

CLASIFICACION DE GRANOS DE LENTEJAS EMPLEANDO PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.

Cleva Mario Sergio, UTN - FRRe, clevamario@hotmail.com

Sampallo Guillermo Manuel, UTN - FRRe, gsampallo@gmail.com

Rodrigues Da Fonseca Claudio, UTN - FRRe, dafonseca@gmail.com

Aquino Dominga, UTN - FRRe, domyaquino@yahoo.com.ar

Liska Diego Orlando, UTN - FRRe, diegoorlandoliska@gmail.com

Resumen— Se presenta en este trabajo un clasificador de granos de lenteja que emplea procesamiento digital de imágenes (PDI). Está basado en comparar, **a través del coeficiente de correlación**, el histograma normalizado de la imagen digital en niveles de gris de granos de una muestra con los correspondientes a granos identificados por su aspecto en normal, ennegrecido, decolorado y partido, considerados como patrones. Para obtener los histogramas patrón, se seleccionaron, manualmente de un paquete comercial, treinta granos de cada categoría y se registraron sus imágenes con un escáner de escritorio. La pertenencia de un grano a una categoría se definió a través de reglas aplicadas a los valores que toma el coeficiente de Pearson y el cálculo del porcentaje de cada categoría presente en la muestra se realizó a través de un contador. El procedimiento de comparación y conteo es objetivo, sencillo, rápido y eficiente. En este trabajo, no se tuvieron en cuenta granos brotados, descascarados o picados, aspectos que se encuentran en estudio.

Palabras clave— *histograma, legumbres, binarización.*

1. Introducción

El empleo de técnicas de procesamiento digital de imágenes se ha empleado exitosamente en diferentes disciplinas como la medicina [1], el medioambiente [2], la industria [3] y la seguridad [4] entre otras. Su empleo se fue acrecentando gracias a diversos factores entre los que podemos mencionar: el desarrollo de nuevos algoritmos, la evolución de los procesadores y de los sistemas de adquisición de imágenes, la reducción en los costos, etc.

En la industria de los alimentos, existe abundante bibliografía relacionada con la aplicación de las técnicas de PDI: Gunasekaran [5] expuso cómo está compuesto un sistema de visión por computadora y cuáles son los requisitos para ser usado en el análisis de la calidad de alimentos. Cheng-Jin Du y Da-Wen Sun [6], presentaron un relevamiento de los aportes del PDI relacionados con la evaluación del color, forma, tamaño y textura, características relacionadas en forma directa con la calidad del producto. Zheng y col [7], presentaron una revisión de las técnicas disponibles de PDI aplicadas a alimentos y relacionadas con su color, tamaño, forma y textura.

En el caso de los granos para alimentación, **es importante** reconocer sus características, como ser dimensiones y aspecto, **dado que** permiten, posteriormente, la determinación de parámetros físicos y de calidad. **Estos procesos al ser** realizados manualmente, quedan sujetos

a posibles errores por la subjetividad del observador, consumen tiempo, son operacionalmente complejos y requieren de una preparación especial por parte del observador.

En el campo de PDI, entre otra aplicaciones, el histograma se usa como herramienta para calcular parámetros vinculados a la calidad. En este sentido, Sampallo y col [8] usaron histogramas para clasificar granos de arroz y como herramienta para la determinación del umbral de binarización en imágenes de granos [9]. Los criterios de calidad de los algoritmos, se ajustaron a lo que establece el Código Alimentario Argentino (CAA) para el arroz.

Sin embargo, con respecto a la clasificación de granos de lentejas, el CAA, solo establece en su artículo 77 que “La lenteja no deberá contener más de un 1% de materias extrañas, de las cuales no más de 0.25% será de materia mineral. Se considerará materia extraña al material vegetal proveniente de la misma u otras plantas y al material mineral como tierra, arena y piedras”. Otros países, como Australia, tienen una guía visual [10] con información para los agentes encargados de control de calidad de diferentes granos y legumbres, entre ellos la lenteja teniendo diferentes clasificaciones.

Se presenta en este trabajo un clasificador de granos de lenteja basado en el procesamiento digital de imágenes (PDI) basado en la comparación, a través del coeficiente de correlación, entre el histograma de la imagen digital en niveles de gris de los granos de la muestra de interés y el histograma normalizado promedio, considerado como patrón, de distintas categorías de estados de granos: normales, ennegrecidos, decolorados y partidos.

