



Facultad de ciencias de la salud. Carrera de
odontología

Caracterización del Espectro de Hounsfield para
tejido dentario sano y tejido cariado

Carrera: Odontología

Alumno: Turanza, Blas Yuri

Docente a cargo: Virgillito Alejandro

Año: 2022

Trabajo final para la obtención del título de odontólogo

RESUMEN

La siguiente es una investigación descriptiva, observacional, cuantitativa y transversal que tiene la finalidad de caracterizar el Espectro de Hounsfield para una muestra de dientes que poseen tejido cariado, diferenciando en la práctica a este tejido respecto a otras estructuras sanas del diente como lo son la dentina y el esmalte, utilizando para esto un proceso de muestreo de 40 individuos que han asistido a Centro Odontológico de Investigación y Docencia Dogma y que se les diagnosticó caries, y que se hicieron estudios en el tomógrafo de la institución, un tomógrafo Kodak 9000 3D.

Después del proceso de muestreo y procesamiento de los datos y utilizando criterios estadísticos se obtuvo el espectro para las tres estructuras muestradas, obteniendo que el esmalte en condiciones normales se encuentra entre los 2000 UH y los 1400 UH, la dentina en condiciones normales se encuentra entre los valores de 1400 UH hasta 850 UH y el tejido cariado desde 850 UH a 80 UH, datos que pueden ser utilizados en la práctica médica para identificar las estructuras estudiadas rápidamente de ser necesario.

Palabras clave: Espectro de Hounsfield, esmalte, dentina, tejido cariado, unidades de Hounsfield, tomografía, tomógrafo, odontología.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
Planteamiento del problema.....	3
OBJETIVOS.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
MARCO TEÓRICO.....	4
Radiodiagnóstico o Radiología.....	4
Rayos X.....	4
El coeficiente de atenuación lineal y Unidades Hounsfield.....	5
Tomografía Axial Computarizada.....	7
Ventajas de la TC.....	7
Desventajas de la TC.....	8
Usos de la TC.....	8
TAC en odontología.....	9
Diente.....	11
Tejidos del diente.....	11
Caries.....	13
METODOLOGÍA.....	15
Tipo y diseño de la investigación.....	15
Área o sede de estudio.....	15
Población y Muestra.....	16
Criterios de Inclusión.....	16
Criterios de Exclusión.....	16
Características de tomógrafo a caracterizar.....	17
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	18
Procedimiento de caracterización.....	18
ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	19
Proceso de caracterización del Espectro de UH.....	22
Conclusión.....	25

BIBLIOGRAFÍA26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestras recogidas y analizadas de los individuos con molares cariados.	19
Tabla 2. Estadístico de las muestras recogidas y analizadas de los individuos con molares cariados.	20
Tabla 3. Resultados finales de la caracterización del espectro UH, considerando el esmalte normal, la dentina normal y el tejido cariado.	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valores de atenuación en UH para diferentes tejidos humanos.....	6
Figura 2. Definición de los planos axiales, sagital y coronal	10
Figura 3. División morfología de los dientes	12
Figura 4. Diente Cariado	13
Figura 5. Interfaz de usuario del tomógrafo	17
Figura 6. Gráfico de caja de las muestras recogidas, los valores que se pueden apreciar corresponden a las medianas de cada muestra.....	21
Figura 7. Espectro de Números Hounsfield considerando los valores caracterizados para el tejido cariado, la Dentina Normal y el Esmalte normal hallado en esta investigación Interfaz de usuario del tomógrafo.....	23

INTRODUCCIÓN

La introducción de la tomografía axial computada (TAC) al campo de la medicina significó un acontecimiento que cambió por completo el diagnóstico clínico, pudiéndose a partir de entonces obtener imágenes radiológicas que describen desde diferentes perspectivas la anatomía del ser humano, obteniendo con esto un sin número de posibilidades diagnósticas y de tratamiento que en la actualidad sigue desarrollándose y van en aumento (1).

La tecnología utilizada ha evolucionado a lo largo de los años, pero desde el primer momento ha permitido el estudio de estructuras anatómicas que hasta ese momento estaban radiológicamente inexploradas, brindando a los profesionales de la salud una herramienta indispensable para el diagnóstico de diversas patologías, e incluso el descubrimiento y caracterización de otras nuevas (2).

La historia de la tomografía se inicia en 1917 con Johann Radón quien, mediante cálculos matemáticos, demostró que un objeto bidimensional o tridimensional puede reconstruirse si se conocen todas sus proyecciones. Sin embargo, sus obras permanecieron en el olvido durante unos 50 años (3). En 1960, el Dr. William H. Oldendorf, neurólogo y psiquiatra, fue el primero en incorporar los principios y el hardware que utilizan casualmente los tomógrafos, fue reconocido como uno de los fundadores originales de los principios de la tomografía computarizada. En 1963, el físico estadounidense Allan Cormack formuló algoritmos matemáticos utilizando los resultados de Radón para aplicaciones en medicina y concluyó que podía desarrollar los coeficientes de absorción de una estructura plana y medir las variaciones de intensidad de los haces transmitidos. Pudo medir pequeñas diferencias de densidad y propuso la teoría de la reconstrucción mediante softwares de computación (4).

No obstante, fue Godfrey Hounsfield en 1967 quien construyó el que es considerado como el primer tomógrafo o escáner de rayos X, utilizado para imágenes cerebrales llamado EMI MARK 1, a partir de este en 1971 nació esta revolucionaria técnica llamada tomografía computarizada, la primera prueba con un paciente fue en una mujer adulta, en el Hospital Atkinson Morley de Londres donde se mostró un enorme quiste circular en el lóbulo frontal. Cada corte o giro del tubo emisor de radiación tardó 4

minutos en realizarse. Hounsfield y Cormack fueron galardonados con el Premio Nobel por tan importante creación y aporte, siendo este junto con descubrimiento de los rayos x uno de los eventos más importantes en el campo de la radiología (5).

Las imágenes de TC se generan en una escala de grises de acuerdo al nivel de intensidad recibida por el receptor del tomógrafo, cada tejido del cuerpo expuesto a radiación tiene un nivel de absorción de esta radiación diferente, lo cual se refleja en la atenuación de los rayos X que lo atraviesan. La imagen final capturada por el tomógrafo no es más que una matriz conformada por cuadros dispuestos en filas y columnas, donde cada cuadro es un píxel y, de acuerdo al grado de atenuación, a este píxel se le asocia un color sea negro, blanco o alguno de la escala de gris. El gran contraste logrado por la TC se debe a que utiliza de 32 a 64 niveles de grises, suficientes ya que el ojo humano sólo es capaz de diferenciar 20 tonos. El rango de estos números varía en unidades arbitrarias llamadas Unidades Hounsfield (HU) en honor a su ya mencionado primer desarrollador, las cuales están en un rango de -1,024 a 3,071, siendo 0 (cero) el valor para el agua (6).

