



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

***Medida de las Característica morfológicas de granos de arroz
empleando procesamiento de imágenes***

Autores: Sampallo, Acosta, González Thomas, Cleva.



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.

MEDIDA DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE GRANOS DE ARROZ EMPLEANDO PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Sampallo G. M. , Acosta C., González Thomas A., Cleva A.*

Grupo de Investigación sobre Inteligencia Artificial – Facultad Regional Resistencia –
Universidad Tecnológica Nacional

French 414 – H3500CHJ - Resistencia – Chaco – Argentina

gsampallo@gmail.com

Resumen: En este trabajo se presenta una metodología basada en procesamiento de imagen para determinar las características morfológicas de granos de arroz. Emplea la firma del contorno de la sección proyectada de los granos en la imagen para obtener en forma automática: la forma, el largo, el ancho, la relación largo/ancho y el área de la sección. El cálculo de los descriptores empleados se ha validado comparando con los obtenidos por otros procedimientos. El método es objetivo, rápido, puede procesar imágenes color de muestras con más de 400 granos y tiene un error inferior al método que emplea el calibre. Además se puede almacenar la imagen de la muestra para repetir las determinaciones sin pérdida de información.

Palabras claves: Arroz. Procesamiento de imágenes. Morfología. Contorno. Firma.

INTRODUCCIÓN

El consumidor es cada vez más exigente al tomar la decisión de comprar productos alimenticios, y en particular, el arroz. Observa la forma, tamaño y aspecto del producto, que son atributos que se vinculan con la calidad del mismo. Desde el punto de vista del comerciante se hace necesario presentarlo de forma atractiva. Por ello, es que muchos de los envoltorios de los granos presentan ventanas para ver su contenido. Al productor le interesa contar con esta información, dado que de ella depende la calidad de su producto, y por tanto el precio que obtiene por él. En el Código Alimentario Argentino se identifica el tipo de grano de arroz según su largo y a la relación largo/ancho, como se indica en la Tabla 1.

TIPO	RELACION LARGO/ANCHO	LARGO
Largo Ancho (Doble Carolina o variedad Fortuna)	mayor a 2:1 y menor a 3:1	≥ 7 mm
Largo Fino (variedad Blue Bonnet)	mayor o igual a 3:1	≥ 6.5 mm
Mediano (Carolina o variedad Blue Rose)	mayor a 2:1 y menor a 3:1	$6.0\text{mm} < L < 7.0$ mm
Corto (Japonés o variedad Yamani)	igual o menor a 2:1	< 6.9 mm

Tabla 1: Tipos de granos de arroz establecidos en el Código Alimentario Argentino.

El análisis de los granos se realiza usualmente por inspección visual de un operador experto. Debido a lo tedioso y repetitivo de la tarea, el operador tiene altas posibilidades de cometer errores de distintos tipos. La forma convencional de medir las longitudes que definen el tamaño del grano (largo y ancho) es utilizando un calibre. La medición se hace grano por grano sobre una muestra representativa, no quedando registros individuales, es decir, a tal grano le corresponde estas medidas de largo y ancho.

La determinación de la forma y tamaño se puede realizar empleando un sistema de visión artificial que permite a través de un sistema experto clasificar en forma automática la calidad, en forma rápida y eficiente, evitando las subjetividades de un operador humano. Los sistemas de visión artificial actualmente se emplean en diferentes áreas. Básicamente están constituidos por un dispositivo de adquisición de imágenes, PC y software que permite procesar la imagen con el fin de obtener información de los objetos contenidos en ella. La técnica de procesamiento digital de imágenes (PDI) es tratada en la bibliografía especializada (Gonzalez, R. Y Woods R. (2007), J.R. Parker (1994) Castleman, K. (1996) Duda, R., Hart, P. y Stork, D. (2001) y su aplicación al análisis y control de la calidad de alimentos está en crecimiento constante. El desarrollo de

algoritmos que conducen a obtener descriptores característicos, y a partir de ellos hacer una clasificación de la calidad, es un tema de permanente estudio, revisión y aplicación en el área de alimentos agrícolas.

