

# Control de la calidad de granos para dispositivos móviles empleando procesamiento de imágenes.

---

**Federico R. VENTRE, Guillermo M. SAMPALLO, Mario S. CLEVA**

*Grupo de Investigación Sobre Inteligencia Artificial. Facultad Regional Resistencia UTN - French 414 -H3500CHJ- Resistencia, Chaco, Argentina*

*E-mail de contacto: gsampallo@gmail.com*

## **Resumen**

---

El objetivo de este trabajo es presentar un sistema portátil para clasificar la calidad de granos que emplea las imágenes de las muestras de los mismos obtenidas por la cámara de un dispositivo móvil. Se implementa una aplicación para el dispositivo que determina los descriptores morfológicos de los granos como ser contorno, largo, ancho, área, factor de forma y un sistema experto que se basa en reglas para determinar su calidad.

El sistema permite realizar objetivamente el análisis y la clasificación de acuerdo a las normativas de calidad vigentes.

**Palabras Claves:** visión por computadora, dispositivo móvil, segmentación, descriptores, calidad.

---

## **Abstract**

---

The aim of this paper is to present a portable system for grading the quality of grain that used images of these samples obtained by the camera of a mobile device. An application for the device that determines the morphological descriptors of grains such as contour length, width, area, form factor and an expert system that is based on rules to determine their quality is implemented.

The objective system allows the analysis and classification according to the quality standards in force.

**Keywords:** Computer vision; mobile device; segmentation; descriptors; quality.

---

## **1. Introducción y Objetivos**

Los consumidores son cada vez más exigentes y selectivos en el momento de comprar alimentos. Es por ello, que los paquetes comerciales de granos comestibles normalmente presentan, en alguna parte de su empaquetado, ventanas transparentes para que puedan observar tamaño, forma, color, aspecto y tipo de grano con el fin de permitir la visualización por parte de los consumidores. Actualmente la valoración de la calidad de los granos, basada en

cualidades tales como tamaño, forma, color y defectos (quebradura, inhomogeneidad de color, daño por enfermedad) es realizada por expertos en granos. El experto hace este control en forma manual grano por grano, siendo una tarea tediosa e introduce un nivel de subjetividad importante. La demanda en tiempo de la labor y la subjetividad de los resultados acentúan la necesidad de instrumentar sistemas objetivos y automáticos de control de la calidad. Una alternativa probada en otros alimentos es la aplicación de la inspección visual automatizada, debido a su bajo costo relativo, robustez, adaptabilidad, velocidad, exactitud y objetividad en los resultados. El empleo de la visión por computadora y el software asociado para la clasificación de objetos son las herramientas cada vez más utilizadas en múltiples ámbitos de la industria y de los servicios.

Los sistemas de inspección visual automática (Cámara-PC-Software) realizan tareas de adquisición, procesamiento y análisis de imágenes para la determinación de los descriptores que definen la calidad de un producto agrícola y/o alimenticio. Tienen la ventaja de realizar un análisis no destructivo. Por ello, los algoritmos que realizan el cálculo de los descriptores a partir de una imagen están en permanente revisión para mejorar tanto la velocidad de cálculo como la reducción del error en sus resultados.

Para el caso de granos de arroz existen en el mercado internacional equipos que realizan la tarea de clasificación de los granos de forma automática empleando procesamiento digital de imagen (PDI) como el clasificador de granos Suzuki S21. Estos equipos extranjeros están configurados para otros tipos de arroz bastante diferentes a los de la producción local. Para la clasificación de la calidad de los granos se emplean las definiciones de carácter morfológico y de aspecto que son establecidas, en el Código Alimentario Argentino (C.A.A) o la resolución N°1075/94 referida a las Normas de Calidad, Muestreo y Metodología para los granos y subproductos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Ministerio de Economía de Argentina o, en el caso de granos de arroz, en el Reglamento Técnico del MERCOSUR para Establecimiento de Identidad y de Calidad del Arroz Elaborado.

