

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA
COLEGIO ODONTOLÓGICO COLOMBIANO
AREA DE EDUCACION AVANZADA Y CONTINUADA
POSTGRADO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR**



**LINEA INVESTIGATIVA ANTROPOMETRÍA Y CRANEOMETRÍA
TEMA: DISEÑO DE UN MÉTODO CEFALOMÉTRICO TRIDIMENSIONAL
MANDIBULAR A PARTIR DE UNA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA
VOLUMÉTRICA DE RAYO DE CONO ÚNICO**

AUTORES

ARGOTTE ARCINIEGAS ERIKA R. (od)
BORBELY MARCO PATRICK L. (od)
FERNANDEZ BALAGUERA NYDIA C. (od)
PEDRAZA PEÑA ROLANDO. (od)
REYES DELGADO JEANSY M. (od)

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA
COLEGIO ODONTOLÓGICO COLOMBIANO
AREA DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA
POSTGRADO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR
BOGOTA 2009**

**DISEÑO DE UN MÉTODO CEFALOMÉTRICO TRIDIMENSIONAL
MANDIBULAR A PARTIR DE UNA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA
VOLUMÉTRICA DE RAYO DE CONO ÚNICO**

AUTORES

ARGOTTE ARCINIEGAS ERIKA R. (od)
BORBELY MARCO PATRICK L. (od)
FERNANDEZ BALAGUERA NYDIA C. (od)
PEDRAZA PEÑA ROLANDO. (od)
REYES DELGADO JEANSY M. (od)

DIRECTOR CIENTÍFICO:

DR. EDUARDO RODRÍGUEZ ATAÍDE
Od. Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar

DIRECTOR METODOLÓGICO:

DRA. PIEDAD MALAVER CALDERÓN.
Ms. BIOLOGIA

ASESOR ESTADÍSTICA:

DRA. CLARA LÓPEZ DE MESA

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA
COLEGIO ODONTOLÓGICO COLOMBIANO
AREA DE EDUCACION AVANZADA Y CONTINUADA
POSTGRADO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR
BOGOTA 2009**

TABLA DE CONTENIDO

	PÁGINA
I ASPECTOS TEÓRICOS CIENTÍFICOS	3
1.1 PROBLEMA	3
1.2 FORMULACIÓN	5
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 PROPOSITO	7
1.5 MARCO TEÓRICO	8
1.6 OBJETIVOS	15
1.6.1 Objetivo General	15
1.6.2 Objetivos Específicos	15
II ASPECTOS METODOLÓGICOS	16
2.1 TIPO DE ESTUDIO	16
2.2 UNIDAD DE ESTUDIO	16
2.3 OBJETO DE ESTUDIO	16
2.4 MUESTREO	16
2.5 MUESTRA	16
2.6 VARIABLES DE INTERÉS	16
2.7 PROCEDIMIENTO	20
2.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	24
2.9 IMPLICACIONES ÉTICAS	24
III RESULTADOS	25
IV DISCUSIÓN	31
V CONCLUSIONES	33
VI RECOMENDACIONES	35
VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

ANEXO 1:

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

ANEXO 2:

CONSENTIMIENTO INFORMADO AL COMITÉ DE
ETICA.

ANEXO 3:

IMÁGENES DE LAS REGIONES OSEAS DERECHAS E
IZQUIERDAS.

ANEXO 4:

IMÁGENES DEL MODELO ESTEREOLITOGRAFICO
MANDIBULAR.

I. ASPECTOS TEÓRICOS CIENTÍFICOS

1.1 PROBLEMA:

El éxito del tratamiento en ortodoncia se basa en una minuciosa planificación y diagnóstico del mismo. La exploración inicial del paciente, el estudio de sus expectativas, la historia clínica son herramientas básicas para la correcta planeación del tratamiento.

El método indispensable consiste en la aplicación de las técnicas radiográficas para obtener una completa integración del protocolo diagnóstico.

Desde las primeras técnicas de radiodiagnóstico utilizadas en odontoestomatología, siempre se ha partido de éstas, como los métodos indispensable para cualquier intervención en la cavidad oral, y a su vez se logra solucionar numerosas complicaciones que no podían ser previstas anteriormente.

Una de la herramientas usadas en ortodoncia y ortopedia maxilar como apoyo, es la radiografía cefálica lateral sobre la cual se realizan las mediciones dependiendo del análisis para obtener una cefalometría, cuyo propósito, es interpretar la expresión geométrica de la anatomía craneana, que describe la morfología, biotipo, tipo de crecimiento, posición dental dentro de sus bases óseas, la inclinación craneal y oclusal, así mismo ayuda a diagnosticar anomalías, predecir relaciones futuras, planificar el tratamiento, o evaluar sus resultados.¹

Las imágenes bidimensionales usadas actualmente como método diagnóstico presentan desventajas importantes, (existencia de distorsión y superposición de estructuras anatómicas) por lo cual se hizo necesario desarrollar técnicas más precisas para el estudio tridimensional de la boca y maxilares.²

La tomografía computarizada volumétrica de rayo de cono ha permitido usar las imágenes craneofaciales con menores márgenes de distorsión. Este

método de diagnóstico obtiene una copia tridimensional de las estructuras craneales en un formato digital volumétrico, que puede ser utilizado para evaluar la anatomía craneal, facial y dental con una mínima exposición a la radiación.

Teniendo en cuenta los grandes avances de la imagenología, hoy en día podemos obtener una ubicación y medición más confiable de los puntos anatómicos en estas estructuras óseas, a comparación de los métodos radiográficos tradicionales, lo cual contribuye a un mejor diagnóstico y planificación del tratamiento de los pacientes que van a ser sometidos a ortodoncia y cirugía ortognática.

La larga espera de la incorporación de la tercera dimensión a nuestros records radiográficos es ahora una realidad. El futuro en imágenes tridimensionales ortodónticas promete ser la ayuda diagnóstica de rutina para todos los profesionales de la especialidad.

El paso más importante en la era de la imagenología es precisamente entender que la incorporación de estas nuevas herramientas diagnósticas nos llevan a pensar y analizar más allá de lo que normalmente estamos acostumbrados a observar, el simple hecho de obtener una imagen tridimensional que antes no teníamos, nos abre la mente en busca de nuevas formas de análisis que incorporen las tres dimensiones del espacio.

Con la tecnología CBCT todas las proyecciones radiográficas pueden ser obtenidas en menos de un minuto, logrando mayor calidad que las imágenes radiográficas bidimensionales y con base en un sola toma.³ Dentro de las aplicaciones clínicas de interés ortodóntico se encuentra la valoración de dientes impactados, localización del nervio dentario inferior, piso de seno maxilar, evaluación pre quirúrgica para implantes, evaluación de senos paranasales, visualización de lesiones odontogénicas, evaluación de traumas, visualización de ATM, comparación de estructuras óseas contra laterales para diagnóstico de asimetrías, fabricación de guías quirúrgicas y evaluación quirúrgica craneofacial.³⁻⁵

La incorporación de un análisis tridimensional a partir de la tomografía computarizada permitirá ubicar puntos y planos anatómicos exactos en la estructura ósea mandibular, para luego determinar su área y volumen específicos dentro del complejo craneofacial, para de esta forma comparar regiones de la estructura hemimandibular de un lado con respecto al otro. También, utilizando una tecnología compatible se obtienen réplicas de las estructuras anatómicas llamadas modelos estereolitográficos.

Existe muy poca información y estudios con respecto a este tipo de análisis tridimensional; no se dispone de criterios claros para el manejo de estas imágenes y a pesar de contar con los últimos avances tecnológicos en imagenología, observamos que la utilización de este tipo de imágenes en 3era dimensión en la mayoría de los análisis tridimensionales se siguen midiendo de forma lineal y angular; es decir de la misma forma bidimensional que siempre lo hemos hecho, tenemos la tecnología pero seguimos pensando y midiendo en 2D.

1.2 FORMULACIÓN

¿Cuáles son los puntos anatómicos y planos de referencia de la mandíbula en una imagen tomográfica, que nos permita obtener un sistema de medición en área y volumen de forma tridimensional?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Las radiografías bidimensionales tradicionales que han sido utilizadas desde hace décadas como herramientas fundamentales para establecer diagnósticos y planes de tratamiento en ortodoncia, ortopedia, cirugía maxilofacial y otras especialidades de la medicina, son ayudas diagnósticas que evalúan estructuras óseas tridimensionales con el inconveniente de ser analizadas de forma bidimensional. A pesar de que han sido las herramientas más confiables del siglo XX, en la actualidad con la incorporación de la tecnología computarizada en el área de la medicina se

han desarrollado nuevas formas y medios diagnósticos como la tomografía computarizada de rayo de cono único CBCT muy utilizada en la Odontología, que permite obtener registros tridimensionales de objetos tridimensionales.⁶ El paso más importante en la era de la imagenología es precisamente entender que la incorporación de estas nuevas herramientas diagnósticas nos llevan a pensar y analizar más allá de lo que normalmente estamos acostumbrados a observar, el simple hecho de obtener una imagen tridimensional que antes no teníamos, nos abre la mente en busca de nuevas formas de análisis que incorporen las tres dimensiones del espacio. Esta nueva forma de pensar y analizar conlleva a replantear y reevaluar los métodos que hemos utilizados tradicionalmente y nos brinda una herramienta más exacta para ser utilizada en la comprobación de distintas hipótesis en diversos proyectos de investigaciones

A través de este estudio proponemos un método alternativo para el diagnóstico y planificación de tratamiento ortodóntico y quirúrgico teniendo en cuenta las desventajas y limitaciones que presentan las radiografías bidimensionales. Brindamos elementos útiles, confiables y novedosos para facilitar el diagnóstico en el caso de asimetrías faciales. Utilizando puntos y planos anatómicos de referencia sobre la estructura ósea mandibular, analizando su área superficial y volumen espacial dentro del complejo craneofacial.

Es por esto que con la realización del presente estudio buscamos la incorporación de nuevas formas de análisis de la anatomía ósea craneofacial, tomando en cuenta las tres dimensiones del espacio y así brindar la posibilidad de obtener diagnósticos mas precisos.

