

DESARROLLO DE UNA BASE DE DATOS CON IMÁGENES TERMOGRÁFICAS PARA USO EN ALGORITMOS DE VISIÓN E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Rubén Sáenz Pérez

Instituto Politécnico Nacional/Centro de Investigación e Innovación Tecnológica
rsaenzp0900@alumno.ipn.mx

Moisés Vicente Márquez-Olivera

Instituto Politécnico Nacional/Centro de Investigación e Innovación Tecnológica
mvmarquez@ipn.mx

Octavio Sánchez-García

Instituto Politécnico Nacional/Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada
osanchezg0803@egresado.ipn.mx

David Duarte de la Cruz

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco
dackmvz@hotmail.com

Resumen

El uso de imágenes termográficas para el desarrollo de bases de datos ha sido utilizada en áreas médicas principalmente en el estudio de mastitis en mujeres, en el ámbito industrial no se han desarrollado bases de datos a pesar de que la termografía tiene mayor aplicación en este ámbito debido a bondades que brinda la tecnología de termografía infrarroja, tanto es así que otras áreas le han abierto paso a este tipo de tecnología como es el caso de seguridad y medicina veterinaria, siendo en esta última el parte aguas del presente trabajo que tiene como objetivo el desarrollo de una base de datos de imágenes termográficas de ovinos gestantes y no gestante, brindando una herramienta para especialistas del área de computación en inteligencia y visión artificial.

Palabra(s) Clave: base de datos, termogramas, ovejas gestantes, ovejas no gestantes

Abstract

The use of thermographic images in order to the development of databases has been used in medical areas mainly in the study of mastitis in women, in the industrial field databases have not been developed despite the fact that thermography has more application in this field due to the benefits offered by infrared thermography technology, so much so that other areas have opened the way to this type of technology as the case of security and veterinary medicine, being in the latter the main topic of the present work that aims the development of a database of thermographic images of pregnant and non-pregnant sheeps, providing a tool for computer specialists in intelligence and artificial vision.

Keywords: *database, thermographic images, pregnant sheeps, non-pregnant sheeps.*

1. Introducción

La constante innovación tecnológica en dispositivos para la adquisición de imágenes digitales como: sensores eficientes energéticamente y de alto pixelaje, memorias con mayor capacidad de almacenamiento y procesadores capaces de muestrear las señales digitales más rápidamente; han permitido digitalizar con mejor fiabilidad escenas de la vida real en un instante de tiempo, haciendo posible analizar e interpretar diferentes fenómenos físicos [1-3] tales como: fracturas en materiales, evasión de obstáculos, condiciones meteorológicas, detección de lesiones, entre otros, dando lugar a una nueva línea de investigación denominada Visión Artificial (VA) enfocada en generar algoritmos para mejorar la calidad de las imágenes, segmentar características de interés y eventualmente reconocer patrones, con el propósito de hacer más eficiente el procesamiento en imágenes para la solución de problemáticas en robótica, automatización, seguridad, medicina, veterinaria, entre otras.

Las imágenes capturadas a través de estos dispositivos permiten visualizar la realidad desde distintos rangos del espectro electromagnético; la mayoría en el rango visible para el ojo humano, cuya longitud de onda va desde los 400 μm hasta los 700 μm . Sin embargó existen fenómenos que sólo pueden ser

analizados al ser observados desde otro rango del espectro electromagnético, como, por ejemplo, la radiación infrarroja que se encuentra en un rango desde los 0.7 hasta los 100 micrómetros [4], y sólo puede ser visible al ojo humano utilizando equipos de termografía infrarroja o lentes de visión nocturna. Las cámaras termográficas cuentan con algoritmos computacionales que muestrean la radiación infrarroja y posteriormente la representan dentro de una escala de temperatura, de tal forma que son capaces de focalizar y mostrar en una imagen puntos de calor; el uso de este tipo de cámaras comenzó con fines militares y posteriormente se amplió a aplicaciones industriales de mantenimiento preventivo y correctivo [5] en instalaciones mecánicas, sistemas de tuberías, instalaciones refractarias y petroquímicas, entre otras.

