

Reconocimiento de Áreas Morfológicas en Imágenes de Resonancia Magnética del Lulo.

Sandra García
Ingeniería Electrónica
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
sandra.garcia@unad.edu.co

Paola Mateus
Ingeniería Electrónica
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
paola.mateus@unad.edu.co

Resumen – Colombia se destaca por su producción de frutos tropicales, algunos de ellos tipo exportación, y que tienen cuidadosos procesos para su cultivo. Este documento tiene como propósito aplicar técnicas de segmentación en el procesamiento de Imágenes de Resonancia Magnética (IRM) de Lulos, con el fin de identificar áreas de interés del fruto como son las cascarras, la pulpa y las semillas. De esta manera, el experto en tratamiento de imágenes podrá medir los cambios en el tiempo de relajación T2 en las IRM, dato que proporciona información vital acerca del estado del fruto en la etapa de postcosecha. Siendo una técnica no invasiva para el fruto, provee información al agricultor para mejorar los procesos de manipulación y preservación del producto, disminuyendo los inconvenientes fitosanitarios.

Palabras clave— *IRM, Morfología Matemática, Segmentación, Umbralización.*

Abstract— Colombia stands out for its production of tropical fruits, some of them export-type, and which have careful processes for their cultivation. The purpose of this document is to apply segmentation techniques in the processing of Magnetic Resonance Images (MRI) of Lulos, in order to identify areas of interest of the fruit such as rinds, pulp and seeds. In this way, the imaging expert will be able to measure the changes in the T2 relaxation time in the MRI, data that provides vital information about the state of the fruit in the post-harvest stage. Being a non-invasive technique for the fruit, it provides information to the farmer to improve the handling and

preservation processes of the product, reducing phytosanitary problems.

Keywords— *MRI, Morphology Mathematics, Segmentation, Thresholding.*

I. INTRODUCCIÓN

Colombia, por su variedad de climas es uno de los países latinoamericanos cultivadores y exportadores de frutas, sin embargo, en algunas regiones del país disminuyen las cosechas debido a problemas fitosanitarios y a cambios climáticos que dificultan su comercialización y exportación. De acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), se cuenta con 17 departamentos productores y exportadores de fruta, Antioquia con 42.805 ha, Magdalena con 13.457 ha y Valle del Cauca con 3.767 ha, siendo la producción de frutas principalmente de banano, plátano, uchuva, bananito, naranja, limón Tahití, granadilla, aguacate y pitahaya [2].

Durante el periodo de post cosecha los frutos sufren distintos cambios de tipo morfológico y algunos no son apreciables a simple vista, estos cambios pueden ser estudiados con ayuda de IRM.

La IRM es utilizada para conocer e identificar características fisicoquímicas del fruto como el contenido de aceites y grasas, la humedad, el almacenamiento de agua, su difusión en vegetales, movilidad de solutos y daños internos en el fruto, no apreciables más que con métodos destructivos convencionales. La IRM es una práctica no invasiva aplicada actualmente en estudios con tomates, toronjas, manzanas, melones, entre otros, para determinar cambios durante los procesos de maduración,

convirtiéndose en una herramienta importante para el estudio de la calidad interna de los frutos [3].

En la literatura se encuentra el seguimiento de la maduración pos-cosecha de tomate utilizando IRM, además donde registran cambios de peso, contenido de agua y concentración de azúcares y ácidos, detectaron cambios en los tiempos de relajación 1 y 2 durante un periodo de 3 semanas de maduración [4].

La medición de los cambios de T1 y T2, se puede realizar a través del procesamiento de imágenes, con la medición de los cambios en los niveles de grises para cada uno de los T en diferentes tiempos (días).

Actualmente esta medición se ha realizado pixel a pixel de las áreas de interés, según apreciación del experto, tabulando la información [5]. Por lo cual no ha permitido hacer una evaluación completa de cada una de las estructuras del fruto, adicionalmente esta técnica manual, requiere de mayor tiempo, en comparación con el procesamiento de imágenes computacional.

