

Estimación de la susceptibilidad a la erosión y desertificación en zonas húmedas mediante radiometría VNIR.

P. Córdoba-Sola, J. Navarro-Pedreño, I. Gómez-Lucas, J. Mataix-Beneyto.

Grupo de Edafología Ambiental, Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández de Elche. Av. de la Universidad s/n. Edificio Alcudia.03202 Elche (España).
Teléfono (+34 966658532). pcordoba@umh.es, jonavar@umh.es.

ABSTRACT

A multispectral technology as tool for assessing the susceptibility to erosion and desertification in humid zones from the European Mediterranean was applied by means of the use of spectral reflectance data to determine the contents of different attributes of the soils. A collection of field electromagnetic spectrums were obtained from 25 covers of soil, a derivative analysis was applied to electromagnetic spectrums and finally a PCA was made. The results showed good correlations ($R^2 > 0,5$) between properties of soil and electromagnetic spectrums, therefore it is possible to determine the content of these soil attributes with spectral analysis, which minimizes cost and time.

Keywords: Derivative analysis, electromagnetic spectrum, humid zones, multispectral technology, PCA, spectral reflectance.

INTRODUCCIÓN

En la línea costera mediterránea hay casi 1 millón de ha de humedales. La Comunidad Valenciana cuenta con la red de zonas húmedas más importante de todo el Mediterráneo europeo, dispone de un sistema formado por 48 humedales, entre los que se encuentran 6 considerados de importancia internacional y otros menos conocidos, pero claves en la continuidad de las zonas húmedas, como es el Saladar de Agua Amarga en Alicante y el Paraje Natural del Clot de Galvany en Elche.

La protección y conservación de los ecosistemas mediterráneos costeros adquiere gran importancia por la presencia de procesos de desertificación y erosión. La desertificación es un proceso de degradación del suelo, agua, vegetación y otros recursos que en España es debido, sobre todo, a la erosión hídrica, la cual a su vez se debe en buena parte a la pérdida de vegetación. Por tanto, se establece la necesidad de analizar la modificación de la dinámica natural y funcional de estos ecosistemas y de su entorno natural.

En este trabajo se propone el uso de una herramienta de análisis y control del medio edáfico para valorar sus condiciones *in situ* y, de este modo, poder evaluar su susceptibilidad a la degradación. Mediante la aplicación de esta técnica: Radiometría VNIR, se pretende estimar la influencia de estos procesos en determinadas propiedades de los suelos que son básicas para determinar su susceptibilidad a la erosión: textura, CaCO_3 y MO (Loss-on-ignition).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en los entornos naturales del Clot de Galvany, localizado en la zona costera del término municipal de Elche y, el Saladar de Agua Amarga, situado entre los términos de Alicante y Elche, catalogados como Marjal y Saladar litoral respectivamente.

Radiometría de campo

Los datos en campo fueron adquiridos entre octubre y diciembre de 2008. La respuesta espectral de las *cubiertas* seleccionadas se procesaron a partir del registro de los espectros de reflectancia de cada muestra de suelo. El espectrorradiómetro de campo utilizado fue Handheld FieldSpec de ASD que cubre el rango del espectro electromagnético situado en la región visible (VIS) e infrarrojo cercano (NIR): entre 375nm y 1050nm. Como referencia en las medidas de campo, se utilizó un blanco de reflectancia difusa: *Spectralon* con reflectancia de un 99% (Labsphere Inc.). Se realizaron un total de 5 mediciones radiométricas en las 25 cubiertas de suelo seleccionadas. Cada conjunto de cinco medidas fue promediado para obtener un único espectro representativo corregido.

Análisis derivativo

El análisis espectral derivativo ha sido recomendado para el estudio de datos hiperespectrales adquiridos bajo condiciones de iluminación natural (Andréfouët et al., 2003; Talsky, 1994), y descrito como el mejor para inhibir los efectos de fondo de la línea base (Duckworth, 1998). Bajo esta base teórica, se aplicó un análisis derivativo consistente en la aplicación de la primera y segunda derivada a los espectros registrados en campo.

Determinación de parámetros edáficos

Análogo al análisis espectral, se llevo a cabo la determinación de los parámetros edáficos en laboratorio. Los parámetros propuestos fueron: M.O. (Konen *et al.*, 2002), CaCO₃ y tamaño de partícula (%arcilla, limo y arena).