En el ámbito científico y tecnológico, el uso de la termografía infrarroja se ha orientado en aplicaciones veterinarias, médicas y de seguridad. Entre los trabajos desarrollados haciendo uso de la tecnología infrarroja es posible encontrar el trabajo realizado por Silva y Sequerios [6], en el cual se realizó un estudio de la inflamación que provoca la mastitis en las glándulas mamarias de las mujeres, haciendo uso de un banco de datos de imágenes termográficas utilizando la paleta de colores a escala de grises. En el ámbito veterinario el análisis térmico ha ayudado a detectar distintos padecimientos en animales a través de la interpretación de los puntos de calor obtenidos en los termogramas, entre los trabajos en esta área es posible encontrar a C. Pérez de Diego y J. Sánchez[7] que detectaron la presencia del virus serotipo 1 y virus serotipo 8 del padecimiento de la gripe de lengua azul a través de una correlación entre la temperatura rectal y la temperatura obtenida en los termogramas, M. Metzner y C. Sauter-Louis[8] analizaron con termogramas los cambios superficiales en las ubres de vacas infectadas por mastitis después de haber inducido experimentalmente la bacteria tracto intestinal *Escherichia Coli*, concluyendo que la termografía es de gran utilidad en estas aplicaciones, S. Bowers y S. Gandy [9] evaluaron con termogramas y temperatura rectal la gestación de yeguas, detectando una diferencia de temperatura entre yeguas gestantes y no gestantes, que permite su clasificación entre estos dos estados sin importar la raza y color del animal.

El presente trabajo propone la realización de un banco de datos de imágenes termográficas que han sido tratadas con un algoritmo de visión artificial, para realzar las zonas con mayor emisión de calor de la zona ventral de ovinos gestantes y no gestantes, con esta base de datos se busca brindar material de utilidad para el desarrollo y prueba de algoritmos de visión e inteligencia artificial como: reconocimiento y clasificación de patrones.

2. Métodos

Para este trabajo se han seleccionado como sujetos de estudio a 43 ovinos de la raza Dorper, obteniendo para cada uno el termograma y la imagen digital en el espectro visible en condiciones de ayuno, por medio de una cámara termográfica Flir C2 que tiene las siguientes características mostradas en la tabla 1.

Tabla1 Características de medición de la cámara termográfica FLIR C2.

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Rango espectral	7.5-14 μm .
Intervalo de temperatura del objeto	-10 °C a + 150 °C.
Resolución IR	80X60 (640 pixeles de medición)
Sensibilidad térmica	< 0.10 °C
Valores de emisividad	0.60, 0.80 , 0.95

Las características con las que cuenta la cámara FLIR C2 permiten una visualización de calor en la parte ventral del ovino durante la etapa de captura de termogramas, en la figura 1 se muestra la metodología empleada para la captura de imágenes.

La primera etapa es la selección de parámetros en la cámara que permitan una mejor captura del termograma considerando las condiciones en las que se encuentra el sujeto de estudio. Se determinó que la distancia focal que debe seleccionarse dentro de los parámetros de la cámara es de 0.25 m, debido a que las capturas de la zona ventral del animal fueron tomadas en un rango de 15 a 25 cm entre la cámara y el objeto de estudio, cabe destacar que esta última fue la distancia que experimentalmente muestra la mayor cantidad de áreas de calor en esta zona del animal.