Igualmente servirá de base para próximas investigaciones en las cuales se puedan incorporar análisis precisos de la anatomía ósea y obtener datos exactos como áreas superficiales y volúmenes de una forma tridimensional. Podrá ser utilizado en áreas como la medicina específicamente en traumatología para elaboración de piezas o injertos óseos a partir de un

modelado tridimensional de la región ósea faltante. Crecimiento y desarrollo; para determinar el rango de crecimiento porcentual a nivel óseo durante los estadios de crecimiento y desarrollo evaluando la cantidad de incremento en volumen y áreas de superficie ósea, en la ortopedia maxilar, para determinar los cambios en volumen óseo después de un tratamiento ortopédico que busque influenciar centros de crecimiento, en la cirugía oral y maxilofacial; para el diagnóstico preciso de asimetrías óseas expresado en rangos de volúmenes y áreas superficiales, para la reconstrucción de estructuras óseas exactas a través de modelados tridimensionales. Patología bucal para el análisis de tumores y patologías óseas determinando el grado de pérdida de estructura dentro del complejo maxilo-mandibular. En implantología para evaluar la estructura ósea en escalas de volúmenes y superficies previos a la colocación de implantes. En antropometría y craneometría estudios de la anatomía craneofacial expresados en áreas superficiales.

Existe muy poca información y estudios con respecto a este tipo de análisis tridimensional, no hay elementos claros de diagnóstico para el manejo de estas imágenes y a pesar de contar con los últimos avances tecnológicos en imagenología se sigue pensando y midiendo de forma bidimensional en estructuras tridimensionales.

1.4 PROPOSITO

Establecer un sistema de medición tridimensional para comparar las hemiarcadas mandibulares, a partir de una imagen tomográfica computarizada volumétrica de rayo de cono único, proporcionando una herramienta confiable para el diagnóstico de asimetrías estructurales.

1.5 MARCO TEÓRICO

La antropometría descriptiva del ser humano, ha sido definida como la ciencia que se ocupa de observar y medir al hombre, su esqueleto y otros órganos, mediante medios fiables y con objetivos científicos. Para realizar las

mediciones, se sirve de unos puntos de referencia desde los que se miden distancias, ángulos o proporciones somáticas. La antropometría ha estado siempre interesada en las mediciones craneales, faciales y dentales.

Camper al final del siglo XVIII, fue el primer antropólogo que empleó mediciones angulares para determinar las dimensiones faciales.⁷

W. K. Röntgen en 1895 descubrió los Rayos X los cuales fueron definidos como ondas electromagnéticas con una longitud de onda menor de 10 Angstroms y una frecuencia inferior a $3 \cdot 10^{16}$ con la capacidad de atravesar la materia, transmitiendo parte de esa energía ionizando átomos perdiendo parte de su energía. Gracias a esa atenuación energética de la fuente de radiación, pueden obtenerse imágenes del cuerpo atravesado.⁸

Hellman a principio de los años 30 constituyó el antecedente mas próximo y directo de la cefalometría actual, incorporó los métodos antropométricos a la ortodoncia sirviendo de base para la iniciación de la craneometría radiográfica específicamente orientada a fines ortodónticos.⁹

La imagen que se obtiene es registrada en la radiografía, la cual es una representación bidimensional de un objeto tridimensional. Para ello se debe reconstruir y estudiar una imagen tridimensional exacta de las estructuras anatómicas bajo estudio, a partir de una o más de esas imágenes bidimensionales (radiografías) para así darle la utilidad a una radiografía.

Los principios geométricos de la proyección describen el efecto del tamaño del punto focal y de su posición en relación con el objeto y la película los cuales influyen sobre la calidad de la imagen resultante.¹⁰

La gran panacea de estas imágenes es obtenerlas de forma optima, es decir una imagen clara, nítida bien definida con buena resolución, pero cuando los rayos X emanan de un punto focal en el anticátodo de un tubo de rayos X, se originan desde todos los puntos del anticátodo real y se irradian en todas direcciones. Algunos rayos de cada una de esas fuentes puntiformes tocarán de forma tangencial los bordes. Puesto que tales rayos se originan desde puntos diferentes y viajan en línea recta, sus proyecciones en la película no

corresponderán exactamente al mismo punto. Como resultado, la imagen del borde no es nítida y definida, sino amplia y borrosa. La zona amplia y borrosa se conoce como penumbra. La borrosidad causa una pérdida de claridad de la imagen, al reducir la nitidez y la resolución. Existen tres métodos para minimizar los efectos perjudiciales y mejorar la calidad de las radiografías.¹⁰

Una de las ayudas radiográficas mas usadas por décadas en la especialidad ortodoncia es la proyección lateral del cráneo o radiografía de perfil. Los ortodoncistas la usan para evaluar el crecimiento facial, y en cirugía oral y odontología protésica proporciona registros antes y después del tratamiento ¹⁰, sobre ella se realiza un calco cefalométrico o cefalometría que fue definida por en 1998 por Moyers como una técnica radiográfica para obtener una imagen de la cabeza humana en un esquema geométrico medible.¹

Además se usa para observar alteraciones en el cráneo y los huesos faciales en busca de datos de traumatismo, enfermedad o anomalías del desarrollo. Esta proyección revela los tejidos blandos nasofaríngeos, los senos paranasales y el paladar duro y otras estructuras anatómicas inherentes a caray cuello. Antes y después del tratamiento.¹⁰

Pero se ha observado a través del tiempo que presenta algunas desventajas como lo son errores de proyección, distorsión e identificación de puntos.¹¹

Los errores de proyección son causados por la representación en imágenes bidimensionales de un objeto tridimensional. Los rayos X de cono único no son paralelos y se originan desde una fuente dando como resultado que la radiografía tenga elongaciones producidas por las distancias entre los focos, el objeto y la película.^{12,13}

La mala alineación del cefalostato y la rotación de la cabeza del paciente en el cefalostato en cualquier plano también induce a errores de proyección.^{14,15}

La distorsión que consiste en aumento del tamaño de la imagen en la película, son causa de la divergencia de los fotones del haz de rayos X, la distorsión del tamaño de la imagen también va depender de distancia entre

el punto focal , la película y el objeto-película. Para ello, con el fin de minimizar la distorsión de la forma es aconsejable alinear con cuidado el tubo, el objeto y la película³

La tecnología avanza y busca nuevas herramientas par la solución de los problemas que presenta las imágenes de rayos X y aparece en 1967 la tomografía computarizada, desarrollada por el Dr. Godfrey Hounsfield la cual desde ese momento también ha sufrido cambios y ha evolucionado de 5 generaciones.¹⁶

La primera fue una generación de scanner donde las imagen eran obtenidas por cortes por consistía e una fuente de radiación y un detector simple.

La segunda generación se incorporó los scan con la desventaja de que estos detectores no fueron continuos, ni abarcan el del objeto completo.

La tercera generación aparecen el data por el avance en la tecnología y estos detectores largos redujeron la necesidad de que el rayo de luz se trasladara alrededor del objeto para ser medidos y fueron mejor conocidos como los "fan-beam" CTs.

En la cuarta generación se desarrollo una fuente de radiación móvil y un detector de anillado. Esto significa que las modificaciones a los ángulos de la fuente de radiación tenían que ser tomadas en cuenta y fue visto más esparcimiento de la radiación.

Finalmente, los scanner de quinta y sexta generación se introducen con el fin de reducir los artefactos de movimiento y esparcimiento. Como con las dos generaciones previas, el detector es inmóvil y el rayo de electrón es electrónicamente barrido por una franja tungsteno ánodo. La radiación es producida en el punto donde el rayo de electrón golpea el ánodo y resulta en una fuente de rayos-x que rota alrededor del paciente con componentes de no translación o partes movibles. La proyección de los rayos-x es tan rápida que incluso los latidos del corazón de una persona pueden ser capturados. Estos han llevado a algunos clínicos a aclamarlo como un aparato de 4d capturador de movimiento.¹⁶

TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA DE RAYO ÚNICO DE CONO (CBCT)

Las tomografías computarizadas de rayo de cono único son diseñadas para antagonizar algunas de las limitaciones de los aparatos convencionales CT. El objeto a ser evaluado es capturado con la caída de las fuentes de radiación en el detector bidimensional. Esta simple diferencia permite una rotación individual de la fuente de radiación para capturar toda la región de interés, comparado con los aparatos CT convencionales donde múltiples pedazos son amontonados para obtener una imagen completa. El rayo de luz también produce un rayo más enfocado y considerablemente menos dispersión de la radiación comparado con los aparatos CT convencionales en forma de abanico. Esto aumenta significativamente la utilización de rayos-x y reduce la capacidad de los tubos de rayos-x requeridos para el escaneo volumétrico. Se ha reportado que el total de radiación es de aproximadamente un 20% del CTs convencional y equivalente a una exposición radiográfica periapical de toda la boca.^{17,18}

La innovación de estos componentes es significativa y permiten que el CBCT sea menos costoso y pequeño. Además, la cámara de exposición es hecha a la medida y reduce la cantidad de radiación. Las imágenes son comparativas a las CTs convencional y pueden ser mostradas como una vista total de la cabeza, como la vista del cráneo o componentes regionales.

Diferentes sistemas de CBCT

Hay actualmente cuatro sistemas principales proveedores en el mercado mundial:

- NewTom 3G (Quantitative radiology, Verona, Italy).

- I-CAT (imaging sciences International, Hatfield, USA)

- CB MercuRay (Hitachi Medical Corporation, Tokyo, Japan).

- 3D Accuitomo (J Morita Mfg Corp, Kyoto, Japan).

I-CAT

El sistema i-CAT de Cone beam tridimensional de imagen es desarrollado por Imaging Sciences International (Imaging Sciences, Hatfield, USA) La

imagen tridimensional es capturada con el paciente sentado derecho como en cualquier maquina estándar OPT y el tiempo de scan varia de 20 a 40 segundos.