Actualmente en el ámbito odontológico se describe a la TC como una excelente herramienta para la evaluación y caracterización del esmalte dental y la dentina, mediante la cuantificación de las UH (7). Así mismo, en el área de patología bucal y maxilofacial la TC se ha hecho particularmente necesaria para el estudio de lesiones intraóseas e intradentales, para la determinación de su relación con estructuras vecinas, tamaño y perforación, sin embargo, los valores UH que indican el patrón de la densidad de estas lesiones aún están siendo investigados (8).

Entonces en función de lo antes planteado, se propone el análisis del coeficiente de atenuación de la estructura dental representado en UH de los dientes en estado normal de salud y cariados para determinar si es posible un patrón de imagen y densidad ósea que caracterice el estado del diente sano respecto a lesionados con caries. El propositivo de generar un perfil en el Espectro de las UH para el rápido y preciso diagnóstico de la patología, que ayude al personal médico de salud a generar conclusiones diagnosticas más acertadas.

Planteamiento del problema

De lo anterior expuesto, se puede considerar la siguiente pregunta de investigación, ¿Cual será el espectro de números Hounsfield que corresponden a los

dientes en estado normal de salud y cariados, de los individuos y el equipo tomográfico delimitado para esta investigación?

OBJETIVOS

Objetivo General

Caracterizar el Espectro de Hounsfield para molares sanos y cariados para el tomógrafo y las condiciones de los individuos de estudio consideradas en la investigación.

Objetivos Específicos

1. Obtener los números Hounsfield de una muestra de estudio de individuos con molares normales y cariados.
2. Describir estadísticamente la muestra de estudio de manera que los resultados puedan ser empleados en un proceso de caracterización.
3. Determinar la posición en el espectro Hounsfield de la muestra recolectada.

MARCO TEÓRICO

Radiodiagnóstico o Radiología

La Radiología o Radiodiagnóstico es la especialidad que se ocupa de generar imágenes del interior del cuerpo mediante diferentes agentes físicos (rayos X, ultrasonidos, campos magnéticos, entre otros). Las imágenes registradas se utilizan para el diagnóstico y, en menor medida, para el pronóstico y el tratamiento de las enfermedades (9).

Algunas diferencias significativas entre técnicas radiológicas es que algunas emplean radiación ionizante y otras no-ionizante es su origen. Otra diferencia es que los rayos X emiten radiación desde un punto exterior al paciente, en gammagrafía la radiación se emite desde el órgano explorado (10).

Rayos X

La radiación electromagnética (fotónica) emitida por las partículas cargadas (por lo general electrones) en el cambio de niveles de energía atómica (llamada Característica o Fluorescencia rayos X) o en el retroceso en un campo de fuerza de Coulomb (Continua o Bremsstrahlung rayos X), se conoce como Radiación X o más comúnmente, Rayos X. Por lo general, la energía en el rango de los rayos X se se clasifica como sigue, en términos del voltaje de generación (11):

1. 0,1kV - 20 kV Bajo - energía o "suave" rayos X, o "rayos Grenz".
2. 20kV - 120 kV rayos X de Radiodiagnóstico.
3. 120kV-300 kV rayos X de Orto voltaje.
4. 300kV-1MV rayo x de energía intermedia.
5. 1MV en adelante, rayos X de Mega voltaje.

El coeficiente de atenuación lineal y Unidades Hounsfield

El coeficiente de atenuación lineal μ refleja la capacidad de un material para detener la radiación de los rayos x, y es directamente proporcional al número atómico del material (Z) y su densidad, mientras que disminuye cuando disminuye la energía. Esta

variable μ depende de dos mecanismos básicos de interacción de los rayos X con la materia: Compton y el efecto fotoeléctrico (12). El primero predomina en los tejidos blandos (como el pulmón) y se caracteriza porque se absorbe parte de la energía de la radiación incidente y el resto se invierte en la expulsión de un electrón de alta energía y la dispersión de una cantidad de radiación de menor energía, el segundo prevalece en los materiales de alto número atómico y aunque también se caracteriza porque la radiación incidente causa la expulsión de un electrón y la producción de una cantidad de radiación de menor energía, la diferencia con respecto al anterior fenómeno, radica en que esta radiación se dispersa, debido a que un electrón de las capas exteriores se desplaza hacia una capa más interior, y en que no se presenta absorción de energía (2).

A medida que el coeficiente de atenuación lineal de un material aumenta, más blanco aparecerá este en la imagen, y viceversa (los materiales con bajo μ dejan pasar más rayos X a través de ellos, y por eso se ven más negros en la imagen). Por otro lado, es importante tener en cuenta que la radiación dispersada (fenómeno conocido como scattering) contribuyen negativamente al contraste de la imagen, puesto que no aportan información y cambian la energía y dirección de los rayos incidentes (13).

Sin embargo, existen varios métodos para reducir la cantidad de dispersión: usar colimadores para hacer el rayo más estrecho, utilizar una película antidispersión que sólo deje pasar los rayos paralelos a los colimadores, y, finalmente, reducir el campo de visión FOV (del inglés Field Of View), es decir, el tamaño de la región que se está registrando (11).

Otro fenómeno que es importante considerar es el endurecimiento del rayo, que se refiere a un incremento gradual en la energía efectiva de los espectros policromáticos, a medida que penetran más profundamente en el material. Esto ocurre a causa de que la radiación de baja energía es más fácilmente atenuada y hace que el mismo tejido a una profundidad mayor, tenga un coeficiente de atenuación menor. Por lo cual, un objeto hecho del mismo material aparecerá más oscuro en el centro (menor μ), y más claro en el perímetro de la imagen (mayor μ). Con el fin de corregir este efecto en la imagen, Hounsfield en su primer prototipo, propuso el uso de una caja llena de agua para realizar una corrección al fenómeno de endurecimiento del rayo. Lo que hacía era medir el μ resultante del paso del rayo a través de agua exclusivamente, y compararlo con el obtenido

con el rayo que pasaba tanto a través de la caja de agua como del paciente, lo que se conoce como calibración (2).

Posteriormente, calculaba un μ equivalente igual a la diferencia entre ambas medidas y aplicaba un factor de corrección (14). Debido a esto y al hecho de que las diferencias entre los coeficientes de atenuación lineales de distintos materiales son muy pequeñas (alrededor del 0,5 %), surgieron las UH que se definen como (2):

$$UH = 1000 \frac{\mu - \mu_{agua}}{\mu_{agua}}$$

En la figura 1 se observan las UH correspondientes a varios tipos de materiales.



Figura 1. Valores de atenuación en UH para diferentes tejidos humanos¹.

Tomografía Axial Computarizada

La tomografía permite la obtención de imágenes con cortes o secciones de algún objeto, en lugar de obtener una imagen de proyección, como la radiografía convencional, la TC obtiene múltiples imágenes al efectuar movimientos de rotación alrededor del cuerpo de la fuente de rayos X y los detectores de radiación. La representación final de la imagen tomográfica se obtiene mediante la captura de las señales por los detectores y su

¹ Fuente: Ramírez, Arboleda y McCollough, 2008

posterior proceso mediante algoritmos de reconstrucción gracias a un software específico (10).