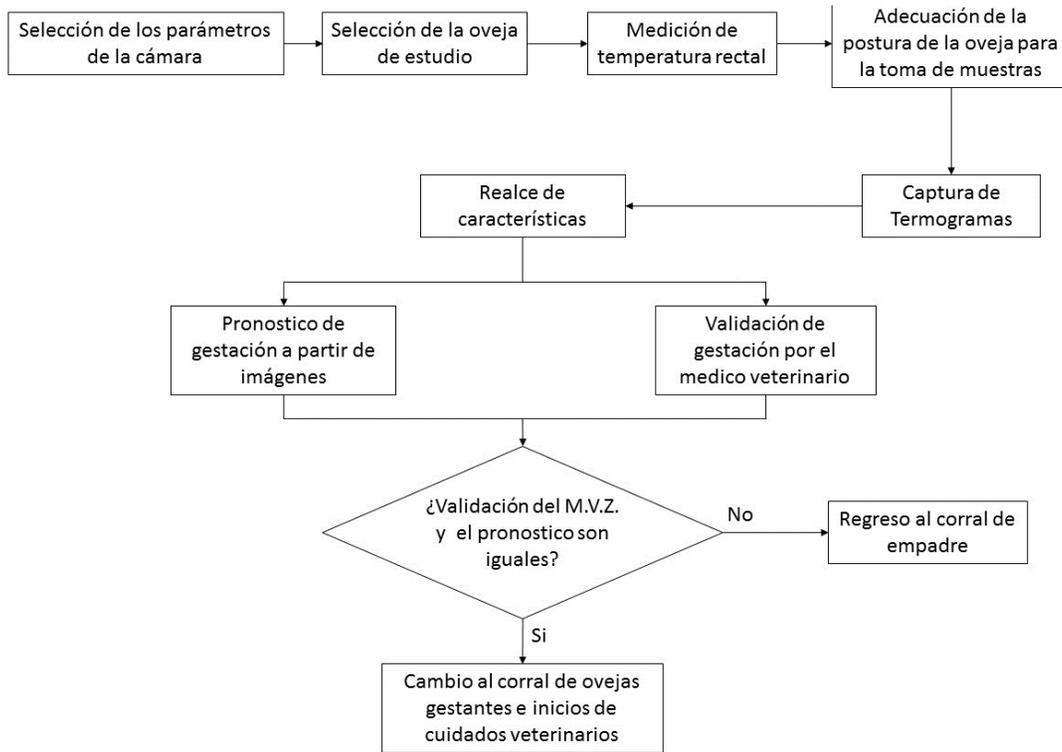


Figura 1 Metodología para captura de termogramas de ovinos gestantes y no gestantes.

El intervalo de temperatura establecido fue de 0 °C –40 °C teniendo en cuenta que los ovinos no gestantes y gestantes alcanzan una temperatura máxima en el vientre entre los 37 °C y 37.5 °C. El valor de emisividad que determina la cantidad de temperatura irradiada por el objeto de estudio, fue seleccionado de manera experimental determinando que el valor de 0.80 permite visualizar las zonas de temperatura que se usan como referencia y lo que se considera que es el feto, valores de 0.60 y 0.95 de emisividad no favorecieron al estudio. La paleta de colores seleccionada fue la Arcoíris (Rainbow), ya que permite capturar tonalidades de color mejor definidas en comparación con las otras paletas de color disponibles (Arcoíris HS, Iron, Gris) concediendo una mejor inspección y detección de las zonas analizadas, ayudando a diferenciar entre ovejas gestantes y no gestantes, en la figura 2 se muestra la comparativa de las diferentes paletas de colores con las que puede ser tomado un termograma a través de la cámara FLIR C2.