En los prototipos iniciales, solo la región maxilo-mandibular podía ser reflejada, pero con los nuevos mejoramientos y modificaciones, los creadores ahora aseguran que un campo de vista de 20 x 25 cm puede ser obtenido. Esto es suficiente para capturar una imagen facial estándar equivalente al encefalograma tridimensional lateral.¹⁷⁻¹⁹

Los creadores aseguran que el novedoso detector panel plano de silicón amorfo no distorsiona la imagen, y da una 12-bit escala de grises y una resolución de pixeles de 0.125mm. El panel plano proporciona un buen contraste y una larga vida del panel, de esa manera hace mejores imágenes clínicas mientras que tiene buenos costos.

Una crítica temprana del sistema fue la distorsión de los tejidos faciales producidos por el descanso de la quijada cuando el paciente fue posicionado en el aparato. Este feedback le ha permitido a la compañía mejorar la posición del paciente en el aparato y no muchos problemas surgieron en las últimas versiones del sistema.

Dentro de las aplicaciones clínicas de interés ortodóntico con la tecnología CBCT todas las radiografías posibles pueden ser tomadas en menos de 1 minuto. Los ortodoncistas ahora tienen la calidad de diagnostico de radiografías periapicales, panorámicas, encefalogramas y oclusales y series de TMJ a su disposición, junto con vistas que no pueden ser producidas por maquinas de radiografías convencionales como vistas axiales, y encefalogramas separados por los lados derechos e izquierdos. Un número de aplicaciones clínicas han sido reportadas en la literatura.¹⁶

Aunque la tecnología cone beam está disponible para proporcionar imágenes volumétricas tridimensionales con menos de 4 veces radiación que una maquina CT convencional, el resultado efectivo de la radiación depende de las configuraciones usadas (kVp y mA). El uso de mas inferior y/o colimación

son una de las formas de reducir la cantidad de radiación que el paciente recibe, pero al mismo tiempo puede producir una imagen con baja calidad que al usar configuraciones superiores. Los dosis de exposición efectiva del paciente desde una maquina CBCT ha sido reportada de ser tan baja 45 uSv como alta 650 uSv. Como referencia, la exposición publicada para una serie análoga de boca ha sido reportada como 150 uSv; para una radiografía panorámica análoga como 4 uSv y una vuelta desde París hasta Tokyo adiciona 139 uSv de dosis efectiva para cada pasajero.¹⁹

Dentro de las aplicaciones clínicas de interés ortodóntico encontramos valoración de impactaciones, localización de nervio dentario inferior, piso de seno, evaluación prequirúrgica para implantes, evaluación de senos paranasales, visualización de lesiones odontogénicas, evaluación de traumas, visualización de ATM, fabricación de guías quirúrgicas y evaluación quirúrgica Craneofacial.^{20,21}

Gracias a que la tomografía de rayo de cono provee una imagen clara de estructuras de alto contraste, es extremadamente útil para la evaluación ósea^{22,23}

El CBCT es excelente para imágenes de estructuras de tejidos duros y la mayoría de los componentes de los tejidos blandos. Sin embargo, no tiene la habilidad de mapear exactamente la estructura del musculo y sus adyacencias. Estas estructuras intrincadas tendrán que ser reflejadas usando imágenes de resonancias magnéticas convencionales (MRI), la cual no predisponga al paciente a la exposición a la radiación.^{24,25.}

Para la descripción de las medidas a tener en cuenta en la tomografía se tendrá en cuenta:

ÁREA

Área es la extensión o superficie comprendida dentro de una figura (de dos dimensiones), expresada en unidades de medida denominadas superficiales. Para superficies planas el concepto es intuitivo. Cualquier superficie plana de

lados rectos puede triangularse y se puede calcular su área como suma de sus triángulos. ²⁶

EL VOLUMEN.

Es una magnitud definida como el espacio ocupado por un cuerpo, la unidad de medición es expresada en unidades cúbicas.²⁶

PUNTO

El punto, en geometría, es uno de los entes fundamentales, junto con la recta y el plano. Son considerados conceptos primarios, o sea, que sólo es posible describirlos en relación a otros elementos similares. Se suelen describir apoyándose en los postulados característicos, que determinan las relaciones entre los entes geométricos fundamentales.²⁶

El punto es un elemento geométrico adimensional, no es un objeto físico; describe una posición en el espacio, determinada en función de un sistema de coordenadas preestablecido.

LÍNEA

Una línea es una sucesión continua de puntos interminables e infinitos. Cada línea tiene dos sentidos y una dirección.²⁶

PLANO

El plano, en geometría, es el ente ideal que sólo posee dos dimensiones, y contiene infinitos puntos y rectas; es uno de los entes geométricos fundamentales junto con el punto y la recta.²⁶

PUNTOS CEFALOMÉTRICOS: son una referencia topográfica que representa una estructura o zona craneofacial. Se utiliza para localizar y cuantificar dimensiones anatómicas; suelen estar localizadas en las zonas externas de los huesos craneofaciales, en estructuras óseas internas, o por su carácter descriptivo se obtienen por relación geométrica (intersección de planos) o por selección visual.²⁷

PLANO CEFALOMÉTRICO: es una abstracción geométrica, formada por dos o más puntos cefalométricos, que representan una estructura anatómica o una entidad funcional.²⁷

LÍNEA CEFALOMÈTRICA: Es una línea recta formada por la unión de dos puntos cefalométricos, se suele emplear como referencia, sin que represente necesariamente una zona anatómica.²⁷

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General:

Establecer un sistema de medición tridimensional para comparar las dos hemiarcadas mandibulares, a partir de una imagen tomográfica computarizada volumétrica de rayo de cono único.

1.6.2 Objetivos Específicos:

- Determinar planos de corte a partir de puntos de referencia en la estructura ósea mandibular.
- Establecer regiones óseas específicas dentro de la estructura ósea mandibular.
- Determinar áreas superficiales y volúmenes de las regiones óseas mandibulares comparándolas bilateralmente.
- Obtener un modelo estereolitográfico de la estructura ósea mandibular a través de un modelado tridimensional.

II. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 TIPO DE ESTUDIO

-Descriptivo.

2.2 UNIDAD DE ESTUDIO.

-Gold Estándar. Una mandíbula seca

2.3 OBJETO DE ESTUDIO

-Imagen tomográfica computarizada volumétrica de rayo de cono único tomadas en una mandíbula de cráneo seco.

2.4 MUESTREO

-No probabilístico por conveniencia

2.5 MUESTRA

-Imagen tomográfica computarizada volumétrica de rayo de cono único tomada en una mandíbula de cráneo seco único (Cone Beam).

2.6 VARIABLES DE INTERÉS

Se desarrollaron a lo largo de estudio. (Área y Volumen).

Se tomaron: Puntos Anatómicos mandibulares de referencia tanto en la hemimandíbula derecha e izquierda, planos de referencia, y regiones óseas mandibulares derecha e izquierda. (Tabla 1).

PUNTOS ANATÓMICOS MANDIBULARES DE REFERENCIA DER / IZQ	PLANOS DE REFERENCIA	REGIONES ÓSEAS MANDIBULARES DER / IZQ
GONION (GO)	PLANO INTER SPIX (PLIE)	CORONOIDEA (I)
AGUJERO MENTONERO (AM)	PLANO INTER CONDILEOS (PLIC)	CONDILAR (II)
ESCOTADURA SIGMOIDEA (RS)	PLANO INTER APÓFISIS GENI (PLIA)	POSTERIOR TOTAL (III)
CORONOIDES ANTERIOR (CA)	PLANO MEDIO SAGITAL (PLMS)	MEDIA ALVEOLAR (IV)
APÓFISIS GENI (AG)	PLANO BASAL (AM-GO)	MEDIA BASAL (V)
ESPINA DE SPIX (SX)	PLANO SIGMOIDAL (AM-GO/PLSG)	MEDIA TOTAL (VI)
POLO MEDIAL DE CÓNDILO (CM)	PLANO MENTONIANO (PLM)	ANTERIOR ALVEOLAR (VII)
POLO LATERAL DEL CÓNDILO (CL)	PLANO CORONOIDEO (PLC)	ANTERIOR BASAL (VIII)
		ANTERIOR TOTAL (IX)
		HEMIARCADA (X)

TABLA 1.

En la tabla dos se describen las variables, en cuanto a definición, operacionalización, escala de medada, categorización e instrumento

VARIABLE	DEFINICIÓN	OPERACIONALIZACIÓN	ESCALA DE MEDIDA	CATEGORIZACIÓN	INSTRUMENTO
CONDILEON (Co)	Punto más superior y posterior en el cóndilo de la mandíbula		Continua	Cualitativa	Observación Directa
GONION (Go)	Punto cefalométrico y anatómico mas posterior e inferior de la silueta del ángulo mandibular. Representa el ángulo de la mandíbula.		Continua	Cualitativa	Observación Directa
MENTON (Me)	Punto cefalométrico y anatómica situado en el punto más inferior del mentón		Continua	Cualitativa	Observación directa
ESPINA DE SPIX (SPIX)	Punto anatómico, localizado en la porción interna de la rama mandibular posterior a la entrada del agujero del nervio dentario inferior.		Continua	Cualitativa	Observación Directa
AGUJERO MENTONERO (Am)	Estructura anatómica a través de la cual salen las ramas terminales del nervio dentario inferior del cuerpo de la mandíbula, para inervar sensorialmente el labio inferior, tejidos blandos de la mejilla y de la encía. Se ubica generalmente hacia apical, entre el segundo y primer premolar inferior o a nivel apical del segundo premolar inferior.		Continua	Cualitativa	Observación Directa

