUIO	F
CCUV-N°5	104,31	4,245	HIPSICONQUIO	
CCUV-N°6	89,32	2,238	HIPSICONQUIO	M
CCUV-N°7	94,323	0,919	HIPSICONQUIO	M
CCUV-N°8	83,898	2,111	MESOCONQUIO	F
CCUV-N°9	100,2	4,235	HIPSICONQUIO	F
CCUV-N°10	95,532	3,875	HIPSICONQUIO	F
CCUV-N°11	92,086	1,62	HIPSICONQUIO	F
CCUV-N°12	92,918	2,475	HIPSICONQUIO	M
CCUV-N°13	98,068	0,943	HIPSICONQUIO	M
CCUV-N°14	89,053	1,129	HIPSICONQUIO	F

En la tabla 4 aparecen los promedios de las medidas hechas con el pie de metro, con el fin de establecer la variabilidad de la muestra en sus dimensiones: alto, ancho y profundidad (DS).

TABLA 4. *Volumen geométrico orbitario (2).*

CRÁNEOS	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	PROFUNDIDAD (cm)	VOLUMEN (cm³)
CC-N°1 OD	3,6760 ± 0,041	4,0785 ± 0,068	4,4240 ± 0,098	22,118 ± 0,824
CC-N°1 OI	3,7140 ± 0,05	47,0819 ± 0,084	4,3660 ± 0,096	21,721 ± 0,677
CC-N°2 OD	3,1640 ± 0,018	3,8894 ± 0,074	4,0611 ± 0,069	16,634 ± 0,611
CC-N°2 OI	3,2368 ± 0,033	3,8652 ± 0,105	4,1608 ± 0,037	17,272 ± 0,275
CC-N°3 OD	3,5527 ± 0,157	3,9189 ± 0,089	3,6684 ± 0,059	17,201 ± 0,776
CC-N°3 OI	3,5826 ± 0,026	3,8857 ± 0,111	3,6891 ± 0,041	17,121 ± 0,638
CC-N°4 OD	3,4966 ± 0,030	3,8521 ± 0,026	4,3728 ± 0,030	19,628 ± 0,131
CC-N°4 OI	3,4398 ± 0,034	3,8195 ± 0,023	4,3482 ± 0,063	19,099 ± 0,437
CC-N°5 OD	3,7467 ± 0,037	3,8053 ± 0,076	4,1550 ± 0,073	19,623 ± 0,542
CC- N°5 OI	3,6819 ± 0,059	3,7571 ± 0,075	4,0919 ± 0,124	18,878 ± 0,996
CC-N°6 OI	3,4289 ± 0,033	3,8676 ± 0,219	3,9357 ± 0,059	17,610 ± 0,747
CCUV-N°1 OD	3,1654 ± 0,037	3,9885 ± 0,034	3,9843 ± 0,087	16,768 ± 0,489
CCUV-N°1 OI	3,2580 ± 0,039	3,9304 ± 0,053	3,8710 ± 0,063	16,522 ± 0,388
CCUV-N° 2 OD	3,6420 ± 0,032	4,2739 ± 0,071	3,9431 ± 0,077	20,450 ± 0,579
CCUV-N°2 OI	3,6836 ± 0,048	4,2307 ± 0,036	3,9506 ± 0,063	20,449 ± 0,469

CRÁNEOS	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	PROFUNDIDAD (cm)	VOLUMEN (cm³)
CCUV-N°3 OD	3,7455 ± 0,053	4,1550 ± 0,065	4,0504 ± 0,088	20,760 ± 0,581
CCUV-N°3 OI	3,7235 ± 0,042	4,1368 ± 0,074	4,0200 ± 0,066	20,646 ± 0,647
CCUV-N°4 OD	3,4979 ± 0,011	3,8662 ± 0,047	4,0501 ± 0,038	18,229 ± 0,302
CCUV-N°4 OI	3,4605 ± 0,034	3,7027 ± 0,088	4,0912 ± 0,046	17,480 ± 0,740
CCUV-N°5 OD	3,8692 ± 0,157	3,7257 ± 0,028	3,8869 ± 0,051	18,666 ± 0,056
CCUV-N°5 OI	3,7764 ± 0,276	3,6726 ± 0,022	3,8788 ± 0,078	18,149 ± 0,462
CCUV-N°6 OD	3,6227 ± 0,097	4,0136 ± 0,134	4,1592 ± 0,304	20,318 ± 1,540
CCUV-N°7 OI	3,7229 ± 0,048	3,9673 ± 0,062	3,9897 ± 0,054	19,642 ± 0,395
CCUV-N°8 OD	3,3782 ± 0,247	3,7867 ± 0,093	4,2551 ± 0,088	17,841 ± 0,911
CCUV-N°8 OI	3,1938 ± 0,061	3,8001 ± 0,056	4,2911 ± 0,060	17,365 ± 0,523
CCUV-N°9 OI	3,7868 ± 0,121	3,7808 ± 0,054	3,8724 ± 0,070	18,473 ± 0,476
CCUV-N°10 OD	3,7868 ± 0,069	3,7063 ± 0,082	4,2536 ± 0,127	18,587 ± 0,739
CCUV-N°11 OD	3,6653 ± 0,025	4,0228 ± 0,079	4,0020 ± 0,124	19,654 ± 0,725
CCUV-N°11 OI	3,6845 ± 0,023	3,9745 ± 0,039	4,0446 ± 0,076	19,741 ± 0,034
CCUV-N°12 OD	4,0375 ± 0,136	4,4436 ± 0,165	3,9630 ± 0,091	23,577 ± 0,429
CCUV-N°12 OI	4,0707 ± 0,168	4,4051 ± 0,157	3,9336 ± 0,099	23,477 ± 0,399

CRÁNEOS	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	PROFUNDIDAD (cm)	VOLUMEN (cm³)
CCUV-N°13 OD	4,2291 ± 0,035	4,5556 ± 0,057	4,1100 ± 0,079	26,492 ± 0,478
CCUV-N°13 OI	4,2266 ± 0,012	4,3101 ± 0,046	4,1510 ± 0,080	25,207 ± 0,633
CCUV-N°14 OD	3,5138 ± 0,045	3,8560 ± 0,062	4,1019 ± 0,092	18,526 ± 0,599
CCUV-N°14 OI	3,4808 ± 0,046	3,9090 ± 0,057	4,0204 ± 0,082	18,233 ± 0,463

1.5.1.12 Descripción cualitativa de la muestra

- Sexo

De acuerdo a los rasgos morfológicos analizados se identificaron 10 cráneos de sexo femenino y 9 de sexo masculino. En sólo un cráneo no se pudo identificar su sexo y se le clasificó como alófiso.

- Edad

Se logró determinar que la muestra fluctúa entre los 48 y 64 años. Sin embargo, no se pudo estimar la edad de 3 cráneos, debido a la falta de estructura craneana.

En tabla 5 se muestra el detalle de la clasificación por sexo y edad de los cráneos.

TABLA 5. *Clasificación de cráneos por sexo y edad (2).*

CRÁNEOS	SEXO	EDAD ESTIMATIVA
CC-N°1-OI	MASCULINO	48
CC-N°2-OI	FEMENINO	62
CC-N°3-OI	FEMENINO	64
CC-N°4-OI	FEMENINO	60
CC-N°5-OI	MASCULINO	57
CC-N°6-OI	FEMENINO	61
CCUV-N°1-OI	MASCULINO	NO
CCUV-N°2-OI	MASCULINO	NO
CCUV-N°3-OI	MASCULINO	NO
CCUV-N°4-OI	FEMENINO	62
CCUV-N°5-OI	ALOFISO	62
CCUV-N°6-OD	MASCULINO	54
CCUV-N°7-OI	MASCULINO	57
CCUV-N°8-OI	FEMENINO	59
CCUV-N°9-OI	FEMENINO	58
CCUV-N°10-OD	FEMENINO	58
CCUV-N°11-OI	FEMENINO	58
CCUV-N°12-OI	MASCULINO	52
CCUV-N°13-OI	MASCULINO	55
CCUV-N°14-OI	FEMENINO	62

1.5.1.13 Desarrollo de la técnica volumétrica

La propuesta de una nueva técnica surgió con el objetivo de mejorar las desventajas de otros métodos utilizados.

Brown y Maeda (2004), usaron semillas de mostaza para la medición de órbitas y cinta adhesiva y algodón para cubrir los agujeros infraorbitarios. A diferencia de las semillas de mostaza y el uso de cinta adhesiva y algodón, las esferas de metal presentan una medida

estandarizada y de la cera rosa se conocen sus propiedades físicas, las cuales contribuyen al cálculo más exacto del volumen orbitario (2).

Otra de las técnicas establecidas es la tomografía axial computarizada, la cual fue descartada, por la cantidad de procesos basados en técnicas imagenológicas y personal capacitado.

Para evaluar si las esferas de acero otorgaban mayor precisión, se midieron 100 de éstas, las cuales fueron elegidas al azar. Los resultados se detallan en la siguiente tabla:

TABLA 6. *Diámetro de las esferas de metal (2).*

Medidas	0.85 mm	0.9 mm	2 mm
Cantidad de veces obtenidas	0	22	78

1.5.1.14 Evaluación de la eficiencia de la técnica métrica y volumétrica órbita ocular

Para comprobar previamente la exactitud del método planteado, se midió un recipiente con un volumen establecido mediante las esferas de acero y su desplazamiento de fluidos. Los valores obtenidos fueron muy similares al ser comparados. Así, se estableció que el uso de esferas de acero de 2 mm de diámetro y 0.032 gr de peso, son óptimas para el procedimiento. En cuanto a la cera rosa de uso odontológico, se probó en un cráneo modelo de plástico y se confirmó que es ideal para cubrir los agujeros intraorbitarios, debido a que fácil de manejar y sencillo de retirar.

A continuación, la tabla 7 muestra la estandarización de los volúmenes obtenidos por desplazamiento de fluidos del conjunto de esferas, las cuales fueron medidas un total de 100 veces.

TABLA 7. *Estandarización del desplazamiento de fluidos (2).*

Desplazamiento de fluido de las esferas	39 ml.	39.5 ml.	39.9 ml.
Veces obtenidas	12	78	10

Finalmente se definió que lo mejor para determinar el volumen orbitario era el uso del desplazamiento de fluido, además de materiales estandarizados para obtener medidas más exactas.

Esta investigación busca evaluar concordancia entre la nueva técnica manual propuesta en el estudio “Evaluación Morfométrica y volumétrica mediante el desarrollo y aplicación de una nueva herramienta manual, en orbitas oculares pertenecientes a la colección de cráneos del laboratorio de Anatomía de la Universidad de Valparaíso Chile” y el *Gold Standard*: la tomografía computarizada (TC).

1.5.2 Tomografía computarizada (TC)

La tomografía computarizada (TC) o escáner es una técnica de imagenología que sirve para obtener cortes o secciones anatómicas mediante el uso de rayos x (Rx).

La TC ofrece una visión sectorial, las imágenes se obtienen de forma transversa en el paciente u objeto en estudio. Sus inventores son A.M. Cormack, físico estadounidense, y Godfrey N. Hounsfield, ingeniero inglés, ganadores del premio Nobel de fisiología o medicina en 1979 (12).

La TC mide la transmisión de los Rx a través del objeto en un gran número de proyecciones, estas se obtienen mediante la acción en conjunta del tubo de Rx que rota alrededor del objeto en estudio y los sistemas de detectores alineados en el eje de rotación (19). La secuencia es la siguiente: el tubo gira alrededor del objeto emitiendo un haz de Rx, los detectores ubicados al lado opuesto del tubo recogen la radiación que lo atraviesa, la información recogida por los detectores son enviadas al computador que reconstruye y complementa toda la información recolectada.