En la inspección de frutas y semillas el PDI se ha empleado con éxito para la clasificación de la forma, la detección de defectos, determinación de calidad y clasificación de variedades (Brosnan y Sun (2007), Nicolai et al (2007), Riquelme et al. (2008), Elsmay et al (2008), Mendoza y Aguilera (2004), Leiva (2013), Scherevens (1999)). Entre todos los métodos basados en el análisis de imágenes, las técnicas de procesamiento del color desempeñaron un papel importante en las inspecciones de diferentes frutas. Así también, se desarrollaron sistemas expertos basados en PDI para definir la calidad de arroz considerando su morfología y aspecto (Haidar et al (2013), Arizhagan et al (2013) Sampallo et al (2013)).

Una característica de estos sistemas es que requieren de un montaje fijo, haciendo que las muestras deban ser evaluadas en un lugar específico por personal especializado.

Este trabajo presenta como alternativa efectuar el control empleando dispositivos móviles que dispongan de una cámara digital de buena resolución y de un procesador de alta performance, capaces de manejar el cálculo intensivo que requiere el PDI. De este modo el productor tendrá al alcance de su mano una evaluación de la calidad de su producto previa a su evaluación formal y podrá discutir los correspondientes aranceles.

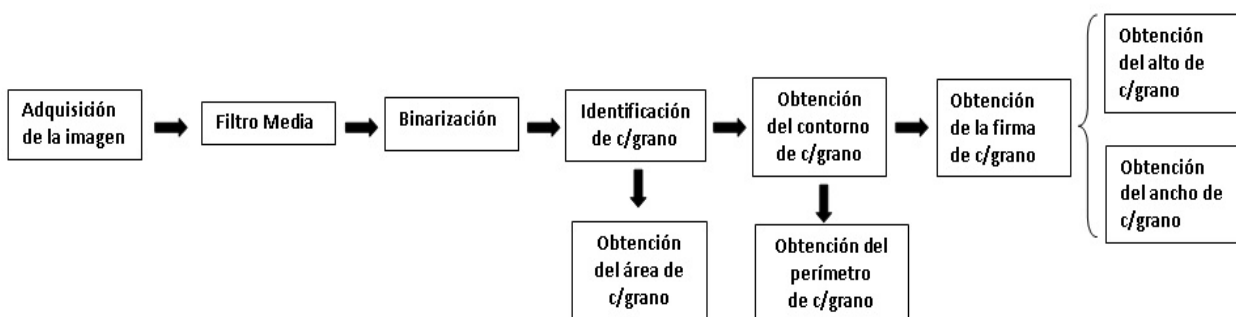
El desarrollo de la aplicación se realiza con herramientas gratuitas disponibles en Internet. Esta aplicación se desarrolló en lenguaje Java para ser ejecutada sobre el sistema operativo Android, sistema de gran aceptación en el mercado de usuarios y con un crecimiento importante en su operatividad y uso en los últimos años.

## 2. Metodología

### 2.1. Configuración experimental

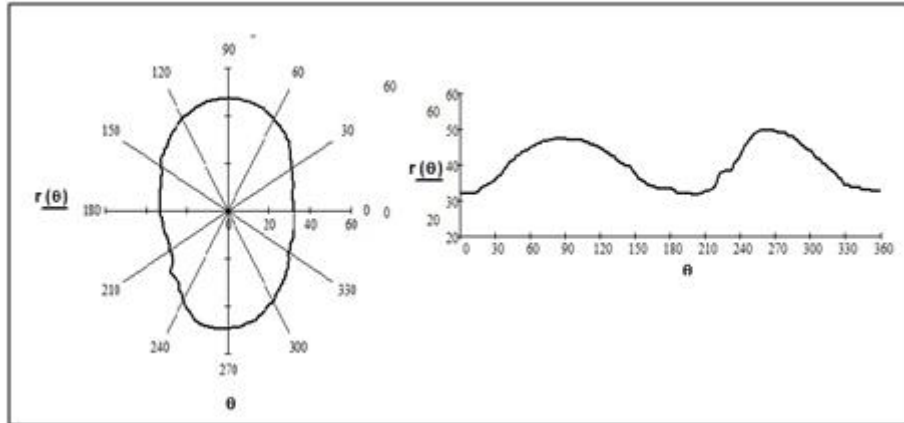
Se prepara una muestra de 5 gramos de arroz (alrededor de 150 granos dependiendo de la variedad y se la distribuye sobre una superficie plana negro mate (se puede emplear un paño oscuro, que contraste con el color claro del grano) y con la condición de que los granos no estén en contacto entre sí. Se incorpora en una posición definida de la escena un objeto de dimensiones conocidas (por ejemplo una moneda) con la finalidad de definir el factor de escala. Se registra con la cámara del dispositivo móvil, en condiciones controladas de iluminación y distancia, una imagen digital color con una resolución de 300 dpi. Se opta por imágenes de tamaño inferiores a 3 megapíxeles, requerimiento necesario para iniciar el procesamiento intensivo que requiere uso de memoria.

