

Aplicación para dispositivos móviles para determinar la calidad granos empleando procesamiento digital de imágenes.

Federico R Ventre, Guillermo M Sampallo, Mario S Cleva
Dpto. de Materias Básicas. Facultad Regional Resistencia.
Universidad Tecnológica Nacional
gsampallo@gmail.com

Abstract

Se presenta el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles para determinar la calidad de granos empleando procesamiento digital de imágenes. La aplicación se ejecuta bajo el sistema operativo de código abierto Android. Emplea la cámara digital del dispositivo móvil para adquirir imágenes de muestras de granos. Con técnicas de procesamiento digital de imágenes se determina los aspectos morfológicos de granos como ser largo, ancho, área y factores de forma de los mismos. Mediante un sistema experto, basado en reglas, se determina su calidad. Su interface es amigable, ofrece al usuario un manejo intuitivo y puede ser usado de manera sencilla por personas sin entrenamiento especial. El sistema permite realizar objetivamente el análisis y la clasificación de acuerdo a las normativas de calidad vigentes. Genera dos tipos de informes, uno de toda la muestra y otro sobre las características de cada grano. Se probó para granos de alubia, lentejas, poroto manteca y arroz, con resultados satisfactorios, lo que sugiere que la aplicación se puede extender a otros tipos de granos

Palabras Claves *visión por computadora, Android, granos, clasificación*

1. Introducción

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, de fácil uso y automáticos de control de la calidad. Una alternativa probada en el control de calidad de alimentos es la aplicación de la inspección

visual automatizada. El empleo de la visión por computadora y el software asociado para la clasificación de objetos son herramientas cada vez más utilizadas en múltiples ámbitos de la industria y de los servicios. Estas tienen como ventajas las de tener un bajo costo relativo, como así también la de ser robustas, adaptables, rápidas, exactas y objetivas en los resultados.

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.

Como ejemplo de aplicación se considera 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 [1]. Estos equipos extranjeros están configurados para normas que generalmente no se corresponden a las locales y requieren una puesta a punto por personal calificado de sus proveedores.

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) [2] 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 [3] o, en el caso de granos de arroz, en el Reglamento Técnico del MERCOSUR para Establecimiento de Identidad y de Calidad del Arroz Elaborado [4]. En cuanto a los otros tipos de granos no se tiene conocimiento de equipos de esta naturaleza y los controles que realizan.

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) [5], Nicolai et al (2007) [6], Riquelme et al. (2008) [7], Elsmar y et al (2008) [8], Mendoza y Aguilera (2004) [9], Leiva (2013) [10], Scherevens (1999) [11]). 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) [12], Arizhagan et al (2013) [13] Sampallo et al (2013) [14]).

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 de granos 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. En la bibliografía especializada solo hay una propuesta del empleo de dispositivos móviles para el control de calidad de granos de arroz (Bhavesh B. Prajapati, Sachin Patel 2013 [15])

El desarrollo de la aplicación propuesta en este trabajo, se realiza con herramientas gratuitas que están disponibles en Internet. Esta aplicación se desarrolló en lenguaje Java para ser ejecutada sobre el sistema operativo Android [16] empleado en dispositivos móviles (celulares, Tablet), con gran aceptación en el mercado de usuarios y con un crecimiento importante en su operatividad y uso en los últimos años.

2. Metodología

Se prepara una muestra de granos donde la cantidad depende de la variedad y se distribuye sobre una superficie plana negro mate (para arroz) o bien azul real (lentejas, alubia, poroto). La elección del color del fondo depende del color del grano. Otra condición es que los granos no estén en contacto entre sí. En una posición definida de la escena se coloca 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 una imagen digital color en condiciones controladas de iluminación y distancia. Se opta por imágenes de tamaño inferiores a 3 megapíxeles, debido a un uso de memoria apropiado por el procesamiento intensivo.

