

Reconocimiento de granos vanos/llenos de arroz mediante Procesamiento Digital de Imágenes con ImageJ®

Cleva, Mario Sergio^a; Fontana, María Laura^b; Herber, Luciana Graciela^b; Kruger, Raúl Daniel^b; Pachecoy, María Inés^b; Liska, Diego Orlando^a

a. UTN - FRRe. Centro de Investigación Aplicada en Tecnologías de la Información y Comunicación (CInApTIC)

b. Estación Experimental Agropecuaria INTA Corrientes - Grupo Cultivos Extensivos

clevamario@hotmail.com

Resumen

La determinación de granos vanos/llenos en arroz es una práctica de interés para definir el tercer componente del rendimiento: número de granos llenos. Esta variable está asociada a características genéticas de las plantas, así como a las condiciones ambientales durante el llenado de grano. Hasta la fecha, su determinación es manual/visual. Las técnicas de Procesamiento Digital de Imágenes (PDI) han probado ser una herramienta objetiva, de eficiencia creciente y aplicables a diferentes procesos de identificación y clasificación. En este trabajo se presenta una técnica basada en PDI para el reconocimiento de granos vanos y llenos empleando el programa ImageJ® y un escáner de escritorio con adaptador de transparencias. Se prepararon 10 muestras de 50 granos de arroz preclasificados en vanos y llenos, en cantidades iguales. Las muestras fueron colocadas en la bandeja del escáner y se obtuvieron sus imágenes como el negativo de las mismas. Cada imagen se separó en los canales rojo, verde y azul, eligiéndose este último que permitió distinguir diferencias en las transparencias de los dos tipos de granos. El canal se binarizó con dos valores de corte: uno que permitía contar el número de granos y otro para reconocer los granos enteros de la misma. En promedio el reconocimiento de granos vanos fue del 90%, 85% de llenos y 12% pertenecientes a ambas clases. El método propuesto es operacionalmente sencillo, no requiere de un entrenamiento previo ni un equipamiento especial y demanda menos tiempo que la inspección visual.

Abstract

Determination of empty/filled grains in rice is a practice of interest to define the third yield component: number of filled grains. This variable is associated with genetic plants characteristics, as well as environmental conditions during grain filling. Up to date, their determination is manual /visual. Digital Image Processing (DIP) techniques have proven to be an objective tool, with increasing efficiency and applicable to different identification and classification processes. In this work, a technique for the recognition of empty and full grains based on PDI is presented using the ImageJ® program and a desktop scanner with a transparencies adapter. 10 samples of 50 grains of rice pre-classified in empty and filled, in equal quantities, were prepared. The samples were placed in the scanner tray and their images were obtained as the negative of them. Each image was separated into red, green and blue channels, being chosen the last one because it allowed to distinguish differences in transparencies of the two types of grains. The channel was binarized with two cut-off values: one that allowed counting the number of grains and another to recognize the whole grains of it. On average, the recognition of empty grains was 90%, 85% filled and 12% belonging to both classes. The proposed method is operationally simple, does not require prior training or special equipment, and is less time consuming than visual inspection.

Palabras claves: Calidad, Clasificación, Rendimiento, Semillas.

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa*) es un cultivo de particular interés en el litoral argentino. La producción nacional de la campaña 2020/21 (1.453.187 tn producidas en 199.993 ha) se concentra en las provincias de Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, Formosa y Chaco [1]. Tanto a nivel mundial como regional, mucha de la investigación realizada sobre el cultivo apunta al

incremento de los rindes, en modelos de producción sostenible. Esto implica la necesidad de conocer la naturaleza del rendimiento para poder manejar los diferentes factores inherentes al cultivo y al ambiente (componentes bióticos y abióticos) con miras a optimizar la producción [2]. En este contexto, la meta que cuenta es el rendimiento en grano, que depende de la cantidad de panojas/área; el número de

granos/panoja; el porcentaje de granos llenos y el peso de los 1000 granos.

En ensayos/parcelas experimentales es habitual la determinación de cada componente del rendimiento por lo cual la búsqueda de métodos que faciliten tales tareas es constante.

Estos métodos de determinación son generalmente manuales. Sin embargo, los avances en los desarrollos de carácter tecnológico han permitido mejorar y acelerar estos procesos evitando la subjetividad propia de los métodos manuales.