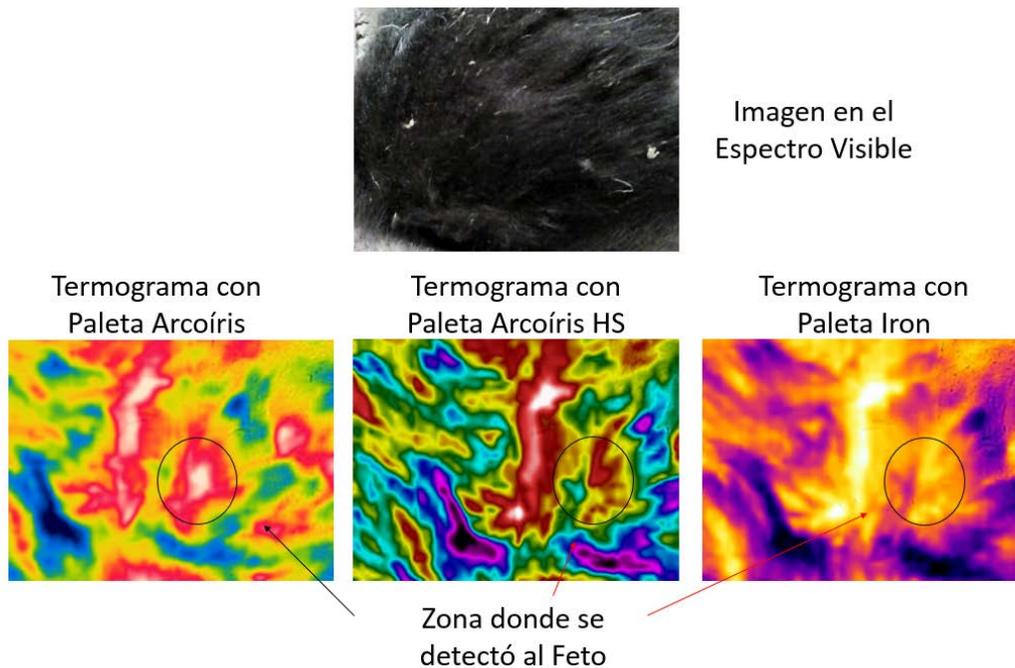


Figura 2 Comparativa termogramas con diferentes paletas de colores posibles en cámara.

Una vez que la cámara fue configurada, la segunda etapa es seleccionar al sujeto de estudio de entre el hato de ovejas que aún no se encuentren validadas como gestantes. La tercera etapa es la medición de la temperatura rectal, para posteriormente pasar a la cuarta etapa en la que se hace la adecuación de la postura del animal para posteriormente realizar la captura de los termogramas, de tal forma que se consideraron dos posturas diferentes del animal, debido a que siendo este un cuadrúpedo se dificulta la captura en la zona ventral de forma natural, por ende, se adecua la postura del ovino bajo la dirección y supervisión del veterinario para no afectar la salud del ovino. La primera postura del animal para la captura de imágenes fue colocar las patas traseras sobre el suelo y el lomo del animal recargado sobre los muslos de la persona que sostiene al ovino, sujetando las patas delanteras con las manos para mantener una postura estable. La figura 3 muestra la primera postura del animal para la captura de imágenes, donde se puede observar a la oveja mostrando la zona de interés, teniendo a las ubres como punto de referencia para realizar las muestras.



Figura 3 Adecuación de la primera postura para la captura de termogramas.

La segunda postura requirió de armar una base para realizar la captura desde la parte inferior de la oveja permitiendo una postura natural para esta. La base permitió una mejor manipulación de la oveja, evitando que se estresara durante la toma de imágenes. La figura 4 muestra a la oveja sobre la base y la manera en que la captura se realiza desde abajo, colocando la cámara en la zona ventral teniendo a la ubre como referencia al igual que en las capturas de la primera postura.



Figura 4 Captura de termogramas desde debajo de la base.

Después de la captura de los termogramas, en la sexta etapa se realizó el realce de matices por lo cual es necesario cambiar el modo de color RGB (Red, Green, Blue) al modo HSV (Hue Saturation Value) que está en función de sus componentes Matiz, Saturación y Valor [10] con el cual se obtienen tonalidades más puras de los colores a resaltar por medio de un algoritmo de acentuación de

color dejando presentes las zonas de interés. Las áreas de color rojo representan las áreas de calor puntual presentes en la parte ventral, ubre y coyunturas del ovino, en la figura 5 se muestra un termograma con el realce de las zonas de calor: a) y b) Coyunturas c) Ubre, d) Cruz del ovino, e) y f) piel sin pelaje, g) zona donde se detectó al feto.

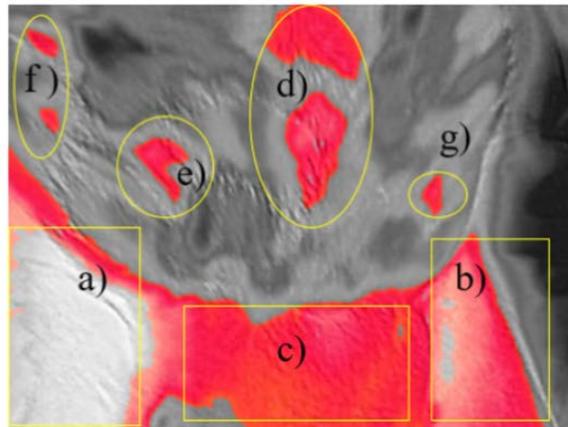


Figura 5 Acentuación de zonas de interés en el termograma.

