



IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PATOLOGÍAS CEREBRALES USANDO MÉTODOS DE SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES: SOFTWARE DE APOYO DIAGNÓSTICO PARA ESPECIALISTAS EN EL ÁREA NEUROLÓGICA

**Julio M. Gulfo Galaraga, David D. Hernández Molina, Joshua Vega Jiménez,
Jesús G. Santana Mestra, David F. Sierra Aleán, Claudia M. Serpa Imbett,
Sebastián García Madrid, Roberto J. Páez Salgado**

**Universidad Pontificia Bolivariana
Montería, Colombia**

Resumen

En el siguiente proyecto de investigación, se indaga en el uso y posible aplicación de software especializado en la lectura y análisis de imágenes del cerebro obtenidas a partir de las diferentes tecnologías que se enfocan en el estudio y monitoreo de dicho órgano. Existen varios problemas que se pueden solventar mediante la implementación de esta tecnología en centros médicos; lugares como clínicas y hospitales. El sistema podría dar solución a la falta de personal especializado en la interpretación de las imágenes arrojadas por sistemas como lo serían la resonancia magnética y la tomografía (Tomadas al cerebro); es decir, este software podría suplir la falta de médicos especialistas en el área del cerebro y de personal capacitado para darle sentido a las radiografías, radiólogos. Dada la reducción en la necesidad de contratar personal capacitado, se crea la posibilidad de que, en lugares con menor solvencia económica, como podrían ser regiones en los departamentos del Amazonas y del Chocó, exista la manera de que en dichos lugares no se tenga que recurrir a terceros para obtener un diagnóstico conciso de la situación del paciente, reduciendo costos en transporte y nómina, al igual que una disminución notoria en tiempo de valoración. El proceso de identificación y caracterización realizado por el programa es corto y sencillo, pues consiste en obtener la imagen del proceso de análisis cerebral utilizado e introducirla al software, una vez cargada al sistema, el software arrojará el posible diagnóstico. El software funciona gracias a la herramienta de análisis de imágenes que aporta la plataforma MATLAB, el programa

trabaja gracias al reconocimiento de patrones, de formas y de las escalas de colores dependiendo del tipo de radiografía. Cabe recalcar que a pesar de que el sistema arroje un posible diagnóstico, no se puede prescindir de una segunda opinión profesional.

Palabras clave: cerebro; imagen; diagnóstico

Abstract

The following research project investigates the use and possible application of specialized software in the reading and analysis of brain images obtained from different technologies that focus on the study and monitoring of this organ. There are several problems that can be solved by implementing this technology in medical centers: places such as clinics and hospitals. The system could provide a solution to the lack of personnel specialized in the interpretation of the images produced by systems such as magnetic resonance imaging and tomography (taken from the brain); that is, this software could make up for the lack of doctors specialized around the brain and of personnel trained to make sense of the X-rays, radiologists. Given the reduction in the need to hire trained personnel, it creates the possibility that, in places with less economic solvency, such as regions in the departments of Amazonas and Chocó, there is a way that in these places there is no need to resort to third parties to obtain a concise diagnosis of the patient's situation, reducing transportation and payroll costs, as well as a significant reduction in assessment time. The identification and characterization process carried out by the program is short and simple, since it consists of obtaining the image of the brain analysis process used and introducing it into the software; once it is loaded into the system, the software will provide the possible diagnosis. The software works thanks to the image analysis tool provided by the MATLAB platform, the program works thanks to the recognition of patterns, shapes and color scales depending on the type of radiography. It should be emphasized that even though the system provides a diagnosis, a second professional opinion cannot be dispensed with.

Keywords: brain; image; diagnostic

1. Introducción

El deseo por automatizar las tareas laboriosas que se presentan a la hora del desarrollo de las diferentes actividades humanas viene creciendo desde hace ya un tiempo considerable, presente en la construcción de automóviles en las grandes y complejas cadenas de montaje hasta la monitorización del paciente en la medicina. Enfocándonos en el área de la medicina, se conoce la cuantiosa cantidad de pruebas y estudios que se le pueden realizar a un paciente para determinar de la manera más precisa la o las patologías que este pueda padecer; todos estos estudios arrojan un gran volumen de datos que en el caso de hacerse a pacientes distintos pueden ralentizar de manera importante el tiempo en el que estos diagnósticos pueden estar listos. Teniendo presente que cada segundo que pasa en una sala médica es importante, surge la idea de automatizar todo este análisis de información, especialmente enfocados en las imágenes médicas realizadas al cerebro. El software que se propone en este proyecto se desarrollara a partir de la herramienta de procesamiento de imágenes presente en la plataforma MATLAB, este tendría la



capacidad de tomar los datos aportados por sistemas ya existentes como la tomografía computada de la cabeza o la resonancia magnética, y posteriormente arrojar la posible patología presente en el paciente, con el fin de reducir el tiempo entre diagnósticos y aportando la posibilidad de realizar una mayor cantidad de labores médicas.

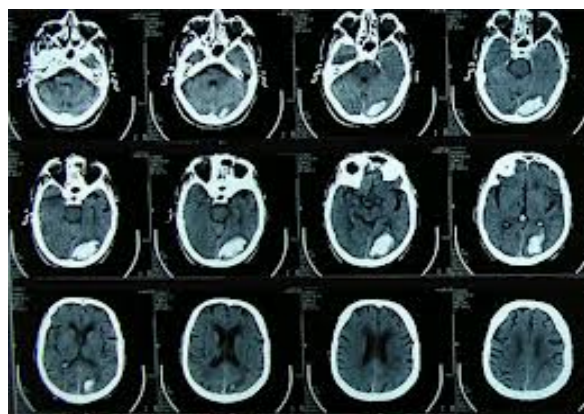
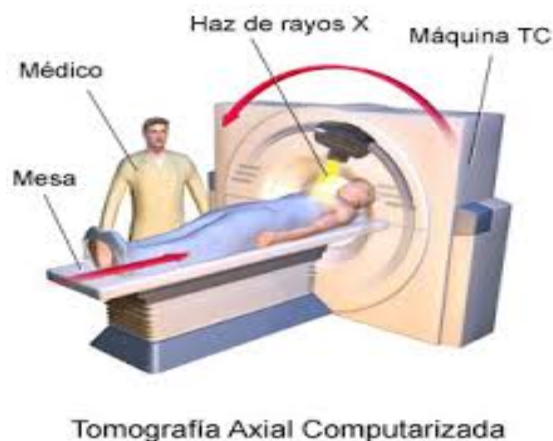
2. La Neuroimagen

