

Aplicación de técnicas hiperespectrales de imagen al estudio de la degradación de suelos en ambientes áridos (Los Monegros, España)

A. Gumuzzio Such⁽¹⁾, A. Palacios Orueta⁽¹⁾, T. Schmid⁽²⁾, J.A. Dominguez⁽³⁾, J. Gumuzzio⁽⁴⁾

(1) E.T.S.I Montes de Madrid. Departamento de Silvopascicultura, Ciudad Universitaria 28040 Madrid, Spain. E-mail: alicia.palacios@upm.es

(2) CIEMAT, Departamento de Medioambiente, Avda. Complutense 22, 28040 Madrid, Spain. E-mail: thomas.schmid@ciemat.es

(3) Centro de Estudios Hidrográficos CEDEX, Paseo Bajo de la Virgen del Puerto, 3, 28005 Madrid, Spain. E-mail: jose.a.dominguez@cedex.es

(4) Departamento de Geología y Geoquímica. Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid, Spain. E-mail: jose.gumuzzio@uam.es

ABSTRACT

The aim of this work is to identify characteristics associated to soils affected by degradation within an arid area of Spain using optical hyperspectral airborne data. The methodological approach was developed to determine the spatial distribution of selected soils affected by degradation processes. A satisfactory spatial distribution is obtained where the corresponding soil characteristics are closely related to degradation processes.

Palabras clave: Soil degradation, Monegros, HyMap, arid

INTRODUCCIÓN

La zona endorreica de Bujaraloz-Sástago en los Monegros presenta numerosas áreas sometidas a una creciente presión asociada fundamentalmente a cambios de uso en el territorio y posibles consecuencias del cambio climático. Los efectos de un régimen irregular de precipitaciones, la disminución de la extensión de la cubierta con vegetación y la actividad agrícola intensiva, han ocasionado una importante degradación en los suelos, que actualmente se muestran muy vulnerables. El seguimiento de los procesos de degradación del suelo y la evaluación de su vulnerabilidad a nivel multiescala y con suficiente cobertura espacial constituye un importante reto para la vigilancia de los procesos de desertificación.

Estudios previos, mediante el análisis de series temporales obtenidas por sensores multiespectrales (Castañeda et al., 2005) e hiperespectrales (Schmid et al., 2008), han demostrado la existencia de cambios importantes en las características de los suelos y humedales salinos de la zona. El modelo desarrollado en este trabajo relaciona los cambios en la respuesta espectral de los materiales con su composición, referida a la presencia dominante de carbonatos, yeso y sales solubles, y con tipología y vulnerabilidad del suelo frente a la degradación. Dentro de este contexto se pretende explorar la capacidad de los datos hiperespectrales obtenidos con el sensor HyMap para identificar rasgos asociados a suelos afectados por degradación en la zona de estudio.

METODOS

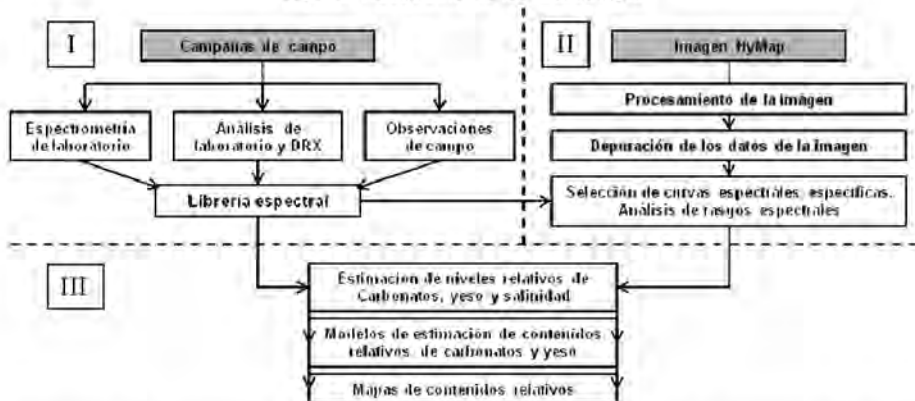
La zona de estudio, con una superficie aproximada de 300 Km², se ubica en Los Monegros dentro de la zona endorreica de Bujaraloz-Sástago, situándose próxima a la localidad de Bujaraloz y abarcando por el sur la Laguna de la Playa hasta los escarpes del río Ebro. Las

coordenadas del área de estudio son: UTM 729000/4598000; 745000/4579000. La topografía está dominada por las formas suaves y onduladas asociada a un relieve tabular formado por depósitos alternantes detríticos, yesíferos y carbonatados que corresponden a un medio sedimentario endorreico con zonas palustres y lacustres someras.

La zona está sometida a una fuerte presión asociada a una actividad agrícola cerealista, cambios de uso del suelo y a la existencia de una aridez más acusada que la correspondiente a su comarca. Estas condiciones hacen muy vulnerables a los suelos frente a los procesos de degradación por efecto de la erosión hídrica y eólica, salinización, actividad agrícola y cambios de uso. En particular, se considera que la implantación de regadío en unas 20.000 ha., producirá efectos notables sobre el suelo.

