

# ESTIMACIÓN DE LA COBERTURA DEL SUELO PARA ESTUDIOS DE DEGRADACIÓN. INFLUENCIA DE LA ESCALA ESPACIAL Y LA TÉCNICA DE MUESTREO\*

Manuel Pulido Fernández, Joaquín Francisco Lavado Contador y  
Susanne Schnabel  
*Universidad de Extremadura\**

## RESUMEN

La vegetación ejerce efectos positivos sobre el suelo, aportándole materia orgánica, mejorando su estructura edáfica y protegiéndolo de la erosión hídrica. En zonas de clima mediterráneo, la llegada de las primeras lluvias otoñales tras un seco verano que merma considerablemente la superficie vegetal, supone el período clave donde se producen las mayores pérdidas de suelo por erosión hídrica y, por ende, su degradación. Cuantificar la cobertura superficial del suelo es una tarea que puede resultar complicada y, a menudo, proclive a errores que pueden no caracterizar correctamente las zonas de estudio. En este trabajo se proponen dos técnicas de muestreo comunes, una en campo y otra de gabinete, y se compararon los resultados obtenidos en diferentes escalas espaciales: descripción minuciosa en transectos lineales en campo y estimaciones a nivel de cercas de manejo en fincas adhesionadas a modo de unidades ambientales; y dos épocas diferentes del año: primavera y finales de verano. Los resultados muestran como a medida que se disminuye la escala de trabajo, los valores obtenidos en los dos métodos se igualan, particularmente al final del verano (diferencias de todas áreas de estudio < 1,1%), y como en algunos transectos y unidades se apreciaron diferencias significativas en la estimación de herbáceas (24,1%), suelo desnudo (26,9%) y hojarasca en la estación seca (24,2%).

**Palabras clave:** Cobertura superficial del suelo, Muestreos de vegetación, Degradación del suelo, Dehesas, Extremadura.

## Soil surface cover quantification in studies on land degradation. Influence of the spatial scale and the sampling techniques

## ABSTRACT

The vegetation has positive effects on soil, adding organic matter, enhancing soil structure and protecting it from water erosion. In Mediterranean type climate areas, as the province of Cáceres (Extremadura, Spain), the rainy season at the beginning of the autumn, after a dry summer that considerably reduces vegetal soil surface cover, is a key period where water erosion increases the risk of land degradation. Quantifying soil surface cover is fairly difficult and often prone to suffer sampling and operational mistakes which may

\* Fecha de Recepción: 18 de enero de 2011.

Fecha de aceptación: 24 de junio de 2011.

\*\* Grupo de Investigación Geoambiental (GIGA). Área de Geografía Física. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Extremadura. Avda. de la Universidad s/n, 10071 CÁCERES (España). E-mail: mapulidof@unex.es, flavado@unex.es, schnabel@unex.es

lead to the improper identification of the characteristics in study areas. In this paper two sampling techniques are proposed and their results compared at different spatial scales: transects and environmental/management units, in different seasons of the year, spring and end of the summer. The values obtained with the two methods were very similar at the lower scale, particularly, at the end of dry season (differences < 1.1%). Significant differences were found in transects and fences in the quantification of grasses (24.1%), bare soil (26.9%) and litter in September (24.2%).

**Keywords:** Soil surface cover, Vegetation sampling, Land degradation, Rangelands, Extremadura.

## 1. INTRODUCCIÓN

El suelo es la parte más superficial de la corteza terrestre, que actúa como un cuerpo independiente (Dokuchaev, 1883), originado como fruto de la interacción de cinco factores naturales: la roca madre, el relieve, el clima, el tiempo y los organismos vivos (Jenny, 1941) cumpliendo la función vital de ser el soporte de la vegetación y el encargado de almacenar y regular los recursos hídricos.

En condiciones naturales el suelo es el resultado de las pérdidas naturales por erosión y los procesos de edafogénesis, pero ese equilibrio puede verse alterado por la acción del ser humano. Esta acción resulta particularmente significativa cuando son llevadas a cabo prácticas de reducción o remoción de la cobertura vegetal protectora, por ejemplo laboreo, aclareo de matorral o sobrepastoreo.

