

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PASTOS EN DEHESAS MEDIANTE ÍNDICES DE VEGETACIÓN

Estimate Pasture Production in Dehesas in Spain from Vegetation Index

J.A. ESCRIBANO¹ y C.G. HERNÁNDEZ DÍAZ-AMBRONA¹

¹Grupo de Sistemas Agrarios AgSystems, Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia, y CEIGRAM. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, E-28040 Madrid, carlosgregorio.hernandez@upm.es

Resumen: El seguro de sequía en pastos en España se basa en la evaluación de un índice de vegetación sin la estimación de la producción de biomasa del pasto. El objetivo de este trabajo es estimar la producción de biomasa de los pastos mediante el índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI). Desde 2010 a 2012 se realizó un seguimiento del pasto en dehesas de El Cubo de Don Sancho (Salamanca), Trujillo (Cáceres) y Pozoblanco (Córdoba). Se midió mensualmente la producción de biomasa del pasto y el NDVI obtenido del satélite DEIMOS-1 con una resolución de 22 m por 22 m. Con los datos de 2010 y 2011 se estableció la función de producción de biomasa del pasto (fresco y seco) a partir del NDVI, con un coeficiente de correlación r^2 de 0,975 altamente significativo para el pasto fresco. Los datos obtenidos en 2012 se han utilizado para validar la función de producción. La validación de la función de producción entre los valores observados y simulados ha mostrado un coeficiente de correlación r^2 de 0,734. Estos resultados sugieren que el NDVI puede ser un buen estimador de la producción de biomasa de los pastos en dehesas.

Palabras clave: Agua, pastoreo extensivo, NDVI, sequía.

Abstract: The pasture drought insurance in Spain is based on the evaluation of a vegetation index without estimating pasture production. The objective of this paper is to estimate pasture production by the normalized difference vegetation index (NDVI) from Deimos-1 satellite. From 2010-2012 three dehesas in west of Spain were followed in El Cubo de Don Sancho (Salamanca), Trujillo (Cáceres) and Pozoblanco (Córdoba). Pasture production and NDVI obtained from satellite DEIMOS-1 with a resolution of 22 m by 22 m were measured monthly. Data from 2010 and 2011 were used to establish a production function of pasture (fresh and dry weight) from NDVI. This production function showed a correlation coefficient r^2 of 0.975 highly significant. The data obtained in 2012 were used to validate the production function. Validation of the production function between observed and simulated values showed a correlation coefficient r^2 of 0.734. These results suggest that NDVI can be a good estimator of pasture production in dehesas.

Key words: drought, NDVI, rangeland grazing, water.

INTRODUCCIÓN

El seguro de sequía en pastos en España (línea 133 del seguro) emplea un índice para determinar la cobertura del seguro, con objeto de solucionar los

problemas de peritación que se originan al determinar la cantidad de pasto afectado por la sequía, en las zonas del territorio cuando existen variaciones del tipo de suelo, de pasto, de carga ganadera y de tipo de ganado. El seguro de cobertura de daños por sequía en pastos es el principal instrumento financiero con el que cuentan los ganaderos para hacer frente al gasto que supone el suplemento de alimentación del ganado debido a la sequía (Báez, 2010). El seguro se basa en la medición por satélite (sensor MODIS instalado en el satélite Terra) del índice de diferencia normalizada de vegetación (NDVI), obteniéndose el valor medio de una comarca homogénea medido exclusivamente en parcelas de pasto herbáceo en ausencia de vegetación leñosa como arbolado o matorral. Este es un seguro que cubre a las explotaciones de ganado bovino reproductor y de lidia, ovino y caprino reproductor y al equino en extensivo.

