



Editorial de la
Universidad Tecnológica Nacional

**La Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N. -
en el Nordeste Argentino – N.E.A.**
Investigación y Desarrollo en la Facultad Regional Resistencia

Compiladoras:

**Carola Sosa
Nidia Dalfaro**



PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Determinación del espesor de cáscara en pomelos rosados.

Comparación entre tres métodos

Autores: Cleva, Sampallo, González Thomas y Acosta.



Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

edutecne@utn.edu.ar

© [Copyright] La Editorial de la U.T.N. recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir el conocimiento generado por autores universitarios, pero que los mismos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE CÁSCARA EN POMELOS ROSADOS. COMPARACIÓN ENTRE TRES MÉTODOS.

Cleva M. S(), Sampallo G.M., González Thomas A. O., Acosta C.A.*

Grupo de Investigación Sobre Inteligencia Artificial. Universidad Tecnológica Nacional Facultad
Regional Resistencia. French 414, H3500CHJ, Resistencia, Chaco, Argentina
Email: clevamario@hotmail.com

Resumen: El objetivo del presente trabajo es analizar y comparar tres métodos para medir el espesor de la cáscara de una muestra de 58 mitades de pomelos rosados. En el método convencional, la determinación es directa a través del empleo de un calibre. En éste, el espesor se obtiene promediando los valores medidos en cuatro puntos equidistantes en la sección media ecuatorial de la fruta. En los dos métodos restantes, la determinación del espesor es indirecta, empleando imágenes color de los ejemplares adquiridos con un escáner de mesa y usando procesamiento digital de imágenes (PDI). En uno de ellos, se emplea la imagen binarizada de la capa roja y verde de la sección media ecuatorial del pomelo y se determina el área correspondiente a la cáscara. Se modela este área como un anillo de radio interior R_i y radio exterior R_e . La diferencia de ambos radios da el valor del espesor ponderado a lo largo de toda la cáscara. A este método lo denominamos Método Indirecto por Cálculo de Área (MICA). En el otro método, empleando el mismo conjunto de imágenes, se determinan las firmas interior y exterior del contorno de la cáscara y a partir de ellas se obtiene el espesor promedio. A éste, lo denominamos Método Indirecto de la Firmas (MIF). Para la muestra analizada, los valores promediados son (5.2 ± 0.6) mm cuando se usa el calibre, (5.8 ± 0.5) mm con el MICA y (5.7 ± 0.5) mm con el MIF. Los resultados obtenidos por el MICA y por el MIF presentan un error inferior respecto del convencional y son concordantes entre sí. Estos métodos ponderan automáticamente el espesor a lo largo de toda la cáscara correspondiente a la sección estudiada y su determinación es independiente del operador.

Palabras clave: Espesor. Cáscara. Cítricos. Procesamiento de imágenes. Firma

INTRODUCCIÓN.

En diversos estudios realizados con cítricos, se requiere conocer el espesor de la cáscara. Zambrano y col (2001) usan el espesor de la cáscara de frutos de naranjo valencia como factor de calidad. Russián & col (2009) determinan el grosor de la cáscara de naranjas criollas y lo usan junto con un conjunto de variables físicas para caracterizar su morfología. Futch y Tucker (2009) usan el espesor de la cáscara como un indicador de la mayor o menor cantidad de potasio. La determinación convencional de éste valor se realiza promediando los valores del espesor obtenidos en diferentes puntos de la sección media ecuatorial de la misma. Estas mediciones, si bien se realizan con un calibre, tienen dos aspectos negativos: a) la cáscara no es rígida, por tanto la calidad de la medida depende de la habilidad del operador más que del instrumento, b) el espesor es medido en lugares de la cáscara que pueden ser más o menos representativos de este valor.

Una manera de evitar estos aspectos negativos es introducir técnicas de Procesamiento Digital de Imágenes (PDI) mediante las cuales se pueden determinar características en forma objetiva y sin entrar en contacto físico con el objeto. Sudhakara y Renganathan (2002) presentan un método basado en PDI para ordenar y clasificar manzanas. Narendra y Hareesh (2010) hacen una revisión de las aplicaciones de PDI relacionadas a la clasificación y evaluación de la calidad de alimentos y frutas. Radojević y col (2011) presentan un método digital para la parametrización de manzanas relacionados con el tamaño, forma y aspecto de la superficie.