La vegetación desempeña un doble papel protector con respecto al suelo, por un lado lo protege directamente del impacto de las gotas de lluvia o erosión por salpicadura, aminorando el riesgo de pérdidas de suelo por erosión hídrica (Morgan, 1986). Por otro, mejora su estructura edáfica, con el aporte continuo de materia orgánica que lo hace ser más resistente a la erosión debido a una mejora en la estabilidad de los agregados edáficos (Stocking y Murnaghan, 2003) y, a su vez, incrementa la porosidad y la capacidad de infiltración, lo cual mejora la capacidad de campo y de retención de agua y reduce la escorrentía superficial (Horton, 1933).

Además del rol del ser humano en la modificación de los procesos naturales del sistema suelo-planta, se ha de considerar también el factor climático, particularmente en zonas de clima mediterráneo, caracterizadas por un período anual seco entre los meses de junio a octubre. A este hecho hay que añadirle la aparición ocasional de períodos excepcionales de sequía con una frecuencia aproximada de 8 años en la provincia de Cáceres (Schnabel, 1997).

La escasez de agua edáfica que caracteriza algunos espacios mediterráneos como los pastizales y dehesas del SO Peninsular, las prácticas de sobrepastoreo y el exceso puntual de animales en períodos críticos, junto con la predominancia del ganado ovino, que destaca por su capacidad para digerir el pasto seco, hacen que la cobertura vegetal sea un elemento clave para frenar la erosión hídrica en suelos de por sí poco profundos y resilientes: *leptosoles* y *cambisoles* (FAO, 1998).

Por lo anterior, la cuantificación de la cobertura superficial del suelo resulta un proceso útil para la caracterización de estos espacios pastoreados. Dicha cuantificación puede ser realizada de muy diversas maneras: [1] en campo, mediante observaciones visuales directas, ya sea de forma lineal con los transectos o usando criterios de delimitación de superficies medibles; o [2] en gabinete, apoyándose en imágenes aéreas o tomadas en campo, y en diferentes programas informáticos encargados de delimitar y clasificar la información visual.

Estas técnicas, a su vez, pueden ser empleadas a diferentes escalas: transecto y/o parcelas de trabajo (Schnabel *et al.*, En revisión), fincas (Pulido Fernández *et al.*, 2009a; Jariego García, 2010) o en áreas más extensas (p.ej. Carmel y Ronen, 1998).

En numerosos trabajos, entre los que se cuentan una buena parte de los desarrollados por el Grupo de Investigación Geoambiental (GIGA) de la Universidad de Extremadura a partir de la década de 1990 (p. ej. Schnabel *et al.*, 1996), han sido estudiados los procesos de degradación de las tierras y su estrecha relación con diferentes variables directa o indirectamente relacionadas con la cubierta del suelo y, particularmente, la presencia de áreas de suelo desnudo. En este sentido, distintos autores han demostrado la reducción exponencial que se produce en las pérdidas de suelo por erosión en relación con el incremento de la cubierta vegetal (Dunne *et al.*, 1978; Stocking, 1988; Brandt *et al.*, 2003). La correcta determinación de la cubierta en las distintas escalas de trabajo supone, por tanto, un elemento crítico en el desarrollo de los estudios relacionados con la degradación de las tierras, siendo particularmente relevante en la determinación del suelo desnudo (p. ej. Pulido Fernández *et al.*, 2009b).

En este trabajo se proponen y comparan dos técnicas de muestreo comunes, una en campo y otra de gabinete, y se compararon los resultados obtenidos en diferentes escalas espaciales: descripción minuciosa en transectos lineales en campo y estimaciones a nivel de cercas de manejo en fincas adhesadas a modo de unidades ambientales y de manejo; y dos épocas diferentes del año: primavera y finales de verano

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

El estudio fue llevado a cabo en la finca adhesada de *Parapuños de Doña María*, situada en el término municipal de Monroy (Cáceres, Extremadura, España), con un área superficial de 1024 hectáreas (Fig. 1). La topografía de la finca es ondulada, con una elevación media de 354 metros (rango: 230-435 metros), una pendiente media aproximada de 10° y una orientación predominante sur-suroeste.

