

**ADAPTIVE TEXTURE DESCRIPTION USING PATTERN SPECTRUM AND  
MATHEMATICAL MORPHOLOGY****MÉTODO ADAPTIVO DE DESCRIPCIÓN DE TEXTURA UTILIZANDO EL  
PATRÓN ESPECTRUM Y LA MORFOLOGÍA MATEMÁTICA**

**PhD. Albert Miyer Suarez\***, **PhD. Sir Alexci Suarez\*\***,  
**PhD(c). Maribel González Rodríguez\*\*\***

**\* Universidad de Pamplona**

Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.  
Tel.: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303, Ext. 154.  
E-mail: asuarez@unipamplona.edu.co

**\* Universidad Simón Bolívar**

Av 3, No. 13-34, La Playa, Cúcuta, Colombia  
E-mail: sasua@unileon.es

**\*\* Universidad de León**

Campus de Vegazana S/N, 24071, León, España  
Tel.: 34-627319569, E-mail: maribel.gonzalez@unileon.es

**Abstract:** Mathematical morphology has been used in many tasks in image processing, such as filtering, enhancement, and even texture description, by using the shape-size distribution called Pattern Spectrum. In this paper an adaptive texture descriptor based on the Pattern Spectrum is proposed. The structuring element used to perform the operations to compute the Pattern Spectrum varies along the texture, by means of a distance criterion, in order to fit the texture around each pixel the best possible, that our adaptive proposal performs better in a 10% the classical Pattern Spectrum.

**Keywords:** Pattern Spectrum, boar semen, texture description, granulometry.

**Resumen:** La morfología matemática ha sido utilizada en diferentes tareas de procesamiento de imágenes, como el filtrado y en la descripción de la textura, usando el método denominado patrón espectrum. En este artículo se propone un descriptor adaptivo de textura basado en el patrón espectrum. El elemento estructurante usado permite realizar operaciones para procesar el patrón espectrum en varias formas y tamaños, por medio de un criterio de distancia, el cual se adapta a la superficie de la textura alrededor de cada pixel. Los resultados de la clasificación de textura dependen del tamaño del descriptor y su elemento estructurante, logrando que el método adaptivo de patrón espectrum mejore en un 10% la tasa de acierto al compararlo con el método tradicional.

**Palabras clave:** Patrón espectrum, semen porcino, descripción de textura, granulometría.

## 1. INTRODUCCIÓN

La visión artificial ha contribuido de forma exitosa en diferentes investigaciones en el área de la medicina, logrando que la mayoría de los

diagnósticos realizados por los especialistas sean a partir de la información obtenida de una imagen. Para lograr estos resultados los sistemas son desarrollados mediante la combinación de expertos en el área de medicina (médicos, veterinarios, etc..)

e ingenieros con conocimiento en el procesamiento digital de imágenes y reconocimiento de patrones. El análisis digital de células espermáticas, clasificación y valoración es una de las áreas con mayor crecimiento, debido a que un adecuado control de calidad del esperma ayudaría a aumentar la efectividad en los procesos de inseminación artificial en porcinos.

Para llevar a cabo una valoración adecuado del esperma del porcino se deben de tener en cuenta diversos parámetros; uno de estos criterios es la valoración en función de la vitalidad espermática y estado acrosomal, los cuales permiten la clasicación de los espermatozoides en vivos o muertos, con acrosoma dañado o intacto. Esta tarea es realizada por veterinarios los cuales emplean procesos manuales, utilizando tinciones que resaltan las cabezas de ambas clases, mediante microscopios de fluorescencia. Esto tiene varios problemas, como el alto coste económico, la necesidad de personal especializado o el hecho de que depende en gran medida de la subjetividad del observador, lo cual no es deseable en actividades de control de calidad. Finalmente una muestra con un número elevado de espermatozoides muertos puede afectar la viabilidad de la fecundación. Para resolver este problema algunos investigadores han utilizado sistemas asistidos por computador (Verstegen et al., 2002), sin embargo suelen realizar sólo medidas parciales. Y las medidas morfológicas que se emplean son sencillos descriptores geométricos que no tienen en cuenta aspectos tan interesantes como la distribución de densidades intra-celulares, concepto relacionado con la distribución de texturas, ni emplean clasificadores robustos que combinando un conjunto de descriptores ofrezcan un buen resultado de asignación lo que, en este caso, equivale a un correcto diagnóstico.

