



## Desarrollo de un sistema para supervisión de pastoreo

### Development of a Grazing Monitoring System

Julián Camilo Piñeros Guerrero<sup>1</sup> Luisa Fernanda Barragán Ramos<sup>2</sup> Beatriz Nathalia Serrato<sup>3</sup>

**Para citar este artículo:** J. C. Piñeros, L. F. Barragán y B. N. Serrato. "Desarrollo de un sistema para supervisión de pastoreo". *Revista Vínculos*, vol 14, no 1, enero-junio 2017, 8-16. doi: <https://doi.org/10.14483/2322939X.12574>

**Recibido:** 13-02-2017 / **Aprobado:** 23-03-2017

#### Resumen

En el artículo se propone una estrategia para realizar la supervisión de las pasturas listas para rotación a partir del procesamiento de imágenes. Con este sistema se busca facilitar el desarrollo la tarea, dado que actualmente la decisión de rotación recae únicamente sobre el granjero quien, a partir de su experiencia, define si se encuentra listo o no para corte, además de disminuir los tiempos para definición de zonas ya que se realizaría de forma automatizada sin necesidad de recorrer los terrenos. La segmentación de imágenes y su tratamiento permiten determinar una estrategia que automatiza y selecciona las pasturas de manera sistemática.

**Palabras clave:** agricultura de precisión, automatización, pastoreo rotacional, procesamiento de imágenes.

#### Abstract

This article explains the way to supervise the rotational grazing field using image processing. The system facilitate the job development because rotation decision is only for farmer with his experience define if it is ready or not for cut, and reduce times to define places without go over the fields. Image segmentation and it's treatment avoid determine a strategy to automate and select fields systematically.

**Keywords:** precision agriculture, automation, rotational grazing, image processing.

1. Ingeniero electrónico y de telecomunicaciones, Universidad Católica de Colombia, Bogotá D. C. Correo electrónico: [jcpineros78@ucatolica.edu.co](mailto:jcpineros78@ucatolica.edu.co)
2. Ingeniera electrónica y de telecomunicaciones, Universidad Católica de Colombia, Bogotá D. C. Correo electrónico: [lfbarragan22@ucatolica.edu.co](mailto:lfbarragan22@ucatolica.edu.co)
3. Magister en Automatización y Robótica, Universidad Politécnica de Madrid. Correo electrónico: [bserrato@ucatolica.edu.co](mailto:bserrato@ucatolica.edu.co)

## 1. Introducción

El pastoreo rotacional es un sistema alternativo de alimentación de ganado que emplea manejos en los periodos de descanso de la pradera y de la carga animal, lo anterior con el objetivo de incrementar la producción de forraje, así como la producción de ganado y fauna silvestre, manteniendo o mejorando la condición del terreno. Básicamente existen tres tipos de sistemas de pastoreo: el continuo, rotacional y combinado, siendo el rotacional uno de los sistemas de pastoreo más comúnmente empleados.

La rotación de potreros es un sistema de pastoreo basado en alternar el uso con el descanso del potrero, orientando diferentes estrategias para obtener la máxima producción animal por hectárea mediante un sistema productivo sostenible. Para realizarlo, es necesario tener dividido el terreno en potreros; teniendo en cuenta lo anterior, el número y tamaño de las zonas seleccionadas dependerá de factores tales como: número de animales que haya en cada lote, topografía del terreno, ubicación de los sitios de bebida del ganado y el forraje que se va a pastorear.

En Colombia, los tiempos adecuados para hacer la rotación y el comportamiento de las pasturas se han estimado de acuerdo con la experiencia de los ganaderos, quienes han concluido que los periodos de ocupación no deben exceder los cuatro días, debido a que la pastura empieza a rebrotar a partir del tercer día; así, si se permiten lapsos más largos, los animales se comerán el rebrote de la planta y esta tendrá que utilizar todas las reservas que tiene en su sistema radicular y partes bajas para recuperarse, lo que ocasionará que necesite más días para hacerlo.