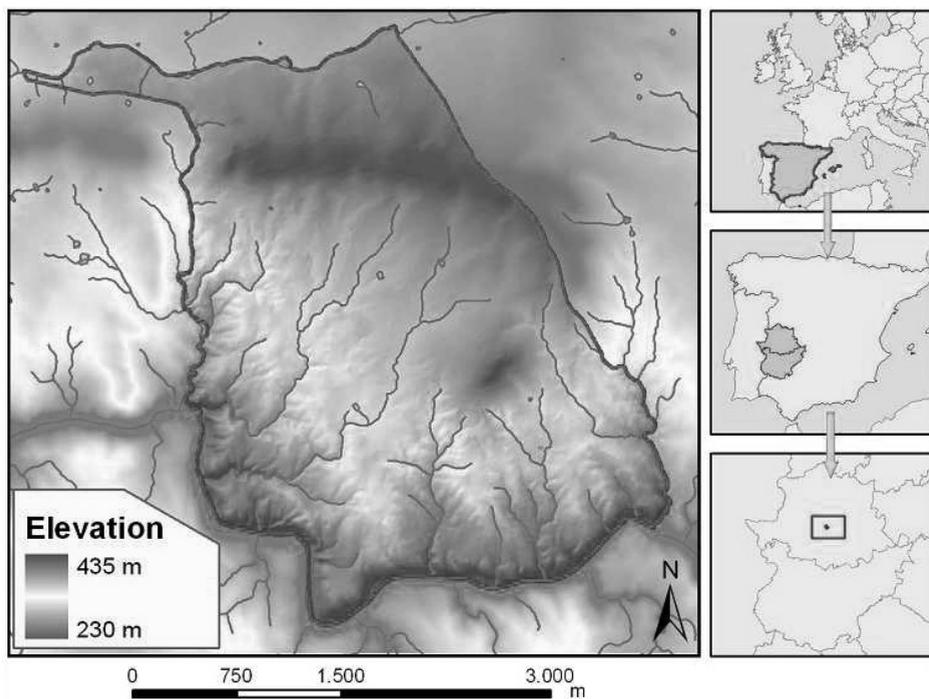
Las condiciones climáticas son de tipo mediterráneo con la presencia anual de un período seco estival que va desde junio a octubre. Las temperaturas medias varían entre 8,1° C en el mes de enero y 25,6° C registrados en julio. Las precipitaciones poseen una gran irregularidad, tanto anual como interanual, registrándose valores promedios anuales de 510 mm.

La vegetación presente en la finca es típica de un sistema adhesado del suroeste de la Península Ibérica con un estrato arbóreo dominado por encinas (*Quercus rotundifolia*) con densidades arbóreas variables entre 12,2 y 71,3 encinas·ha<sup>-1</sup>, un estrato arbustivo en el

que abundan las retamas y escobas (*Retama sphaerocarpa* y *Cytisus sp.*) y una cobertura herbácea ocupada por formaciones terófiticas que no sobreviven a los meses de déficit hídrico y pocas vivaces. Estas especies son pastadas durante todo el ciclo anual por ovejas y estacionalmente (durante la *montanera*) por cerdos.

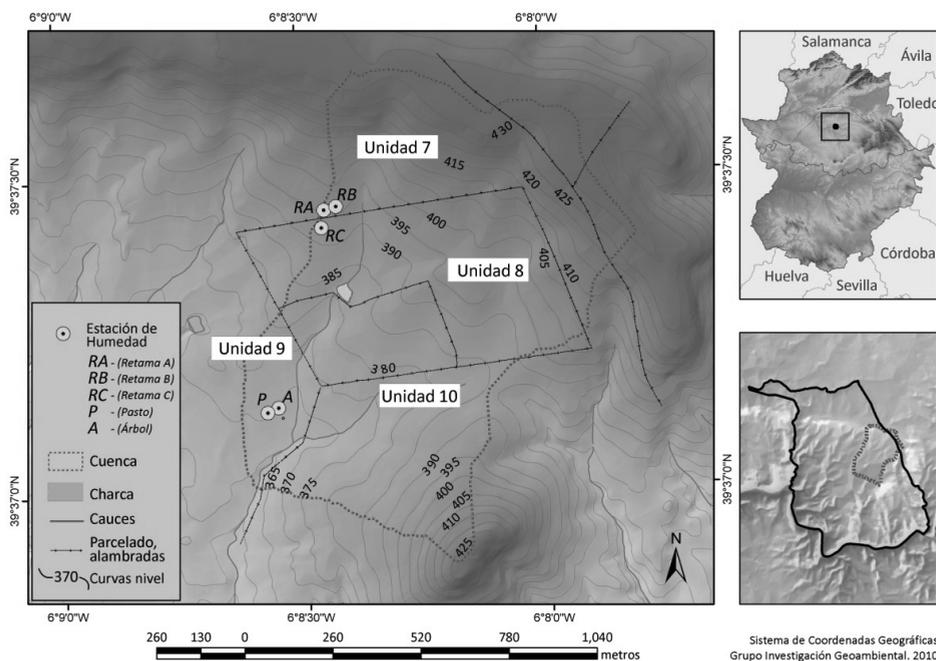
Para el muestreo de vegetación se seleccionaron 4 *cercados* a modo de unidades ambientales y de gestión contiguas (denominadas unidades 7, 8, 9 y 10), que destacan por tener similares características ambientales pero diferentes intensidades de pastoreo ( $1,06 - 3,00 \text{ UGM}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (Fig. 2).

