

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/314500970>

# Algoritmo para sexar polluelos de un día de edad aplicando patrones morfométricos y análisis de imagen

Article · October 2016

CITATIONS

2

READS

2,029

4 authors, including:



[Abraham Gastélum Barrios](#)

Anáhuac University Querétaro

13 PUBLICATIONS 268 CITATIONS

SEE PROFILE

# Algoritmo para sexar polluelos de un día de edad aplicando patrones morfométricos y análisis de imagen

Dr. Genaro Martin Soto Zarazúa<sup>1</sup>, MI. Axel Escamilla García<sup>2</sup>, Dr. Manuel Toledano Ayala<sup>3</sup> y MC. Abraham Gastéelum Barrios<sup>4</sup>

**Resumen—** Hoy en día el análisis de imagen es una herramienta ampliamente utilizada en diferentes sectores de la industria, en el caso del sector avícola se ha estado utilizando para procesos de calidad; sin embargo, dentro de las actividades de la industria de pollos de engorde y ponedoras, el sexado de los pollos de un día de edad es de los procesos más importantes, se requiere una mano de obra especializada para esta tarea e incurre en tiempos muy largos de capacitación y altos costos. Este trabajo propone un algoritmo para el sexado a través de análisis de imagen para la identificación y selección de patrones morfométricos presentes en las plumas primarias y secundarias del ala de los pollos de un día de edad, facilitando la clasificación de los mismos y asegurando la precisión del proceso en menor tiempo.

**Palabras clave:** Sexado de polluelos, Patrones morfométricos, Visión por computadora

## Introducción

La industria de aves de corral ha presentado durante un largo periodo de tiempo un alto crecimiento, siendo esta cerca del 5% anualmente, en gran medida por ser uno de los tipos de carne que más consumo tiene (Somsen et al., 2004; Gerber et al, 2007), donde la producción de carne en comparación con la producción de huevo es mayor (Yegani, 2009). Con la constante presión de satisfacer la demanda se ha visto la necesidad de buscar nuevas tecnologías, métodos y operaciones más eficientes en la producción, procesamiento y comercialización de pollos de corral para asegurar un suministro constante (Ketelaars et al., 1982). Dentro de los procesos del sector avícola que permiten aumentar la productividad está la efectividad del proceso de selección entre pollo macho y hembra, sobre todo para la industria del huevo comercial donde el interés está en la identificación de las ponedoras ya que el pollo macho no tiene valor comercial, sin embargo, para el caso de los pollos de engorde a menudo también son sexados (Glatz, 2013). Es por ello que se han realizado grandes esfuerzos de investigación teórico y prácticos para detectar el sexo de los pollos de un día de edad.

Anteriormente se utilizaban tres métodos en la determinación del sexo, el apareamiento cruzado vinculados con el sexo, el autosexado por medio de razas o variedades como el sexado a través de la pluma, y el de cloaca (Taylor, 1949). Hoy en día tanto para la industria de engorde como para la de ponedoras, los métodos que más se utilizan son los que se basan en la determinación de diferencias anatómicas como lo son el de la cloaca o método japonés, y el sexado a través de las plumas primarias y secundarias del ala de los pollitos (Jones et al., 1991). Cabe mencionar que, aunque se han propuesto otros métodos de sexado que se realizan a través de la detección de estrógenos en comparación con andrógenos en huevos incubados, el análisis citogenético microscópico de cromosomas, la ecografía *in ovo*, el latido de corazón del embrión y la variación de la temperatura durante la incubación, estos requieren material y mano de obra especializada, siendo poco práctico y económico para su uso en la industria (Yilmaz-Dikmen y Dikmen, 2013). Siendo el método a través de las plumas del ala el más fácil de realizar (Jones et al., 1991) y con mayor potencial para el desarrollo de nuevas tecnologías que hagan esta tarea con mayor precisión. El sexado por medio de las plumas del ala se realiza gracias al gen de crecimiento lento ligado al sexo (K) y al de crecimiento rápido (K+), es decir, los genes son los responsables de la tasa de crecimiento de las plumas en los polluelos. Para el caso de los pollos hembra el crecimiento de las plumas primarias es más rápido que la de las secundarias, y para el pollo macho las plumas primarias por lo general tienden a ser más cortas que las secundarias debido a un crecimiento más lento o llegar a ser casi de la misma longitud (Wilson et al., 2001; Dakpogan et al. 2012; FAD PReP, 2013; Khosravinia y Manafi, 2016).