El procesamiento de la imagen se inicia aplicando un filtro de media con el fin de reducir la presencia de ruido en la imagen y luego se la binariza. La aplicación está diseñada para obtener por defecto el umbral de binarización en forma automática a partir del histograma de niveles de gris de la imagen, o bien en forma manual si el usuario lo desea. Con la imagen binarizada se aplica un algoritmo que identifica los píxeles que pertenecen a cada grano, permitiendo, además, determinar el valor de su área proyectada. A partir de este resultado se obtiene la imagen del contorno de cada grano. Esquemáticamente esta secuencia de operaciones realizadas se muestra en la Figura 1. Estos algoritmos de procesamiento digital se realizan con bajo costo computacional.



**Figura 1:** Diagrama de flujo de las operaciones de procesamiento digital

El contorno de cada grano está caracterizado por ser una traza de píxeles simple, de modo que cada píxel perteneciente al contorno solo tenga dos píxeles vecinos del mismo. Es conveniente para la determinación de los parámetros morfológicos mencionados, que las coordenadas rectangulares de los píxeles que pertenecen al contorno de cada grano estén referenciadas al baricentro del mismo. Con las coordenadas del contorno con respecto al baricentro se puede construir la firma del grano que es la representación polar del contorno (Figura 2).



**Figura 2:** Izquierda: Firma  $r(\theta)$  de un grano. Derecha: Contorno en coordenadas polares, respecto del baricentro del grano.

Si bien la aplicación no presenta en pantalla la firma del grano, se la emplea para calcular una serie de descriptores morfológicos. Si se considera una muestra de ejemplares enteros de un mismo tipo y variedad de grano, la aplicación desarrollada determina los siguientes descriptores:

**Firma patrón:** Se obtiene promediando los valores de  $r(\theta)$  por ángulo de las firmas normalizadas. Esta firma puede ser considerada el patrón de comparación.

**Largo:** El largo del grano es el segmento de mayor longitud entre dos puntos de su contorno. En la firma del grano sin normalizar, corresponden a los valores máximos y determinados a partir del baricentro del grano. Son las distancias de los puntos del contorno más alejados del baricentro que maximizan el largo.

**Ancho:** El ancho del grano es el segmento entre los extremos de los radios mínimos determinados a partir del baricentro de la firma del grano sin

**Factor de forma 1:** es la relación entre el largo y el ancho del grano.

**Perímetro:** En la imagen del contorno del grano, se inicia un recorrido por él desde un pixel perteneciente al mismo y se acumula 1 si el vecino es horizontal o vertical y raíz de 2 si es diagonal. El resultado acumulado se multiplica por un factor de escala obteniéndose la magnitud buscada.

**Área de la sección del grano:** se obtiene contando los píxeles pertenecientes al grano y se multiplica por el factor de escala.

**Factor de forma 2:** es la relación entre el área y el perímetro del grano.

## 2.2. Construcción de la base de conocimiento.

- Base de datos

Con los valores de los descriptores y sus rangos de variación definidos en las normativas mencionadas en la Introducción, se construyó la base de datos. Por lo tanto, de una muestra de una variedad de granos, en particular, se tiene para cada grano:

- Firma.
- Largo.
- Ancho.

- Área de la sección del grano expuesta.
- Perímetro.
- Factor de forma 1.
- Factor de forma 2.