Las acentuaciones de color mostradas en la Figura 5 corresponde a todas las zonas de calor presentes en el ovino durante la captura de los termogramas, teniendo como referencia para la captura a) y b); en el caso de e) y f) suelen ser confundidas a simple vista con la zona del feto, pero son descartadas con la inspección del veterinario. En el caso del inciso d) está presente en todas las capturas y en algunos termogramas la zona del feto se encuentra muy cercana a esta.

Las etapas 7 y 8 constan del pronóstico de gestación a partir de las imágenes termográficas y la validación de gestación por el médico veterinario. La técnica que usa el médico para evaluar al ovino es el tacto o palpación ventral hasta localizar el feto, como se observa en la Figura 6, otro factor que analiza es el tamaño de la ubre, ya que es de mayor tamaño en una oveja gestante que en una oveja no gestante. Cabe destacar que la validación de gestación es compleja ya que requiere a un veterinario con experiencia en palpación ventral y sensibilidad al tacto del vientre de estos animales.



Figura 6 Evaluación de gestación realizada por el médico veterinario.

El pronóstico se realiza a partir de la inspección con la cámara termográfica en el área ventral para localizar pequeñas zonas de calor que pueden ser interpretadas para localizar al feto, en la figura 7 se muestran las zonas de calor que capta la cámara durante la inspección para el pronóstico a partir de imágenes termográficas: a) Cicatriz umbilical, b) piel pelaje, c) Zona donde se detectó el feto, d) Pliegue entre la ubre y el vientre.

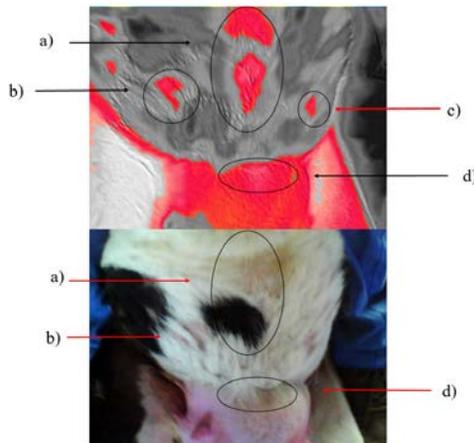


Figura 7 Zonas de calor en la parte ventral del ovino.

Como último paso de la metodología propuesta, se toma una decisión con base en el pronóstico a partir de los termogramas y la validación del médico:

- Sí ambas validaciones concuerdan en que la oveja esta gestante, esta es trasladada al corral con las demás ovejas gestantes para recibir cuidado veterinario y alimentación especial para su estado de gestación.

- En el caso de que las validaciones no concuerden, la oveja es trasladada al corral de empadre para que continúe con su ciclo estral y en algún momento ser un nuevo sujeto de estudio.

3. Resultados

Las imágenes obtenidas a durante todo el proceso contemplando las dos posiciones de captura se muestran en la tabla 2.

Tabla 2 Imágenes obtenidas durante la experimentación.

OVINOS GESTANTES			OVINOS NO GESTANTES	
Imágenes digitales en el espectro visible	Termogramas	Termogramas con acentuación de color	Imágenes digitales en el espectro visible	Termogramas
1272	1272	1272	1411	1411

El número de imágenes gestantes no está tan alejado del número de imágenes de ovejas no gestantes, tanto como imágenes digitales en el espectro visible y termogramas, en el caso de los termogramas con acentuación de color sólo fueron realizadas para las ovejas gestantes, esto debido al realce de las zonas de interés como fue mencionado anteriormente. Las características para cada imagen se muestran en la tabla 3.

Tabla 3 Características de las imágenes en la experimentación.