El periodo de descanso del potrero es relativo; depende de la cantidad de pastoreo que se le dé al terreno en ese momento, del clima y del tipo de pastura; teniendo en cuenta ello, en algunas

zonas de Colombia este tiempo es de más o menos 30 días. Esto permite que el ganado este “des-copando”, es decir, comiendo la parte alta de los pastos donde se encuentran todos los nutrientes para alimentar a los animales, también permitirá la eliminación de malezas en el terreno. Asimismo, es importante que durante este proceso se realicen ajustes de carga, ya que los animales estarán subiendo de peso constantemente y se recomienda no pisar más de lo necesario el suelo. Esto ayuda a determinar cuántos animales entran de nuevo a la rotación. Para esta tarea se realizan aforos [1].

En los años 80 apareció el concepto de agricultura de precisión. A partir de ese momento, y gracias a la evolución de las tecnologías, el empleo de sensores de rendimiento y su uso, unido a la aparición del GPS, se ha logrado un mayor escalamiento en la aplicación de estos sistemas en el mundo; sin embargo, uno de los primeros factores a considerar en este tipo de sistemas corresponde al almacenamiento de datos, cuya disponibilidad es un factor importante a tener en cuenta, es por esto que en el 2006 se diseñó un sistema de adquisición de datos basado en sensores remotos, cuya finalidad era proporcionar un programa que facilitara la actualización y edición de datos, además de permitir gestionar el soporte encargado de tomar decisiones, entre otros, para así proveer de una manera más rápida y precisa los datos al usuario [2].

La Pontificia Universidad Católica del Perú en el 2011 presentó una tesis que se encargó de la integración de un sistema UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*, por sus siglas en inglés) con control autónomo en un equipo aéreo para agricultura de precisión, cuya función es la toma georreferenciada de imágenes para su posterior procesamiento, el control autónomo del UAV fue implementado con el sistema ArduPilot mega [3]. Otro tipo de tecnologías que se han visto aplicadas a este campo en los últimos años corresponde a sistemas UAV. En el

2013 se empleó esta herramienta para la identificación de parámetros en un cultivo genéticamente modificado, ya que estos proporcionan un método rápido y eficiente para analizar las condiciones del campo en zonas extensas. Se debe tener presente que este tipo de cultivos resultan más sensibles a factores como tiempo de irrigación, constitución de nutrientes del suelo, etc., por lo que era de vital importancia encontrar un método para monitorearlos periódicamente [4].

Debido que también es posible desarrollar la agricultura en ciudades y con ayuda de tecnología UAV, se implementó una aplicación para mapeo y cuantificar las áreas de agricultura y su producción dentro de las ciudades y en las zonas periurbanas; lograr esto es todo un desafío debido a la heterogeneidad de usos del suelo en las zonas urbanas y la pequeña escala del carácter de la agricultura urbana y periurbana [5].

En el 2015, debido al alto interés de implementar UAV en agricultura de precisión, Brasil está implementando aplicaciones de teledetección, pues gracias a las ventajas de los UAV es posible observar las limitaciones y oportunidades de los cultivos; además, estudiaron en un área crítica de dicho país la infestación de HLB, con los resultados obtenidos identificaron y mostraron las acciones recomendadas para mejorar las condiciones del cultivo [6].

En la actualidad se busca implementar visión artificial en los UAV, por esta razón, en los laboratorios de la Universidad de Linköping la investigación incluye la personalización y el rediseño de métodos de visión artificial dependiendo de las necesidades particulares y restricciones impuestas por las diferentes plataformas de UAV, por ejemplo, para la visión de bajo nivel, la estimación de movimiento, navegación y de seguimiento. También incluye una nueva estructura de aprendizaje para la asociación de activaciones percepción-acción y un sistema de tiempo de ejecución para la aplicación y ejecución

de algoritmos de visión, es importante resaltar que esta implementación fue realizada para un helicóptero [7].

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Adquisición de las imágenes

Las imágenes fueron adquiridas por medio de un vehículo aéreo no tripulado de la marca DJI cuya referencia es Phantom 3 Professional, posee una cámara integrada de 12 megapíxeles, además de un lente de f/2.8 con un campo de vista de 94°, cuya función principal es eliminar virtualmente la distorsión no deseada.