El método de sexado por plumas y el de cloaca se realiza por expertos, además es un proceso manual que conlleva una capacitación extenuante que al cabo de cierto tiempo puede presentarse cansancio por la monotonía de ésta actividad y por ende la precisión del sexador puede verse afectada (Kim et al., 2015). Es por ello que el objetivo

<sup>1</sup> El Dr. Genaro Martin Soto Zarazúa es profesor investigador en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro. soto\_zarazua@yahoo.com.mx (autor correspondiente)

<sup>2</sup> El MI. Axel Escamilla García es investigador adjunto en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro. escamilla1414@gmail.com

<sup>3</sup> El Dr. Manuel Toledano Ayala es profesor investigador en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro. toledano@uaq.mx

<sup>4</sup> El MC. Abraham Gastéelum Barrios es Director General de Ecoagronegocios S. de R.L. de C.V. contacto@ecoagronegocios.mx

de este trabajo es presentar una nueva propuesta de un algoritmo que identifica los patrones morfométricos en las plumas del ala de los pollos con un día de edad para determinar el sexo a través de análisis de imagen.

### **Análisis de Imagen en el sexado de pollos de un día de edad**

El análisis de imagen es una disciplina que estudia teorías, técnicas y herramientas relacionadas con el análisis de datos sensoriales, generando descripciones simbólicas de esos datos para poder realizar conclusiones, es decir, es un procedimiento que tiene como objetivo procesar, identificar e interpretar automática o semiautomática los aspectos más importantes presentes en una imagen digitalizada. Además, se puede considerar que el procesamiento digital de imágenes está dentro del concepto de análisis de imágenes, siendo éste una de las etapas principales de los sistemas de visión por computadora (Rodríguez Morales y Sossa Azuela, 2012).

La visión por computadora se ha convertido en una tecnología prometedora para los procesos de producción, dado que la mayoría de las tareas de inspección son muy repetitivas, monótonas, y su eficacia depende de la eficiencia de los inspectores. En el sector avícola existen muchos factores presentes en las aves, como el tamaño, dimensiones, orientación, forma, color y textura a tener en cuenta para su aplicación, es por ello que, en el ámbito industrial, las actividades de inspección y/o selección se deben de llevar a cabo mediante la medición y comparación de la geometría espacial con patrones conocidos, es decir, patrones de reconocimiento espaciales (Park et al., 2002). Actualmente se han investigado ciertas aplicaciones de esta tecnología como en la detección de fertilidad de los huevos para incubar y en la identificación de partes del cuerpo de los pollos de corral en la línea de procesamiento, sin embargo, el proceso de análisis de este tipo de imágenes requiere de tareas computacionales intensivas, por lo tanto, resulta propicio la utilización de las propiedades intrínsecas del objeto (Park et al., 1998) también conocidas como morfométricas (Park et al., 1998). El sistema de visión por computadora por lo regular está constituido por una fuente de luz, una cámara y software para el procesamiento y análisis de imágenes, donde la visión por computadora no sólo se limita a imágenes en color donde las escenas se analizan en el rango visible (VIS), sino también, son capaces de inspeccionar objetos en la luz imperceptible para los seres humanos tales como la luz ultravioleta (UV), la de infrarrojo cercano (NIR) e infrarroja (IR) (ElMasry y Nakauchi, 2016).

Uno de los pasos más importantes en la aplicación de la visión por computadora y análisis de imagen es la segmentación de la imagen. La cual consiste en la clasificación en diferentes partes de una imagen y su correspondiente separación en diferentes regiones, siendo la umbralización una de las técnicas de segmentación más utilizadas, ya que permite un espacio de almacenamiento más pequeño, un rápido procesamiento y facilidad en la manipulación (Chakrawarty y Bhatnagar, 2016), además de tener varias aplicaciones, tales como la mejora de imagen, reconocimiento de formas, reconocimiento de textos y detección de objetos (Xiao et al., 2014). En el proceso de umbralización de la imagen se selecciona un valor umbral y debido a que la umbralización puede convertir las imágenes en escala de grises en valores binarios los píxeles en la imagen se clasifican en fondo u objetos de acuerdo a sus valores (Guo et al., 2014).