- Enunciado de Reglas

Como ejemplo, se presentan las reglas para el caso de los granos de arroz, pero el sistema permite la configuración para otros granos, introduciendo los rangos de variación característicos. Estas reglas que se proponen, están basadas en la información obtenida en el C.A.A y son las siguientes:

Reglas para la clasificación según la morfología de los granos.

a) Reglas que definen el tipo de grano según el largo “L”, ancho “A” y la relación largo/ancho “L/A” del grano:

Regla 1: Si el grano  $L \geq 7 \text{ mm}$  y la relación  $L/A$  cumple  $2 < L/A < 3$  entonces es largo ancho (Doble Carolina o variedad Fortuna).

Regla 2: Si el grano  $L \geq 6.5 \text{ mm}$  y la relación  $L/A$  cumple  $L/A \geq 3$  entonces es largo fino (variedad Blue Bonnet).

Regla 3: Si el grano  $6.0\text{mm} < L < 7.0 \text{ mm}$  y la relación  $L/A$  cumple  $2 < L/A < 3$  entonces es mediano (Carolina o variedad Blue Rose).

Regla 4: Si el grano  $L \leq 6.9\text{mm}$  y la relación  $L/A$  cumple  $L/A \leq 2$  entonces es corto (Japonés o variedad Yamani).

b) Definimos  $\bar{L}$  como el largo representativo de la variedad bajo análisis, según el artículo 650 ítem f “estructura normal (promedio de 20 granos representativos).”

Regla 5: Si  $L \geq 0.75 \bar{L}$  entonces es un grano entero.

Regla 6: Si  $0.5 \bar{L} \leq L \leq 0.75 \bar{L}$  entonces es un grano partido.

Regla 7: Si el largo a del candidato cumple  $L \leq 0.5 \bar{L}$  entonces es un arrocín.

Diagrama de encadenamiento de las reglas

La aplicación de las reglas sobre los datos registrados de la muestra, conduce a una clasificación del tipo de arroz y su calidad en términos de las definiciones (Figura 3).

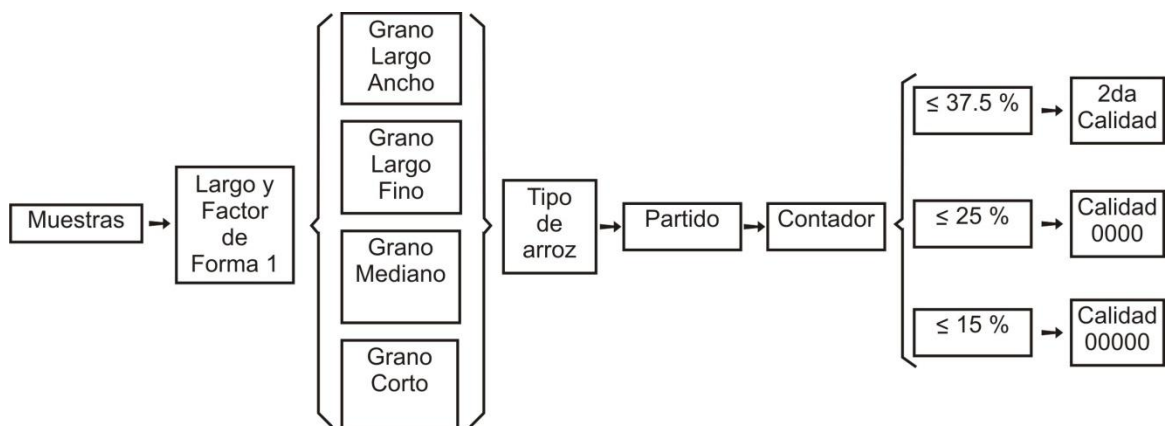
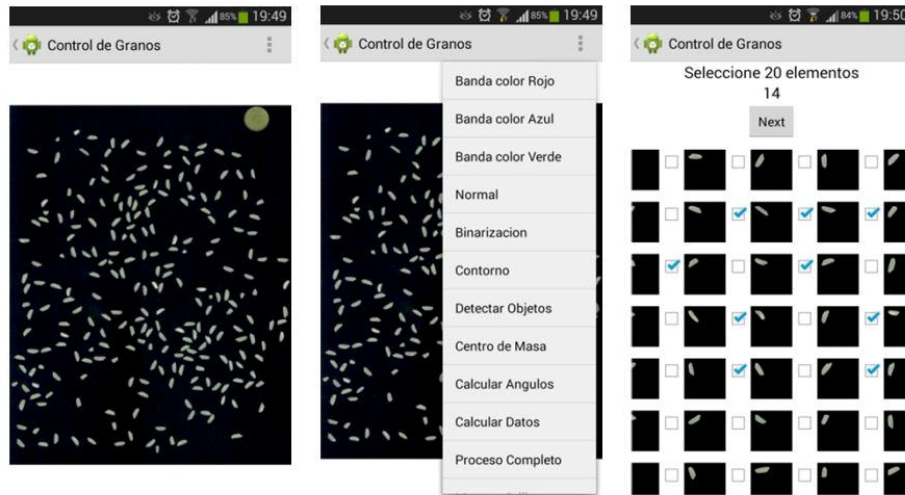


