



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICAS

TESIS:

**“Caracterización de imágenes con tumores
benignos en mamografías, a través de la
dimensión fractal y entropía”**

Mayo de 2023

Tesis presentada para obtener el grado de Licenciatura en
Física Aplicada

Presenta: Gerardo Gallardo Castellanos

Director de tesis: Dr. Javier Miguel Hernández López
Asesores de tesis: Dr. Cristian Heber Zepeda Fernández y Dr.
José Gerardo Suárez García

*Dedicado a
mi familia*

Agradecimientos

El tiempo, la vida, y el camino recorrido a lo largo de ella me ha dado como aprendizaje de lo que es el trabajo y la disciplina, dando como resultado esta tesis, que sin el apoyo de mis padres, mis hermanos, familia, pareja, docentes, directivos, compañeros y sobre todo mi universidad, no hubiera sido lo mismo.

Agradecido plenamente con mi universidad por hacerme formar parte de estos privilegiados alumnos que terminan su carrera, así como todo el amor brindado por mis padres y hermano en cada toma de decisiones que tomaba, por el soporte de mis compañeros por no dejarnos solos en los momentos más pesados, por el acompañamiento de mis amigos y pareja a lo largo de este tiempo que sin duda no hubiera sido lo mismo y sobre todo pero no menos importante, a mi persona, por nunca dudar de mi, por siempre creer en las capacidades que tenía y podía desarrollar, como fruto de todo este apoyo, soporte, amor, esfuerzo y sacrificio, es esta tesis.

Resumen

En el presente trabajo se estudian imágenes de mamografías las cuales presentan tumores benignos con diferentes tipos de tejido, los cuales son: graso (F), graso glandular (G) y denso glandular (D). Con el objetivo principal de detectar el área del tumor benigno y área de tejido sano de la mamografía y la ubicación de las mismas.

La obtención de las imágenes estudiadas se emplean de una base de datos de libre acceso perteneciente a la página PEIPA mini-MIAS de mamografías [19], para ello las imágenes deben estar en formato .PNG. Realizamos un programa escrito en C++ para transformar las imágenes recolectadas con una clase de imagen llamada TASImage del programa ROOT [20]. Esto hizo que la detección del área del tumor benigno y el área del tejido sano se obtuvieran de una manera rápida, localizando las zonas con mayor brillo detectado en la mamografía.

Para poder distinguir entre el área del tumor benigno y el área del tejido sano, con el resto de la mamografía se asocian la dimensión fractal y entropía de Shannon. Se calcularon para todos los antecedentes de tejido pertenecientes al área del tumor y tejido, obteniendo que los valores de la dimensión fractal son mayores para el área del tejido que para el área del tumor y que el valor de la entropía de Shannon es menor para el área del tejido que para el área del tumor.

Por último, se realizó un análisis de datos utilizando los valores obtenidos de dimensión fractal y entropía de Shannon previamente mencionados, para detectar la intensidad entre el área del tejido sano y área del tumor benigno.

En este estudio realizado para las mamografías con tumores de diferentes tipo de tejido están diagnosticadas, por lo que se puede aplicar a diferentes imagenes para mejorar visualmente este diagnóstico y su ubicación del tumor.

VI

Aclarando que este estudio no permite la diferenciación de un tumor benigno o un maligno

Índice general

	XI
1. Introducción	1
1.1. Cáncer de mama	1
1.2. Tumores	2
1.3. Tipos de cáncer	3
1.4. Diagnóstico	5
1.5. Formas de tratamiento	6
1.6. Rayos X	8
1.6.1. Cátodo de Rayos X	11
1.6.2. Ánodo de Rayos X	12
1.6.3. Diagnóstico	13
1.6.4. Radiografía	13
1.6.5. Fluoroscopia	14
1.6.6. TC (Tomografía computarizada)	14
1.6.7. Mamografía	14
1.6.8. Probabilidad de control tumoral y de complicaciones del tejido sano	15
1.7. Parámetros matemáticos	15
1.7.1. Dimensión fractal	16
1.7.2. Entropía	17
2. Metodología	21
2.1. Re-digitalización	22
2.2. Tumor y tejido	24
2.3. Tumores grasos	25
2.4. Tumor graso glandular	25
2.5. Tumor denso glandular	27
2.6. Dimensión fractal y entropía	27

3. Resultados	29
3.1. Valores destacados de los tumores	29
3.2. TEJIDO GRASO	30
3.3. TEJIDO GRASO GLANDULAR	33
3.4. TEJIDO DENSO GLANDULAR	36
3.5. Dimensión fractal y entropía	39
4. Conclusiones	43

Índice de figuras

1.1. Comparativa de división celular entre células normales y con daño en ADN	2
1.2. Muestra del tejido mamario en estado normal sin afectaciones en el tejido	4
1.3. Técnica de mastógrafo	5
1.4. Muestra de una extirpación de seno con tejido	7
1.5. Imágenes que ilustran el globo Mammosite en posición de tratamiento con semillas ficticias (semillas no radioactivas)	9
1.6. Sistema de rayos X, Las trazas B y E son fotones que han atravesado al paciente sin interactuar; Las trazas C y D son fotones dispersos, la traza D ha sido absorbido por la rejilla antidifusora; la traza A ha sido absorbido por el paciente . . .	10
1.7. Esquema del tubo de Rayos X:1.Circuito de baja tensión;2. Situación del ánodo; 3. Filamento del cátodo;4.Lado del cátodo;5.Anodo	11
1.8. El catodo del tubo de rayos X.	12
1.9. El ánodo del tubo de rayos X.	13
1.10. Inclinación del ánodo.	13
1.11. Mapa de intensidades con demostración del cálculo de $A(\varepsilon)$ en medida de la dimensión fractal	17
2.1. Mamografía digital con tumor (izquierda), mamografía re-digitalizada con tumor(derecha)	23
2.2. Mamografía obtenida con respecto a la salida de análisis de datos creada por el programa en C++ conforme se estudiaron los tumores con tejido grasos(1), grasos glandular(2) y denso glandular(3).	24
2.3. Tumor benigno detectado por el mapa de intensidades generado para un tejido graso, se puede identificar que el tumor es muy pequeño y visible	25

2.4.	Tumor benigno detectado por el mapa de intensidades generado para un tejido graso glandular, se observa que tras la densidad aumentada del tejido es menos probable que se detecte el tumor	26
2.5.	Tumor benigno detectado por el mapa de intensidades generado para un tejido denso glandular, el tejido es excesivamente denso y es complicado la detección del tumor	27
3.1.	Sección del tumor(izquierda), sección del tejido (derecha) . . .	29
3.2.	Histograma de la entropía contra la dimensión fractal para un tejido sano graso	30
3.3.	Histograma de la entropía contra la dimensión fractal para un tejido benigno (tumor) graso	31
3.4.	Gráfica de la entropía contra la dimensión fractal del tumor vs el tejido graso, para cada uno de los casos	31
3.5.	Histograma de la entropía contra la dimensión fractal para un tejido sano graso glandular	33
3.6.	Histograma de la entropía contra la dimensión fractal para un tejido benigno (tumor) graso glandular	33
3.7.	Gráfica de la entropía contra la dimensión fractal del tumor vs el tejido graso glandular, para cada uno de los casos	34
3.8.	Gráfica de la entropía contra la dimensión fractal para un tejido denso glandular	36
3.9.	Gráfica entropía vs dimensión fractal, en base a el tejido denso glandular de la mama	36
3.10.	Gráfica de la entropía contra la dimensión fractal del tumor vs el tejido denso glandular, para cada uno de los casos	37
3.11.	Gráfica dimensión fractal vs entropía, en base a el tejido benigno de la mama	39
3.12.	Gráfica dimensión fractal vs entropía, tomando los valores de tejido sano de la mama	40
3.13.	Gráfica del promedio dada por la tabla 3.4	41
3.14.	Gráfica de la desviación estándar dada por la tabla 3.5	42

Capítulo 1

Introducción

1.1. Cáncer de mama

Generalidades del cancer de mama

El cáncer se presenta en zonas del cuerpo cuando las células comienzan a crecer sin control, reproduciéndose y mutando en otras células anormales. Las células cancerosas regularmente forman un tumor que se aprecia en una radiografía o tocando la zona y detectando masas o bultos, en su mayoría en mujeres, pero no se descarta la presencia en hombres.

Figura 1.1 A muestra como las células se dividen controladamente. Cuando una célula normal muestra un cambio ya sea mutando o alterándose se muere como método de defensa, controlando estas alteraciones, este proceso se llama apoptosis. Figura 1.1 B muestra Las células cancerosas mutan y no son reparadas como en su proceso de defensa. [1]

El origen de las células cancerosas se debe a una alteración del ácido desoxirribonucleico (ADN).

Las células con normalidad reparan el ADN y mueren al cumplir su función. Caso contrario con las células cancerígenas que no mueren, crecen y se reproducen alteradamente, llegando a hacer metástasis en distintas partes del cuerpo partiendo del origen de las células cancerosas, creando nuevos tumores que reemplazan tejido normal [1].

Origen del cáncer de mama

El cáncer de seno comienza por los conductos que llevan la leche hacia el pezón (cáncer ductal), por las glándulas productoras de leche (cánceres lobulillares). El cáncer se puede comenzar en tejidos llamados sarcomas y

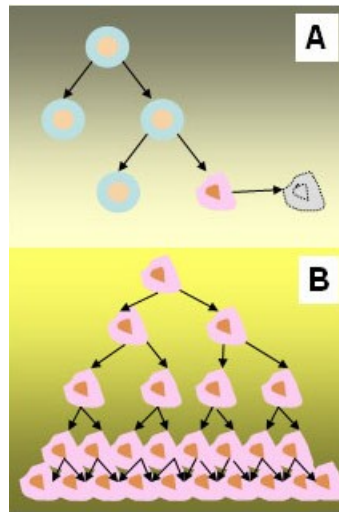


Figura 1.1: Comparativa de división celular entre células normales y con daño en ADN

linfomas, pero estos últimos se pueden o no considerar cáncer de seno, hasta llegar a un diagnóstico por el especialista [2].

1.2. Tumores

Malignos

El tumor maligno tiene un crecimiento localmente infiltrativo con destrucción en los tejidos adyacentes, invade las células que ofrecen menor resistencia, penetrando en nervios, vasos sanguíneos, glándulas, etc.

La mayoría de los casos se inician en las células que delimitan los ductos interiores en la mama (cáncer ductal), mientras que un número menor de incidencias tienen su origen en las células que delimitan los lóbulos (glándulas encargadas de producir leche).

Benignos

El tumor benigno se compone por un grupo de alteraciones en el tejido mamario las cuales no tienen la capacidad de diseminarse (como se muestra en la Figura 1.2), creando un grupo de signos y síntomas muy variados que se manifiestan por dolor mamario, masas, nodularidad, turgencia, irritabilidad, secreción y descarga por el pezón y/o inflamación e infección, que en algunos

casos pueden elevar el riesgo de patología mamaria maligna.

Los tumores presentados como bultos en las mamas en su mayoría son benignos y no cancerosos, estos son crecimientos anormales que se presentan en la mama con irregularidades. Estos bultos pueden aumentar y son riesgosos, ya que el porcentaje de padecer cáncer de mama es mayor. En esencia cualquier bulto o anomalía presentada en el seno y/o mama debe ser examinado y estudiado para obtener un diagnóstico de un tejido benigno o maligno.

1.3. Tipos de cáncer

Muchos tipos de cáncer de seno pueden causar un bulto, no todos lo hacen. Muchos cánceres de seno también se descubren en mamogramas de detección que pueden mostrar los cánceres en etapas más tempranas. Se pueden definir tipos de cáncer dependiendo las alteraciones moleculares y celulares que producen, con especificaciones para cada tipo. Para el caso de mamas se agrupan por el tejido que les dio origen, como se muestra a continuación.

Carcinoma ductal in situ

Es un cáncer de seno no invasivo o pre invasivo. Esto significa que las células que revisten los conductos son ahora células cancerosas, pero no se han propagado por las paredes de los conductos hasta el tejido mamario adyacente.

Carcinoma ductal invasivo (IDC, por sus siglas en inglés)

Es el tipo más común de cáncer de seno. Aproximadamente 8 de cada 10 cánceres de seno son carcinomas ductales invasivos (o infiltrantes). El IDC comienza en las células que revisten un conducto de leche en el seno. A partir de ahí, el cáncer invade la pared del conducto, y crece en los tejidos mamaros cercanos.

Carcinoma lobulillar invasivo (ILC, por sus siglas en inglés)

Comienza en las glándulas productoras de leche (lobulillos). Al igual que el IDC, se puede propagar (hacer metástasis) a otras partes del cuerpo. El carcinoma lobulillar invasivo puede ser más difícil de detectar en un examen físico y por un estudio por imágenes, como mamograma, que el carcinoma ductal invasivo.

Cáncer de seno triple negativo

El cáncer de seno triple negativo (TNBC, por sus siglas en inglés) representa alrededor del 10 % al 15 % de todos los cánceres de seno [3]. Las células de este cáncer no contienen receptores de estrógeno ni de progesterona. Tampoco producen exceso de la proteína. Este cáncer es más común en mujeres menores de 40 años, que son de raza negra o que tienen una mutación.

Cáncer de seno inflamatorio

El cáncer de seno inflamatorio (IBC, por sus siglas en inglés) es poco frecuente y representa alrededor del 1 % a 5 % de todos los cánceres de seno [4]. Es un tipo de carcinoma ductal invasivo, provoca síntomas de inflamación como hinchazón y enrojecimiento, pero los efectos de infección o lesión no causan este cáncer ni los síntomas.