Las técnicas de neuroimagen permiten ver imágenes en vivo del sistema nervioso central (de forma general) y del cerebro (de forma particular); y las descritas a continuación son consideradas técnicas no invasivas dado que no realizan ningún daño (corte) a tejidos u órganos. El desarrollo de estas técnicas a partir de 1970 con la Tomografía Axial computarizada (TAC) supuso un gran avance para las neurociencias, posteriormente se utilizaron técnicas más avanzadas como la Resonancia Magnética Estructural (RMe) y más recientemente la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) y la Resonancia Magnética Funcional (RMf). (sites.google, s.f.)

2.1 Tomografía Axial Computarizado

La tomografía axial computarizada o TAC es un procedimiento imagenológico de diagnóstico que permite estudiar el cuerpo humano en cortes axiales. Ver Figura 1 y Figura 2

Figura 1. Tomografía Axial Computarizada **Figura 2.** Resultados de una tomografía axial



El aparato de TAC emite un haz de rayos X que incide sobre el cuerpo humano y la radiación que no ha sido absorbida por el cuerpo es recogida por los detectores. Esto se repite hasta que el tubo de rayos y los detectores han dado una vuelta completa.

Esta técnica es utilizada para: el estudio de extensión de los cánceres, en especial en la zona craneana, Exploración de huesos fracturados, Identificación de coágulos de sangre y hemorragia interna, Identificación de enfisemas y fibrosis pulmonar. (sites.google, s.f.)



2.2 Resonancia Magnética Estructural

La Resonancia Magnética Estructural es una técnica no invasiva que utiliza el fenómeno de la resonancia magnética para obtener información sobre la estructura y composición del cuerpo analizado; esta información es procesada por computadora y transformada en imágenes. El equipo de resonancia magnética contiene un imán con forma de anillo con un túnel en el centro; los pacientes se ubican en una camilla que se desliza hacia el interior del túnel. En algunos casos las máquinas de resonancia son abiertas, útiles para los pacientes que sufren de claustrofobia.

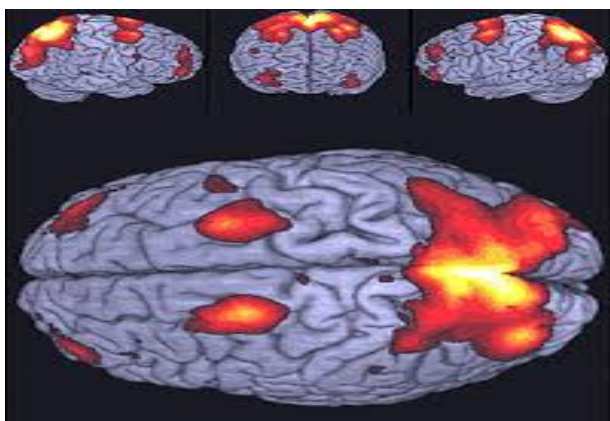


Figura 3. Resultados de una resonancia magnética estructural

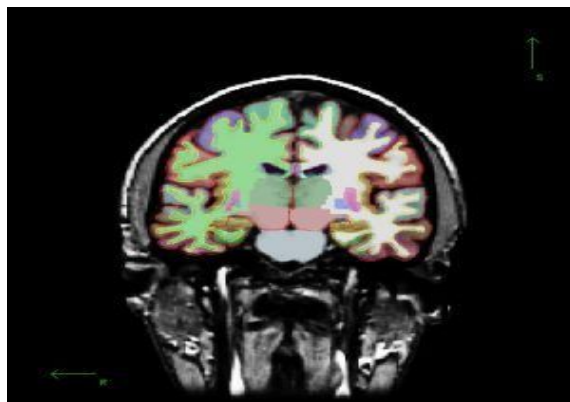


Figura 4. Imagen médica de la morfología cerebral a partir de una resonancia magnética estructural

Se utilizan campos magnéticos y ondas de radio para alinear la magnetización de núcleos de hidrógenos del agua en el cuerpo, las ondas manipulan la posición magnética de los átomos del organismo, lo cual es detectado por una antena y es enviado a una computadora que realiza cálculos que crean imágenes claras de cortes transversales del organismo, estas imágenes se pueden convertir en fotos tridimensionales de la zona analizada

Usos:

- Para observar alteraciones en tejidos o en estructuras del cerebro
- Análisis estructural y estereoquímica para la caracterización de compuestos químicos con núcleos activos
- Identificación y cuantificación de compuestos orgánicos
- Seguimiento in vivo de rutas metabólicas y su regulación



- Análisis de medicamentos
(sites.google, s.f.)

2.3 Resonancia Magnética Funcional

La resonancia magnética funcional (RMf) es una técnica de neuroimagen que utiliza los principios generales que relacionan la actividad neuronal con el metabolismo y el flujo sanguíneo, consiste en el registro de cambios hemodinámicos cerebrales que acompañan la activación neuronal permitiendo la evaluación funcional de regiones responsables de la sensorialidad, motricidad, cognición y procesos afectivos del cerebro, es decir, permite mostrar en imágenes las regiones cerebrales que ejecutan una tarea determinada; el procedimiento se realiza en el mismo resonador utilizado para los exámenes de diagnóstico (RMe), pero con modificaciones especiales del software y del hardware. (sites.google, s.f.)