IMAGEN	ANCHO	ALTO	RESOLUCIÓN	FORMATO
Termograma	320 pixeles	240 pixeles	76800 pixeles	JPEG
Imagen digital	640 pixeles	480 pixeles	307200 pixeles	JPEG
Termograma con acentuación de color	1013 pixeles	752 pixeles	761776 pixeles	JPEG

Todas las imágenes poseen el mismo formato JPEG, las diferencias se mostraron en el tamaño y la resolución, teniendo con mayor resolución a los termogramas tratados, y con menor resolución a los termogramas proporcionados por la cámara termográfica. La diferencia de características visibles en las imágenes de ovejas gestantes y no gestantes es muy notoria, una comparativa de ambas imágenes se muestra en la figura 8.

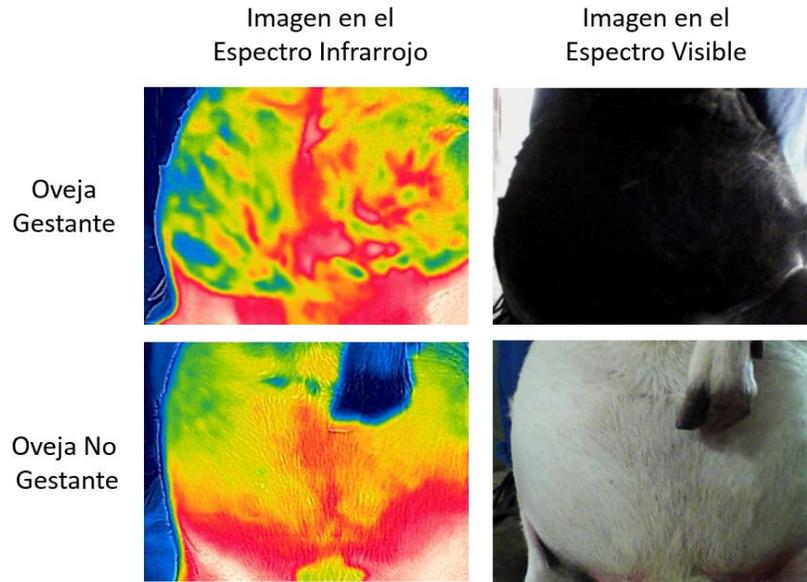


Figura 8 Comparativa imágenes de oveja gestante y no gestante adecuación de postura.

Los termogramas capturados con la primera postura son mostrados a continuación. En la Figura 8 se muestra la comparativa entre oveja gestante y no gestante en la primera posición, donde se pueden apreciar más zonas de calor presentes en la oveja gestante que, en la oveja no gestante, sin descartar las demás áreas de calor mencionadas en la figura 7.

Los termogramas capturados con ayuda de la base no muestran todas las áreas de calor (Cicatriz umbilical o pliegue entre la ubre y el vientre), incluso en la acentuación de color de los termogramas, sin embargo, es posible la visualización del feto. La figura 9 muestra termogramas capturados desde debajo de la base, y en la figura 10 se observa una comparativa de los termogramas e imágenes con acentuación de color con respecto de las dos posiciones utilizadas para las tomas. Al igual que en la primera posición, las áreas de calor presentes en una oveja gestante son muy distintas que, en una oveja no gestante, incluso la presencia de algunas como la cicatriz umbilical y el pliegue entre la ubre y el vientre, no se hacen presentes en la segunda postura. En la figura 11 se muestra una comparativa de las zonas de calor captadas durante la captura de los termogramas de la oveja en la segunda posición.

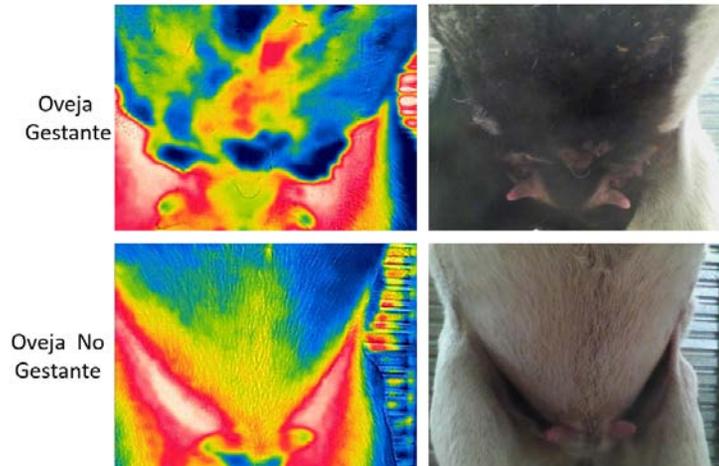


Figura 9 Imágenes de oveja gestante y no gestante (debajo de la base).