Todo comenzó cuando en 1963 Cormarck concluyó que podía detallar los coeficientes de absorción de las estructuras planas y con eso medir la variación de intensidad de los haces transmitidos. Más tarde Hounsfield que trabajaba como ingeniero y dirigía la sección medica del laboratorio central de investigación de la compañía discográfica EMI Capitol (Electric and Musical Industries) investigó sobre el reconocimiento de imágenes y técnicas de almacenamiento de datos en un ordenador, sin conocer las teorías matemáticas que Cormarck había realizado para esos dispositivos. La investigación de EMI consistía en que

las medidas de transmisión de los Rx a través de un cuerpo en todas las direcciones van a contener toda la información de los elementos que constituyen dicho cuerpo (12). Hounsfield mediante un cristal que emitía luz visible cuando se exponía a Rx detectó estos rayos y propuso la idea del escáner EMI, que fue la base para el desarrollo de la TC. El equipo de TC, combina el cálculo electrónico con las técnicas tomográficas de Rx para crear una imagen tridimensional del objetivo tomándole múltiples mediciones usando Rx desde diferentes ángulos, reconstruyéndolos a partir de cientos de planos superpuestos y entrecruzados utilizando una computadora (14). El 1 de octubre de 1971 se realizó el primer escáner de cráneo en un hospital de Londres y en 1971 su presentación e introducción al mercado. En 1973 se comenzaron a realizar los primeros estudios con esta tecnología en Estados Unidos y Europa y su valor aproximado rondaba los US 400.000. En España se instalaron los primeros escáner en la década de los 80 y el 90% de los exámenes eran exploraciones craneales, más adelante se fueron desarrollando nuevos protocolos para otras zonas y convertir a la TC en una técnica diagnóstica esencial (12).

1.5.2.1 Generaciones de TC

La TC desde que se inventó hasta ahora ha tenido un crecimiento y evolución enorme. La primera generación de equipos, data de 1974 y tenía un único elemento detector y un haz colimado estrecho que se desplazaba sobre el paciente girando en cada barrido, solo permitían obtener imágenes axiales del cerebro, la reconstrucción de la imagen demoraba unos 5 minutos aproximadamente. La segunda generación, escáner axial o secuencial (STEP-AND-SHOOT), eran equipos con una única fila de detectores y un haz abanico con cobertura completa del campo de visión, el haz abanico aumenta la radiación dispersa pero es más rápido. En esta generación de equipos, el tubo de Rx y el detector rotan en 360° y el tiempo de examen es de 30 segundos (s) aproximadamente. La TC helicoidal se comenzó a utilizar a finales de la década de los 80, combinando un tubo productor de Rx de giro continuo con detectores de movimiento continuo de la mesa de estudio, resultando un espiral o hélice. Los equipos de esta generación, tienen tres características principales: movimiento continuo del tubo de Rx, recolección ininterrumpida de datos y movimiento de la mesa de examinación y adquisición helicoidal que obtiene un volumen de datos que se convierten en imágenes reconstruidas con un algoritmo matemático de interpolación. La TC

de cuarta generación o multicorte desarrollado en la década de los 90, mejora la TC helicoidal con un tiempo inferior a los 0.5 s, esta velocidad somete a los componentes del gantry a una fuerza centrífuga más alta que la de un transbordador espacial por lo que se tuvo que rediseñar los tubos de Rx, los generadores y las placas electrónicas de la sección móvil, y se generaron equipos con varias matrices de detectores para la producción de variados cortes cuando se producía sólo uno. Luego se crearon equipos multicorte en los que se añadían hileras de detectores con aumento de la rotación del tubo de Rx. Estos nuevos equipos se dividieron en 3 generaciones, según los canales, estas son: 1° generación (1999-2002) 4-6 canales, 2° generación (2002-2004) 16-32 canales y la 3° generación (2004 en adelante) 40-60 canales(14). Hoy en día los equipos captan imágenes en tiempo real y TC volumétrica dinámica con 256 a 320 detectores con posibilidades de 640 cortes por rotación, además de realizar un giro cada 0.2 s donde el gantry genera fuerzas de 70 G. Con estas medidas la resolución espacial mejora y disminuye los niveles de radiación (12).

1.5.2.2 Avances tecnológicos más recientes son:

- **Haz de rayos cónico**, el haz de Rx en forma cónica capta el volumen total de imágenes con solo una rotación.
- **Fuente dual de rayos x**, el uso combinado de dos tubos de Rx con sus arcos detectores mejora la resolución temporal.
- **TC espectral**, caracteriza lesiones por la capacidad de cuantificar y separar elementos como el agua, el calcio y el yodo, permitiendo detectar la composición química de una lesión y su evolución. Esto permite reducir las dosis de radiación y mejora la resolución de las imágenes.
- **Equipos combinados**, están basados en la fusión de imágenes morfológicas y funcionales. Fusión de equipo de TC con escáner de tomografía de positrones (PET-TC) o un equipo de tomografía de emisión de fotón único (SPECT-TC).

1.5.2.3 Conceptos claves para comprender la TC son:

- **Gantry**, estructura o coraza donde es introducido el usuario en su interior aloja el tubo de Rx, el colimador, los detectores, el generador de alta tensión y los soportes mecánicos necesarios para el movimiento de la exploración (figura 15). Hay dos tipos de

gantry, los de rotación continua y que se utilizan en los sistemas helicoidales y los que rotan en 360° y cambian de dirección (13). Estos elementos se controlan mediante órdenes electrónicas que son transmitidas, desde la consola del operador y a su vez, al computador para el análisis de la información conseguida (14).



FIGURA 15. Gantry y mesa de examinación (15).

- **Tubo de Rx**, recipiente de vidrio al vacío rodeado de una cubierta de plomo con una ventana para dejar salir las radiaciones al exterior, la mayoría de los tubos usan rotores de alta velocidad para dispersar el calor y así controlar la temperatura en su interior. Los TC que tienen una alta resolución espacial tienen tubos de Rx con un punto focal pequeño (13).

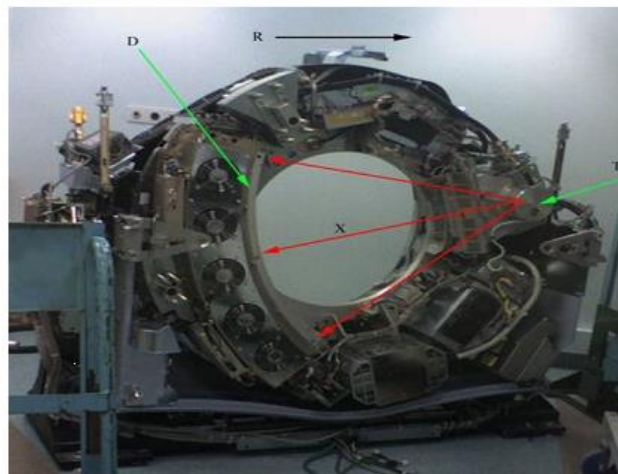


FIGURA 16. Interior del gantry (16).

T: tubo de Rx, X: Rx, D: detector, R: sentido de rotación del tubo de Rx. .

- **Detectores**, hay dos tipos, los de gas xenón donde el detector es una cámara que contiene dicho gas a una alta presión y un par de placas. El rayo entra a la cámara, ioniza el gas y los electrones son atraídos por la placa que se encuentra cargada positivamente, la corriente generada es proporcional a los rayos absorbidos. Los segundos son los detectores de cristal o de estado sólido que están diseñados de un material cerámico que convierte los Rx en luz. Todos los detectores tienen un fotodiodo que se encarga de convertir la luz en una señal eléctrica que será proporcional al número de fotones de Rx que entren en la celda (14).

- **Colimador**, herramienta que permite regular el tamaño y la forma del haz de Rx, se puede variar el ancho de 1 a 10 mm de espesor del corte tomográfico (13). A veces se utilizan dos colimadores: el pre-paciente, se monta sobre la cubierta del tubo o próximo a él limitando el área del paciente que intercepta el haz útil, determina el grosor del corte, las dosis de radiación que recibe el paciente y el post-paciente que se encarga de controlar el campo de Rx visto por los receptores, disminuye la radiación dispersa que llega a ellos (12).

- **Computador**, almacena las imágenes y los datos, contiene el software del tomógrafo, debe ser muy potente y poder resolver hasta 250.000 ecuaciones para procesar la reconstrucción de imágenes desde los datos recolectados por el sistema de detección, para ello requiere de una gran capacidad. El microprocesador y la memoria principal están en el centro del ordenador y determinan el tiempo de reconstrucción, que corresponde al tiempo entre el final de la obtención y la aparición de una imagen (20).

- **Consola**, es el módulo donde se encuentra el teclado que controla el equipo, la pantalla donde se observan las imágenes y el Display donde se realiza la conversión de las imágenes digitales almacenadas en el disco duro del computador para ser visualizado en la pantalla (13).

- **Generador de alta tensión**, transformador eléctrico encargado de generar alimentación eléctrica de alta frecuencia o trifásica, para poder generar la tensión necesaria para el funcionamiento del tubo y del gantry (14).

- **DAS o Data Acquisition System**, muestrea la señal eléctrica para realizar una conversión desde la información analógica a una digital para que el computador pueda procesar los datos (13).

- **Almacenamiento**, se utilizan distintos sistemas y formatos de almacenamiento, el formato utilizado es DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine). Los TC almacenan sus datos en los discos duros del computador y los envía al sistema de archivo digital PACS (Picture Archiving and Communication System) (14) (12).

- **Camilla y soporte**, debe ser de material de bajo número atómico, se utiliza generalmente la fibra de carbono. La camilla tiene un motor para que ésta se pueda mover con suavidad y precisión logrando la posición correcta para realizar el examen (14).

1.5.2.4 Formación de la imagen en TC

La formación de las imágenes en la TC va a depender del coeficiente de atenuación de los Rx del objeto que se encuentre en estudio. En la TC se habla de coeficiente lineal de atenuación que es muy importante conocer para explicar las diferencias de contraste en la imagen, la radiación producida por un tubo emite un haz fino de energía constante de Rx que se mantiene de igual forma al pasar por el aire, pero al atravesar un objeto una parte de esta energía será absorbida producto de los choques entre fotones X con los átomos del objeto, efecto que se llama fotoeléctrico. La absorción de esta energía por parte del objeto se llama atenuación. Esta atenuación depende del número atómico que posea la sustancia del objeto, el grosor de este y su densidad. La absorción y atenuación de los Rx son términos conceptualmente ligados (12) (20).

La imagen de la TC depende técnicamente de la matriz de la imagen, del píxel y del vóxel.

- **Matriz**, la imagen está definida por una serie de celdas o tablero de ajedrez, cada una con un número que en pantalla se ven como niveles de densidad o brillo. Se utilizan matrices de 512×512 o 1024×1024 elementos de imagen o “píxel” (21).

- **Píxel**, cada celda de la matriz es un píxel (Picture Element) la información que tiene cada pixel es un número de TC o unidad Hounsfield (UH) que está relacionado con la composición del tejido examinado. El tamaño del píxel tendrá relación con el tamaño de la imagen o campo de visión con el tamaño de la matriz (12) (21).

- **Vóxel**, se denomina a la unidad cubica que compone un objeto 3D, es la unidad mínima de una matriz 3D. El vóxel se mide en mm^3 y relaciona el tamaño del píxel (mm^2) por el grosor del corte tomográfico (mm) (12) (21).

En cuanto a las unidades Hounsfield (UH) que llevan el nombre de su descubridor, también llamadas números de TC, definen los distintos tipos de tejidos que se estudian con TC. El número TC se define como un coeficiente de atenuación lineal relativo al del agua (μ_{agua}), de la siguiente forma $UH = 1.000 \times (\mu_{\text{tejido}} - \mu_{\text{agua}}) / \mu_{\text{agua}}$. Las UH en cada píxel están relacionadas a la atenuación de los Rx del tejido del vóxel correspondiente. Estos valores de UH están en una escala de 256 niveles de grises (8 bits de profundidad). Cada píxel se representa en la pantalla con un nivel de brillo y estos están en un rango de -1.000 a +1.000 en cada píxel, -1.000 corresponde al aire y +1.000 a los huesos. Los valores UH estándar para los diferentes tejidos son: aire: -1.000, grasa: -100 a -50, agua: 0, músculo: 10 a 40, hueso: 800 a 1000 (19) (20).

Luego del análisis de la información recibida por el computador, éste entrega un valor a cada píxel que corresponde al coeficiente de atenuación y a un tono en la escala de grises. Con todos los píxeles analizados se obtiene la imagen representada en escala de grises.

El ojo humano solo es capaz de detectar 40 niveles diferentes de grises. Por lo tanto si tenemos un rango de UH de 0 y +80 el gris medio será el 40 y todo por sobre 80 será blanco y todo bajo 0 será negro. En caso concreto la escala consta de un número mayor a 4.000 UH, y la imagen se debe representar en escala de grises, donde el material más denso tiene el UH más alto acercándose al color blanco y el menos denso es de menor UH acercándose al negro. Por lo tanto como se mencionó que el ojo humano no es capaz de distinguir más de 40 niveles de grises se genera el concepto de ventana. Entonces, "ventana", se le llama a la anchura o cantidad de valores UH que se pueden seleccionar en el escáner para examinar una determinada zona. Por ejemplo, si se examina una zona de grasa con la ventana de 80, se traslada de forma que el límite superior sea de -20, donde todo UH superior a esto será blanco y el límite inferior sea de -100 y todo lo que esté bajo es negro (17).

