

Validación del método de la elipse que mejor ajusta para la determinación de las dimensiones de granos y semillas con ImageJ®.

Validation of the best fits ellipse method for the determination of the dimensions of grains and seeds with ImageJ®.

Mario S Cleva, Diego O. Liska, Amadeo R. Goitia, Joaquín O. Rojas, Martín Azcoaga.

1. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Resistencia. Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicación (CInApTIC). .clevamario@hotmail.com.

Resumen

Se presenta en este trabajo una validación del método de la elipse que mejor ajusta para la determinación de las dimensiones de granos de soja, maíz, maní y girasol empleando Procesamiento Digital de Imágenes (PDI) caracterizada por su bajo costo, rapidez y precisión. Las muestras constan de 50 granos enteros de cada clase. Se determinan las longitudes del largo y ancho de cada grano con calibres digitales y analógicos. Posteriormente, las imágenes de las muestras se digitalizan con dos dispositivos diferentes (cámara digital de celular y escáner de escritorio) y se procesan con ImageJ® para obtener la longitud de los ejes de la elipse que mejor ajusta. Se calcula la desviación relativa porcentual (DRP) entre los valores obtenidos por PDI y los obtenidos con calibre. En promedio, cuando se emplea el escáner, la DRP es del orden del 1.5% para el caso del eje mayor y del 1.9% para el eje menor. Con cámara digital, las DRP tienden a duplicarse: 3.2% para el primero y 3.4% para el segundo. Los resultados presentados, validan el empleo de la elipse que mejor ajusta para la determinación de la longitud y ancho de granos y semillas y pueden ser extendidas a otras variedades.

Palabras clave: calibre – escáner – medición – oleaginosas.

Abstract

A validation of the best fits ellipse method for the determination of the dimensions of soybeans, corn, peanuts and sunflower using Digital Image Processing (DPI) characterized by its low cost, speed and precision is presented in this work. The samples consist of 50 whole grains of each kind. The lengths and widths of each grain are determined with digital and analog calipers. Subsequently, the images of the samples are digitized with two different devices (digital cell phone camera and desktop scanner) and processed with ImageJ® to obtain the length of the ellipse axes that best fits. The relative percentage deviation (RPD) between the values obtained by DPI and those obtained with caliper is calculated. On average, when the scanner is used, the RPD is of the order of 1.5% for the case of the major axis and 1.9% for the minor axis. With a digital camera, RDPs tend to double: 3.2% for the former and 3.4% for the latter. The results presented validate the use of the best fits ellipse method to determine the length and width of grains and seeds and can be extended to other varieties.

Keywords: caliper – scanner – measurement – oilseeds.

1. Introducción

Los métodos de evaluación y clasificación de la calidad de alimentos son procesos rutinarios, encuadrados por normativas propias de cada país. Es importante que estos métodos puedan conducir a una determinación objetiva, precisa y rápida, y es deseable que tengan bajo costo de implementación. Sus mejoras, influenciadas por aspectos tecnológicos, no deben alterar los procedimientos mencionados en dichas normas para asegurar su

implementación. De acuerdo a estas normas, los granos y semillas para el consumo humano tienen límites de tolerancia a defectos que son bajos. Los responsables de la determinación de la calidad son organismos privados y estatales quienes a través de expertos certifican la calidad mediante diferentes procedimientos de inspección. Estas verificaciones se realizan en diferentes etapas que van desde el origen de la semilla hasta la puesta del producto en las góndolas para su consumo. El experto realiza una inspección visual de cada grano de una

muestra (cuya forma de obtención se realiza siguiendo un protocolo) con la finalidad de clasificarlos, según características vinculadas con su morfología y aspecto. Estas características, en el caso de nuestro país, están definidas por resoluciones específicas del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA).