Ventajas de la TC

Entre las ventajas de la TC se encuentra que es una prueba rápida de realizar y que se encuentra ampliamente disponible en la mayoría de los hospitales de mediana y alta complejidad. Por medio de la visualización a través de la exploración por TC un médico radiólogo experto puede diagnosticar numerosas posibles causas de patologías con una alta precisión, lo cual permite aplicar un tratamiento rápido y con frecuencia elimina la necesidad de procedimientos de diagnóstico adicionales y más invasivos (15).

Cuando el dolor se produce a causa de una infección e inflamación, la velocidad, facilidad y precisión de un examen por TC puede reducir el riesgo de complicaciones graves causadas por perforación en el proceso diagnóstico y la consecuente propagación de la infección. Las imágenes por TC son exactas y precisas, no son invasivas y no provocan dolor (1).

Una ventaja importante de la TC a diferencia de los rayos X convencionales, es su capacidad de obtener imágenes de huesos, tejidos blandos y vasos sanguíneos al mismo tiempo, además, los exámenes por TC son rápidos y sencillos, en casos de emergencia, pueden revelar lesiones y hemorragias internas lo suficientemente rápido como para elevar las probabilidades de supervivencia del paciente (12).

La TC es menos sensible al movimiento de pacientes que la resonancia magnética, por lo que en los equipos más modernos es posible hacer tomografía cardíaca de alta calidad aún con el movimiento del corazón, además la TC se puede realizar si el paciente tiene implante de dispositivo médico de cualquier tipo, a diferencia de la resonancia magnética (16).

Desventajas de la TC

Entre sus inconvenientes se cita que algunas veces es necesaria la inyección de medio de contraste intravenoso, que implica una punción y riesgo de reacciones adversas en pacientes susceptibles. Por otra parte, al utilizar rayos X, se reciben dosis de radiación ionizante, mayores que las obtenidas en exámenes más simples como radiografías. La

dosis efectiva de radiación a partir de este procedimiento es diferente según la máquina, los parámetros introducidos por el operador, el tamaño o contextura del paciente y la parte del cuerpo escaneada y varía en algunas máquinas probadas de aproximadamente 1 a 10 mSv (mili sievert, unidad de protección radiológica). A veces, más de una exploración se realiza a la vez, una con y otra sin agente de contraste, lo que duplica la dosis recibida por el paciente. La dosis efectiva recibida por un adulto en una exploración puede ser aproximadamente de la misma proporción que una persona promedio recibe de radiación natural o de fondo en tres años (17).

Las mujeres siempre deben informar a su médico y al tecnólogo de rayos X o TC si existe la posibilidad de que tengan embarazo, por mucho que esta probabilidad sea remota. En estos casos, debe realizarse un análisis riesgo / beneficio antes de someter al feto a la radiación X, además debido a que los niños son más sensibles a la radiación, se les debe someter a un estudio por TC únicamente si es fundamental para realizar un diagnóstico o salvar una vida, y no se les debe realizar estudios por TC en forma repetida a menos que sea absolutamente necesario (17) .

Usos de la TC

La TC permite estudiar casi todos los órganos internos del cuerpo, desde la cabeza hasta las extremidades, incluyendo los huesos, tejidos blandos, corazón y vasos sanguíneos. La TC es una exploración muy útil para evaluar o estudiar la extensión de los cánceres en especial en la zona craneana, como el cáncer de mama, cáncer de pulmón y cáncer de próstata (11). Asimismo, la TC es de gran utilidad en los servicios de emergencia, por su gran velocidad de barrido de cuerpo entero, que permite detectar eficazmente fracturas, hemorragias y lesiones de órganos en pocos segundos o minutos. En los últimos años, se ha mejorado su capacidad diagnóstica para el sistema cardiocirculatorio, pudiendo evaluar eficazmente enfermedades agudas y crónicas del corazón y de los vasos sanguíneos (12).

Otro uso es la simulación virtual y planificación de un tratamiento del cáncer con radioterapia, para lo cual es imprescindible el uso de imágenes en tres dimensiones que se obtienen de la TC (11).

Al principio la TC era una exploración cara y con pocas indicaciones de uso, pero en la actualidad es una exploración de rutina de cualquier hospital, habiéndose abaratado

mucho los costos. Con el desarrollo de la TC helicoidal, los cortes son más finos y precisos, incluso submilimétricos y la velocidad de barrido es mayor. Las nuevas TC multicorte incorporan varios anillos de detectores (típicamente entre 16 y 320), lo que permite la adquisición de múltiples cortes simultáneos en cada rotación del tubo de rayos X, lo que aumenta aún más la rapidez, logrando incluso obtener imágenes volumétricas en tiempo real (18).

TC en odontología

La necesidad creciente de mayor precisión en los diagnósticos y tratamientos dentales ha provocado un aumento en la demanda de técnicas de imágenes cada vez más precisas. Entre las distintas técnicas de diagnóstico mediante imagen empleadas en odontología, la TC es el único método que permite valorar adecuadamente el hueso y no provoca distorsiones geométricas en el proceso. Además, el desarrollo de programas informáticos específicos, prácticos y más amigables ha propiciado la creciente utilización de la TC en el campo de la Odontología (19).

Sin embargo, y aunque hay autores que la señalan como el método ideal para la planificación preimplantológica e incluso en el resto de patologías cuando la ortopantomografía no sea terminante, aún hay ciertas discrepancias respecto a su uso rutinario en la implantología dental por el efecto adverso y el riesgo a largo plazo que supone la radiación recibida por el paciente (20).

Una vez el equipo de TC ha terminado de analizar la zona de interés, el ordenador contiene una serie de datos en bruto que constituyen el volumen a analizar, dependiendo de cómo se le solicite al ordenador que seleccione esos datos, la imagen tendrá unas características u otras. Y por lo tanto, se obtendrá una información u otra (19).

Las diferentes maneras que se tiene para seleccionar los datos es lo que se denominan técnicas de reconstrucción de imagen. La misión del odontólogo es transmitir al radiólogo qué información necesita para que éste decida qué forma de reconstrucción de imagen es la más adecuada para conseguirla, dependiendo del tejido que se desea analizar, el anatomopatólogo escogerá la técnica de tinción que ponga en evidencia el tejido de interés. Sin embargo, a diferencia de la tinción histológica que solo puede hacerse una única vez en cada muestra, el ordenador permite seleccionar los datos de un

mismo volumen de cuantas maneras queramos hasta conseguir la información que se desea obtener (21).

Un ejemplo sencillo de este proceso de reconstrucción o reformado sería el corte según criterios geométricos del volumen (también llamado secuencia) de imágenes de TC de un maxilar superior, como se puede apreciar en la Figura 2. De esta manera obtendríamos imágenes planas en los planos axial, sagital y coronal.