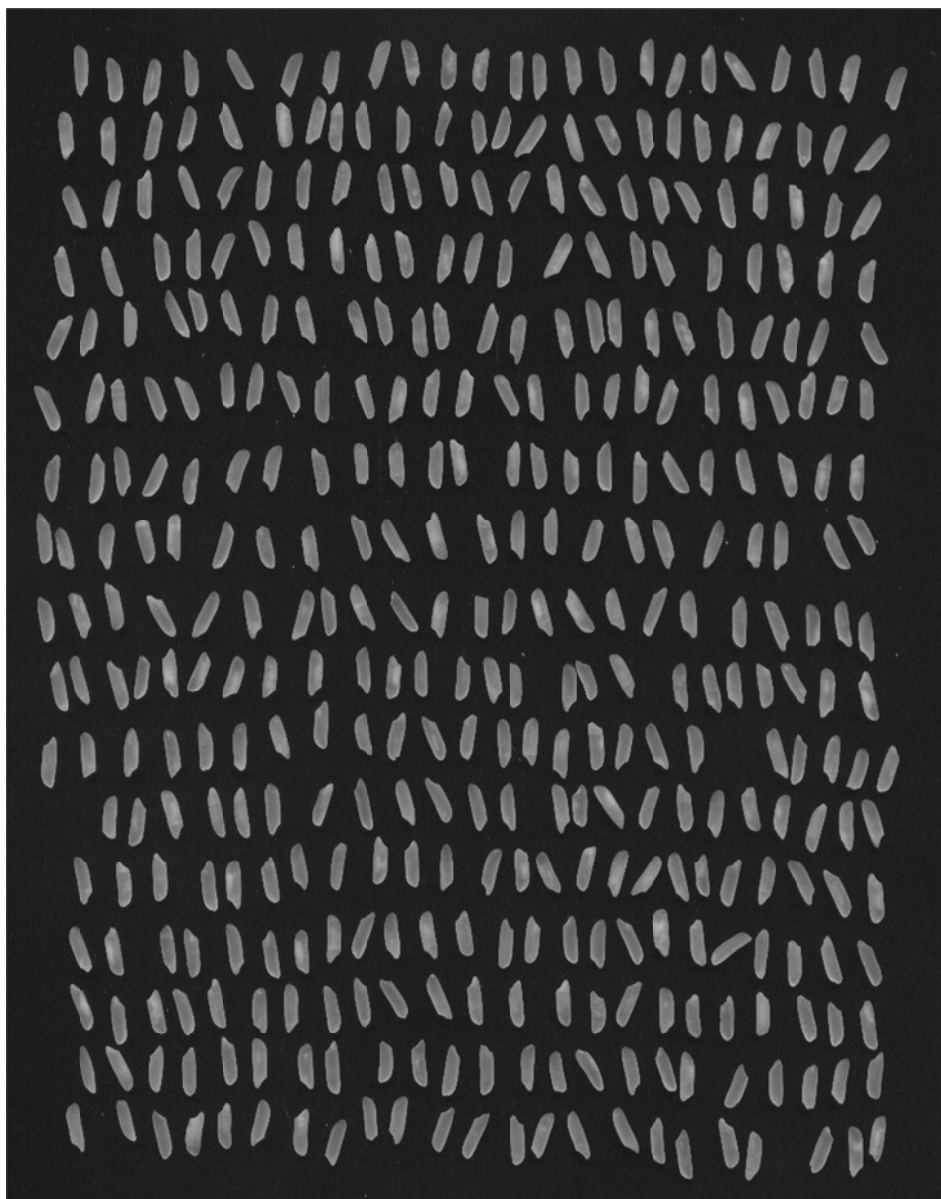


Figura 1: Imagen de la muestra de 10 gr de granos enteros pulidos

Beyer M. y colaboradores (2002) analizaron la forma del cerezo empleando PDI y cálculo numérico. Boundit Jarimopas y Nitipong Jaisin (2008) clasifican vainas de tamarindo teniendo en cuenta su forma y tamaño. G. Van Dalem (2003) determinó el tamaño de granos de arroz empleando análisis de imagen. Cheng-Jin Du and Da-Wen Sun a(2004) y b(2004) hacen una revisión de los desarrollos recientes en aplicaciones de las técnicas de PDI para evaluar la calidad de alimentos, y las aplican para analizar la forma de la base de la pizza, y para estimar la superficie y volumen de jamones de forma elipsoidal. Square D and Caelli T (2000) analizan la invariancia de la firma con respecto a la rotación, traslación y cambio de escala. Ta Yuan Wang y Sing Kiong Nguang (2007) desarrollaron un sistema sensor de bajo costo que empleando PDI calcula en forma automática el volumen y superficie de revolución de productos agrícolas axi-simétricos. G.S. Gonzales y V.Y. Mariano (2010) analizan la morfología de los granos de arroz usando descriptores de Fourier.

En este trabajo se presenta una metodología, de características objetivas, basada en PDI, que permite a partir de una imagen digital color de una muestra de 10 gramos de arroz pulido

(aproximadamente 400 granos, según el tipo), determinar en forma automática el largo y ancho de cada grano a partir de su contorno, con mejor precisión que el método convencional. Permite además determinar el área de la sección proyectada. La imagen de la muestra se puede almacenar y construir una base de datos, y por lo tanto, es posible repetir las determinaciones sin pérdida de información. Con la longitud del grano y la relación largo/ancho se puede automáticamente clasificar por tipo de grano según lo indicado en la Tabla 1.

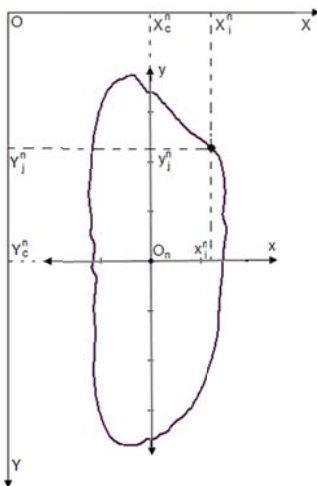
METODOLOGÍA

Las muestras de granos de arroz que se emplean en este trabajo fueron obtenidas de un paquete comercial de 1Kg de calidad tipo largo ancho 00000 - Doble Carolina.