Este concepto de ventana es algo ambiguo ya que sólo indica la cantidad de unidades que se verán en la escala de grises, pero no muestra en qué zona de la escala está situada. Para esto se introduce el concepto de centro o nivel, este centro o gris medio indica en qué valor de UH se encuentra la mitad de la ventana. Esto quiere decir que al mostrar la imagen en la pantalla se indicarán dos valores. Uno es la ventana, que muestra cuántas UH se

representan y el otro valor es el centro que indica en qué parte de la escala nos encontramos (17).

Al momento de representar de la mejor forma los tejidos en estudio en la TC se debe seleccionar la ventana más apropiada tanto en ancho como en nivel. En la práctica se utilizan diferentes valores para la anchura y el nivel de la ventana, ya que de esta forma se puede visualizar en la reconstrucción de una misma imagen, pulmón, huesos o tejidos blandos. Al elegir una ventana ancha se obtendrá una imagen generalizada de todas las estructuras pero nada en detalle, una ventana estrecha podría verse afectada por el ruido de fondo e impedir un análisis acertado. En las estructuras óseas, por ejemplo, no se puede escoger una ventana muy estrecha porque la escala de estas estructuras es bastante amplia (17). Por esto es muy importante saber de qué tamaño y en qué nivel ubicar la ventana. En la siguiente tabla se muestran algunos valores representativos, ya que cada equipo y centro, determina los pertinentes, según un juicio clínico único de un servicio en particular. Para ventana y centro en las distintas regiones del cuerpo.

TABLA 8. *Valores para centro y ventana en diferentes regiones del cuerpo humano (17)*

REGIÓN	VENTANA	CENTRO
Base de cráneo	240	35
Cerebro	120	35
Abdomen	400	35
Columna dorso lumbar	450	40
Órbita	240	35
Pulmón	400	700
Pelvis	450	40
Hígado/Páncreas	350	40
Columna cervical	350	40
Silla Turca	240	35
Oído Interno	4000	300
Extremidades	350	40
Abdomen pediátrico	240	35

1.5.2.5 Reformación

Las reformaciones de la imagen son axial, coronal y sagital. Estos tres ejes conforman los planos del espacio, planos frontales o coronales que van de forma vertical y dividen el cuerpo en anterior y posterior, planos sagitales que también se orientan de forma vertical pero son perpendiculares a los planos coronales dividiendo en derecha e izquierda, los planos transversos o axiales que son relativos a una estructura y se orientan perpendicular al eje longitudinal de la estructura y si ésta es el cuerpo completo es un plano horizontal que divide en inferior y superior y por último los planos oblicuos que cortan el cuerpo en una dirección que no es paralela a ninguno de los planos antes mencionados (12).

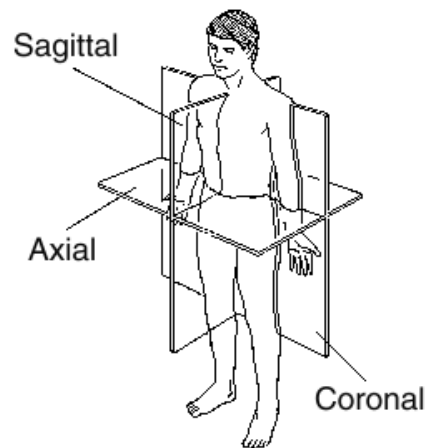


FIGURA 17. Planos anatómicos

Una vez obtenida la información desde la estructura en estudio se debe dar paso a la reconstrucción con el computador y las herramientas que se tienen para llegar al mejor resultado. Para obtener las secuencias o volúmenes 3D se pueden utilizar variadas herramientas:

- **MPR (Multiplanar Reconstrucción) o Reconstrucción Multiplanar**, no es una herramienta 3D, es una deformación geométrica del volumen. Se usa generalmente como guía para otras reconstrucciones pero igualmente permite estudiar las imágenes adquiridas en otros planos, pudiendo reconstruir planos oblicuos y curvos, permite explorar el volumen de un tejido desde diferentes perspectivas. Es una técnica de gran uso en la práctica diaria por su rapidez, fácil uso y cantidad de información que entrega (12) (21).

- **MIP (Maximum Intensity Projection) o Reconstrucción de Máxima Intensidad de Proyección**, esta herramienta crea una imagen bidimensional (2D) desde información 3D. Este método extrae los vóxel de mayor intensidad desde los datos 2D y 3D, seleccionándolos de diferentes ángulos para luego proyectarlos como una imagen 2D, en la imagen final aparecen las estructuras del volumen en estudio que mayor valor de atenuación presentaron, es decir muestra los pixeles de mayor intensidad. Esta herramienta crea la ilusión de que el objeto fuese traslucido, muestra pixeles de máxima intensidad de cada corte, es usada en estructuras de máxima densidad/intensidad. No muestra profundidad y es ideal para el estudio de vasos sanguíneos realizados por medios de contraste (21).

- **MinIP o Reconstrucción de Mínima Intensidad de Proyección**, al contrario de la herramienta anterior, esta representa las estructuras menos densas. Solo se utilizan y se muestran los menores valores de atenuación y se muestran los pixeles de menos intensidad. Como resultado se tiene un negativo de la MIP. Útil en cualquier cavidad con aire (14).

- **VR (Volumen Rendering) o Reconstrucción Volumétrica**, esta herramienta crea una representación en 3D tomando en cuenta todos los vóxeles de la imagen. Se guía por los valores de atenuación para asignar transparencia, brillo y/o color a los vóxeles del área en estudio. Para diferenciar entre estructuras colorea en función a la densidad de la estructura, las menos densas son transparentes. Esta herramienta también permite rotar la imagen para una mejor visualización, también controlar los colores, el brillo o la transparencia de las estructuras. Es la herramienta de reconstrucción 3D que entrega mayor cantidad y calidad de información (14).

- **SSD (Shaded Surface Display) o Reconstrucción de Superficie Sombreada**, esta herramienta muestra la superficie de un tejido definido en UH por encima de un valor umbral determinado. El ángulo de visión y localización de la fuente de luz virtual son muy importantes para una óptima reconstrucción. Es una técnica de rápida realización pero su utilidad no es mucha, limitándose a estructuras óseas, porque al bajar el umbral e incluir tejidos blandos se generan artefactos mostrando tejidos óseos y blandos como una misma estructura. Muestra poca profundidad y no permite observar estructuras ni dentro ni detrás (12).

Para conseguir el volumen de la cavidad orbitaria mediante la TC una vez hecha la reconstrucción se pueden utilizar variados métodos. En este estudio utilizaremos el cálculo geométrico que funciona de la misma forma que en la técnica manual, pero en vez de realizar las medidas con un pie de metro se ubican los hitos anatómicos de la órbita y se miden los puntos en el computador.

1.5.2.6 Factores que son modificables o seleccionables en una TC

- **Campo de medición o FOV**, existen dos tipos: campo medido y campo representado. Campo medido es el tamaño de apertura en el gantry para preparar los detectores que son necesarios en la medición, el resto de detectores que no se utilizan solo obtendrían la densidad aire, si no se programara y recibieran Rx se verían como artefactos fuera de campo. El campo de representación es la parte del campo de medición que será digitalizado por el computador en la pantalla, una vez que se escoge el campo de medición se decide si se representará todo o solo una parte de éste, el campo de representación debe ser lo más pequeño posible ya que junto con la matriz determinan el tamaño del píxel (17).

- **Tamaño de la matriz**, viene dado por el número de píxeles, influye en la resolución espacial. Si su tamaño es mayor, mayor será la resolución (17).

- **Grosor del corte**, junto al píxel determina el tamaño del vóxel. Influye en la resolución espacial. Con un corte más fino se obtiene una mejor resolución espacial, pero esto conlleva a una mayor cantidad de cortes y por lo tanto mayor tiempo de reconstrucción, ruido y calentamiento del tubo de Rx (17).

- **Tiempo de corte**, valor que el tecnólogo médico debe valorar según paciente y tipo de estudio que se realizará. Este tiempo se puede acortar si el barrido del tubo de Rx es incompleto o si la reconstrucción de la imagen se hace posterior a los cortes y no en el mismo momento (17).

- **Kv y mA**, el Kv siempre es alto, de 100 – 150 Kv y el mA es el único modificable en la práctica para evitar el ruido; a mayor mA menos ruido (17).

- **Punto focal**, lugar del espacio donde los Rx, una vez que han atravesado un determinado cuerpo, convergen para enfocar el objeto en estudio.

- **Algoritmo de reconstrucción**, los filtros que se aplican a la imagen (17). Un algoritmo es un conjunto ordenado de operaciones que busca solución a un problema. En el

caso de la TC resuelven las ecuaciones matemáticas para transformar la información de los detectores en imágenes (12).

- **Pitch:** relación entre el movimiento de la mesa y la rotación del tubo de Rx durante la exploración, tiene un efecto muy importante en la calidad de la imagen y la dosis de radiación. $Pitch = \frac{\text{movimiento de la mesa (mm)}}{\text{grosor del corte (mm)}}$

En la fórmula las variables tienen la misma unidad de medida, por lo tanto el Pitch es una variable adimensional (21).

Un pitch de 1:1 quiere decir que la mesa se mueve lo mismo que el tamaño del grosor del corte requerido. Esto forma una hélice continua sin pérdida de información. En los casos donde el desplazamiento de la mesa es menor al grosor del corte se produce un solapamiento que significa disminución del FOV y un aumento de la dosis de radiación, pero también una mejor resolución espacial. En caso contrario cuando la distancia de desplazamiento de la mesa es mayor al grosor del corte la hélice se separa generando dos espirales, uno de datos no adquiridos y otro de datos adquiridos (12).

1.5.2.7 Adquisición

En los equipos de TC helicoidal se pueden adquirir las imágenes de 3 formas diferentes:

- **Localizador, topograma o scout.** Esta forma de adquisición es sin rotación del tubo y una baja dosis de radiación. Se obtiene una imagen en un plano. Para realizar un estudio es necesario tener al menos un localizador para delimitar los parámetros necesarios para la adquisición como son: el FOV, pitch, grosor del corte, angulación del haz de Rx y demás. El localizador también permite realizar un correcto centraje del objeto en estudio sobre la mesa para evitar artefactos o errores (12).

- **Adquisición secuencial,** este tipo de forma de adquisición requiere de dos parámetros: la colimación y el intervalo del corte. El intervalo del corte delimita la distancia que existe entre un corte y otro, y el desplazamiento de la mesa después de cada giro. La ventaja de este tipo de adquisición es la gran resolución espacial y la baja cantidad de artefactos en los cortes axiales sobre el eje z. El inconveniente es la alta dosis de radiación y aumento del tiempo de ejecución del estudio (12).

- **Adquisición helicoidal**, este tipo de toma se obtiene por un giro ininterrumpido del haz sumado al movimiento continuo de la mesa que da como resultado un espiral oblicuo continuo que permite obtener datos volumétricos. El efecto de espiral de datos en el eje z se observa desde la perspectiva del objeto en estudio (12).

Mediante la TC se pueden estudiar las diferentes regiones del cuerpo humano a través de diversas técnicas que se han ido perfeccionando con los años.

Para este estudio en particular donde se analizaron las órbitas oculares y para la mejor adquisición de las imágenes se utilizó el protocolo de cerebro o cráneo.

1.5.2.8 Parámetros técnicos de adquisición

Considerando que esta investigación involucró el estudio de cráneos, se utilizó el protocolo de cerebro, el cual fue el más apropiado para observar estructura ósea y realizar la adquisición. El protocolo de órbitas se orienta más a la observación de globos oculares y nervio óptico.

El protocolo de adquisición y reconstrucción utilizado por el centro donde se llevó a cabo el estudio es el siguiente:

- Exploración Cerebro modo helicoidal:
 - mAs efe: 300.
 - kV: 130.
 - Duración: 19,09 s.
 - Tiempo rotación: 1,5 s.
 - Retardo: 5 s.
 - Adq: 16 x 1,2 mm.
 - Grosor de corte: 4 mm.
 - Dirección: caudocraneal.
 - Pitch: 0,55.