En este artículo se presenta una metodología de segmentación para extraer el área de interés (ROI's), como son pepa, pulpa y cascara de las IRM de Lulos, que permitirá al experto del área biológica extraer información de los cambios del fruto durante la etapa de maduración o postcosecha.

II. METODOLOGÍA

De acuerdo con el concepto del experto frente a las áreas de interés en el Lulo (pepas, pulpa y cascara), y partiendo de características particulares de las IRM. Se realizó una búsqueda bibliográfica de las técnicas de segmentación implementadas en las IRM, la búsqueda se efectuó en bases de datos como IEEE, Google Académico, Scielo, Elsevier y los descriptores utilizados fueron segmentación, imágenes de resonancia magnética, morfología. Se consultaron alrededor de 45 artículos, que permitieron definir algunas de las técnicas de procesamiento.

Con base en los métodos de segmentación para reconocer la ubicación de objetos en IRM, se definió una metodología a partir de los estudios

reportados en [6] [7] [8], se precisó una metodología de segmentación, que parte de una umbralización, seguidos por operaciones morfológicas de dilatación condicional, apertura y cierre (ver Figura. 1), y finalmente una discriminación de las regiones segmentadas con operaciones lógicas, para establecer regiones que corresponden a objetos de interés.

Las imágenes utilizadas se encontraban en formato tipo DICOM, y en este formato se realizó todo el procesamiento con la herramienta de software Matlab.

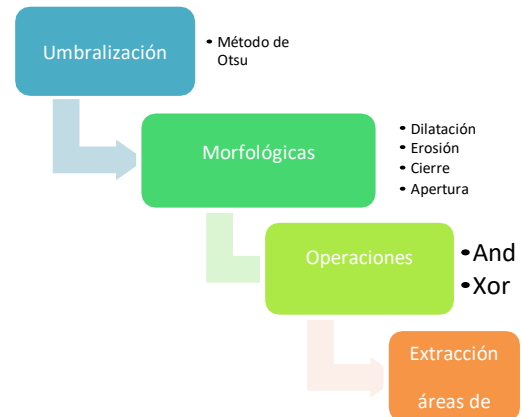


Figura 1. Metodología empleada para la extracción de las áreas de interés en la IRM del Lulo.

A continuación, se describen las técnicas de procesamiento implementadas en el proceso de segmentación.

A. Umbralización

Las IRM de los lulos presentan una alta ventaja frente a la posibilidad que brinda en la extracción de las áreas de interés, dado que hay una clara diferencia entre los objetos a extraer respecto del fondo de la escena. La umbralización se rige por la similitud entre los píxeles pertenecientes a un objeto y sus diferencias respecto al resto. Por tanto, la escena se caracteriza por un fondo uniforme (negro) y por objetos parecidos (escala de grises).

Frente a los métodos de umbralización son variados y cada alternativa se da de acuerdo con la necesidad de la aplicación. Kapur y Kittler son considerados como los métodos con mejor comportamiento en imágenes [9] pero Otsu parece ser el método más eficiente en cualquier imagen en comparación con los otros [1]. Este

último se aplicó en la umbralización de las imágenes.

El método de Otsu [10] elige el umbral para minimizar la varianza intraclase de los píxeles en blanco y negro. Al aplicar un umbral T , la imagen es escala de grises, queda binarizada; etiquetando con 1 los objetos correspondientes al objeto y con 0 aquellos que son del fondo, para el caso de las IRM se tiene:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 \leftrightarrow f(x, y) > T \\ 0 \leftrightarrow f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (1)$$

A. Morfología Matemática

En morfología matemática se utiliza la teoría de conjuntos donde el interés está en las formas y geometría de los objetos. Con las operaciones morfológicas las imágenes se simplifican y se preservan las características de forma principales de los objetos.