Debido al constante movimiento del UAV, la cámara es combinada con la tecnología de estabilización de cardan, cuya función principal es lograr la estabilidad absoluta de la cámara. Esta tecnología permite controlar el ángulo de las fotos desde el control remoto mediante tres botones, los cuales se encargan de subir y bajar la cámara y grabar o tomar fotos, dependiendo de la actividad que se desea realizar.

Se realizó la toma de 516 imágenes a una altura de entre 20 y 30 metros a una velocidad de 11m/s, con la cámara posicionada totalmente al piso, es decir, a 90°, en una zona de prueba ubicada en Cundinamarca con extensión de una hectárea.

### 2.2 Procesamiento de la imagen

Antes de extraer información directamente de la imagen, se acostumbra a hacer un procesamiento previo para conseguir otra que permita hacer el proceso de extracción de datos más sencillo y eficiente. Es pertinente recordar que una imagen RGB está compuesta por tres canales: rojo, verde y azul, además de un canal compuesto que se utiliza para editar la imagen; cada uno de estos canales corresponde a imágenes en escala de grises que almacenan diferentes tipos de información [8].

En este proyecto se optó por trabajar con el canal rojo de la imagen, debido a que era el que presentaba mejores resultados en cuanto a diferenciación pasto-tierra se refiere. La imagen que se obtiene es semejante a aplicar una binarización, ya que se compone de píxeles blancos y píxeles negros [9], esto se hace con el fin de que la imagen resulte más ligera y fácil de procesar al momento de hacer el reconocimiento.

Sin embargo, al aplicar este algoritmo hay pequeñas zonas que muestran ruido, fruto de los cambios en la iluminación de ambiente y los pequeños reflejos de esta luz en los diferentes objetos y cuerpos en la escena, lo que puede llevar a equivocaciones en el procesamiento; debido a esto, es necesario aplicar otros algoritmos correctivos, cuya función es brindar una imagen binaria lo más neta posible [7], [8], [9], [10].

Se hicieron pruebas con diversos tratamientos morfológicos empleando varios elementos estructurantes, la conclusión fue que era necesario aplicar un algoritmo de erosión, cuya función es contraer los contornos de todas las áreas blancas un número determinado de píxeles, para así eliminar completamente las áreas de píxeles blancos más pequeñas e irrelevantes. Una vez culminada la etapa mencionada anteriormente, se aplica el algoritmo de dilatación [10], [11], [12], que ayuda a recuperar la medida original de las áreas importantes y expande los contornos de las áreas blancas tantos píxeles como sea necesario; lo anterior se logra utilizando el *software* matemático Matlab, específicamente las herramientas para el tratamiento de imágenes que este ofrece.

### 2.2.1 Reconocimiento

Inicialmente, se realizó una ponderación del terreno con el fin de identificar el tipo de pastura y la geografía, lo anterior para reconocer factores en la zona que posteriormente puedan afectar el procesamiento y análisis de la imagen [13], [14]; adicionalmente,

se realizaron varias tomas fotográficas en rangos distintos de tiempo para observar el efecto sufrido sobre las imágenes ante la variación de luz.

En cuanto al reconocimiento, se tomaron en cuenta cuatro parámetros: los diferentes canales RGB y canal V del espacio de color HSV, realizando una comparación visual en la cual se podía discernir las características que preservaban en las imágenes y dictaminaban mayor cantidad de pasto. Como se explicaba anteriormente, es necesario realizar diversos tratamientos morfológicos para eliminar altos índices de ruido y resaltar las zonas con mayor presencia de especie arvense, con el fin de tener una imagen procesada lo más “limpia” posible.

Para poder reconocer las zonas que presentaban mayor densidad de pastura, se etiquetaron aquellas áreas con características similares que representan las zonas en las que el pasto se encuentra en mayor medida para conocer el porcentaje que ocupan en la imagen. El anterior procedimiento generará un valor del área de las regiones de pasto en relación con la totalidad de la muestra. Si el porcentaje obtenido es mayor al 70% se puede concluir que la zona está lista para pastoreo.

Las pruebas se realizaron con tres observadores diferentes y las conclusiones a las que se llegaron fue que solo se necesitaba un canal para lograr la diferenciación de zonas con presencia de pasto de las que no hay.

## 3. Resultados

Para evaluar el desempeño del algoritmo se emplearon tres fotos diferentes, tomadas desde una altura constante en las primeras horas de la mañana, para que la luz fuera lo más clara y favorecedora posible.