Los autores del presente trabajo han propuesto dos métodos para la determinación del espesor en cítricos empleando PDI. En el primero de los métodos (Cleva y col, 2010), la determinación

se realiza a partir de la modelización de la cáscara como una sección circular. A éste método lo denominamos Método Indirecto por Cálculo de Área (MICA).

En el segundo método propuesto (Sampallo y col, 2010), se determinan a partir del baricentro de la sección ecuatorial, las firmas interior y exterior del contorno de la cáscara y a partir de ellas se obtiene el espesor promedio. A éste, lo denominamos Método Indirecto de la Firmas (MIF).

El objetivo del presente trabajo es analizar y comparar tres métodos para medir el espesor de la cáscara de una muestra de 58 mitades de pomelos rosados.

MATERIALES Y MÉTODO.

Se trabajó con una muestra de 58 mitades de pomelos rosados, cortados en su sección media ecuatorial. Para cada ejemplar se midió el espesor mínimo de la cáscara con un calibre de apreciación 0.1 mm, en cuatro puntos equidistantes, promediándose las lecturas (Figura 1).

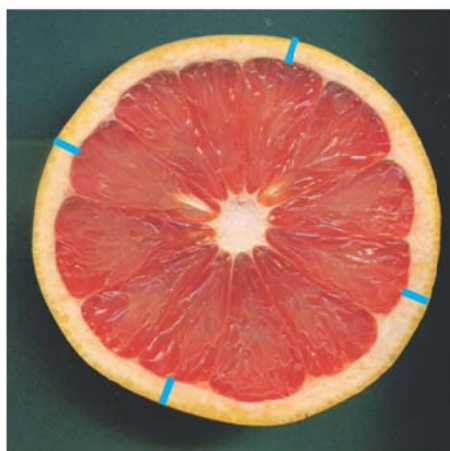


Figura 1: Sección ecuatorial del pomelo rosado. Las marcas celestes indican los lugares donde se realizan las determinaciones con el calibre

Se registraron las imágenes color de los 58 ejemplares empleando un escáner plano con una resolución de 300 dpi (Figura 2).

El uso del escáner como elemento de registro fue propuesto por varios autores en trabajos relacionados con la determinación de parámetros de forma en frutos por ser un equipo accesible y de bajo costo. Stanley y Baker (2002) presentan el uso del escáner con fines educativos para examinar aspectos relacionados con la estructura y la textura en alimentos. Rodríguez y col. (2010) procesan las imágenes de tomates obtenidas con un escáner para determinar factores de forma y color. La ventaja de esta forma de adquisición de imágenes, además de las relacionadas con su fácil implementación, es que las imágenes son obtenidas con iluminación uniforme, no sufren distorsiones de campo y el factor de escala depende solo de la resolución elegida.

PreProcesamiento de las Imágenes.

El preprocesamiento es común en ambos métodos. Para llevarlo a cabo se emplea el programa de distribución libre ImageJ®. La imagen color de cada ejemplar (Figura 3 – a) se separa según sus capas roja (Figura 3 – b), verde (Figura 3 – c) y azul (Figura 3 – d) y se binarizan. La binarización de la capa roja (Figura 3 – e) permite segmentar la fruta del fondo. La binarización de la capa verde (Figura 3 – f) permite segmentar la cáscara y las semillas expuestas. A fin de descartar las semillas y otros elementos de pequeño tamaño como ser restos de pulpa, se aplica un filtro que selecciona el objeto de mayor tamaño, que corresponde a la cáscara (Figura 3 – g), descartando el resto. De la imagen obtenida se extraen los contornos (Figura 3 – h).



Figura 2: Imágenes de pomelos obtenidas de la bandeja del escáner.