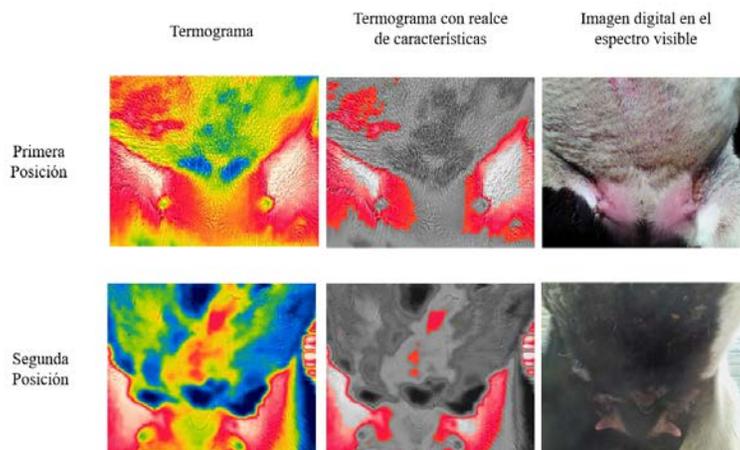


Figura 10 Termogramas con realce e imágenes en espectro visible de ovejas gestantes.

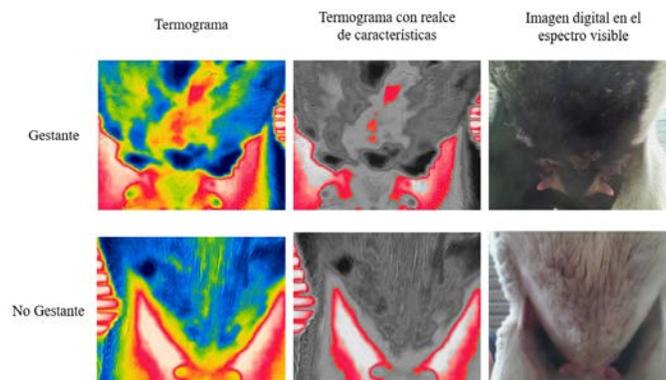


Figura 11 Comparativa de imágenes capturadas de las ovejas en la segunda posición.

Para todas las ovejas se lleva el registro de raza, edad, número de partos, y en el caso de las ovejas gestantes se registra peso y el tiempo de gestación indicado por el médico veterinario para el seguimiento de las capturas y de las ovejas. Los primeros termogramas capturados de ovejas gestantes corresponden a un tiempo de gestación de tres meses, considerando que el tiempo de gestación de una oveja es 5 meses promedio. En la figura 12 se muestra una comparativa del crecimiento de las zonas calor donde se detectó el feto.

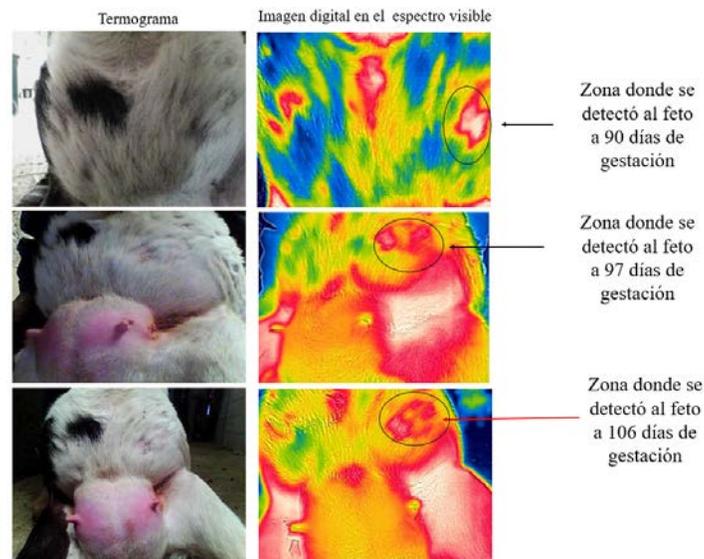


Figura 12 Comparativa del crecimiento de la zona de calor donde se detecta al feto.