Es sencillo evidenciar cómo la zona con menos concentración de pasto toman valores de uno, mientras que a una mayor densidad lo que prevalece es el blanco (Figura 1, Figura 2).

En algunos casos las zonas café demasiado oscuras son consideradas verdes y, por tanto, marcadas de color blanco. Aunque como en el caso anterior, son pequeños errores que no afectan demasiado el veredicto: la zona no está preparada para pastoreo (Figura 3, Figura 4).

A pesar de las distintas tonalidades de verde, el algoritmo sigue siendo capaz de identificar los colores más oscuros y discriminarlos de los más claros, tal y como muestra la Figura 5 y la Figura 6.

#### 4. Discusión

Aún es necesario trabajar en este algoritmo para obtener valores más estables. Se deberá corregir todavía más el método de diferenciación entre los colores café y verde oscuro, ya que este procedimiento no se hace siempre de la manera esperada. Una posible solución a este problema se puede dar si se cuenta con imágenes mejor contrastadas, ya que esto mejora la calidad de la binarización, lo que a su vez permite un análisis más fiable, sin mencionar que si la imagen está bien contrastada la pérdida de información es mínima.

Se espera en un futuro poder desarrollar otro algoritmo que siga la misma lógica, pero esta vez

emplee métodos de banarización *threshold* u otras semejantes, que generen una imagen más limpia y por ende un sistema de identificación más robusto.

#### 5. Conclusiones

En este proyecto se buscó una alternativa para la supervisión de pastoreo basada en reconocimiento de imágenes. Se decidió trabajar con la imagen binarizada que representa el canal R de la imagen RGB obtenida con el UAV, debido principalmente a la similitud en la tonalidad presente en los colores café oscuro y verde oscuro, la cual puede llevar a errores al realizar el análisis final teniendo en cuenta que en el color café existe una mayor concentración de rojos que en los demás, haciendo posible la distinción entre ambos tonos.

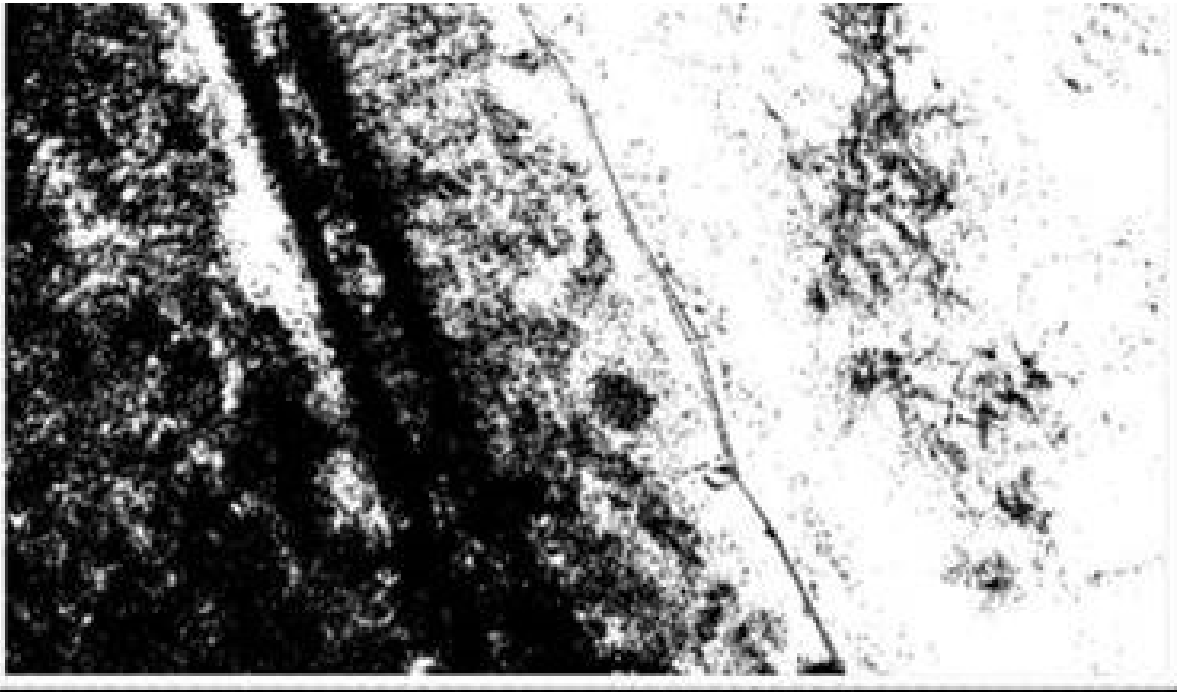
Entre mayor sea el contraste, mejores serán los resultados obtenidos. De igual manera, se debe tener presente que a la hora de obtener la imagen con el UAV es necesario que se encuentre estabilizado y enfocando en la zona que se desea analizar.