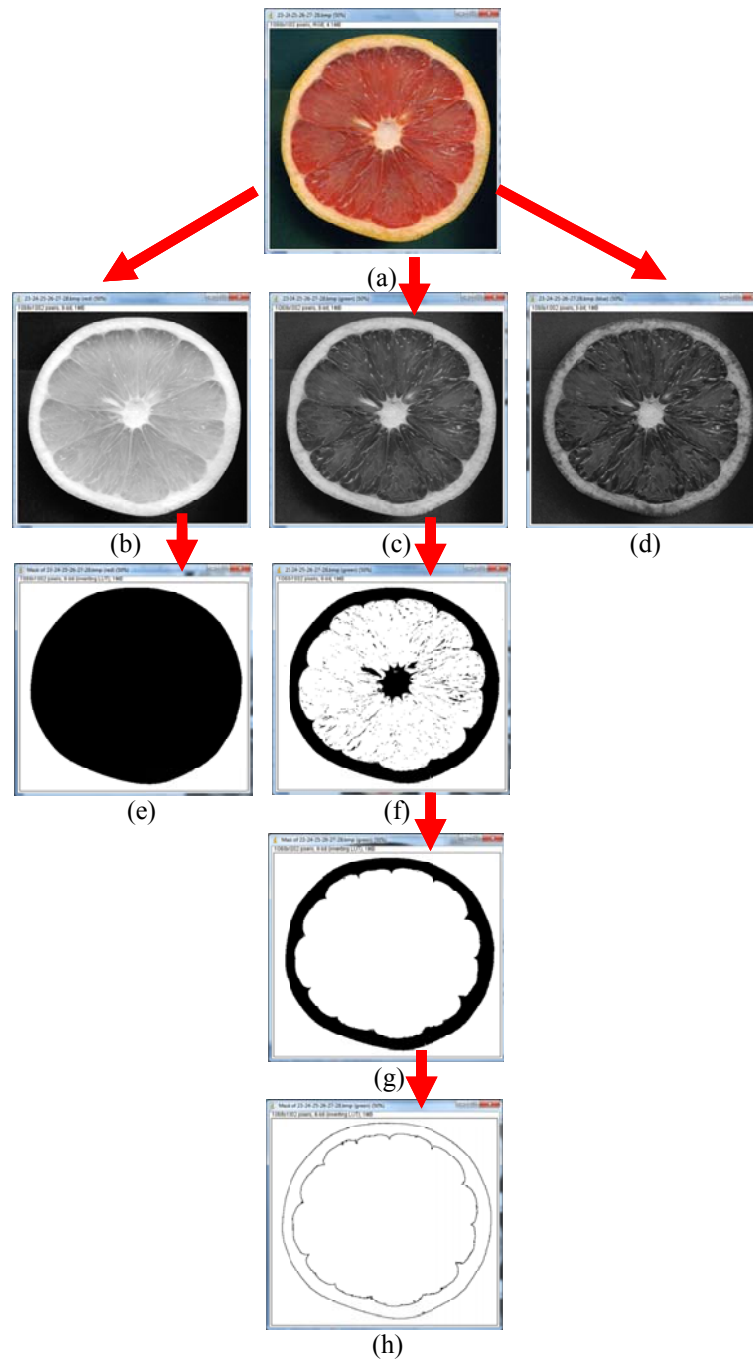


Figura 3: Secuencia de operaciones sobre la imagen color del pomelo.

Descripción de los Métodos Empleados.

Método Indirecto por Cálculo de Área (MICA).

En este método se modela la cáscara de la sección de la fruta como un anillo circular, cuyo área coincide con el de la cáscara (Figura 4). Para la determinación del área del anillo circular se calcula primero el área A_R de la fruta en la imagen binaria (Figura 3 – e) contando el número de píxeles que pertenecen a la misma. Empleando la resolución del escáner, se obtiene el valor del área en mm^2 . El radio exterior R_e se calcula empleando:

$$R_e = \sqrt{\frac{A_R}{\pi}} \quad (1)$$

Empleando la imagen binaria de la cáscara obtenida de la capa verde (Figura 3 – g) se calcula su área A_V . A partir de la fórmula del área del anillo y el radio exterior R_e calculado en (1), se determina el valor de R_i .

$$R_i = \sqrt{\frac{(A_R - A_V)}{\pi}} \quad (2)$$

La diferencia entre ambos radios es el espesor representativo de la cáscara. En la Figura 4 se muestra la correspondencia entre los contornos modelados y los reales.