Del paquete se extrae una muestra de 10 gramos de arroz que se distribuye sobre el plano de un escáner de mesa, con la condición de que los granos no estén en contacto entre sí. Se registra una imagen digital color con una resolución de 300 dpi que asegura una precisión adecuada en las determinaciones (Figura 1).

Se binariza la imagen empleando un umbral apropiado. Luego se aplica un algoritmo que identifica los píxeles que pertenecen a cada grano, y a partir de este resultado se obtiene la imagen del contorno de cada grano como puede verse en la secuencia mostrada en la Figura 2, que corresponde a una región de la imagen de la Figura 1.

Todo este proceso se realizó con un procesador Pentium Dual Core 1.8GHz y memoria RAM de 2GB en 14 seg. Con lo que puede decirse que tiene bajo costo computacional.



Como la imagen es digital, el contorno obtenido es un trazo constituido por píxeles conectados, debiendo tenerse presente que un píxel es un área elemental en una imagen digital. Bajo estas condiciones, las coordenadas rectangulares de los píxeles pertenecientes al contorno de un grano, referenciadas al vértice superior izquierdo O de la imagen están dadas por (X_i^n, Y_j^n) que identifican la columna y fila de un píxel del contorno del grano n-ésimo (Figura 3).

Para nuestros propósitos es necesario referir las coordenadas del contorno de los granos al baricentro de los mismos. Las coordenadas del baricentro, referidas al sistema con origen en O (ver figura 3) se determinan empleando (Merian J, 1998).

$$X_c^n = \text{Parte entera} \left[\frac{\sum_{Y_j^n} \sum_{X_i^n} I_{X_i^n, Y_j^n} X_i^n}{\sum_{Y_j^n} \sum_{X_i^n} I_{X_i^n, Y_j^n}} \right], \quad Y_c^n = \text{Parte entera} \left[\frac{\sum_{Y_j^n} \sum_{X_i^n} I_{X_i^n, Y_j^n} Y_j^n}{\sum_{Y_j^n} \sum_{X_i^n} I_{X_i^n, Y_j^n}} \right] \quad (1)$$

Ambas sumas dobles se realizan sobre los píxeles pertenecientes al grano n-ésimo, donde $I_{X_i^n, Y_j^n}$ son los valores de niveles de gris del píxel de la imagen en la posición (X_i^n, Y_j^n) . Con la finalidad de evitar pequeñas desviaciones en las coordenadas del baricentro empleamos la imagen de las áreas proyectadas de los granos identificados (Figura 2) en vez del contorno.

Las coordenadas del contorno con respecto al baricentro O_n están dadas por:

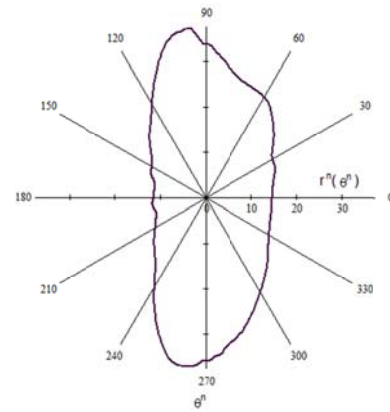
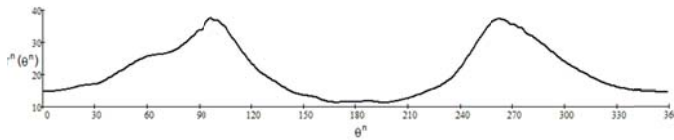
$$x_i^n = X_i - X_c^n \quad y_j^n = Y_j - Y_c^n \quad (2)$$

Una vez definido el nuevo sistema de referencia con origen en O_n y las correspondientes coordenadas rectangulares del contorno, se obtienen las coordenadas polares del contorno del grano empleando:

$$r_{i,j}^n = \sqrt{(x_i^n)^2 + (y_j^n)^2} \quad (3.1)$$

$$\theta_{i,j}^n = \begin{cases} 2\pi + a \tan\left(\frac{y_j^n}{x_i^n}\right) & \text{si } a \tan\left(\frac{y_j^n}{x_i^n}\right) < 0 \\ a \tan\left(\frac{y_j^n}{x_i^n}\right) & \text{el resto} \end{cases} \quad (3.2)$$

La representación gráfica cartesiana de $r(\theta)$ es la firma del contorno de la sección proyectada del grano. En la Figura 4 izquierda, se muestra la firma de un grano y la reconstrucción de su contorno a partir de la firma en el gráfico polar en la Figura 4 derecha.