La aplicación del Procesamiento Digital de Imágenes (PDI) a la industria y a la producción agrícola se vio favorecida por el abaratamiento en los sistemas de adquisición de imágenes (escáneres, cámaras digitales, etc.), por los avances en el desarrollo de los algoritmos utilizados y su implementación como parte de software de libre distribución.

Para el caso específico del arroz, Sakai y col [3] lo han empleado para la determinación de parámetros morfológicos y como criterio de clasificación de variedades. Lloyd y col [4] lo emplean para la determinación de granos de arroz enteros e introducen el concepto de “peso por pixel”. Sansomboonsuk y Afzulpurkar [5] proponen un algoritmo para evaluar imágenes de granos de arroz que están en contacto entre sí para obtener información relacionada con la morfología del grano. Cleva y col [6] proponen un método basado en PDI para la determinación del volumen de un grano de arroz con un error del 3% en promedio.

Existen diversos programas para el PDI siendo algunos de libre distribución como ImageJ®. Este es un software de dominio público programado en Java desarrollado en el National Institutes of Health. ImageJ® fue diseñado con una arquitectura abierta que proporciona extensibilidad vía plugins Java y macros grabables, que posibilitan la realización de secuencias de cálculo reiterativas. También desde el mismo programa se puede hacer la captura de la imagen desde el escáner con el empleo de un plugin.

La cuantificación de granos llenos -y vanos- tradicionalmente se realiza de forma manual, separando visualmente los granos llenos de aquellos vacíos. Si bien existen propuestas que involucran el análisis de imágenes RGB y térmicas [7], la motivación principal de esta investigación fue desarrollar una metodología fiable y factible con equipos de baja complejidad (escáner y un software de libre distribución) para impactar positivamente y facilitar las labores de los grupos de investigación.

DESARROLLO

En cualquier disciplina, las imágenes digitales permiten no solo llevar un registro visual, sino que también posibilitan extraer información adicional.

Hay observaciones que se realizan de manera habitual sin mucha dificultad, pero con poca posibilidad de repetibilidad. Lo ideal es reproducir estas situaciones en un entorno controlado de laboratorio.

Por ejemplo, una forma de visualizar la existencia de granos llenos y vanos en una panoja, es colocando a esta por delante de una fuente luminosa de gran intensidad, como la luz ambiental (Figura 1). Así la translucidez en algunos granos, podría indicar que se encuentran vanos.



Figura 1: Observación a campo - contraluz- de una panoja de arroz. Los granos vanos se distinguen por ser translúcidos.

La desventaja del empleo de imágenes obtenidas al “aire libre” es que no siempre las condiciones de iluminación son las mismas, por lo que cualquier algoritmo que se emplee, puede fallar por variación de lo que se encuentre en su entorno, lo que hace compleja la separación del fondo de la imagen en relación a la detección del objeto cuyas características se desea determinar.

Los escáneres de escritorio son dispositivos que permiten obtener imágenes en condiciones de iluminación que son repetitivas. Hay algunos modelos que poseen un dispositivo adicional denominado adaptador de transparencias. Si bien el empleo del adaptador de transparencias permite obtener imágenes de negativos, también se puede usar como fuente de retroiluminación para cualquier objeto translúcido aproximadamente plano cuya imagen se quiera registrar.

Una forma de analizar este grado de transparencia es a partir del empleo de los histogramas de las

imágenes. Un histograma es un diagrama de barras cuyas abscisas representan los niveles de grises de los píxeles de una imagen y, las ordenadas, las frecuencias de los distintos niveles de grises. La frecuencia es la cantidad de píxeles asociados a cada nivel de gris correspondiente al área proyectada del grano.

En esta propuesta, el histograma se emplea con dos propósitos: a) Poder distinguir los píxeles que corresponden a los granos y los píxeles que corresponden al fondo, y b) Con los granos identificados, poder detectar cuáles son llenos y cuáles vanos.

Conformación de las muestras.

Inicialmente se seleccionaron manualmente dos conjuntos de granos, vanos y llenos, de la variedad GURI INTA CL - campaña 2021/22 implantada en la EEA INTA Corrientes -. Esta clasificación resultó de la trilla manual de las panojas y la separación manual/visual de los granos obtenidos en las clases mencionadas.

Con los granos preclasificados se prepararon un total de 10 muestras formadas por 25 granos de arroz llenos y 25 granos de arroz vanos, de las cuales se obtuvieron sus imágenes. La selección de la cantidad de granos a analizar fue arbitraria, aunque estuvo limitada por la región de escaneo que se comenta en el punto siguiente.