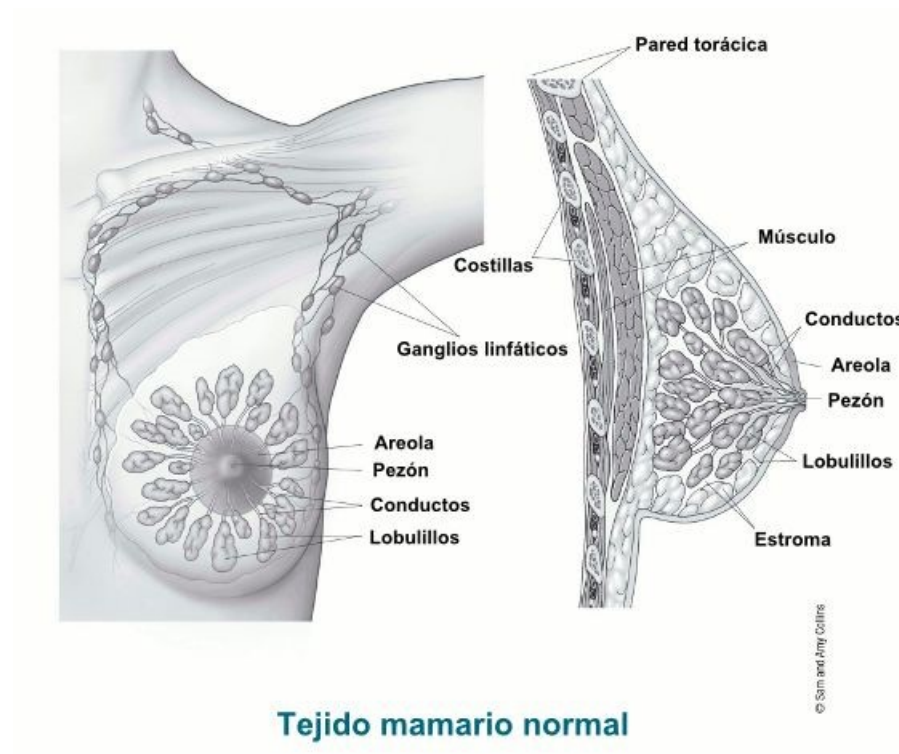


Figura 1.2: Muestra del tejido mamario en estado normal sin afectaciones en el tejido

1.4. Diagnóstico

Para un diagnóstico oportuno que permita la extensión de la vida a la paciente, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) recomienda realizar una historia clínica completa enfocada a identificar factores de riesgo para identificar patología mamaria [5].

-La edad recomendable para el inicio del examen médico mamario rutinario es a partir de los 19 años. Enfocado en la mastografía como se muestra en la Figura 1.3.

-En pacientes con BRCA1 y BRCA2 deben iniciar la exploración médica mamaria entre los 18 a 21 años de edad.

El IMSS se toma de referencia para el uso apropiado en estos diagnósticos, debido a que la Unidad de atención médica, La Coordinación de unidades médicas de alta especialidad y la División de excelencia clínica hicieron una guía de referencia rápida para este tipo de diagnóstico, unificando a los demás Institutos de atención médica para una detección globalizada. [5]

La recomendación de acuerdo a la edad, la Sociedad Americana de Cáncer (ACS, por sus siglas en inglés) [2] agrega qué si se trata de una mujer con alto riesgo de padecer cáncer de mama, es necesario practicarle una resonancia magnética y una mamografía cada año.

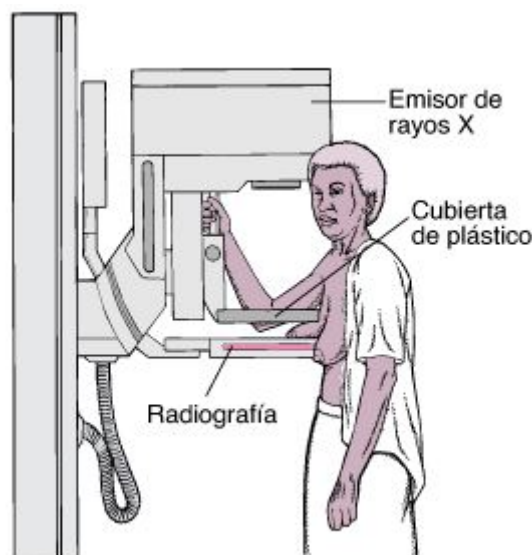


Figura 1.3: Técnica de mastógrafo

La herramienta básica para investigar problemas mamarios es la exploración

clínica mamaria. Complementando según el caso con mamografía, ultrasonido, resonancia magnética o estudios patológicos.

Los espectros de las condiciones benignas mamarias incluyen: tumores benignos (sólidos o quísticos), dolor o hipersensibilidad mamaria (mastalgia), papiloma intraductal y procesos inflamatorios (mastitis o necrosis grasa posterior a traumatismo). (Tabla 1.1)

Clasificación	Patologías
Tumores benignos	Fibroadenoma mamario, tumor phyllodes, papiloma canalicular, intracanicular, papilomatosis multiple
Displasias mamarias	Condición fibroquistica, adenosis mamaria
Padecimientos infecciosos e inflamatorios	Absceso mamario, mastitis del puerperio, ectasia de los conductos, enfermedad de Mondor
Miscelánea	Ginecomastia, hiperplasia, galactocele
Tumores malignos	Carcinoma mamario, sarcoma de mama

Cuadro 1.1: Características clínicas de los tumores mamarios

Los quistes mamarios pueden ser palpables o no palpables, simples o complejos. Hay que considerar las características clínicas de los tumores mamarios, nos pueden orientar a su benignidad o malignidad [5].

Pruebas de diagnóstico

El Ultrasonido mamario es un estudio recomendado en mujeres menores de 35 años como estudio de apoyo en la evaluación clínica de la patología mamaria benigna. En el ultrasonido y la mamografía, las mamas normales o con patología benigna pueden identificarse con ecogenicidad o densidad alta. El ultrasonido puede ser útil para distinguir no sólo entre quiste y nódulo sólido, sino que también entre masas benignas y malignas.

1.5. Formas de tratamiento

La mayoría de las mujeres que presentan alguna anomalía en el seno ya sea dada por un tejido maligno o benigno, la forma en la que se tratara es tomada por el oncólogo que trata al paciente, tomando en cuenta el tipo de

cáncer, lo avanzado que esta, el medicamento que lleve y/o cirugía, derivando el mejor tratamiento para el paciente [6].

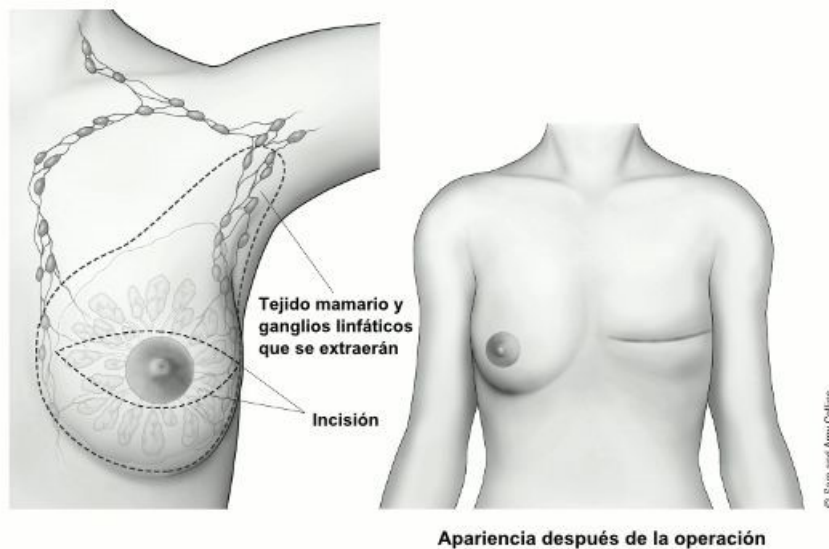
Quirúrgico

En la mayoría de las mujeres con cáncer de seno se emplea algún tipo de cirugía como parte del tratamiento. Hay diferentes tipos de cirugía de seno, y se pueden realizar por diferentes razones, dependiendo de cada situación; Como lo son eliminar todo el cáncer, si se ha propagado a los ganglios linfáticos, reconstrucción de la mama y aliviar síntomas [6].

Existen dos tipos de cirugía para extraer el seno:

1.-Cirugía de conservación del seno: Se extirpa solo la parte cancerígena con una pequeña parte del tejido normal circundante. El tamaño a extirpar, depende mucho del área del tumor a retirar.

2.-Mastectomía: Extirpación completa del seno, incluyendo tejido, existen diferentes tipos de mastectomías, las más comunes son la mastectomía total, mastectomía total preservadora de piel y la mastectomía radical modificada, que es la más utilizada en México por consecuencia de estadíos avanzados como se muestra en la Figura 1.4.



Mastectomía radical modificada

Figura 1.4: Muestra de una extirpación de seno con tejido

Quimioterapia

Consiste en usar medicamentos contra el cáncer administrados por vía intravenosa u oral. Los medicamentos pasan a través del torrente sanguíneo para llegar a las células cancerosas. En ocasiones, se puede administrar quimioterapia directamente en el líquido cefalorraquídeo que rodea el cerebro y la médula espinal.

Existen dos tipos de quimioterapia:

-La quimioterapia adyuvante: Es aquella que reduce un futuro padecimiento de crecimiento de células cancerígenas en la zona.

-La quimioterapia neoadyuvante: Se da antes de la cirugía en modo de reducción del tumor para que la extracción del mismo sea más fácil y con menos complicaciones [6].

Radioterapia

Es un tratamiento con partículas de alta energía (electrones o protones) u ondas electromagnéticas (fotones), que destruyen las células cancerosas. Algunas mujeres con cáncer de seno necesitarán radiación, además de otros tratamientos.

Braquiterapia

Es una forma de tratamiento en la que se coloca una fuente de radiación dentro del cuerpo del paciente, permitiendo así una dosis elevada a la dada comúnmente, delimitada por tamaño y localización del tumor.

Se utilizan dos tipos.

-La intracavitaria: Se dirige directo al área tumoral por medio de un tubo con un globo en un extremo. El tubo sale de la piel a través de un pequeño orificio como se muestra en la Figura 1.5.

-La intersticial: Se dirige directo al área donde esta el cáncer, colocando dos catéteres para colocar la dosis necesaria al paciente (alta o baja) [7].

1.6. Rayos X

Los rayos X son una forma de radiación electromagnética. Los rayos X se encuentran en la región del espectro por encima de la radiación ultravioleta. El espectro electromagnético está constituido por ondas electromagnéticas,

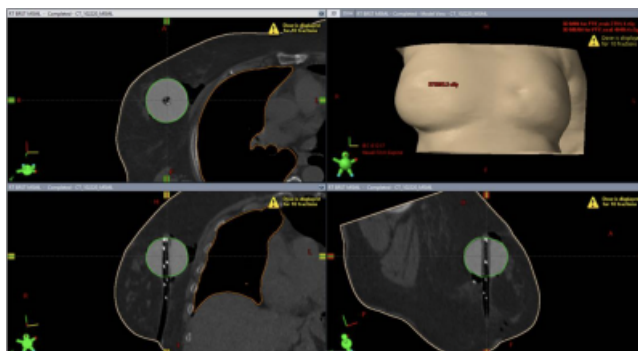


Figura 1.5: Imágenes que ilustran el globo Mammosite en posición de tratamiento con semillas ficticias (semillas no radioactivas)

como lo son las ondas de radio, microondas, rayos gamma, ultravioleta, infrarrojos, cósmicos, etc.

La principal diferencia de los rayos X con respecto a la luz visible, es su energía, ya que permite penetrar cierto tipo de materiales y este efecto se utiliza para tomar radiografías.

Un equipo de radiodiagnóstico cuenta con un tubo de rayos X el cual puede estar unido a una grúa de techo movable giratoria; Los rayos X a los cuales les daremos el nombre de fotones, es radiación propagada en el espacio a la velocidad de la luz, es decir, 300,000 km/s, atravesando cuerpos opacos y tiene la capacidad de ionizar materia.

Los rayos X se pueden representar como ondas, la cual su energía mantiene una relación inversa a la longitud de onda " λ ", es decir, a mayor longitud de onda, menor energía y a menor longitud de onda, mayor energía [8].

Operación

La Figura 1.6 muestra los componentes de un sistema de rayos X; Se describen las partes esenciales de un generador de rayos X. El cual el proceso comienza emitiendo fotones, los cuales pasan por el tubo y llegan al paciente, dependiendo de la energía de los fotones pueden pasar sin interactuar con los tejidos, ya que pueden dispersarse o absorberse por el cuerpo del paciente. Existen dos tipos de fotones implementados, que son los primarios y los dispersos, en los primarios son registrados por el sistema receptor formando la imagen, mientras que los dispersos forman una imagen de fondo que degrada la imagen principal de interés, estos fotones dispersos se pueden eliminar dependiendo el medio, ya sea por rejillas o espacios de aire que absorben la radiación dispersa [10].