El seguro indexado es un instrumento de gestión de riesgos en que las estimaciones de pérdidas están basadas en un índice. Ese índice estará altamente correlacionado con el resultado de la explotación que se quiere evaluar y no en la pérdida individual del asegurado. El buen desempeño de un seguro indexado depende de la objetividad y exactitud de las mediciones del índice. Por tanto, los encargados de efectuar las mediciones del índice deben utilizar información oportuna que esté disponible y sea fiable (Bielza *et al.*, 2009). Para el diseño de un adecuado producto de seguro indexado se requieren datos históricos suficientes y un buen modelo que permita predecir la probabilidad de varias medidas del índice. Por lo que normalmente se utilizan satélites que cuenten con un histórico de datos suficientes, para utilizar satélites más recientes será preciso la validación en campo de los datos obtenidos por teledetección. La sequía es un fenómeno extremo cuyos límites geográficos y temporales son difíciles de determinar, pudiendo convertirse en un desastre natural cuando no existe capacidad de gestión de los recursos hídricos. Los datos sobre las pólizas totales del seguro español en sequía en pastos muestran un periodo inicial de implantación del seguro, desde el año 2001-2004, y un periodo de estabilización de la contratación entre el periodo 2005-2011, con una elevada contratación en el año 2005 debido a la certeza de la sequía que se produjo ese mismo año en el que el periodo de contratación del seguro se extendió al mes de marzo cuando ya se estaba produciendo la sequía, por lo que se puede calificar de año anómalo (Tabla 1). Las zonas con más contratación son Extremadura y Andalucía que suman más del 90% de bovino, equino, ovino y caprino.

Tabla 1. Evolución de la contratación del seguro de sequía en pastos en España.

Año	Pólizas	Animales	Animales / pólizas	Capital asegurado / póliza	Prima/ animal asegurado	subvención / animal asegurado	Capital asegurado / animal
2001	63	11.282	179,1	40.032,90	16,6	6,3	223,5
2002	54	11.119	205,9	41.689,20	15,2	6,4	202,5
2003	42	7.674	182,7	40.246,40	13	5,7	220,2
2004	4.202	1.518.244	361,3	49.682,60	5,1	1,6	137,5
2005	20.876	6.529.413	312,8	22.186,90	4,4	1,6	70,9
2006	6.725	2.185.140	324,9	22.979,90	4,5	2	70,7
2007	5.135	1.887.874	367,6	25.564,10	6,9	2,7	69,5
2008	3.024	1.089.503	360,3	22.288,70	6,9	2,9	61,9
2009	5.575	2.005.805	359,8	25.277,40	7,6	2,6	70,3
2010	4.660	1.615.402	346,6	23.463,90	7,4	2,7	67,9
2011	4.093	1.420.018	346,9	23.300,10	6,9	2,6	67,2
2012†	2.873	963.164	335,2	26.443,50	7,35	2,6	78,9

† Datos provisionales de contratación hasta octubre de 2012 según ENESA.

Fuente: Ampliado de Báez, 2010.

El NDVI se usa para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición, por medio de sensores remotos instalados sobre satélites, de la intensidad de la radiación de unas bandas concretas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja (Rouse *et al.*, 1974).

El intervalo de valores obtenido del NDVI, varía entre menos uno (-1) y uno (+1). De ellos, sólo los valores positivos corresponden a zonas de vegetación, los valores cercanos a cero significa que no existe vegetación, mientras que los próximos a uno indican la mayor cantidad posible de verdor (Chuvieco, 2008). Los valores negativos, pertenecen a nubes, nieve, agua, zonas de suelo desnudo y rocas; ya que sus patrones espectrales son generados por una mayor reflectancia en el visible que en el infrarrojo. El valor del NDVI puede variar en función del uso de suelo, estado fenológico de la vegetación, situación hídrica del suelo y ambiente climático de la zona.

El objetivo de este trabajo es estimar la producción de biomasa de los pastos en dehesa mediante el índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI) obtenido del satélite DEIMOS-1.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se ha llevado a cabo en tres zonas con diferentes tipos climáticos III, II y I según Sánchez de Ron *et al.* (2007), en el Cubo de Don Sancho (Salamanca), Trujillo (Cáceres) y Pozoblanco (Córdoba) respectivamente y con características

topográficas y edáficas distintas descritas en Escribano *et al.* (2011). En cada dehesa se limitó una parcela de 66 m × 66 m (9 píxeles del satélite DEIMOS-1) para evitar el pastoreo y exenta de arbolado para facilitar el seguimiento satelital.