Adquisición de las imágenes.

Para la adquisición de las imágenes de los granos se empleó un escáner Epson Perfection V600 Photo con adaptador de transparencias. Los granos se ubicaron sobre la bandeja del escáner evitando el contacto entre ellos. Esto último para no tener tiempos adicionales de procesamiento empleando algoritmos para la separación de granos en la imagen.

En los escáneres con adaptador de transparencias, la zona de adquisición de las imágenes es una porción central de la bandeja. Se puede visualizar las dimensiones de esta región por simple inspección de la tapa del escáner donde se encuentra la fuente de retroiluminación.

Los granos se colocan sobre la bandeja del escáner susceptible a ser retroiluminada, obteniendo una imagen como la que se presenta en la Figura 2. En la misma se aprecia la diferencia de translucidez entre los granos llenos y vanos. Esta característica se adoptó para desarrollar la metodología presentada.

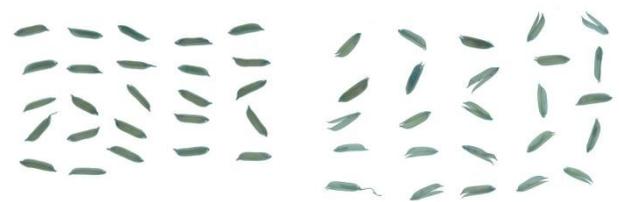


Figura 2: Granos Llenos (izquierda) y vanos (derecha).

Las imágenes se escanearon con una resolución de 300 dpi, color y en formato BMP para evitar la pérdida de información que se da en los algoritmos de compresión.

Se trabajó con el negativo de las imágenes a fin de poder separar el fondo de lo que es grano. Para ello, en la interfase de usuario del escáner se seleccionó tal opción.

Procesamiento de las imágenes.

Con las imágenes obtenidas, se realizó la secuencia de operaciones con ImageJ® (Figura 3).

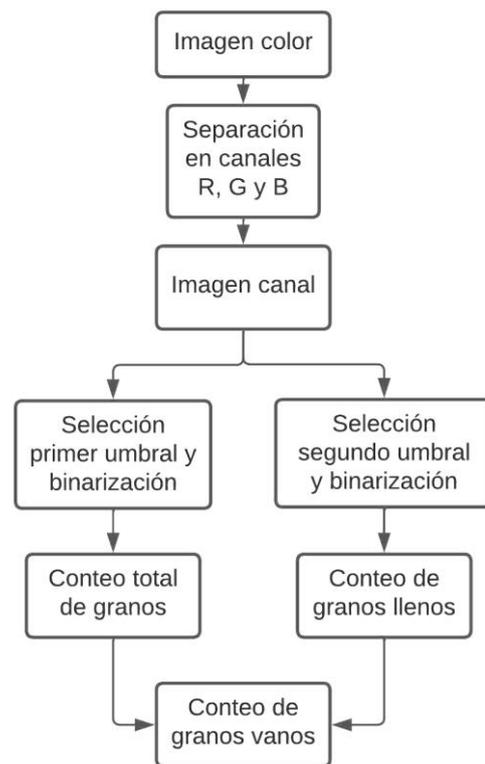


Figura 3: Secuencia de operaciones para la determinación de los granos llenos y vanos.

La imagen de la muestra (Figura 2) se descompone en los canales rojo, verde y azul (RGB por sus siglas en inglés).

Una operación recurrente en el procesamiento de imágenes es la binarización, que consiste en comparar el valor de intensidad de cada píxel contra uno

denominado umbral. Si el valor del píxel está por debajo de ese umbral, al píxel se le asigna el valor 0 y si está por encima, se le asigna el valor de 255. De este modo, el fondo oscuro se hace uniforme al igual que el objeto permitiendo la identificación de estos.

ImageJ® también permite contar elementos presentes en una imagen binarizada, es decir todos los conjuntos de píxeles que tengan una intensidad de 255. El conteo se puede filtrar usando diferentes criterios para no incluir objetos que no representan granos. Uno de estos criterios es el tamaño del área, el cual permite eliminar del conteo objetos de dimensiones pequeñas considerados contaminantes.