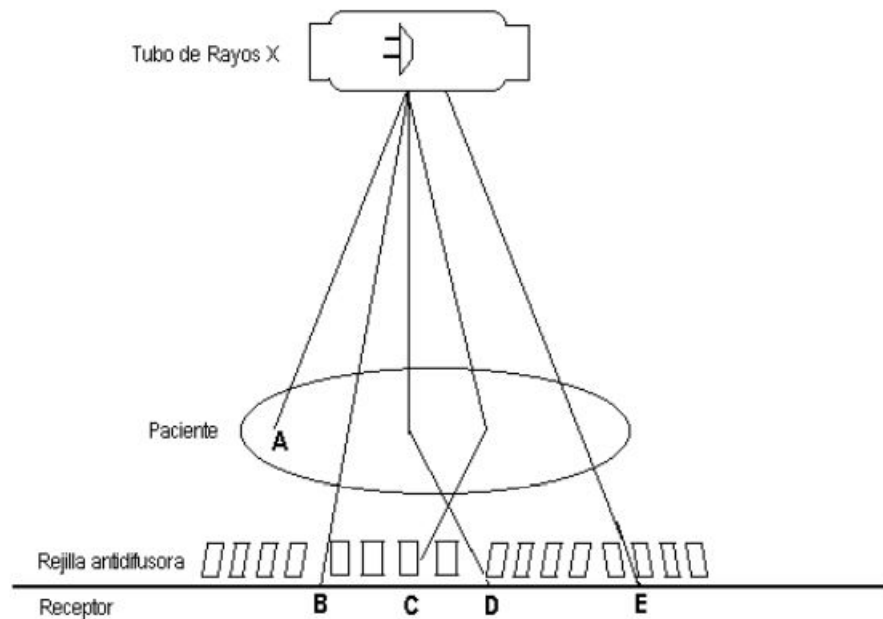


Figura 1.6: Sistema de rayos X, Las trazas B y E son fotones que han atravesado al paciente sin interactuar; Las trazas C y D son fotones dispersos, la traza D ha sido absorbido por la rejilla antidifusora; la traza A ha sido absorbido por el paciente

El tubo de rayos X es un aparato de vidrio sencillo pero ingenioso, con dos extremos donde se generan los Rayos X, para conseguir este proceso, el tubo de Rayos X constara de un pequeño filamento metálico llamado cátodo, que al ponerse incandescente, produce una nube de electrones por una elevada diferencia de potencial (kV) y choca contra una lamina metálica (ánodo) donde son frenados, liberando energía cinética con fotones constituyendo los Rayos X.

Podemos aclarar que los elementos descritos en la Figura 1.7 dentro del tubo, tienen que ser lo más rectilíneo posible y sin ninguna interferencia. El haz utilizado sale en dirección de la figura mostrada (mamografía) en cada caso estudiado, en la que el espesor del vidrio es menos que el resto, esto se denomina ventana de Rayos X (H en la imagen). Entre esta y el tubo existe un sistema de refrigeración para disipar el calor que produce el choque de los electrones contra el ánodo. La energía total producida es 99 % calor y el 1 % es Rayos X. [9]

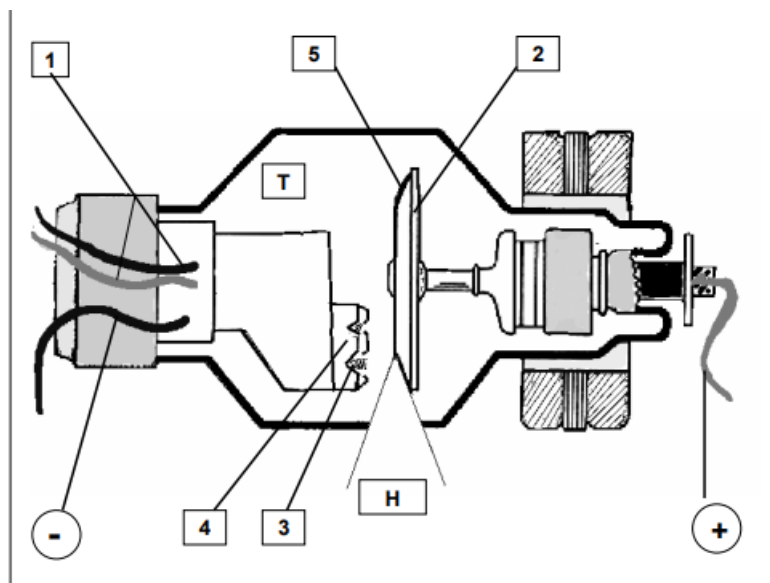


Figura 1.7: Esquema del tubo de Rayos X:1.Circuito de baja tensión;2. Situación del ánodo; 3. Filamento del cátodo;4.Lado del cátodo;5.Anodo

Los Rayos X producidos se llaman Bremsstrahlung y es la radiación resultante del frenado de electrones por el núcleo del átomo.

La cantidad de radiación es proporcional al producto del tiempo de irradiación por el número de electrones que llegan al ánodo. El mismo resultado se obtiene de una radiación de alta energía en un tiempo corto o por un tiempo más largo con menos energía [10].

Desde 1913 cuando se describió el tubo de Rayos X el filamento permanece sin modificaciones. La incorporación más importante es el ánodo giratorio frente al ánodo fijo, ya que aumenta la vida útil del tubo.

1.6.1. Cátodo de Rayos X

Es una pequeña bobina o muelle de Wolframio, este material tiene buena retención de emisión termiónica y punto de fusión elevado.

Los electrones por el efecto termiónico chocan en el ánodo en el menor espacio posible, por lo que se concentra el haz de electrones. En la Figura 1.8, se aprecia que cuanto mayor incandescencia se produzca en el cátodo, mayor será el número de electrones que saltarán en el átomo Wolframio

(emisión termoiónica) y mayor será el número de electrones dispuestos en la nube electrónica.[11]

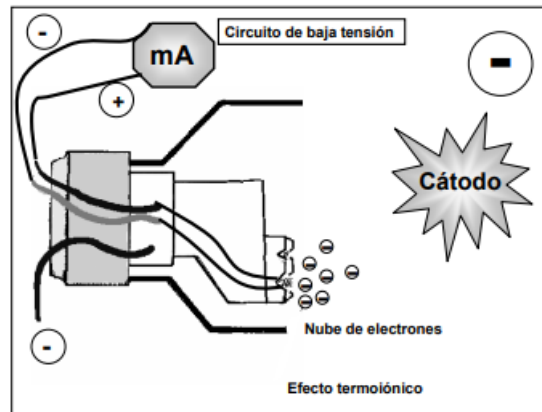


Figura 1.8: El cátodo del tubo de rayos X.

1.6.2. Ánodo de Rayos X

En el caso de los tubos de mamografía el material empleado es el Molibdeno y actualmente se fabrica con Radio-Paladio.

El tubo de Rayos X de filamento caliente debe de alcanzar una temperatura adecuada para que funcione. En el ánodo giratorio, la ampolla de vidrio esta contenida en un recipiente metálico, actuando como aislante de la radiación y de la corriente eléctrica, se encuentra rellena con aceite mineral para refrigerarse, como se muestra en la Figura 1.9. La estructura del ánodo consiste en un disco de Wolframio de 10-15 cm de diámetro y gira a una velocidad de 3,000 a 12,000 rpm girado por un motor de inducción.

La zona externa del disco giratorio actúa como ánodo presenta una inclinación con respecto a la perpendicular de los electrones (12° , 17°), mostrado en la Figura 1.10. La superficie será constante al choque, pero la parte del disco donde chocan los electrones, cambian continuamente. La producción de radiación es continua, el choque de electrones y la producción de calor ocurre en un punto distinto del disco, haciendo que la mayor cantidad de calor se disipe aumentando el calor del foco.[11]

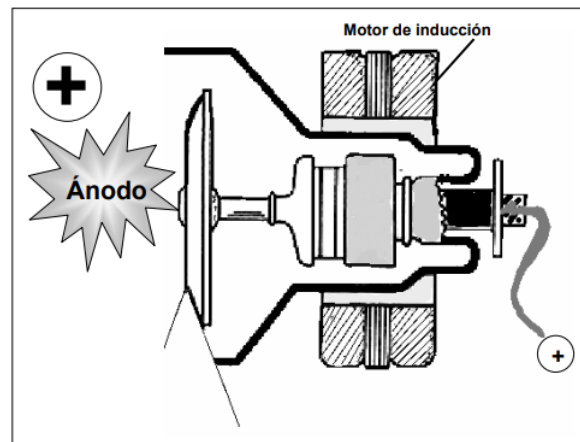


Figura 1.9: El ánodo del tubo de rayos X.

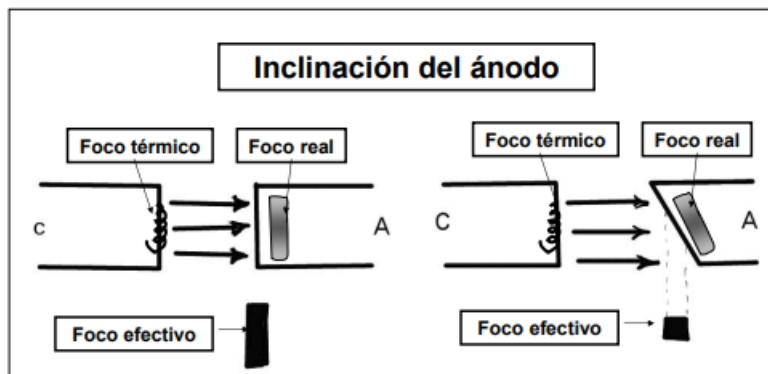


Figura 1.10: Inclinación del ánodo.

1.6.3. Diagnóstico

Actualmente existe una gran variedad de formas para obtener una imagen médica, todos estos modelos se basan en los rayos X, a lo que a continuación se darán ejemplos para el diagnóstico o tratamiento.

1.6.4. Radiografía

Detecta fracturas de hueso, ciertos tumores, anormalidades, lesiones, calcificaciones, etc.

1.6.5. Fluoroscopia

Se utiliza una pantalla fluorescente para obtener imágenes en tiempo real del movimiento dentro del cuerpo. Esta tecnología se utiliza también con un medio de contraste radiográfico para guiar procedimientos quirúrgicos.

1.6.6. TC (Tomografía computarizada)

La TC es capaz de cambiar diagnósticos clínicamente sospechados y aportar diagnósticos alternativos; se ha convertido en una técnica diagnóstica exigida de manera rutinaria hasta tal punto, que los especialistas médicos deciden realizarla para no incurrir en una mala práctica clínica.

Al final de 1973 la TC estaba constituida por un generador y un detector de haz de Rayos X acoplados en un gantry que giraba alrededor del paciente. Después se desarrolló un sistema de espirales que permitía la adquisición continua de la imagen.

El resultado de una TC ayuda su funcionamiento para que se optimice el aspecto de la imagen y así se detecte mejor cualquier anomalía presentada. Además, en el caso de que los píxeles de una imagen sean pequeños y al seleccionar el área de esos píxeles, se pueda aumentar y observar de mayor manera dicha región. Dándonos así que entre mayor es el espectro de la TC, mayor nitidez y resolución tendrá para su diagnóstico.

1.6.7. Mamografía

Es un método de imágenes de rayos X utilizado para examinar la mama para la detección temprana del cáncer. Los tumores tienden a presentarse como masas de forma regular e irregular, que son más brillantes en el fondo de la radiografía.

En una mamografía los tejidos de baja densidad, como la grasa, aparecen translucidos, mientras que el área del tejido denso, como grasa y glandular aparecen de manera más blanca sobre un fondo gris.

En una mamografía normal, se visualiza el seno de manera lateral y superior, para un mejor diagnóstico, aunque se pueden tomar diferentes vistas para que el médico tenga un mejor diagnóstico. [12]

Existen un método digital que utiliza las herramientas de obtención de mamografías tradicionales, pero en lugar de usar película se utiliza detectores de estado sólido para registrar el patrón de rayos X que pasa a través de la mama.

La computadora convierte estas señales en imágenes que tienen la capacidad

de disminuir la necesidad de las retomas, que son comunes con la mamografía de película debido a técnicas de exposición incorrectas o problemas con el desarrollo de la película [13].

Resultados de la mamografía

Un radiólogo examinará la mamografía buscando regiones con alta densidad o áreas inusuales que afecten al tejido de la mama. Estas áreas representan muchos tipos de anomalías, como los son tumores malignos, benignos, fibroadenomas o quistes complejos. Observando el tamaño, forma y contraste de la región tomada buscando la más mínima sospecha de algo inusual [14].

1.6.8. Probabilidad de control tumoral y de complicaciones del tejido sano

El estudio dosimétrico de los planes y formas de entrega del tratamiento, permiten hacer una evaluación de la calidad del plan, ya que con éste se puede hacer un estudio mejor elaborado y con especificaciones para el tratamiento de cáncer de mama.

La mayoría de modelos radiobiológicos se encuentran modelados matemáticamente, en este caso como variables de tamaño, tipo de tejido, secciones de tejido sano y canceroso.

Con esta modelación es posible hallar dos valores importantes para nuestro estudio como los son la dimensión fractal y la entropía.

1.7. Parámetros matemáticos

La medición de formas fractales ha obligado a introducir conceptos nuevos que van más allá del concepto geométrico clásico, se intenta medir en qué grado un objeto 2D llena el espacio 3D, o un objeto de dimensión 1 se asemeja a una superficie 2D. Esto sucede con la curva de Koch. Cada paso en la génesis de la curva aumenta un tercio su longitud. Es decir, la longitud de la curva que ocupa el espacio inicial va aumentando en cada paso su longitud de forma indefinida.

Cuando se quiere medir una línea fractal con una unidad, o con un instrumento de medida determinado, siempre habrá objetos más finos que escaparán a la sensibilidad de la regla o el instrumento utilizado [15].

Como precedente a la dimensión fractal nos encontramos con la dimensión

definida por Felix Hausdorff en 1919, perfeccionada más tarde por Besicovitch. La dimensión Hausdorff $H(X)$ mide el número de conjuntos de longitud L que hacen falta para cubrir X por L .

La dimensión fractal de un objeto geométrico es D si

$$N(L)L^D = 1 \quad (1.1)$$

- $N(L)$ es el número de objetos elementales o de unidades.

- L es el tamaño que recubren o que complementa el objeto.

Despejando D , tenemos

$$D = \log(N(L))/\log(1/L) \quad (1.2)$$

Sin embargo, se suele aceptar, e incluso definir, que un objeto es fractal solo cuando su dimensión fractal es mayor que su dimensión euclidiana:

$$D > DE \quad (1.3)$$

La dimensión euclidiana (DE) es un espacio vectorial completo dado por las componentes x , y y z , donde todas son ortogonales.