#### **Algoritmo para sexar pollos de un día de edad**

Como se ha mencionado, el método de sexado es muy importante en los procesos del sector avícola, específicamente para la industria de pollos de engorde y ponedoras, además el análisis de imagen como una herramienta para identificar el sexo de los pollos de un día de edad es una propuesta interesante, ya que las ventajas de un sistema de visión por computadora permitirían aumentar la eficiencia dentro de los procesos de este sector. Sin embargo, la técnica de segmentación de imagen para el correcto sexado de los pollos se verá influenciada por el método de sexado que se pretenda utilizar. Es por ello que la intención de este documento es la propuesta de un algoritmo para sexar pollos mediante las plumas del ala, con el fin de determinar los patrones diferenciadores morfométricos de acuerdo al sexo de los pollos con un día de edad. Para la segmentación de imagen se propone utilizar una umbralización automática a través del método de Otsu, donde el umbral es considerado como el valor que permite la separación de la imagen en dos clases  $C_0$  y  $C_1$ , es decir, el objeto y el fondo (Pai et al., 2010), buscando maximizar el cociente entre la varianza entre clases  $\sigma_B^2$  (ecuación 1) con respecto a la varianza dentro de las clases  $\sigma_W^2$  (ecuación 2), mientras mayor sea la varianza entre las clases y menor la varianza dentro de ellas, mejor será la discriminación entre los grupos presentes (Rodríguez Morales y Sossa Azuela, 2012), mostrado en la ecuación 3. Para el caso del sexado de los pollos este método de umbralización es muy útil para poder analizar las plumas primarias y secundarias del ala, ya que permite distinguirlas del resto del plumaje.

$$\sigma_B^2 = \omega_0(\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2 \quad (1)$$

$$\sigma_W^2 = \omega_0\sigma_0^2 + \omega_1\sigma_1^2 \quad (2)$$

$$\eta = \max \frac{\sigma_B^2}{\sigma_W^2} \quad (3)$$

Donde:

$\sigma_W^2$ : Varianza dentro de las clases

$\sigma_0$ : Varianza de la clase de objeto

$\sigma_1$ : Varianza de la de clase de fondo

$\omega_0$ : Probabilidad de la clase de objeto

$\omega_1$ : Probabilidad de la clase de fondo

$\mu_0$ : Escala de gris promedio del objeto

$\mu_1$ : Escala de gris promedio del fondo

$\mu_T$ : Escala de gris promedio de la imagen completa

El algoritmo extrae la información necesaria para el sexado de los pollos de un día de edad utilizando análisis de imagen, comienza con la captura de la imagen a través de una cámara sensible al espectro ultravioleta con el fin de facilitar el proceso de segmentación. Se segmenta la imagen a través de una operación de umbralización usando el método de Otsu. Posteriormente se extrae el esqueleto de la imagen y se recortan las zonas de interés. Finalmente se extraen las características y se clasifican. El software que se utilizó para el proceso de análisis de imagen fue MATLAB®. En la Figura 1 se puede apreciar un diagrama de flujo del proceso para el sexado de los polluelos.

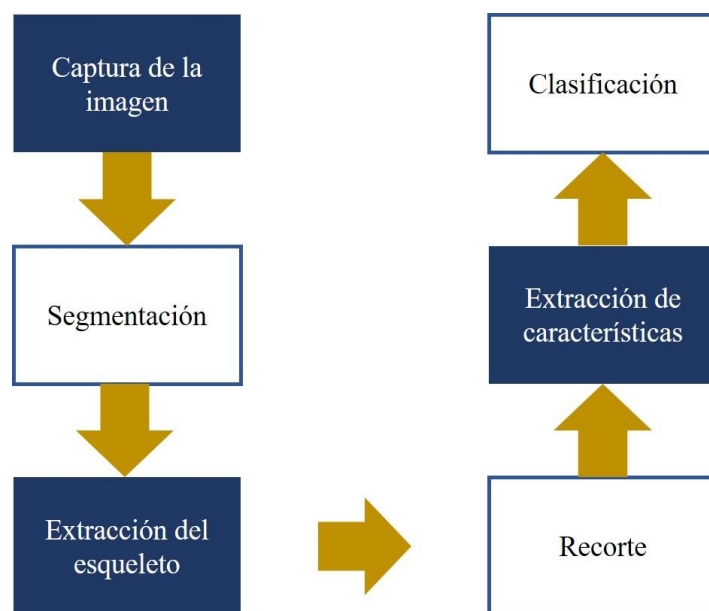


Figura 1. Diagrama de flujo para el proceso de sexado.