Varios aspectos que permiten clasificar la calidad de los granos, tienen que ver con la morfología del mismo, la cual se puede determinar a partir de las medidas de sus dimensiones. El empleo del calibre para estas determinaciones suele ser un proceso complicado y tedioso, sobre todo si los granos son pequeños o difíciles de manipular. Para reducir los errores asociados a este tipo de proceso se requiere de una metodología más sencilla para la determinación de las medidas necesarias, como aquellas que emplean Procesamiento Digital de Imágenes (PDI). Los algoritmos de PDI aplicados al estudio de semillas y granos, permiten obtener información del tamaño y parámetros de forma a partir de su imagen. Las determinaciones de estos valores son importantes no sólo en la determinación de la calidad, sino también para el diseño de equipamiento para procesamiento, transporte, ordenamiento, separación y almacenamiento.

Se han propuesto diferentes métodos para la determinación de las dimensiones en granos y semillas. Mirzabe y col. (2012) calculan algunas propiedades físicas de tres variedades de semillas de girasol como ser la longitud, el ancho, el grosor, la masa de las semillas individuales y la masa de 1000 semillas. Calculan las propiedades de la forma, incluyendo el diámetro medio geométrico, la esfericidad, el área de la superficie, el área proyectada y el volumen de las semillas. Calculan índices estadísticos para parámetros dimensionales y de forma. Hemender y col. (2018) mencionan que el análisis de imágenes es una técnica de vanguardia para las pruebas de calidad de semillas de girasol. Permite la evaluación de varias características fisiológicas y morfológicas de la semilla. Son rápidos, con rentabilidad y de naturaleza automática, y el entorno de trabajo fácil de usar sobre otras técnicas convencionales. También permiten su aplicación en diferentes campos de la investigación en ciencias de semillas, como estudios de germinación, estimación de vigor, identificación de variedades y pruebas de pureza, etc., Yuanyuan y col. (2016) analizan la forma de los granos de maíz para identificar las semillas de mejor calidad para siembra. Aplican la técnica de Otsu de binarización, y detección de bordes para extraer la morfología del grano, y con la técnica de Matriz de Vector de Soporte (SVM), clasifican en aptos y no aptos. Se comparan tres funciones kernel para el método SVM: lineal, polinomial y radial. La radial permite

obtener mayor precisión en la clasificación de las semillas. Boldor y col. (2002) presentan un método por procesamiento de imágenes obtenidas de maní en las cuales determinan el color de la cobertura usando el método de análisis de madurez de la cáscara. El mismo sistema también permite determinar el tamaño de los granos con una precisión de 0,1 mm. Vasisith y Bavarva (2015) presentan un método que emplea una cinta transportadora, y un procesador de placa única (Raspberry Pi) conectado a una cámara, para clasificar granos de maní basados en aspectos morfológicos y de color. El sistema es económico, permite reconocer materia extraña y granos defectuosos, y su capacidad de procesamiento es de 43,2 kg/h. Shahin y col. (2005) presentan un método para granos de soja, para reemplazar la medición del tamaño de las semillas con cribado (tamizado), por el análisis de imágenes. El tiempo se reduce de 10 min (tamiz) a 30 segundos (análisis de imágenes). El cribado mecánico puede dar lugar a daños involuntarios, mientras que el análisis de imágenes es no-destructivo. La aportación consiste en que procesa N semillas al mismo tiempo, siempre que las mismas estén en un mismo plano, y que el espesor de la capa de la muestra sea de 1 semilla. El error máximo obtenido es del orden del 3%. Namías y col. (2012) proponen un sistema de bajo costo para procesar granos de soja, utilizando un escáner comercial. Demuestran que las características morfológicas tienen poco poder discriminante, y las mediciones sobre distribución de color proporciona buena separación de los grados de las semillas. En este trabajo se determinan 10 descriptores morfológicos (perímetro, área, elongación, etc.), y 28 descriptores de color (promedio, variancia, covariancia, etc.). Se utiliza OpenCV para la morfología, y para la clasificación, máquinas de soporte de vector SVM, Random Forest y validación cruzada (10 iteraciones). Como resultado, se obtiene un 95% de precisión de identificación en soja sana, y un 70% de precisión en los otros tipos de soja (dañados). Momin y col. (2017) utilizan un escáner de doble iluminación, frontal y retro iluminación para analizar granos de soja, utilizando una transformación de espacio de color de RGB a HSI (matiz, saturación, intensidad). En este trabajo, las técnicas PDI utilizadas son 9 funciones principales de la biblioteca OpenCV. Van Dalen (2004) determinó la distribución de las longitudes de los granos de arroz de una muestra a partir de la aplicación de algoritmos de PDI a la imagen digital de los mismos. Cleva y col. (2013) presentan un método para la determinación del volumen en granos de arroz por PDI. En este método se trabaja con la imagen de la muestra de los granos de arroz, que es obtenida con un escáner de escritorio y se propone un modelo para determinar el volumen del grano de arroz empleando las

