



## ESTIMACIÓN DE LA MATERIA SECA DISPONIBLE Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO A PARTIR DE IMÁGENES SATELITALES

LÓPEZ GALLEGO, F. (1); RODRÍGUEZ, P. (2); LECO, F. (3); CORTÉS, M. (3); AGUDO, B. (4)

(1) Departamento de Producción Animal. CICYTEX-Instituto de Investigaciones Agrarias Finca La Orden-Valdesequera. Gobierno de Extremadura.

(2) Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. Universidad de Extremadura.

(3) Departamento de Arte y Ciencias del Territorio. Universidad de Extremadura.

(4) Ovino del Suroeste Soc. Coop. Ltda. (OVISO).

### RESUMEN

A partir de la información proporcionada por las imágenes de los sensores satelitales MODIS, se construyen ecuaciones de predicción para la cantidad y composición química del pasto. Se parte de 7 bandas espectrales y 6 índices de vegetación derivados, a partir de los que se construyen sendas ecuaciones de regresión mediante mínimos cuadrados parciales (PLS). Los valores de  $R^2$  obtenidos son: Kg MS/Ha (0,69); % MO (0,62); % PB (0,59); % FB (0,80); % FND (0,87); % FAD (0,87).

**Palabras clave:** pasto, satélite, teledetección, composición.

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas de gestión de rebaños ovinos en régimen cooperativo, pasan por obtener una mejora en la eficiencia. En la medida en que los costes de alimentación son los mayores (Fantova y col., 2013) una mejora en este apartado repercute positivamente en los resultados económicos. En Extremadura, la producción de carne se basa en el mantenimiento de los rebaños de madres sobre superficies esteparias, en muchos casos desarboladas (La Serena, Llanos de Cáceres). En estas condiciones, conocer en tiempo real la disponibilidad de pasto y su calidad nutritiva es una ayuda importante a la gestión al permitir establecer con un criterio técnico cargas ganaderas adecuadas a la capacidad real del territorio, además de permitir una gestión anticipada de la compra de suplementos nutritivos, con la ventaja económica que ello conlleva.

La teledetección de material vegetal desde el espacio, a través de imágenes satelitales, ha tenido una rápida expansión en los últimos años (García y col., 2006). Uno de los limitantes operativos, hasta ahora, ha sido la utilización de índices derivados de una relación matemática sencilla entre algunas de las bandas satelitales (Huete y col, 2002). De esta manera es posible construir una ecuación de regresión sencilla, tipo recta de regresión, que modelice dichos índices con alguna variable dependiente, como es la biomasa vegetal.

En todo caso la técnica tiene dos limitaciones, la necesidad de elaborar modelos *ad hoc*, para cada territorio y tipo de vegetación; y tratar de utilizar toda la información espectral proporcionada por los satélites.

En este trabajo abordamos la aplicación de imágenes satelitales sobre fincas desarboladas de La Serena (Badajoz), utilizando modelos de regresión multivariantes, que permite utilizar la totalidad de la información espectral disponible.

## MATERIAL Y MÉTODOS

1.- Territorio en estudio: para este trabajo se han utilizado 4 fincas colaboradoras dentro del proyecto de investigación con referencia PCJ 1009: Gamonital, Peñalobosa, Villaralto y La Tiesa. Están situadas en la comarca de La Serena (Badajoz) y representan la variación de las condiciones edafológicas típicas de la zona, podríamos calificarlas de buena, media y baja capacidad de sustentación vegetal. La fincas y cercas se georreferenciaron mediante GPS, por lo que cada uno de los puntos de muestreo está perfectamente identificado.

2.- Muestreo y composición vegetal: las tomas de muestras en la fincas se realizó con una periodicidad de 45 días desde diciembre de 2012 a junio de 2013. La determinación de la cantidad de pasto existente en el momento del muestreo se realizó mediante el método de los rangos (Gómez, 2008). Básicamente consiste en puntuar visualmente la abundancia de pasto en un espacio en una escala 1-5 (1 = mínimo, 5 = máximo) adaptada al momento en el que se realiza el control. La cantidad de materia seca se determina mediante sendas muestras de los puntos de la escala recogidas *in situ* a partir del muestreo de un cuadrado de 0,5m de lado, que se secan en estufa. De esta manera es posible determinar el contenido en materia seca de cada uno de los puntos de la escala y ajustar el resultado a una recta de regresión del tipo:  $g \text{ MS} = a + b \text{ Puntuación}$ . La puntuación es la media de la asignada al territorio/cercado tras un recorrido programado y representativo (transecto). A partir de los  $g/0,25\text{m}^2$  se determina la cantidad disponible por ha.