El proceso se inicia aplicando un filtro de media con el fin de reducir la presencia de ruido en la imagen y luego se 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 ingresando el umbral en forma manual si el usuario lo desea. A la imagen binarizada, se aplica un algoritmo que identifica los píxeles que pertenecen a cada objeto presente y con un contador se determina el valor de su área. En el caso, de existir objetos extraños en la escena se los puede eliminar filtrando por área. 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.

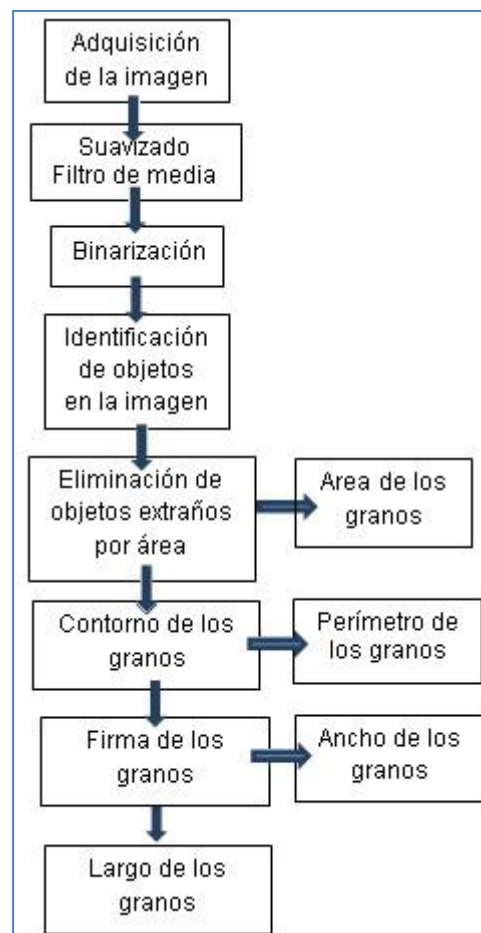


Figura 1: Diagrama de flujo de las operaciones de procesamiento digital

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 (Sampallo 2015 [17]). Con las coordenadas del contorno con respecto al baricentro se puede construir una función $r(\theta)$. Esta función se llama firma del grano y es la representación polar del contorno, donde r es la distancia del baricentro a un punto del contorno y θ es el ángulo que el radio vector forma con la horizontal.

La aplicación puede procesar la imagen en forma manual (esto es, paso a paso) o bien en forma automática. Estos algoritmos de procesamiento digital se realizan con bajo costo computacional.

3. Construcción de la base de conocimiento.

3.1. Definición de descriptores

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 para 20 granos de una misma especie. 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 de la firma del grano determinados a partir del baricentro

Factor de forma 1: es el cociente 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 proyectada del grano: se obtiene contando los píxeles pertenecientes al grano y se multiplica por el factor de escala.

Factor de forma 2: es el cociente entre el área proyectada y el perímetro del grano al cuadrado.

3.2. Base de datos

Con los valores de los descriptores y sus rangos de variación definidos en las normativas

mencionadas, previamente, 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.

3.3. Enunciado de Reglas

Como ejemplo, se presentan las reglas para el caso de los granos de arroz. El sistema permite la configuración para otros granos, introduciendo los rangos de variación característicos que pueden ser configuradas por el usuario o están definidas en alguna normativa como el C.A.A. Para el caso que se ejemplifica del arroz están basadas en la información obtenida en el C.A.A. y son las siguientes:

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 $L \geq 7$ 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 $L \geq 6.5$ mm y la relación L/A cumple $L/A \geq 3$ entonces es largo fino (variedad Blue Bonnet).
- Regla 3: Si el grano $6.0\text{mm} < L < 7.0$ 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).

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.

3.4. 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 2).