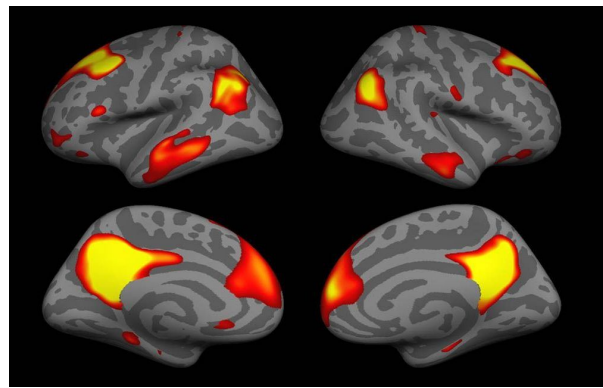


Figura 5. Imagen del instrumento para una RMf **Figura 6.** Resultados de una RMf

3. Resonancia Magnética

Este método consiste en emitir un campo magnético nuclear sobre el sujeto y registrar la información a través de un ordenador, que la transforma en una imagen. Esta es una de las técnicas más utilizadas hoy en día, por tener gran resolución espacial. Puede ser utilizada de manera estática, es decir, permite conocer el volumen y espesor cortical de distintas áreas del cerebro y valorar si hay zonas atrofiadas, tumores, etc., y de manera dinámica, es decir, se muestra las regiones cerebrales implicadas en una determinada tarea. Es utilizada principalmente en medicina para observar alteraciones en los tejidos y detectar cáncer y otras patologías. (CentroAcadia, 2016)

¿Cómo se extraen las imágenes? La resonancia magnética emite unas señales de radiofrecuencia que hacen que los átomos del organismo sean manipulados. Estas señales son detectadas por una gran antena que las envía al ordenador para procesarlas. El ordenador realiza millones de cálculos y crea imágenes en escala de grises de cortes transversales del organismo. Estas imágenes (cortes) se pueden convertir en imágenes tridimensionales (volúmenes), para que puedan ser analizadas por médicos e investigadores. (González, 2013)

Existen diferentes tipos de Resonancia Magnética, los cuales son:

- Resonancia magnética del abdomen



- Resonancia magnética cervical
- Resonancia magnética del tórax
- Resonancia magnética de la cabeza
- Resonancia magnética del corazón
- Resonancia magnética lumbar
- Resonancia magnética pélvica
- Angiografía por resonancia magnética
- Venografía por resonancia magnética

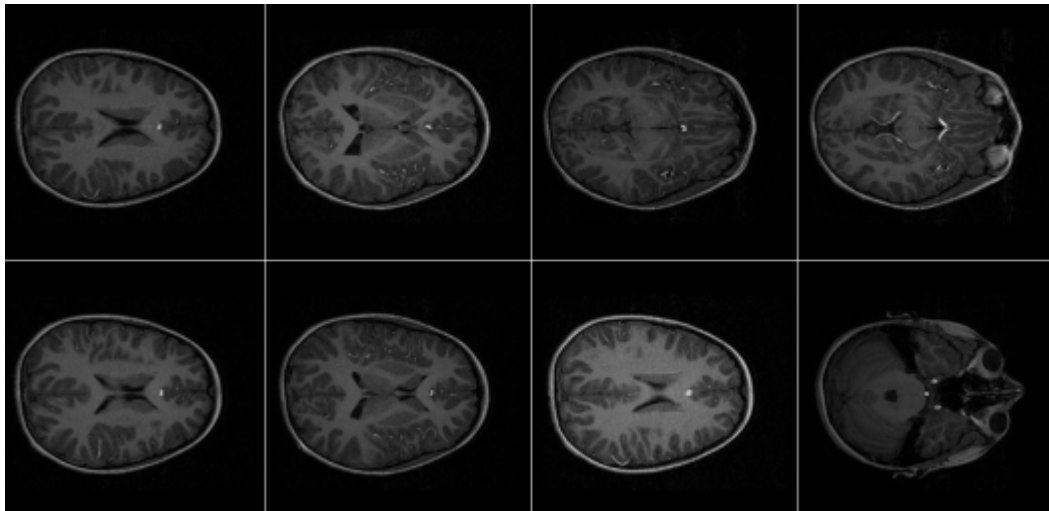


Figura 7. Resonancia magnética del cerebro

4. Segmentación de imágenes médicas

4.1 Imágenes Médicas

Una imagen médica digital se define como un mapa de bits, donde a cada píxel se le asigna un nivel I de intensidad de gris propios $[0...255]$, de tal forma que la agrupación de píxeles crea la ilusión de una imagen de tono continuo. La principal desventaja que presentan las imágenes de mapas de bits es su dependencia con la resolución a la que han sido creadas, por lo que al modificar su tamaño pierden calidad visual (pérdida de la definición de trazos finos, pixelización). (Arsenio Miguel Iznaga Benítez, 2008)

4.2 Segmentación

Se define por segmentación de imágenes médicas al método gráfico que recibe como entrada una imagen digital en tonos de grises, que representa una determinada región anatómica, cuya salida está constituida por un conjunto de regiones poligonales catalogadas según un criterio determinado (Figura 8). (Arsenio Miguel Iznaga Benítez, 2008)



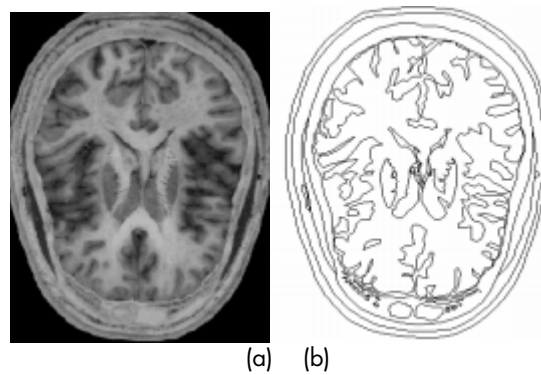


Figura 8. (a) Corte axial del cerebro. (b) Imagen segmentada.