Reconstrucción Cerebro Axial

- Ventana ósea:
 - H70 s definido FR.

- Fov: 216 mm.
- Dirección: Caudocraneal.
- Corte: 1,5 mm.
- Incremento: 0,7 mm.

- Ventana Cerebro: (ocupada en VR)
 - H20 s Homogéneo.
 - FOV: 216 mm.
 - Dirección: Caudocraneal.
 - Corte: 1,5 mm.
 - Incremento: 0,7 mm.

1.6 MÉTRICA DE LAS ÓRBITAS EN LA LITERATURA

Al comparar los resultados obtenidos en el estudio previo y los reportados en la literatura (tabla 9), se concluye que los valores del método propuesto tienen un promedio menor que los publicados por la mayoría de los autores consultados, excepto en las medidas de europeos y asiáticos.

TABLA 9. Resumen de los métodos y resultados del volumen orbitario (2)

Autor	Origen de la muestra	Método de medición	Global	Mínimo	Máximo	Masculino	Femenino	Rango
Felipe Lorenzi	Valparaíso	Manual esferas de acero	17,54 ± 0,37	15,29	21,46	17,82	16,18	1,63
Michael P. Masters South African	Sudáfrica	Semillas de mostaza	24			26	22	4
Michael P. Masters African American	Afroamericanos	Semillas de mostaza	29			29	29	0
Michael P. Masters European	Europa	Semillas de mostaza	16,5			16	17	-1
Michael P. Masters European American	Europamericano	Semillas de mostaza	22			31	19	12
Michael P. Masters Japanese	Japonés	Semillas de mostaza	22			22	22	0
Michael P. Masters Chinese	China	Semillas de mostaza	16,5			17	16	1
Peter Brown	Japón	Semillas de mostaza	23,45			24,3 ± 2,1	22,6 ± 2,01	1,7
Peter Brown	Australia	Semillas de mostaza	29,9			31,3 ± 2,95	28,5 ± 2,54	2,8
Anson Chau	China	Resonancia Magnética MRI	21			22,20 ± 1,38	19,81 ± 2,23	2,39
Babak Alinasab	Suecia	Tomografía Computada	20,86 ± 1,6					
Cesar Coronado	Talca	Tomografía Computada	27,58	19,5	34			
Glen Formes	USA	Tomografía Computada	23,73	18,88	29,77	23,63	23,92	0,28
Minoru Furuta	Japón	Tomografía Computada	22,26			23,64 ± 2,02	20,89 ± 1,28	2,75

CAPÍTULO 2: OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la concordancia entre las medidas obtenidas mediante la técnica manual de evaluación morfométrica y volumétrica propuesta por los autores Coros, Tapia y Lorenzi, y las realizadas por tomografía computarizada en órbitas oculares de una colección de cráneos de la Universidad de Valparaíso Campus San Felipe y del Museo Arqueológico de Los Andes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Registrar características de los cráneos en los que hubo mayor discordancia.
2. Describir las posibles diferencias entre las mediciones de cráneos femeninos y masculinos.
3. Evaluar las posibles diferencias entre las medidas hechas a cráneos del Museo Arqueológico de Los Andes versus las de cráneos de la Universidad de Valparaíso Campus San Felipe.

2.3 HIPÓTESIS

La hipótesis de investigación que se tiene para este estudio es que habrá cierta concordancia en las mediciones hechas por ambos métodos. Sin embargo, se espera que haya diferencias sistemáticas entre ambos métodos. Esto basado en la experiencia del estudio precedente (2), donde se observó que había diferencias entre la medición manual y la hecha por ecuaciones lineales. Por tanto, en términos estadísticos, las hipótesis serían las siguientes:

- H0: La diferencia promedio entre la técnica manual y la obtenida mediante TC es 0.
- H1: La diferencia promedio entre la técnica manual y la obtenida mediante TC es diferente de 0.

CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE ESTUDIO

El diseño del estudio es de tipo comparativo correlacional, no experimental de corte transversal. Es correlacional porque evalúa la correlación entre las medidas obtenidas por los dos métodos. Además, es un estudio no experimental, puesto que sólo observamos y registramos las variables, sin hacer ninguna intervención. Y por último, es de corte transversal porque sólo se contemplaron y analizaron los valores conseguidos por ambos métodos de medición en una sola evaluación.

3.2 POBLACIÓN EN ESTUDIO

En este estudio no se ven involucradas personas, sino que un material arqueológico que es parte del patrimonio cultural de la región de Valparaíso. Por tanto, no se considera pertinente definir una población en estudio. Sin embargo, los cráneos que se estudiaron son una muestra de todo el posible acervo arqueológico que podría poseer esta área geográfica.

3.3 MUESTRA

La muestra está compuesta por 20 cráneos humanos de adultos, de los cuales 14 son de una “colección sub actual” tutelada por la Universidad de Valparaíso, Campus San Felipe bajo el código sanitario de la República de Chile D.F.L. 725/67 artículos 146 y 147, correspondientes a personas fallecidas entre los años 1940 y 1980 en la región de Valparaíso y que fueron recuperados entre los años 1995 y 2006 desde el cementerio General de Valparaíso y cementerio El Almendral de San Felipe y 6 cráneos, los cuales también corresponden a un “muestreo sub actual” proveniente de la colección bioantropológica patrimonial en el Museo Arqueológico de Los Andes, todos ya analizados en el estudio “Evaluación morfométrica y volumétrica mediante el desarrollo y aplicación de una nueva herramienta manual, en órbitas oculares pertenecientes a la colección de cráneos del laboratorio de anatomía de la Universidad de Valparaíso Chile”.



FIGURA 18. *Algunos cráneos pertenecientes a la muestra (2).*

3.4 TIPO DE MUESTRA

La selección de la muestra es de manera no probabilística, puesto que se utilizaron los cráneos disponibles para su análisis. Además, sus órbitas ya fueron medidas previamente en el estudio mencionado.

3.5 LUGAR DE EJECUCIÓN

Las medidas para el estudio fueron realizadas en el servicio de scanner de LABOCENTER S.A. ubicado en la ciudad de Los Andes Av. Santa María #777. Este centro cuenta con todos los recursos necesarios para la obtención de los datos. El proceso estuvo a cargo de la TM Yasna Olgún Madrid.

Por su parte, los cráneos fueron llevados bajo estricta supervisión del profesional a cargo, de acuerdo a los protocolos establecidos para el patrimonio arqueológico que nos brindó el museo de Los Andes.

3.6 CONSIDERACIONES DEL ESTUDIO

3.6.1 Consideraciones éticas

Mediante esta investigación se logrará conocer una nueva herramienta manual para la evaluación morfométrica y volumétrica en órbitas oculares, brindando información relevante a la comunidad científica y educando, además, a la sociedad.

En cuanto al estudio científico de restos humanos, el Código Deontológico se basa en la idea de que éstos son un objetivo legítimo, de gran utilidad e interés para todo el género

humano, por lo que es muy importante velar por la conservación de ellos, practicando y promoviendo, además, su correcta gestión y estudio (22).

Los restos humanos deben ser tratados con respeto, dignidad y sensibilidad, con total independencia de su antigüedad, origen, religión, nacionalidad y demás rasgos personales, raciales o poblacionales, debido a que son fieles representantes de múltiples aspectos tangibles e intangibles de seres que habitaron en el pasado. Considerando que el concepto de respeto es diferente según contextos y situaciones, es importante que los profesionales sean particularmente sensibles y atentos al medio sociocultural en el que realizan sus estudios (22).

El código de ética del Colegio de Antropólogos de Chile determina que los siguientes valores son fundamentales para guiar cualquier actividad en el área de la Antropología y de cada una de sus subespecialidades (23):

- Respeto y promoción de las buenas prácticas profesionales.
- Respeto del bien común de las sociedades.
- Respeto de todas las formas de patrimonio cultural de comunidades extintas o del presente.
- Resguardo de los efectos de sus quehaceres en las personas y agrupaciones.

Cabe destacar que todos los procesos que involucren tratar con restos humanos, son desarrollados por profesionales totalmente capacitados, en el ámbito teórico, técnico y ético.

Desde el punto de vista legal y debido a nuestra población en estudio, el Código Sanitario de Chile establece en el Libro IX “Del aprovechamiento de tejidos o partes del cuerpo de un donante vivo y de la utilización de cadáveres, o parte de ellos, con fines científicos o terapéuticos”, artículo 146, que “Toda persona plenamente capaz podrá disponer de su cadáver, o de partes de él, con el objeto de que sea utilizado con fines de investigación científica, para la docencia universitaria...” y en el artículo 147, que “Los cadáveres de personas fallecidas en establecimientos hospitalarios públicos o privados, o que se encuentren en establecimientos del Servicio Médico Legal, que no fueren reclamados

dentro del plazo que señale el reglamento, podrán ser destinados a estudios e investigación científica...”(24).

3.7 MATERIALES PARA OBTENCIÓN DE DATOS

3.7.1 Recurso humano

Para la obtención del volumen de la cavidad orbitaria, un profesional Tecnólogo Médico con mención en Imagenología y Física Médica y alumnos de la misma mención, fueron los responsables de llevar a cabo y realizar la obtención de los datos mediante el uso de TC. Y las alumnas egresadas María José Contreras y Paola Vargas fueron las encargadas de realizar los análisis y la comparación para desarrollar los objetivos general y específicos.

3.7.2 Material físico

Para la realización del estudio se contó con los siguientes materiales:

- El Scanner TAC Multicorte Somatom Emotion, marca SIEMMENS con 16 canales, que fue el equipo disponible en el centro donde se llevó a cabo el procedimiento de medición.
- CD, para guardar la información obtenida con el equipo de scanner.

3.7.3 Herramientas para la recopilación y análisis de datos

Con el fin de adquirir y mantener la información de la muestra en estudio se utilizaron distintos documentos y formularios que facilitaron el posterior análisis de datos:

3.7.3.1 Carta dirigida al Señor Carlos Coros, profesor académico de la cátedra de anatomía de la Universidad de Valparaíso, Campus San Felipe (anexo 1), para solicitar los 14 cráneos pertenecientes al laboratorio de anatomía de la Universidad de Valparaíso, Campus San Felipe, para ser transportados y analizados en el servicio de scanner de LABOCENTER S.A.

3.7.3.2 Carta dirigida al Señor Carlos Coros, Director del Museo Arqueológico de los Andes (anexo 2), para solicitar los 6 cráneos de la colección bioantropológica patrimonial, pertenecientes a dicho museo, para ser transportados y analizados en el servicio de scanner de LABOCENTER S.A.

3.7.3.3 *Formulario de recolección de mediciones* (anexo 3), donde aparece el número o código de identificación de cada cráneo con sus respectivas mediciones y la cantidad de CD utilizados en el procedimiento.

3.7.3.4 *Tabla con los volúmenes de las órbitas oculares obtenidas mediante ambas técnicas y la diferencia de sus resultados* (anexo 4), con el fin de comparar los valores obtenidos.

3.7.3.5 *Tabla de estadística descriptiva de las diferencias encontradas en la comparación de los volúmenes entre TC y la técnica manual, mediante Excel* (anexo 5), para determinar la media, la mediana, el coeficiente de asimetría, el rango, el mínimo y el máximo de los resultados obtenidos.

3.7.3.6 *Tabla prueba T para medias de dos muestras emparejadas, a través de Excel* (anexo 6), corresponde a los resultados de la comparación estadística, para evaluar las posibles diferencias entre las medidas realizadas por la técnica manual y las realizadas por TC.

3.7.3.7 *Tabla prueba r de Pearson, por medio de Excel* (anexo 7), para evaluar la correlación entre los métodos.

3.7.3.8 *Tabla de clasificación de las órbitas según valor de índice orbitario determinada por el análisis de los resultados obtenidos por ambas técnicas* (anexo 8), con el fin de comparar y proponer una nueva distribución.

3.7.3.9 *Tabla de prueba de muestras independientes según género de la muestra mediante TC, a través del programa estadístico SPSS* (anexo 9), permite describir las posibles diferencias entre las mediciones de cráneos femeninos y masculinos, con el fin de dar respuesta al segundo objetivo específico.

3.7.3.10 *Tabla de prueba de muestras independientes según etapa histórica de la muestra mediante TC, a través del programa estadístico SPSS* (anexo 10), para evaluar posibles diferencias entre las medidas hechas a cráneos del Museo Arqueológico de Los Andes y a cráneos de la UV-SF, y responder así al tercer objetivo específico.