En el proceso de segmentación se obtiene una imagen binaria de la zona de interés, es decir, las plumas primarias y secundarias. Para la extracción del esqueleto se reducen las líneas de cada una de las plumas mediante operadores morfológicos que se obtienen de un algoritmo de adelgazamiento con una tendencia al infinito, con la finalidad de obtener líneas de un pixel de ancho, además, para asegurar que la línea sea constante se aplica otro operador morfológico llamado *bridge* para reconstruir la imagen, sólo si se llegara a presentar el caso de que la línea se interrumpiera.

Una vez obtenidas las líneas se procede al conteo de objetos, donde se etiquetan las líneas para facilitar la caracterización de propiedades del ala que se calcula a partir del perímetro de cada línea. Para eliminar las espuelas que se pudieran formar en las puntas de las líneas se utiliza otro operador denominado *spur*. Finalmente se

determinan las coordenadas de los puntos máximos de cada una de las líneas que conforman las plumas primarias y secundarias del ala.

Procesada la imagen se prosigue con la determinación del patrón que se utilizará para el sexado de los pollos de un día de edad, el cual se basa en el crecimiento rápido de las plumas primarias con respecto las secundarias de los pollos hembra y el crecimiento lento de las plumas primarias con respecto las secundarias del pollo macho. Las características que se proponen son la media de la diferencia de longitud en pixeles entre las plumas primarias y secundarias de los polluelos macho y hembra respectivamente (ecuación 6), y el área en pixeles (ecuación 8) formada al unir los puntos extremos de cada una de las plumas del ala del pollo (ecuación 7) y del punto máximo de la primera pluma con el punto máximo de la última pluma, como se puede observar en la Figura 2. Los puntos extremos se obtienen a través de un algoritmo que identifica las coordenadas (x, y) de cada extremo de las plumas, para facilidad de manejo de datos solo se consideran las coordenadas y.