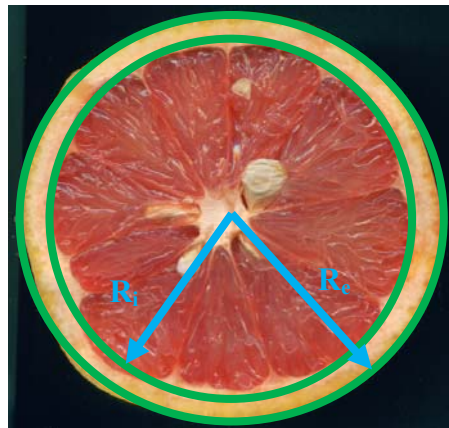


Figura 4: Anillo circular de radio externo R_e e interno R_i que modela la cáscara

Método Indirecto por Firmas MIF.

Empleando la imagen binarizada de la capa roja (Figura 3 – e), se obtienen las coordenadas del baricentro de la imagen de la fruta (Figura 5) las que están dadas por la siguiente expresión.

$$x_c = \left[\frac{\sum_{i,j} i \cdot \text{Im}_{i,j}}{\sum_{i,j} \text{Im}_{i,j}} \right] \quad y_c = \left[\frac{\sum_{i,j} j \cdot \text{Im}_{i,j}}{\sum_{i,j} \text{Im}_{i,j}} \right] \quad (3)$$

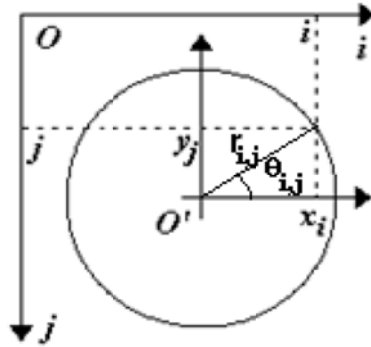


Figura 5: Referencia respecto del baricentro

Donde $Im_{i,j}$ son los valores de niveles de gris del píxel de la imagen en la posición (i,j) . Las coordenadas del contorno con respecto al baricentro O' están dadas por:

$$x_i = i - x_c \quad y_j = y_c - j \quad (4)$$

Una vez definido el nuevo sistema de referencia con origen en O' y las correspondientes coordenadas rectangulares del contorno, es posible obtener su representación polar respecto del baricentro del objeto, empleando la transformación:

$$r_{i,j} = \sqrt{x_i^2 + y_j^2} \quad \theta_{i,j} = \tan^{-1} \left(\frac{y_j}{x_i} \right) \quad (5)$$

Este razonamiento se extiende para determinar las posiciones de los puntos del contorno interior y exterior de la cáscara. Las representaciones en coordenadas cartesianas de los radios interior y exterior en función del ángulo constituyen las firmas de los contornos respectivos de la cáscara (Figura 6).

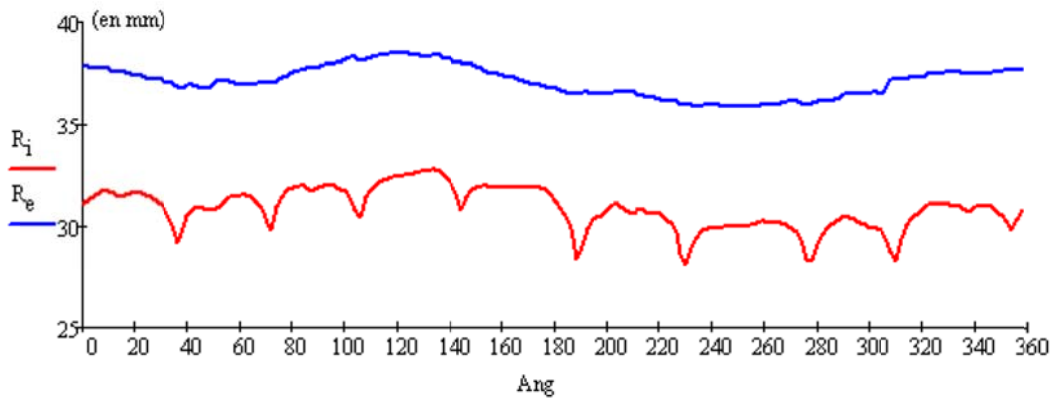


Figura 6: Representación del contorno exterior R_e e interior R_i de la cáscara

La diferencia entre los pares de radios correspondientes al mismo ángulo determina el espesor a lo largo de todo el contorno de la cáscara.

RESULTADOS.