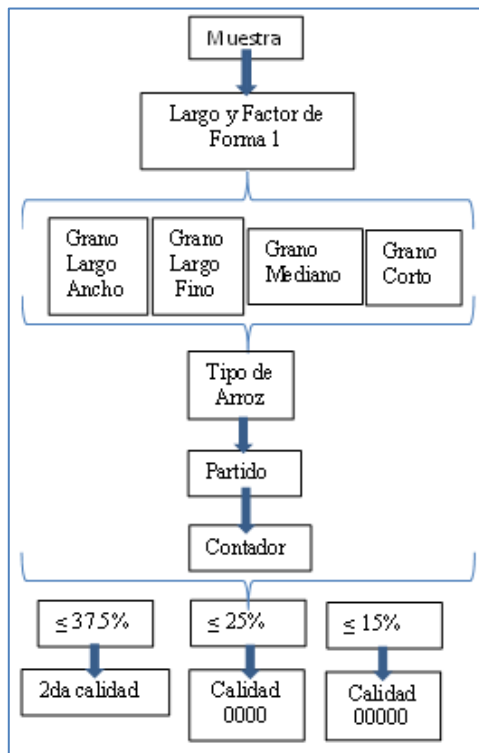


Figura 2: Encadenamiento de reglas

4. Resultados y Discusión

La Figura 3 muestra las diferentes etapas del procesamiento de imagen de la muestra de granos de arroz pulidos. Inicialmente se obtiene la imagen con el dispositivo móvil (Figura 3

izquierda) que muestra los granos de arroz con fondo negro y el objeto de referencia en el marco superior derecho. La imagen también puede provenir de otro sistema de adquisición y transferirla a la memoria del dispositivo móvil.

Si se clikea en esta pantalla los tres puntos que están arriba, se despliega una tabla de operaciones que se pueden aplicar a la imagen. Si se elige “Operación Completa” el sistema realiza en forma secuencial todas las operaciones indicadas en el Figura 1. En el proceso se identifican los granos y se los presenta en una grilla sensible (Figura 3 derecha) para que el operador elija 20 granos enteros, considerados como normales, con los cuales el sistema genera los valores de referencia.

Después de la selección, la aplicación genera automáticamente la pantalla (Figura 4 izquierda), donde se exhibe el informe global de la muestra presentando 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 4 centro. En esta pantalla se puede seleccionar un grano, al hacerlo, presenta el informe individual por grano mostrando las características morfológicas del mismo (Figura 4 derecha).

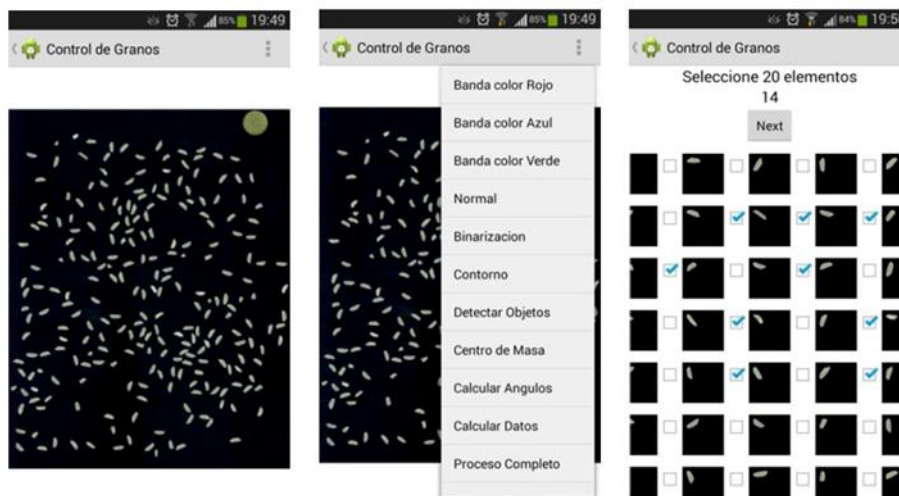


Figura 3: Izquierda, imagen original con objeto de referencia. Centro, imagen con menú de operaciones. Derecha, granos identificados en grilla sensible.