Los datos fueron adquiridos con el sensor "HyMap Imaging Spectrometer" en un vuelo realizado por DLR (German Remote Sensing Data Center) el 12 de agosto de 2004, dentro del programa "Europe HyVista. Los datos fueron obtenidos con las correcciones sistemática, geométrica y atmosférica realizadas por DLR en colaboración con HyVista Corporation. Las campañas de campo y toma de muestras superficiales de suelos se realizaron en periodos y condiciones similares a las de adquisición de los datos hiperespectrales y, las curvas de reflectancia de laboratorio, correspondientes a las muestras tomadas, fueron obtenidas con un equipo ASD Field Spect Pro.

Figura 1. Esquema de la metodología



Básicamente, la metodología (Figura 1) consta de tres etapas. En la primera se construye una librería espectral correspondiente a cubiertas de suelos de la zona de estudio incluyendo datos de análisis químicos y físicos de laboratorio de las muestras, así como de la mineralogía por DRX. En la etapa segunda se procede a la preparación de los datos hiperespectrales obtenidos con el sensor HyMap. Esto incluye el control de calidad de los datos, una corrección geométrica de detalle, elaboración de una máscara para eliminar las zonas con vegetación vigorosa y seca, eliminación de bandas afectadas por la atmósfera y finalmente, con la ayuda de la librería espectral se procede a la selección de curvas y análisis de rasgos espectrales asociados a las características de los suelos afectados por degradación. En la tercera etapa se realiza el procesamiento de los datos hiperespectrales aplicando el algoritmo Spectral Angle Mapper (SAM), posteriormente se determina una función de regresión entre los ángulos obtenidos con el clasificador y los contenidos de carbonatos y de yeso con 14 muestras ubicadas en el área de la imagen; y por último, se implementa la función regresión en los datos de la imagen para obtener los mapas con la distribución de contenidos en carbonatos y yeso. En el caso del estudio de la salinidad no fue posible realizar este último paso debido al escaso número de puntos disponibles para preparar la función de regresión, aquí la metodología ofrece el resultado de la clasificación SAM asignando un nivel de salinidad a rangos de ángulos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el estudio se han seleccionado tres tipos de suelos considerados vulnerables a los procesos de degradación: Regosol calcárico, Regosol gypsílico y Gypsic Solonchak. Los primeros están caracterizados por un escaso desarrollo edáfico, débil estructura y contenidos muy elevados en carbonatos y yeso respectivamente (Tabla 1). Estas características les hacen particularmente vulnerables a los efectos de la erosión acelerada por el laboreo que deja al suelo desprotegido durante periodos relativamente prolongados. Como consecuencia de la pérdida de horizontes superficiales por truncamiento se presentan en la superficie materiales subyacentes altamente carbonatados y yesíferos. En el caso del Gypsic Solonchak sus principales características derivan del exceso de sales fácilmente solubles que contienen. En su conjunto, los suelos conforman un mosaico de materiales cuyas características están relacionadas con la composición de los horizontes del suelo expuestos en la superficie.

Tabla 1. Datos más significativos de los suelos seleccionados.

Parámetro	Gypsic Solonchak	Regosol calcárico	Regosol gypsílico
Textura	Franco arcillo limosa	franca	limosa
Color (seco)	10YR 7/2	10YR 6/3	10YR 8/1.5
Color (húmedo)	10YR 4.5/2	10YR 4/2	10YR 6/2
Materia Orgánica (%)	2.5	2.6	1.1
pH (1:5 H ₂ O)	8.5	7.4	7.3
EC (1:5 dSm ⁻¹)	22.10	0.25	2.32
Factor K erosionabilidad	0.17-0.26	0.46-0.48	0.54-0.78
CaCO ₃ equiv. (%)	23.12	80.06	4.78
Calcita (*)	23.1	8.9	70.6
Dolomita (*)	6.0	2.3	0.7
Yeso (*)	18.3	0.0	75.3
Halita (*)	6.7	0.0	0.0
Quarzo (*)	7.9	10.0	3.9
Filosilicatos (esm,il.v-ch,k) (*)	38.1	18.3	9.6

(*). Análisis por DRX

En la Figura 3 se muestran las curvas espectrales obtenidas en condiciones de laboratorio y las correspondientes extraídas de la imagen hiperespectral para los suelos seleccionados. El Regosol calcárico (3a) muestra rasgos de absorción para los minerales de la arcilla a 2.2 μm y para la calcita a 2.29 y 2.34 μm. Este suelo tiene una textura franca y elevados contenidos en carbonatos. El Regosol gypsílico (3b) evidencia rasgos de absorción asociados al yeso a longitudes de onda de 1.484, 1.530 and 1.746 μm. Es especialmente significativa la declinación de la curva de reflectancia a elevadas longitudes de onda. La mineralogía indica una abundante presencia de yeso y su textura es limosa. El Gypsic Solonchak (3c) muestra a elevadas longitudes de onda una forma gaussiana en su curva, característica de los suelos afectados por sales. En este caso la mineralogía muestra junto con moderadas proporciones de yeso y carbonatos, la presencia de halita. Su textura es franco arcillo limosa. El factor K de erosionabilidad ofrece información relacionable con la vulnerabilidad de estos suelos frente a la erosión. Los valores de K obtenidos son considerados altos y muy altos para los Regoseles calcárico y gypsílico respectivamente y de bajos a medios para el Gypsic Solonchak. Las ecuaciones de regresión obtenidas entre los contenidos de carbonatos o yeso y los ángulos de la clasificación SAM son:

$y = 105,27e^{-12,03x}$ ($R^2 = 0,54$); $y = -285,56x + 67,825$ ($R^2 = 0,55$), para los carbonatos y yeso respectivamente. Los mapas de contenidos en carbonatos y yeso se muestran en la Figura 4. En la clasificación han sido excluidas las zonas con vegetación vigorosa y seca mediante una máscara. Las zonas con mayores contenidos en carbonatos (4a) y en yeso (4b) se corresponden respectivamente con zonas altamente vulnerables a la degradación de

Regosoles calcárico y gypsílico. Comparando los resultados con el mapa litológico de la zona se aprecia una buena correspondencia con las litofacies ricas en calizas y margocaliza para el caso de los carbonatos y con las de la unidad yesífera para el yeso.

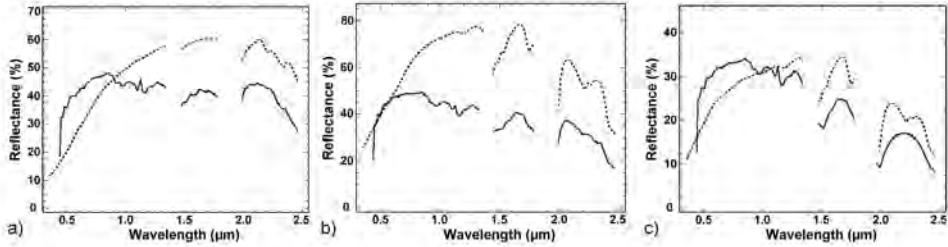


Figura 3. Comparación de reflectancia obtenidas por espectrorradiometría de laboratorio (línea de trazo) y HyMap (línea sólida) para a) un Regosol calcárico, b) un Regosol gypsílico y c) Gipsic Solonchak.

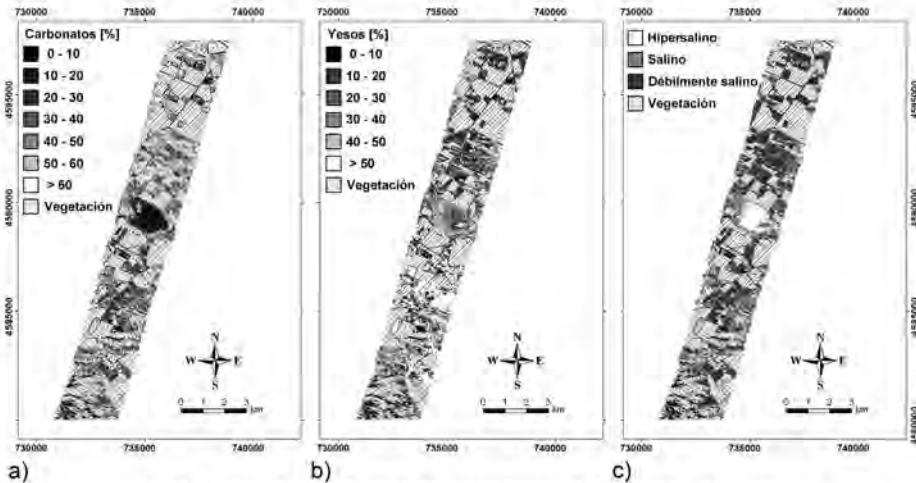


Figura 4. Mapas de distribución de: a) carbonatos, b) yesos y c) salinidad.

La figura 4c muestra el resultado de la clasificación SAM obtenida para niveles relativos de salinidad considerando tres rangos de ángulos: 0-0,10 medios hipersalinos; 0,11 a 0,20 medios salinos y >0,20 medios subsalinos y no salinos. Se pueden observar en la Laguna de la Playa los niveles hipersalinos del interior y los salinos en zonas de playa.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos pueden considerarse esperanzadores ya que han permitido establecer relaciones fiables entre los niveles más elevados de carbonato y yeso de los mapas de contenidos con litofacies carbonatadas y yesíferas y con suelos vulnerables a la degradación (Regosuelos calcárico y gypsílico). Está investigación pretende continuar mejorando los coeficientes de regresión para aumentar la fiabilidad de los resultados y con la aplicación de métodos de validación.

REFERENCIAS

- ❖ Castañeda, C., Herrero, J., and Casterad, A. (2005). Landsat monitoring of playa-lakes in the Spanish Monegros desert. *Journal of Arid Environments* 63, 497-516. Elsevier Sci.
- ❖ Schmid, T., Koch, M., and Gumuzzio, J. (2008). Application of hyperspectral imagery to map soil salinity. En: *Remote Sensing of Soil Salinization: Impact and Land Management*, Metternicht, G. and Zinck, A. (eds.), CRC Press, Taylor and Francis Publisher. Chapter 7, 113-139.