longitudes de los ejes de la elipse que mejor ajusta al área proyectada del grano,

En este trabajo se propone el empleo de la determinación de los ejes de la elipse que mejor ajusta al área proyectada del grano. Este algoritmo consiste en obtener una elipse cuyos momentos de segundo orden principales son iguales a los del objeto que se encuentra en la imagen y cuyas dimensiones se quieren obtener. De esta elipse se obtienen sus ejes que constituyen una aproximación del largo y ancho del objeto. Para obtener esta elipse se emplea el software de código abierto ImageJ®.

A fin de validar el método propuesto se realizan determinaciones de la longitud y ancho de una muestra de 50 granos de maíz y cantidades análogas de maní, soja y girasol. Se comparan los valores obtenidos de los ejes de la elipse que mejor ajusta a partir de imágenes obtenidas por una cámara digital de un celular y un escáner y se contrastan con los obtenidos con un calibre. Cada muestra es procesada por al menos dos personas.

2. Materiales y métodos

Se seleccionan 50 granos enteros de: maíz y las mismas cantidades de granos de maní, soja y girasol, los cuales fueron extraídos de paquetes comerciales.

Se determinan la longitud y ancho de cada grano de las cuatro muestras (Figura 1), con calibres digitales y analógicos de diferentes marcas y precisiones: Los calibres digitales tenían una precisión de 0.01 mm, y los analógicos de 0.02 mm. Se calcularon para el ancho y el largo los valores medios y las desviaciones estándar correspondientes para cada tipo de grano. Cada muestra fue medida por dos usuarios para analizar variabilidad usando el calibre como instrumento de medida. Ninguno de los usuarios tenía entrenamiento previo en la forma de medir semillas, aunque sabían emplear el calibre para realizar determinaciones de longitud.



Figura 1: Medida de (a) longitud y (b) ancho de un grano de maíz con calibre digital

A fin de validar el modelo propuesto para la determinación de las dimensiones por PDI empleando la elipse que mejor ajusta, las imágenes de cada muestra se obtuvieron con dos dispositivos

diferentes: empleando como soporte una caja de cartón (de 27 cm por 25 cm de base y 21 cm de altura) y una cámara estándar de un celular de gama media y, por otro lado, usando diferentes escáneres de escritorio a una resolución de 200 puntos por pulgada (Figura 2). Así, para cada muestra, se obtuvieron imágenes de la misma por diferentes dispositivos. De esta forma, se pretende simular en los posibles laboratorios donde se adquieran las imágenes.



Figura 2: (a) Celular y soporte (b) Escáner de escritorio

Cuando se empleó en celular como método de registro, se tuvo precaución de que se encuentre paralelo a la superficie donde se encontraban los granos para que la imagen no presente aberraciones. Se empleó una hoja cuadrículada para visualizar que la imagen no presente deformaciones.