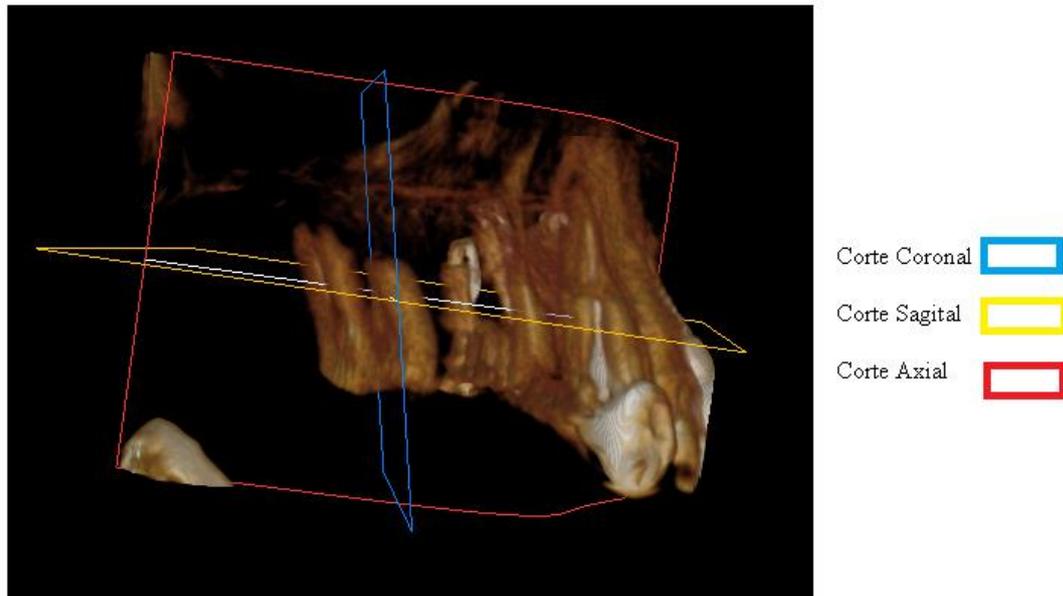


Figura 2. Definición de los planos axiales, sagital y coronal².

Diente

El diente es un órgano anatómico duro, enclavado en los procesos alveolares de los huesos maxilares y mandíbula a través de un tipo especial de articulación denominada gonfosis, en la que operan diferentes estructuras que lo conforman, como lo son el cemento dentario y hueso alveolar ambos unidos por el ligamento periodontal. El diente está compuesto por tejidos mineralizados, mayormente calcio, fósforo, magnesio que le otorgan dureza. En su conjunto forman al principio de la vida la dentición temporal o dientes de “leche” y la dentición permanente (22).

2 Fuente: Generación propia

La dentición temporal (decidua) consta de 20 dientes, cuya aparición comienza a los seis meses de vida aproximadamente y su recambio por órganos dentales permanentes dura hasta los 12 años aproximadamente. La dentición permanente inicia su erupción desde los seis años de edad aproximadamente e irá reemplazando a los dientes de la primera dentición hasta llegar a la edad adolescente. La dentición permanente consta de 32 dientes. En la edad de 16 a 25 años pueden llegar a erupcionar los terceros molares, también llamados "muelas del juicio o cordales", cuya retención dentro de los maxilares es recurrente (22).

Los dientes son estructuras que ayudan al proceso de la masticación de los alimentos, proceso indispensable para la digestión. Los dientes, ordenados desde el centro hacia las mandíbulas y de acuerdo a su función en la alimentación son los incisivos que cortan, los caninos que desgarran, los premolares que trituran y los molares que muelen (23).

Tejidos del diente

El diente (Figura 3) forma una estructura compleja con diferentes tipos de tejidos, que tienen diferentes características y funcionalidades, los cuales se muestran a continuación (22):

Esmalte dental: es un tejido formado por hidroxiapatita y proteínas (en muy baja proporción), es el tejido más duro del cuerpo humano, en zonas donde el esmalte es más delgado o se ha desgastado, puede sentirse mucha sensibilidad. El esmalte es translúcido, insensible al dolor pues en él no existen terminaciones nerviosas. Con el flúor se forman cristales de fluorhidroxiapatita que es mucho más resistente que la hidroxiapatita al ataque de la caries dental.

Dentina: tejido mineralizado, pero en menor proporción que el esmalte, es el responsable del color de los dientes. Contiene túbulos en donde se proyectan prolongaciones de los odontoblastos, llamados fribillas de Thomes, las cuales son las causantes de la sensibilidad.

Cemento radicular: tejido conectivo altamente especializado, es una capa dura, opaca y amarillenta que recubre la dentina a nivel de la raíz del diente. Se encarga de unir al órgano dentario con el hueso alveolar a través del ligamento periodontal.

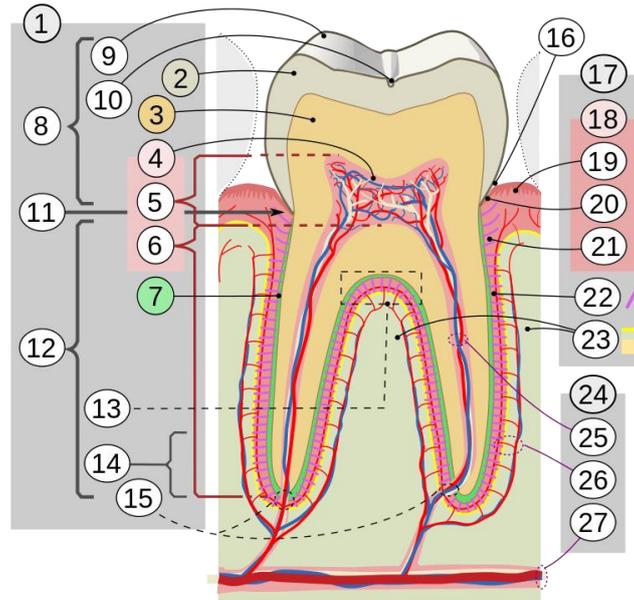


Figura 3. División morfológica de los dientes: 1. Diente 2. Esmalte 3. Dentina 4. Pulpa dental 5. Pulpa coronal o cameral 6. Pulpa radicular 7. Cemento 8. Corona 9. Cúspide 10. Surco 11. Cuello 12. Raíz 13. Furca 14. Ápice de la raíz 15. Foramen del ápice 16. Surco gingival 17. Periodonto 18. Encía: 19. libre o interdental 20. Marginal 21. Alveolar 22. Ligamento periodontal 23. Hueso alveolar 24. Irrigación e inervación: 25. dental 26. periodontal 27. a través del canal alveolar³

Pulpa dental: tejido mesodérmico que está constituida por un tejido suave que contiene vasos sanguíneos (arterias y venas) que conducen la sangre hacia el diente y por fibras nerviosas que otorgan sensibilidad al diente, dichos nervios atraviesan la raíz del diente por medio de finos canales. Su célula principal son los odontoblastos que son células tanto de la pulpa como de la dentina. Los odontoblastos poseen prolongaciones conocidas como Procesos Odontoblásticos o fribillas de Thomes, que se alojan en los túbulos dentinarios, junto con la dentina forma el órgano dentino-pulpar, los odontoblastos estos fabrican dentina y son los que mantienen viva a la dentina.