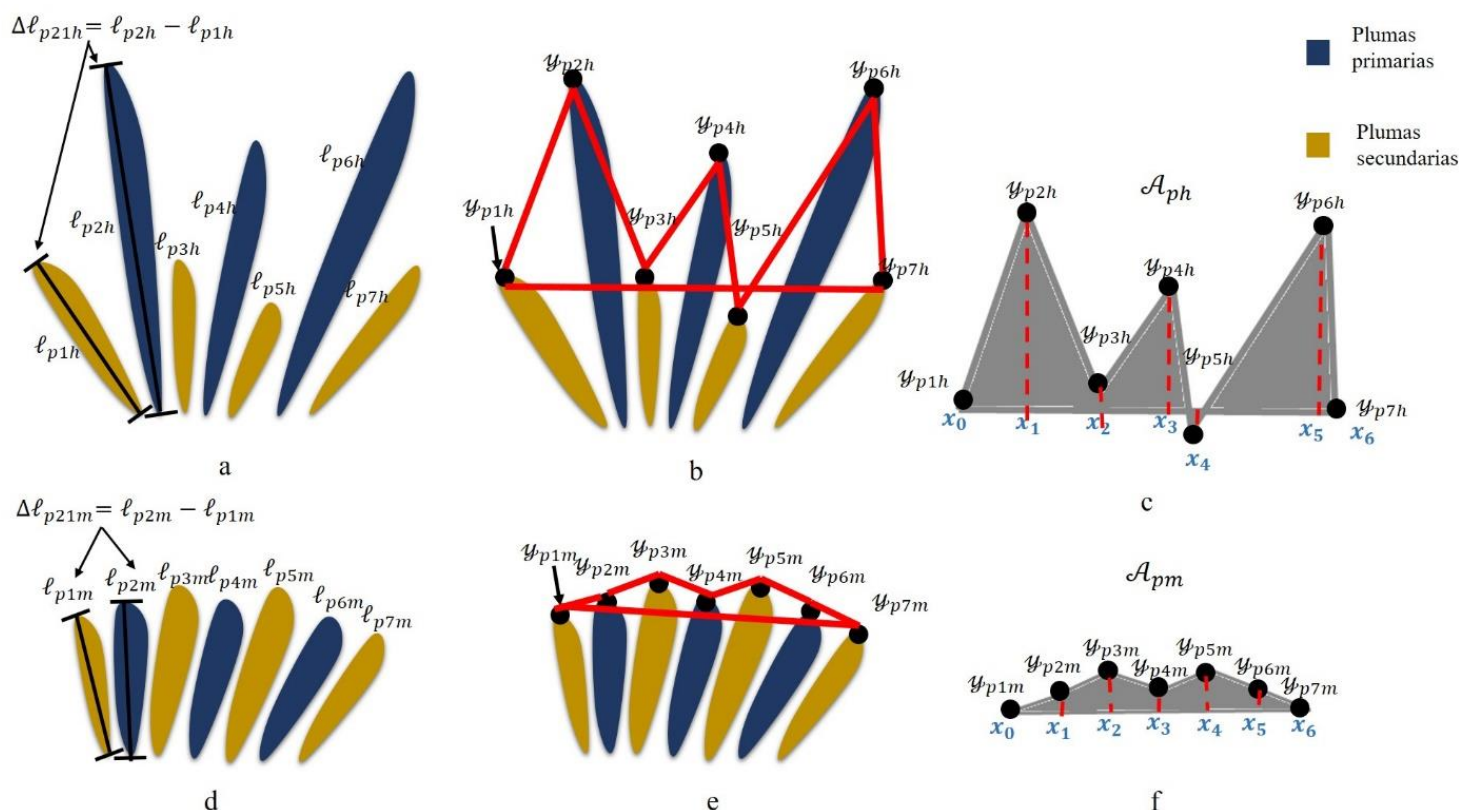


Figura 2. Determinación del área en pixeles formada a través de las plumas en pollos de un día de edad.  
a Longitud en pixeles de las plumas primarias y secundarias del ala del pollo hembra de un día de edad ( $\ell_{pnh}$ )  
b Representación del proceso para sacar el área que se forma al unir los puntos máximos de las plumas primarias y secundarias del pollo hembra de un día de edad ( $y_{pnh}$ )  
c Área total en pixeles del ala del pollo hembra de un día de edad ( $A_{ph}$ )  
d Longitud en pixeles de las plumas primarias y secundarias del ala del pollo macho de un día de edad ( $\ell_{pnm}$ )  
e Representación del proceso para sacar el área que se forma al unir los puntos máximos de las plumas primarias y secundarias del pollo macho de un día de edad ( $y_{pnh}$ )  
f Área total en pixeles del ala del pollo macho de un día de edad ( $A_{pm}$ )

La longitud de las plumas primarias y secundarias esta expresada por (4), donde  $\ell_{pnh}$  representa la longitud en pixeles de la pluma “n” del pollo hembra, y  $\ell_{pnm}$  es la longitud en pixeles de la pluma “n” del pollo macho; siendo “n” el número de la pluma del ala del polluelo.

$$\ell = \begin{cases} \ell_{pnh} \\ \ell_{pnm} \end{cases} \quad (4)$$

La diferencia de longitud en pixeles entre las plumas primarias y secundarias de los pollos macho y hembra se calcula restando la longitud de la pluma primaria o secundaria  $\ell_{p_{n+1}}$  con  $\ell_{p_n}$ , el resultado será la diferencia de longitud en pixeles en valor absoluto.

$$\Delta \ell_{p_{ji}} = \begin{cases} |\Delta \ell_{p_{jih}}| = \ell_{p_{n+1}h} - \ell_{p_nh} \\ |\Delta \ell_{p_{jim}}| = \ell_{p_{n+1}m} - \ell_{p_nm} \end{cases} \quad (5)$$