3.7.3.11 *Tabla de prueba de muestras independientes según género de la muestra mediante la técnica manual, a través del programa estadístico SPSS* (anexo 11), permite describir las posibles diferencias entre las mediciones de cráneos femeninos y masculinos.

3.7.3.12 *Tabla de prueba de muestras independientes según etapa histórica de la muestra mediante la técnica manual, a través del programa estadístico SPSS* (anexo 12), para evaluar posibles diferencias entre las medidas hechas a cráneos del Museo Arqueológico de Los Andes y a de cráneos de la UV-SF.

3.7.3.13 *Carta Gantt* (anexo 13), tabla con tiempos y metas de avance de la investigación.

3.8 PROCESO DE OBTENCIÓN DE DATOS

3.8.1 Actividades

El procedimiento para lograr la medición de los cráneos fue el siguiente:

A. Se escoge un cráneo y se ingresa en el sistema del equipo completando algunos datos, éstos son:

El equipo solicita los siguientes datos:

- Apellido: (en este caso, ejemplo: N° 14)
- ID: 111111111111
- Sexo: Otro
- Fecha de Nacimiento: 03-10-1985
- Estudio: Cerebro Volumen

En ID se completó con el número de orden del cráneo, por ejemplo si era el primero se le asignaba un valor de 111111111111, al segundo 222222222222 y así sucesivamente. En sexo se seleccionó "otro". Y la fecha de nacimiento fue en todos, la misma. Por último en "Estudio" se seleccionó "Cerebro Volumen".

B. El software solicita escoger el modo en el cual se hará la adquisición. Se selecciona aceptar y el equipo ya se encuentra listo para comenzar.

C. Concluido lo anterior se posiciona el cráneo, en donde se deberá elegir el cabezal adecuado para cabeza y cuello.



FIGURA 19. *Posicionamiento del cráneo en el cabezal con las correas de sujeción.*

Se pueden utilizar cojines y correas de sujeción que van incorporadas dentro del cabezal. Los criterios para posicionarlo son los mismos que para un usuario vivo: La LOM perpendicular a la mesa de exploración, el rayo sagital debe pasar por el nasión (punto de intersección del hueso frontal y de dos huesos nasales del cráneo) y en el plano coronal el rayo láser debe pasar dos dedos por encima del CAE.

D. El profesional se retira de la sala de exploración para ir a la sala de control desde donde se inicia la adquisición:

- Primero se adquiere el topograma.
- Se selecciona el FOV acotado a la zona de interés.
- La adquisición dura aproximadamente 6 s.
- Concluida esta etapa se verifica que todos los campos se encuentren dentro de los parámetros necesarios y a partir de esto se inicia la segunda fase llamada "RECONSTRUCCIONES".

Este proceso tarda entre 2 a 5 minutos.

Una vez listo se pueden hacer las reformaciones necesarias para presentar la imagen y tomar las medidas.

E. Las imágenes quedan guardadas momentáneamente en el equipo en una carpeta con el nombre del cráneo (ejemplo: "N° 14"). En ella se encontrarán las reconstrucciones en las distintas ventanas realizadas, la Raw Data, el topograma y los datos ingresados del paciente.

F. Al finalizar las reconstrucciones se procede a realizar el 3D o VR al cual se ingresa por una “pestaña” en el monitor en la zona lateral derecha. Al entrar, se selecciona la reformación en ventana "cerebro o blanda" de filtro H20.



FIGURA 20. *Reconstrucción 3D.*

G. El VR se realiza en un total de 19 imágenes a modo de presentación, el cual es guardado en la carpeta del paciente.

H. Finalmente se cierra el estudio y se exporta la información (H20, H70 y VR) del paciente a un CD.

I. Se toman las medidas necesarias para la obtención del volumen de la cavidad orbitaria, el método seleccionado es el geométrico, por lo tanto se mide el largo, ancho y profundidad de la órbita ocular, utilizando las herramientas que posee el software del equipo de scanner y se aplica la fórmula de volumen de una pirámide de base cuadrangular.

3.9 ANÁLISIS ESTUDIO-ESTADÍSTICO

TABLA 10. Descripción de variables estadísticas.

Variab les	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Unidad de medida
Medición volumétrica	Evaluación en 3D de la órbita ocular.	En el estudio anterior (2) se obtuvo mediante el uso de una técnica manual por desplazamiento de fluidos y en esta investigación se utiliza TC.	Ordinal	mL
Medición morfométrica	Análisis de la forma y tamaño de las órbitas oculares.	Se evaluará a través de los resultados de la medición volumétrica y de la observación.	Nominal	hipsiconquios, cameconquios o mesoconquios
Sexo	Conjunto de condiciones anatómicas de cada cráneo que diferencian a cada sexo.	Se obtiene a partir de los registros establecidos en el estudio previo, en el cual se llevó a cabo un análisis de las diferencias morfométricas entre los cráneos femeninos y masculinos.	Nominal	Femenino o masculino
Lugar de conservación	Sitio de preservación de las piezas óseas.	Se obtiene desde el establecimiento que tutela las distintas colecciones de cráneos.	Nominal	Museo Arqueológico de Los Andes o UV-SF

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Unidad de medida
Técnica manual	Técnica de medición de volumen orbitario.	Se obtiene mediante la utilización de esferas de acero de tamaño estándar (2 mm de diámetro) por desplazamiento de fluidos. Estos datos ya están documentados, por lo que sólo se utilizarán los resultados.	Ordinal	cm^3
TC	Examen que combina el cálculo electrónico y técnicas de tomografía para obtener cortes o secciones anatómicas mediante el uso de Rx.	Para obtener el volumen orbitario se utiliza un protocolo (cerebro volumen) mediante cortes axiales y coronales. Se ubica la LOM perpendicular a la mesa de exploración, el rayo sagital debe pasar por el nasión y el coronal por dos dedos sobre el CAE. Pitch= 0.55 Luego se realiza la reconstrucción (VR).	Ordinal	cm^3

Las variables de técnica manual y TC son independientes, mientras que las de medición volumétrica y medición morfométrica son dependientes.

El género y período histórico son variables de segmentación de tipo demográfica.

3.10 ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos se realizó mediante procedimientos de estadística descriptiva, de manera global y de acuerdo a las distintas variables establecidas, a través de dos programas estadísticos especializados: SPSS y Microsoft Excel.

La comparación estadística, para evaluar las posibles diferencias, y si éstas son significativas, entre las medidas obtenidas por ambos métodos, se hizo por medio de la prueba T para medias de 2 muestras emparejadas, prueba que se basa en la estadística paramétrica.

Se aplicó la fórmula de r de Pearson, con el fin de evaluar la correlación o concordancia entre los resultados de la técnica manual y de la TC.

Para el análisis antropológico o la evaluación de las características particulares de los cráneos, como su diferenciación por sexo y por lugar de conservación mediante TC, la prueba estadística utilizada fue la de muestras independientes.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

Entre los meses de julio y octubre de 2017, se llevó a cabo el proceso de recolección de datos, es decir, se realizaron las mediciones de las órbitas oculares de los cráneos involucrados en este estudio.

Para la investigación se consideraron un total de 20 cráneos y por lo tanto 40 órbitas, sin embargo y debido a las condiciones de estas piezas óseas, se encontraron cráneos con una sola órbita en buen estado y apropiada para ser medida; por lo que nuestra muestra final correspondió a 35 órbitas, a las cuales se les midió el volumen orbitario mediante TC y previamente mediante la técnica manual. La comparación de los resultados obtenidos por ambos métodos se encuentra en el anexo 4 y la representación de estos datos aparece a continuación en los gráficos 1 y 2.

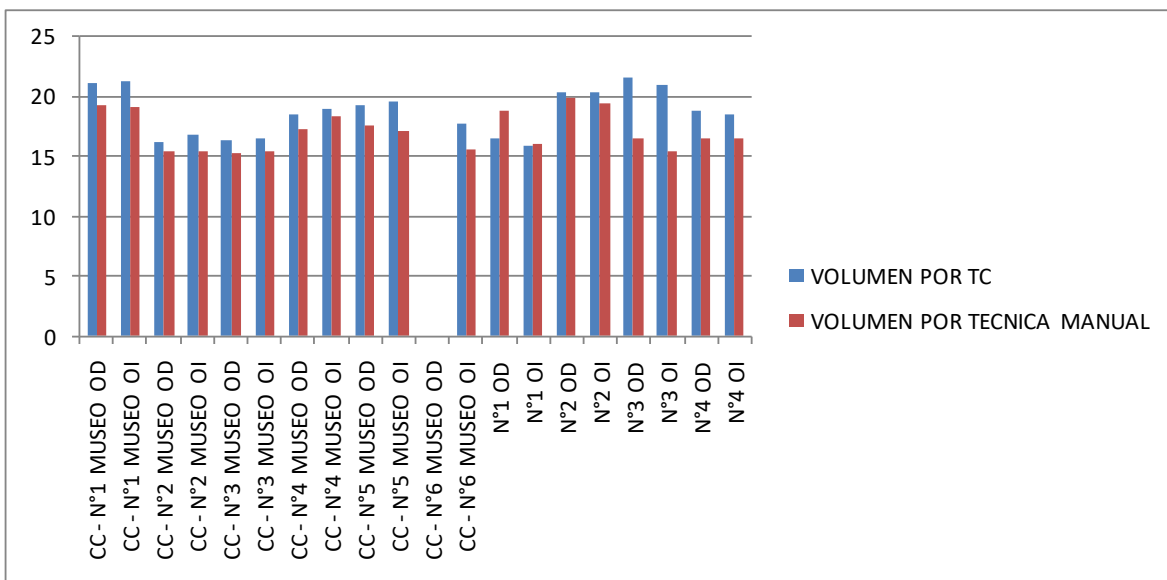


FIGURA 21. Comparación de las medidas obtenidas mediante la TC y la técnica manual, parte 1.

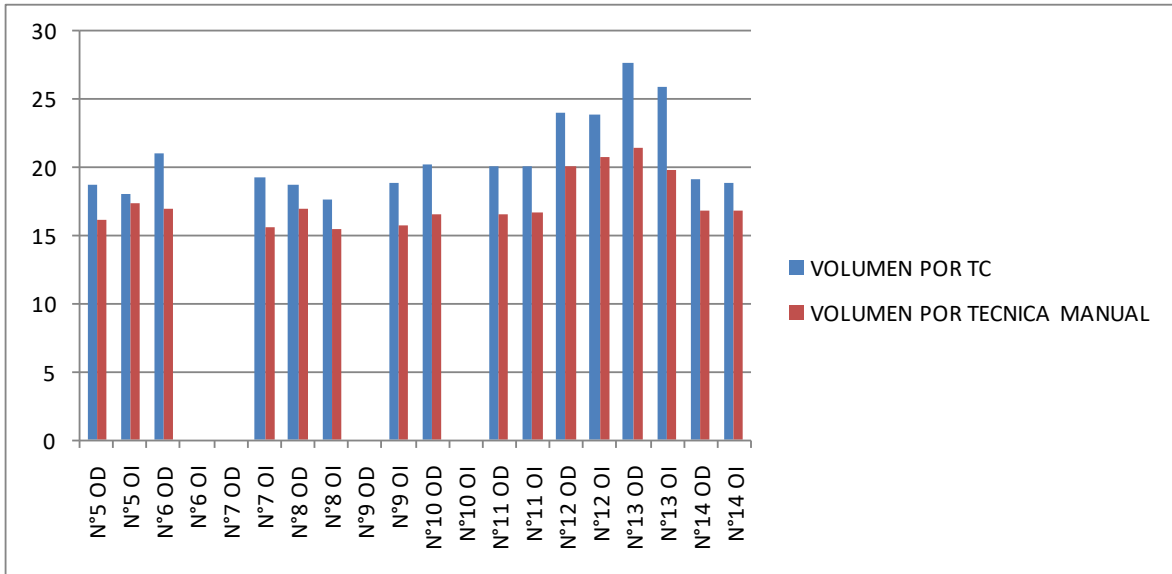


FIGURA 22. Comparación de las medidas obtenidas mediante la TC y la técnica manual, parte 2.