APÓFISIS GENY	Eminencias ubicadas en la cara posterior y anterior del cuerpo mandibular, que dan inserción a los músculos genioglosos y genihioideos		Continua	Cualitativa	Observación Directa
PLANO DE FRANKORT (Po-Or)	Línea horizontal que une los puntos Orbitario y Porion, es un plano de referencia facial.		Continua	Cualitativa	Observación Directa
PUNTOS ANATOMICOS ESTABLECIDOS POR CONVENIENCIA					
CORONOIDES (Cr)	Punto más superior de la apófisis corónides		Continua	Cualitativa	Observación Directa
SIGMOIDAL	Punto más inferior del contorno de la escotadura sigmoidea		Continua	Cualitativa	Observación Directa
PUNTO Ca	Punto más prominente del borde anterior de la apófisis corónides		Continua	Cualitativa	Observación Directa
POR CONVENIENCIA DEL ESTUDIO SE DEFINIERON LOS SIGUIENTES PLANOS DE REFERENCIA					
PLANO BASAL (Am- Go)	Línea horizontal que une los puntos Gónion y Mentonero. Divide el hueso basal del hueso alveolar	Milímetros	Continua	Cuantitativa	Tomografía
PLANO SIGMOIDAL	Línea paralela al plano basal tangente al punto sigmoidal	Milímetros	Continua	Cuantitativa	Tomografía
PLANO MANDIBULAR Menton (Me) / Gonion (Go)	Línea que une los puntos mentón y Gonion.	Milímetros	Continua	Cuantitativa	Tomografía
PLANO ANTERIOR	Línea perpendicular tangente al plano basal pasando por el punto sínfisis mentoniana	Milímetros	continua	cuantitativa	Tomografía

PLANO MENTONIANO	Línea perpendicular al Plano Basal pasando por el agujero mentonero	Milímetros	Continua	Cuantitativa	Tomografía
PLANO CORONOIDEO	Línea perpendicular al plano basal pasando por el punto Ca	Milímetros	Continua	Cuantitativa	Tomografía
PLANO MANDIBULAR POSTERIOR Condilion (Co) Gonion (Go)	Línea que une los puntos Condileon y Gonion.	Milímetros	Continua	Cuantitativa	Tomografía

Tabla 2

2.7 PROCEDIMIENTO

Se utilizó como modelo de estudio una mandíbula humana seca en la cual se ubicaron puntos anatómicos de referencia definidos en las variables de estudio, y se marcaron con módulos elásticos de ortodoncia rellenos de gutapercha, por ser un material radiopaco y no metálico (Figura 1).



Figura 1: Mandíbula seca con los puntos anatómicos seleccionados marcados con material radiopaco

Se definieron las siguientes variables de estudio: **Puntos anatómicos mandibulares de referencia derechos e izquierdos:** Gonion (Go), agujero mentonero, (Am) escotadura sigmoidea (Rs), Coronoides anterior (Ca); Apófisis Geni (Ag), espina de Spix, (Sx), Polo medial de cóndilo (Cm), Polo lateral del cóndilo (Cl).

Se llevó al consultorio radiológico oral y maxilofacial “Alvaro Delgado Morales” para la toma de la CBCT. Se utilizó un tomógrafo de rayo de cono (i-CAT®) con sensor Flat Panel. El cráneo completo fue posicionado en el tomógrafo, verificando el paralelismo del plano de Frankfort con respecto al piso y ubicando la línea media facial perpendicular al piso (Figura 2).

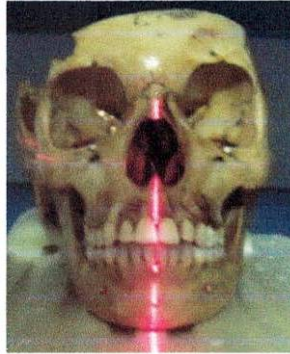


Figura 2: Cráneo seco con mandíbula articulada ubicada en el equipo de tomografía computarizada con líneas de referencia horizontal y sagital.

El I-CAT permitió una captura completa del cráneo con un protocolo de 20 + 20 segundos y resolución de 0.4. Las imágenes obtenidas del modelo, se almacenaron en un archivo DICOM para su posterior edición. (Figura 3).

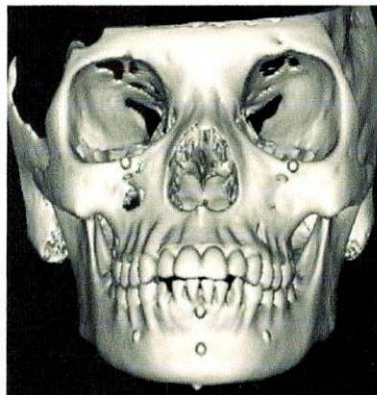


Figura 3. Captura con reconstrucción tridimensional del cráneo seco en archivo DICOM

Las 515 imágenes bidimensionales DICOM obtenidas de la tomografía fueron editadas en el software 3D DOCTOR® 4.0 de las cuales se

seleccionaron 315, correspondientes a la región de interés para este estudio. Fue ajustada una resolución en 0.25 mm para el voxel en las dimensiones X, Y, Z, llevando a un modelado de la superficie tridimensional.

El archivo de la superficie generada, se convirtió a un formato compatible para el software AUTOCAD® versión 2010, donde se realizó la ubicación digital de los puntos definidos como variables, estableciendo las coordenadas X, Y, Z para cada uno, obteniendo los parámetros necesarios para los planos de referencia.

Planos de referencia bidimensionales: Plano Inter Espix (Plie), Plano inter Condileos (Plic), Plano inter apófisis geni, (Plia). Plano Basal (Am-Go), Plano Sigmoidal (Plsg), Plano Mentoniano, (Plm), Plano Coronoideo (Plc). **Plano de referencia tridimensional:** Plano medio sagital (Pms), que corresponde a la unión de los puntos medios de los planos (Plie), (Plic), (Plia). **Regiones óseas mandibulares derechas e izquierdas:** Región (I) Coronoidea, Región (II) Condilar, Región (III) posterior total. Región (IV) media alveolar, Región (V) media basal, Región (VI) media total, Región (VII) Anterior alveolar, Región (VIII) Anterior Basal, Región (IX) Anterior total, Región (X) hemiarcada, Región (XI) Cuerpo Completo.

Este proceso fue llevado a cabo por un grupo de seis observadores, conformado por cinco residentes del postgrado de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar del Colegio Odontológico Colombiano y un operador de software. Las medidas se registraron en un instrumento de recolección de datos diseñado para este propósito.

Para localizar el eje medio de rotación de la mandíbula y así obtener las dos Regiones óseas hemimandibulares (derecha e izquierda) denominada Región (X), se trazó el plano medio sagital en el software 3D DOCTOR®, a partir de la unión de los puntos medios de los planos inter espix (Plie), plano inter Condileos (Plic), plano inter apófisis geni, (Plia), posteriormente se trazaron los planos de referencia específicos para obtener las regiones

óseas mandibulares; tomando como referencia el Plano Basal (Am- Go), se determinó la zona ósea alveolar, correspondiente a toda la superficie ósea ubicada por encima de este plano y la zona ósea basal, correspondiente a toda superficie ósea ubicada por debajo de este. A partir del plano Basal y paralelo a este se trazó el Plano Sigmoidal (Plsg) pasando por el punto Rs, determinando las regiones coronoidea (I) y Condilar (II). Para la obtención de las zonas anterior media y posterior se trazó el Plano Mentoniano, (Plm), perpendicular al Plano Basal pasando por el punto (Am) y el Plano Coronoideo (Plc), perpendicular al Plano basal pasando por el punto (Ca), de esta forma se obtuvieron nueve regiones óseas mandibulares de cada lado, quedando conformadas de la siguiente manera: Región (I) Coronoidea, Región (II) Condilar, región (III) posterior total, Región (IV) media alveolar, Región (V) media basal, Región (VI) media total, Región (VII) Anterior alveolar, Región (VIII) Anterior Basal, Región (IX) Anterior total (Figura 4).

Cada una de las regiones óseas mandibulares derecha e izquierda, se analizaron tomando en cuenta el área superficial (mm^2) y volumen (mm^3) estableciendo la comparación porcentual entre cada una de la regiones .

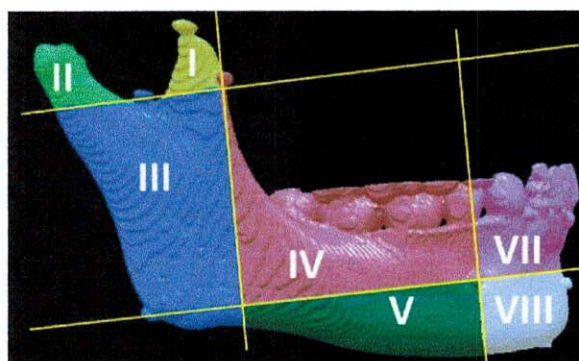


Figura 4. Reconstrucción tridimensional de la estructura ósea mandibular con los distintos planos y regiones del análisis.

Los datos se tabularon en una base Excel y se validaron en el programa SPSS versión 17. Se compararon las hemiarcadas derecha e izquierda mediante la prueba *t* de Student y se determinaron los coeficientes de correlación. El nivel de significancia fue $p = 0,05$

Adicionalmente el modelo mandibular digitalizado generado en 3D doctor se llevó a un proceso de modelado físico en un equipo Roland Modela MDX-40 obteniendo el modelo estereolitográfico de la estructura mandibular en una escala real de 1:1.

2.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron tabulados en Excel 2007 y fueron procesados en SPSS versión 17. Se realizó el análisis de comparación de hemiarcadas y correlación mediante las pruebas *t* student y *t* de Bonferroni.

2.9 IMPLICACIONES ÉTICAS

De acuerdo a la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud esta investigación se clasifica como sin riesgo.

III. RESULTADOS

Los hallazgos encontrados en la investigación mostraron que, no hay diferencia estadísticamente significativa en la ubicación de los puntos de referencia tomográficos entre los observadores durante las diferentes mediciones. ($p > 0,05$) (Tabla 3).

VALORES PROMEDIO DE LAS COORDENADAS SEGÚN OBSERVADORES						
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%
						Límite inferior Límite superior
Coordenada x	Total	12	-16,1	16,8	4,8	-26,7 -5,4
Coordenada y	Total	12	9,9	10,3	3,0	3,3 16,4
Coordenada z	Total	12	12,9	13,5	3,9	4,3 21,5

En los hallazgos relacionados con los valores promedio de áreas y volúmenes de las hemiarquadas se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el lado derecho y el lado izquierdo ($p < 0.001$) y una correlación de -1, lo cual significa que las mediciones son mayores en volumen y en área en el lado derecho (Figura 6).