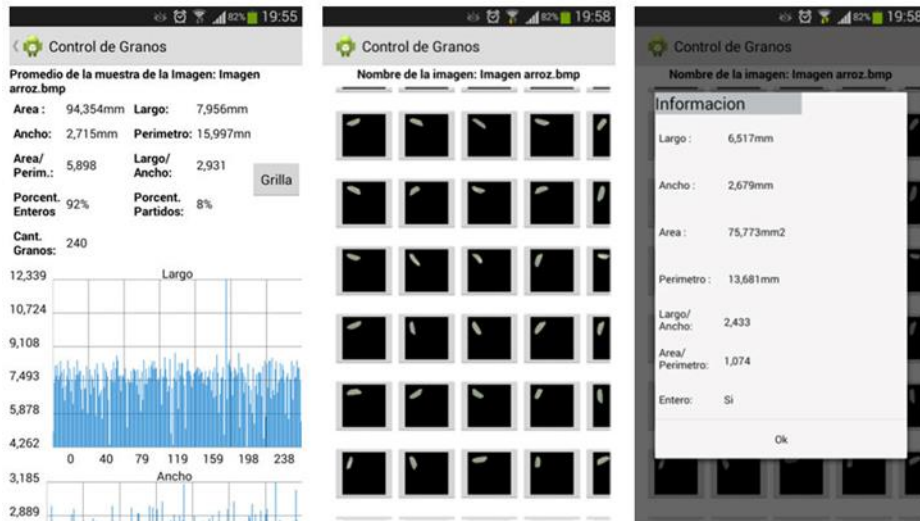


Figura 4: Izquierda, resultado del análisis de granos seleccionados. Centro, presentación de granos en ventanas individuales. Derecha, datos morfológicos del grano seleccionado

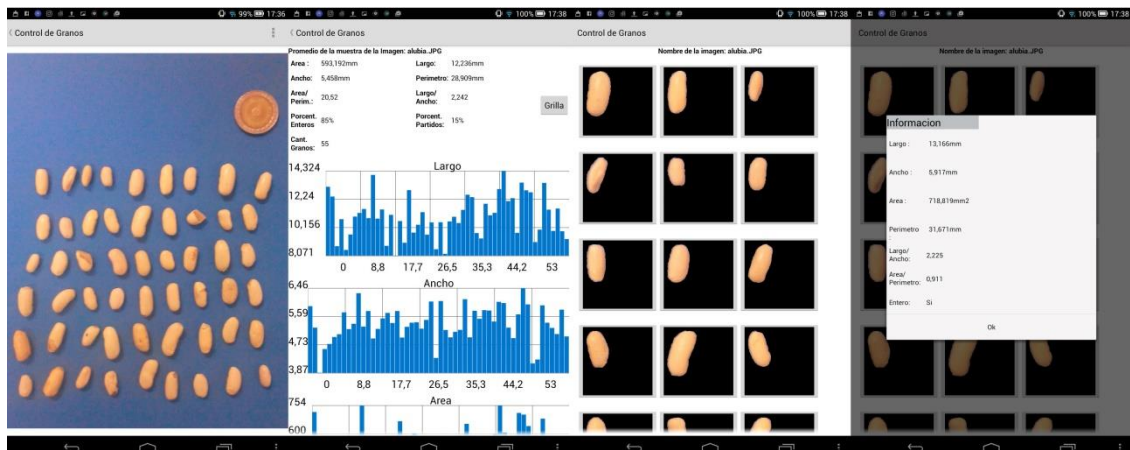


Figura 5: Granos de Alubia. Imagen inicial, resultados generales, grilla con granos individuales e información individual.