La Segmentación puede ser concebida como la consecución de dos tareas complementarias: el reconocimiento y la delineación. El reconocimiento consiste en la tarea de alto nivel de determinación a grandes rasgos de la ubicación del objeto en la escena estudiada. La delineación consiste en la tarea de bajo nivel de determinación precisa de la extensión espacial del objeto y su composición graduada. En cualquier caso, estos dos pasos suelen ser indisolubles, y hacemos esta distinción para entender conceptualmente las entrañas de la Segmentación digital. Pretendemos elaborar algoritmos que sean capaces de delinear los objetos de forma más precisa y eficiente que cualquier observador humano.

4.3 Análisis de segmentación de imágenes médicas

Las tecnologías de imágenes médicas generan grandes cantidades de datos. Se requieren herramientas dedicadas para almacenar, transmitir y analizar principalmente estos datos. El análisis puede proporcionar mucha información sobre posibles riesgos o alternativas para la salud humana y el tratamiento de enfermedades. El desarrollo de tecnología informática que pueda analizar de manera rápida y eficiente los datos generados es muy importante y facilita el trabajo del personal médico. Este tipo de herramienta le permite realizar análisis detallados y detallados de muchas imágenes en un corto período de tiempo y resalta aspectos importantes del análisis médico a nivel de salud.

Además, gracias a su eficacia, estas herramientas permiten realizar una investigación general en grupos de individuos, entre los aspectos médicos, biológicos y otros, la investigación y, por ejemplo, los aspectos geográficos.

En los últimos años, el uso de técnicas avanzadas de imagen médica ha permitido explorar con mayor detalle la anatomía y el funcionamiento del cerebro humano. Por ejemplo, el uso de imagen de resonancia magnética (MRI) tanto de anatomía como de función, permite estudiar la conectividad entre diferentes regiones del cerebro, tanto en humanos como en animales. Adicionalmente, otros estudios como Angiografía intervencionista intracraneal (Interventional Angiography), Tomografía Computarizada (CT) y Tomografía Computacional de Perfusión (Perfusion CT) permiten obtener información muy detallada de la composición de los tejidos y su función.



El uso de este tipo de imágenes es muy amplio, ya sea en la clínica o en la investigación. A través de ellas podemos desde explorar la integridad tisular, hasta inferir las zonas que se activan ante determinado proceso cognitivo, pasando por la posibilidad que brindan para determinar cómo están conectadas anatómica/funcionalmente unas y otras zonas del cerebro. (Delfina Braggio, 2016)

5. Metodología

Formación de base de datos - Adquisición de imágenes cerebrales

La base de datos cumple un papel muy importante al momento de alimentar el algoritmo de segmentación, es por esta razón sé que opto por usar imágenes médicas de procedencia verificada. Dichas imágenes provienen de radiografías cerebrales tomadas en hospitales clínicos. Uno de los lugares elegidos para alimentar esta base de datos es eurorad.org que cuenta con una cantidad considerable de radiografías clasificadas por cada sección del cuerpo, como se observa en la Figura 9.

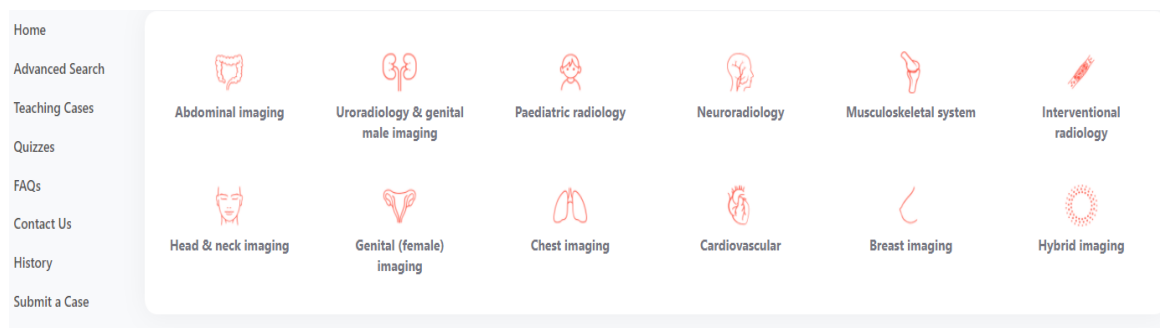


Figura 9. Secciones en eurorad.org

En la sección “neurología” se encuentran varios casos clínicos con distintas patologías cancerígenas (figura 10). De estos casos se recopilaban las imágenes que brindan información más significativa para los algoritmos de segmentación.