En la Figura 7 se grafican los resultados obtenidos por los tres métodos para cada una de las 58 mitades de los pomelos analizados.

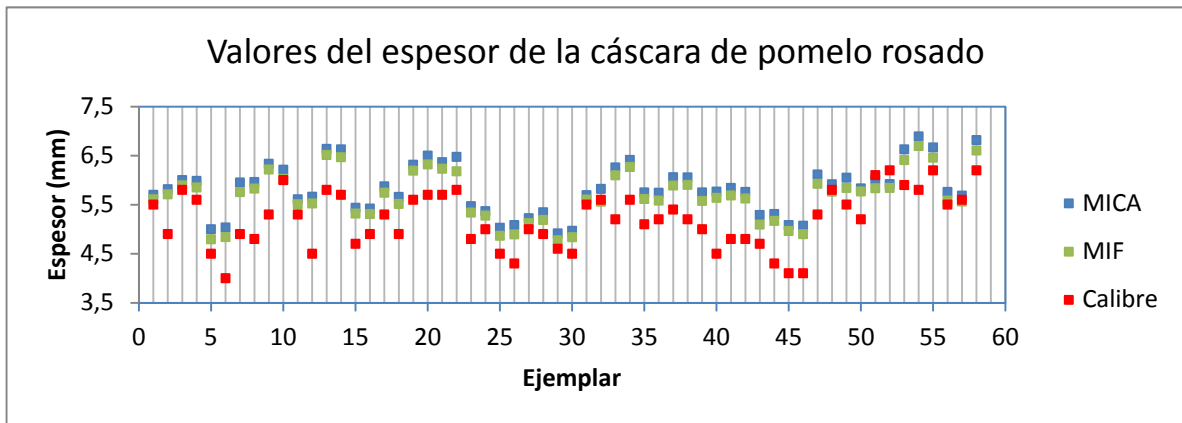


Figura 7: Representación de los valores obtenidos por los tres métodos para cada ejemplar analizado

Para la muestra analizada, los valores promediados y sus desviaciones estándar se muestran en la Tabla 1.

Método	Valor Promedio (mm)	Desviación estándar (mm)
Calibre	5.2	0.6
MICA	5.8	0.5
MIF	5.7	0.5

Tabla 1: Valores promediados y desviaciones estándar del espesor de la cáscara obtenidos por los diferentes métodos

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

La Figura 7 muestra que los resultados obtenidos por los métodos basados en PDI son sistemáticamente mayores que los obtenidos con el calibre. Esto es debido a que los métodos propuestos, emplean la totalidad de la sección de la cáscara para la determinación del espesor, incluyendo las zonas de engrosamiento que se presentan en las regiones de unión entre gajos consecutivos, que no se tienen en cuenta en la determinación con calibre. En promedio el espesor obtenido por PDI es mayor en aproximadamente un 10% respecto del método por calibre.

Para cada ejemplar, los resultados de los tres métodos tienen poca dispersión relativa.

Los valores promediados de los métodos basados en PDI, como muestra la Tabla 1, son más cercanos entre sí respecto del obtenido por el método del calibre. La desviación estándar es la misma para el MICA y el MIF, siendo menores que el correspondiente al obtenido con el calibre.

La determinación convencional del espesor de la cáscara usando un calibre tiene la desventaja de que la cáscara no es rígida y no permite usar apropiadamente el instrumento. Como consecuencia, distintos operadores registrarán diferentes valores del espesor de la misma región de la cáscara haciendo que la lectura del calibre dependa fuertemente del operador y su subjetividad. Una desventaja adicional es que el método convencional emplea cuatro lecturas en lugares definidos por el operador para la determinación del espesor. Lo cual, además de ser un número muy reducido para obtener un espesor representativo, implica que operadores distintos muy probablemente obtengan diferentes resultados para un mismo ejemplar.

Las determinaciones realizadas por el MICA y el MIF tienen la ventaja de que son objetivas, y además al promediar sobre toda la cáscara, sus resultados son más representativos del valor verdadero.

CONCLUSIONES.

Los métodos que emplean PDI son más precisos. En la Tabla 2 se comparan los métodos empleados.