Se puede emplear la firma para comparar las formas que tienen distintos ejemplares. Para ello, es necesario acondicionar la firma realizando las siguientes operaciones:

Desplazamiento de la firma en el ángulo α : En general, cuando se registra la imagen de un ejemplar, este puede tener cualquier orientación y la firma es dependiente de esta. Para eliminar esta dependencia, se define una orientación preferencial (Merian J., 1998 y Minton R y Smith R. 2002). En nuestro caso, elegimos que el eje principal mayor de inercia del objeto coincida con la vertical. El ángulo α que forma la dirección del eje principal mayor del objeto con la horizontal se calcula empleando

$$\alpha^n = a \tan\left(\frac{[m_{2,0}]^n - [m_{0,2}]^n}{2[m_{1,1}]^n}\right) \quad \text{con} \quad [m_{N,M}]^n = \frac{\sum_{Y_j^n} \sum_{X_i^n} I_{X_i^n, Y_j^n} [X_i^n]^N [Y_j^n]^M}{\sum_{Y_j^n} \sum_{X_i^n} I_{X_i^n, Y_j^n}} \quad (4)$$

Donde $[m_{N,M}]^n$ representa los momentos y productos de inercia respecto del baricentro del ejemplar n-ésimo. Determinado el ángulo α se desplaza la firma en $(-\alpha)$, que equivale a rotar el objeto un ángulo α en el sentido de las agujas del reloj.

Ajuste numérico de la firma del grano n-ésimo: los valores $(\theta_{i,j}^n, r_{i,j}^n)$ que representan la firma se ajustan numéricamente empleando interpolación cúbica. A partir del ajuste se reconstruye la firma con una distribución equiespaciada en θ , tomando una muestra de 360 puntos con $\Delta\theta = 1^\circ$ ($0^\circ \leq \theta \leq 359^\circ$), definiéndose de esta manera un nuevo conjunto de pares de valores (θ_m^n, R_m^n) , $m = 0 \dots 359$, para cada grano.

Normalización de la firma: la operación consiste en dividir los valores de R_m^n por su valor máximo R_{Max}^n

$$\rho_m^n = \frac{R_m^n}{R_{Max}^n} \quad (5)$$

Al realizar esta operación los valores del radio en la firma del ejemplar quedan comprendidos entre 0 y 1, independizándose del tamaño del ejemplar, pero conservado la información de la forma.

Efectuadas estas operaciones en las firmas de los distintos ejemplares, es posible realizar la comparación de sus formas e inclusive se pueden comparar entre ejemplares de diferentes tipos de granos de arroz.

Definición y cálculo de los descriptores.

Vamos a considerar M ejemplares enteros de un mismo tipo de grano de arroz. Una vez determinadas las firmas de los ejemplares se definen y calculan los siguientes descriptores:

Firma patrón: Se obtiene promediando para cada ángulo los valores de ρ_m^n de las firmas normalizadas. Esta firma será considerada el patrón de comparación para la forma. Otra alternativa es elegir como patrón la firma del ejemplar que se considere el más representativo de la forma deseada.

Largo: El largo a^n del grano n-ésimo es el segmento de mayor longitud entre dos puntos de su contorno. En la firma del grano sin normalizar, (Figura 5) corresponde a los valores máximos de R_m^n . Empleando el teorema del coseno resulta:

$$a^n = \sqrt{(R1_{max}^n)^2 + (R2_{max}^n)^2 - 2R1_{max}^n R2_{max}^n \cos(\beta)} \quad (6)$$

donde β es el ángulo entre los dos segmentos de radios máximos.

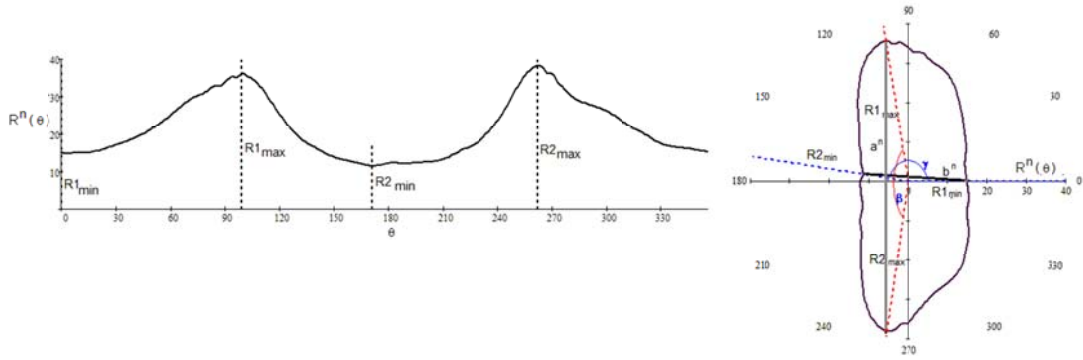
Ancho: El ancho b^n del grano n-ésimo es el segmento entre los extremos de los radios mínimos R_m^n de los valles de la firma del grano sin normalizar (Figura 5). Empleando el teorema del coseno resulta

$$b^n = \sqrt{(R1_{min}^n)^2 + (R2_{min}^n)^2 - 2R1_{min}^n R2_{min}^n \cos(\gamma)} \quad (7)$$

donde γ es el ángulo entre los dos segmentos de radios mínimos.