1.7.1. Dimensión fractal

Una formulación mas para obtener la dimensión fractal por intensidades, es mediante el cálculo de "técnica de conteo de cajas" descrita por Michael Barnsley (1985), que consiste en analizar patrones complejos dividiendo un conjunto de datos, objetos e imágenes, con el fin de obtener piezas más pequeñas, haciendo así una cuantificación de la escala fractal, dando una perspectiva práctica para su análisis [16].

El enfoque en cada pixel dado por la coordenada (x,y) en un imagen digitalizada, se toma como una dimensión vertical en 2D para cada pixel (de tamaño $\varepsilon \times \varepsilon$) en un proceso digitalizado. como se muestra a continuación.

El primer paso es determinar el área $A(\varepsilon)$ de toda la superficie dada por cada pixel de medida ε .

Esta superficie esta calculada por la suma del área de cada pixel ε^2 la cual es el área de la cara superior de las barras, sumado a la diferencia de intensidad máxima de toda la imagen y su epsilon de (x_0, y_0) menos todas las intensidades que componen el plano (x,y) todo esto multiplicado por ε

$$A(\varepsilon) = \sum_{x,y} \varepsilon^2 + \sum_{x,y} \varepsilon |i_\varepsilon(x_0, y_0) - i_\varepsilon(x, y)| \quad (1.4)$$

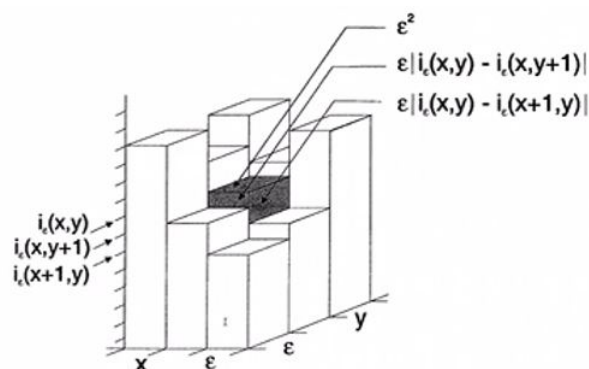


Figura 1.11: Mapa de intensidades con demostración del cálculo de $A(\epsilon)$ en medida de la dimensión fractal

La dimensión fractal de estas imágenes en 2d se calcula como:

$$D = 2 - \frac{\log[A(\epsilon)]}{\log(\epsilon)} \quad (1.5)$$

- ϵ mide el lado de un píxel de la imagen

- $A(\epsilon)$ es la suma del área de todas las caras superiores de las barras, como se muestra en la figura 1.7

Las líneas señaladas de la figura 1.7 muestran las diferencias del valor máximo de intensidad con sus barras vecinas, pero la segunda sumatoria se realiza sobre todas las coordenadas (x,y) .

Notar que el cálculo se puede hacer a toda la imagen o a una sola parte.

1.7.2. Entropía

El término en entropía se atribuye a Rudolf Clausius en 1851, quien fue uno de los formuladores de la segunda ley de la termodinámica.

La entropía se define por sus consideraciones estadísticas y probabilísticas, una definición que generalmente ocupa es: “Una medida de incertidumbre promedio, se calcula a partir de la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los eventos”.

Para realizar la entropía se necesita la teoría de probabilidad, que consta de manejar una gran cantidad de acontecimientos causales, pero en conjunto predecibles probabilísticamente [18].

Entropía de Shannon

Claude Shannon definió una forma de medir la entropía de manera que contenga una variable aleatoria

$$S = - \sum_{i=1}^n P(i) \log_2(P(i)) \quad (1.6)$$

- \log_2 Es la probabilidad de incertidumbre basada en dos eventos
 $C_i = \log_2(n) = \log_2[1/(1/n)] = \log_2(1/p) = \log_2(1) - \log_2(p) = -\log_2(p)$
- n es el número de eventos (2)
- p es 1/n y es la probabilidad que se de cada una de las combinaciones.
- P(i) son los valores de la intensidad que van de 0 a 1.
- C_i es como se expresa la expresión

El sistema total se forma por un conjunto de acontecimientos o eventos los cuales ocurren una a la vez, este conjunto conforma el sistema total, puede contener un número N de eventos $S = E_1, E_2, E_3, \dots, E_N$, cada uno con probabilidad de ocurrencia $i = 1, 2, 3, \dots, N$

Al tener ciertos eventos con sus probabilidades de ocurrencia se describe como un estado de incertidumbre, el cual puede variar ya que la probabilidad que ocurra un evento en específico tiende a ser diferente o igual a otro evento.

Para la entropía de Shannon se maneja una alta probabilidad de incertidumbre, ya que está basado en un sistema de dos eventos (si, no) con probabilidad del 50% y por lo tanto se maneja el algoritmo en base 2, como se muestra en la ecuación 1.6.

Base Logarítmica	Unidad
2 (Binaria)	Bits
10 (Decimal)	Dits
Número e	Nats

Cuadro 1.2: Base logarítmica de la entropía

Para poder medir la incertidumbre que proporciona eventos se necesita una

fórmula que represente esta incertidumbre, como lo es:

$$H(E) = - \sum_{e \in E} P(e) \log_b P(e) \quad (1.7)$$

Donde el sub índice b representa la base del logaritmo, como se logra apreciar en la Tabla 1.2, tomaremos la base binaria 2.

Sin faltar mencionar que la entropía de Shannon se basa en la información específica que se le dé a un evento, la cual podemos llamar como atributo.

Capítulo 2

Metodología

Se recopila una serie de muestras de 54 mamografías para tumores tipo benigno que se encuentran en la página Pilot European Image Processing Archive (PEIPA): la base de datos de libre acceso, perteneciente a un estudio mini-MIAS [19] en el cual se da la información acerca del tipo de tumor, así como el sexo que es femenino, y los tipos de pacientes; Así como también el tipo de antecedente, tipo de anomalía y tipo de gravedad.

Como mencionamos los tipos de antecedentes descriptivos en el estudio fueron los grasos (F), graso glandular (G) y denso glandular (D) como se muestra en la Tabla 2.1

F	GRASO
G	GRASO GLANDULAR
D	DENSO GLANDULAR

Cuadro 2.1: Antecedentes del tejido

Para los tipos de anomalías presentados en el tumor se clasifican con respecto a el tipo de antecedente del tejido, haciendo así una ramificación de las anomalías, mostrado en la Tabla 2.2

Sin dejar atrás el tipo de gravedad del tejido de la mamografía descriptiva en cada uno de los casos, ya sea con su respectiva anomalía y antecedente, se clasifica en benigno o maligno (Tabla 2.3)

Se proporcionan información acerca de las imágenes que tomamos para nuestro estudio como lo son: coordenadas (x, y) con origen en el centro de la imagen, estas coordenadas se proporcionan en el PEIPA y su rango de las coordenadas ira del punto -1 a 1, esto es arbitrario pero es una normalización

ANOMALÍAS PRESENTES	
CALC	CALCIFICACIÓN
CIRC	MASAS BIEN DEFINIDAS/CIRCUNSCRITAS
SPIC	MASAS ESPECULADAS
MISC	MASAS MAL DEFINIDAS
ARCH	DISTORCIÓN ARQUITECTÓNICA
ASYM	ASIMETRÍA
NORM	NORMAL

Cuadro 2.2: Anomalías presentes en los tumores describiendo en el tejido

GRAVEDAD DE ANOMALÍA	
B	BENIGNA
M	MALIGNA

Cuadro 2.3: Anomalías que puede tener un tumor en forma de su gravedad

ajustada a nuestras necesidades, ya que no es una imagen en escala real, teniendo estos elementos característicos de la imagen con coordenadas (x,y) se transforman a un punto (x_1, y_1) y el radio aproximado en pixeles del circulo de las anomalías.

Hacemos una transformación de formato de las imágenes recolectadas, utilizando la interfaz TASImage del programa ROOT [20], la cual permite la lectura y escritura de imágenes en diferentes formatos. El tamaño de la imagen de la mamografía no depende del tamaño original, sino del tamaño del pad, el cual es 1024x1024 pixeles para cada una de las muestras de la mamografía tomadas del PEIPA y así se realizara el análisis en el programa ROOT.

2.1. Re-digitalización

Se realiza una re-digitalización, que consiste en asignarle a cada bin de la imagen una tonalidad de escala de grises distinta. Para lo cual cuando se re-digitaliza si un bin es muy brillante se le asignan colores claros para la escala, asociando también valores altos para la intensidad; Como está normalizado los valores van de 0 a 1, por lo que también consideramos el lado opuesto, tomando en cuenta que si el bin es más oscuro se le asignaran colores opacos en la escala, asociando valores bajos para la intensidad.

Este proceso se da para cada bin estudiado de las 54 mamografías re-

dogotalizadas, haciendo que cambien su intensidad de tonalidades de grises dependiendo del tipo de antecedentes del tejido que pertenezcan.

En la Figura 2.1 muestra la comparación de la mamografía (imagen izquierda) contra la imagen re-digitalizada con escala de grises (imagen derecha). En esta imagen se logra apreciar como la mama y la re-digitalización mantienen su estructura, pero ya con la variación del brillo y escala de grises entre una y otra.

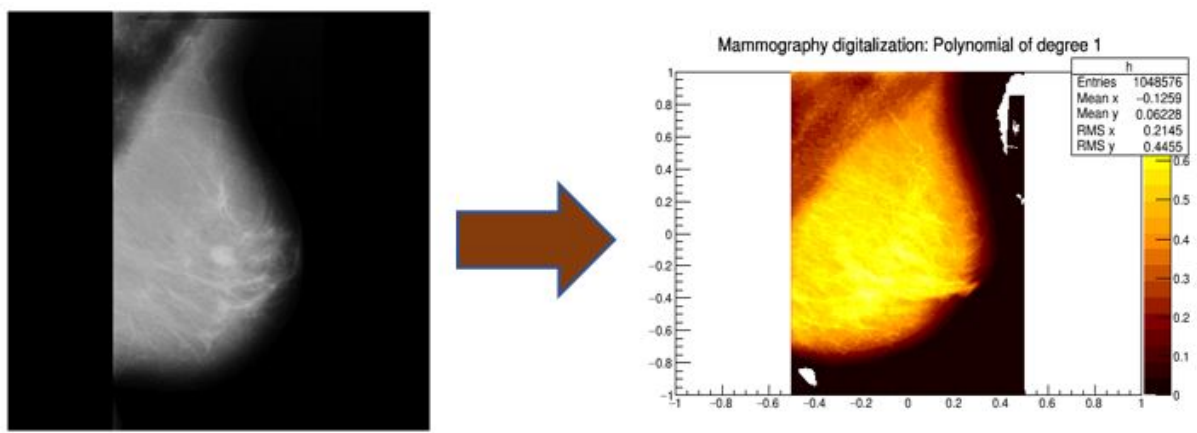


Figura 2.1: Mamografía digital con tumor (izquierda), mamografía re-digitalizada con tumor(derecha)

2.2. Tumor y tejido

Ahora es posible obtener los valores del tejido del tumor los cuales se dan de manera simultánea con las coordenadas y la frecuencia máxima, el programa realizado consiste en dos partes muy sencillas, la primera consta de mandar a llamar la imagen descargada de los archivos de MINI-MIAS en este caso las imágenes ya están en formato .PNG que es el formato solicitado en el programa, las imágenes transformadas (54 muestras) tienen diferente antecedente de tejido por lo cual se deben separar conforme a la descripción proporcionada en el MINI-MIAS, tomando en cuenta que la Figura 2.2 se utiliza para mostrar el conjunto de imágenes obtenidas en cada muestra.

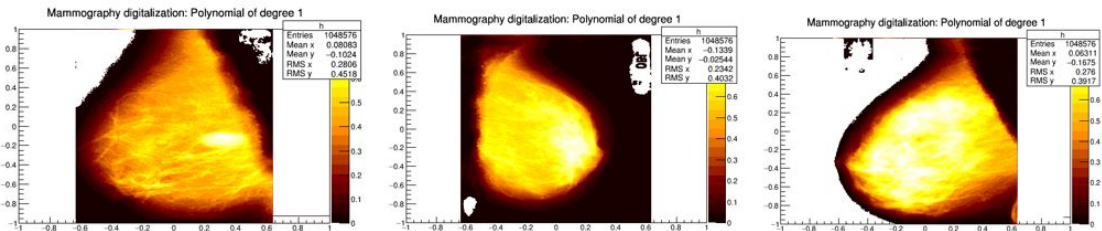


Figura 2.2: Mamografía obtenida con respecto a la salida de análisis de datos creada por el programa en C++ conforme se estudiaron los tumores con tejido grasos(1), grasos glandular(2) y denso glandular(3).

Se analizan las imágenes con respecto al binaje en su eje (x,y), luego se crea de manera continua un archivo, en él se guarda información que nosotros ocuparemos posteriormente para los diferentes programas a realizar, y la segunda parte consta de llamar las coordenadas obtenidas y su frecuencia obteniendo la posición del tejido del tumor.

Por último se creó un programa con el fin de tomar un fragmento de la mama, en este caso el tejido; Un tejido limpio, sin presencia de tumores o ramificaciones del mismo, para ello se toman las coordenadas que el usuario elija fuera del área del tumor benigno, se escriben y se delimita el fragmento del área del tejido sano, con el fin de comparar ambas áreas, dándonos esto sus coordenadas específicas del área del tejido con su respectiva frecuencia.

Tomando en cuenta la división que se generara para comparar ambas áreas tomaremos de manera descriptiva cada una de ellas:

2.3. Tumores grasos

Para el caso de los tumores grasos se tomaron 18 muestras para su estudio, el tejido graso es simplemente adiposo, el cual se encuentra cerca de un 10 % de las mujeres lo que hace que nos proteja los órganos y se aísla del cuerpo [17], como se muestra en la Figura 2.3 el análisis dado para el estudio de la mama con tumor benigno, nos muestra una pequeña disminución del tumor, en el caso específico de la imagen presentada, el seno es grande y con gran cantidad de tejido adiposo, lo cual nos permite tener una dimensión fractal un poco alta y una entropía promedio a las demás.