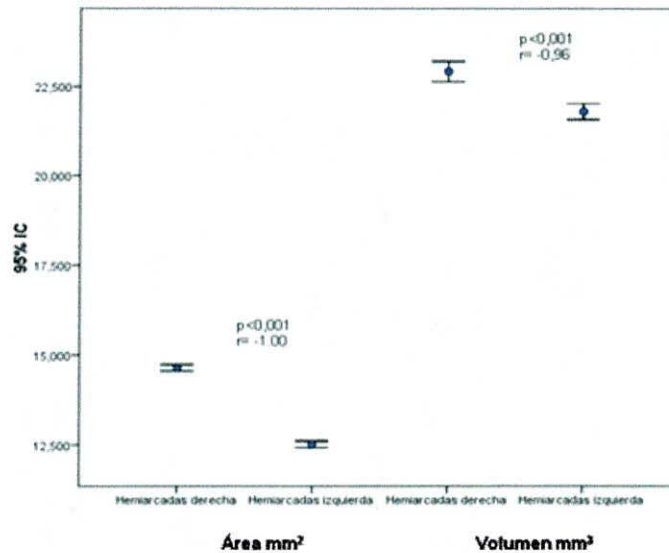


Figura 6. Valores promedio de las áreas y volúmenes de las hemiarcadas.

De igual forma se observó en la comparación de los valores promedio de las áreas totales mandibulares, que en la región anterior derecha hay una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$) y una correlación ($r = 0.28$) siendo esta región mayor. En la región media se encontró un valor significativo del lado derecho ($p = 0.001$) y una correlación ($r = -0.31$), siendo la región media derecha total de mayor área que la izquierda. En la región posterior total hay diferencia significativa ($p = 0.001$) y una correlación ($r = -0.34$) donde el lado derecho es mayor; en la región condilar, se observa una diferencia significativa ($p = 0.001$) y una correlación ($r = 0.760$) donde hay mayor el área en la región condilar derecha (Figura 7).

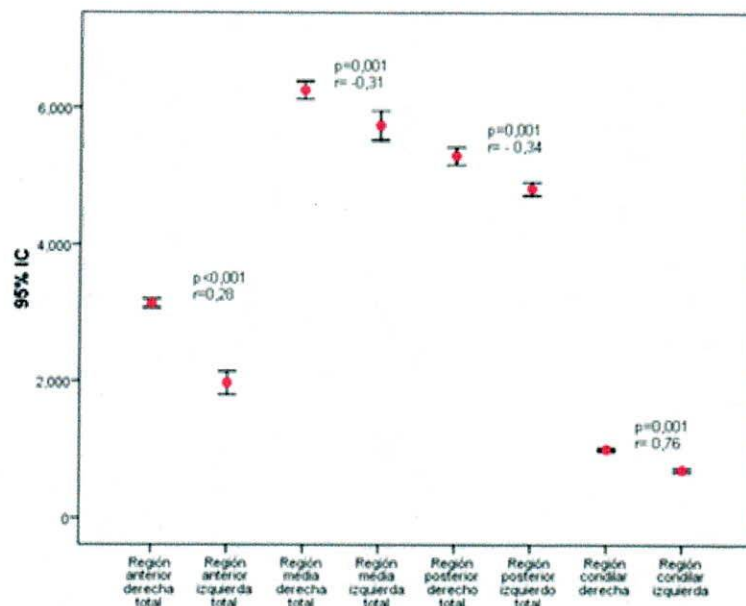


Figura 7. Valores promedio de las áreas totales mandibulares.

La comparación de los valores promedio de los volúmenes totales mandibulares mostraron que en la región anterior derecha existe diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$) y una correlación ($r = -0.16$), lo que significa que existe un mayor volumen del lado derecho que el izquierdo. En la región media total, hay diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$) y una correlación ($r = -0.27$) siendo para la región media derecha mayor el volumen que la izquierda. En cuanto a la región posterior total se encontró diferencia significativa ($p < 0.001$) y una correlación ($r = -0.53$); siendo la región posterior derecha de mayor volumen que la izquierda. Para la región condilar, se encontró diferencia estadísticamente significativa donde ($p < 0.001$) y una correlación ($r = 0.90$) siendo el volumen de la región condilar izquierda mayor que la derecha. (Figura 8).

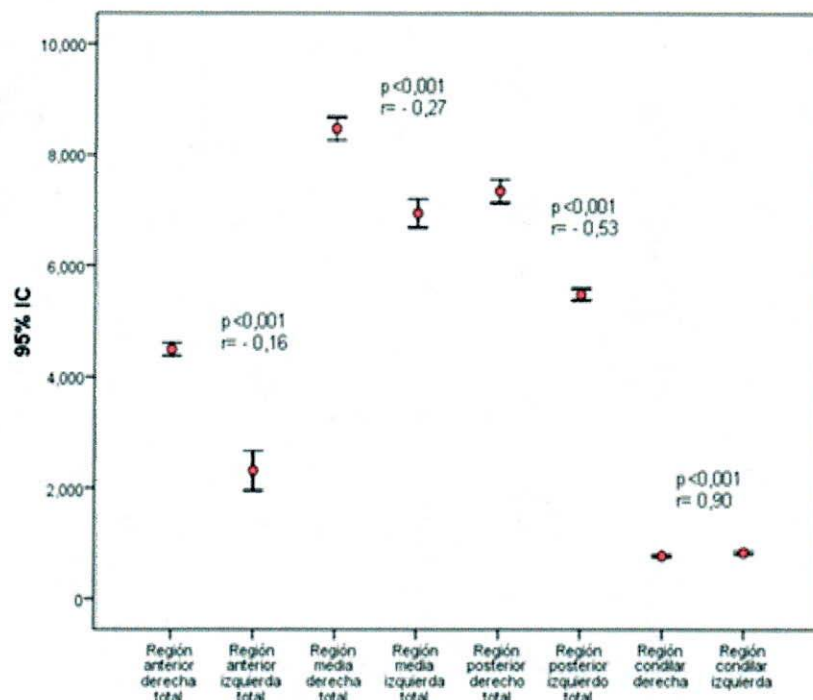


Figura 8. Valores promedio de los volúmenes (mm³) totales mandibulares

Teniendo en cuenta los valores promedio de las áreas alveolares y basales mandibulares se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la región alveolar y basal anterior derecha e izquierda, ($p < 0.001$) y una correlación ($r = 0.43$), siendo el área de la región alveolar derecha mayor que el área de la región alveolar izquierda. En la región media basal se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.085$) y una correlación ($r = -0.63$) siendo el área de la región media basal izquierdo mayor que el área de la región media basal derecha. (Figura 9.)

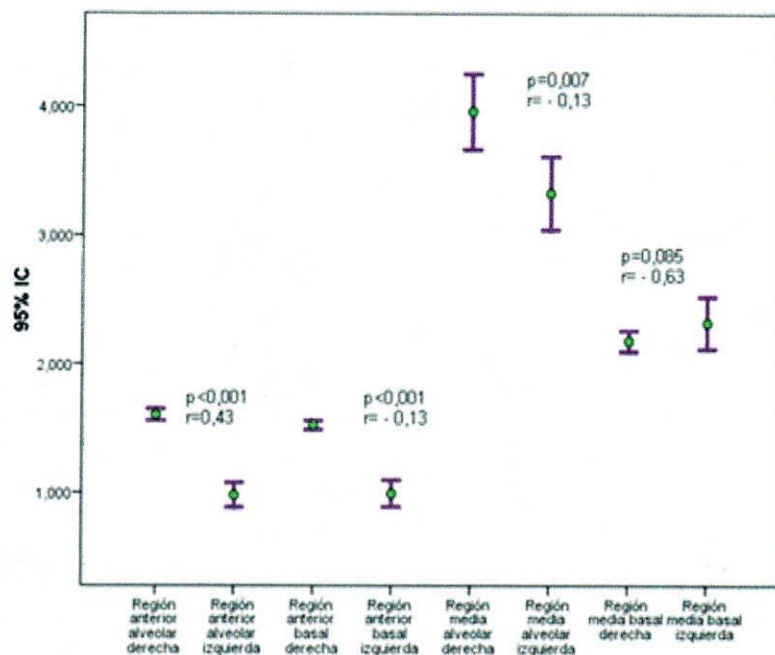


Figura 9. Valores promedio de las áreas alveolares y basales mandibulares

En los valores promedio de los volúmenes alveolares y basales mandibulares hay diferencias estadísticamente significativas en la región alveolar y basal anterior derecha e izquierda, ($p < 0.001$) y una correlación ($r = 0.15$), siendo el volumen de la región alveolar derecha mayor que el volumen de la región alveolar izquierda. En la región media basal se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.01$) y una correlación ($r = 0.93$) siendo el volumen de la región media basal izquierda mayor que el volumen de la región media basal derecha. (Figura 10).

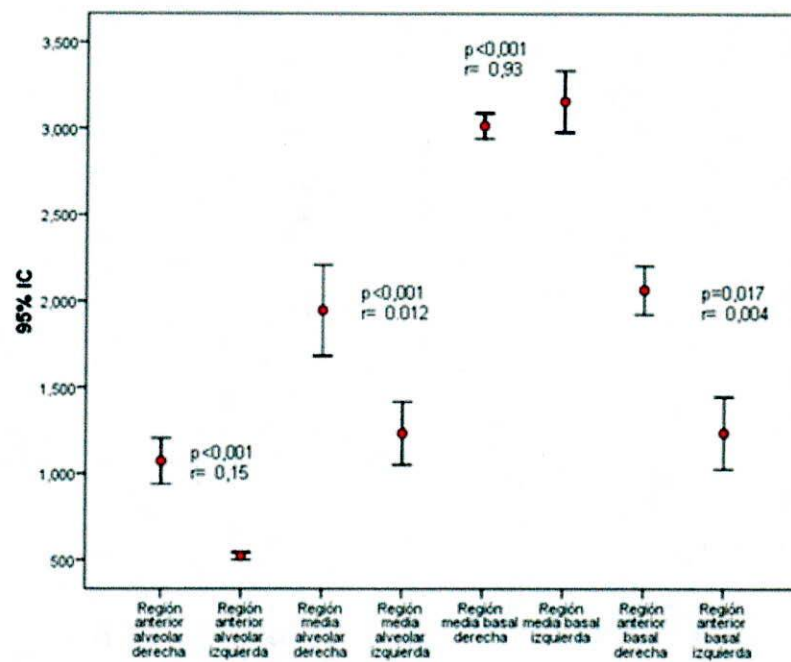


Figura 10: Valores promedio de los volúmenes (mm³) alveolares y basales

IV DISCUSIÓN

Ballrick y Col en el 2008 evaluaron la distorsión de la imagen y la resolución espacial de varios equipos de tomografía de rayo de cono, encontrando que las diferencias absolutas en las mediciones fueron menores a una décima de milímetro, lo cual probablemente no tiene significancia clínica.²⁷ Esto coincide con los trabajos previos de esta línea de investigación⁹ que validan la CBCT como un método confiable por su alta precisión y mínima distorsión.