Tanto en el gráfico 1 como en el gráfico 2, se observa que las medidas realizadas por TC fueron de mayor magnitud que las obtenidas mediante la técnica manual, excepto en las órbitas derecha e izquierda del cráneo N°1, en dónde los valores por técnica manual fueron mayor que por TC, con una diferencia de $2,20 \text{ cm}^3$ en la órbita derecha y $0,17 \text{ cm}^3$ en la órbita izquierda. Y la media resultante de la comparación entre ambos métodos es de $2,08 \text{ cm}^3$.

Al realizar el análisis estadístico, para determinar las desigualdades entre ambas técnicas, se obtuvo un valor de $p < 0,0001$, lo que significa que estas diferencias son estadísticamente significativas (anexo 6, tabla de resultados estadísticos SPSS) y al analizar la relación entre ambos métodos, se obtuvo un valor de $p < 0,0001$, lo que indica que la correlación es estadísticamente significativa entre las variables "TC" y "técnica manual". (anexo 7, tabla de resultados estadísticos SPSS).

De acuerdo a las desigualdades halladas en la comparación de las medidas de la muestra resultantes de ambas técnicas, se estableció como rango de semejanza aceptable un valor menor o igual a 3 cm^3 . En la tabla 13 se indican las órbitas con mayor diferencias, es decir, aquellas que obtuvieron un valor mayor a 3 cm^3 .

TABLA 11. Órbitas con mayor diferencia a la comparación de ambas técnicas.

CRÁNEO		VOLUMEN POR TC (cm^3)	VOLUMEN POR TECNICA MANUAL (cm^3)	DIFERENCIA (cm^3)
N°3	Órbita derecha	21,5785	16,45846	5,12
	Órbita izquierda	20,95197867	15,37089	5,58
N°6	Órbita derecha	21,07290666	16,91598	4,16
N°7	Órbita izquierda	19,296632	15,60966	3,69
N°9	Órbita izquierda	18,818352	15,80469	3,01
N°10	Órbita derecha	20,166076	16,51421	3,65
N°11	Órbita derecha	20,146175	16,55404	3,59
	Órbita izquierda	20,155864	16,66159	3,49
N°12	Órbita derecha	24,01561333	20,03235	3,98
	Órbita izquierda	23,91356	20,79371	3,12
N°13	Órbita derecha	27,68382	21,45846	6,23
	Órbita izquierda	25,87768333	19,87089	6,01

4.1 RESULTADOS POR CLASIFICACIÓN SEGÚN IO

En el estudio anterior (2) se clasificó a las cavidades orbitarias de los cráneos por su IO, replicamos esa clasificación y comparamos los resultados obtenidos por TC y por el método manual geométrico. Estos datos se adjuntan en el anexo 8. Como se observa en el gráfico 3, mediante el método manual se encontraron 27 órbitas de tipo hipsiconquio, 5 órbitas de tipo mesoconquio y 3 órbitas de tipo cameconquio y mediante TC se encontraron 25 órbitas de tipo hipsiconquio, 9 mesoconquio y 1 cameconquio.

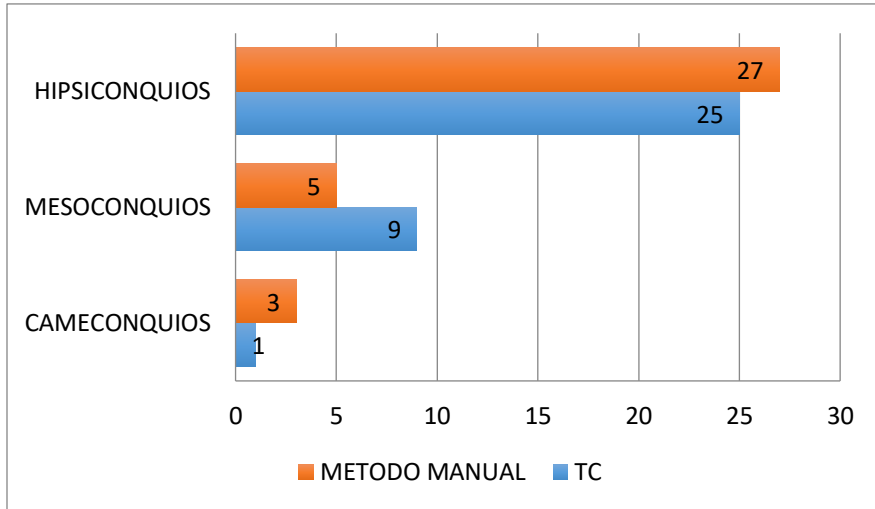


FIGURA 23. Clasificación de las cavidades orbitarias por IO medido con ambas técnicas.

4.2 RESULTADOS POR GÉNERO SEGÚN TC

Al realizar el análisis estadístico, para comparar los valores obtenidos mediante TC entre el género femenino y el género masculino de la muestra, se obtuvo un valor de p de 0,026, lo que indica que las diferencias encontradas son estadísticamente significativas.

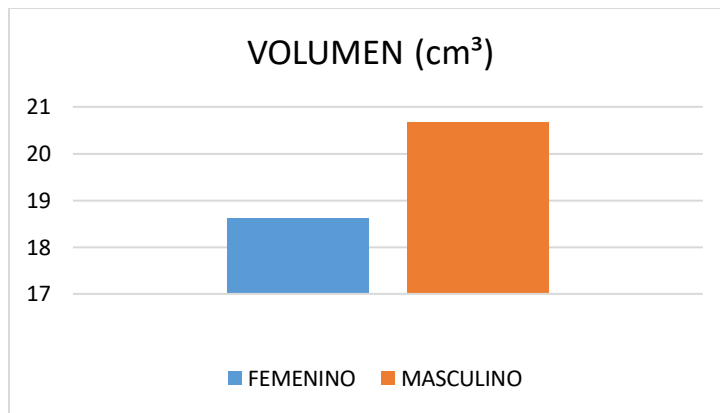


FIGURA 24. Comparación de los valores obtenidos mediante TC entre cráneos femeninos y masculinos.

4.3 RESULTADOS POR LUGAR DE CONSERVACION SEGÚN TC

Al realizar el análisis estadístico, para comparar los valores obtenidos mediante TC entre los cráneos del Museo Arqueológico de Los Andes y cráneos de la UV-SF de la muestra, se obtuvo un valor de p de 0,045, lo que indica que las diferencias encontradas son estadísticamente significativas.

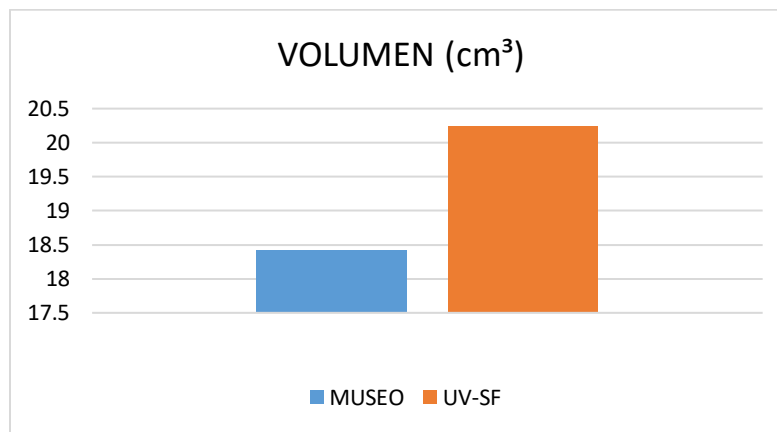


FIGURA 25. Comparación de los valores obtenidos mediante TC entre cráneos del Museo Arqueológico de Los Andes y los de la UV-SF.

CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN

Al ser esta investigación una continuación del estudio “Evaluación Morfométrica y volumétrica mediante el desarrollo y aplicación de una nueva herramienta manual, en orbitas oculares pertenecientes a la colección de cráneos del laboratorio de Anatomía de la Universidad de Valparaíso Chile”, su propósito también se enfoca en el aporte que la Tecnología Médica pueda lograr en el área de las ciencias morfológicas, en especial en la anatomía y la antropología física. Esta última tiene como finalidad responder a dos grandes y sustanciales incógnitas: ¿De dónde venimos? y ¿Hacia dónde vamos? Y, ¿Qué es lo que hacen los científicos para entender hacia dónde se dirige la humanidad?, indagan en su pasado, es decir, en todo lo que conlleva su proceso evolutivo.

Es así como producto de este proceso evolutivo ha sido la variabilidad humana, variabilidad en la cual es posible distinguir ancestría, mixtura, movimiento poblacional, entre otros, mediante la observación e interpretación de rasgos morfológicos.

La variabilidad humana es la que nos permite conocer de mejor manera al ser humano y su origen, y por lo tanto, contribuye a enfrentar las distintas necesidades y problemáticas que lo afligen. Un claro ejemplo de esto, es la variabilidad humana aplicada en la cirugía estética, específicamente, en las reconstrucciones faciales, ya que para restaurar un rostro, es necesario tener en cuenta la ancestría de la persona afectada y considerar la tabla adecuada según las medidas de las estructuras óseas que se requieran restablecer. Además posibilita entender por qué ciertas patologías se producen con mayor prevalencia en ciertos grupos de personas, que en otros, y en este sentido es un gran aporte en el área de la medicina, ya que optimiza los procedimientos diagnósticos.

Con todo lo que nos puede ofrecer el estudio de la variabilidad humana, más que una disciplina, se ha vuelto una herramienta sumamente útil. Y si esta herramienta, la extrapoláramos a cráneos de diferentes grupos étnicos, podría permitirnos descubrir según nuestras características físicas, a qué agrupación estamos más vinculados.

Si bien la variabilidad abarca diversos aspectos relacionados al hombre, en estas investigaciones, se traduce principalmente en el comportamiento morfológico de la órbita ocular, siendo la porción supraorbitaria de ésta, la región con mayor variación en la

evolución humana, debido al desarrollo del encéfalo y por consiguiente del neurocráneo, que ha ido en aumento desde los hombres primitivos hasta los de la actualidad (6). Este hecho ha generado gran interés en varios investigadores, los cuales han utilizados distintos métodos para estudiar la órbita, especialmente su volumen.

Una de las técnicas aplicadas que más llamó la atención, fue aquella que integró semillas de mostaza en sus procedimientos, las cuales por ser desiguales tanto en forma como en tamaño, hacían de este método uno muy poco confiable. Con el fin de perfeccionarlo, es que se ha propuesto una nueva técnica manual, que emplea esferas homogéneas de 2 mm de diámetro y peso estandarizado. Sin embargo, para conocer la efectividad de este nuevo método, es fundamental compararlo con el *Gold Standard*, que en esta ocasión corresponde a la Tomografía Computada, la cual es una técnica muy costosa, de difícil acceso y requiere de profesionales expertos en su manejo.

El *Gold Standard* se define como la mejor manera disponible, con la máxima certeza conocida y ampliamente aceptada para establecer la presencia o ausencia de una determinada condición (25) (26). Recordar que este concepto se utiliza preferentemente en el área de la medicina, y que "condición" hace referencia a "enfermedad", sin embargo en esta investigación, "condición", corresponde a la exactitud en la medición volumétrica de la cavidad orbitaria. El término "exactitud", se refiere precisamente a la concordancia entre los resultados de la nueva técnica manual con el estándar de referencia (25) (26), siendo esto, exactamente lo que se ha realizado en esta investigación al comparar las medidas obtenidas por los autores Coros, Tapia y Lorenzi, mediante el método manual (2) con las adquiridas en este estudio a través de la TC (25) (26).

Mediante la comparación entre los valores obtenidos en esta investigación y los encontrados en otros estudios realizados en Chile (27), en donde también se contrastan técnicas manuales con TC, se logra identificar similitudes en cuantos a las diferencias entre los distintos métodos, coincidiendo que el *Gold Standard* siempre arroja valores más elevados. Con respecto a esto, ¿por qué se considera la TC como el *Gold Standard* en la medición de volumen orbitario, si es una técnica operador dependiente y presenta un margen de diferencia con respecto a técnicas manuales?, ¿Quién definió la TC como el estándar?, ¿Cuál fue la metodología que se utilizó?