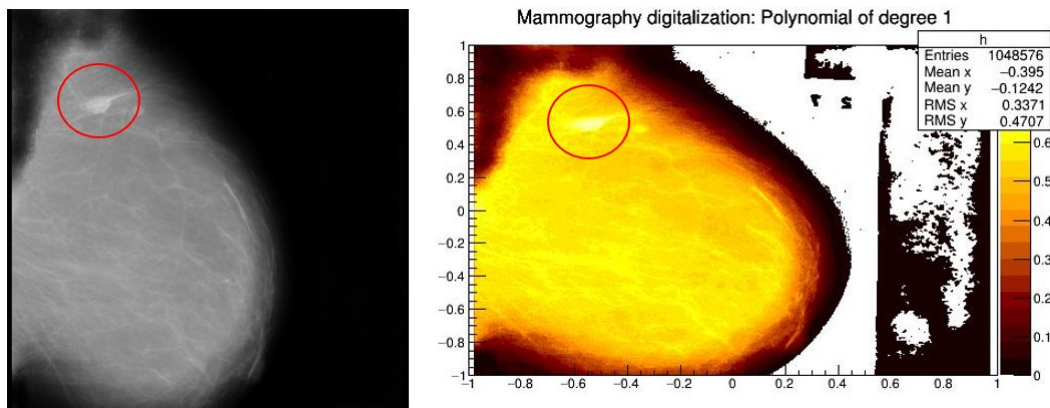


Figura 2.3: Tumor benigno detectado por el mapa de intensidades generado para un tejido graso, se puede identificar que el tumor es muy pequeño y visible

2.4. Tumor graso glandular

El caso de los tumores grasos se tomaron 18 muestras para su estudio, el tejido graso glandular es fibroso y denso se hacen presente en poca dimensión, la presencia de una poca dimensión, nos hace ver que se puede encontrar disperso en el seno, y este se encuentra en el 40 % de las mujeres [17]. Como lo muestra la Figura 2.4 provoca una pequeña dificultad al momento de analizar el tumor benigno, haciendo que la dimensión fractal sea menor que

en los tumores grasos, pero con una entropía regular-promedio.

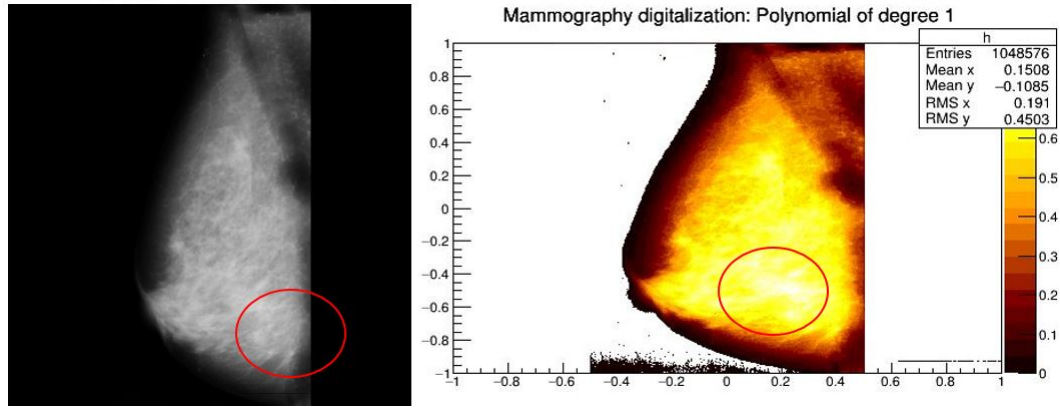


Figura 2.4: Tumor benigno detectado por el mapa de intensidades generado para un tejido graso glandular, se observa que tras la densidad aumentada del tejido es menos probable que se detecte el tumor

2.5. Tumor denso glandular

En este caso de igual forma se tomaron 18 muestras para su estudio, la mayor parte del seno está cubierta por tejido denso glandular y tejido fibroso, descrito como heterogéneamente denso, el cual esta presente en muchas zonas de tejido glandular y tejido fibroso, este se encuentra presente en el 40 % de las mujeres [17]. Como podemos ver en la Figura 2.5 la detección del tumor se nos hace un trabajo sumamente complicado, pero no imposible, lo cual nos da como resultado una dimensión fractal mucho menor, pero con la entropía debajo de la media.

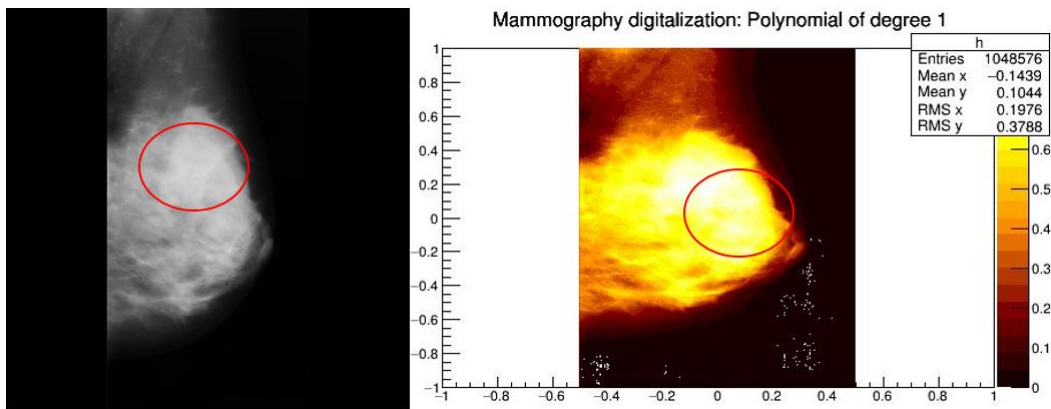


Figura 2.5: Tumor benigno detectado por el mapa de intensidades generado para un tejido denso glandular, el tejido es excesivamente denso y es complicado la detección del tumor

2.6. Dimensión fractal y entropía

Siguiendo el proceso de recolección de datos, el programa constara de tres secciones sencillas:

-La primera consiste en obtener un archivo en el cual, las dos primeras columnas es de su posición, (x,y) de cada bin y la tercera el valor del bin normalizado.

-La segunda parte consta de definir el cálculo para la dimensión fractal el cual nos basaremos en el mapa de intensidades descrito en la Figura 1.7 observando la Figura podemos tomar que el rango que abarca va de $(-1, 1)$ y el rango de intensidades es $(0, 1)$, tomando en cuenta que la altura se define por i y el ancho se define por ε en la ubicación de la barra corresponde a cada bin del mapa re-digitalizado en escala de grises, con una intensidad $i_m a x$, tomando en cuenta la Ecuación 1.5 definiremos la $\varepsilon = 0,007$ que es el bin para todas las imágenes y usamos una suma para cada bin; Para que al término de cada resultado para la dimensión fractal tengamos que para el tumor la $i_m a x$ se tome del centro del tumor y para el tejido su $i_m a x$ se tome del cuadrante más alto sumando la contribución del bin de toda la selección y definiendo a $A(\varepsilon)$ como el área visible del esquema manejando las coordenadas x, y, i . Para la entropía de Shannon utilizamos la Ecuación 1.6 definiendo a $p(i)$ como la intensidad de los valores i -esimos de cada bin del cuadrante y n como el número total de bins en el cuadrante, haciendo así que, para el resultado de entropía en el área del tumor benigno contra el área del tejido sano, la del tumor sea más pequeña en comparación con la del tejido.

-Y la tercera es la obtención de datos de estos, obteniendo así los resultados para los grupos correspondientes.

Tras recolectar todos los resultados de los programas se fraccionan con base a los antecedentes de los tejidos (graso, graso glandular y denso glandular) realizando un último programa en el cual están seccionados los antecedentes del tejido conforme a su coordenada correspondiente: X para la entropía y Y para la dimensión fractal, obteniendo así una gráfica representativa de cada uno, diferenciándolo por colores la cual muestra su distribución de cada una con sus tejidos y cómo se comportan; Finalizando en la construcción del conjunto de todos de los tejidos.

Capítulo 3

Resultados

3.1. Valores destacados de los tumores

Para todas las muestras de mamografías se delimitó la sección del área del tumor y el área del tejido, con el fin de explicar cada sección con sus antecedentes del tejido, como se muestra en la Figura 3.1, dando pauta al análisis del área de las mismas, como se muestra a continuación:

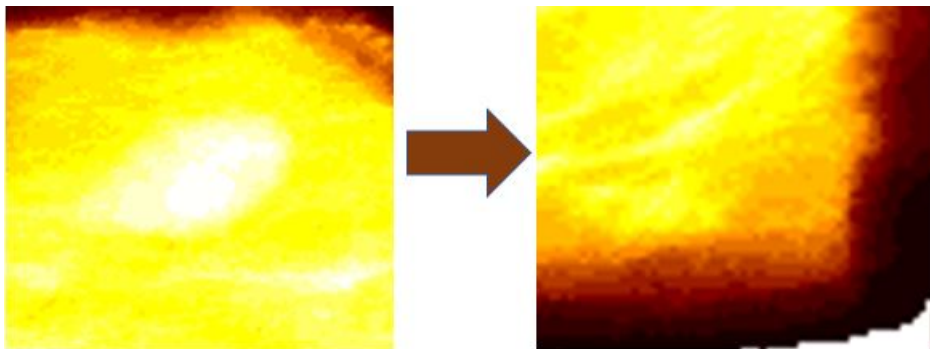


Figura 3.1: Sección del tumor(izquierda), sección del tejido (derecha)

La longitud de la línea fractal depende de la longitud de instrumento, o de la unidad de medida que tomemos, la noción de longitud en estos casos, carece de sentido. Por ello las líneas fractales nos va a indicar de qué forma o en que medida una línea fractal llena una porción de plano. Y que además sea una generalización de la dimensión euclidiana.

En el caso de nuestro análisis de datos conforme al estudio de cada una de las imágenes con sus diferentes antecedentes de tejido benigno (graso, denso glandular y graso glandular) Figura 3.3, 3.6, 3.9 y de tejido sano Figura 3.2, 3.5, 3.8 se realizó un histograma conforme al entropía y la dimensión fractal,

la cual nos permite observar el incremento y la disminución de la dimensión fractal con respecto a su tipo de tejido, pero se mantiene una media en la entropía como lo analizábamos en cada caso de tejido.

3.2. TEJIDO GRASO

ANÁLISIS DEL ÁREA DEL TUMOR BENIGNO Y DEL ÁREA DEL TEJIDO SANO EN LA MAMOGRAFÍA

Se propuso un análisis de intensidades para mostrar la distinción de áreas por tejido benigno y tejido sano (Figura 3.2 y 3.3), dandonos como resultado una gráfica que muestra la diferencia de las mismas, para así obtener la dimensión fractal con respecto a la entropía.

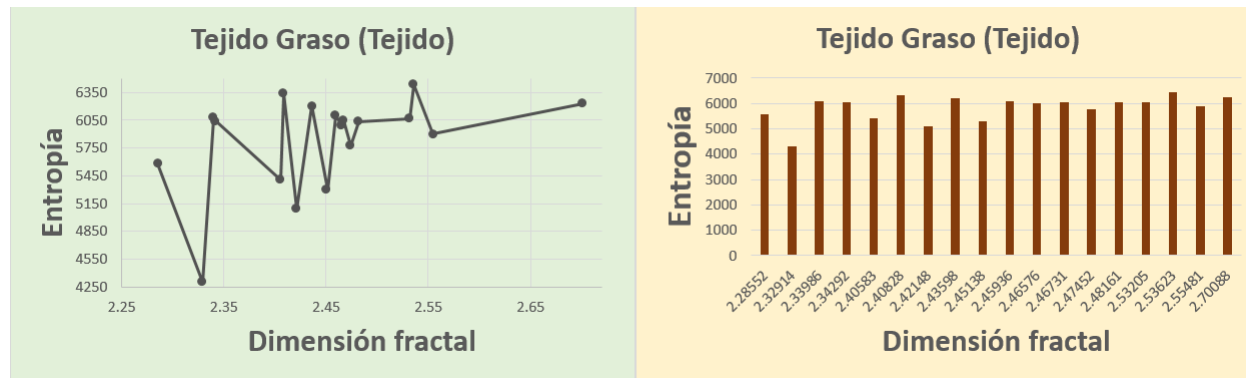


Figura 3.2: Histograma de la entropía contra la dimensión fractal para un tejido sano graso

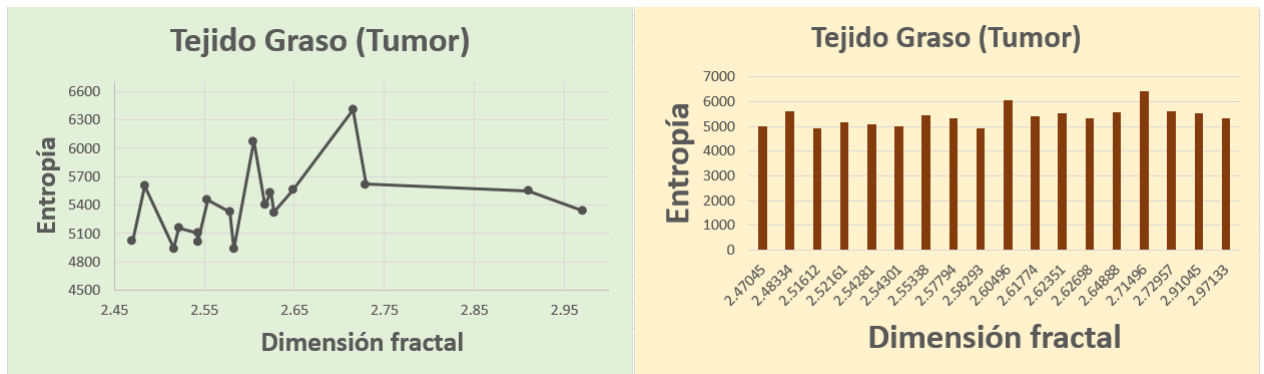


Figura 3.3: Histograma de la entropía contra la dimensión fractal para un tejido benigno (tumor) graso