Se determinó mensualmente la biomasa total de la parte aérea en peso fresco, mediante tres cortes, con cuadrados segados de 0,5 m por 0,5 m, las muestras se mantuvieron en bolsas de plástico con cierre hermético, conservadas en oscuridad e introducidas en una cámara refrigerada especialmente diseñada para transporte de muestras vegetales, hasta su peso en laboratorio en balanza de precisión y el peso seco se determinó secando las muestras en estufa a 75 °C durante 48 horas hasta alcanzar peso constante.

Los datos de 2010 y 2011 se utilizaron para obtener una función de producción y los datos de 2012 para validar la función producción. Se realizó un análisis de frecuencia en valores de NDVI, en intervalos de 0,05 en 0,05 y se estimó el número de datos válidos que están en el interior de estos intervalos. Así, con los datos de cada intervalo de 0,05 de NDVI, se ha estimado el valor medio de NDVI y el valor medio de pasto fresco con el fin de eliminar los posibles errores accidentales y eliminar la dispersión. Posteriormente se ajustó una función con el porcentaje de pasto seco sobre el pasto fresco y el NDVI, que mediante un análisis de frecuencia en valores de peso fresco, en intervalos de 500 kg/ha, se ha vuelto a estimar el número de datos válidos que están en cada uno de estos intervalos, para cada uno ellos, se ha estimado la media del porcentaje de peso seco sobre fresco y la media de NDVI, con el fin de eliminar los posibles errores accidentales y eliminar la dispersión. Una vez obtenida la función del pasto fresco a partir del NDVI y obtenida la relación entre pasto seco y fresco se determina la función para estimar el pasto seco a partir del NDVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La función de producción obtenida obedece a una ecuación exponencial del pasto fresco a partir del NDVI definida para los valores entre 0,20 y 0,68 según suelo desnudo y máxima actividad vegetativa respectivamente (Figura 1). La función mostró un coeficiente de correlación r^2 de 0,975 altamente significativa ($P < 0,05$).

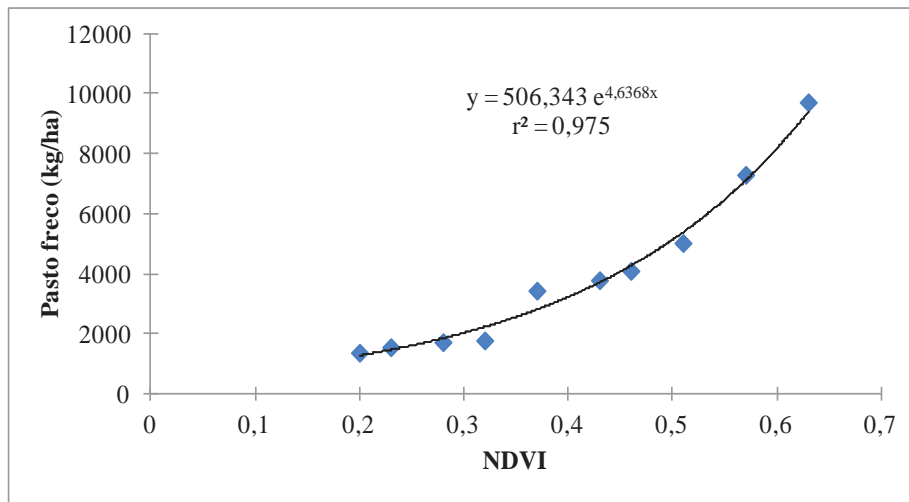


Figura 1. Función de producción de biomasa del pasto fresco obtenida como mejor ajuste a los valores observados medios en dehesas del NDVI en el periodo 2010-2011. y: Pasto Fresco; x: NDVI; r^2 : coeficiente de correlación.

El modelo de regresión simple se ha generado con los datos de producción de biomasa del pasto fresco (PF) y sus respectivos valores de NDVI, de los años 2010 y 2011. La relación entre el porcentaje de pasto seco sobre el pasto fresco y el NDVI mostró un coeficiente de correlación r^2 de 0,921 altamente significativa ($P < 0,05$) (Figura 2).