Relación largo/ancho: es la relación entre el largo y el ancho del grano n-ésimo.

$$\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{\text{Largo}^n}{\text{Ancho}^n} \quad (8)$$



es y

$$A = \frac{1}{2} \int_0^{359} [R(\theta)]^2 d\theta \quad (9)$$

Considerando las características discretas del contorno se reescribe:

$$A^n = \frac{1}{2} \sum_{m=0}^{360} R_m^n R_{m+1}^n \Delta\theta \quad \text{si } \Delta\theta = \frac{\pi}{180} \Rightarrow A = \frac{\pi}{360} \sum_{m=0}^{360} R_m^n R_{m+1}^n \quad \text{con } R_{360}^n = R_0^n \quad (10)$$

Otro método de análisis de tamaño y forma

El método es conocido como la elipse que mejor ajusta (best fit ellipse) se trata de obtener la elipse cuyos momentos de segundo orden son iguales al del objeto de interés. Este método es implementado en diversos software de PDI (por ejemplo, "ImageJ" de distribución libre) para estimar el tamaño de los objetos en la imagen. Los momentos de la elipse respecto de los ejes son:

$$I_x = \frac{\pi}{4} \left(\frac{a}{2}\right) \left(\frac{b}{2}\right)^3 \quad I_y = \frac{\pi}{4} \left(\frac{b}{2}\right) \left(\frac{a}{2}\right)^3 \quad (11)$$

Donde a y b son las longitudes de los ejes de la elipse. De (4) surge que

$$I_x^n = I_{0,1}^n \quad I_y^n = I_{1,0}^n \quad (12)$$

Reemplazando (10) en (11) se obtienen las longitudes de los ejes de la elipse que mejor ajusta al contorno del objeto n:

$$a^n = 2 \left[\frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{I_{1,0}^n}{I_{0,1}^n}} I_{1,0}^n \right]^{1/4} \quad b^n = \frac{8}{\pi} I_{1,0}^n \left[\frac{2}{a^n} \right]^3 \quad (13)$$

Validación del cálculo de los descriptores

Para evaluar la precisión del método propuesto en la determinación del largo y ancho, se tomó una muestra de 20 granos enteros pulidos y se empleó tres procedimientos:

1. Convencional: Medida de a y b con un calibre de apreciación de 0.1 mm.
2. Firma: Se registró una imagen de la muestra con una resolución de 300 dpi, y, a partir de ella, con procesamiento de imagen y el método de la firma se determinó a y b.
3. Elipse que mejor ajusta: Empleando la misma imagen que en el punto anterior, y usando PDI, se obtuvieron los momentos y productos de inercia, y a partir de ellos con el método de la elipse que mejor ajusta se determinó a y b.

Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 6. La medida del largo de los granos, se observa que para cada ejemplar los valores obtenidos por los tres métodos son similares. La dispersión relativa entre ellos está por debajo del 2%.

Para el ancho la dispersión entre el método convencional y el de la firma es del orden 9%. Las causas están vinculadas con las dificultades para posicionar el grano de arroz entre las ramas del

calibre debido a su forma y tamaño. La dispersión entre el método de la elipse y el de la firma está por debajo del 7.5%.

El cálculo del área de la sección proyectada se determinó también por tres métodos:

1. Conteo de píxeles: Se contó el número de píxeles que pertenecen a un grano, considerando que los píxeles son pequeñas áreas, y se determinó el área en mm^2 empleando el factor de escala correspondiente.
2. Firma: empleando la expresión (8).
3. Elipse que mejor ajusta: a partir de los valores de a y b definidos por (12) se calcula el área de la elipse empleando:

$$A = \pi \frac{a}{2} \frac{b}{2} \quad (14)$$

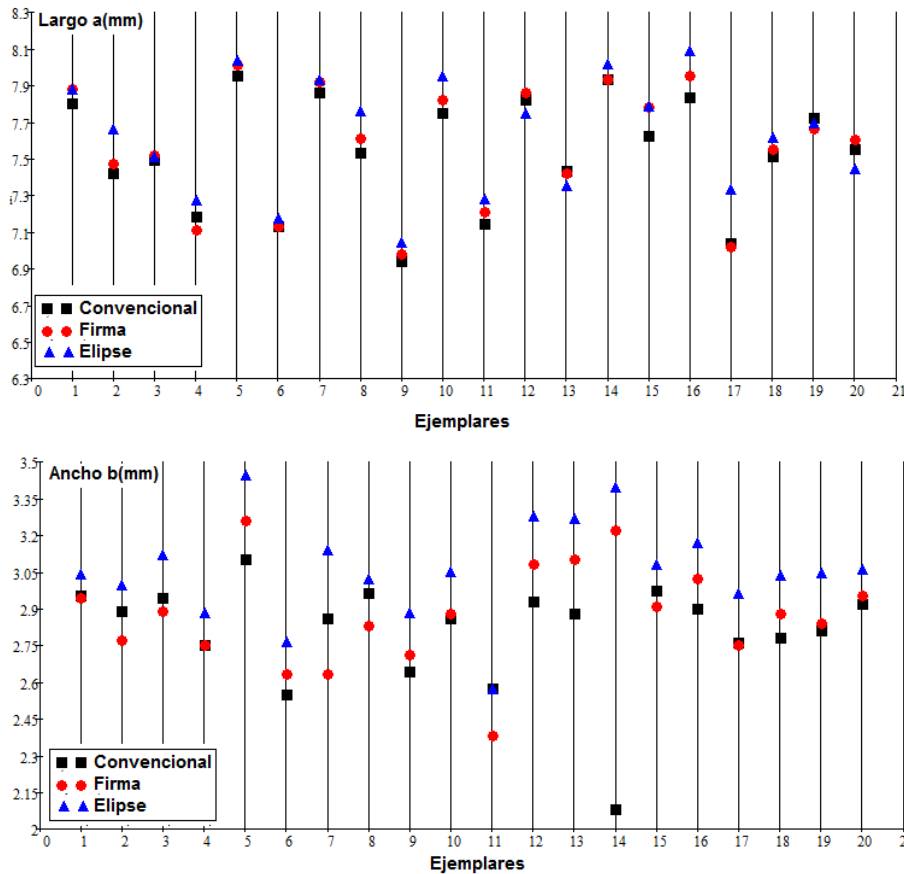


Figura 6: Se representan el largo (arriba) y el ancho (abajo) para los 20 ejemplares, obtenidos por los tres métodos.

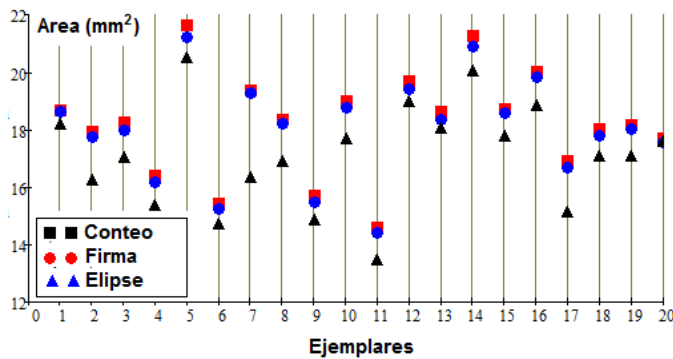


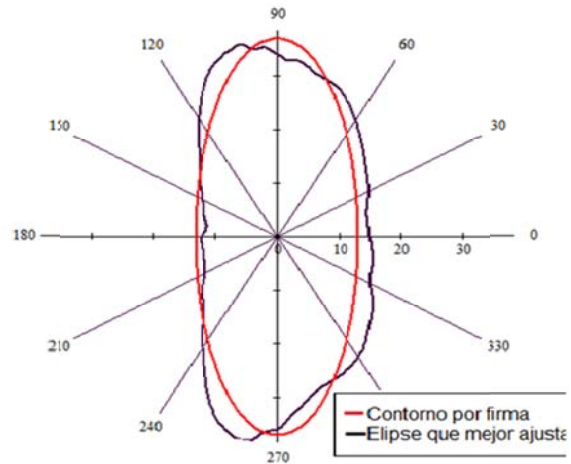
Figura 7: Se representan área de la sección expuesta de los granos para los tres métodos.

Los resultados del cálculo del área por los tres métodos se muestran en la figura 7. Se observa que los valores por el método del conteo y de la firma prácticamente coinciden, la dispersión entre ellos está por debajo de 1.25%. Entre el método de conteo y el de la elipse la dispersión es del orden del 7%. Esto implica que aproximar el área de la elipse al área de la sección proyectada tiene un error no inferior al 7%.

En la representación grafica polar (Figura 8), la diferencia entre las áreas es claramente visible. De este análisis surge que el método de la firma es el más apropiado para la determinación del largo, ancho y área de la sección proyectada del grano.

APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LA FIRMA

Sobre una imagen, obtenida por escáner, de una muestra de 10 gramos de arroz pulido de granos enteros seleccionados (Figura 1), con el método de PDI basado en la firma se determinó para cada grano: la firma, el largo, el ancho y el área de la sección proyectada. Se calculó la firma patrón, el valor promedio del largo $a = (7.25 \pm 0.02)$ mm y la relación promedio entre el largo/ancho $a/b = (2.83 \pm 0.01)$. En la Figura 9 se muestra, a la izquierda, el histograma del largo a , con indicación del promedio del largo y la cota que caracteriza si el grano es entero (mayor que $0.75\bar{a}$) y a la derecha de la figura 9 el histograma para la relación a/b y los extremos $2.1 \leq a/b \leq 3.1$ de la muestra de granos enteros, según la tabla 1.