En la pulpa dentaria se encuentra alojado el paquete vasculo nervioso que está formado por un filete nervioso, una vena y una arteria, dándole la irrigación e inervación que el diente necesita para funcionar. La pulpa es sensible a la temperatura, a través de

3 Fuente:De Jordi March i Nogué, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29304888>

los conductillos dentinarios, formativa, nutre al diente, aporta sensibilidad, defiende al diente.

Periodonto: Conjunto de ligamentos que fijan el diente dentro del alveolo óseo del maxilar, básicamente son las estructuras que dan soporte y sustentabilidad al diente.

Caries



Figura 4. Diente Cariado⁴

La caries dental (Figura 4) es una lesión multifactorial de la estructura dentaria no transmisible mediada por bacterias, modulada por la dieta, que resulta en la pérdida de la red de minerales que forman los tejidos duros del diente (24). Es la patología bucal más prevalente a nivel mundial, afecta funciones básicas vitales como la alimentación y la nutrición y altera otras más complejas que influyen psicosocialmente en la vida de las personas (25).

4 Fuente: De Dozenist, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1471371>

Los términos caries dental o caries se pueden usar para identificar tanto el proceso de caries como la lesión cariosa (cavitada versus no cavitada) que se forma como resultado de ese proceso. Son causadas por la desmineralización del esmalte dental por ácidos, como el lactato y el acetato, formados a partir de la fermentación de azúcares y almidones por las bacterias en la placa dental. Las lesiones cariosas puede ser vista tanto en la corona como en la raíz de los dientes primarios y permanentes, y en superficies lisas, así como con fosas y fisuras, puede afectar el esmalte que cubre la corona, el cemento que es la capa más externa de la raíz y la dentina que es el tejido debajo del esmalte y el cemento (26).

La caries dental es una patología multifactorial que como tal cuenta con unos factores causales, una patogénesis, sus manifestaciones clínicas y una serie de factores de riesgo predisponentes. Se considera una infección bacteriana caracterizada por la destrucción de los tejidos calcificados del diente, debido a la acción de los desechos acidos de los microorganismos que integran el biofilm. Es una enfermedad transmisible y la mayoría de los niños adquieren las bacterias cariogénicas de manera vertical de la saliva de sus madres o cuidadores (27).

La caries se manifiesta con lesiones normalmente progresivas, que si no se tratan, aumentarán de tamaño, progresando hacia la pulpa dentaria, dando como resultado inflamación, dolor y finalmente, necrosis y pérdida de vitalidad del diente, pudiendo llegar a ocasionar un absceso en las estructuras maxilares o una celulitis. Pero a su vez, la caries no es un proceso simple y unidireccional de desmineralización, sino que puede ser cíclico, alternando periodos de desmineralización con periodos de remineralización, lo que posibilita la reparación y prevención (28).

METODOLOGÍA

Tipo y diseño de la investigación

El enfoque elegido del estudio es de tipo cuantitativo, eso quiere decir que se pretende cuantificar información recopilada para luego hacer un análisis de datos en investigación para su posterior estudio y análisis, asociando el fenómeno de estudio a hipótesis y un proceso deductivo, comprobando o no los supuestos hipotéticos interpuestos en la investigación.

El estudio es de tipo observacional, ya que no hay manipulación de las variables así que se observan los fenómenos tal como se dan por su propia naturaleza intrínseca y retrospectivo, ya que busca recopilar información registrada en tiempo pasado.

Es un estudio descriptivo debido a que la investigación busca especificar las propiedades de las variables sometiéndolas a análisis para su posterior evaluación durante el tiempo de recolección de información, sin enfocarse en las causas primordiales que generan estas variaciones, además es una investigación de tipo trasversal ya que las variables en estudio se medirán simultáneamente sin una trascendencia temporal mas allá del tiempo de recolección de información.

La investigación busca caracterizar el Espectro de Hounsfield que determina las características de absorción de la radiación del equipo de rayos x respecto a las características de los dientes sanos y cariados, de manera que pueda asociarse a características únicas de UH y esto facilite el diagnóstico y rápido estudio de casos.

Área o sede de estudio

El estudio se realizó en el Centro odontológico de investigación y docencia Dogma de practica privada (Dogma) con sede en la Av. Córdoba 2852, Capital federal.

Dogma cumplía con los criterios de elegibilidad, es decir, la presencia de las variables y la población en estudio que cumpliesen los requisitos de inclusión como para poder realizar el estudio, así como la autorización para acceder al mismo y extraer la información necesaria para la realización de la investigación. Dogma cuenta a su vez, con especialistas en implantología oral, en cirugía y traumatología maxilofacial, especialistas en prótesis, en endodoncia, en periodoncia y especialistas en operatoria dental. Dogma

cuenta con su propio departamento de diagnóstico radiológico. Se realizan estudios intraorales, radiología digital, radiografías panorámicas y tomografía lineal. Todos los estudios solicitados son monitoreados directamente por el profesional que los solicita.

Población y Muestra

La población en este caso estaba conformada por todo paciente mayor de 18 años de edad, sin distinción de raza o género que había acudido a Dogma y se le había diagnosticado con caries en al menos uno de sus molares, los cuales por motivos de tratamiento se habían sometido a un examen con TC y de los cuales se pudo acceder en la ficha medica de Dogma a su registro de imágenes médicas de TC, para extraer los datos necesarios para el proceso de caracterización, para cumplir con las normas de protección de datos en todo momento cualquier individuo de estudio se mantiene en el anonimato. La muestra de estudio se estableció en 40 individuos, una cantidad significativa para la realización de la caracterización considerando los procedimientos de cálculo.

Criterios de Inclusión

- Todo individuo mayor de 18 años que fue diagnosticado con caries al cual se le efectuó un TC y cuya información fue registrada y aún se mantiene en el registro de Dogma.

Criterios de Exclusión

- Tomografías que presentasen error de toma (movimiento).
- Pacientes de casos médico-legales, es decir grupo constituido por aquellas personas que acuden a solicitar servicios de imagen con una orden radiográfica proveniente del ministerio público por tener una demanda judicial en el fuero civil.
- Pacientes considerados pacientes especiales, que se define como cualquier individuo que requiera atención estomatológica especializada debido a alguna condición sistémica particular que así lo condicione.
- Pacientes con cirugías o elementos extraños que involucrasen o se relacionen con la dentadura.

Características de tomógrafo a caracterizar

En este estudio el aparato tomográfico que se usó fue un Kodak Carestream 9000 3D que cuenta con las siguientes características: Voltaje del tubo: 60 - 90 kV (max), corriente del tubo 2 - 15 mA (máx.) frecuencia 140 kHz (máx.), luz focal del tubo 0.5 mm (IEC 336), filtración completa > 2,5 mm equivalente a la altura. Modalidad 3D, Tecnología Tomografía volumétrica digital (TVD), tecnología del captador Sensor CMOS con fibra óptica, escala de grises 16384 - 14 bits Tamaño en volumen 50 x 37 mm tamaño del vóxel 76,5 x 76,5 x 76,5 μm (vóxel isotrópico).