Para obtener información a partir de las imágenes se deben aplicar diferentes técnicas de extracción de características; una de estas es la que se obtiene mediante la información de la textura presente en una imagen. Dentro de los métodos de textura que resaltan se encuentran: los descriptores de primer orden, los descriptores de (Haralick, 1973; Haralick et al., 1979) a partir de la matriz de coocurrencia (GLCM), momentos, la energía textural de Laws (Laws, 1980) y las técnicas en el dominio de la frecuencia (González, 2007), utilizando clasificadores mediante análisis discriminante y redes neuronales. Dentro de este ámbito algunos de los trabajos publicados se han centrado en segmentar cabezas de espermatozoides

como el presentado por González-Castro (González et al., 2008; González et al., 2009) utilizando la transformada Watershed. (Sánchez et al., 2005) propusieron métodos de clasificación basados en la distribución intracelular de las cabezas y (Alegre et al., 2009) clasifica el acrosoma de espermatozoide de porcinos mediante métodos supervisados y no supervisados. Sin embargo en diversas aplicaciones en biomedicina es necesario que las imágenes sean caracterizadas a través del tamaño medio de los objetos que las contienen convirtiéndose la caracterización de las imágenes en una tarea difícil. Para esto se aplica la Morfología Matemática que se fundamenta en la teoría de conjuntos, cuyos trabajos de investigación desarrollados por (Matheron; Serra, 1988), dieron a conocerla como una técnica no lineal de tratamiento de señales, quienes se basaron en los trabajos anteriores de Minkowski (1897-1901) y Hadwiger (1957-1959).

Estos procesos morfológicos son utilizados en aplicaciones como la segmentación, detección de bordes, análisis de textura, compresión, restauración, etc.



Fig. 1. Imágenes de vivo (izq) y muerto (der) de cabeza de espermatozoide.

Las transformaciones morfológicas se basan en la extracción de estructuras geométricas de las imágenes en los conjuntos sobre los que se opera, mediante la utilización de otro conjunto de forma conocida denominado elemento estructurante. Dentro de esta cabe resaltar la granulometría basada en la morfología matemática, y así obtener la función densidad de probabilidad de distribución de tamaños, conocida también como espectro patrón de la imagen. La cual se basa en obtener un conjunto de imágenes de apertura mediante la utilización de elementos estructurantes escalados. Así que mediante esta técnica es factible de caracterizar las imágenes en base a la forma y dimensiones de dichos objetos presentes en estas. Dentro de las áreas de la biomedicina cabe mencionar resultados aceptables en biopsias de médula ósea, células cancerosas, músculos y otros órganos con fines de diagnóstico y detección de patologías (Tomar et al., 2009; Angulo et al., 2006; Mendiola et al., 2007; Bouraoui et al., 2010).

Este trabajo consiste en comparar un método de descripción de textura adaptativo utilizando granulometría con la descripción no adaptativa, también con granulometría, con la finalidad de clasificar células (cabezas) de espermatozoides de porcino que pueden estar vivos o muertos (Figura 1).

## 2. METODOLOGÍA

En esta sección se detalla como realiza el pre-procesamiento y adquisición de las imágenes, describiendo los métodos de clasificación.

### 2.1 Captura y pre-procesamiento

Las imágenes fueron tomadas usando una cámara AVT Oscar F-810C y un microscopio de contraste de fase. Tanto la adquisición como la segmentación se realizaron según proponen (González *et al.*, 2008) las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de visión y centro de fertilización de la Universidad de León. En primer lugar se realiza una umbralización de la imagen del espermatozoide, con diferentes valores si no se satisfacen unas determinadas condiciones de superficie y excentricidad de la región segmentada. Posteriormente, siguiendo el mismo criterio, se usa la transformada Watershed con las imágenes mal segmentadas. Finalmente, las imágenes que sigan sin satisfacer las condiciones anteriores son automáticamente descartadas, de modo que no se usen en el análisis final por estar mal segmentada la región de interés (la cabeza del espermatozoide). El resultado de la segmentación es una sola cabeza con sus valores originales de nivel de gris por imagen, con el fondo negro (Fig. 2).

### 2.2 Descripción de la textura usando granulometría

Nosotros hemos usado el patrón spectrum (PS) (González *et al.*, 2009) el cual es una variación adaptiva con la distancia euclídea, con el propósito de describir la textura de las imágenes. El patrón spectrum es una función que mide el tamaño de distribución de los objetos presentes en una imagen o textura.

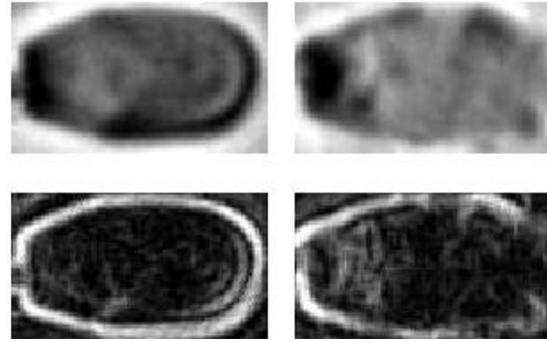


Fig. 2. Nivel de gris (izq) e imágenes filtradas (der).