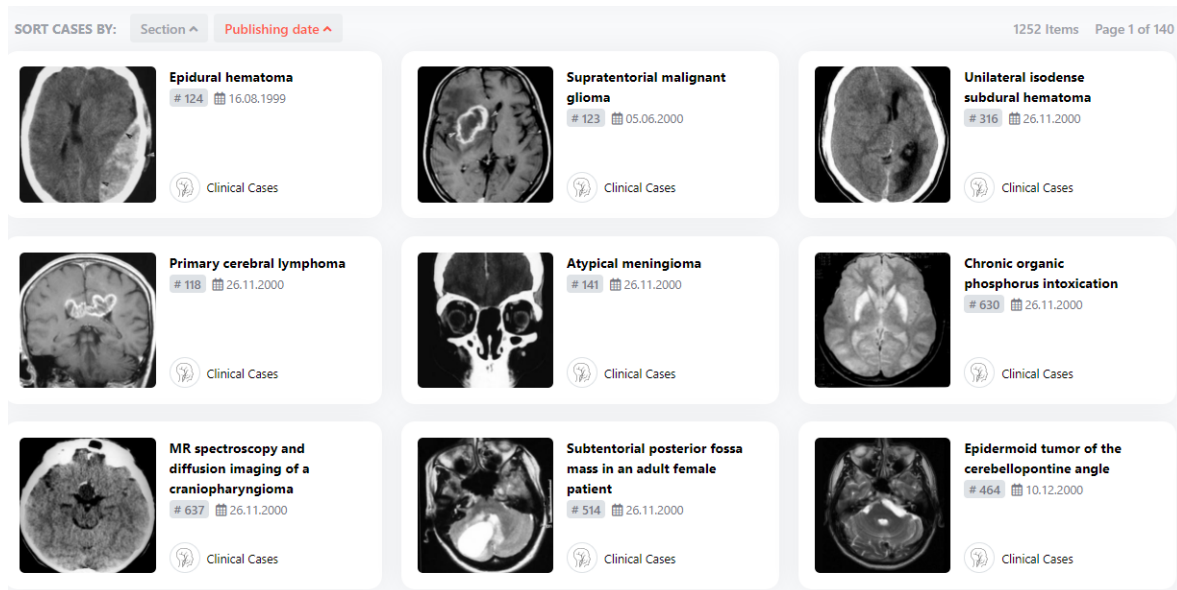


Figura 10. Casos clínicos de radiografía cerebral

Otro de los lugares de donde se obtuvieron imágenes médicas de tumores en el cerebro es RSNA case collection (cases.rsna.org) donde se encuentra una recopilación de casos médicos no solo de patologías cerebrales con diagnóstico, diagnóstico final, imágenes claras de la patología e información de este. Figura 11.

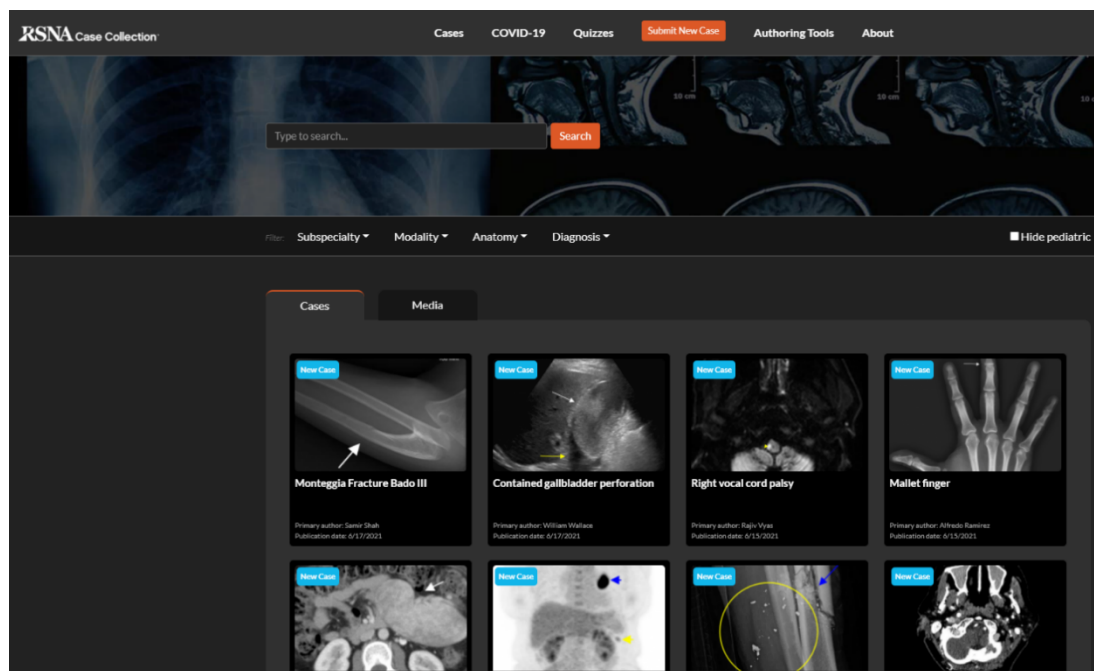


Figura 11. Casos clínicos en RSNA case collection

Además, cuenta con la pestaña "Media" donde se pueden encontrar directamente las imágenes de la patología sin información adicional. Figura 12.





Figura 12. Imágenes médicas sin información adicional

Desarrollo del algoritmo basado en métodos de segmentación

Para la segmentación de la base de datos se usaron dos algoritmos mahalanobis y detección de bordes cada uno con características que permiten identificar detalles en las radiografías analizadas. Además, se diseñó una interfaz cómoda para el usuario en el software Matlab donde se podrá cargar la imagen a segmentar y seleccionar las características de la segmentación. Ver Figura 13.