Los resultados adquiridos por TC son en promedio 2.04 cm^3 mayores a los obtenidos por el método manual, lo que nos indica que existe una cierta concordancia entre las mediciones hechas por ambos métodos y que no hay diferencias sistemáticas. Se observó que entre las distintas técnicas existen diferencias estadísticamente significativas, por lo tanto se rechaza la hipótesis H_0 planteada y se cumple con la H_1 que indicaba que las diferencias entre ambos métodos de medición sería diferente de 0. Se infiere que esto se podría generar por:

- La irregularidad del reborde orbitario de las distintas órbitas.
- El nivel límite utilizado al momento de llenar las cavidades orbitarias con las esferas de acero.
- Los hitos determinados tanto en la técnica manual como en TC.
- La fórmula aplicada en el proceso de la TC, la cual considera a la órbita como una figura geométrica, cuando en realidad éstas presentan formas variables.
- La problemática que se produjo en la investigación previa, en donde no se pudo calcular el espacio contenido entre las esferas. Quizás si aquella área no se hubiese despreciado, los valores mediante la técnica manual podrían ser iguales o mayormente similares a los adquiridos con TC.

De acuerdo a esto último, sería interesante poder obtener el valor real del área despreciada, para lograr resultados más exactos y por lo tanto un análisis más certero.

Al observar los cráneos en los que hubieron mayor diferencias en sus mediciones (figuras 23, 24, 25, 26), se determinó que éstos eran los que se encontraban más deteriorados dentro del total de la muestra, incluso algunos contaban con una sola cavidad orbitaria debido quizás al desgaste, al tiempo y a las condiciones de mantención. Y es por el daño tafonómico y la precaución en su manipulación, lo que probablemente haya influido en esta desigualdad de los resultados, ya que el procedimiento entre un método y otro es totalmente opuesto; por su parte la técnica manual requiere un trato directo con los cráneos para realizar las mediciones y la forma de evaluación de la TC es de no contacto.



FIGURA 26. Cráneo N°3 y cráneo N°6, respectivamente.



FIGURA 27. Cráneo N°7 y cráneo N°9, respectivamente.



FIGURA 28. *Cráneo N°10 y cráneo N°11, respectivamente.*



FIGURA 29. *Cráneo N°12 y cráneo N°13, respectivamente.*

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

Al comparar ambas técnicas la media de los resultados con TC y con técnica manual agrupa los valores de volumen orbitario por debajo de los 20cm^3 , mostrando que el promedio de esta muestra con ambas técnicas queda por debajo a los valores reportados (28).

Se determinó que a pesar de ser mínimas, existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de cráneos femeninos y masculinos obtenidas a través de la TC. Mediante la técnica manual se llegó al mismo resultado.

Al evaluar posibles desigualdades de acuerdo al lugar de conservación en que se encuentran los cráneos, se encontró que con TC hay diferencias estadísticamente significativas entre los cráneos del Museo Arqueológico de Los Andes y los de la UV-SF. En cambio en la medición con la técnica manual no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los cráneos de un lugar y otro.

Según los datos entregados y mediante el análisis estadístico realizado, se determina que no hay diferencias significativas entre la técnica manual y el *Gold Standard*. Con esta inferencia se abren las puertas a la consolidación de una nueva herramienta manual sumamente útil en la medición volumétrica de órbitas oculares. Sin embargo, debido a lo exigua de la muestra, este resultado debe ser evaluado con mucha cautela, siendo conveniente homologar ambos estudios, es decir, aplicar la técnica manual y la medición con TC a una colección de cráneos más numerosa para así poder validar la técnica manual como un método confiable y certero en la medición de las cavidades orbitarias.

REFERENCIAS

1. Berdichevsky B. Antrología Social: Introducción, una visión global de la humanidad Buenos Aires: LIBROS ARCES-LOM; 2002.
2. Coros C, Tapia Z, Lorenzi F. Evaluación Morfométrica y volumétrica mediante el desarrollo y aplicación de una nueva herramienta manual, en orbitas oculares pertenecientes a la colección de cráneos del laboratorio de Anatomía de la Universidad de Valparaíso Chile. Seminario de grado. San Felipe: Universidad de Valparaíso, Tecnología Médica mención Oftalmología; 2015.
3. Madrigal Díaz L, González-José R. Introducción a la Antropología Biológica; 2016.
4. Vera Cortés JL, Fernández Torres JL. EVOLUCIÓN DE LOS HOMÍNIDOS Y TENDENCIAS EXPLICATIVAS EN PALEOANTROPOLOGÍA: SITUACIÓN ACTUAL. Ciudad de México: Escuela Nacional de Antropología e Historia , Antropología Física ; 1991.
5. ILSE. Instituto Libre de Segunda Enseñanza. [Online].; 2012 [cited 2017 Agosto. Available from: http://www.ilse.esc.edu.ar/MATERIAL_HISTORIA/1ro/hominizacion.pdf.
6. Acción para la Mejora de la Enseñanza Secundaria. amesweb.tripod.com. [Online]. [cited 2017. Available from: <http://amesweb.tripod.com/ccmc02.pdf>.
7. Pastor Pons I. Terapia manual en el sistema oculomotor. Primera ed.: Elsevier Masson; 2012.
8. Testut L, Latarjet A. Tratado de anatomía humana, tomo 1. Novena ed.: Salvat; 1984.
9. Netter FH. Atlas anatomía humana. Segunda ed. Barcelona: Elsevier Masson; 1999.
10. Moore KL, Dailey AF, Agur AMR. MOORE. Anatomía con orientación clínica. Séptima ed. Barcelona: Wolters Kluwer Health S.A.; 2013.
11. Latarjet M, Ruiz Liard A. Anatomía humana. Cuarta ed.: Panamericana; 2004.

12. Costa Subias J, Soria Jerez JA. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA dirigida a TÉCNICOS SUPERIORES en IMAGEN PARA EL DIAGNÓSTICO Barcelona: ELSEVIER; 2015.
13. Imagen Diagnóstica y Enfermería. Imagen Diagnóstica y Enfermería. [Online].; 2013 [cited 2017 Agosto. Available from: <http://www.needgoo.com/componentes-de-un-tomografo/>.
14. González Vásquez J. Manual Práctico de Tomografía González Vásquez J, editor. Lima; 2011.
15. Mazas Artasona L. El Baúl Radiológico. [Online].; 2011 [cited 2017 Agosto. Available from: <http://www.elbaurradiologico.com/2011/09/escaner-multicorte.html>.
16. Carnielli LM. DrGEN. [Online].; 2012 [cited 2017 Agosto. Available from: <http://www.drgen.com.ar/2012/11/como-funciona-tomografo/>.
17. TSID. TSID.net. [Online].; 2015 [cited 2017 Agosto. Available from: <http://www.tsid.net/tac/fundamentos.htm#factores>.
18. Universidad de Navarra. Clínica Universidad de Navarra. [Online].; 2015 [cited 2017 Septiembre. Available from: <http://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/topograma>.
19. Calzado A, Geleijns J. Tomografía computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones. Fis Med. 2010 Diciembre; III(11).
20. Bushong B. Manual de Radiología para Técnicos. Novena ed. Barcelona: ELSEVIER; 2010.
21. Hofer M. Manual Práctico de TC, Introducción a la TC. Quinta ed. Düsseldorf: Editorial Medica Panamericana; 2007.
22. ASOCIACIÓN DE ATROPOLOGÍA BIOLÓGICA DE ARGENTINA, (AABA). fcnym.unlp.edu.ar. [Online].; 2011 [cited 2017 Mayo 10. Available from:

<http://www.fcnym.unlp.edu.ar/aabra/Codigo.pdf>.

23. Colegio de Antropólogos de Chile. ugr.es. [Online].; 2007 [cited 2017 Mayo 10. Available from: <http://www.ugr.es/~aalvarez/observadorcultural/Documentos/eticaChile.pdf>.
24. Gobierno de Chile. leychile. [Online].; 2016 [cited 2017 Mayo 10. Available from: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5595>.
25. Bravo-Grau S, Cruz Q JP. Estudios de exactitud diagnóstica: Herramientas para su Interpretación. Revista Chilena de Radiología. 2015; 21(4).
26. Salech F, Mery V, Larrondo F, Rada G. Estudios que evalúan un test diagnóstico: interpretando sus resultados. Revista médica de Chile. 2008 Septiembre; 136(9).
27. Coronado C, Arriagada O, Zavando D, del Sol M, Suazo I. Estimación del volumen orbitario mediante imágenes de TC y el principio de Cavalieri. Revista chilena de radiología. 2010 Mayo; 16(2).
28. Brown P, Maeda T. Post - Pleistocene diachronic change in East Asian facial skeletons: the size, shape and volume of the orbits. Anthropological Science. 2003 Julio; 112(27).
29. Parra EA. Imagenesmedicas.blogspot.cl. [Online].; 2009 [cited 2017 Mayo 10. Available from: <https://imagenes-medicas.blogspot.cl/2009/02/cual-seria-el-pitch.html>.
30. García Cartaya P. Principios técnicos de la tomografía axial computarizada La Habana: bvscuba; 2008.

ANEXOS

Anexo 1.

San Felipe, 09 de Junio de 2017

Sr. Carlos Coros

Profesor Académico Cátedra de Anatomía

Universidad de Valparaíso, Campus San Felipe

Presente

Estimado:

Junto con saludar, mediante el presente quisiéramos solicitar a usted nos facilite el uso de 14 cráneos pertenecientes al laboratorio de anatomía de la Universidad de Valparaíso Campus San Felipe para ser transportados y analizados en el servicio de scanner de LABOCENTER S.A. ubicado en Los Andes, Av. Santa María #777 el día jueves 15 de junio de 2017.

Esto con el fin de ayudar en nuestro proyecto de investigación titulado “Evaluación de la concordancia entre las medidas obtenidas mediante la técnica manual de evaluación morfométrica y volumétrica y las realizadas por tomografía axial computarizada en orbitas oculares de una colección de cráneos de la universidad de Valparaíso”.

Quedamos atentas a sus comentarios y desde ya, agradecemos vuestra gestión.

Atentamente.

María José Contreras Contreras y Paola Vargas Parada

Tecnología Médica V Año

Universidad de Valparaíso

Campus San Felipe

Anexo 2.

San Felipe, 09 de Junio de 2017

Sr. Carlos Coros

Director

Museo Arqueológico de Los Andes

Presente

Estimado:

Junto con saludar, mediante el presente quisiéramos solicitar a usted nos facilite el uso de 6 cráneos pertenecientes a la institución para ser transportados y analizados en el servicio de scanner de LABOCENTER S.A. ubicado en Los Andes, Av. Santa María #777 el día jueves 15 de junio de 2017.

Esto con el fin de ayudar en nuestro proyecto de investigación titulado “Evaluación de la concordancia entre las medidas obtenidas mediante la técnica manual de evaluación morfométrica y volumétrica y las realizadas por tomografía axial computarizada en orbitas oculares de una colección de cráneos de la universidad de Valparaíso”.

Quedamos atentas a sus comentarios y desde ya, agradecemos vuestra gestión.

Atentamente.

María José Contreras Contreras y Paola Vargas Parada
Tecnología Médica V Año
Universidad de Valparaíso
Campus San Felipe

Anexo 3.

CRÁNEO		HITO 1-4 (cm)	HITO 3-6 (cm)	PROFUNDIDAD (cm)	CD
CC – N°1 MUSEO	Órbita derecha	3,69	3,97	4,34	3
	Órbita izquierda	3,75	3,92	4,36	3
CC – N°2 MUSEO	Órbita derecha	3,19	3,83	3,99	3
	Órbita izquierda	3,23	3,83	4,09	3
CC – N°3 MUSEO	Órbita derecha	3,46	3,96	3,57	4
	Órbita izquierda	3,46	3,90	3,66	4
CC – N°4A MUSEO	Órbita derecha	3,49	3,74	4,26	3
	Órbita izquierda	3,52	3,81	4,25	3
CC – N°4B MUSEO	Órbita derecha	3,72	3,79	4,09	4
	Órbita izquierda	3,76	3,82	4,10	4
CC – N°6 MUSEO	Órbita derecha	-	-	-	1
	Órbita izquierda	3,43	3,92	3,96	1

CRÁNEO		HITO 1-4 (cm)	HITO 3-6 (cm)	PROFUNDIDAD (cm)	CD
N°1	Órbita derecha	3,22	3,98	3,88	6
	Órbita izquierda	3,24	3,87	3,79	6
N°2	Órbita derecha	3,71	4,22	3,90	7
	Órbita izquierda	3,76	4,17	3,91	7
N°3	Órbita derecha	3,75	4,19	4,12	5
	Órbita izquierda	3,74	4,16	4,04	5
N°4	Órbita derecha	3,52	3,92	4,09	5
	Órbita izquierda	3,49	3,87	4,12	5
N°5	Órbita derecha	3,89	3,67	3,93	5
	Órbita izquierda	3,79	3,69	3,88	5
N°6	Órbita derecha	3,68	4,10	4,19	7
	Órbita izquierda	-	-	-	7

CRÁNEO		HITO 1-4 (cm)	HITO 3-6 (cm)	PROFUNDIDAD (cm)	CD
N°7	Órbita derecha	-	-	-	6
	Órbita izquierda	3,72	3,98	3,91	6
N°8	Órbita derecha	3,45	3,82	4,27	7
	Órbita izquierda	3,25	3,80	4,29	7
N°9	Órbita derecha	-	-	-	6
	Órbita izquierda	3,81	3,78	3,92	6
N°10	Órbita derecha	3,81	3,71	4,28	1
	Órbita izquierda	-	-	-	1
N°11	Órbita derecha	3,65	3,99	4,15	1
	Órbita izquierda	3,69	4,01	4,12	1
N°12	Órbita derecha	4,10	4,46	3,94	2
	Órbita izquierda	4,17	4,40	3,91	2

CRÁNEO		HITO 1-4 (cm)	HITO 3-6 (cm)	PROFUNDIDAD (cm)	CD
N°13	Órbita derecha	4,36	4,59	4,15	2
	Órbita izquierda	4,25	4,37	4,18	2
N°14	Órbita derecha	3,55	3,95	4,10	2
	Órbita izquierda	3,52	4,01	4,02	2

Anexo 4.