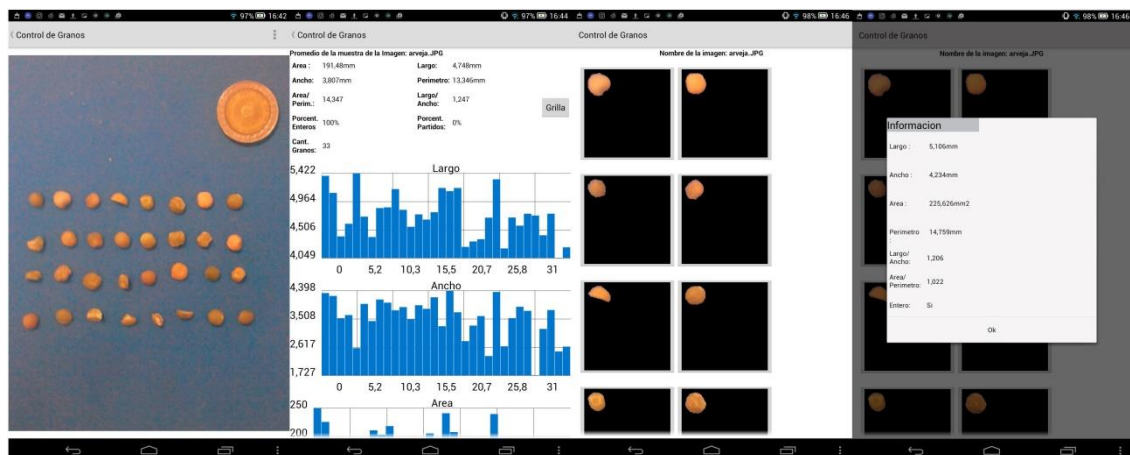


Figura 6: Granos de Arveja. Imagen inicial, resultados generales, grilla con granos individuales e información individual.

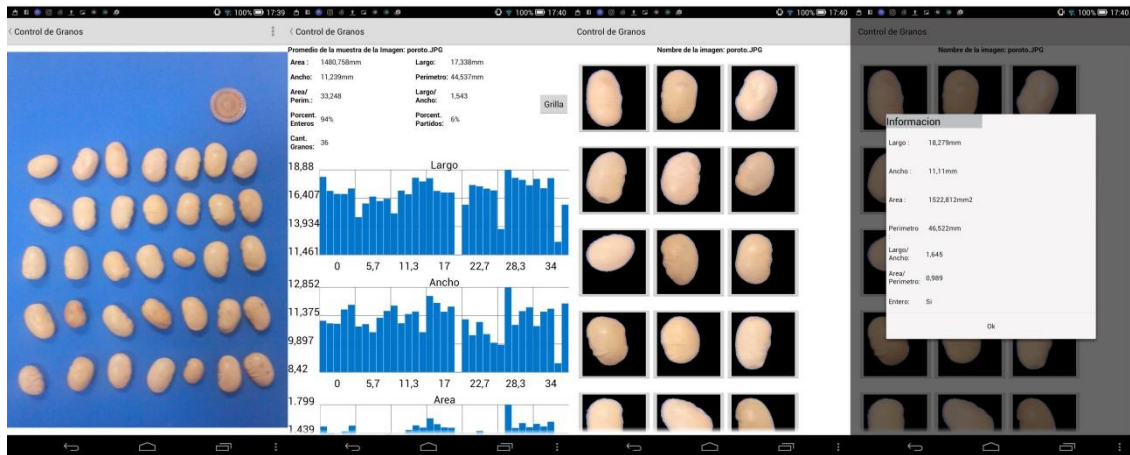


Figura 7: Granos de Poroto manteca. Imagen inicial, resultados generales, grilla con granos individuales e información individual.

El sistema desarrollado se aplicó con éxito a otros granos como ser alubias (Figura 5), arvejas (Figura 6) y porotos (Figura 7), lográndose en todos los casos una correcta identificación. Para estos casos las imágenes de los granos fueron obtenidas con el mismo dispositivo móvil con el que se realizó la clasificación, lo que muestra la gran flexibilidad en cuanto al origen de las imágenes.