Como fondo se usó para todos los casos una superficie de color azul real, porque este color asegura, al separarlo en canales para su procesamiento, una adecuada separación del fondo y del objeto (granos). La Figura 3 presenta una imagen obtenida con una cámara digital y el soporte y una imagen obtenida con un escáner de escritorio. En la misma, se puede observar a la izquierda la ubicación de una regla y una moneda para luego establecer los factores de escala correspondientes. Estos objetos (regla o moneda) pueden ser “filtrados” del conteo de objetos a partir de su tamaño.

Las imágenes obtenidas luego se procesaron con ImageJ®. Las operaciones que se realizaron fueron las siguientes (Fig. 4):

- Separación en los canales RGB (rojo, verde y azul por sus siglas en inglés).
- Selección del canal y del umbral más apropiado para la binarización en base al histograma y así poder distinguir fondo de objeto. Una mala selección del canal sobre el que se hace la binarización, puede provocar que los contornos del grano se confundan con el fondo como se puede apreciar en la Figura 5,

- Establecimiento de la escala en el caso de la imagen obtenida por la cámara digital (a partir de las dimensiones del objeto de referencia) o de la resolución de escaneo.
- Selección de los objetos en base a diferentes descriptores (área, circularidad, etc)
- Generación de tabla con resultados con los valores de las longitudes de los ejes mayor y menor de la elipse que mejor ajusta.
- Visualización de la elipse que mejor ajusta superpuesta a la imagen del grano del grano a efectos de contrastar si los ejes de la elipse representan al largo y ancho de los granos bajo análisis.

Una de las ventajas que tiene ImageJ® es que esta secuencia de tareas se puede programar en una macro, es decir, que para una configuración dada (habiendo seleccionado el canal adecuado, el umbral para realizar la binarización, etc.), el proceso de medida se puede realizar en mínimo tiempo.

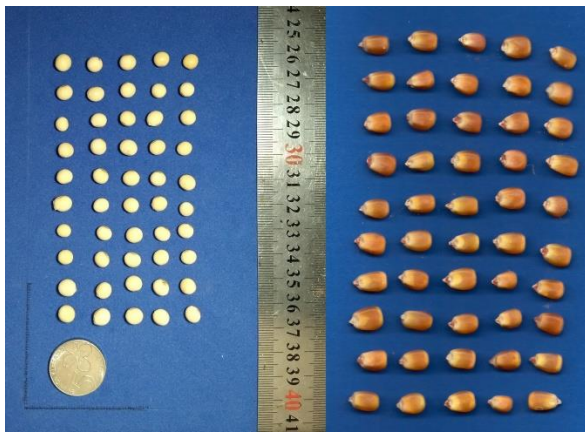


Figura 3: Izquierda, imagen obtenida con cámara digital y soporte. Derecha, imagen obtenida con escáner