El tomógrafo presenta su propia interfaz de usuario, donde se pueden acceder a la proyección de los cortes, la reconstrucción 3D y las herramientas para manipular la imagen, sus características y espectro UH, la interfaz se puede apreciar en la Figura 5.



Figura 5. Interfaz de usuario del tomógrafo⁵.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Una vez se accedió a la ficha clínica del individuo y se verificó que se le ha diagnosticado caries y cuyas imágenes tomográficas y estado del individuo cumplían con los criterios de inclusión, se procedió a analizar la imagen y a identificar el área careada, la zona de intereses tomada para la caracterización fueron tres, la zona cariada, la dentina

5 Fuente: Generación propia.

y el esmalte del diente, y las tres se tomaron siempre del mismo diente, para la experiencia se consideraron solamente los molares, puesto que su volumen es mayor y es más fácil de identificar.

Por cada imagen se tomaron las muestras de la zona cariada, la dentina y el esmalte del diente usando un ROI (región de interés) de 50 Píxeles de UH, el ROI permite un promedio de la zona lo que es más significativo que tomar un solo píxel, este proceso es una función que posee de forma predeterminada el software del equipo 9000 3D. Las UH de cada zona se registraron en un cuadro de doble entrada.

Procedimiento de caracterización

Para elaborar la caracterización, se procedió a evaluar los datos obtenidos y describirlos usando los estadísticos de media, moda, mediana y desviación estándar, además se evaluaron los cuartiles y percentiles de la muestra. Se representaron los valores de la UH obtenidos en el espectro de números UH ya conocido, para así establecer que lugar ocupan en el espectro conocido de Hounsfield.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Las muestras de UH tomadas para los molares en la zona del esmalte la dentina y la zona cariada en las condiciones ya establecidas se pueden apreciar en la tabla 1.

N	UH de Esmalte Normal	UH de Dentina Normal	UH de Tejido Cariado
1	1700	1074	505
2	1488	1180	281
3	1868	1135	678
4	2255	1099	592
5	1858	1187	406
6	1756	975	176
7	2196	1337	322
8	1961	997	524
9	2156	998	710
10	1402	952	731
11	1323	1066	217
12	2111	1055	140
13	2622	1313	511
14	2166	1024	364
15	1946	1133	568
16	1546	1156	327
17	1979	1064	679
18	2483	1195	178
19	1216	1131	448
20	1744	1013	253
21	2244	1025	152

22	2191	948	479
23	2243	1156	511
24	1656	815	312
25	1419	1179	119
26	1546	1155	309
27	1763	896	315
28	2036	1110	363
29	2142	1338	413
30	2323	1245	229
31	2125	1409	212
32	1512	1144	177
33	1906	1237	573
34	2331	1272	440
35	2655	756	293
36	1524	853	212
37	1571	1056	148
38	1889	1218	74
39	2013	1139	387
40	2112	1576	955

Tabla 1. Muestras recogidas y analizadas de los individuos con molares cariados.

En la tabla 1 se puede apreciar cómo hay una enorme diferencia entre las UH de el esmalte y la dentina, por lo que no queda duda de las deferencias de densidades entre los mismos, no obstante la zona cariada muestra un patrón aún más diferenciado, en la tabla 2 se puede apreciar los estadísticos que resumen los datos, donde la diferencia ente las UH de las estructuras del molar se ven aún más diferenciadas.

Estado del Diente	Variable	N	Media	Mediana	σ	Min	Max	Q1	Q3
Esmalte Normal	Unidades Hounsfield	40	1924	1954	356	1216	2655	1571	2166
Dentina Normal			1115	1132	161	756	1576	1013	1187
Tejido Cariado			382	345	200	74	955	212	511

Tabla 2. Estadístico de las muestras recogidas y analizadas de los individuos con molares cariados.

De la tabla 2 se puede apreciar como la muestra obtenida es bastante centralizada, con una media y una mediana que no se diferencian mucho, la desviación estándar σ de las muestras oscilan entre 161UH y 356 UH, ahora bien si se considera que los registros de UH suelen llegar hasta el valor de 1000 UH para tejido óseo, las unidades máximas alcanzadas para el esmalte normal y la dentina fueron de 2166 UH y 1187 UH respectivamente, por lo que estamos ante una estructura realmente densa, lo que es acorde con toda la bibliografía consultada sobre las estructuras del esmalte y la dentina del diente.

Para determinar en rango de UH para caracterizar la muestra, de manera que se utilice las medidas mas representativas, se debe hacer un estudio de donde se concentra la mayoría de las medidas y descartar las medidas extremas, para esta tarea lo mejor es hacer un gráfico de caja de la muestra de manera que pueda representarse y estudiar todo el rango de datos, el gráfico de caja elaborado se puede apreciar en la figura 6.

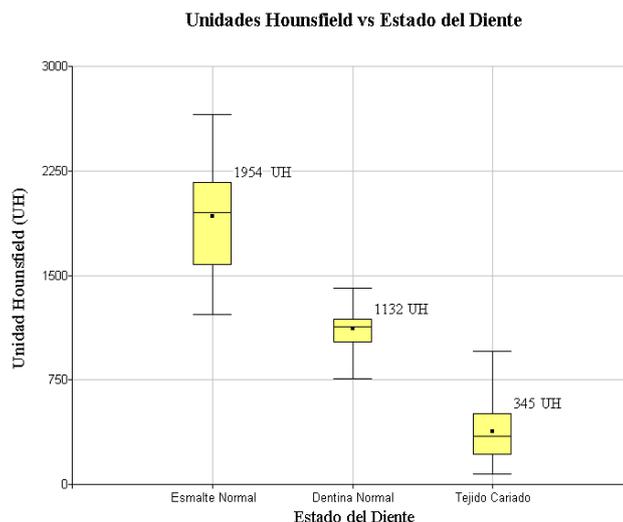


Figura 6. Gráfico de caja de las muestras recogidas, los valores que se pueden apreciar corresponden a las medianas de cada muestra¹.

Proceso de caracterización del Espectro de UH

Como se puede apreciar en el gráfico de caja, las UH de los diferentes estados del diente se entrecruzan para algunas medidas, por las condiciones de la caracterización se debe construir un rango de datos donde no se intercepten las medidas pero que sea representativo de la muestra recogida, y caracterice un espectro de Hounsfield de un esmalte normal, una dentina en estado normal y un diente cariado.

Caracterización del esmalte normal: como se pudo observar las UH de muestras en el esmalte van desde un mínimo de 1216 UH y un máximo de 2655 UH, una mediana de 1954 UH y una media de 1924, lo que indica que los valores se concentran en el segundo cuartil debajo de la mediana, además el tercer cuartil, en donde se concentran el 75% de las muestras está en 2166 UH.