Figura 1. Localización del área de estudio.



Fuente: Lozano Parra et al. (2009).

Figura 2. Localización de los *cercados* o *unidades ambientales* donde se realizaron las mediciones de la cobertura superficial del suelo.



Fuente: Adaptado de Lozano Parra et al. (2010).

## 2.2. Métodos de trabajo de campo

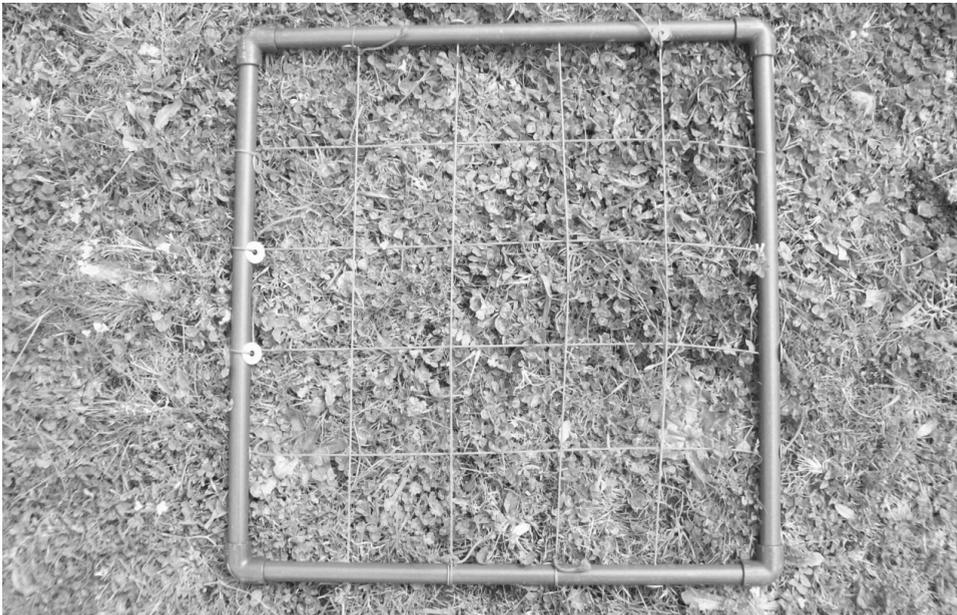
En cada unidad se determinó la cobertura superficial del suelo en el mes de mayo de 2010, punto máximo de producción vegetal anual, y en el mes de septiembre del mismo año, mínimo anual de cobertura vegetal. Para ello se dispusieron 3 transectos lineales de 30 metros de longitud situados en lugares aleatorios, pero representativos, en cada unidad. Las clases de cobertura consideradas con una resolución centimétrica fueron [1] suelo desnudo (incluyendo las costras líquénicas); [2] hierbas (verdes en primavera y secas en septiembre, incluye también herbáceas no gramíneas y musgos); [3] hojarasca (se incluye hojarasca de encina, retama y restos de herbáceas que estén completamente separados del suelo); y [4] rocas (incluyendo afloramientos rocosos y piedras de más de 2 mm) (Fig. 3).

Partiendo del punto inicial del transecto a cada 3 metros junto a la línea, se realizaron también fotografías de la cobertura superficial del suelo (11 fotografías por transecto), empleando un cuadrado de muestreo de 0.25 m<sup>2</sup> de superficie (Fig. 4). Estas fotografías serán consideradas como muestras de área (no lineales como el transecto) distribuidas por las unidades ambientales. Las fotografías serán posteriormente analizadas en gabinete. Todas las mediciones y fotografías fueron llevadas a cabo por la misma persona con el objetivo de hacer lo más objetivo posible el error operativo y los transectos se mantuvieron en el mismo lugar, tanto en las mediciones del máximo de primavera como las hechas a finales de verano.

Figura 3. Mediciones en campo de la cobertura superficial del suelo usando un transecto de vegetación.



Figura 4. Fotografía tomadas en campo para ser tratada posteriormente en gabinete de la cobertura superficial del suelo usando un cuadrado de 0,25 m<sup>2</sup> de superficie.