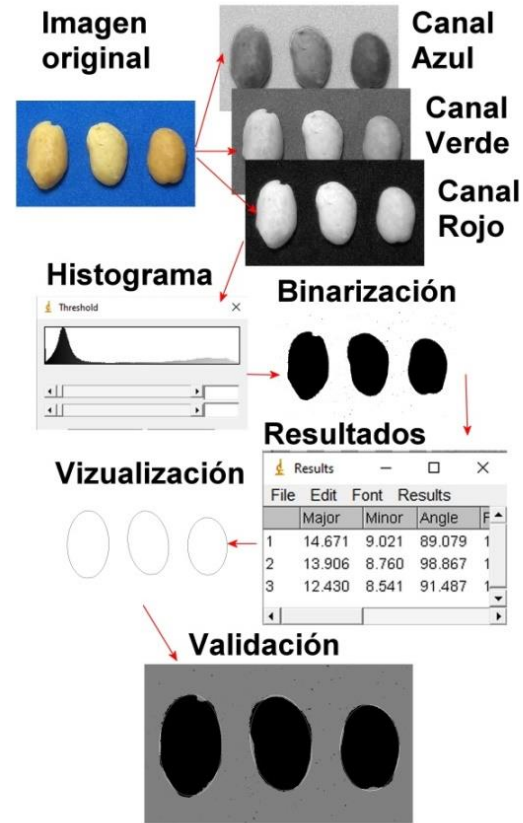


Figura 4: Secuencia de operaciones en ImageJ®

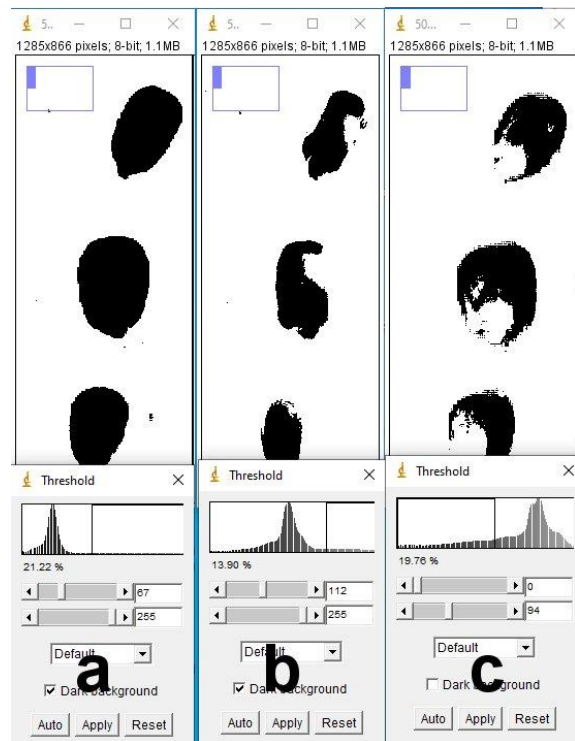


Figura 5: Selección del canal adecuado para la binarización.

3. Resultados y Discusión

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para cada tipo de grano. En la Tabla 1, se puede visualizar los valores del largo y ancho promediado y la desviación estándar obtenidos por diferentes dispositivos para el grano de soja y similar información en las Tablas 2, Tabla 3 y Tabla 4 para los granos de maní, maíz y girasol respectivamente.

Tabla 1: Longitud de ejes mayor y menor de granos de soja

	Calibre Analógico	Calibre Digital	Cámara Digital	Escáner
Largo (mm)	6,45 ± 0,40	6,35 ± 0,38	6,61 ± 0,45	6,48 ± 0,40
Ancho (mm)	5,97 ± 0,40	6,03 ± 0,30	6,02 ± 0,36	5,97 ± 0,30

Tabla 2: Longitud de ejes mayor y menor de granos de maní

	Calibre Analógico	Calibre Analógico	Cámara digital	Escáner
Largo (mm)	14,42 ± 1,37	14,30 ± 1,37	14,72 ± 1,38	13,99 ± 1,39
Ancho (mm)	8,89 ± 0,66	9,05 ± 0,98	9,36 ± 0,69	8,95 ± 0,70

Tabla 3: Longitud de ejes mayor y menor de granos de maíz

	Calibre Analógico	Calibre Analógico	Cámara digital	Escáner
Largo (mm)	11,42 ± 1,03	11,38 ± 1,22	10,68 ± 1,12	11,42 ± 1,08
Ancho (mm)	7,70 ± 0,63	7,65 ± 0,93	7,43 ± 0,59	7,77 ± 0,61

Tabla 4: Longitud de ejes mayor y menor de granos de girasol

	Calibre Analógico	Calibre Digital	Cámara Digital	Escáner
Largo (mm)	8,57 ± 0,64	8,66 ± 0,59	8,59 ± 0,55	8,45 ± 0,53
Ancho (mm)	4,50 ± 0,46	4,55 ± 0,45	4,78 ± 0,47	4,72 ± 0,47

A fin de poder contrastar los valores obtenidos de las longitudes de los ejes por PDI en relación a los obtenidos con el empleo de calibre, se calculan, para cada medición con calibre (digital o analógico) la desviación relativa porcentual (DRP) correspondiente a la realizada con el otro calibre (digital o analógico) y a las dos obtenidas por PDI a partir de la imagen obtenida con la cámara digital y con el escáner. Estos resultados se presentan en las Tablas 5, 6, 7 y 8 para los granos de soja, maní, maíz y girasol respectivamente.