Finalmente, los porcentajes obtenidos concuerdan con lo que se observa en las imágenes, por lo que es posible afirmar que la alternativa propuesta funciona correctamente y puede ser aplicada.



**Figura 1.** Primera porción de terreno a analizar.

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 2.** Imagen resultante tras su binarización. Porcentaje obtenido: 44.27%.  
**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.** Segunda porción de terreno a analizar.  
**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 4.** Imagen resultante tras su binarización. Porcentaje obtenido: 23.09%.

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.** Tercera porción de terreno a analizar.

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 6.** Imagen resultante tras su binarización. Porcentaje obtenido: 39.48%.

**Fuente:** elaboración propia.

## 6. Referencias

- [1] A. Moncada, "Pastoreo rotacional, clave para optimizar la actividad ganadera", *Contexto Ganadero*, 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.contextoganadero.com/reportaje/pastoreo-rotacional-clave-para-optimizar-la-actividad-ganadera>
- [2] M. Qingyuan, C. Qiang, S. Qingsheng y C. Zhang, "The data acquisition for precision agriculture based on remote sensing", en *IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing*, Denver, julio, 2006.
- [3] D. Rabagal, *Integración de un sistema UAV con control autónomo en un equipo aéreo para agricultura de precisión*, Trabajo de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2011.
- [4] E. A George, G. Tiwari, R. N. Yadav, E. Peters y S. Sadana, "UAV systems for parameter identification in agricultura", en *IEEE Global Humanitarian Technology Conference: South Asia Satellite (GHTC-SAS)*, Trivandrum, agosto, 2013. doi: <https://doi.org/10.1109/GHTC-SAS.2013.6629929>
- [5] J. Schlesinger, "Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and Urban Agriculture; Potential for Research and Planning", *Urban Agriculture Magazine*, n° 28, pp. 77-79, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.ruaf.org/unmanned-aerial-vehicles-uavs-and-urban-agriculture-potential-research-and-planning>
- [6] Z. Brandão, L. De castro y R. Yassushi, "Insights and recommendations of use of UAV Platforms in precision agriculture in Brazil", en *SPIE Remote Sensing*, Amsterdam, 2014.
- [7] K. Nordberg, P. Doherty, P. Forssén y G. Farnbäck "Vision for a UAV Helicopter", en *International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Lausanne, 2002.
- [8] W. Burger y M. Burge, *Principles of digital image processing. Fundamental techniques*, 1ª ed., Berlín: Springer, 2009.



- [9] W. Burger y M. Burge, "Programing with images: Morphological filters, The structuring Element". Springer, 2002, p 157-184.
- [10] "Cursiva Programa de Ingeniería en automatización y control industrial en la Universidad Nacional de Quilmes. Cátedra de Visión Artificial: Segmentación por Umbralización", Argentina. 2005.
- [11] E. García y F. Flego "Agricultura de precisión", *Tecnología Agropecuaria*, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>
- [12] J. Prieto, *Reconocimiento de objetos por visión artificial en entornos controlados*, trabajo de grado, Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona, 2011.
- [13] CEPAL, "Localización del proyecto" [En línea] Disponible en: [https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/7/35117/09\\_LOCALIZACION.pdf](https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/7/35117/09_LOCALIZACION.pdf)
- [14] J. Sotomayor, A. Gómez y A. Cella "Sistema de visión artificial para el análisis de imágenes de cultivo basado en texturas orientadas", *Revista EPN*, vol. 33, n° 1, enero 2014.