Figura 3: Encadenamiento de reglas.

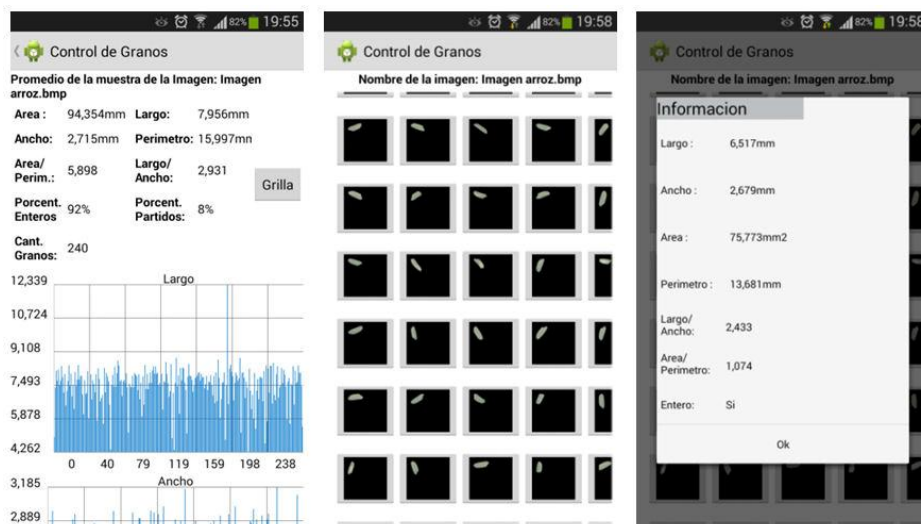
### 3. Resultados y Discusión

La Figura 4 izquierda, muestra la interfase de la aplicación junto con la imagen obtenida por la cámara del dispositivo móvil. Desde este lugar se accede a la tabla de operaciones que se pueden aplicar (figura 4 centro). Si se elige “Operación Completa” el sistema realiza en forma secuencial todas las operaciones indicadas en el Figura 1. En el proceso se individualizan los granos y se los presenta en una grilla sensible (Figura 4 derecha) para que el operador elija 20 granos enteros, con los cuales el sistema define los valores de referencia.



**Figura 4:** Izquierda, imagen original con objeto de referencia. Centro, imagen con menú de operaciones. Derecha, granos identificados en grilla sensible.

Después de la selección, la aplicación genera la pantalla que muestra la Figura 5 izquierda, donde se exhiben los valores promedios de los descriptores morfológicos de la muestra y los porcentajes de granos enteros y partidos, con los que se infiere el tipo y calidad de la muestra. En esta pantalla hay un botón con el rótulo “grilla”, que al pulsarlo despliega una pantalla como muestra la Figura 5 centro. En esta pantalla se puede seleccionar un grano, y al hacerlo se presentarán las características morfológicas del mismo (Figura 5 derecha).



**Figura 5:** Izquierda, resultado del análisis de granos seleccionados. Centro, presentación de granos en ventanas individuales. Derecha, datos morfológicos del grano seleccionado.