Tabla 5: DRP para granos de soja expresado en porcentaje (%)

	Largo	Ancho
<i>Medida de Referencia →</i>	<i>Calibre Analógico</i>	<i>Calibre Analógico</i>
Calibre Digital	1,6	1,0
Cámara Digital	2,5	0,8
Escáner	0,5	0,0
<i>Medida de Referencia →</i>	<i>Calibre Digital</i>	<i>Calibre Digital</i>
Calibre Analógico	1,6	1,0
Cámara Digital	4,1	0,2
Escáner	2,0	1,0

Tabla 6: DRP para granos de maní expresado en porcentaje (%)

	Largo	Ancho
<i>Medida de Referencia →</i>	<i>Calibre Analógico 1</i>	<i>Calibre Analógico 1</i>
Calibre Analógico 2	0,8	1,8
Cámara Digital	2,1	5,3
Escáner	3,0	0,7
<i>Medida de Referencia →</i>	<i>Calibre Analógico 2</i>	<i>Calibre Analógico 2</i>
Calibre Analógico 1	0,8	1,8
Cámara Digital	2,9	3,4
Escáner	2,2	1,1

Tabla 7: DRP para granos de maíz expresado en porcentaje (%)

	Largo	Ancho
<i>Medida de Referencia →</i>	<i>Calibre Analógico 1</i>	<i>Calibre Analógico 1</i>
Calibre Analógico 2	0,4	0,6
Cámara Digital	6,5	3,5
Escáner	0,0	0,9
<i>Medida de Referencia →</i>	<i>Calibre Analógico 2</i>	<i>Calibre Analógico 2</i>
Calibre Analógico 1	0,4	0,7
Cámara Digital	6,2	2,9
Escáner	0,4	1,6

Tabla 8: DRP para granos de girasol expresado en porcentaje (%)

	Largo	Ancho
<i>Medida de Referencia →</i>	<i>Calibre Analógico</i>	<i>Calibre Analógico</i>
Calibre Digital	1,1	1,1
Cámara Digital	0,2	6,3
Escáner	1,4	4,9
<i>Medida de Referencia →</i>	<i>Calibre Digital</i>	<i>Calibre Digital</i>
Calibre Analógico	1,0	1,1
Cámara Digital	0,8	5,1
Escáner	2,4	3,7

El análisis de los valores obtenidos y las DRP nos permite concluir lo siguiente:

- En los casos donde se emplea el escáner como instrumento de registro, la DRP es del orden del 1.5% para el caso del eje mayor y del 1.9% para el eje menor.
- Cuando se emplea una cámara digital, las DRP tienden a duplicarse: 3.2% para el eje mayor y 3.4% para el eje menor.
- Las DRP medidas por diferentes usuarios con calibres diferentes es del 0.9% para el caso de la longitud de la semilla, y del orden del 1.1% para el ancho de la semilla.
- Los mayores errores se comenten en aquellas semillas que cuenten con protuberancias en sus extremos. En la Figura 6 se puede observar que en el caso de la semilla de girasol, la presencia de esta pequeña protuberancia en el extremo del grano, provoca un error con relación a la longitud del eje de la elipse que mejor ajusta, mientras que esto no se ve en el caso de un grano de maní.