Diferentes autores han dado varias definiciones sobre el patrón spectrum y, también, diferentes métodos para su cálculo. En este trabajo hemos usado el método llamado Blanket (Tomar *et al.*, 2009) debido a que ha sido el más eficiente. De acuerdo a este método, los  $n$ -th valores de la PS se pueden calcular realizando una dilatación y erosión de la imagen original con elemento estructurante de tamaño  $n$ , y tomando la diferencia de los puntos algebraicos entre ambos resultados (Ecuación 1 y 2).

$$PS_{f,g}(n) = A[f \oplus ng - f \ominus ng] \quad (1)$$

Y normalizando:

$$PSNorm_{f,g}(n) = \frac{PS_{fg}(n)}{\sum_{xy} f} \quad (2)$$

Note que las operaciones son la dilatación y erosión de la imagen  $f$  con el elemento estructurante  $g$ , respectivamente. En otro orden, un elemento estructurante con tamaño  $n$  y la misma forma con  $g$  es obtenido haciendo dilataciones sucesivas (Ecuación 3).

$$ng = g \oplus g \oplus \dots \oplus g \quad (3)$$

En otro orden para hacer las dilataciones y erosiones es necesario calcular el patrón spectrum mediante un elemento estructurante con una forma definida. Nuestra propuesta es encontrar el elemento estructurante que mejor se adapte a la superficie de la textura de cada pixel. Donde  $g$  es el elemento estructurante el cual tiene su origen en el punto  $(x, y)$ , y es llamado  $Supp_g$ . Mientras que  $d$  es la distancia métrica.

En este trabajo se ha usado la distancia euclídea y  $\theta$  es una constante. Los puntos de  $Supp_g$  son hechos de los elementos  $(x_s, y_s)$  (Ecuación 4).

$$Supp_g = \{[x_s, y_s]; d([x_s, y_s, I(x_s, y_s)], \dots, [x, y, I(x, y)]) \leq \theta\} \quad (4)$$

Cada valor PS(n) del método propuesto adaptivo es comparado con el método clásico PS, ambos usando los puntos del elemento estructurante de la ecuación 4 con  $\theta = n$ .

### 3. EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

En esta sección nosotros hemos comparado el método de descripción de textura adaptivo y no adaptivo. Se ha utilizado este método para describir la textura de las cabezas de espermatozoides de semen de porcino clasificándolas de acuerdo a su vitalidad. El conjunto de datos contiene 845 imágenes: 470 vivos y 375 de células muertas.

La clasificación fue por medio de una red neuronal *Back-propagation* con una capa oculta y una función de transferencia simoidal en la capa oculta y de salida. La capa oculta tiene 2 nodos, y la red ha sido entrenada durante 400 ciclos. Los datos fueron normalizados con media de cero y desviación estándar igual a uno. Como el conjunto de datos no es muy grande, la clasificación ha sido desarrollada utilizando validación cruzada de 10-fold. Los resultados de este conjunto de 10 clasificaciones dan un valor más acertado en los efectos de clasificación.

Tanto el método adaptivo y no adaptivo del patrón de spectrum han sido extraídos de las imágenes originales y filtradas. Cada cabeza ha sido caracterizada por medio de 4 vectores con características diferentes. La Tabla 1 muestra el porcentaje obtenido usando cada vector, y con diferentes escalas y longitudes del patrón spectrum o valores  $s$  constantes.

Durante años la comunidad científica ha afirmado que es mejor utilizar e ilustrar el desempeño del clasificador mediante un análisis ROC, ya que es una herramienta más poderosa (Angulo *et al.*, 2003), por eso se han utilizado para obtener el área bajo la curva (AUC) calculado y comparando ambos métodos (tabla 1 y 2).

Tabla 1: Tasa de acierto del método adaptivo y no adaptivo con las imágenes originales y filtradas.

$s$	Nivel de gris		Filtro de rango	
	PS	PS Adapt.	PS	PS Adapt.
5	74.47	75.88	79.01	70.96
10	73.90	77.10	81.66	82.69
15	73.98	77.17	82.92	84.32
20	73.80	77.83	83.22	83.68

Tabla 2: Tasa de acierto del método adaptivo y no adaptivo con las imágenes originales y filtradas.

$s$	Nivel de gris		Filtro de rango	
	PS	PS Adapt.	PS	PS Adapt.
5	0.751	0.805	0.836	0.713
10	0.736	0.820	0.889	0.893
15	0.752	0.818	0.899	0.917
20	0.751	0.819	0.898	0.923

De acuerdo a estos resultados, ambos descriptores tienen tasas de errores un poco altas cuando son extraídos de las imágenes originales con nivel de gris, mientras que con las imágenes filtradas el error disminuye. Cuando clasificamos el patrón spectrum con una longitud de 20, en las imágenes filtradas la tasa de acierto es un 10% más alta que cuando lo aplicamos a las imágenes originales. Esta diferencia es aun más alta cuando realizamos un análisis ROC.