CRÁNEO		VOLUMEN POR TC (cm^3)	VOLUMEN POR TECNICA MANUAL (cm^3)	DIFERENCIA (cm^3)
CC – N°1 MUSEO	Órbita derecha	21,192654	19,30064	1,89
	Órbita izquierda	21,364	19,20758	2,16
CC – N°2 MUSEO	Órbita derecha	16,249541	15,44037	0,81
	Órbita izquierda	16,8656603	15,49239	1,37
CC – N°3 MUSEO	Órbita derecha	16,304904	15,28975	1,02
	Órbita izquierda	16,46268	15,39856	1,06

CRÁNEO		VOLUMEN POR TC (<i>cm</i>³)	VOLUMEN POR TECNICA MANUAL (<i>cm</i>³)	DIFERENCIA (<i>cm</i>³)
CC – N°4 MUSEO	Órbita derecha	18,534692	17,36022	1,17
	Órbita izquierda	18,9992	18,41512	0,58
CC – N°5 MUSEO	Órbita derecha	19,221364	17,57069	1,65
	Órbita izquierda	19,6297066	17,08032	2,55
CC – N°6 MUSEO	Órbita derecha	-	-	-
	Órbita izquierda	17,748192	15,56457	2,18
N°1	Órbita derecha	16,57484266	18,77688	-2,20
	Órbita izquierda	15,840684	16,00679	-0,17
N°2	Órbita derecha	20,35306	19,95279	0,40
	Órbita izquierda	20,435224	19,48816	0,95
N°3	Órbita derecha	21,5785	16,45846	5,12
	Órbita izquierda	20,95197867	15,37089	5,58

CRÁNEO		VOLUMEN POR TC (<i>cm</i> ³)	VOLUMEN POR TECNICA MANUAL (<i>cm</i> ³)	DIFERENCIA (<i>cm</i> ³)
N°4	Órbita derecha	18,81181867	16,45936	2,35
	Órbita izquierda	18,548652	16,48015	2,07
N°5	Órbita derecha	18,701953	16,12356	2,58
	Órbita izquierda	18,087396	17,31315	0,77
N°6	Órbita derecha	21,07290666	16,91598	4,16
	Órbita izquierda	-	-	-
N°7	Órbita derecha	-	-	-
	Órbita izquierda	19,296632	15,60966	3,69
N°8	Órbita derecha	18,75811	16,96818	1,79
	Órbita izquierda	17,6605	15,47952	2,18
N°9	Órbita derecha	-	-	-
	Órbita izquierda	18,818352	15,80469	3,01

CRÁNEO		VOLUMEN POR TC (<i>cm</i>³)	VOLUMEN POR TECNICA MANUAL (<i>cm</i>³)	DIFERENCIA (<i>cm</i>³)
N°10	Órbita derecha	20,166076	16,51421	3,65
	Órbita izquierda	-	-	-
N°11	Órbita derecha	20,146175	16,55404	3,59
	Órbita izquierda	20,155864	16,66159	3,49
N°12	Órbita derecha	24,01561333	20,03235	3,98
	Órbita izquierda	23,91356	20,79371	3,12
N°13	Órbita derecha	27,68382	21,45846	6,23
	Órbita izquierda	25,87768333	19,87089	6,01
N°14	Órbita derecha	19,16408333	16,85883	2,31
	Órbita izquierda	18,914368	16,89015	2,02

Anexo 5.*DIFERENCIA*

Media	2,078444664
Error típico	0,291350188
Mediana	2,04636
Moda	0
Desviación estándar	1,842660381
Varianza de la muestra	3,395397281
Curtosis	0,136769626
Coefficiente de asimetría	0,360919019
Rango	8,42739734
Mínimo	-2,20203734
Máximo	6,22536
Suma	83,13778654
Cuenta	40

Anexo 6.**Prueba t para medias de dos muestras emparejadas**

	VOLUMEN POR TC	VOLUMEN POR TECNICA MANUAL
Media	19,6600128	17,2846474
Varianza	6,96761175	3,04265898
Observaciones	35	35
Coefficiente de correlación de Pearson	0,74294796	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	34	
Estadístico t	7,89450946	
P(T <=t) una cola	1,7056E-09	
Valor crítico de t (una cola)	1,69092426	
P(T <=t) dos colas	3,4111E-09	
Valor crítico de t (dos colas)	2,03224451	

Anexo 7.**Correlaciones**

		VOLUMEN POR TC	VOLUMEN POR TECNICA MANUAL
VOLUMEN POR TC	Correlación de Pearson	1	,727**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	35	35
VOLUMEN POR TECNICA MANUAL	Correlación de Pearson	,727**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	35	35

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Anexo 8.

Cráneo		IO por TC	Clasificación según TC	IO por Técnica manual	Clasificación según Técnica manual
CC – N°1 MUSEO	Órbita derecha	92,94710327455	HIPSICONQUIO	90,31	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	95,66326530612	HIPSICONQUIO	90,987	HIPSICONQUIO
CC – N°2 MUSEO	Órbita derecha	83,28981723237	MESOCONQUIO	81,349	CAMECONQUIO
	Órbita izquierda	84,33420365535	MESOCONQUIO	83,742	MESOCONQUIO
CC – N°3 MUSEO	Órbita derecha	87,373737373	MESOCONQUIO	90,655	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	88,71794871794	MESOCONQUIO	92,199	HIPSICONQUIO
CC – N°4 MUSEO	Órbita derecha	93,31550802139	HIPSICONQUIO	90,771	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	92,38845144356	HIPSICONQUIO	90,058	HIPSICONQUIO
CC – N°5 MUSEO	Órbita derecha	98,15303430079	HIPSICONQUIO	98,460	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	98,42931937172	HIPSICONQUIO	97,998	HIPSICONQUIO
CC – N°6 MUSEO	Órbita derecha	-	-	-	-
	Órbita izquierda	87,5	MESOCONQUIO	88,657	MESOCONQUIO
N°1	Órbita derecha	80,904522613065	CAMECONQUIO	79,363	CAMECONQUIO
	Órbita izquierda	83,72093023255	MESOCONQUIO	82,892	CAMECONQUIO

Cráneo		IO por TC	Clasificación según TC	IO por Técnica manual	Clasificación según Técnica manual
N°2	Órbita derecha	87,91469194312	MESOCONQUIO	85,214	MESOCONQUIO
	Órbita izquierda	90,16786570743	HIPSICONQUIO	87,068	MESOCONQUIO
N°3	Órbita derecha	89,49880668257	HIPSICONQUIO	90,144	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	89,90384615384	HIPSICONQUIO	90,009	HIPSICONQUIO
N°4	Órbita derecha	89,79591836734	HIPSICONQUIO	90,473	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	90,18087855297	HIPSICONQUIO	93,458	HIPSICONQUIO
N°5	Órbita derecha	105,99455040871	HIPSICONQUIO	103,851	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	102,71002710027	HIPSICONQUIO	102,826	HIPSICONQUIO
N°6	Órbita derecha	89,75609756097	HIPSICONQUIO	90,260	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	-	-	-	-
N°7	Órbita derecha	-	-	-	-
	Órbita izquierda	93,46733668341	HIPSICONQUIO	93,839	HIPSICONQUIO
N°8	Órbita derecha	90,31413612565	HIPSICONQUIO	89,212	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	85,52631578947	MESOCONQUIO	84,045	MESOCONQUIO
N°9	Órbita derecha	-	-	-	-
	Órbita izquierda	102,69541778975	HIPSICONQUIO	100,15	HIPSICONQUIO

Cráneo		IO por TC	Clasificación según TC	IO por Técnica manual	Clasificación según Técnica manual
N°10	Órbita derecha	102,69541778975	HIPSICONQUIO	102,1771	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	-	-	-	-
N°11	Órbita derecha	91,47869674185	HIPSICONQUIO	91,113	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	92,01995012468	HIPSICONQUIO	92,703	HIPSICONQUIO
N°12	Órbita derecha	91,92825112107	HIPSICONQUIO	90,861	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	94,77272727272	HIPSICONQUIO	92,408	HIPSICONQUIO
N°13	Órbita derecha	94,98910675381	HIPSICONQUIO	92,778	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	97,25400457665	HIPSICONQUIO	98,062	HIPSICONQUIO
N°14	Órbita derecha	89,87341772151	HIPSICONQUIO	9,125	HIPSICONQUIO
	Órbita izquierda	87,78054862842	MESOCONQUIO	89,045	HIPSICONQUIO

Anexo 9.

Estadísticos de grupo

SEXO		N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
VOLUMEN POR TC	F	15	18,67	1,234	,319
	M	18	20,67	3,290	,775

Prueba de muestras independientes

		Igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	Para la diferencia	
									Inferior	Superior
VOLUMEN POR TC	Se han asumido varianzas iguales	7,143	0,12	-2,223	31	,034	-2,000	,900	-3,835	-,165
	No se han asumido varianzas iguales			-2,386	22,451	,026	-2,000	,838	-3,737	-,263

Anexo 10.

Estadísticos de grupo

TIEMPO		N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
VOLUMEN POR TC	M	11	18,36	1,912	,576
	UV	24	20,29	2,774	,566

Prueba de muestras independientes

		Igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	Para la diferencia	
									Inferior	Superior
VOLUMEN POR TC	Se han asumido varianzas iguales	,430	,517	-2,082	33	0,45	-1,928	,926	-3,812	-,044
	No se han asumido varianzas iguales			-2,386	27,483	0,24	-1,928	,808	-3,584	-,272

Anexo 11.**Estadísticos de grupo**

SEXO		N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
VOLUMEN POR TECNICA MANUAL	F	15	16,40	,910	,235
	M	18	17,94	2,100	,495

Prueba de muestras independientes

		Igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	Para la diferencia	
									Inferior	Superior
VOLUMEN POR TECNICA MANUAL	Se han asumido varianzas iguales	17,300	,000	-2,644	31	,013	-1,544	,584	-2,736	-,353
	No se han asumido varianzas iguales			-2,819	24,048	,009	-1,544	,584	-2,675	-,414

Anexo 12.**Estadísticos de grupo**

TIEMPO		N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
VOLUMEN POR TECNICA MANUAL	M	11	16,73	1,618	,488
	UV	24	17,42	1,840	,376

Prueba de muestras independientes

		Igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	GI	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	Para la diferencia	
									Inferior	Superior
VOLUMEN POR TECNICA MANUAL	Se han asumido varianzas iguales	,124	,728	-1,066	33	,294	-,689	,646	-2,005	,626
	No se han asumido varianzas iguales			-1,120	22,001	,275	-,689	,616	-1,966	,587

Anexo 13.

Carta Gantt

Actividad 2017	Abril			Mayo				Junio			Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			Diciembre			Enero										
	3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22
Elaboración de propuesta																																											
Presentación de propuesta a comisión																																											
Mejoras Propuesta y Reunión Profesora Zepeda																																											
Marco Teórico																																											
Recolección de datos																																											
Análisis Estadístico																																											
Resultados																																											
Discusión y Conclusiones																																											
Bibliografía																																											
Revisión																																											
Presentación Seminario de Grado																																											