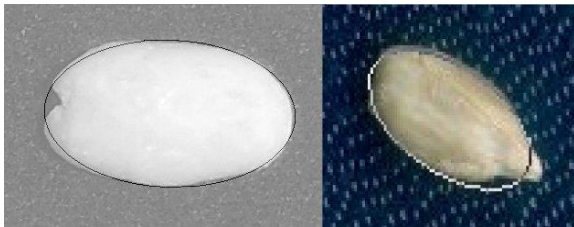


Figura 6: Granos de maní y girasol y elipse que mejor ajusta

4. Conclusiones

A partir de los resultados expuestos en el presente trabajo relacionado con la determinación del largo y ancho en granos de soja, maní, maíz y girasol a partir del cálculo de los ejes de la elipse que mejor ajusta, obtenidas por PDI, demuestra ser un método alternativo para la determinación de estas magnitudes. Este método se caracteriza por ser de bajo costo, fácil implementación, de buena precisión, rápido y no requiere ningún tipo de entrenamiento previo por parte del usuario. Así mismo no requiere de equipamiento caro, ya que queda demostrado que las imágenes pueden ser obtenidas con un celular o con un escáner.

Las operaciones de PDI se pueden incluir en una macro con todos los parámetros de ajustes necesarios.

El mayor problema que se puede encontrar, es el de definir los umbrales adecuados para realizar la binarización. Estas cuestiones podrían ser resueltas de manera inmediata con un escáner con adaptador de transparencias.

Las restricciones de su empleo en relación al tipo de grano, son reducidas y compensadas por la velocidad del método de registro.

Como desventaja, se puede mencionar la limitación en la cantidad de granos que se pueden procesar que son los que pueden caber en la bandeja de un escáner.

Los autores del presente artículo están desarrollando una cinta transportadora de granos de bajo costo que permita tomar imágenes de una mayor cantidad de los mismos equivalente a las que se mencionan en los protocolos de muestreo.

5. Referencias

Mirzabe A. H., Khazaei J., Chegini G. R. (2012). Physical properties and modeling for sunflower seeds. *CIGR Journal*. 14, 3, 190-202.

Hemender T., Sushma S., Mor V. S., Jitender Y., Axay B. (2018). Image Analysis A Modern Approach to Seed Quality Testing. *Current Journal of Applied Science and Technology*. 27, 1, 1-11.

Yuanyuan Z., Jilong Z., Lingshen F. (2016). Research on Quality Evaluation of Maize Seed Shape Based on Support Vector Machine. 2016 2nd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC). 695-699.

Boldor D., Sanders T. H., Swartzel K. R., Simunovic J. (2002). Computer-Assisted Color Classification of Peanut Pods. *Peanut Science*. Vol. 29, Issue 1, pages 41 - 46.

Vasishth D., Bavarva A. (2015). Image Processing Method For Embedded Optical Peanut Sorting, *I.J. Image, Graphics and Signal Processing*, 12, 39-46.

Shahin M. A., Symons S. J. (2005). Seed sizing from images of non-singulated grain samples. *Canadian Grain Commission*. Grain research laboratory.

Namías R., Gallo C., Craviotto R., Arango M., Granitto P. (2012). Automatic Grading of Green Intensity in Soybean Seeds. *Proceedings of 13th. Argentine Symposium on Artificial Intelligence, ASAI 2012*. JAAIO.

Momin A., Yamamoto K., Miyamoto M., Kondo N., Grift, T. (2017). Machine vision based soybean quality evaluation. *Computers and Electronics in Engineering*. Vol. 140, Aug. 2017, pages 452-460.

Van Dalen G. (2004). Determination of the size distribution and percentage of broken kernels of rice

using flatbed scanning and image analysis. *Food Research International*, 37(1) 51-58.

Cleva, M.S.; Sampallo, G.M.; González Thomas, A. O.; Acosta, C.A. (2013). Método para la determinación del volumen de una muestra de granos de arroz mediante el procesamiento digital de imágenes. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 39(2), 185–190.