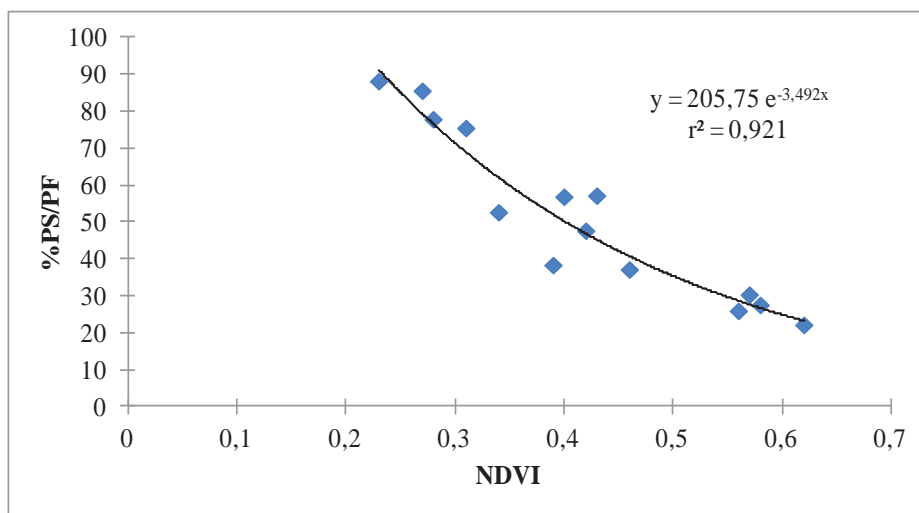


Figura 2. Ajuste exponencial obtenido al relacionar los datos medios de NDVI con el porcentaje de pastos seco sobre pasto fresco (%PS/PF) en dehesas. y: porcentaje de pasto seco sobre el pasto fresco; x: NDVI; r^2 : coeficiente de correlación.

El modelo de regresión simple se ha generado con los datos de porcentaje de pastos seco sobre pasto fresco (%PS/PF) y sus respectivos valores de NDVI

Se puede estimar a través del dato de satélite DEIMOS-1, el valor de NDVI y desde él, la cantidad de pasto fresco y el porcentaje de pasto seco sobre pasto fresco, a partir de ambos podemos calcular la cantidad de pasto seco (PS) expresado:

$$PS \text{ (kg/ha)} = [506,343 e^{(4,6368 \times NDVI)}] \times [205,75 e^{(-3,492 \times NDVI)}]$$

Los datos obtenidos en 2012 se han utilizado para validar las funciones de producción de biomasa del pasto fresco y seco. Las comparaciones entre los valores observados y simulados de pasto fresco y seco han mostrado unos coeficientes de correlación $r^2 = 0,734$ y $r^2 = 0,565$ respectivamente (Figura 3).