Para los granos de alubia, arvejas y porotos manteca se seleccionó como color de fondo de la imagen el azul a diferencia del caso del arroz que se eligió el negro. Además se observa que el objeto de referencia es distinto en algunos casos y la distancia entre la cámara y el plano de la muestra es diferente en todos los casos. Esto asegura que el análisis morfológico de los granos que realiza el sistema desarrollado es independiente de la resolución de la imagen. Aunque esta variable puede volverse crítica si el tamaño de los granos es inferior a los dos mm, por ejemplo, los granos de chía, amaranto, etc. Obsérvese también, que luego del procesamiento de la imagen original, cuando se exhibe la grilla de granos sensible, el fondo es negro y el grano es de su color original.

Respecto de los valores de los descriptores de forma por el sistema, en pantalla se presentan, en todos los casos, los valores promedios de los granos seleccionados por el operador. Estos sirven de referencia de la muestra bajo estudio y son los que se comparan con los valores que las reglamentaciones de control de calidad recomiendan y que permiten determinar la calidad. Además en la misma pantalla se presentan todos los valores en forma gráfica, con el objeto de visualizar globalmente el comportamiento de la muestra.

5. 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. Que puede configurarse para diferentes granos. Se probó con éxito para granos de arroz pulido, alubia, arvejas y poroto manteca.

Al emplear un sistema de visión en un dispositivo móvil para realizar la tarea de análisis de granos que emplea una resolución de 300dpi asegura que los errores en la determinación de longitudes están por debajo de 0.1 mm. Tiene la ventaja de ser objetivo y de evitar el imponderable error humano adicional al efectuar la medición. Además por sus características de dispositivo móvil permite hacer el análisis en cualquier lugar, ayudando al productor a discutir con mejores argumentos los costos de sus productos.

6. Referencias

1. Suzuki S-21 Analizador de granos de arroz <http://www.conarroz.com/pdf/10Herramientasdigitales.pdf> Consulta 31/07/16
2. Código Alimentario Argentino http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp. Consulta 31/07/16
3. Normas de Calidad, Muestreo y Metodología para los granos y subproductos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Ministerio de Economía de Argentina <https://viejaweb.senasa.gov.ar/Archivos/File4230-ry-1075-94.pdf> . Consulta 31/07/16
4. Reglamento Técnico del Mercosur para Establecimiento de Identidad y de Calidad del Arroz Elaborado. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegIntern et/anexos/55000-59999/56642/norma.htm> . Consulta 31/07/16
5. Brosnan T., Sun D. W. 2004. Improving quality inspection of food products by

- computer vision - A review. *Journal of Food Engineering* (61), 3-16.
6. 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.
 7. 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.
 8. Elmasry G., Wang N., Vigneault C., Qiao J., Elsayed A. 2008. Early detection of apple bruises on different background colors using hyperspectral imaging, *LWT - Food Science and Technology* 41 (2), 337-345.
 9. Mendoza, F., Aguilera, J.M. 2004. Application of Image Analysis for Classification of Ripening Bananas. *Journal of Food Science* 69 (9), 471-477.
 10. 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.
 11. 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.
 12. Haidar, A. Haiwei, 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.
 13. Arivazhagan S., Newlin Shebiah R., Ananthi 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.
 14. 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.
 15. B. Prajapati et al. Proposed mobile rice grain analyzer device based on digital image processing with related hardware and software specifications, *American International Journal of Research in Science, Technology, Engineering & Mathematics*, 3(2), June-August, 2013, pp. 217-220.
 16. Documentación para el desarrollo de aplicaciones con el sistema operativo Android <http://developer.android.com/> Consulta 30/07/2016.
 17. Sampallo Guillermo, González Thomas Arturo, Acosta Cristian, Cleva Mario. Medida de las Característica morfológicas de granos de arroz empleando procesamiento de imágenes. La Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N. - en el Nordeste Argentino - N.E.A. Investigación y Desarrollo en la Facultad Regional Resistencia. Editorial Edutecne ISBN N° 978-987-27897-0-1 (2011).