La calidad del pasto se determina por análisis químico convencional de la mezcla de muestras de las escalas, además de 5 muestras obtenidas aleatoriamente en el transecto: cenizas/materia orgánica, proteína bruta, fibra bruta, fibra neutro-detergente y fibra ácido-detergente (DOUE, 2009). La Tabla 1 recoge la composición de las muestras.

**Tabla 1.- Composición de las muestras utilizadas**

Parámetro	Media	D.t.	Max.	Min.
Materia seca (kg/Ha)	1.864,00	1.300,87	4.853,00	305,00
Materia orgánica (%)	14,65	4,43	21,91	9,78
Proteína bruta (%)	87,44	3,92	92,93	78,09
Fibra bruta (%)	2,03	0,46	2,75	1,32
Fibra neutro detergente (%)	12,11	5,13	22,11	4,45
Fibra ácido detergente (%)	18,65	7,75	34,07	7,65

3.- Información satelital: la información espectral se obtiene de los sensores MODIS (ModerateResolutionImagingSpectroradiometer) situados a bordo de los satélites TERRA Y AQUA proporcionan una adecuada cobertura espacial y frecuencia temporal para cumplir los objetivos del proyecto. Son procesadas a diferentes niveles y los productos obtenidos son puestos a disposición de la comunidad científica en un formato digital de tipo jerárquico. Estos productos pueden descargarse gratuitamente de la USGSsciencefor a changingworld (<http://glovis.usgs.gov/>).

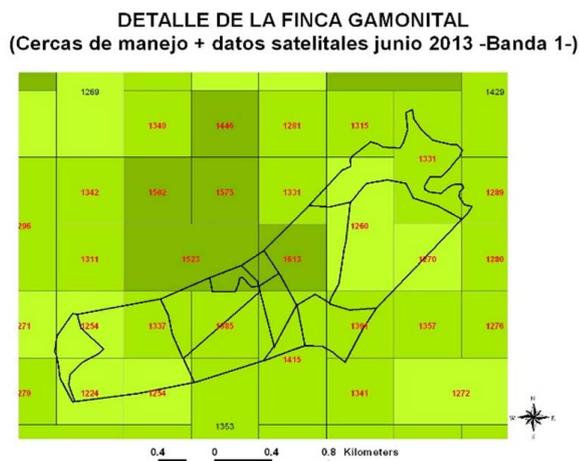
El producto elegido para la realización del trabajo es el denominado MOD09A1. Se trata de la Superficie de Reflectancia para cada 8 Días, Nivel tres de procesamiento (L3), de cobertura global y resolución espacial de 500m.

En total se obtiene la información de reflectancia correspondiente a 7 bandas espectrales que abarcan desde el visible al infrarrojo. A partir de estos valores, se pueden calcular otros 6 índices derivados: NDVI, SAVI, NDMI, Green-NDVI, EVI, NDWI (Huete y col., 2002, Landscape (2014). Los valores asignados a cada finca son una media ponderada de la superficie de los píxeles implicados. (Figura 1).

4.- Modelos de predicción: la relación entre las 13 variables predictoras (7+6) y cada una de las variables dependientes (kg MS/Ha, MO, PB, FB, FND, FAD), se ha realizado mediante regresión multivariante por mínimos cuadrados parciales (PLS). El número total de casos disponibles ha sido n=18. Básicamente el proceso consiste en reducir el número de

variables predictoras mediante un análisis de componentes principales y, posteriormente, realizar un proceso de regresión lineal múltiple a partir de los nuevos componentes o factores obtenidos (Burns y Ciurczak, 2008; Martens y Naes, 1989).

**Figura 1.- Detalle de la finca Gamonital para la banda espectral 1**



El sistema de validación utilizado ha sido una validación cruzada completa. Como indicador de la calidad del modelo se ha utilizado el valor de  $R^2$ , que viene a ser, en tantos por uno, el porcentaje de la varianza total explicado por el modelo. El software utilizado ha sido TheUncrambler X-10.3 (Camo, 2014).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resumen de los resultados obtenidos aparece en la tabla 2. Los resultados de los modelos son aceptables ya que explican más del 60% de la varianza total. Por otra parte, el número de factores implicados en cada modelo varía entre 1 y 4, lo que implica que se trata de modelos robustos y poco susceptibles al ruido, es decir estables (Westad y col., 2013).