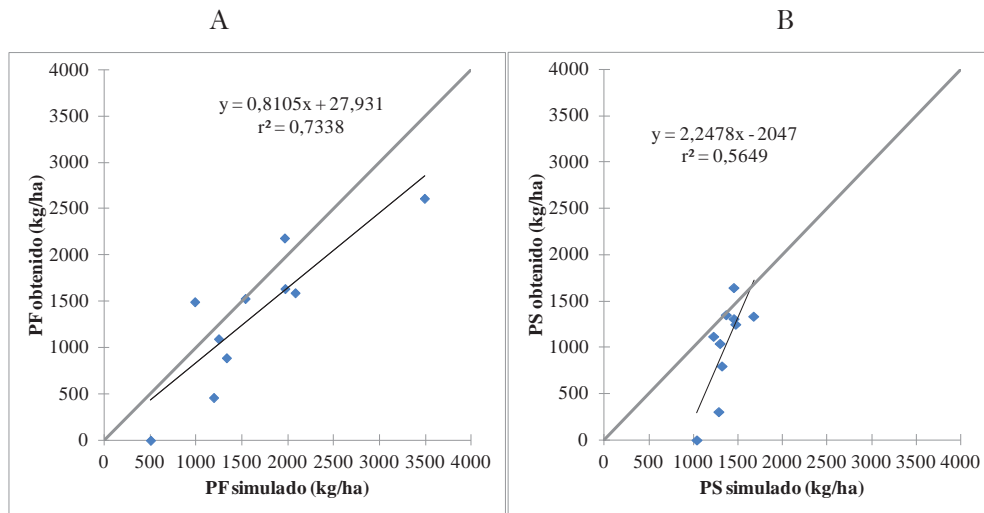


Figura 3. Relación existente entre el pasto simulado según la función de producción y pasto obtenido en campo durante 2012. A: pasto fresco y B: pasto seco.

En la época estival el pasto comienza a agostarse y perder humedad por lo que el peso fresco va disminuyendo rápidamente hasta igualarse al peso seco cuando no hay lluvias. Esta diferencia entre el peso fresco y el peso seco representa el contenido de humedad del pasto, diferencia que es utilizada en estudios de prevención de incendios. Este valor relativo al peso seco y expresado en porcentaje se conoce como FMC (*Fine Fuel Moisture Content* o *Floor Moisture Content*) ya que valores altos indican poco riesgo de incendios y por el contrario valores bajos indican alto riesgo, lo que sugiere que se relaciona muy bien con medidas del NDVI

(Chuvieco *et al.*, 1999). El peso fresco es igual al peso seco cuando el pasto, en campo, está completamente seco.

CONCLUSIONES

La función de producción propuesta a partir del índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI) indica que este es un buen estimador de la cantidad de pasto fresco para las dehesas españolas ($r^2 = 0,734$). Sin embargo la estimación obtenida para el pasto seco fue algo menos precisa ($r^2 = 0,565$). No obstante, sería conveniente aumentar el número de puntos de validación para poder cubrir la heterogeneidad de producción de biomasa de las dehesas españolas.

Las funciones propuestas sugieren que el NDVI-Deimos-1 puede ser un buen estimador de la producción de biomasa de los pastos en dehesas españolas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en parte en el proyecto «Recogida y procesamiento de información agronómica y zootécnica obtenida “in situ” y su integración satelital de precisión para la mejora del seguro para la cobertura de los daños por sequía en pastos 2010 y 2012» financiado por ENESA y realizado en el CEIGRAM. Agradecemos también a los ganaderos por poder disponer de sus dehesas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÁEZ K. (2010) *El potencial del seguro indexado en Chile: una aplicación a la gestión del riesgo de Sequía en pastos*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- BIELZA M., CONTE C., DITTMANN C., GALLEGO J. Y STROBLMAIR J. (2009) Experiencias de gestión de riesgos y crisis en la Unión Europea. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 221: 127-150.
- CHUVIECO E., DESHAYES M., STACH N., COCERO D. Y RIAÑO D. (1999) Short-term fire risk: foliage moisture content estimation from satellite data. En E. Chuvieco (Ed.): *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Ba.*, pp 17-34. Springer-Verlag, Berlin.
- CHUVIECO E. (2008) *Teledetección Ambiental*. Tercera Edición. Barcelona, España: Editorial Ariel.
- ESCRIBANO J.A., GLIGA A.E., LLORENTE J.F., Y HERNÁNDEZ C.G. (2012) Caracterización de la sequía en pastos anuales en dehesas. En: Canals R. y San Emeterio L., (Eds) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en*

peligro de extinción, pp 111-116. Pamplona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

ROUSE J.W. JR., HAAS R.H., SCHELL J.A. Y DEERING D.W. (1974) *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation*. College Station, Texas, Estados Unidos: Remote Sensing Center, Texas A&M Univ.

SÁNCHEZ DE RON D., ELENA ROSELLÓ R., ROIG S. Y GARCÍA DEL BARRIO J.M. (2007) Los paisajes de dehesa en España y su relación con el ambiente geoclimático. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 22, 171-176.