2. Materiales y Métodos

Se trabajó con imágenes de granos de lenteja, analizando y comparando estados de la superficie del grano. Para ello se empleó el histograma de una imagen digital de la superficie proyectada en niveles de gris.

La clasificación de los granos se realizó a partir de la comparación entre el histograma normalizado de niveles de gris del grano a clasificar, y los histogramas normalizados de niveles de gris correspondientes a cuatro categorías de estados de grano conformadas manualmente por inspección visual.

Un histograma normalizado es un diagrama de barras cuyas abscisas representan los niveles de grises de los píxeles de una imagen, y las ordenadas, las frecuencias relativas de los distintos niveles de grises [11]. La frecuencia relativa es la cantidad de píxeles asociados a cada nivel de gris, dividido por la cantidad total de píxel de la imagen correspondiente al área proyectada del grano.

La Figura 1 ilustra el histograma de un grano de lenteja en tonos de grises donde no se tienen en cuenta los píxeles del fondo.

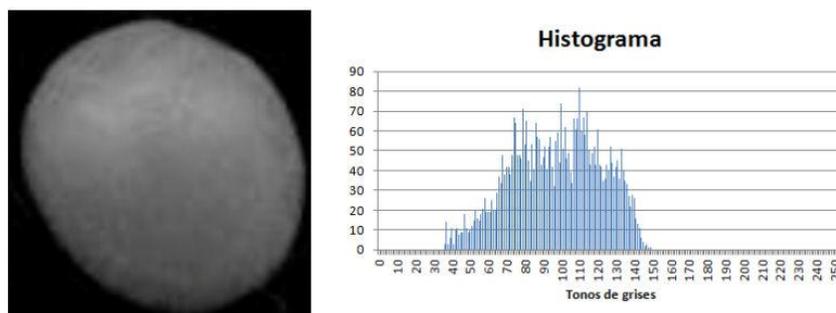


Figura 1: Grano de lenteja con su histograma

El análisis visual de una muestra de granos, permite conformar cuatro categorías de estado del grano de lenteja

Granos oscuros: granos-dañados por el calor. Tienen una coloración rojiza - marrón oscuro o están ennegrecidos o quemados en los casos graves.

Granos partidos: granos divididos por la mitad a lo largo de su sección mayor, muestran una superficie interior plana y presentan una coloración uniforme-

Granos decolorados: granos de una tonalidad mucho más clara que el promedio.

Granos normales: son granos ¿enteros? que presentan una coloración uniforme y homogénea

La Figura 2 muestra las imágenes en niveles de gris de las cuatro categorías de estado del grano de lenteja junto a sus histogramas correspondientes, que fueron empleados como patrones en el proceso de comparación para la clasificación de los granos.

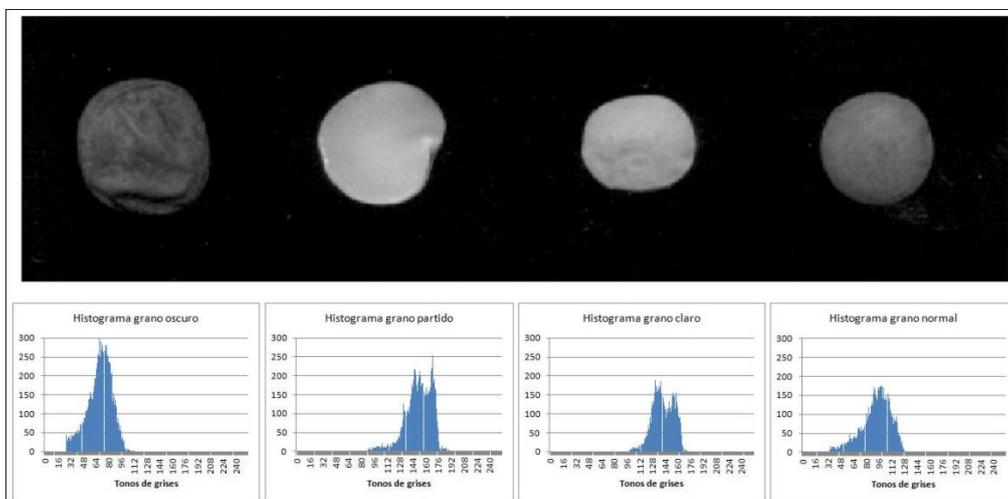


Figura 2: Grano oscuro, partido, decolorado y normal y sus respectivos histogramas

La muestra de cada categoría se conformó con treinta granos extraídos de un paquete comercial, seleccionados a partir de su apariencia visual. Los histogramas patrones normalizados se obtuvieron como promedios de los correspondientes a los granos de cada categoría.