35

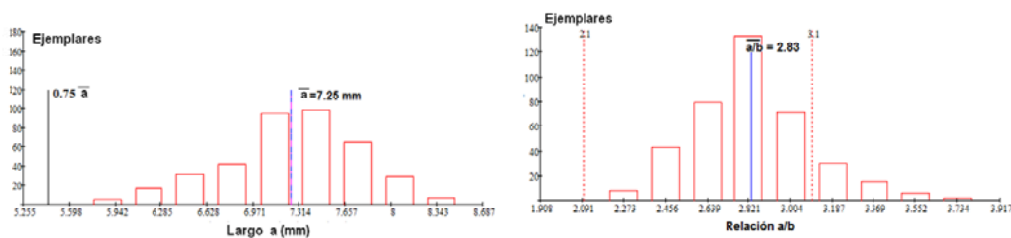
La figura 10 es la imagen de una muestra de 10 gramos sin seleccionar de la misma bolsa, esto significa que en esta muestra están presentes granos enteros, rotos y arrocines, en total, hay 400 granos. El método la firma identifica cada uno de los granos y empleando los datos de los granos enteros como referencia ($a_p = 2.75$ mm), da en forma automática para esta muestra los porcentajes de granos enteros, partidos y arrocines sobre el total de granos que hay en la imagen (Tabla 2).

Tamaño	Cantidad	Porcentajes
Granos Enteros	372	93%
Granos Partidos	25	6.3%
Arrocines	3	0.7%
Total de granos en la imagen	400	100%

En la figura 11 a la izquierda se presenta el histograma del largo, en la que se muestra donde caen las marcas que identifican los rangos de tamaño para los granos rotos (con a menor a $0.75 a_p$) y arrocines (con a menor a $0.5 a_p$). Y a la derecha de la figura 11 está el

histograma de la relación entre largo y ancho y se muestra el rango $2.1 \leq a/b \leq 3.1$ que fue obtenido de la muestra anterior donde se filtró en forma automática los granos rotos y arrocines.

En la figura 12 se representa el coeficiente de correlación entre la firma patrón y la firma de cada ejemplar de la muestra no seleccionada. Todos aquellos coeficientes que están por debajo del 0.95 pueden considerarse que la forma del contorno no es adecuada, lo que significa que pueden tratarse de granos rotos, arrocines, o bien, granos muy finos.



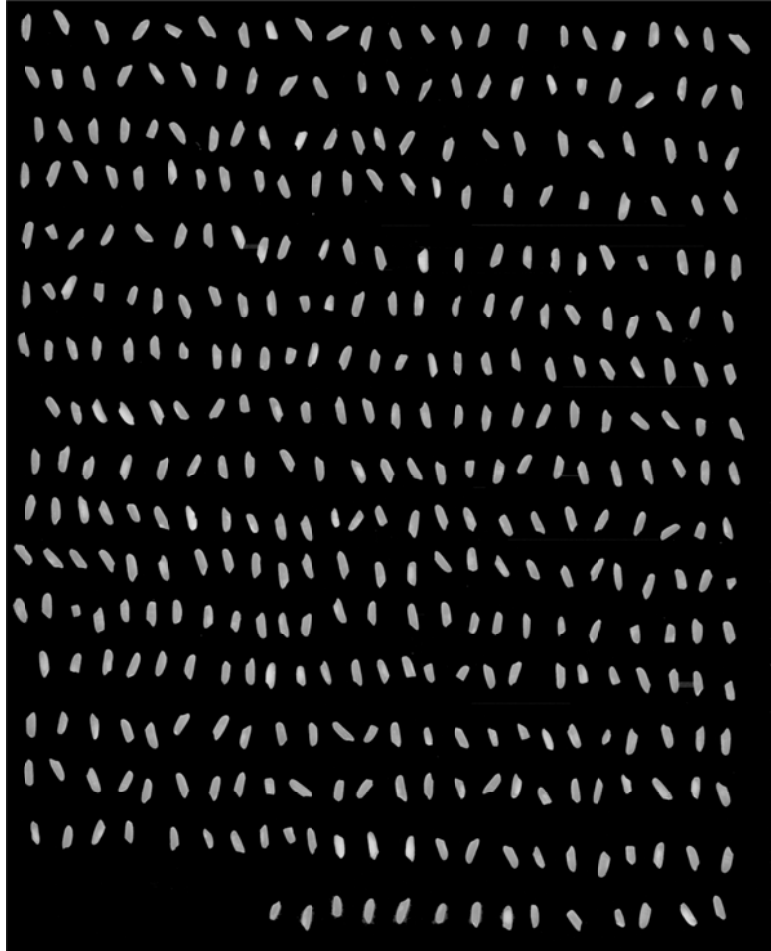
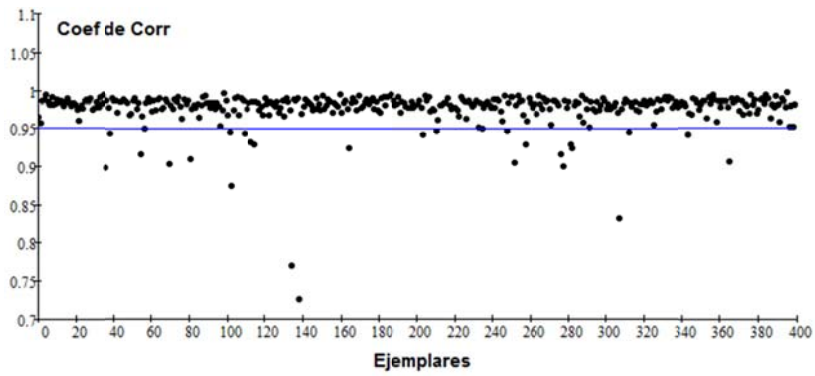
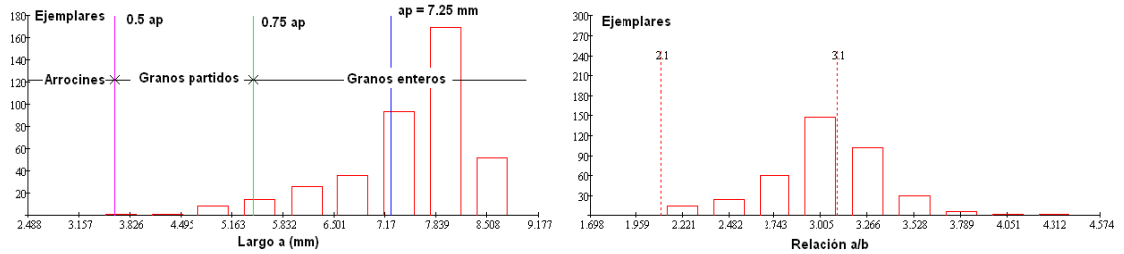