En ambos casos tanto originales como filtradas, el método adaptivo obtiene mejores resultados que el original, especialmente con valores  $s$  mayores 10. Si volvemos a analizar mediante el análisis ROC obtenemos resultados aun más claros.

El análisis ROC claramente muestra que el método adaptivo PS es el mejor método combinado con un filtro de textura de rango aplicado a las imágenes, obteniendo un AUC de 0.92 siendo este método inferior a 0.90. Esta diferencia es más alta cuando los valores de  $s$  aumentan.

### 4. CONCLUSIONES

En este artículo se ha revisado los conceptos básicos de la morfología matemática y sus operaciones en imágenes en escala de grises, caracterizando la textura mediante el patrón spectrum. También se ha propuesto un método adaptivo que describe la textura basado en la morfología matemática el cual se adapta a la

textura sin tener un conocimiento anterior de las características. El método consiste en capturar un elemento estructurante diferente en cada píxel usando un criterio de distancia. También se ha comparado el método adaptivo con el método clásico usado para caracterizar y clasificar la textura en imágenes de espermatozoides de porcino. Los resultados demuestran que el método propuesto funciona mejor que el método clásico, en futuros trabajos se calculara el tamaño de los texels en la textura.

## REFERENCIAS

- Verstegen, J., Iguer-Ouada, M. y Onclin, K. (2002) "Computer assisted semen analyzers in andrology research and veterinary practice". *Theriogenology*, Vol 57, pp. 149-179.
- Haralick, R M. (1979). "Statistical and Structural Approaches to Texture". *Proceedings of the IEEE*, Vol. 67, pp. 786-804.
- Haralick, R. M., Shanmugam, K. y Dinstein, I. (1973). "Textural features for image classification". *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-3, pp. 610-621.
- Laws, K I. (1980). "Rapid texture identification. In SPIE". *Image Processing for Missile Guidance*, Vol. 238, pp. 376-380.
- Gonzalez, M., Alegre, E., Alaiz, R. y Sanchez, L. (2007) "Acrosome integrity classification of boar spermatozoon images using dwt and texture descriptors". *Computational Vision and Medical Image Processing: VipIMAGE* pp. 165-168.
- Gonzalez, V., Alegre, E., Morala-Argüello, P y Suárez, S.A. (2008). "Segmentación de cabezas de espermatozoides de verraco mediante combinación de umbralización y transformada Watershed". *XXIX Jornadas de Automática*.
- Gonzalez, V., Alegre, E., Morala-Argüello, P y Suárez, S.A. (2009). "A combined and intelligent new segmentation method for boar semen based on thresholding and watershed transform", *International Journal of Imaging*, S09, pp. 70-80.
- Sánchez, L., Petkov, N y Alegre, E. (2005) "Classification of boar spermatozoid head images using a model intracellular density distribution, in: A. Sanfeliu, M. Cortes (Eds.)". *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis and Applications*, Vol. 3773 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 154-160, Springer Berlin / Heidelberg.
- Alegre, E., Gonzalez-Castro, V., Suarez, S y Castejon, M. (2009). "Comparison of supervised and unsupervised methods to classify boar acrosomes using texture descriptors". *Proc. Int. Symp. ELMAR ELMAR '09*, pp. 65-70.
- Matheron, G. "Random sets and integral geometry," Wiley & Sons, New York, NY & al.
- Serra, J. (1988). "Image analysis and mathematical morphology, Theoretical Advances. Academic Press.
- Tomar, R., Singh, T., Wadhvani, S. and Bhadoria, S. (2009). "Analysis of breast cancer using image processing techniques, Computer Modeling and Simulation". *EMS '09. Third UKSim European Symposium*, pp 251-256.
- Angulo, J. Klossa, J. y Flandrin, G. (2006). "Ontology-based lymphocyte population description using mathematical morphology on colour blood images". *Cellular and Molecular Biology*. Vol. 52, pp. 2-15.
- Mendiola, S., Gallegos, D., Ortiz, R. y López, C. (2007). "Segmentación y análisis granulométrico de sustancia blanca y gris en irm para el estudio delestrabismo usando transformaciones morfológicas". *Rev Mex Ing Biomed*. Vol. 28, pp. 92-104.
- Bouraoui, P., Ronse, C., Baruthio, J., Passat, N. y Germain, P. (2010). "3d segmentation of coronary arteries based on advanced mathematical morphology techniques". *Comput. Med. Imaging Graph*. Vol. 34, pp. 377-387.