Análisis estadístico

A partir del conjunto de registros en campo se realizó un Análisis estadístico de Componentes Principales (ACP). Este análisis es considerado como una técnica de análisis multivariante dentro de las conocidas como Métodos Factoriales. Fundamentalmente es una técnica de reducción de variables (Riba, 1989) que por medio de combinaciones lineales de las variables originales, en nuestro caso, valores de reflectancia asociados a cada longitud de onda, transforma las variables independientes en otras a través de las relaciones lineales existentes entre ellas, evitando además, problemas de colinealidad.

El objetivo del ACP es generar un nuevo sistema de coordenadas en el espacio multiespectral en el cual los datos pueden ser representados sin correlación, de tal manera que la matriz de varianza-covarianza sea diagonal en el nuevo sistema de coordenadas.

Los componentes principales son nuevas variables Y_1, Y_2, \dots, Y_p que se obtienen como combinaciones lineales de las variables originales (1) (reflectancia):

$$\begin{aligned} Y_1 &= a_1^t X = a_{11} X_1 + a_{21} X_2 + \dots + a_{p1} X_p \\ Y_2 &= a_2^t X = a_{12} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{p2} X_p \\ &\vdots \\ Y_p &= a_p^t X = a_{1p} X_1 + a_{2p} X_2 + \dots + a_{pp} X_p \end{aligned} \quad (1)$$

A partir de las nuevas variables obtenidas, componentes principales, se realizó una regresión sobre componentes principales (RCP) para estimar a través de la construcción de modelos, las variables dependientes: M.O, %Arena, Limo, Arcilla y CaCO₃, en función de los componentes principales asociados al número de predictores. En la regresión por componentes principales a diferencia de la regresión simple, se estudia la interdependencia del conjunto en lugar de la dependencia de unas variables con respecto a otras, el interés se centra en la recta o componente representativa de la interrelación, por lo que la

minimización se refiere a las desviaciones cuadráticas ortogonales a dicha componente, y no a las paralelas de una dirección prefijada (Batista *et al*, 1989). Los análisis fueron desarrollados con el programa estadístico informático, Statistical Package for the Social Sciences 16.0 (SPSS Inc., 2008)

RESULTADOS Y DISCUSION

Según los resultados, con la técnica de análisis factorial se obtienen 24 variables nuevas, componentes principales, de las 675 observables asociadas a cada longitud de onda (375-1050nm), con las cuales se explica el 100% de la variación total.

En la tabla 2, se muestran los resultados de regresión de componentes principales para la variable dependiente: M.O, %Arena, Limo, Arcilla y CaCO₃. Estos resultados muestran correlación entre los parámetros edáficos medidos en laboratorio y los espectros electromagnéticos de las 25 cubiertas de suelo seleccionadas y medidos en campo, por lo que se podrían estimar directamente a partir de la ecuación de regresión.

En este modelo se ha realizado una regresión sobre los 15 primeros componentes principales, los cuales recogen el 99,586% de la variabilidad, debido por un lado, a la gran reducción de datos que supone la aplicación de este análisis y, por otro, al pequeño tamaño muestral (N=25). Esto quiere decir, que probablemente con mayores tamaños muestrales se podría trabajar con componentes principales que recogiesen por ejemplo, el 90% de la variabilidad, tal como se ha propuesto en otros trabajos, obteniéndose unas mayores correlaciones (R²>0,8).

Tabla 2. Resumen del modelo de regresión de componentes principales (RCP).