Parámetro Método	Calibre	MICA	MIF
Número de frutas	Una	Una	Una
Forma de la fruta	Cualquier tipo	Esferoidal	Esferoidal
Instrumento de medición	Calibre	Imagen/Escáner	Imagen/Cámara
Apreciación	0.1 mm	1 pixel. Depende de la resolución de la imagen. Para 300 dpi es 0.085 mm por pixel.	1 pixel. Depende de la resolución de la imagen. Para 300 dpi es 0.085 mm por pixel.
Desviación estándar	0.6 mm	0.5 mm	0.5 mm
Medida	Directa	Indirecta	Indirecta
Registro de datos	Manual	Automático	Automático
Almacenamiento de datos	Manual	Automático	Automático
Recuperación de datos	No existe	Existe	Existe
Dificultad de implementación	Bajo	Bajo	Bajo
Costo de implementación	Mínimo	Mínimo	Mínimo
Infraestructura especial de implementación	No necesita	No necesita	No necesita
Dependencia del operador	Si	No	No

Tabla 2: Comparación entre los métodos para determinar el espesor de la cáscara.

Los métodos que emplean PDI tienen la ventaja de que sus resultados son claramente más representativos del espesor de la cáscara que el obtenido empleando un calibre, y son independientes del operador. Sin embargo su aplicación está restringida a pomelos de sección media ecuatorial cuasi circular o circular. Su precisión depende de la resolución de la imagen. El software empleado en el método MICA es de distribución gratuita y su uso es relativamente sencillo. Los algoritmos de procesamiento y cálculo empleados en el método MIF fueron programados empleando Mathcad. Además con las imágenes obtenidas es posible construir una base de datos para comparaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA.

- CLEVA M., SAMPALLO G. GONZÁLEZ THOMAS A., “Determinación del espesor de la cáscara del pomelo rosado a partir del procesamiento digital de imágenes”, Libro de Resúmenes del VI Congreso Argentino de Citricultura”, 126, 2010
- FUTCH, S., TUCKER D., “A guide to Citrus Nutritional Deficiency and Toxicity Identification”, HS-797. University of Florida IFAS Extension. 6, 2008.
- IMAGEJ®, <http://rsbweb.nih.gov/ij/>. Consultado el 30 de junio de 2011
- NARENDRA V., HAREESH K., “Quality Inspection and Grading of Agricultural and Food Products by Computer Vision- A Review”, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 2 – No.1, May 2010.
- RADOJEVIĆ R., PETROVIĆ D., PAVLOVIĆ V., NIKOLIĆ Z., UROŠEVIĆ M., “Digital Parameterization of Apple fruit size, shape and surface spottiness” African Journal of Agricultural Research Vol. 6(13), pp. 3131-3142, 4 July, 2011.
- RODRÍGUEZ, G., MOYSEENKO, J., ROBBINS, M., HUARACHI MOREJÓN, N., FRANCIS, D., VAN DER KNAAP, E., “Tomato Analyzer: A Useful Software Application to Collect Accurate and Detailed Morphological and Colorimetric Data

- from Two-dimensional Objects”. <http://www.jove.com/details.php?id=1856> doi: 10.3791/1856. J Vis Exp. 37 (2010).
- RUSSIÁN T., ZÁRRAGA Á., RUIZ C., “Calidad del fruto de Naranja ‘Criolla’ en el estado Falcón, Venezuela”, Revista UDO Agrícola 9 (1): 15-20. (2009).
 - SAMPALLO G., GONZÁLEZ THOMAS A., CLEVA M. “Medida del espesor de la cáscara de cítricos con procesamiento digital de imágenes”, Anales de Congreso de AgroInformática 799-806, 2010.
 - STANLEY D., BAKER K., “A Simple Laboratory Exercise in Food Structure/Texture Relationships Using a Flatbed Scanner”, Journal of Food Science Education” Vol. 1, 6 – 9, 2002
 - SUDHAKARA R., RENGANATHAN S., “New Approaches for Size Determination of Apple Fruits for Automatic Sorting and Grading”, Iranian Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol. 1, N°2, SUMMER-FALL 2002.
 - ZAMBRANO J., QUINTERO I., ÁLVAREZ R., HORTEGANO R., SÁENZ M., “Evaluación de frutos de naranjo ‘Valencia’ provenientes de tres pisos altitudinales del estado de Trujillo”, Agronomía Tropical 51, (1): 107-117. 2001.