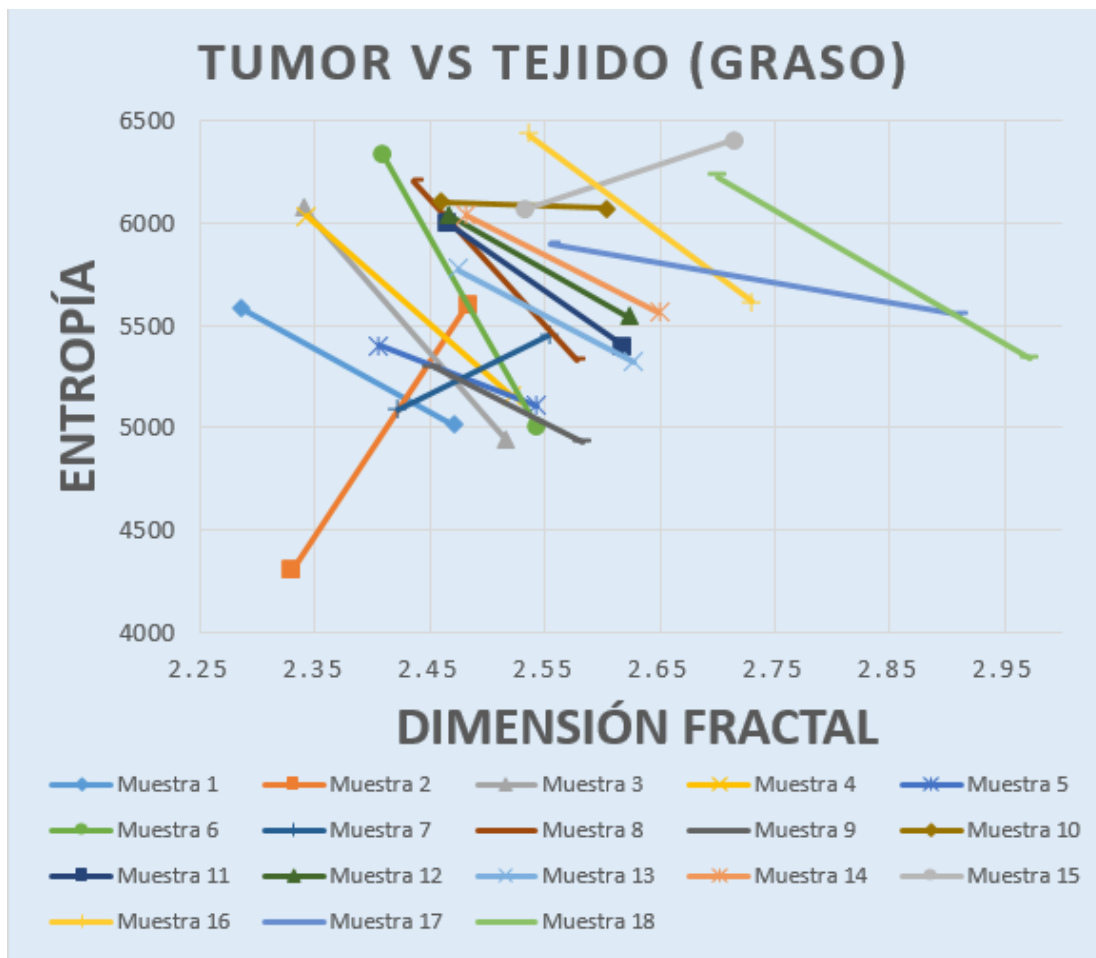


Figura 3.4: Gráfica de la entropía contra la dimensión fractal del tumor vs el tejido graso, para cada uno de los casos

La imagen re-digitalizada una vez obtenida de los programas realizados en C++ con un formato en .PNG fue puesta a disposición para que diera la dimensión fractal y entropía tanto del área del tumor benigno como el área del tejido sano, la Tabla 3.1 muestra los valores para cada caso, así como su sección de tumor y tejido

Graso			
Dim. fractal (tumor)	Entropía (tumor)	Dim. fractal (tejido)	Entropía (tejido)
2.60496	6.07E+03	2.70088	6228.17
2.51612	4.94E+03	2.47452	5771.53
2.48334	5.61E+03	2.53623	6431.84
2.54281	5.10E+03	2.40828	6335.07
2.71496	6.41E+03	2.48161	6038.01
2.52161	5.16E+03	2.46731	6039.19
2.64888	5561.49	2.45936	6101.97
2.47045	5016.17	2.42148	5088.77
2.62351	5537.52	2.43598	6203.4
2.55338	5.45E+03	2.40583	5402.3
2.54301	5.01E+03	2.55481	5899.04
2.97133	5337.13	2.32914	4301.95
2.91045	5550	2.28552	5583.74
2.72957	5618.27	2.33986	6079.41
2.58293	4934.25	2.34292	6032.99
2.61774	5401.18	2.53205	6066.05
2.62698	5.32E+03	2.45138	5302.1
2.57794	5331.62	2.46576	5998.23

Cuadro 3.1: Tejido graso, muestra los valores de dimensión fractal y entropía para el tumor y el tejido

Se muestra el resultante comparativo del tumor con el tejido abordando los datos con sus diferentes muestras, para ejemplificar cada caso, como se muestra en la Figura 3.4 dandonos el tejido graso

3.3. TEJIDO GRASO GLANDULAR

ANÁLISIS DEL ÁREA DEL TUMOR BENIGNO Y DEL ÁREA DEL TEJIDO SANO EN LA MAMOGRAFÍA

Tomando en cuenta el análisis de intensidades del área de tejido benigno y tejido sano dado en la Figura 3.5 y 3.6 se muestra la distribución de dimensión fractal es mucho menor y con menos fluencia entre si para los tumores graso glandular.

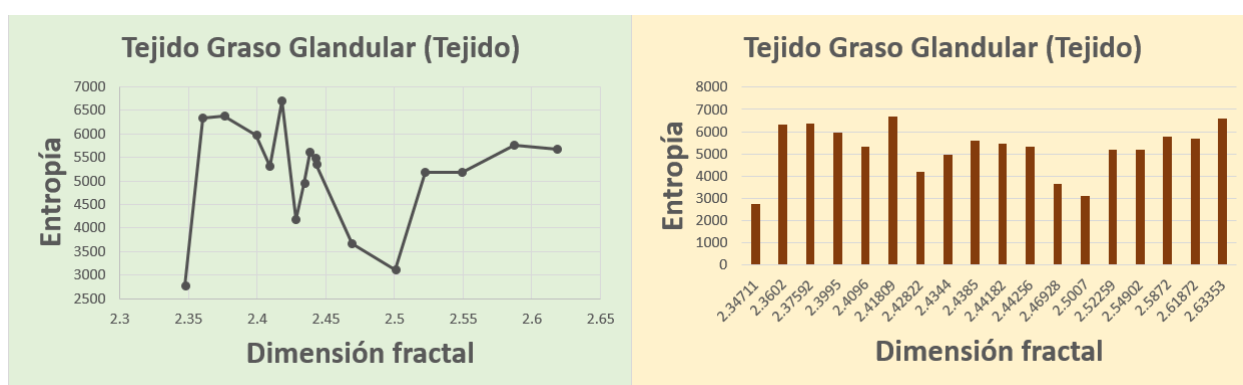


Figura 3.5: Histograma de la entropía contra la dimensión fractal para un tejido sano graso glandular

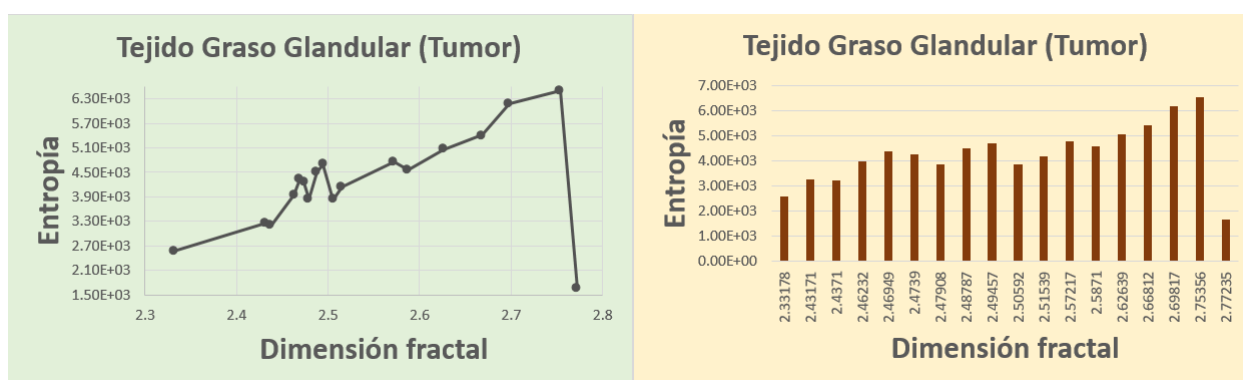


Figura 3.6: Histograma de la entropía contra la dimensión fractal para un tejido benigno (tumor) graso glandular

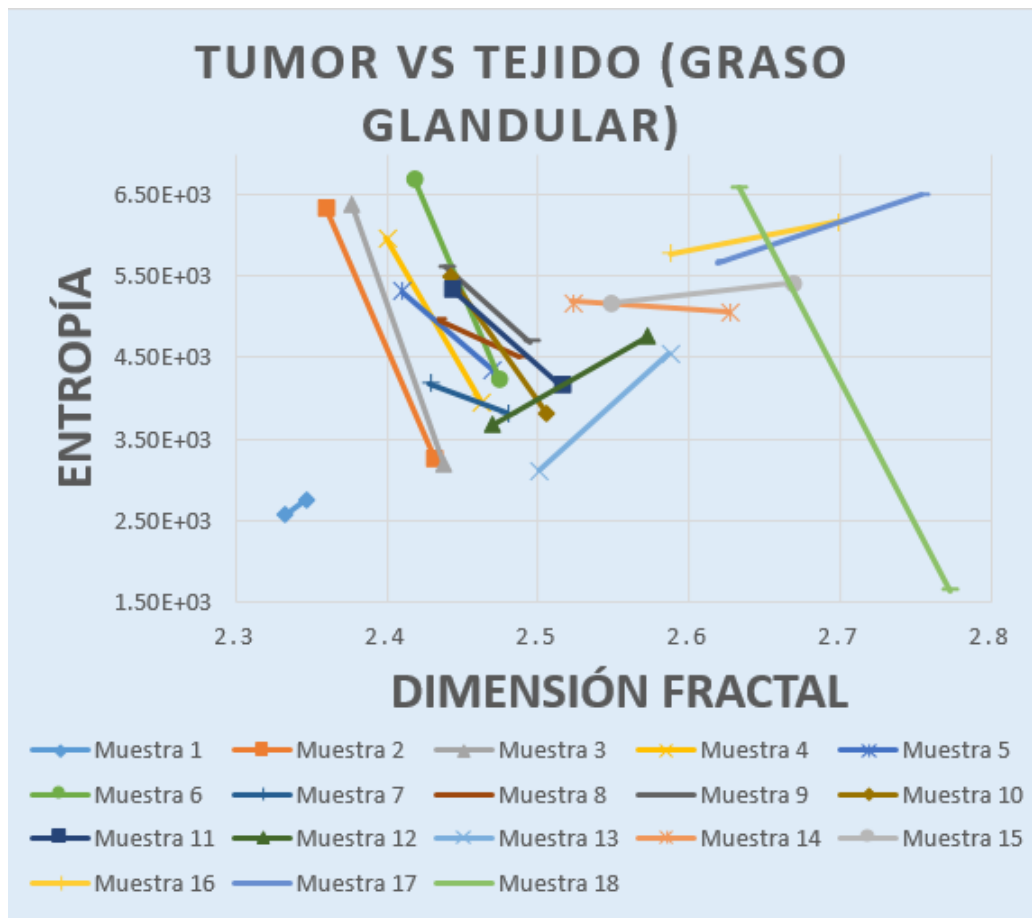


Figura 3.7: Gráfica de la entropía contra la dimensión fractal del tumor vs el tejido graso glandular, para cada uno de los casos

Se toma la Tabla 3.2 para mostrar el valor de la dimensión fractal y entropía del graso glandular tanto del área del tumor benigno como el área del tejido sano.

En la Figura 3.7 se muestra el caso graso glandular, el cual sus valores del tumor benigno y el tejido sano se logran ver dispersados, esto debido a la densidad que tiene este tejido.

Graso glandular			
Dim. fractal (tumor)	Entropía (tumor)	Dim. fractal (tejido)	Entropía (tejido)
2.47908	3835.43	2.4096	5315.73
2.49457	4692.21	2.5872	5768.84
2.66812	5.41E+03	2.5007	3109.47
2.46949	4.35E+03	2.37592	6384.7
2.5871	4.56E+03	2.54902	5177.62
2.43171	3.26E+03	2.42822	4184.49
2.51539	4.15E+03	2.52259	5187.51
2.33178	2.56E+03	2.3602	6327.28
2.62639	5.06E+03	2.44256	5342.11
2.4371	3.20E+03	2.61872	5672.66
2.48787	4.50E+03	2.3995	5978.89
2.4739	4246.03	2.44182	5481.03
2.46232	3952.64	2.63353	6585.13
2.75356	6505.55	2.41809	6690.23
2.77235	1642.46	2.4344	4956.87
2.50592	3.83E+03	2.46928	3673.5
2.69817	6175.75	2.34711	2767.89
2.57217	4.77E+03	2.4385	5617.25

Cuadro 3.2: Tejido graso glandular, muestra los valores de dimensión fractal y entropía para el tumor y el tejido

3.4. TEJIDO DENSO GLANDULAR

ANÁLISIS DEL ÁREA DEL TUMOR BENIGNO Y DEL ÁREA DEL TEJIDO SANO EN LA MAMOGRAFÍA

Finalmente en la Figura 3.8 y 3.9 el análisis de la dimensión fractal a la entropía es mucho menor que en los antecedentes anteriores, esto debido a que el tejido es muy fibroso y se logra apreciar perfectamente en el conjunto de cada sección analizada.