Las operaciones morfológicas en imágenes están basadas en la relación geométrica o conectividad de los píxeles que son considerados de la misma clase.

1) Apertura

La apertura morfológica consiste en una erosión seguida de una dilatación, utilizando el mismo elemento estructurante para ambas operaciones, para este caso se aplicó un elemento estructurante plano con forma de disco, este proceso se describe en la expresión (5) [11]:

$$\gamma_B(A) = A \circ B = (A \ominus B) \oplus B = \delta_B(\varepsilon_B(a)) \quad (2)$$

2) Erosión

La transformada morfológica de erosión \ominus combina dos conjuntos utilizando la sustracción de vectores de los elementos de los conjuntos.

$$A \ominus B = \{d \in E^2: d + b \in A \quad b \in B\} \quad (3)$$

3) Dilatación

Esta transformación de dilatación \oplus combina dos conjuntos utilizando la suma de vectores. La dilatación de $X \oplus B$ es el conjunto de puntos de todas las sumas de vectores posibles de pares de

elementos, uno de cada uno de los conjuntos X y B

Dilatación condicional, se aplica un llenado de “agujeros” en la imagen binaria, un agujero es un conjunto de píxeles de fondo que no pueden ser alcanzados por el llenado en el fondo del borde de la imagen, se realiza una dilatación condicional dada por un elemento estructurante como se muestra en la expresión (4) [12]:

$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c \quad (4)$$

4) Cierre

La dilatación seguida por la erosión conforma la operación morfológica conocida como cierre. El cierre de una imagen A por medio del elemento estructurante B se denota como $A \cdot B$ y se define como:

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B \quad (5)$$

Si la imagen A no cambia con la apertura con un elemento estructurante B se dice que es abierta con respecto a B . De manera similar, si una imagen A no cambia con el cierre con elemento estructurante B , entonces se dice que A es cerrada con respecto a B .

III. RESULTADOS

De acuerdo con las técnicas de segmentación aplicadas se obtuvieron los siguientes resultados: En la Figura 2. Se tiene la imagen original formato DICOM.



Figura 2. Imagen original

Para la Figura 3. Se obtiene la imagen binarizada por el método de Otsu.



Figura 3. Imagen binarizada

Para obtener la pulpa, se usó un elemento estructurante en forma de disco con radio 2, para la operación morfológica de apertura, luego para definir el área de la pulpa se aplicó una operación de cierre y finalmente dado que las semillas se encuentran en la pulpa para extraer las semillas, se realiza una máscara de toda el área de la pulpa que más adelante permite la extracción de las semillas. Para esta máscara se realiza un llenado de los huecos de la pulpa (ver Figura 4).

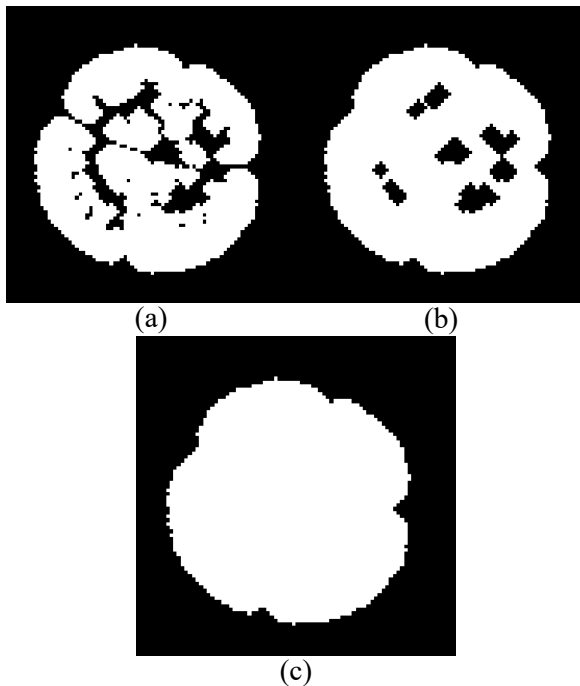


Figura 4. Operaciones para la extracción de la pulpa, (a) Resultado de operación morfológica de apertura, (b) resultado de la operación morfológica de cierre y (c) máscara para la extracción de las semillas a través de la pulpa aplicando llenado de huecos.