Atributo	Ecuación de regresión	R ²	Sig. del cambio en F
%LOI	1,951+2,258C ₁ +2,256C ₂ +0,003C ₃ +0,031C ₄ +0,033C ₅ +5,588C ₆ +0,031C ₇ +14,9C ₈ +0,089C ₉ +114C ₁₀ +0,037C ₁₁ +0,010C ₁₂ +3,387C ₁₃ +3,68C ₁₄ -1,192C ₁₅	0,631	,505
Arena	49,028-2,303C ₁ -4,380C ₂ +4,417C ₃ -14,222C ₄ +2,191C ₅ -6,630C ₆ +5,577C ₇ -11,490C ₈ +4,53C ₉ +1,17C ₁₀ -7,75C ₁₁ -2,519C ₁₂ +2,385C ₁₃ +5,968C ₁₄ +1,592C ₁₅	0,704	,301
Limo	33,090+3,648C ₁ -1,027C ₂ +0,008C ₃ +8,136C ₄ -4,468C ₅ +1,651C ₆ +8,881C ₇ +10,234C ₈ -7,759C ₉ -2,775C ₁₀ -4,169C ₁₁ +4,843C ₁₂ -3,672C ₁₃ -3,672C ₁₄ -1,521C ₁₅	0,591	,612
Arcilla	17,888-C ₁ +5,405C ₂ +4,408C ₃ +6,087C ₄ -1,724C ₅ +4,979C ₆ +4,696C ₇ +1,259C ₈ -3,308C ₉ +2,661C ₁₀ +4,945C ₁₁ -2,325C ₁₂ +1,284C ₁₃ -2,304C ₁₄ -0,74C ₁₅	0,668	,399
Carbonatos	51,566-1,887C ₁ +1,245C ₂ -3,564C ₃ +9,248C ₄ +2,272C ₅ +1,757C ₆ +2,256C ₇ +9,995C ₈ +2,475C ₉ +3,936C ₁₀ -2,454C ₁₁ -0,059C ₁₂ +3,325C ₁₃ +2,330C ₁₄ +11,418C ₁₅	0,630	,507

CONCLUSIONES

Mediante la elaboración de este trabajo se ha comprobado la relación existente entre los parámetros edáficos determinados en laboratorio y espectros electromagnéticos medidos en campo, pudiéndose estimar cuantitativamente.

Esto permite mediante la aplicación de radiometría VNIR desarrollar sistemas para nuevas aplicaciones que implican la generación de nuevos instrumentos tecnológicos y, el desarrollo de herramientas de uso y aplicación inmediata, en este caso, para la estimación de propiedades asociadas a la susceptibilidad a la erosión de zonas húmedas, *in situ* y de forma inmediata.

Por otro lado, no es sencillo establecer una relación entre las propiedades físicas y químicas de los suelos y sus curvas espectrales, puesto que son muchos los factores que inciden en la variabilidad espacial y espectral (García et al, 1997), por lo que resulta necesario el mantenimiento de líneas de investigación para la evaluación de los suelos que a partir de estas técnicas no destructivas, aporten resultados rápidos para la conservación y mejora de los suelos.

AGRADECIMIENTOS

Patricia Córdoba Sola, agradece a la Caja de Ahorros del Mediterráneo (CAM) su colaboración para el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- ❖ Andréfouët, S., Hochberg, E.J., Payri, C., Atkinson, M.J., Muller-Karger, F.E. & Ripley, H. 2003. Multi-scale remote sensing of microbial mats in an atoll environment. *International Journal of Remote Sensing* 24(13), 2661-2682.
- ❖ Batista, J.M & Martínez, R. 1989. Análisis multivariante. Análisis de Componentes principales. Barcelona: *Hispano Europea*.
- ❖ Duckworth, J. 1998. Spectroscopic Qualitative Analysis. En: Applied Spectroscopy. A Compact Reference for Practitioners. Workman Jr, J., Springsteen, A. (Eds.). *Academic Press*. London, UK., 93-163.
- ❖ García Rodríguez, M.P & Muñoz León, C. 1997. Utilización de la Teledetección y Sistemas de Información Geográfica en la Cartografía de suelos. *Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo* 4, 95-105.
- ❖ Konen, M.E., Jacobs, P.M., Lee Burras, C., Talaga, B.J & Mason, J.A. 2002. Equations for Predicting Soil Organic Carbon Using Loss-on-ignition for North Central U.S. Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66: 1878-1881.
- ❖ Riba, M.D. 1989. *Una paronámica de las técnicas estadísticas multivariantes*. Doc. de laboratorio de Psicología Matemática. Barcelona: Univ. Autónoma.
- ❖ Talsky, G. 1994. *Derivative Spectrophotometry: Low and Higher Order*. VCH Verlagsgesellschaft. Weinheim, Federal Republic of Germany. 228 p.
- ❖ Statistical Package for the Social Sciences 16.0. 2008. SPSS 16.0 for Windows Help System. SPSS 16.0 by Inc Spss.