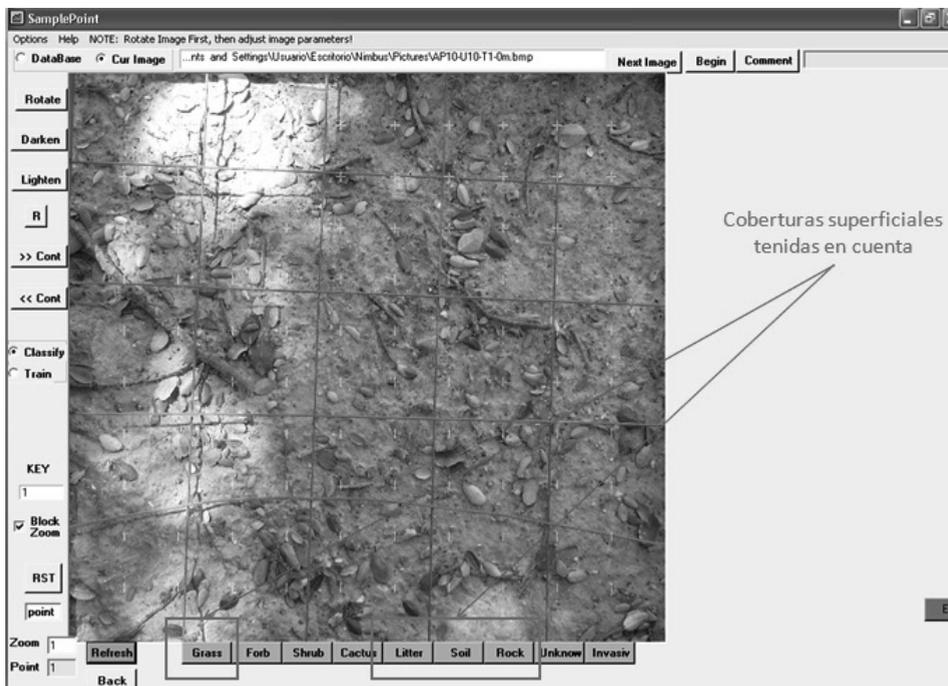
Una vez tratadas, éstas pasaban a ser muestreadas visualmente en pantalla con el apoyo del programa informático *SamplePoint* versión 1.51 (disponible de forma gratuita en la web: <http://www.ars.usda.gov/services/software/download.htm?softwareid=295>) desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para el muestreo de todo tipo de imágenes.

Se diseñó un muestreo por puntos sobre las imágenes, generando 100 puntos distribuidos regularmente en 10 columnas y 10 filas para cada una de las fotografías tomadas ( $n = 264$ , 132 de primavera y 132 de verano) en las diferentes unidades, lo que supone un total de 13.200 puntos de muestreo por campaña repartidos entre las 4 unidades. El programa permite seleccionar las clases de cubierta para cada punto, para lo que se consideraron, a efectos de poder comparar los resultados, las mismas coberturas superficiales (hierbas, hojarasca, suelo desnudo y rocas) que en el caso de las estimaciones en los transectos lineales (Fig. 6).

Figura 5. Fotografía de primavera tratada y recortada como paso previo al análisis con el programa informático *Sample Point* del USDA.



Figura 6. Interfaz del programa informático *SamplePoint* en el que señala las coberturas superficiales tenidas en cuenta en este estudio. En la imagen se puede ver a modo de pequeñas cruces los puntos de muestreo sobre una imagen de verano.



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este trabajo se realizó en dos momentos puntuales claves del año: mayo (máximo crecimiento vegetal) y septiembre (mínima cobertura vegetal) y a dos escalas, transecto y unidad o cercado (resultados de agrupar los datos correspondientes a los tres transectos de cada unidad). Las dos escalas de muestreo utilizadas sirvieron para ver a partir de qué nivel de detalle la técnica de muestreo puede influir en los resultados obtenidos.

Tal como figura en la tabla 1, En el mes de mayo (máximo vegetal) y a escala de transecto con el programa informático se cuantificó una mayor cantidad de hierba (> 10% en algunos transectos) y hojarasca (máxima diferencia: 8,9%) que las mediciones en campo, en contraposición de lo ocurrido en las mediciones de suelo desnudo y rocas (piedras y afloramientos rocosos). Este hecho puede ser debido a que las rocas provenientes del pedimento que domina en las unidades 7 y 8 (transectos del 19 al 24) en esta época del año quedan cubiertas por hierbas y son difíciles de ver en las imágenes. No obstante el transecto 23 ofreció unos resultados completamente diferentes a los demás, lo que puede dar lugar a un análisis más profundo de las técnicas en esta época del año.