2.1 Adquisición de las imágenes.

Para la adquisición de las imágenes de los granos de lenteja se empleó un escáner Hewlett Packard G3110. Los granos se distribuyeron sobre la bandeja del escáner cuidando de que los mismos no estén en contacto entre sí. Los granos de la muestra fueron escaneados con una

resolución de 200 pixeles por pulgada y las imágenes color obtenidas fueron procesadas con Matlab.

2.2 Procesamiento de las imágenes.

Una vez obtenidas las imágenes de los granos de cada categoría, para cada una de ellas se realizó la secuencia de operaciones detallada en la Figura 3.

La imagen color se convirtió en tonos de grises y con el umbral adecuado se binarizó la imagen con fin de separar los objetos presentes del fondo de la misma.

La imagen binarizada presenta, además de la superficie proyectada de los granos, la correspondiente a diferentes impurezas que son propias de registro de imágenes con un escáner y deben ser removidas de la misma. Para ello se determinaron las áreas proyectadas de todos los objetos de la imagen, se las promedió y se removieron aquellos objetos cuyo valor del área era inferior al 5% del valor promedio.

Esta imagen binarizada cuyos elementos son unos (correspondiente a los objetos) y ceros (valor de fondo) se multiplica por la imagen en tonos de grises original para eliminar los elementos no deseados de modo que aquellos objetos identificados en la imagen se corresponden con los granos a procesar para obtener sus histogramas.



Figura 3: Secuencia de procesamiento de la imagen??

La diferencia de tamaño de los granos de una muestra no permite comparar sus histogramas, por ello, fue necesario normalizarlos y tener así un histograma independiente del tamaño del grano y posibilitando la comparación entre granos de una misma clase (Figura 4). El histograma se normalizó dividiendo la frecuencia correspondiente a cada nivel de gris por la cantidad de pixeles de la superficie total correspondiente al área proyectada del grano.

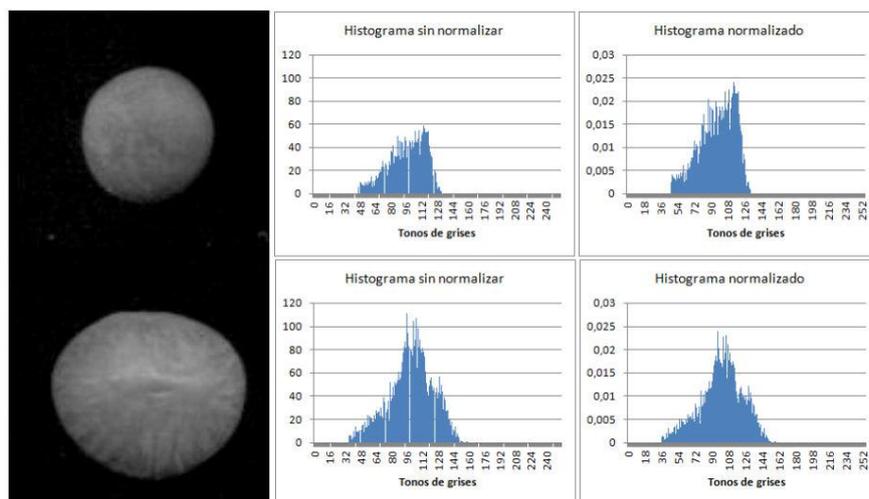


Figura 4: Granos de diferentes tamaños con sus histogramas y el histograma normalizado

Este procedimiento se realizó con cada uno de los granos correspondientes a cada categoría y luego sus valores se promediaron obteniendo el histograma normalizado representativo de la misma. La variabilidad que se observó en cada clase se tradujo como ruido en la curva promediada por lo cual debió ser suavizada tomando para cada punto de la misma, el

promedio de tres puntos de su entorno. Este histograma normalizado y suavizado y representativo de cada categoría, se considera el histograma patrón de la misma clase.

Los histogramas normalizados de los granos a estudiar se compararon con los histogramas patrones correspondientes a cada clase. La comparación se realiza a través del coeficiente de correlación Pearson. Un grano pertenece a una clase si el coeficiente de correlación es cercano a la unidad.