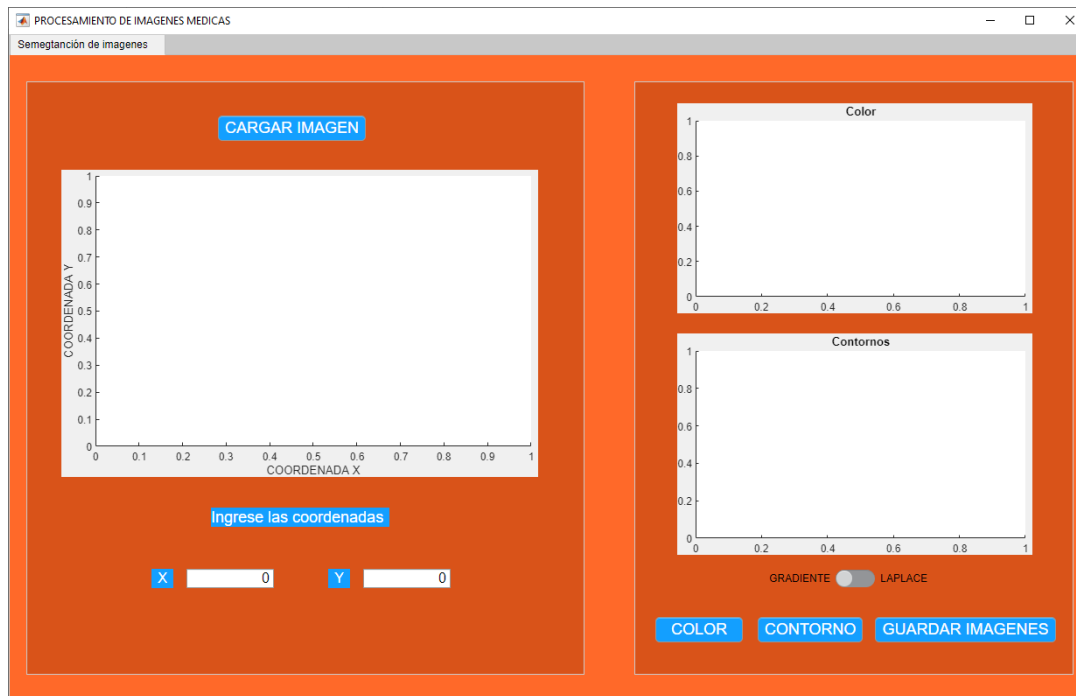


Figura 13. Interfaz de usuario



Distancia de mahalanobis

La distancia de mahalanobis es usada en técnicas de clusterings donde el objetivo es agrupar individuos (píxeles) en grupos homogéneos, calculando la distancia entre ellos y verificando la similitud entre esos píxeles, como se observa en la Figura 14.

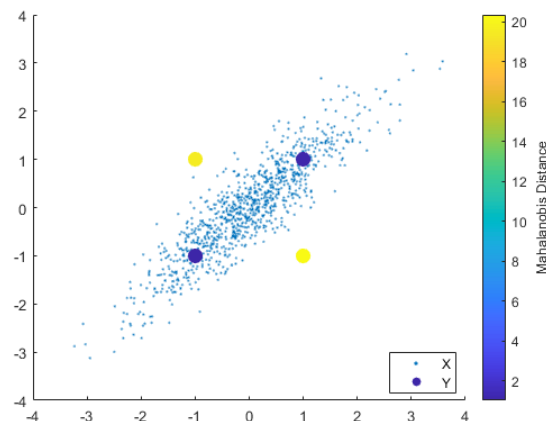


Figura 14. Distancia de mahalanobis (Mathworks, s.f.)

De esta manera se agrupan los píxeles semejantes y se binariza la imagen para separar dos zonas donde una será la zona afectada por el tumor y la otra el área que no se desea analizar. Cabe resaltar que antes de calcular dicha imagen se deben dar las coordenadas X y Y de los píxeles que se tomarán de muestra para el cluster. Ver Figura 15.

Figura 15. Selección de imagen y coordenadas para mahalanobis

Detección de bordes

La detección de bordes es una técnica muy utilizada en el procesamiento de imágenes y visión por computadora, ya que permite identificar formas y objetos en imágenes. Aunque hay muchas formas de detectar bordes en este trabajo se usaron dos de las técnicas más conocidas que son gradiente



y Laplace. Estas pueden ser seleccionadas a través de un switch que mostrara automáticamente cada imagen. Ver Figura 16.



Figura 16. Visualización de borde por gradiente y Laplace

6. Resultados

En la practica el software diseñado presento buenos resultados al momento de realizar las pruebas, estas prueban se hicieron con varias imágenes de la base de datos como se observa en las siguientes figuras.



Figura 17. Primera prueba



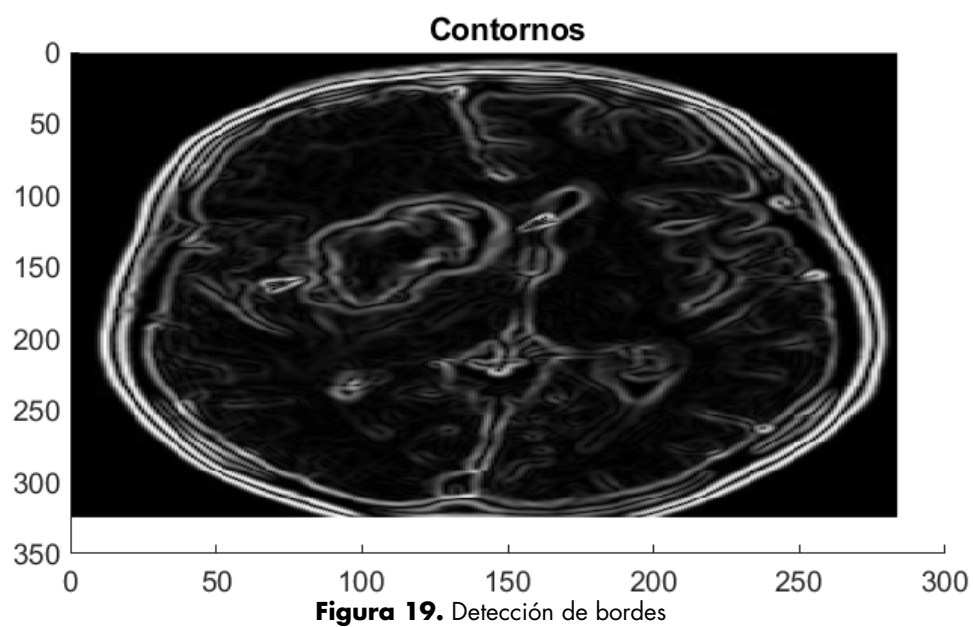
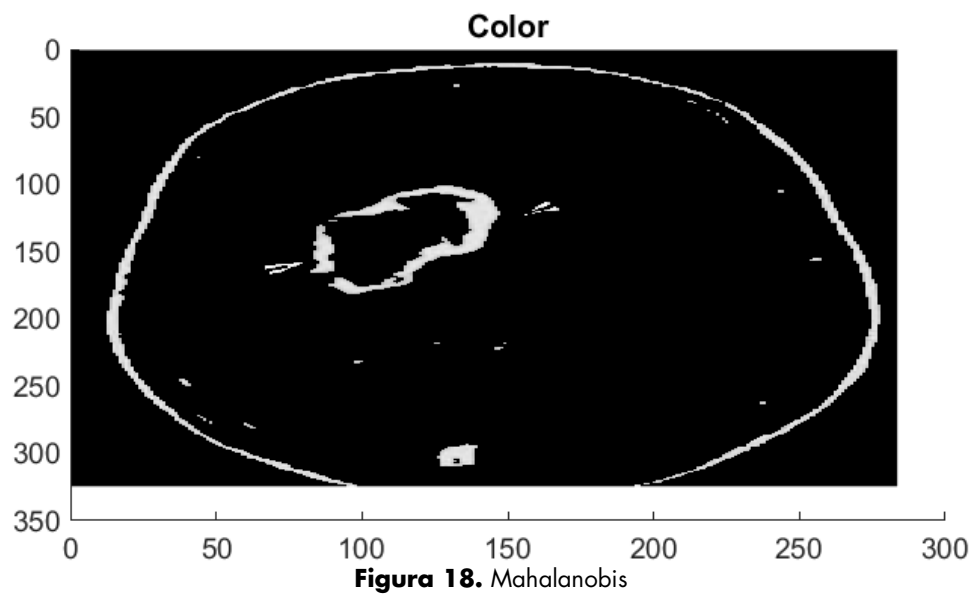