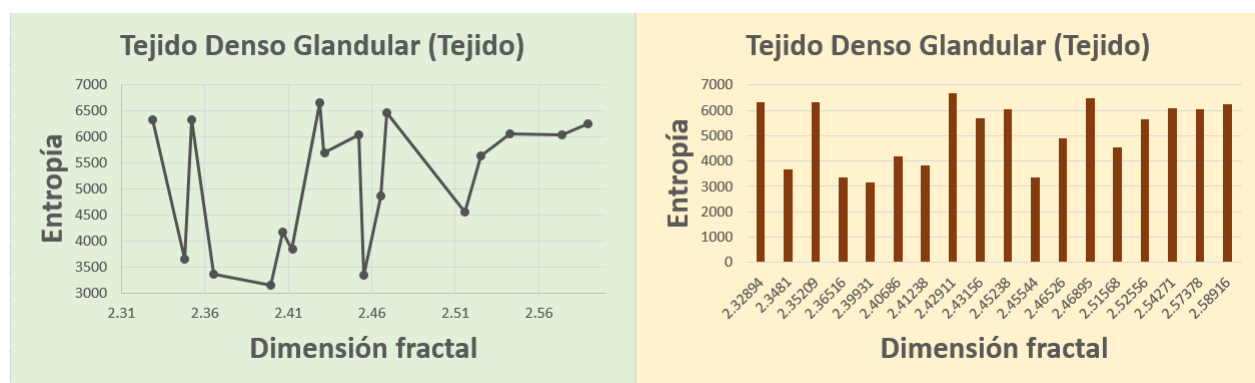


Figura 3.8: Gráfica de la entropía contra la dimensión fractal para un tejido denso glandular

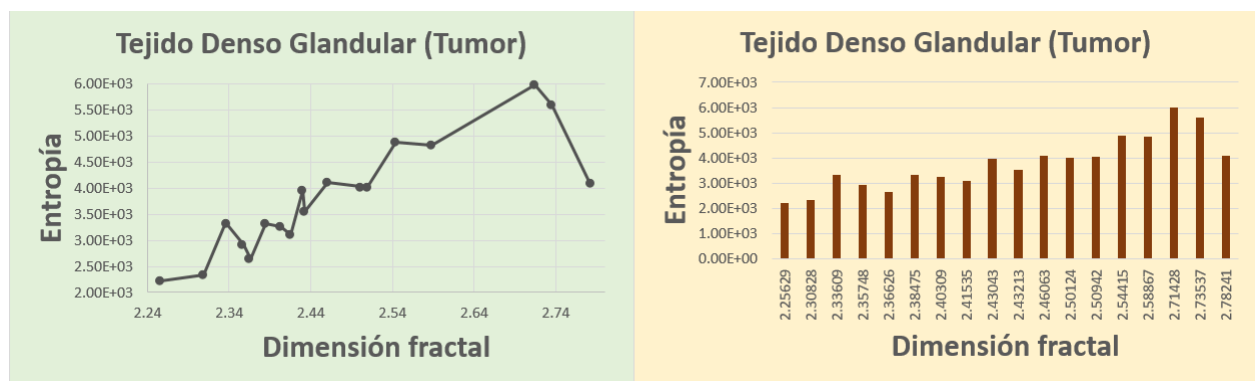


Figura 3.9: Gráfica entropía vs dimensión fractal, en base a el tejido denso glandular de la mama

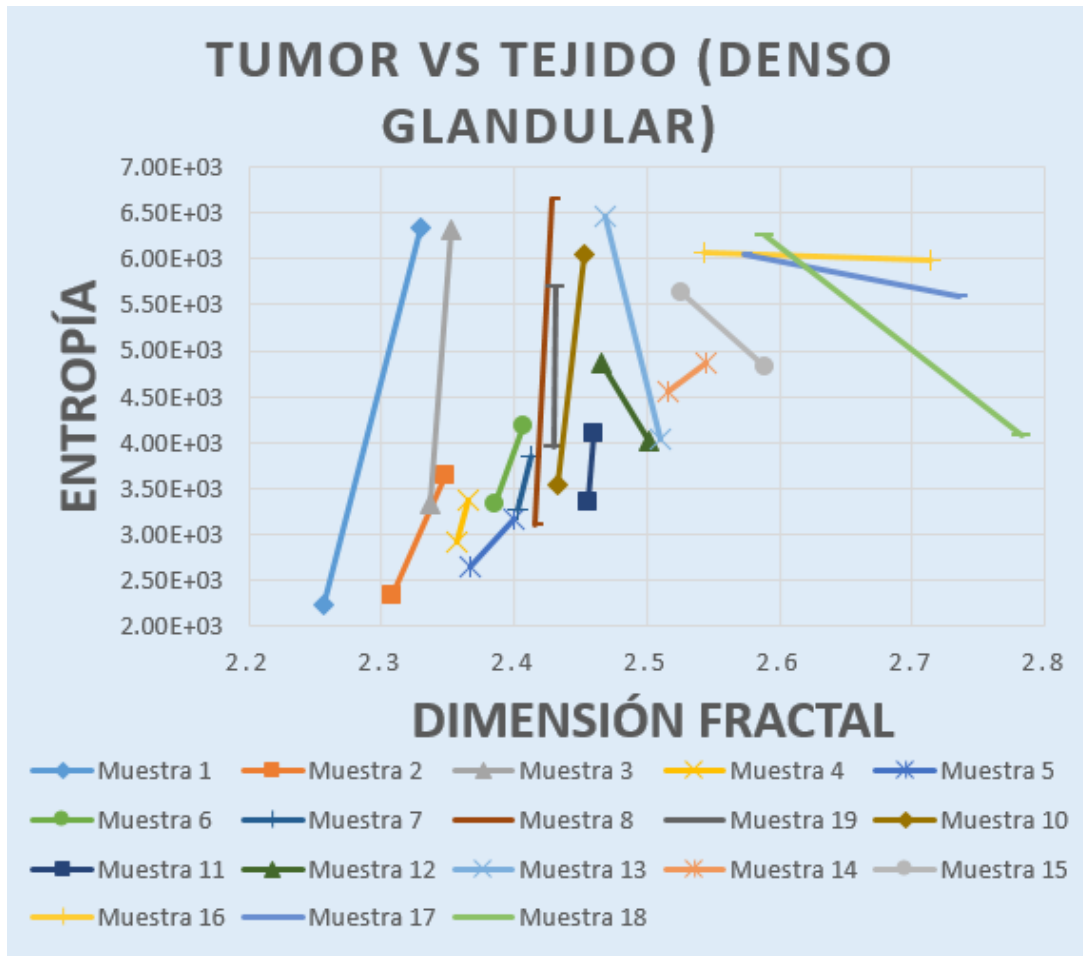


Figura 3.10: Gráfica de la entropía contra la dimensión fractal del tumor vs el tejido denso glandular, para cada uno de los casos

Para la Tabla 3.3 se muestra los mismos valores, pero ahora para denso glandular. Estos valores están dados para el tumor y tejido.

Denso glandular			
Dim. fractal (tumor)	Entropía (tumor)	Dim. fractal (tejido)	Entropía (tejido)
2.78241	4080.73	2.45238	6049.1
2.54415	4.88E+03	2.54271	6070.68
2.46063	4.10E+03	2.40686	4171.92
2.41535	3.11E+03	2.36516	3362.54
2.40309	3262.86	2.3481	3649.89
2.50124	4024.45	2.32894	6331.36
2.30828	2341.8	2.42911	6654.76
2.73537	5596.64	2.57378	6050.41
2.35748	2915.72	2.43156	5698.15
2.58867	4826.09	2.35209	6323.42
2.43043	3960.46	2.46895	6469.14
2.43213	3544.21	2.52556	5632.18
2.38475	3.32E+03	2.41238	3844.3
2.71428	5.98E+03	2.46526	4874.28
2.33609	3.34E+03	2.58916	6251.12
2.50942	4030.19	2.51568	4554.22
2.25629	2.22E+03	2.45544	3339.5
2.36626	2.65E+03	2.39931	3159.27

Cuadro 3.3: Tejido denso glandular, muestra los valores de dimensión fractal y entropía para el tumor y el tejido

Caso siguiente como lo es el denso glandular, mostrado en la Figura 3.10, se muestra una distribución del tumor y tejido cercanas, debido al tipo de tejido que es heterogéneamente denso.

3.5. Dimensión fractal y entropía

Los valores en los cuales más se congregan la dimensión fractal y la entropía son el centro, con respecto al área del tumor benigno, mostrada en la Figura 3.11, los valores de 2.5-2.6 de dimensión fractal y 4,000-6,000 para la entropía; En el caso del área del tejido sano, ver Figura 3.12, la congregación de la dimensión fractal y la entropía es mínima, encontrándose en la parte superior izquierda, mostrando que los valores de la dimensión fractal son de 2.39-2.48 y los valores para la entropía son 5,000-6,500. Dándonos así que el valor de la dimensión fractal es mayor para el área del tejido sano que para el área del tumor benigno y que el valor de la entropía es menor para el área del tejido sano que para el área del tumor benigno.

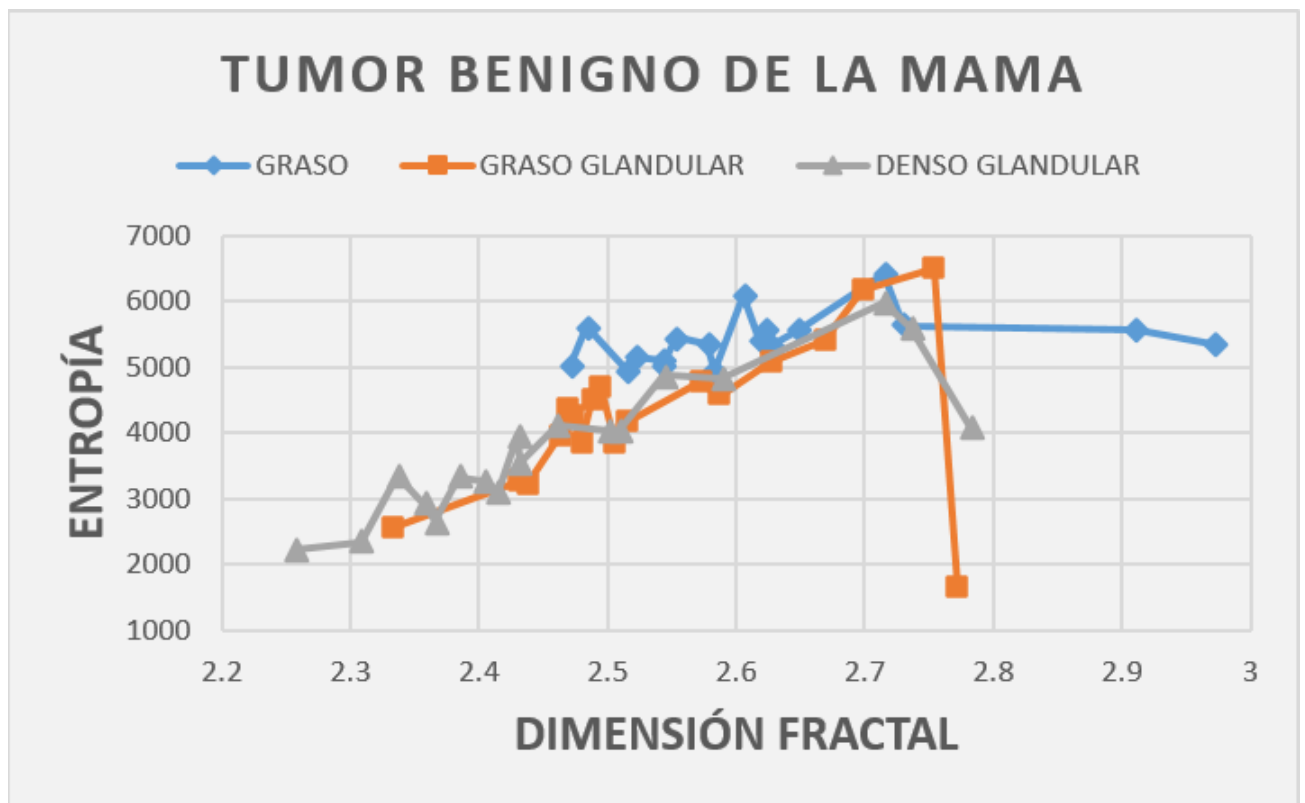


Figura 3.11: Gráfica dimensión fractal vs entropía, en base a el tejido benigno de la mama