Tabla 1. Porcentaje de superficie de suelo de cada tipo de cobertura superficial, medida en campo y gabinete, de los transectos de vegetación en mayo de 2010. gab.: valor obtenido en gabinete usando las fotografías; tr.: valor obtenido en las mediciones en campo sobre los transectos lineales de vegetación; Hojar.: hojarasca; SD: suelo desnudo. Las líneas separan los transectos de cada unidad en orden numérico: 7, 8, 9 y 10.

Transecto	Hierba gab.	Hierba tr.	Hojar. gab.	Hojar. tr.	SD gab.	SD tr.	Roca gab.	Roca tr.
<b>19</b>	<b>88.6</b>	<b>77.9</b>	<b>1.7</b>	<b>0.0</b>	<b>7.1</b>	<b>15.8</b>	<b>2.5</b>	<b>6.3</b>
20	87.4	76.4	2.0	2.6	9.6	12.7	1.0	8.3
21	86.2	71.8	0.5	2.2	9.9	16.1	3.5	9.9
22	83.3	78.7	0.2	0.0	11.4	14.7	5.2	6.6
23	56.6	80.7	0.1	0.0	37.2	14.2	6.1	5.1
24	79.8	80.4	0.9	0.8	13.7	13.4	5.5	5.4
25	79.4	76.2	9.9	1.6	8.6	21.0	2.1	1.2
26	75.7	68.8	7.6	0.5	6.8	25.2	9.8	5.5
27	84.4	77.3	10.8	8.7	3.5	12.3	1.3	1.8
28	69.5	60.6	6.5	0.0	22.5	37.2	1.4	2.2
29	69.3	67.3	12.5	3.7	17.1	28.1	1.1	0.9
30	62.4	58.1	9.9	3.5	26.2	38.0	1.5	0.3

En el caso de septiembre (mínimo vegetal) y también a escala de transecto (Tabla 2) las diferencias entre los valores obtenidos por las diferentes técnicas de muestreo se incrementaron (diferencia máxima: 26,9%, transecto 28), debido en parte a la mayor heterogeneidad de las coberturas superficiales del suelo, condicionadas en cierta manera por los procesos de defoliación consecuencia de diferentes intensidades de pastoreo. En esta parte del año se registraron diferencias significativas, incluso en la estimación de la hojarasca que se mantenía con valores similares en las mediciones de mayo.

Tabla 2. Porcentaje de superficie de suelo de cada tipo de cobertura superficial, medida en campo y en gabinete, de los transectos de vegetación en septiembre de 2010. gab.: valor obtenido en gabinete usando las fotografías; tr.: valor obtenido en las mediciones en campo sobre los transectos lineales de vegetación; Hojar.: hojarasca; SD: suelo desnudo. Las líneas separan los transectos de cada unidad en orden numérico: 7, 8, 9 y 10.

Transecto	Hierba gab.	Hierba tr.	Hojar. gab.	Hojar. tr.	SD gab.	SD tr.	Roca gab.	Roca tr.
19	90.9	82.9	0.1	0.0	6.4	15.2	2.6	1.9
20	83.5	76.1	2.8	6.6	10.2	14.1	3.4	3.2
21	85.3	74.7	2.5	2.6	7.9	20.0	4.4	2.7
22	2.2	2.8	26.7	43.6	63.3	48.7	7.8	4.9
23	9.0	6.8	23.4	39.8	61.6	48.3	6.0	5.1
24	0.9	16.8	36.5	45.6	54.5	31.0	8.1	6.7
25	38.0	58.1	43.0	22.8	17.3	15.7	1.7	3.4
26	34.3	52.9	39.6	33.6	25.5	9.7	0.6	3.8
27	84.3	67.9	10.1	23.6	5.5	8.4	0.1	0.0
28	1.5	0.5	34.5	10.2	61.0	87.9	3.0	1.3
29	16.6	13.3	33.2	22.0	47.9	62.9	2.3	1.8
30	2.6	2.1	46.5	36.0	49.0	61.5	1.8	0.4

A escala de unidad (Tabla 3) las diferencias se reducen, al producirse una compensación de errores entre los diferentes transectos de cada tres por unidad. Esta reducción de las diferencias se incrementa todavía más al analizar los valores promedio de todas las unidades en conjunto, particularmente en las mediciones de septiembre (diferencia máxima aproximada como promedio de unidades: 1%), lo que puede dar indicios de que en superficies extensas la técnica de muestreo no altera en esencia los resultados obtenidos.