Se encuentra que la identificación de la pulpa ha sido relativamente sencilla, ahora se concentra el

proceso en la identificación de la cascara y las semillas. Para esto se aplicó la operación XOR, que descarta la pulpa dejando las pepas y máscara (ver Figura 5).



Figura 5. Imagen obtenida de la operación XOR entre la imagen binarizada (Fig 3) y la imagen de apertura (Fig 4a)

Se extrae las semillas realizando la operación lógica AND entre la imagen de la cascara-semillas y la pulpa de la Figura 4c (ver Figura 6)

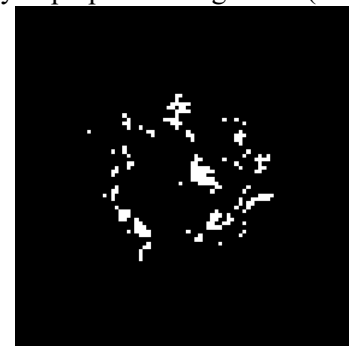


Figura 6. Imagen de semillas

Se extrae la cascara realizando la operación lógica AND entre la imagen de la cascara-semillas negada (Figura 5) y la pulpa (Figura 4c) ver resultado en la Figura 7.

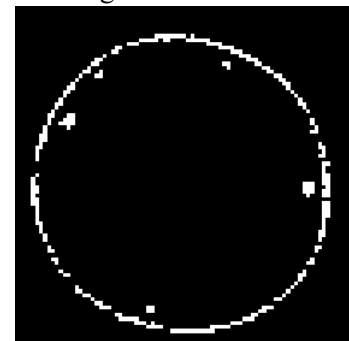


Figura 7. Imagen de la obtención de la cascara

El resultado final se observa en la Figura 8, donde se tiene cada una de las áreas de interés, cascara, pulpa y semillas.

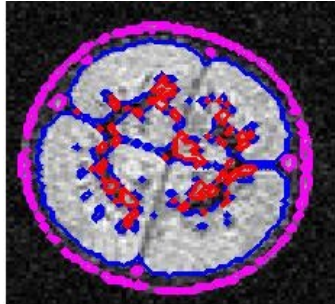


Figura 8. Obtención de las áreas de interés, cascara (morado), pulpa (contorno azul) y semillas (rojo).

IV. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La segmentación a través de operaciones morfológicas es una técnica de fácil implementación. Se logró extraer las áreas de interés, el tiempo computacional de las operaciones utilizadas es bajo, pero se realizan operaciones características para el fruto en particular, limitando la identificación para otras imágenes.

Para trabajos futuros, ya identificadas estas regiones se puede caracterizar como grupos de píxeles e implementar técnicas de clustering que permitan caracterizar estas regiones para otras imágenes.