Aboudara y Col en 2009, utilizaron CBCT para reconstruir tridimensionalmente el espacio aéreo de la faringe y compararlo con las evaluaciones bidimensionales radiográficas cefalométricas, encontrando una correlación positiva entre las áreas y volúmenes: a mayor área mayor volumen de la vía aérea. Sin embargo, hubo gran variabilidad en el volumen de la vía aérea en pacientes con medidas similares faríngeas en sus radiografías laterales, los autores resaltan que esto conlleva a errores diagnósticos y sobre tratamientos. Utilizando las imágenes DICOM y exportadas al software 3D DOCTOR®, se obtuvieron imágenes con una resolución en plano de 0.30 x 0.30 mm.²⁸ En el presente estudio se utilizó la misma metodología para el manejo de las imágenes con una resolución en plano de 0.25 x 0.25 mm en las mediciones totales y parciales por regiones de la mandíbula, se encuentra una correlación positiva entre el área superficial y el volumen, excepto en la región condilar en donde la correlación fue negativa, debido aparentemente a la variabilidad morfológica de la topografía del cóndilo y del cuello condilar.

Swennen y Col 2006, utilizan estructuras anatómicas de la base del cráneo para generar un sistema de referencia en los tres planos del espacio en la cefalometría tridimensional,²⁹ sin embargo, se considera que la mandíbula debe ser evaluada de forma independiente porque cualquier variación a nivel de la base del cráneo podría afectar el análisis de la mandíbula, en especial las características de simetría. En el presente estudio se proponen

referencias intramandibulares esqueléticas y dentales independientemente del resto del macizo cráneo facial y se subdividió cada hemimandíbula en regiones según criterios topográficos y funcionales, se proponen referencias esqueléticas dentales y combinadas para la determinación del plano medio sagital que sirva para dividir la mandíbula en dos partes.

V. CONCLUSIONES

Este estudio plantea un método tridimensional basado en datos de la CBCT, para obtener unidades de medición como volumen y áreas superficiales de la mandíbula con un alto grado de precisión.

Este estudio demuestra que a partir de los datos de una CBCT se puede realizar un análisis tridimensional empleando variables de medición como: volumen y área superficial.

Este nuevo método permite utilizar referencias esqueléticas intramandibulares y/o referencias dentales para poder comparar las dos hemimandíbulas.

La subdivisión de la mandíbula por regiones anatómicas y funcionales permite determinar con mayor precisión las zonas afectadas en caso de asimetrías.

Este método permite realizar un análisis tridimensional de la región ósea de interés en forma independiente.

Los programas digitales utilizados como el *AUTOCAD®* y *3D Doctor®* facilitan la localización consistente de los puntos de referencia con precisión y alta reproducibilidad.

Al subdividir la mandíbula por regiones anatómicas y funcionales para determinar con mayor precisión las zonas afectadas en caso de asimetrías y también permite sustraer la región ósea alveolar de las mediciones globales ya que es la región que puede presentar mayores alteraciones topográficas por la variación de las características dentarias.

Se utilizaron los programas de ingeniería *AUTOCAD®* y *3D DOCTOR®* en esta cefalometría tridimensional permitiendo localizar puntos anatómicos de referencia con precisión y alta reproducibilidad, además de construir planos y delimitar regiones óseas que se pueden medir y comparar facilitando el análisis de la mandíbula en forma global o sectorial.

El margen de error intra e inter operador no fue estadísticamente significativo porque los programas de ingeniería digitales utilizados facilitan la localización exacta y consistente de los puntos de referencia.

VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere aplicar este método en futuras investigaciones con una muestra significativa para verificar su utilidad y practicidad en la toma de decisiones terapéuticas

Se recomienda aplicar este método en futuras investigaciones con una muestra significativa de pacientes reales, para verificar su utilidad y practicidad a la hora de tomar decisiones terapéuticas.

Se recomienda en casos de próximos estudios con cráneos secos no utilizar ningún tipo de marcador radiopaco como la gutapercha.

Se propone aplicar esta tecnología para la confección de modelos estereolitográficos que faciliten la planificación de procedimientos quirúrgicos.

Se sugiere evaluar el grado de utilidad entre las medidas de las áreas y volúmenes en análisis comparativos.

Los autores consideran que la medición en volúmenes es más representativo que la medición de las áreas anatómicas y sugieren estudios que ayuden a determinar la utilidad práctica de estas mediciones.

La medición de volúmenes es más representativo de la anatomía ósea que la medición de áreas superficiales y se sugieren estudios que ayuden a determinar la utilidad práctica de estas mediciones.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moyers RE, Bookstein FL, Hunter WS. Analysis of the craniofacial skeleton: Cephalometrics. In: Moyers RE, editor. Handbook of orthodontics. Chicago: Yearbook; 1988. 247-309.
2. Ceviares J. Ycol. Image analysis and superposition of 3-dmesional cone beam computed tomography model. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006; 129:611-8.
3. C. H. Kau and S. Richmond. Current Products and Practice Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. Journal of Orthodontics, Vol. 32, 2005, 282-293.
4. Heiland M, Habermann CR, Schmelze R. Indications and limitations of intraoperative navigation in maxillofacial surgery. J Oral Maxillofac Surg 2004; 62:1059-63.
5. Danforth R A, Du I and Mah J, "3-D volume imaging for dentistry: a new dimension", J Calif Dent Assoc (2003);31: pp.817-823.
6. Ballrick J W, Palomo M J, Ruch E, Amberman B, Hans M. Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone-beam computed tomography machine. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics Volume 134, Number 4 october 2008 .573-582
7. Historie de L'Orthodontie. Ses origines son archeologie et ses precurseurs. Societe Belge de Orthodontie. Catherine Press. Bruge, 1997: 288'90
8. Early pioneers of oral and maxillofacial radiology. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.
9. Frederick B Noyes. Milo Hellman's Contribution to orthodontics. American Juornals of Orthodontics Volume 34 Issue 1, January 1948 pafes 61-82
10. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, et al., "A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results", Eur Radiol (1998);8: pp. 1,558-1,564.)
11. Sukovic P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. Orthod Craniofac Res 2003; 6(Suppl 1):31-6.

12. Brodie AG. Cephalometric roentgenology: history, technique and uses. *J Oral Surg* 1949; 7:185-98.
13. Adams, G. Comparison between traditional 2-dimensional cephalometry and a 3-dimensional approach on human dry skulls. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:397-409
14. Hixon EH. The norm concept and cephalometrics. *Am J Orthod* 1956; 42:898-919.
15. Mitgaard J, Bjork A, Linder-Aronson S. Reproducibility of cephalometric landmarks and errors of measurement of cephalometric cranial distances. *Angle Orthod* 1974; 44:56-61.
16. C. H. Kau and S. Richmond. J.M Palomo and M.G. Hans. Current Products and Practice Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. *Journal of Orthodontics*, Vol. 32, 2005, 282–293.
17. Schulze D, Heiland M, Thurmman H, Adam G. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; 33(2):83–6.
18. Cohnen M, Kemper J, Mobes O, Pawelzik J, Modder U. Radiation dose in dental radiology. *Eur Radiol* 2002; 12(3):634–7.
19. Waitzman AA, Posnick JC, Armstrong DC, Pron GE. Craniofacial skeletal measurements based on computed tomography: Part II. Normal values and growth trends. *Cleft Palate Craniofac J*. 1992; 29:118–128.
20. Heiland M, Habermann CR, Schmelze R. Indications and limitations of intraoperative navigation in maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2004; 62:1059-63.
21. Danforth R A, Du I and Mah J, "3-D volume imaging for dentistry: a new dimension", *J Calif Dent Assoc* (2003);31: pp.817–823.
22. William C. Scarfe, Allan G. Farman, Predag Sukovic. Clinical Applications of Cone-Beam Computed Tomography in Dental Practice *J Can Dent Assoc* 2006; 72(1):75–80
23. Ziegler CM, Woertche R, Brief J, Hassfeld S. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31(2):126–30.

24. khambay B, Nebel JC, Bowman J, et al 3D stereophotogrammetric image superimposition onto 3D CT scan images: the future of orthognathic surgery. A pilot study Int J adult Orthod Orthognatic Surg 2002; 17: 331-41
25. Ngan DC, Kharbanda OP, Geenty JP, Darendeliler MA. Comparison of radiation levels from computed tomography and conventional dental radiographs. Aust Orthod J 2003; 19(2):67-75.
26. Baldor Aurelio. Geometría y Trigonometria. Ed. Cultural. ISBN 9684392117
27. Gregoret J. Ortodoncia y cirugía Ortognática. Diagnostico y planificación. Ed. Espaxs. Barcelona 1997. Cap. 7 pg.121.
28. Ballrick J W, Palomo M J, Ruch E, Amberman B, Hans M. Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone-beam computed tomography machine. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics Volume 134, Number 4 october 2008 .573-582
29. Aboudara C, Nielsen I. Huang J, Maki K, Miller J, Hatcher D. Comparison of airway space with conventional lateral headfilms and 3-dimensional reconstruction from cone-beam computed tomography. America journal of orthodontics and Dentofacial Orthopedics volume 135, number 4 April 2009.: 468-479
30. Swennen G.R.J, Schutysen F., Hausamen J.E, Three-Dimensional Cephalometry. A Color Atlas and Manual. ISBN-10 3-540-25440-4 Springer Verlag Berlin Heidelberg New York. Berlin Heidelberg 2006.