4. Discusión

La cantidad de imágenes obtenidas brindan información para el desarrollo de una base de datos, teniendo dos clases, positivos y negativos de ovejas en el tema de gestación, tomando en cuenta la morfología de la tonalidad de color rojo que representa el área con mayor temperatura en la zona ventral del ovino, considerando, por validación veterinaria que es el lugar donde se encuentra el feto.

El realce de tonalidad propuesto en consideración del canal Hue, en el modo de color HSV, permite segmentar concretamente a las zonas cálidas en donde se encuentra nuestro objeto de principal interés, un feto, con referencia a los pliegues de las patas traseras y la ubre del ovino.

Como trabajo consecuente se sugiere aplicar la técnica de binarización a la imagen realzada en las tonalidades rojas, con la finalidad de extraer la morfología del feto del ovino en diferentes días de gestación de los 150 posibles, empleando algoritmos de detección de bordes, basados en diferentes métodos como gradientes, canny o laplacianos, obteniendo así, una forma irregular de la cual extraer rasgos característicos, que servirán para la clasificación de preñez de ovinos, haciendo uso de algoritmos de inteligencia artificial.

5. Bibliografía y Referencias

- [1.] Cárdenas Quiroga, E. A.; Morales Martin, L. Y. & Ussa Caycedo, A. (2015). La estereoscopia, métodos y aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento Revista Científica. General José María Córdova, Escuela Militar de Cadetes. General José María Córdova, 13.
- [2.] Ipinza, F. E. & Poblete, V. R. (2011). Fluorescencia visible inducida por radiación UV. Sus usos en conservación y diagnóstico de colecciones. Una revisión crítica *Conserva*, 16, pp 27-38.
- [3.] McManus, C.; Tanure, C. B.; Peripolli, V.; Seixas, L.; Fischer, V.; Gabbi, A. M.; Menegassi, S. R.; Stumpf, M. T.; Kolling, G. J.; Dias, E. & Costa, J. B. G. (2016). Infrared thermography in animal production: An overview *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, pp 10 - 16.
- [4.] Revillas, S. M. & Center, I. (2011). Guía de la termografía infrarroja: Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. Móstoles, Madrid, España.
- [5.] FLIR Systems, AB. (2011). Guía de termografía para mantenimiento predictivo. Guía informativa del uso de cámaras termográficas en aplicaciones industriales FLIR.
- [6.] Silva, L.; Saade, D.; Sequeiros, G.; Silva, A.; Paiva, A.; Bravo, R. & Conci, A. (2014). A new database for breast research with infrared image *Journal of Medical Imaging and Health Informatics*, American Scientific Publishers, 4, pp 92-10.

- [7.] Pérez de Diego, A. C. P.; Sánchez-Cordón, P. J.; Pedrera, M.; Martínez-López, B.; Gómez-Villamandos, J. C. & Sánchez-Vizcaíno, J. M. (2013). The use of infrared thermography as a non-invasive method for fever detection in sheep infected with bluetongue virus *The Veterinary Journal*, 198, pp 182 – 183.
- [8.] Metzner, M.; Sauter-Louis, C.; Seemueller, A.; Petzl, W. & Zerbe, H. (2015). Infrared thermography of the udder after experimentally induced *Escherichia coli* mastitis in cows *The Veterinary Journal*, 204, 360 – 362.
- [9.] Bowers, S.; Gandy, S.; Anderson, B.; Ryan, P. & Willard, S. (2009). Assessment of pregnancy in the late-gestation mare using digital infrared thermography *Theriogenology*, 72, pp 372 – 377.
- [10.] Chernov, V.; Alander, J. & Bochko, V. (2015). Integer-based accurate conversion between RGB and HSV color spaces *Computers & Electrical Engineering*, 46, pp 328 – 337.