En general, y teniendo en cuenta las dos escalas de análisis, la cobertura más variable fue el suelo desnudo, particularmente en septiembre. Las máximas diferencias se registraron en los transectos (28, 29 y 30) de la unidad 10 (intensidad de pastoreo: 3,0 UGM·ha<sup>-1</sup>). Si bien no se trata de un dato concluyente, este hecho viene a corroborar la elevada heterogeneidad de la cobertura edáfica en sistemas pastoreados y los efectos que el ganado ejerce sobre la aparición de áreas suelo desnudo, así como las dificultades para su cuantificación, siguiendo en la línea metodológica de otros trabajos (Pulido Fernández *et al.*, 2009a; 2009b).

Tabla 3. Porcentaje de superficie de suelo de cada tipo de cobertura superficial, medida en campo y en gabinete, de las unidades ambientales de estudio en mayo y septiembre de 2010. gab.: valor obtenido en gabinete usando las fotografías; tr.: valor obtenido en las mediciones en campo tomadas en los transectos lineales de vegetación; Hojar.: hojarasca; SD: suelo desnudo.

Unidad	Hierba gab.	Hierba tr.	Hojar. gab.	Hojar. tr.	SD gab.	SD tr.	Roca gab.	Roca tr.
<b>Mayo</b>								
7	87.4	75.4	1.4	1.6	8.9	14.9	2.3	8.2
8	73.2	79.9	0.4	0.3	20.8	14.1	5.6	5.7
9	79.8	74.1	9.5	3.6	6.3	19.5	4.4	2.8
10	67.1	62.0	9.7	2.4	21.9	34.4	1.3	1.2
Todas las unidades	76.9	72.8	5.2	2.0	14.5	20.7	3.4	4.5
<b>Septiembre</b>								
7	86.6	77.9	1.8	3.1	8.2	16.5	3.5	2.6
8	4.0	8.8	28.9	43.0	59.8	42.7	7.3	5.6
9	52.2	59.6	30.9	26.7	16.1	11.3	0.8	2.4
10	6.9	5.3	38.1	22.7	52.6	70.8	2.4	1.2
Todas las unidades	37.4	37.9	24.9	23.9	34.2	35.3	3.5	2.9

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se comparan dos técnicas de muestreo de vegetación, diferentes escalas y épocas vegetativas distintas del año. Los resultados obtenidos aportan indicios de la conveniencia del uso de ambas técnicas en función de la escala de trabajo y la resolución espacial necesaria. A un nivel de detalle exhaustivo el uso de una u otra técnica puede variar enormemente los valores conseguidos, por lo que se recomienda analizar concienzudamente la técnica de muestreo a emplear.