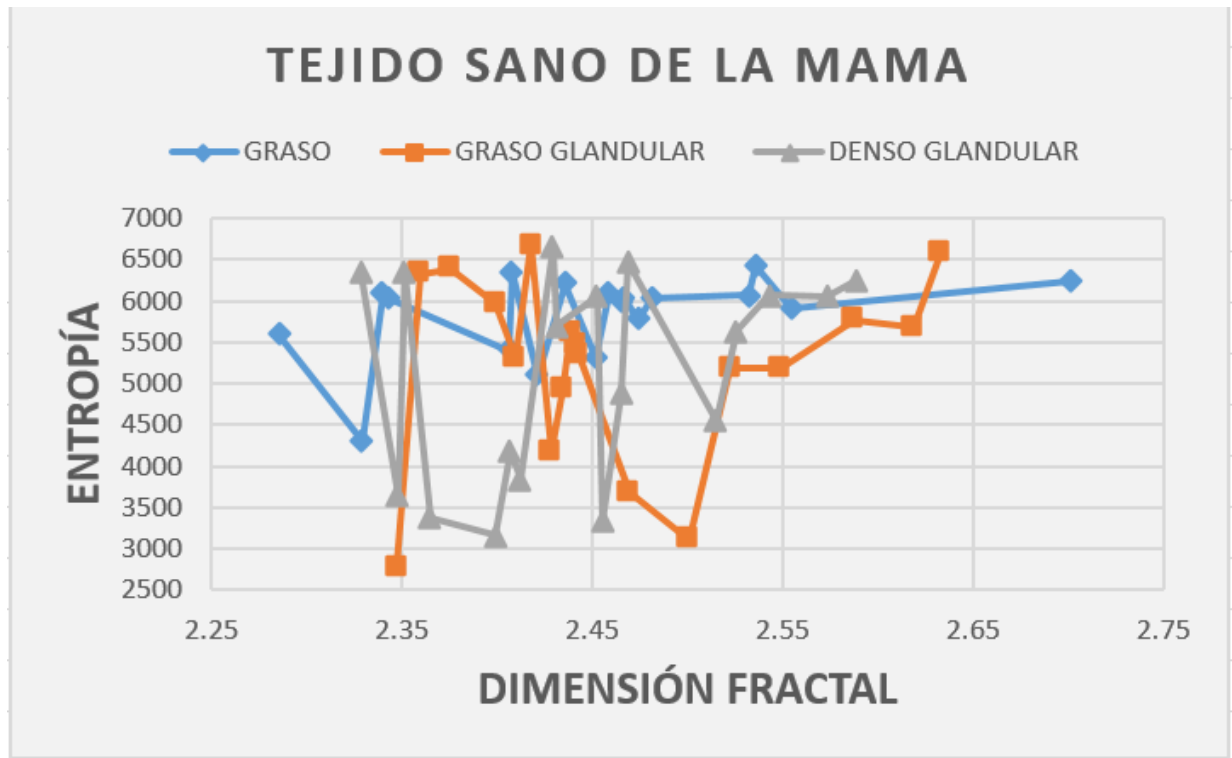


Figura 3.12: Gráfica dimensión fractal vs entropía, tomando los valores de tejido sano de la mama

Los valores promedio de la intensidad del tumor y del tejido están descritos en la Tabla 3.4, ejemplificando la primera columna tiene los antecedentes del tejido, en la segunda y tercera columna están los valores de la dimensión fractal y de la entropía para el tumor, para las últimas dos columnas se muestran la dimensión fractal y entropía, pero ahora del tejido.

Tejido	Promedio tumor		Promedio tejido	
	Dimensión fractal	Entropía	Dimensión fractal	Entropía
Graso	2.624442778 \pm 0,0002	5409.063333 \pm 0,005	2.449606667 \pm 0,0003	5827.986667 \pm 0,006
Graso glandular	2.542610556 \pm 0,0003	4260.797778 \pm 0,007	2.465386667 \pm 0,0004	5234.511111 \pm 0,008
Denso glandular	2.473684444 \pm 0,004	3787.868889 \pm 0,008	2.447912778 \pm 0,0005	5138.124444 \pm 0,007

Cuadro 3.4: Anomalías presentes en los tumores describiendo en el tejido

La Figura 3.13 nos muestra donde están localizados los valores y errores de la Tabla 3.4, exponiendo el promedio de estos.

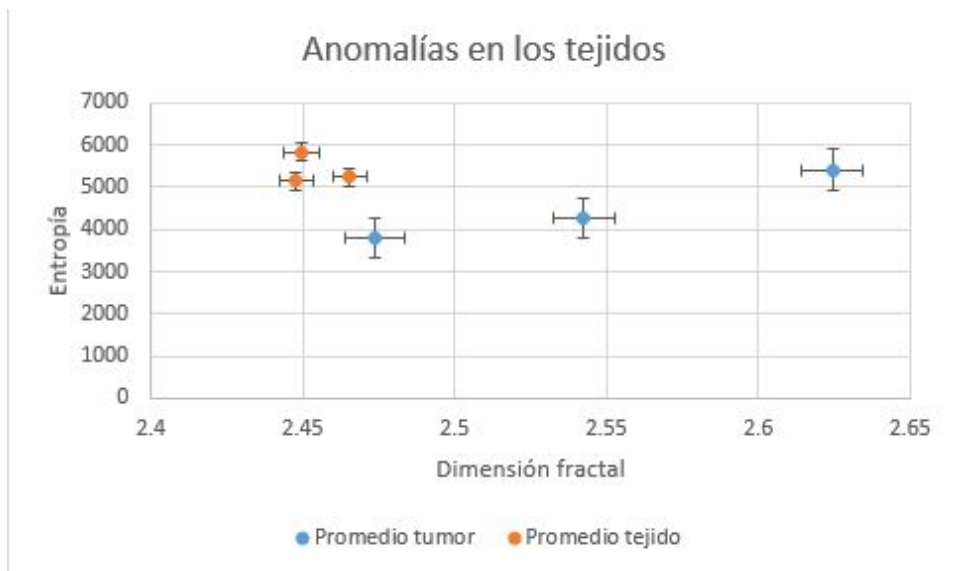


Figura 3.13: Gráfica del promedio dada por la tabla 3.4

Para la Tabla 3.5 se muestran los valores de la dimensión fractal con su respectiva muestra de error para cada tipo de valor, tanto en la dimensión fractal y entropía del tumor, como la dimensión fractal y entropía del tejido.

Tejido	Desviación estándar tumor		Desviación estándar tejido	
	Dimensión fractal	Entropía	Dimensión fractal	Entropía
Graso	$0.135161796 \pm 0,0004$	$385.000574 \pm 0,005$	$0.097101568 \pm 0,0002$	$524.5963279 \pm 0,007$
Graso glandular	$0.119539873 \pm 0,0006$	$1178.146908 \pm 0,004$	$0.085762897 \pm 0,0003$	$1136.020747 \pm 0,006$
Denso glandular	$0.149618943 \pm 0,0005$	$1043.075761 \pm 0,003$	$0.077573373 \pm 0,0005$	$1254.763864 \pm 0,008$

Cuadro 3.5: Anomalías presentes en los tumores describiendo en el tejido

La Figura 3.14 muestra la desviación estandar de cada uno de los valores que se dieron como resultado de la Tabla 3.5, dandonos también los errores de cada uno de ellos.

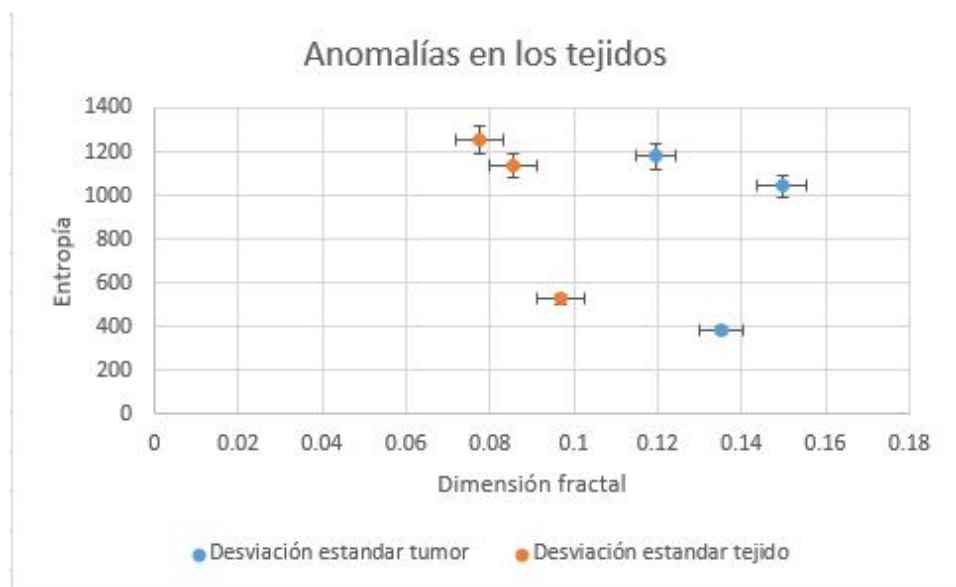


Figura 3.14: Gráfica de la desviación estándar dada por la tabla 3.5

Capítulo 4

Conclusiones

En virtud de lo estudiado y apoyándonos del uso del programa ROOT del CERN se logró obtener re-digitalizaciones de imágenes con mamografías, a partir de esta identificamos el área del tumor benigno y el área del tejido sano, debido a las intensidades presentadas en toda la imagen y por sus bins.

Este método se utilizó para los tres tipos de antecedentes del tejido, como se muestra en la Tabla 2.1, los cuales en algunos casos era más difícil visualizar el tejido, pero con el ajuste de intensidades se producía mejor contemplación de las áreas del tejido y tumor.

Al comparar cada una de las mamografías con sus respectivas muestras, se puede visualizar: algún tipo de anormalidad, la mama, el tumor, fragmentos demasiados densos del tejido; haciendo que para cada muestra sea más fácil identificar el tumor y tejido, con su respectiva ubicación, está ubicación al estar normalizada es fácil pasar de la imagen con formato original al re-digitalizado.

Después de analizar cada una de las muestras y obteniendo el valor de las intensidades, se proyectó un mapa de intensidades, ejemplificando cada valor de los antecedentes del tejido, con el fin de observar mejor los elementos como se muestra en la Figura 2.2.

Por último, se determinó la dimensión fractal y entropía de cada muestra de los antecedentes, dándonos un histograma sobre la dimensión fractal vs la entropía como se muestra en la Figura 3.11, haciendo así que el resultado nos dé el siguiente valor: la dimensión fractal es mayor para el área del tejido sano que para el área del tumor benigno y el valor de la entropía de Shannon es menor para el área del tejido sano que para el área del tumor benigno.

En conclusión, el método de trabajo elaborado en este escrito es verídico y confiable para encontrar área del tumor benigno y área del tejido sano de una mamografía, dependiente de parámetros de bin de las imágenes para el apoyo del diagnóstico de las mismas, haciendo que el papel de contribución sea para una detección temprana de cáncer de mama. Así como un fácil manejo de las mamografías para analizar con un programa computacional fácil y sencillo de manipular basado en matemáticas para la detección de dimensión fractal y entropía.

Bibliografía

- [1] DR. JAVIER PUENTE y DR. GUILLERMO DE VELASCO, *Sociedad Española de Oncología Médica*, «Prevención del cancer», 2019. Recuperado de <https://seom.org/informacion-sobre-el-cancer/que-es-el-cancer-y-como-se-desarrolla>
- [2] *American Cancer Society. Recomendaciones de la Sociedad Americana Contra El Cáncer para la detección temprana del cáncer de seno*, 2019. Recuperado de <https://www.cancer.org>
- [3] *American Cancer Society. Cáncer de seno triple negativo*, 2019. Recuperado de <https://www.cancer.org>
- [4] *American Cancer Society. Cáncer de seno triple negativo*, 2019. Recuperado de <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-seno/acerca/tipos-de-cancer-de-seno/cancer-de-seno-inflamatorio.html>
- [5] *Instituto Mexicano Del Seguro Social. Dirección de presentaciones médicas. Diagnóstico y Tratamiento de la Patología Mamaria Benigna en primer y segundo nivel de atención*, .240, 2011.
- [6] *American Cancer Society. Tratamientos del cáncer de seno*, 2019. Recuperado de <https://www.cancer.org/>
- [7] ONCOLINK TEAM, *Braquiterapia para el cáncer de mama*, Courtney Mishger, MPH, BSRT(1), Doi: 146148422716216, 2021
- [8] *Secretaría de Salud, Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. Rayos X, Sistema (GMDN41256)*, CENETEC, 2006
- [9] PASSLER, F. (1991). *Radiología Odontológica (2^ªed)*. Masson-Salvat, Barcelona (pp.18-30)
- [10] *Instituto Nacional de BioIngeniería e Imágenes Biomédicas (NIBIB), Instituto de Salud, Rayos X*, 2013

- [11] ALCARAZ BAÑOS, M. (2001) *Bases físicas y biológicas del radiodiagnóstico médico. Servicio de Publicaciones. Universidad de Murcia. Murcia.*
- [12] HOUNSFIELD GN. *Computerized transverse axial scanning (tomography). 1. Description of system. Br J Radiol 1973; 46: 1016-1022.*
- [13] *Instituto Nacional de BioIngeniería e Imágenes Biomédicas (NIBIB), Ingeniería del Futuro de la Salud, Mamografías, 2016*
- [14] LORENA S.C., *Universidad Nacional General San Martín, Volumen 1, Primera Edición.*
- [15] GAEL IVARRA R., MIGUEL ANGEL C. y SERGIO RAMÓN *Cálculo de la dimensión fractal de objetos 3D, Escuela Politécnica Superior, 2017*
- [16] LI, J .; DU, Q .; SOL, C *“Un método mejorado de recuento de cajas para la estimación de la dimensión fractal de la imagen”.* Reconocimiento de patrones (2009).
- [17] *American Cancer Society. Senos densos, 2018.* Recuperado de <https://www.cancer.org/>
- [18] JULIO HINOJOSA *Universidad de Sevilla. Facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura, Entropía de Laplace 2018.* Recuperado de www.studocu.com
- [19] *The mini-MIAS data base of mammograms.* <http://peipa.essex.ac.uk/info/mias.html>
- [20] *ROOT-TASImage Class Reference.* <https://root.cern.ch/doc/master/classTASImage.html>
- [21] J SUCKLING *The Mammographic Image Analysis Society Digital Mammogram Database, Experta Medica. International Congress Series 1069 pp375-378.*