ANEXO 1: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS					
AREA SUPERFICIAL (mm ²) TOTAL			VOLUMEN (mm ³) TOTAL		IMAGEN 3D TOTAL
HEMIMANDIBULA DERECHA			HEMIMANDIBULA IZQUIERDO		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION ANTERIOR					
REGION ANTERIOR DERECHA TOTAL			REGION ANTERIOR IZQUIERDA TOTAL		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION ANTERIOR ALVEOLAR DERECHA			REGION ANTERIOR ALVEOLAR IZQUIERDA		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IAMGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION ANTERIOR BASAL DERECHA			REGION ANTERIOR BASAL IZQUIERDA		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION MEDIA					
REGION MEDIA DERECHA TOTAL			REGION MEDIA IZQUIERDA TOTAL		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION MEDIA ALVEOLAR DERECHA			REGION MEDIA ALVEOLAR IZQUIERDA		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION MEDIA BASAL DERECHA			REGION MEDIA BASAL IZQUIERDA		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION POSTERIOR					
REGION POSTERIOR DERECHA TOTAL			REGION POSTERIOR IZQUIERDA TOTAL		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION CONDILAR DERECHA			REGION CONDILAR IZQUIERDA		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION CORONOIDEA DERECHA			REGION CORONOIDEA IZQUIERDA		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D

ANEXO 2: CONSENTIMIENTO INFORMADO



COLEGIO ODONTOLÓGICO

Centro de investigaciones

FORMATO COMITÉ DE ÉTICA

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE UN MÉTODO CEFALOMÉTRICO TRIDIMENSIONAL MANDIBULAR A PARTIR DE UNA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA VOLUMÉTRICA DE RAYO DE CONO ÚNICO.

2. INVESTIGADORES

#	Nombre	Código
1	Dr. Eduardo Rodríguez Ataíde	Director científico
2	Dra. Erika Rossana Argotte Arciniegas	071012
3	Dr. Patrick Laszlo Borbely Marco	071001
4	Dra. Nydia Consuelo Fernández Balaguera	071009
5	Dr. Rolando Pedraza Peña	071006
6	Dra. Jeansy Mireye Reyes Delgado.	071010

3. DATOS GENERALES

Lugar	Bogotá, UNICOC
Persona Institucionalmente Responsable	Dr. Eduardo Rodríguez Ataíde
Dirección	UNICOC, calle 13 No. 9-56
Teléfono	3152375894
Fecha probable de inicio	ABRIL 2008
Fecha probable de terminación	OCTUBRE 2009

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN Y JUSTIFICACIÓN.

PROBLEMA:

Las imágenes bidimensionales usadas actualmente como método diagnóstico presentan desventajas importantes, (existencia de distorsión y superposición de estructuras anatómicas) por lo cual se hizo necesario desarrollar técnicas más precisas para el estudio tridimensional de la boca y maxilares.

La tomografía computarizada de rayo de cono ha permitido usar las imágenes craneofaciales con menores márgenes de distorsión y magnificación. Este método de diagnóstico obtiene una copia tridimensional de las estructuras craneales en un formato digital volumétrico, que puede ser utilizado para evaluar la anatomía craneal, facial y dental con una mínima exposición a la radiación.

Teniendo en cuenta los grandes avances de la imagenología, hoy en día podemos obtener una ubicación y medición más confiable de los puntos anatómicos en estas estructuras óseas, a comparación de los métodos radiográficos tradicionales, lo cual contribuye a un mejor diagnóstico y planificación del tratamiento de los pacientes que van a ser sometidos a ortodoncia y cirugía ortognática. Sin embargo a pesar de contar con los últimos avances tecnológicos en imagenología se sigue pensando y midiendo de forma bidimensional en estructuras tridimensionales.

FORMULACION: ¿Cuáles son los puntos anatómicos y planos de referencia de la mandíbula en una imagen tomográfica computarizada volumétrica, que nos permita obtener un sistema de medición en área y volumen de forma tridimensional?

JUSTIFICACION: Las radiografías bidimensionales tradicionales que han sido utilizadas desde hace décadas como herramientas fundamentales para establecer diagnósticos y planes de tratamiento en ortodoncia, ortopedia, cirugía maxilofacial y otras especialidades de la medicina, son ayudas diagnósticas que evalúan estructuras óseas tridimensionales con el inconveniente de ser analizadas de forma bidimensional. A pesar de que han sido las herramientas más confiables del siglo XX, en la actualidad con la incorporación de la tecnología computarizada en el área de la medicina se han desarrollado nuevas formas y medios diagnósticos como la tomografía de rayo de cono único CBCT muy utilizada en la Odontología, que permite obtener registros tridimensionales de objetos tridimensionales.⁶

El paso más importante en la era de la imagenología es precisamente entender que la incorporación de estas nuevas herramientas diagnósticas nos llevan a pensar y analizar más allá de lo que normalmente estamos acostumbrados a observar, el simple hecho de obtener una imagen tridimensional que antes no teníamos, nos abre la mente en busca de nuevas formas de análisis que incorporen las tres dimensiones del espacio.

Esta nueva forma de pensar y analizar conlleva a replantear y reevaluar los métodos que hemos utilizados tradicionalmente y nos brinda una herramienta más exacta para ser utilizada en la comprobación de distintas hipótesis en diversos proyectos de investigaciones.

A través de este estudio proponemos un método alternativo para el diagnóstico y planificación de tratamiento ortodóntico y quirúrgico teniendo en cuenta las desventajas y limitaciones que presentan las radiografías bidimensionales. Brindamos elementos útiles, confiables y novedosos para facilitar el diagnóstico en el caso de asimetrías faciales. Utilizando puntos y planos anatómicos de referencia sobre la estructura ósea mandibular, analizando su área superficial y volumen espacial dentro del complejo craneofacial.

Es por esto que con la realización del presente estudio buscamos la incorporación de nuevas formas de análisis de la anatomía ósea craneofacial, tomando en cuenta las tres dimensiones del espacio y así brindar la posibilidad de obtener diagnósticos más precisos.

Igualmente servirá de base para próximas investigaciones en las cuales se puedan incorporar análisis precisos de la anatomía ósea y obtener datos exactos como áreas superficiales y volúmenes de una forma tridimensional. Podrá ser utilizado en áreas como la medicina específicamente en

traumatología para elaboración de piezas o injertos óseos a partir de un modelado tridimensional de la región ósea faltante. Crecimiento y desarrollo; para determinar el rango de crecimiento porcentual a nivel óseo durante los estadios de crecimiento y desarrollo evaluando la cantidad de incremento en volumen y áreas de superficie ósea, en la ortopedia maxilar, para determinar los cambios en volumen óseo después de un tratamiento ortopédico que busque influenciar centros de crecimiento, en la cirugía oral y maxilofacial; para la el diagnóstico preciso de asimetrías óseas expresado en rangos de volúmenes y áreas superficiales, para la reconstrucción de estructuras óseas exactas a través de modelados tridimensionales. Patología bucal para el análisis de tumores y patologías óseas determinando el grado de pérdida de estructura dentro del complejo maxilo-mandibular. En implantología para evaluar la estructura ósea en escalas de volúmenes y superficies previos a la colocación de implantes. En antropometría y craneometría estudios de la anatomía craneofacial expresados en áreas superficiales.

Existe muy poca información y estudios con respecto a este tipo de análisis tridimensional, no hay elementos claros de diagnóstico para el manejo de estas imágenes y a pesar de contar con los últimos avances tecnológicos en imagenología se sigue pensando y midiendo de forma bidimensional en estructuras tridimensionales.

5. OBJETIVO GENERAL: Establecer un sistema de medición tridimensional para comparar las dos hemiarcadas mandibulares, a partir de una imagen tomográfica computarizada volumétrica de rayo de cono único.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar planos de corte a partir de puntos de referencia en la estructura ósea mandibular.
- Establecer regiones óseas específicas dentro de la estructura ósea mandibular.
- Determinar áreas superficiales y volúmenes de las regiones óseas mandibulares comparándolas bilateralmente.
- Obtener un modelo estereolitográfico de la estructura ósea mandibular a través de un modelado tridimensional.

6. METODOLOGÍA:

Tipo de estudio: Descriptivo

Unidad de estudio: Una mandíbula seca (Gold Estándar)

Objeto de estudio: Imagen tomográfica de rayo de cono único tomadas en una mandíbula de cráneo seco

Variables:

PUNTOS ANATÓMICOS MANDIBULARES DE REFERENCIA DER / IZQ	PLANOS DE REFERENCIA	REGIONES ÓSEAS MANDIBULARES DER / IZQ
Gonion (Go)	Plano inter spix (Plie)	Coronoidea (I)
Agujero mentonero (Am)	Plano inter condileos (Plie)	Condilar (II)
Escotadura sigmoidea (Rs)	Plano inter apofisis geni (Plia)	Posterior total (III)
Coronoides anterior (Ca)	Plano medio sagital (Plms)	Media alveolar (IV)
Apófisis Geni (Ag)	Plano basal (Am-Go)	Media basal (V)
Espina de spix (Sx)	Plano sigmoidal (II-Am-Go/Plsg)	Media total (VI)

Polo medial de cóndilo (Cm)	Plano mentoniano (Plm)	Anterior alveolar (VII)
Polo lateral del cóndilo (Cl)	Plano coronoideo (Plc)	Anterior basal (VIII)
		Anterior total (IX)
		Hemiarcada (X)

Riesgo: De acuerdo con la resolución 8430 de 1993 del ministerio de Salud de la República de Colombia esta investigación no presenta ningún riesgo, ya que se tomó un CBCT a un cráneo Seco, facilitado por una ortodoncista y que ya ha sido utilizado en diferentes investigaciones.