#### 4. Conclusiones

Se desarrolló un sistema experto de visión por computadora para dispositivos móviles para la determinación de los parámetros morfológicos de una muestra de granos. En esta primera instancia se lo emplea para clasificar la calidad de granos de arroz, obteniendo resultados coherentes con el tipo de muestra analizada.

La resolución de 300dpi asegura que los errores en la determinación de longitudes están por debajo de 0.1 mm, que es superior al del método convencional (calibre). Sin embargo tiene la ventaja de evitar el imponderable error humano adicional al efectuar la medición.

Las reglas enunciadas son de tipo determinísticas debido a que están basadas en las definiciones del C. A. A. Es posible hacer una reconfiguración de las mismas con el fin de adaptar el Sistema Experto a otras reglamentaciones y/o criterios y a otros tipos de granos trabajo que se encuentra actualmente en proceso de desarrollo.

#### Referencias

Arizhagan S., Newlin Shebiah R., Aananthi S., Vishnu Varthini S. (2013). Detection of unhealthy region of plant leaves and classification of plant leaf diseases using texture features. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 15 (1), 211-217.

Brosnan T. , Sun D. W. (2004). Improving quality inspection of food products by computer vision - A review. *Journal of Food Engineering* (61), 3-16.

Código alimentario argentino [http://64.76.123.202/SAGPYA/economias\\_regionales/\\_arroz/\\_publicaciones/CODIGO\\_ALIMENTARIO\\_ARGENTINO\\_Arroz.pdf](http://64.76.123.202/SAGPYA/economias_regionales/_arroz/_publicaciones/CODIGO_ALIMENTARIO_ARGENTINO_Arroz.pdf). Consulta 27/02/2015

Elmasry G., Wang N., Vigneault C., Qiao J., Elsayeda A. (2008). Early detection of apple bruises on different background colors using hyperspectral imaging, *LWT - Food Science and Technology* 41 (2), 337-345.

Haidar,A. Haiweld D. Mavridis ,N. (2012). Image-based date fruit classification. En 4th International Congress on Ultra-Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 357–363.

Leiva-Valenzuela G. A., Lu R., Aguilera J. M. (2013). Prediction of firmness and soluble solids content of blueberries using hyperspectral reflectance imaging, *Journal of Food Engineering*, Volume 115 (1), 91-98,

Mendoza, F., Aguilera, J.M. (2004). Application of Image Analysis for Classification of Ripening Bananas. *Journal of Food Science* 69 (9), 471–477.

Nicolai B.M., Beullens K., Bobelyn E., Peirs A., Saeys W, Theron K.I., Lammertyn J. (2007). Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology* 46 (2), 99-118.

Normas de Calidad, Muestreo y Metodología para los granos y subproductos. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. Argentina. Resolución 1075/94.

<http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/25000-29999/28301/norma.htm>. Consulta 27/02/2015

Paulus I., Schrevens E. (1999). Shape Characterization of New Apple Cultivars by Fourier Expansion of Digitized Images, *Journal of Agricultural Engineering Research* 72 (2), 113-118.

Reglamento técnico del Mercosur para establecimiento de identidad y de calidad del arroz elaborado. [http://64.76.123.202/SAGPYA/economias\\_regionales/\\_arroz/\\_publicaciones/Resoluci%F3n\\_SAGPyA\\_189-99.pdf](http://64.76.123.202/SAGPYA/economias_regionales/_arroz/_publicaciones/Resoluci%F3n_SAGPyA_189-99.pdf) Consulta 27/02/2015

Riquelme M. T., Barreiro P., Ruiz-Altisent M. Valero C. (2008). Olive classification according to external damage using image analysis. *Journal of Food Engineering* 87 (3), 371-379.

Sampallo G., Acosta C., González Thomas A., Cleva M. (2013). Sistema experto para clasificación de granos de arroz pulidos. Congreso Argentino de Agroinformática, CAI 2013 42 JAIIO. 172-186.

Suzuki S-21 Analizador de granos de arroz <http://www.conarroz.com/pdf/10Herramientasdigitales.pdf>. Consulta 11/08/15