**Tabla 2.- Estadísticos  $R^2$  de los modelos (nº de factores del modelo)**

Parámetro	$R^2$ calibración	$R^2$ validación
Materia seca (kg/Ha)	0,691(2)	0,602
Materia orgánica (%)	0,618(2)	0,531
Proteína bruta (%)	0,592 (1)	0,524
Fibra bruta (%)	0,802(4)	0,630
Fibra neutro detergente (%)	0,870 (4)	0,730
Fibra ácido detergente (%)	0,874 (4)	0,720

Para la estimación de la materia seca los resultados obtenidos están por encima de los indicados por otros autores a partir de modelos basados exclusivamente en índices (Boschetti y col., 2007; Di Bella y col., 2005) y son del mismo orden a los escasos modelos basados en regresiones multivariantes y obtenidos con espectrorradiómetros manuales a nivel de campo, que siempre aportan mayor precisión:  $R^2$  para proteína = 0,62 y para la celulosa = 0,72 (Thulin y col., 2012).

El conjunto de estos resultados son prometedores al permitir monitorizar, partiendo de recursos disponibles gratuitamente, la situación del pasto en una determinada zona y con una precisión razonable. La disponibilidad de biomasa pastable disponible, unida a la calidad del pasto, permiten una aproximación razonable al cálculo de la energía neta disponible (UFL/Kg MS), a la carga ganadera soportable y, en definitiva, a una mejora en la gestión de los rebaños en pastoreo.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por el IV Plan Regional de Investigación del Gobierno de Extremadura y los Fondos Europeos de Desarrollo Regional. Proyecto PCJ 1009.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Boschetti, M.; Bocchi, S.; Brivio, A. (2007) Assesment of pasture production in the Italian Alps using spectrophotometric and remote sensing information. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 267-272.
- Camo (2014). The Unscrambler X ®. Version 10.3. Chemometrical software. Camo Software AS. Oslo, Norway.
- Di Bella, C.; Faivre, R.; Ruget, F.; Seguin, B. (2005). Using vegetation satellite data and the crop model STICS-Prairie to estimate pasture production at the national level in France. *Physics and Chemistry of the Earth* 30: 3-9.
- DOUE (2009). Reglamento (CE) n° 152/2009 de la Comisión de 27 de enero de 2009, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los piensos. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 26/02/2009.
- Fantova, E.; Pardos, L. (2013) Efecto de los cambios en las subvenciones percibidas por las explotaciones ovinas de carne aragonesas en sus resultados técnicos y económicos (Período 1997-2011). XXXVIII Congreso de la S.E.O.C., Málaga.
- García, A.; Cocero, D.; Velázquez, J.; Blanco, E.; Grande, M.A.; Núñez, M.V.; Tejera, R. (2006) Aplicación de la teledetección a la gestión silvopastoral. XII Congreso nacional de tecnología de la información geográfica. El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas. Granada.
- Gómez, D. (2008). Métodos para el estudio de los pastos, su caracterización ecológica y valoración. In: F. Fillat, R. García, D. Gómez y R. Reiné (Eds.), *Pastos del Pirineo*. Pp. 75-109. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Diputación de Huesca, Madrid.

- Landscape Toolbox (2014). The Landscape Toolbox. Tools and methods for effective rangeland management. ([http://wiki.landscapetoolbox.org/doku.php/remote\\_sensing\\_methods:home](http://wiki.landscapetoolbox.org/doku.php/remote_sensing_methods:home)).
- Thulin, S.; Hill, M.J.; Held, A.; Jones, S.; Woodgate, P. (2012). Hyperspectral determination of feed quality constituents in temperate pastures: Effect of processing methods on predictive relationships from partial least squares regression. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 19: 322-334.
- Westad, F.; Bevilacqua, M.; Marini, F. (2013). Regresión. In: *Chemometrics in food chemistry*. Ed. F. Marini. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

## ESTIMATION OF AVAILABLE DRY MATTER AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE PASTURE FROM SATELLITE IMAGES

### SUMMARY

From the information provided by images of the MODIS satellite sensors, are built prediction equations for the amount and chemical composition of pasture. It begins with 7 spectral bands and 6 derived vegetation indices with which are made regression equations using partial least squares (PLS).  $R^2$  obtained values are: DM kg/ha (0,69); % OM (0,62); % CP (0,59), CF % (0,80) % NDF (0,87), % ADF (0,87).

**Keywords:** pasture, remote sensing, chemical composition