$i = n$   
 $j = n+1$

Con  $\Delta \ell_{p_{ji}}$  de cada pareja formada por las plumas primarias y secundarias se obtiene la media de las diferencias de las longitudes de las plumas del ala del pollo hembra y macho, expresado por:

$$m\Delta \ell = \begin{cases} m\Delta \ell_h = \frac{|\Delta \ell_{p_{21}h}| + |\Delta \ell_{p_{32}h}| + |\Delta \ell_{p_{43}h}| + \dots + |\Delta \ell_{p_{jh}h}|}{N} \\ m\Delta \ell_m = \frac{|\Delta \ell_{p_{21}m}| + |\Delta \ell_{p_{32}m}| + |\Delta \ell_{p_{43}m}| + \dots + |\Delta \ell_{p_{jm}m}|}{N} \end{cases} \quad (6)$$

$i = n$   
 $j = n+1$

N= número total de plumas primarias y secundarias en el ala del polluelo

Los puntos máximos son las coordenadas en pixeles de “y” de las puntas de las plumas primarias y secundarias, donde:

$$y = \begin{cases} y_{pnh} \\ y_{pnm} \end{cases} \quad (7)$$

Por lo tanto, el área resultante de la unión de cada uno de los puntos máximos de las plumas se calcula a través de integrales definidas de funciones lineales a trozos, dada por (8).

$$A_p = \int_{x_0}^{x_n} f(x)dx \quad (8)$$

Dada la función

$$f(x) = \begin{cases} f_1(x); & \text{si } x_0 < x \leq x_1 \\ f_2(x); & \text{si } x_1 < x \leq x_2 \\ f_3(x); & \text{si } x_2 < x \leq x_3 \\ f_4(x); & \text{si } x_3 < x \leq x_4 \\ f_5(x); & \text{si } x_4 < x \leq x_5 \\ \vdots & \vdots \\ f_n(x); & \text{si } x_{n-1} < x \leq x_n \end{cases}$$



Donde:

$$A_p = \begin{cases} A_{ph} \\ A_{pm} \end{cases} \quad (9)$$

Con el área en píxeles y la media de la diferencia de longitud en píxeles entre las plumas primarias y secundarias de los polluelos macho y hembra, se procede al sexado el cual se basa en parámetros obtenidos de un análisis discriminante. Donde a través de una prueba F entre las desviaciones estándar de las medias de  $m\Delta\ell_h$  y  $m\Delta\ell_m$ , y  $A_{ph}$  y  $A_{pm}$  se puede verificar si las variables son significativamente distintas y, además con una prueba t de Student para muestras independientes corroborar si los valores tienen un comportamiento normal.

### Conclusiones

El análisis de imagen en el sector avícola es ampliamente utilizado, sin embargo, en la industria de los pollos de engorde y ponedoras esta herramienta es utilizada para aspectos de calidad del producto, donde en ambos casos es muy importante el proceso de sexado, actividad la cual se sigue realizando a través de sexadores expertos que requieren una extenuante capacitación. Un sistema de visión por computadora para el sexado de los pollos es una alternativa muy atractiva para la industria. Permite una manipulación mínima de los pollos recién salidos del huevo evitando daños considerables en la clasificación en comparación del método de cloaca o a través de las plumas, que se realiza manualmente. Además, la precisión en el sexado no se vería afectada a causa del tiempo y la monotonía, las cuales influyen directamente en los sexadores. La capacitación de sexadores aún sigue siendo un costo considerable en el sector, ya que se necesita una cantidad considerable de mano de obra para la cantidad de pollos procesados y una alta precisión en el proceso, donde el sexado por medio de análisis de imagen permite la automatización de esta actividad ahorrando los costos de mano de obra y de capacitación.

El algoritmo propuesto se basa en la identificación de características morfométricas tales como la diferencia entre longitudes en píxeles de las plumas primarias y secundarias, y el área en píxeles formada a través de los puntos máximos de las plumas, permitiendo un sexado que se puede realizar a través de diferentes técnicas como el análisis discriminante o análisis entre varianzas otorgando diferentes maneras de utilizar las variables, ya que se basan en el gen de crecimiento ligado al sexo de los pollos. En un sistema de visión por computadora el algoritmo que se presenta realizaría un sexado rápido y preciso, además al basarse en características morfométricas permite que el proceso de captura de imagen pueda hacerse a través de diferentes cámaras digitales, desde cámaras económicas hasta el uso de cámaras más especializadas como las UV que facilitarían el proceso de segmentación.