Figura 20. Segunda prueba

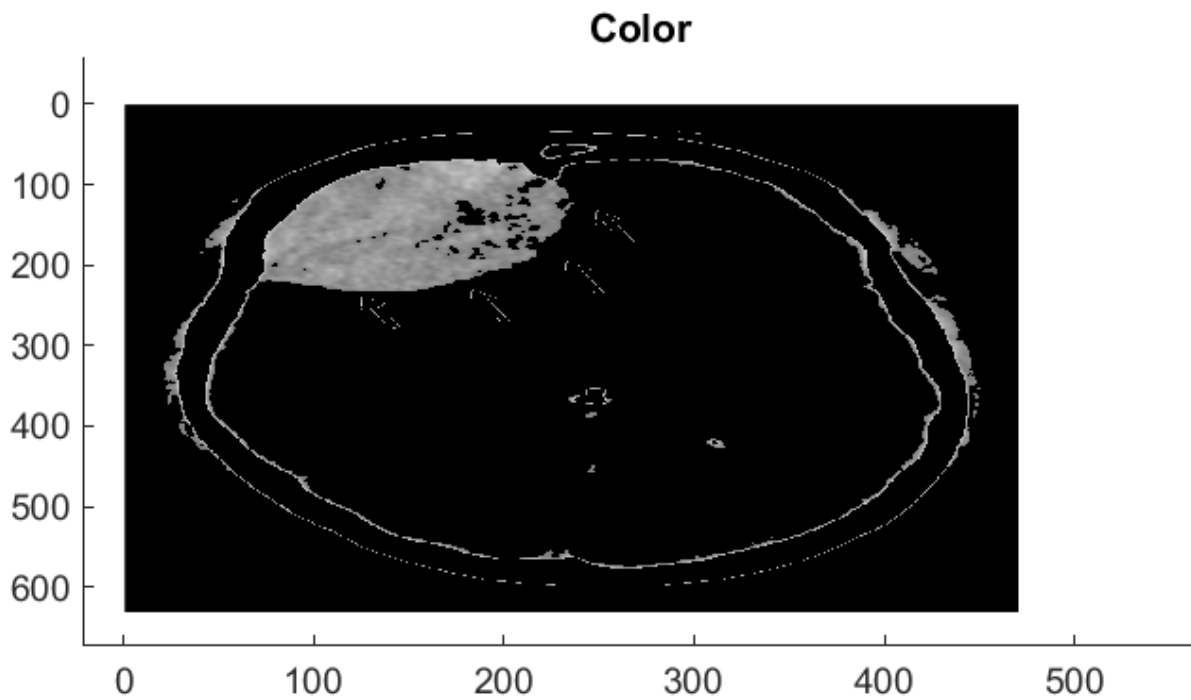
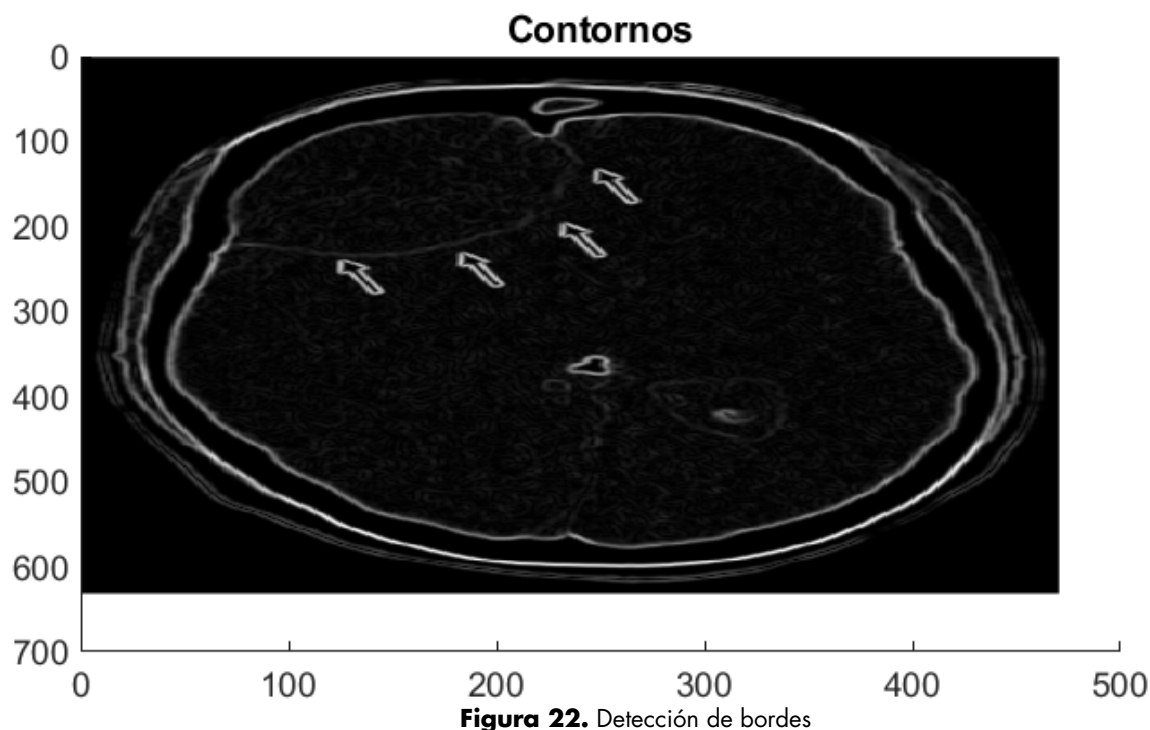