Figura 10: Imagen de la muestra de 10 gr de granos pulidos.



e la firma
cionada.

CONCLUSIONES

El método de la firma permite determinar en forma automática, rápida y eficiente el largo, el ancho, la relación largo/ancho y el área de la sección expuesta de los granos de arroz a partir de una imagen color de la muestra de 400 granos. Tiene bajo costo computacional. Si las imágenes que se emplean tienen una resolución de 300dpi el método de la firma tiene errores en su determinación inferiores a los que presentan el método convencional y el método de la elipse que mejor ajusta. El método de la firma no depende del operador, es decir, es objetivo. Con una muestra de referencia de un tipo de grano, el método permite obtener los valores característicos y con estos valores y un sistema experto evaluar otras muestras con el fin de clasificar la calidad de los granos. Las imágenes de las muestras se pueden almacenar y construir una base de datos, y por lo tanto, es posible repetir las determinaciones sin pérdida de información.

Los valores obtenidos para los granos enteros de la muestra utilizada fueron largo $a = (7.25 \pm 0.02)$ mm y el largo/ancho $a/b = (2.83 \pm 0.01)$ que cumplen con los estándares establecidos por el Código Alimentario Argentino para la calidad doble carolina.

REFERENCIAS

- BEYER M., HAHN R., PESCHEL S., HARZ M. y KNOCHE M. "Analysing fruit shape in sweet cherry" *Scientia Horticulturae* 96 (2002) 139-150.
- BOUNDIT JARIMOPAS y NITIPONG Jaisin An experimental machine vision system for sorting sweet tamarind *Journal of Food Engineering* Volume 89 Issue 3.(2008), Pages 291-297
- CASTLEMAN KENNTEH R. *Digital image processing*. Ed Prentice Hall (1996).
- DU CHENG-JIN y SUN DA-WEN Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology* 15 (2004) 230-249.
- DU CHENG-JIN y SUN DA-WEN. Shape extraction and classification of pizza base using computer vision. *Journal of Food Engineering* 64 (2004) 489-496.
- DUDA, R., HART, P. Y STORK, D. (2001). *Pattern Classification*. 2ª ed. John- Wiley & Sons.
- GONZÁLEZ RAFAEL C Y WOODS E. RICHARD *Tratamiento Digital de Imágenes*. Prentice Hall. 3era edición (2007)
- GONZALES G.S. Y V.Y. MARIANO. Rice Seed Recognition, Matching and Variety Classification through Shape Analysis using Fourier Descriptors. *8th National Conference on IT Education (NCITE 2010)*, La Carmela de Boracay Convention Center, Boracay Island, 20-23 October 2010
- IMAGEJ 1.43u <http://rsbweb.nih.gov/ij/index.html>. Consulta 10/09/2011.
- MERIAN J. *Dinámica*. 6º Ed. Madrid. Mac Graw Hill 1998.
- McG SQUIRE D y. CAELLI TERRY *Invariance Signatures: Characterizing contours by their departures from invariance*. *Computer Vision and Image Understanding: CVIU* Volume 77, Number 3, March, 2000.
- MINTON R y SMITH R. *Cálculo*. Volumen I. 2º Ed. Mac Graw Hill. 2002, pag 351.
- PARKER, J.R. *Practical Computer Vision*. Editorial J. Wiley & Sons Inc (N.Y.-USA)1994.
- TA YUAN WANG y SING KIONG NGUANG Low cost sensor for volume and surface area computation of axi-symmetric agricultural products. *Journal of Food Engineering* Volume 79, Issue 3, April 2007, Pages 870-877.
- VAN DALEN G.. Determination of the size distribution and percentage of broken kernels of rice using flatbed scanning and image analysis. *Food Research International* 37 (2004) 51-58