Además de las características morfométricas, sería interesante identificar otro tipo de variables como las densitométricas, con la finalidad de utilizarlas también como patrones y características de referencia para el sexado de los pollos, donde un análisis discriminante entre estas variables ayudaría a aumentar la precisión en el proceso de sexado.

### Referencias

- Chakrawarty, P. y Bhatnagar, G. 2016. Image thresholding based on local activity feature matrix. Optik. 127, 9037-9045.
- Dakpogan, H.B., Salifou, S., Aboh, A. y Chrysostome, C. 2012. Effectiveness of a sexing technique on free-range day-old chick. Journal of Animal & Plant Sciences. 16 (2), 2336-2342.
- ElMasry, G.M. y Nakauchi, S. 2016. Image analysis operations applied to hyperspectral images for non-invasive sensing of food quality-A comprehensive review. Biosystems Engineering. 142, 53-82.
- Foreign Animal Disease Preparedness & Response Plan (FAD PreP). 2013. Poultry Industry Manual. USDA & Center for Food Security and Public Health, Iowa State University of Science and Technology, College of Veterinary Medicine.
- Glatz, P. 2013. Alojamiento y manejo de las aves de corral en los países en desarrollo: Incubación y eclosión. En Revisión del desarrollo avícola (31-33). FAO.
- Guo, Y., Şengür, A. y Ye, J. 2014. A novel image thresholding algorithm based on neutrosophic similarity score. Measurement. 58, 175-186.
- Jones, P.T., Shearer, S.A. & Gates, R.S. 1991. Edge extraction algorithm for feather sexing poultry chicks. American Society of Agricultural Engineers. 34 (2), 635-640.

- Ketelaars, E.H., Flock, D.K. & Horn, P. 1982. Poultry. *Livestock Production Science*. 9, 197-215.
- Khosravinia, H. & Manaf, M. 2016. Broiler chicks with slow-feathering (K) or rapid-feathering (k+) genes: Effects of environmental stressors on physiological adaptive indicators up to 56 h posthatch. *Poultry Science*. 0, 1-7.
- Kim, S.W., Choi, J.S., Sharma, N., Ko, Y.G., Do, Y.J., Byun, M., Seong, H.H., Park, S.B. y Jeong, D.K. 2015. A novel approach for determination of chicken sexing at an early stage of development by using loop-mediated isothermal amplification method. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 39, 583-588.
- Pai, Y.T., Chang, Y.F. y Ruan, S.J. 2010. Adaptive thresholding algorithm: Efficient computation technique based on intelligent block detection for degraded document images. *Pattern Recognition*. 43, 3177-3187.
- Park, B., Chen, Y.R. y Nguyen, M. 1998. Multi-spectral Image Analysis using Neural Network Algorithm for Inspection of Poultry Carcasses. *J. agric. Engng Res*. 69, 351-363.
- Park, B., Lawrence, K.C., Windham, W.R., Chen Y.R. y Chao, K. 2002. Discriminant analysis of dual-wavelength spectral images for classifying poultry carcasses. *Computers and electronics in agriculture*. 33, 219-231.
- Rodríguez Morales, R. y Sossa Azuela, J.H. 2012. *Procesamiento y Análisis Digital de Imágenes*. México D.F.: Alfaomega, 19-33.
- Somsen, D., Capelle, A. y Tramper, J. 2004. Production yield analysis in the poultry processing industry. *Journal of Food Engineering*. 65, 479-487.
- Taylor, L.W. 1949. Sexing of Poultry accurate identification at hatching possible by visible effects of heritable characters. *California Agriculture*. 3(11), 6-14.
- Wilson, H.R., Mather, F.B. y García, J.C. Métodos de sexado en pollitos de un día de edad. Recuperado el 30 de Agosto del 2016 de: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_aves/produccion\\_avicola/36-metodos\\_sexado\\_pollitos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/36-metodos_sexado_pollitos.pdf)
- Xiao, Y., Cao, Z. y Yuan, J. 2014. Entropic image thresholding base don GLGM histogram. *Pattern Recognition Letters*. 40, 47-55.
- Yegani, M. 2009. The future of poultry science: Student perspective. *Poultry Science*. 88, 1339-1342.
- Yilmaz-Dikmen, B. & Dikmen, S. 2013. A Morphometric Method of Sexing White Layer Eggs. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 15 (3), 169-286.