Para cualquiera de los canales se hizo una primera estimación del umbral a partir del cual se realizó la primera binarización. La Figura 4 presenta la imagen del canal azul sobre la cual se realizó. Cualquier píxel con intensidad menor a 70 puede ser tomado como fondo y por encima como perteneciente al grano. A partir de esta binarización se determinó el número total de granos presentes en la imagen con la selección adecuada del área mínima (9 mm² en este caso). En cualquiera de los canales la binarización fue igual de efectiva, ya que los granos contrastaron con el fondo.

Posterior a este conteo se realizó sobre la imagen original de cada canal una segunda binarización con la intención de poder distinguir granos vanos y llenos. El procedimiento es similar al descrito anteriormente.

Posterior al conteo y para cada canal se analizó el histograma correspondiente para determinar si es visible la diferencia entre los granos vanos y llenos a partir de asumir que cada clase tiene histogramas diferentes. Como se comentó anteriormente, los granos vanos son más translúcidos que los llenos.

Las Figuras 5, 6 y 7 muestran las imágenes binarizadas de los canales rojo, verde y azul (respectivamente) y, en la parte inferior, el histograma y la herramienta para binarizar. Se puede visualizar en cada figura, el valor del umbral seleccionado para la binarización. Este valor representa el punto de intersección entre los histogramas de los granos vacíos y llenos.

La segunda binarización permite eliminar de la imagen parcialmente los granos vanos, por lo que el conteo de la imagen con la selección del umbral adecuado, dará como resultado el total de granos llenos.

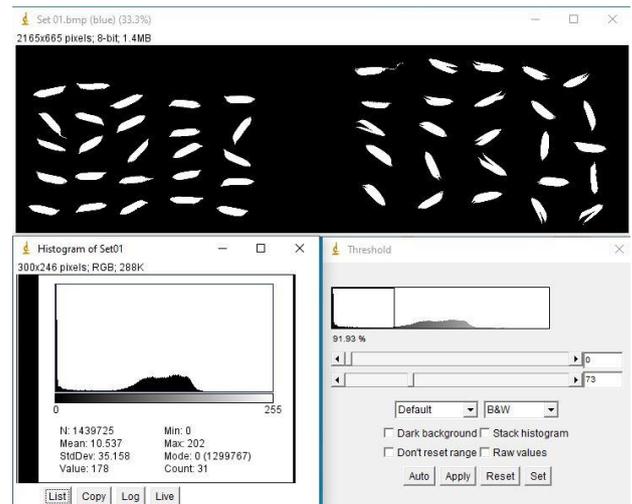


Figura 4: canal azul e histograma con primera binarización.

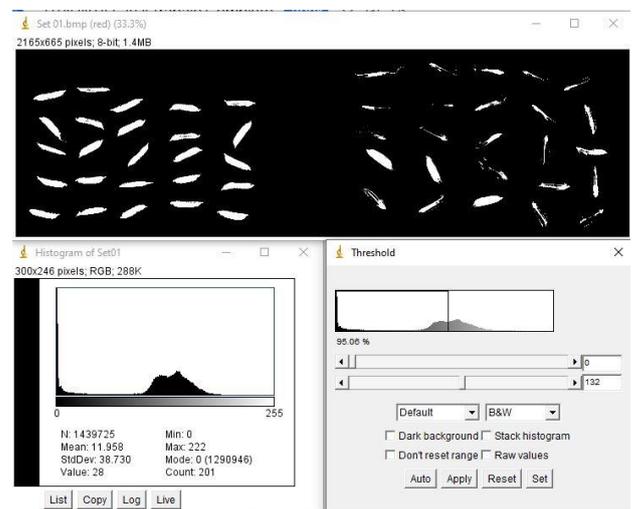


Figura 5: canal rojo e histograma y segunda binarización.

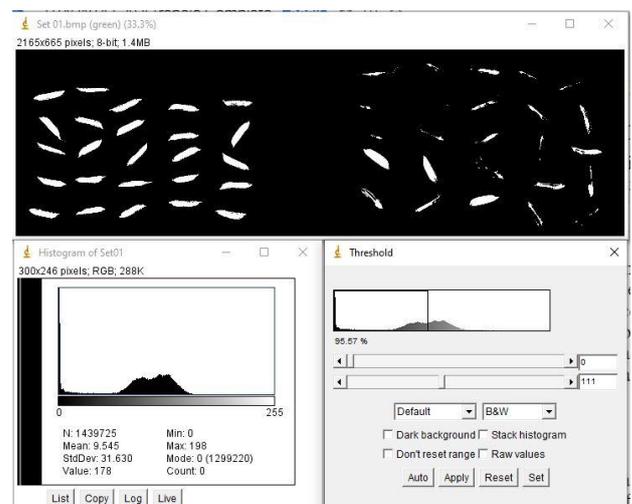


Figura 6: canal verde e histograma y segunda binarización.