REFERENCIAS

- [1] H Azhar and T Widjanarko, "Comparison of two Binary Image Thresholding Methods Fina Project," in EECER 6235 Random Signal Analysis Fall, Memphis, 2002.
- [2] Ministerio de Agricultura. (1913) ICA, Instituto Colombiano Agropecuario. [Online]. <http://www.ica.gov.co/El-ICA.aspx>
- [3] Iván Darío Aristizábal Torres, "La resonancia magnética y sus aplicaciones en la agroindustria," Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín., vol. 60, no. 2, pp. 4037-4066, 2007.
- [4] Maja Musse et al., "Monitoring the postharvest ripening of tomato fruit using quantitative MRI and NMR relaxometry," Elsevier B.V, no. 53, pp. 22-35, 2009.
- [5] Wilson Pinzón, Jenny Melo, and Pilar Infante, Evaluación de los cambios físicos en la corteza del fruto de tomate durante su etapa de maduración, empleando microscopía de fuerza atómica (MFA).: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2013.
- [6] Ivan Ariztizabal, "Tesis Doctoral: estudio, aplicación y propuesta de automatización del procesamiento de imágenes por resonancia magnética para la evaluación y detección de defectos internos de calidad en cítricos y melocotones," Valencia, 2006.
- [7] Alexander Vera Tasamá, Andrés F. Ramírez Sánchez, Daniel Moreno Martínez, and Milton J. Alzate Silva, "Aplicación Didáctica para el Procesamiento de Imágenes Digitales Usando Interfaz Gráfica de Usuario en MATLAB," in Dia MATLAB 2008 – Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Medellín, 2008.
- [8] Javier Cancio del Busto, "Proyecto fin de Carrera: Desarrollo de una interfaz gráfica de usuario en entorno MATLAB para el manejo de software de segmentación de imágenes RMN," in Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2012.
- [9] N Nacereddine, L Hammami, M Tridi, and N Oucief, "Non- Parametric Histogram Based Thresholding Methods for Weld Defect Detection in Radiography," , 2005.
- [10] N Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histogram," IEEE Transactions on Systems Man, and Cybernetics, vol. 9, no. 1, pp. 62-66, 1979.
- [11] Jhon Russ, The Image Processing Handbook. USA: CRC Press LLC, 2002.
- [12] Gonzalo Pajares, Visión por Computador: Imágenes Digitales y Aplicaciones. México: Alfaomega Grupo Editorial, 2002.
- [13] P Chen, MJ McCarthy, and R Kauten, "Potential use of NMR for internal quality evaluation of fruits and vegetables," Trans. ASAE 32, 1989.
- [14] S Kim, M.J McCarthy, and P Chen, "Feasibility of tomato quality grading and sorting using magnetic resonance," ASAE Paper No. 94-6519. For presentation at the 1994 ASAE Winter Meeting, Atlanta, GA, pp. 13-16, 1994.
- [15] Maja Musse et al., "An investigation of the structural aspects of the tomato fruit by means of quantitative nuclear magnetic resonance imaging," Elsevier Inc., no. 27, pp. 709-719, 2009.
- [16] Christopher Clark and Janet MacFali, "Magnetic resonance imaging of persimmon fruit (Diospyros kaki) during storage at low temperature and under modified atmosphere," Elsevier Science B.V, no. 9, pp. 97-108, 1997.
- [17] MR-Technology. T2 Time. [Online]. <http://www.mr-tip.com/serv1.php?type=db1&dbs=T2%20Time>
- [18] Rosa Gantes, "Master física biomédica técnicas de reconstrucción de imagen de resonancia magnética," Madrid, 2009.
- [19] Pablo Escobar. Capítulo IX-Resonancia Magnética. [Online]. <http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/pescobar/e7-0/Archivos/10%20-%20Resonancia%20magnetica.pdf>
- [20] Universidad de la República. Index of /imagedmed. [Online]. <http://www.nib.fmed.edu.uy/imagedmed/>

[21] Otsu Noboyuki, "A threshold selection method from gray-level histogram," IEEE Transaction on System Cybernetics, 1979.

[22] J.P Hornak. (1996-2002) The basics of MRI, Software License.

[23] B Kastter, D Vetter, and A Gangi, Principios de RMN, Manual de Autoaprendizaje.: Masson S.A, 1997.

[24] Marcelo Galves, Mauricio Farias, Takeshi Asahi, and Bravo Eduardo, "Calculo de tiempos T1 Y T2 in vitro," Revista Chilena de Radiología, vol. 11, no. 3, pp. 109-115, 2005.

Autores

S.García. Ingeniera Electrónica y Especialista en Bioingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Candidata a Magister de la Pontificia Universidad Javeriana. Docente Investigadora de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia

P.Mateus. Ingeniería Electrónica y Magister en Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. Docente Investigadora de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

.