Si se consideran que los valores de las escalas de Hounsfield suelen representarse hasta el número 1000 UH, es práctico para un proceso de caracterización recortar las medidas extremas de manera que no se alargue fuertemente la escala, por lo que considerando la concentración de los datos y este supuesto, se procede a establecer el valor máximo para la caracterización del esmalte normal en 2000 UH, un valor que concentra más del 75% de las muestras y que solo duplica el máximo que suelen tener las escalas de Hounsfield de 1000 UH, se procede a determinar el valor mínimo del espectro de UH del esmalte normal junto a los valores máximos de UH de la dentina normal a continuación.

Caracterización de la dentina normal: como se pudo observar en la descripción estadística y en el gráfico de caja las UH de las muestras en la dentina son mucho más concentradas en el centro cerca de la media y la mediana, van desde un mínimo de 756 UH y un máximo de 1576 UH, no obstante el valor de 1576 es un valor periférico extremo, descartándolo el gráfico de caja y llevando a los límites superiores a los valores de 1400 UH, este valor es representativo de la muestra y se encuentra en una región donde ya casi no se registran datos de UH del esmalte normal, por lo que se considera un valor pertinente para el valor máximo de UH de la dentina normal y mínimo del esmalte normal. Se procede a determinar el valor mínimo de la dentina normal junto a los valores máximos de UH del tejido cariado a continuación.

Caracterización del tejido cariado: Considerando los datos arrojados por el estudio estadístico y el gráfico de caja, se puede apreciar como los valores de UH para el tejido cariado se concentran en la parte inferior de la caja, donde el tercer percentil se obtiene en 511 UH, siendo su valor máximo 955 UH. Dado a que en el caso de las UH para la dentina su valor mínimo es de 756 UH, si se considera un promedio entre el valor máximo de UH para tejido cariado de 955 UH, el valor arrojado da un promedio de 855 UH, se considera entonces pertinente utilizar un valor de 850 UH para caracterizar el máximo posible para tejido cariado en el espectro UH.

El valor mínimo para el tejido cariado puede ser el mínimo obtenido de 74 UH, ya que los valores están muy concentrados en el percentil inferior, para fines prácticos se puede redondear a 80 UH, ya culminado el proceso de caracterización, los resultados se pueden apreciar en la tabla 3.

Valores UH	Esmalte Normal	Dentina Normal	Tejido Cariado
Valor Superior de UH	2000	1400	850
Valor Inferior de UH	1400	850	80

Tabla 3. Resultados finales de la caracterización del espectro UH, considerando el esmalte normal, la dentina normal y el tejido cariado.

Finalmente, se puede presentar el Espectro de Números Hounsfield mostrando los resultados obtenidos y considerando el resto de valores ya conocidos como el Agua (0 UH) o Hueso Cortical (800 UH – 1200 UH) como se puede apreciar en la figura 7.

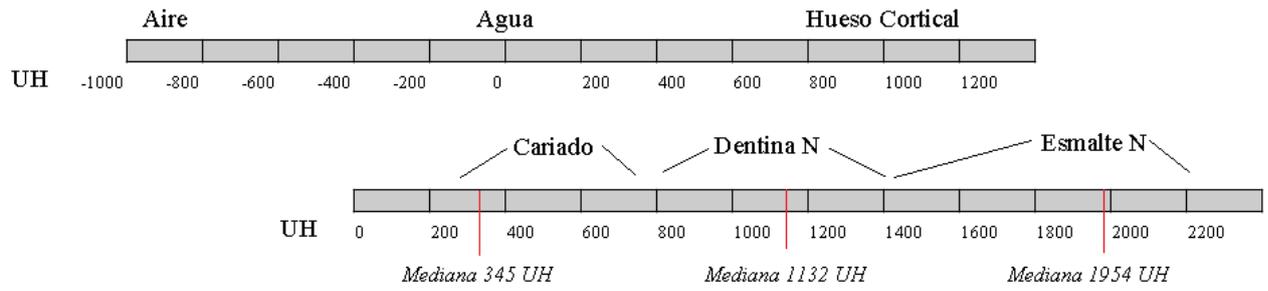


Figura 7. Espectro de Números Hounsfield considerando los valores caracterizados para el tejido cariado, la Dentina Normal y el Esmalte Normal hallado en esta investigación⁶.

⁶ Fuente: Generación propia.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las UH son muy prácticas y concisas para describir el proceso de absorción de la radiación de rayos x en el tejido humano, no obstante su apreciación debe ser considerada con cuidado ya que cada modelo de equipo de Tomografía tiene un tubo de rayos X con características únicas, y estas características únicas hacen que sea imposible que un mismo tejido tenga las mismas UH en todos los equipos tomográficos, considerando además que cada tejido de por si es diferente entre cada individuo de estudio.

Debe ser por estas causas que las UH suelen tener un espectro amplio para cada tejido, siendo solo un valor único el del agua de 0 UH y el del aire alrededor de -1000 UH, cosa que quedó demostrada en la investigación realizada, donde se pudo corroborar que para casos tan específicos como molares careados o en buen estado, el numero Hounsfield varía notablemente entre muestras, por lo que no es de extrañar que para caracterizar las unidades Hounsfield en esta investigación se consideraron valores espectrales notablemente diferenciados.

No obstante, como se ha demostrado en esta investigación, con las herramientas adecuadas y el proceso adecuado, es posible caracterizar el espectro de UH en cualquier tipo de tejido humano, en esta investigación se logró obtener un espectro UH para el tejido cariado y el tejido sano de molares de individuos de estudio, con valores bien diferenciada que en la práctica pueden ser usados para determinar rápidamente el estado de un diente.

En la práctica se usaron consideraciones y supuestos bien estructurados para evitar que los espectros obtenidos se solaparan, considerando por ejemplo la densidad estadística de los datos y los estadísticos obtenidos, teniendo en cuenta además la practicidad de a los que el espectro de UH se refiere, que mas que una medida de exactitud matemática es una referencia para identificar tejidos humanos, caracterizados de acuerdo a las condiciones experimentales que cada investigador estableció como referencia, obteniendo en este proceso como en estos anteriores para la muestra estudiada un espectro de UH robusto estadísticamente.

Cabe destacar que si bien se espera que los valores obtenidos sean una referencia para investigaciones futuras y que su uso sea practico, se debe advertir que los valores obtenidos en esta experiencia obedecen a características muy específicas de haz de rayos

X, voltaje, amperes y un tomógrafo específico, por lo que los resultados reproducidos en otros equipos podrían variar, no obstante los valores obtenidos son una referencia clara y utilizable en la práctica odontológica para identificar rápidamente tejido cariado, al menos de forma prospectiva hasta tener confirmación de resultados, esta práctica puede ser principalmente útil para casos donde el diente cariado no son tan evidentes, como la invasión de un implante, que suelen ser situaciones comunes en la práctica.