3. Resultados y Discusión

La Figura 5 muestra la superposición de los histogramas patrones para cada una de las cuatro clases categorías. Se puede observar que los histogramas se diferencian tanto por su rango como por su amplitud lo que permitiría asegurar que un histograma normalizado cualquiera quedará siempre próximo a un histograma determinado.

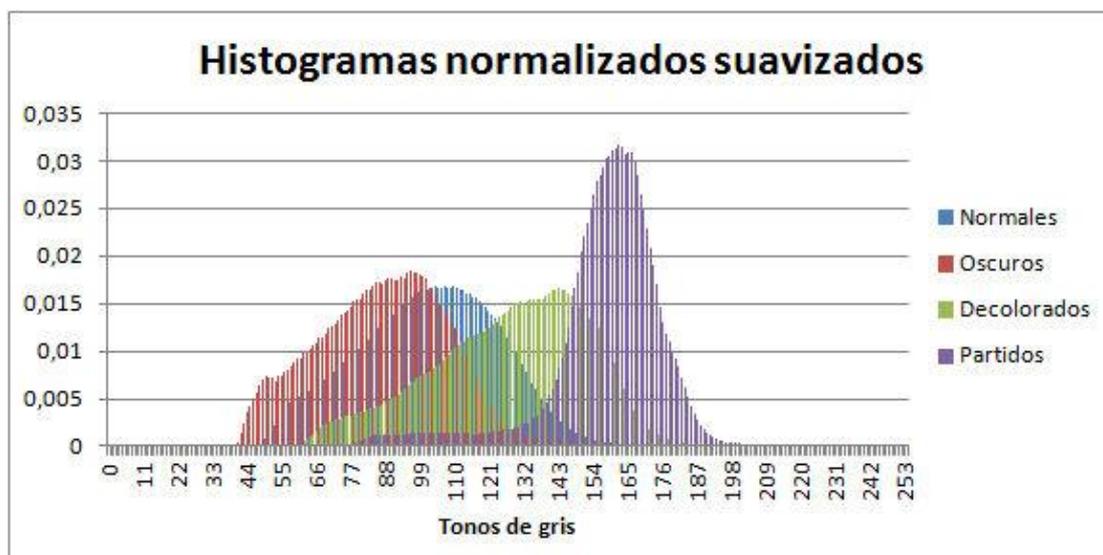


Figura 5: Histogramas normalizados para la clasificación

A fin de comparar si los histogramas patrones son diferentes, se calcularon los coeficientes de correlación entre los mismos. En la Tabla 1 se presentan los resultados y se observa que los únicos histogramas que presentan una leve similitud, son los correspondientes a los patrones de los granos oscuros y los granos normales. Los restantes son claramente diferentes entre sí. Esto asegura el criterio de clasificación

Tabla 1. Coeficientes de correlación entre clases

Clases	Oscuros	Normales	Decolorados	Partidos
Oscuros	1	0.83	0.18	-0.23
Normales	0.83	1	0.54	-0.18
Decolorados	0.18	0.54	1	0.34
Partidos	-0.23	-0.18	0.34	1

Para verificar la eficacia del método propuesto, se preparó manualmente una muestra de prueba extraída de un paquete comercial formada por 22 granos oscuros, 120 granos normales, 20 granos decolorados y 14 partidos como se muestra en la Figura 6.