Las mayores variaciones se encontraron en las mediciones del mes de septiembre (mínimo vegetativo) y, particularmente, en la estimación del suelo desnudo. En todos los transectos se observaron diferencias entre las medidas en campo y las estimaciones sobre imágenes, principalmente, en el suelo desnudo y en la cobertura herbácea, así como en los contenidos de hojarasca en el mes de septiembre. Las estimaciones de cobertura rocosa (piedras > 2 mm y afloramientos rocosos) reflejaron valores similares con una tendencia a ser subestimada por las mediciones *ex situ* en la campaña de primavera, lo que se atribuye a la elevada cobertura de herbáceas que impide la correcta identificación de rocas en las fotografías tratadas en gabinete.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer expresamente a la Consejería de Economía Comercio e Innovación de la Junta de Extremadura y al Fondo Social Europeo la concesión y subvención de la beca predoctoral y contrato en prácticas de tipo FPI del primer autor (expediente PRE07009) y a los proyectos de investigación “Indicadores de calidad del suelo en áreas de pastoreo” (IDEG, PRI06A281) financiado por la Junta de Extremadura y “Evaluación y modelización integral de la degradación de dehesas y pastizales” (PADEG, CGL2008-01215/BTE) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, que han posibilitado la realización del trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- BRANDT, C. J., NICHOLA, G., IMESON, A. C. (2003): *A desertification indicator system for the Mediterranean Europe*, <http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/downloads.htm>
- CARMEL, Y., RONEN, K. (1998): “Computerized classification of Mediterranean vegetation using panchromatic aerial photographs”. *Journal of Vegetation Science* 9, 445-454.
- DOKUCHAEV, V. V. (1883) “Russian Chernozem”, In: Israel Program for Scientific Translations (Eds.), *Selected works of V.V. Dokuchaev (1967), Vol. 1*. Jerusalén, Israel. Traducido del ruso al inglés por N. Kaner., pp. 14-419.
- DUNNE, T., DIETRICH, W. E., BRUNENGO, M. J. (1978): “Recent and past erosion rates in semi-arid Kenya”. *Zeitschrift für Geomorphologie Suppl.* Bd. 29, 130-140.
- FAO (1998): *World Reference Base for Soil Resources, 84 World Soil Resources Reports*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- HORTON, R. E. (1933): “The role of infiltration in the hydrologic cycle”. *EOS Transaction A.G.U.* 14, 446-460.
- JARIEGO GARCÍA, Á. (2010): *Caracterización de los usos del suelo y su evolución temporal en una explotación agrosilvopastoril. Período 1956-2009*, Universidad de Extremadura, Cáceres, España. Trabajo realizado para la obtención del Diploma de Estudios de Avanzado de Doctorado.
- JENNY, H. (1941): *Factors of soil formation: A system of Quantitative Pedology*, McGraw-Hill, Nueva York, Estados Unidos.
- LOZANO PARRA, F. J., GÓMEZ GUTIÉRREZ, Á., PULIDO FERNÁNDEZ, M., LAVADO CONTADOR, J. F. (2009): “Classification of morphometric units from digital terrain models: Applications in land cover classification”. *Annals of Geomatics* VII, 2, 83-91.

- LOZANO PARRA, F. J., SCHNABEL, S., CEBALLOS BARBANCHO, A. (2010): “Dinámica espacial y temporal de la humedad edáfica: Resultados preliminares”, In: Schnabel, S., Lavado Contador, J. F., Gómez Gutiérrez, Á., García Marín, R. (Eds.), *Aportaciones a la Geografía Física de Extremadura con especial referencia a las dehesas*. Fundicotex. Cáceres, España, pp. 237-257.
- MORGAN, R. P. C. (1986): *Soil Erosion and Conservation*, Longman Scientific & Technical, Harlow, Reino Unido.
- PULIDO FERNÁNDEZ, M., LAVADO CONTADOR, J. F., GÓMEZ GUTIÉRREZ, Á., LOZANO PARRA, F. J. (2009<sup>a</sup>): “Quantification of bare soil and its spatio-temporal dynamic using different image classification methods”. *Annals of Geomatics* VII, 33-40.
- PULIDO FERNÁNDEZ, M., LAVADO CONTADOR, J. F., SCHNABEL, S., GÓMEZ GUTIÉRREZ, Á. (2009<sup>b</sup>): “Determination of bare soil and its seasonal variation using image analysis”, In: Romero Díaz, A., Belmonte Serrato, F., Alonso Sarria, F., López Bermúdez, F. (Eds.), *Advances in studies on desertification : contributions to the International Conference on Desertification in memory of professor John B. Thornes*. Editum. Murcia, España, pp. 375-378.
- SCHNABEL, S. (1997): *Soil erosion and runoff production in a small watershed under silvo-pastoral landuse (dehesas) in Extremadura, Spain*, Geoforma Ediciones, Logroño, Spain.
- SCHNABEL, S., GÓMEZ AMELIA, D., BERNET HERGUIJUELA, R. (1996): “La pérdida de suelo y su relación con la cubierta vegetal en una zona de dehesa”, In: Campesino Fernández, A. J., Velasco Bernardo, C. (Eds.), *Portugal - España: Ordenación territorial del suroeste comunitario*. Universidad de Extremadura. Cáceres, Spain, pp. 195-206.
- SCHNABEL, S., PULIDO FERNÁNDEZ, M., LAVADO CONTADOR, J. F. “Soil water repellency in rangelands of Extremadura (Spain) and its relationship with land management”. *Catena* (en revisión).
- STOCKING, M. A. (1988): “Assessing vegetative cover and management effects”, In: Lal, R. (Eds.), *Soil erosion research methods*. Soil and Water Conservation Society. Ankeny, Iowa, USA, pp. 163-187.
- STOCKING, M. A., MURNAGHAN, N. (2003): *Manual para la evaluación de campo de la degradación de la tierra*, Mundi-Prensa, Madrid, España. Traducción al español de Carolina Padilla y Juan Albadalejo.