Procedimiento: Se realizó un modelo de estudio sobre un cráneo humano seco en el cual se ubicaron marcadores fabricados con módulos separadores de ortodoncia rellenos de gutapercha ya que por ser un material radiopaco y no metálico, es de gran utilidad para este tipo de estudio. Estos marcadores fueron ubicados en el centro de estos módulos separadores en los puntos cefalométricos y/o anatómicos definidos en las variables del estudio.

Una vez obtenido el modelo estándar, a partir del cráneo seco y los puntos anatómicos con marcadores de gutapercha, se llevó al consultorio radiológico oral y maxilofacial "Alvaro Delgado Morales" para la obtención de una tomografía computarizada de rayo de cono (CBCT), para lo cual se utilizó un tomógrafo de rayo de cono (i-CAT®) con sensor Flat Panel. El cráneo fue colocado en el tomógrafo verificando el paralelismo del plano de Frankfort con respecto al piso y ubicando la línea media facial perpendicular al piso. El i-CAT permitió una captura completa del cráneo con un protocolo de 20 + 20 segundos y resolución de 0.4. Las imágenes obtenidas del modelo, fueron almacenadas en un archivo DICOM y guardadas en un CD_ROM. Las 515 imágenes bidimensionales DICOM obtenidas de la tomografía fueron editadas en el software 3D DOCTOR 4.0. de las cuales se seleccionaron 315, correspondientes a la región de interés para este estudio. Fue ajustada una resolución en 0.25 mm para el voxel en las dimensiones X, Y, Z, llevando a un modelado de la superficie tridimensional.

El archivo de la superficie generada se convirtió a un formato compatible para el software AUTOCAD versión 2010, donde se realizó la ubicación digital de los puntos y planos de referencia (cefalométricos y/o anatómicos). En dicho software, se definieron ejes de rotación y comparación para las dos hemiarcadas mandibulares.

Este proceso fue llevado a cabo por un grupo de seis observadores, conformado por cinco residentes del posgrado de Ortodoncia y Ortopedia maxilar del Colegio Odontológico Colombiano y el director científico de la Investigación, los cuales fueron calibrados y estandarizados en la toma de las medidas. Después de la obtención de la imagen tomográfica, se procedió a la ubicación de los puntos anatómicos como variables de estudio.

Ubicados los puntos y planos de corte se determinaron las regiones óseas mandibulares derecha e izquierda, se analizaron tomando en cuenta el área superficial (mm^2) y volumen (mm^3) estableciendo la comparación porcentual entre cada una de la regiones.

Consideraciones éticas: De acuerdo a la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud el tipo de riesgo fue calificado "Sin Riesgo". El cráneo seco estudiado no presenta problemas legales.

Análisis estadístico: Se realizó la tabulación de los datos en el programa Excel versión 2007, se procesaron los datos en SPSS versión 17, se realizó la comparación de hemiarcadas y correlación a través de las pruebas T de Student y T de Bonferroni.

7. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN.

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS					
AREA SUPERFICIAL (mm ²) TOTAL		VOLUMEN (mm ³) TOTAL		IMAGEN 3D TOTAL	
HEMIMANDIBULA DERECHA			HEMIMANDIBULA IZQUIERDO		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION ANTERIOR					
REGION ANTERIOR DERECHA TOTAL			REGION ANTERIOR IZQUIERDA TOTAL		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION ANTERIOR ALVEOLAR DERECHA			REGION ANTERIOR ALVEOLAR IZQUIERDA		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IAMGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION ANTERIOR BASAL DERECHA			REGION ANTERIOR BASAL IZQUIERDA		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION MEDIA					
REGION MEDIA DERECHA TOTAL			REGION MEDIA IZQUIERDA TOTAL		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION MEDIA ALVEOLAR DERECHA			REGION MEDIA ALVEOLAR IZQUIERDA		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION MEDIA BASAL DERECHA			REGION MEDIA BASAL IZQUIERDA		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION POSTERIOR					
REGION POSTERIOR DERECHA TOTAL			REGION POSTERIOR IZQUIERDA TOTAL		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION CONDILAR DERECHA			REGION CONDILAR IZQUIERDA		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D
REGION CORONOIDEA DERECHA			REGION CORONOIDEA IZQUIERDA		
AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D	AREA SUPERFICIAL	VOLUMEN	IMAGEN 3D

8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	Año 2009: Enero – Octubre (10 MESES)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Actividades de ajuste del protocolo	X	X	X	X	X				
Aprobación del protocolo					X				
Recolección de datos					X	X	X		
Análisis estadístico							X	X	
Realización de artículo científico							X	X	
Pre sustentación de tesis									X
Sustentación y aprobación de tesis									X

9. PRESUPUESTO: \$ 6.000.000.00 (seis millones de pesos colombianos) Recursos propios.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

DECLARACIÓN

Las abajo firmantes declaran que no se realizarán cambios en este protocolo a menos que se solicite la aprobación de los mismos y estos sean autorizados por el comité de ética de Colegio Odontológico.

Los asesores metodológico y científico se responsabilizan de supervisar el desarrollo de la investigación en su totalidad, velando por el cumplimiento de la acá estipulado.

Los eventos adversos relacionados con el desarrollo de la investigación serán inmediatamente notificados a la instancia correspondiente.

Los abajo firmantes certifican haber entendido y estar de acuerdo con las políticas y procedimientos del Colegio Odontológico con respecto a la investigación que incluye personas y/o tejidos humanos

Dr. Eduardo Rodríguez Ataíde
Nombre del investigador principal

Firma

fecha

Dra. Erika Argotte Arciniegas

Firma

fecha

Nombre del investigador

Dr. Patrick Borbely Marco

Firma

fecha

Nombre del investigador

Dra. Nydia Fernandez Balaguera

Firma

fecha

Nombre del investigador

Dr. Rolando Pedraza Pena

Firma

fecha

Nombre del investigador

Dra. Jeansy Reyes Delgado

Firma

fecha

Nombre del investigador

Dr. Eduardo Rodríguez Ataíde

Firma

fecha

Nombre del asesor científico

Dr. Piedad Malaver

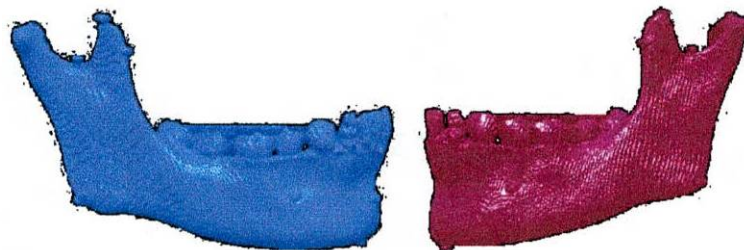
Firma

fecha

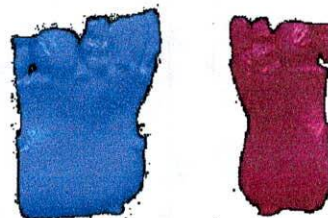
Nombre del asesor metodológico

ANEXO 3: IMÁGENES DE LAS REGIONES DERECHAS E IZQUIERDAS

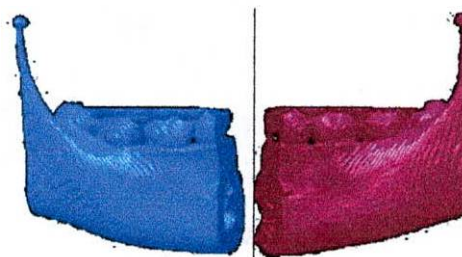
COMPARACION VISUAL ENTRE HEMIARCADAS DERECHA E IZQUIERDA



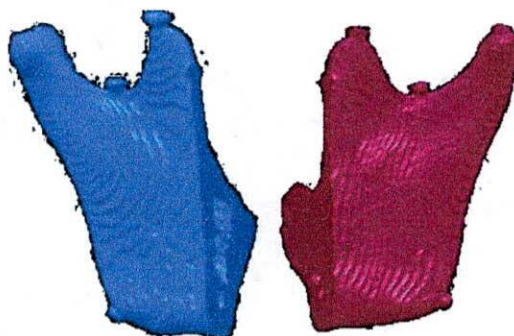
COMPARACION VISUAL ENTRE REGION ANTERIOR DERECHA E IZQUIERDA



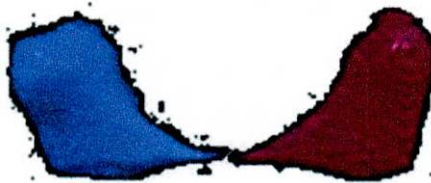
COMPARACION VISUAL ENTRE REGION MEDIA DERECHA E IZQUIERDA



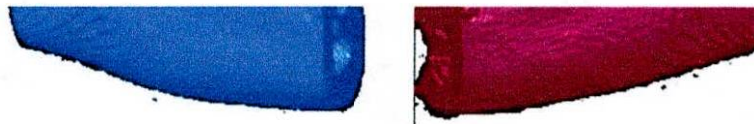
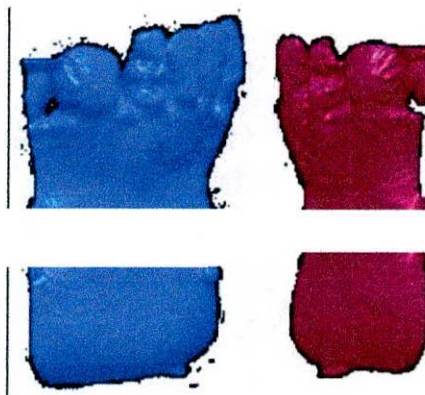
COMPARACION VISUAL ENTRE REGION POSTERIOR DERECHA E IZQUIERDA



COMPARACION VISUAL ENTRE REGION CONDILAR DERECHA E IZQUIERDA



**COMPARACION VISUAL ENTRE REGIONES ALVEOLARES Y BASALES DERECHAS E
IZQUIERDAS**



ANEXO 4: IMÁGENES DE MODELO ESTEREOLITOGRAFICO MANDIBULAR