Figura 21. Mahalanobis



Una de las ventajas que ofrece el software es seleccionar entre gradiente y Laplace permitiendo que el usuario obtenga la imagen segmentada que más le convenga para el análisis de la patología. Y de igual manera seleccionar los pixeles de muestra para mahalanobis que le permite no solo analizar la zona afectada.

7. Análisis

Como se puede apreciar en las figuras 17, 18 y 19 que son los resultados de la primera prueba, el algoritmo agrupa los pixeles adecuadamente alrededor de una coordenada de localización del tumor de interés, permitiendo apreciar tantas características intrínsecas color y bordes del tejido afectado. De igual forma, se obtuvieron resultados satisfactorios para la prueba dos, en la cual bajo el mismo principio de localización bajo coordenadas xy del tumor en la imagen estudiada, se pueden obtener segmentaciones precisas de la patología. Se espera que, para futuras investigaciones, el algoritmo segmente clasifique y caracterice de manera automática las patologías analizadas a través de técnicas de machine learning y computer visión.

8. Conclusiones

Bajo los casos estudiados, se puede precisar que aplicando el método del Gradiente se obtuvieron mejores resultados en la detección de bordes que el método de Laplace. Ya que el gradiente usa la primera derivada para detectar bordes horizontales y la segunda derivada para detectar bordes verticales mostrando así de manera eficiente las características propias de la imagen a diferencia

de Laplace que usa filtros a través de convoluciones para detectar ligeras variaciones en la trayectoria de los ases de luz en la imagen.

Las aplicaciones de algoritmo, no solo se limitan a detección de tumores, ya que el principio de funcionamiento permite analizar otras partes de la imagen solamente proporcionando una coordenada de estudio y brindando un análisis más general y profundo de la imagen.

9. Referencias

Artículos de revistas

- Berrio, A. C. and Perez, S. J. (2002). Towards a new concept on engineering education. Journal of Educational Technology, Vol. 24, No. 12, pp. 269-286.
- Berrio, A. C. and Perez, S. J. (2002). Towards a new concept on engineering education. Journal of Educational Technology, Vol. 24, No. 12, pp. 269-286

Libros

- Acosta, J. (2001). Ciudades del Conocimiento. Panamericana formas e impresos, Bogotá, D.C., pp. 116.
- Acosta, J. (2001). Ciudades del Conocimiento. Panamericana formas e impresos, Bogotá, D.C., pp. 116.

Memorias de congresos

- Eppinger S.D. and Salminen V. K. (2001). Patterns of product development interactions. Proceedings of ICED '01, Vol. 1, Glasgow, pp. 283 - 290.
- Eppinger S.D. and Salminen V. K. (2001). Patterns of product development interactions. Proceedings of ICED '01, Vol. 1, Glasgow, pp. 283 - 290.

Fuentes electrónicas

- <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003335.htm>
- <https://sites.google.com/site/tecnicasdeneuroimagen/>
- <https://santpaumemoryunit.com/es/lineas-investigacion/neuroimagen/>
- <https://core.ac.uk/download/pdf/18618214.pdf>
- <https://www.centroacadia.es/tecnicas-neuroimagen/>
- <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/559>
- https://www.researchgate.net/profile/Dolgis-Ortega/publication/275951781_Tecnicas_de_Segmentacion_de_Imagenes_Medicas/link/s/554a60730cf21ed21358e423/Tecnicas-de-Segmentacion-de-Imagenes-Medicas.pdf

Sobre los autores

- **Julio M. Gulfo Galaraga:** Ingeniero Electrónico de Universidad Pontificia Bolivariana. julio.gulfog@upb.edu.co



- **David D. Hernández Molina:** Ingeniero Electrónico de Universidad Pontificia Bolivariana. david.hernandezmo@upb.edu.co
- **Joshua Vega Jiménez:** Estudiante de Ingeniería Electrónica de Universidad Pontificia Bolivariana. joshua.vega@upb.edu.co
- **Jesús G. Santana Mestra:** Estudiante de Ingeniería Electrónica de Universidad Pontificia Bolivariana. jesus.santanam@upb.edu.co
- **David F. Sierra Aleán:** Estudiante de Ingeniería Electrónica de Universidad Pontificia Bolivariana. david.sierraa@upb.edu.co
- **Claudia M. Serpa Imbett:** Ingeniería Física, Master en Ciencias Físicas de Universidad Nacional de Colombia. Doctor en Ingeniería de Universidad Pontificia Bolivariana. Profesor titular. claudia.serpa@upb.edu.co
- **Sebastián García Madrid:** Ingeniero Electrónico de Universidad Pontificia Bolivariana. Profesor asistente. sebastian.garciam@upb.edu.co
- **Roberto J. Páez Salgado:** Ingeniero Electrónico de Universidad Pontificia Bolivariana. Master en Ingeniería Biomédica de Universidad de Los Andes. Profesor auxiliar. roberto.paezsa@upb.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