Figura 7: Canal azul y segunda binarización.

Por diferencia entre el total de granos obtenidos en la primera binarización y en la segunda (Figura 4 y 7 respectivamente) se puede calcular de la muestra analizada, el total de granos vanos.

Es importante destacar que el solapamiento entre clases evidenciado en el histograma se debe a que granos preclasificados como vanos se visualizan como llenos.

Resultados.

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en el procesamiento de las imágenes. Para el canal rojo se tomó el nivel de intensidad 140 como umbral para granos llenos y vanos, para los canales azul y verde se optó por 130 y 109 respectivamente.

Tabla 1: Resultados de la identificación con sus desviaciones estándar respectivas.

Canal	Granos llenos (%)	Grano vano (%)	Ambas clases (%)
Rojo	71 ± 11	90 ± 6	10 ± 6
Azul	86 ± 7	88 ± 8	12 ± 8
Verde	98 ± 3	84 ± 9	17 ± 8

En la Tabla 1 los porcentajes presentados están en función del valor previamente conocido de cada clase. Así, por ejemplo, en el canal rojo el 71% de granos llenos se expresa sobre los 25 granos que componen la muestra. Para el mismo canal el 90% de granos vanos reconocidos, se calcula sobre el total de esta clase en la muestra preclasificada. El 10% de la categoría “Ambas clases” corresponde a los granos vanos, que fueron reconocidos como llenos. Idéntica información se presenta para los canales azul y verde.

Discusión de resultados

En todos los canales hay un porcentaje de granos pertenecientes a ambas clases. Los canales rojo y azul presentan los valores más bajos para esta categoría. Sin embargo, de todos los canales, el azul es el que presenta un porcentaje de aciertos mayor para la clasificación y el porcentaje de granos pertenecientes a ambas es apenas superior al que se puede visualizar en el canal rojo.

CONCLUSIONES

El empleo de las técnicas de PDI con software de libre distribución y un equipamiento de bajo costo, permiten realizar determinaciones que tienen la ventaja de ser objetivas y con resultados repetibles. El método propuesto es operacionalmente sencillo, no requiere de un entrenamiento previo ni un equipamiento especial y demanda menos tiempo que la inspección visual. Sin embargo se hace necesario buscar otras técnicas que reduzcan las incertezas en el método propuesto, como por ejemplo analizar la longitud de los contornos como elemento clasificador y que es parte de la continuación de este trabajo. También se pueden emplear múltiples canales.

REFERENCIAS

- [1] Dirección Nacional De Agricultura. 2022. Estimaciones agrícolas de arroz; [Acceso 06 Julio2022]. <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- [2] Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1986). Componentes del rendimiento en arroz; Guía de estudio. Contenido científico: International Rice Research Institute. Traducción y adaptación: Oscar Arregocés. Cali, Colombia. CIAT.
- [3] Sakai, N.; Yonekawa, S.; Matsuzaki, A.; Morishima, H. 1996. Two-dimensional image analysis of the shape of rice and its application to separating varieties. Journal of Food Engineering, 27(4), 397-407.
- [4] Lloyd, B.J.; Cnossen, A.G.; Siebenmorgen, T.J. 2001. Evaluation of two methods for separating head rice from broken for head rice yield determination. Applied Engineering in Agriculture, 17 (5), 643-648.
- [5] Sansomboonsuk, S; Afzulpurkar, N., 2006. The Appropriate Algorithms of Image Analysis for Rice Quality Evaluation, The 20th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand. 18-20 October, Nakhon Ratchasima, Thailand.

- [6] Cleva, M.S.; Sampallo, G.M.; Gonzalez 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. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 39 (2), 185-190 Buenos Aires, Argentina.
- [7] Kumar, A.; Taparia, M.; Madapu, A.; Rajalakshmi, P.; Marathi, B.; Desai, U. B. (2020). Discrimination of filled and unfilled grains of rice panicles using thermal and RGB images, Journal of Cereal Science, 95, 103037. ISSN 0733-5210, Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S073352102030103X?via%3Dihub>