Conclusión

Las unidades Hounsfield en la práctica médica son invaluable, ya que permiten determinar rápidamente las características de un tejido dependiendo de estas unidades, y ya caracterizado en un espectro como se suele utilizar, se puede determinar bajo qué tipo de tejido e incluso que órgano específicamente se está estudiando.

El trabajo presentado fue una caracterización del espectro ya conocido de las unidades Hounsfield aplicado a la práctica odontológica, donde se pudo de manera robusta determinar el espectro para la dentina en estado normal, el esmalte del diente en condiciones normales y el tejido cariado, demostrándose que este último es abiertamente diferenciado del resto del tejido del diente, por lo menos en las condiciones específicas estudiadas para esta investigación.

Finalmente, los datos obtenidos pueden ser utilizados en la práctica médica cotidiana de cualquier servicio de odontología que requiera de alguna manera diagnosticar y reforzar un diagnóstico sobre el tejido cariado, pudiendo reproducirse las condiciones de esta investigación en cualquier equipo tomográfico, de manera que el conchiendo obtenido pueda ser utilizado por cualquier personal odontológico que lo requiera.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hernández Muñoz, S., & Mitjavila Casanovas, M. Introducción a la tomografía computarizada. *Revista española de medicina nuclear*, 25(3), 206–216; 2006. <https://doi.org/10.1157/13088421>.
2. Ramírez Giraldo, Juan Carlos, Arboleda Clavijo, Carolina y McCollough, Cynthia H. Tomografía Computarizada por rayos x: fundamentos y actualidad. *Revista Ingeniería Biomédica*, 2(4), 54-66; 2008. Obtenido el 8 de enero de 2022 de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622008000200008&lng=en&tlng=es.
3. Brink, J. A., Heiken, J. P., Wang, G., McEnery, K. W., Schlueter, F. J., & Vannier, M. W. . Helical CT: principles and technical considerations. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc*, 14(4), 887–893. 1994. <https://doi.org/10.1148/radiographics.14.4.7938775>.
4. Brink J. A. . Technical aspects of helical (spiral) CT. *Radiologic clinics of North America*, 33(5), 825–841. 1995.
5. Bosch E. Sir Godfrey Newbold Hounsfield y la tomografía computada, su contribución a la medicina moderna. *Revista Chilena de Radiología*, 10, 183-185. 2004.
6. Dellán A, Dorrego MV, Hernández-Andara A. Aplicación de las unidades hounsfield en tomografía computarizada como herramienta diagnóstica de las lesiones intra-óseas del complejo maxilo- mandibular: estudio clínico de diagnóstico. *Rev. Odontol. Univ. Cid. São Paulo*. 27(2): 100- 11. 2015.
7. Stoppie N, Pattijn V, Van Cleynenbreugel T, Wevers M, Vander Sloten J, Ignace N. .Structural and radiological parameters for the characterization of jawbone. *Clin Oral Implants*. 17(2):124-33. 2006.
8. Shapurian T, Damoulis PD, Reiser GM, Griffin TJ, Rand WM. .Quantitative evaluation of bone density using the Hounsfield index. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 21(2):290-7. 2006.
9. Tentoni U. Bases de radiofísica. España. 2007.
10. Webb S. The physics of medical imaging,, IOP Publishing Ltd, iunstitute of physics publishing, Brisol and Philadelphia. 1998.
11. Attix, F. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. John Wiley. 1986.

12. Bushong, Stewart Carlyle .Manual de Radiología para Técnicos. Física, Biología y Protección Radiológica. (9ª ed.). Elsevier.ISBN978-84-8086-636-1. 2008.
13. Bushberg J.T. The essential physics of medical imaging. Second Edition ed: Lippincot Williams & Wilkins. 2002.
14. Goldman L.W. Principles of CT and CT technology. Journal of Nuclear Medicine and Technology, 115-128. 2007.
15. Kalender W. Computed Tomography: Fundamentals, System Technology, Image Quality, Applications. 2nd Edition. Erlangen: Publicis Corporate Publishing. 2005.
16. Aguinaga, Héctor F, Rivera, Jairo A, Tamayo, Lynda J, Tobón R, Mauricio, Osorno Ch, Roberto C. Tomografía axial computarizada y resonancia magnética para la elaboración de un atlas de anatomía segmentaria a partir de criosecciones axiales del perro. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, vol. 19, núm. 4, pp. 451-459 Universidad de Antioquia Medellín, Colombia. 2006.
17. Pan X, Siewerdsen J, La Riviere PJ, Kalender WA. Development of x-ray computed tomography: The role of Medical Physics and AAPM from the 1970s to present. Med Phys,35:3728-39. 2008.
18. Tentoni U. Bases de radiofísica. España. 2007.
19. Mupparapu M, Singer SR. Implant imaging for the dentist. J Can Dent Assoc.70: 32. 2004.
20. Harris D, Buser D, Dula, K y cols. E.A.O. guidelines fo the use of diagnostic imaging in implant dentistry. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration in Trinity College Dublin. Clin Oral Implants Res. ;13:566-70. 2002.
- 21.Scribano E, Ascenti G, Mazziotti S, Blandino A, Racchiusa S, Gualniera P..Computed tomography in dental implantology: medico-legal implications. Radiol Med (Torino). 105:92-9. 2003.
22. Figun, Mario E., Garino,Ricardo R. Anatomía odontológica funcional y aplicada Segunda edición. Buenos Aires, Argentina: Ed. El Ateneo. 1997.
23. Zerón Agustín. Como conservar sus dientes y encías toda la vida: Odontología para pacientes. Colección Libros del Rincón. Ed. México. 2005.
- 24.Vita, Machiulskiene, Campus, Guglielmo, Carvalho, Johana . Terminology of dental caries an dental caries management: Consensus Report of a Workshop Organized

- by ORCA and Cariology Research Group of IADR. *Caries Research*: 7-14. doi:10.1159/000503309. 2020.
25. Petersen PE, Bourgeois D, Ogawa H, Estupinan-Day S, Ndiaye C. The global burden of oral diseases and risks to oral health. *Bull World Health Organ*. 2005 Sep; 83(9):661-9 Beaglehole R, Benzian H, Crail J, Mackay J. *The Oral Health Atlas. Mapping a neglected global health issue*. Coitrin: FDI World Health Federation. 2009.
26. Krämer, S. M., Serrano, M. C., Zillmann, G., Gálvez, P., Araya, I., Yanine, N., Carrasco-Labra, A., Oliva, P., Brignardello-Petersen, R., Villanueva, J., & DEBRA International. Oral health care for patients with epidermolysis bullosa--best clinical practice guidelines. *International journal of paediatric dentistry*, 22 Suppl 1, 1–35. 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2012.01247.x>
27. Fejerskov O. Changing paradigms in concepts on dental caries: consequences for oral health care. *Caries research*, 38(3), 182–191. 2004. <https://doi.org/10.1159/000077753>
28. Carounanindy, U., Sathyanarayanan, R. Dental caries. A complete changeover. *Conserv Dent*, 12, pp. 46-545. 2009.