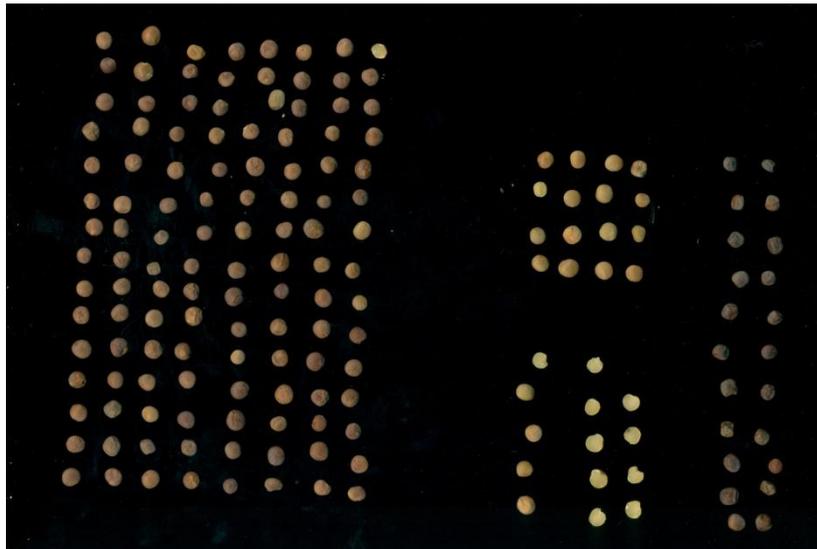


Figura 6: Muestra de granos para clasificar

La clasificación de cada grano de la muestra por PDI tiene como resultado los siguientes: 32 granos oscuros, 110 granos normales, 17 granos decolorados y 13 partidos (Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación manual y por imágenes.

Clasificación	Oscuros	Normales	Claros	Partidos
Manual	22	120	16	14
Imágenes	32	110	17	13

Las diferencias observadas entre el método de clasificación manual y el de imágenes se debe a que este último evita las subjetividades del operador para los casos de granos cuyas características se encuentran en las proximidades de los límites entre las ~~clases~~ categorías. El operador reconoce como normales a 120 granos, mientras que el método propuesto considera solo 110, reclasificando 10 granos como oscuros. La diferencia entre decolorados y partidos es 1.

4. Conclusiones y recomendaciones

El método propuesto es satisfactorio y demuestra que es capaz de reclasificar granos de forma objetiva corrigiendo de manera eficiente aquellas situaciones difíciles de clasificar para el operador y que corresponden a los casos donde los granos se encuentren en los límites difusos entre las ~~clases~~ categorías .

Si se emplea una muestra mayor de granos los histogramas patrones serán más representativos de cada clase y al realizar la clasificación los resultados serán mejores.

La técnica empleada es sencilla, rápida, objetiva y permite llevar además un registro digital de los granos de una muestra para control. También permite procesar muestras de un mayor número de granos en menor tiempo que el procesamiento manual.

El método empleado no pondera cuestiones que se relacionen con la textura del grano, ya que la herramienta empleada (histograma) no es adecuada para estos casos.

5. Referencias

- [1] DHAWAN, A.P.; BUELLONI, G.; GORDON, R. 1986. Enhancement of Mammographic Features by Optimal Adaptive Neighborhood Image Processing. *Medical Imaging, IEEE Transactions*, 5 (1), 8-15.
- [2] MUCSI, L. 2001. Characterisation of oil-industrial contamination using aerial and thermal images - EARSeL Symposium, Drezda in: *A Decade of Trans-European Remote Sensing Cooperation*, (ed: Buchroithner). Balkema, Rotterdam pp. 373-377.
- [3] CHOI, K.Y.; KIM, S.S. 2005. Morphological analysis and classification of types of surface corrosion damage by digital image processing. *Corrosion Science*, 47 (1), 1-15.
- [4] VALERA, M.; VELASTIN, S.A. 2005. Intelligent distributed surveillance systems: a review. *Vision, Image and Signal Processing, IEE Proceedings* , 152(2), 192-204.
- [5] GUNASEKARAN, S. 1996. Computer vision technology for food quality assurance. *Trends in Food Science & Technology*.7(8), 245-256.
- [6] CHENG-JIN, DU; DA-WEN, SUN. 2004. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 230-249.
- [7] ZHENG, C.; DA-WEN, SUN; ZHENG, C. 2006. Recent developments and applications of image features for food quality evaluation and inspection – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 17 (12) 642-655.
- [8] SAMPALLO G.M, ACOSTA C.A., CLEVA M.S. GONZALEZ THOMAS A.O. (2012). Determinación de las características de granos de arroz pulidos empleando procesamiento de imágenes. II Jornadas de Investigación del NEA y países limítrofes. Resistencia, Chaco.
- [9] SAMPALLO G.M, ACOSTA C.A., CLEVA M.S. GONZALEZ THOMAS A.O. (2013). Sistema experto para clasificación de granos de arroz pulidos. Congreso Argentino de Agroinformática CAI 2013. Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- [10] https://www.graintrade.org.au/sites/default/files/file/Commodity%20Standards/2013_2014/VSRG%202013.pdf. Consulta abril de 2016
- [11] DEPAOLI, R., FERNÁNDEZ, LA. DIAZ, D. (2005). Optimización de la ecualización del histograma en el procesamiento de imágenes digitales. VII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación