

CALIDAD DE SUELO EN LA MANCHA: CARTOGRAFIA DE UNIDADES SALINAS MEDIANTE IMÁGENES TM

P. García Rodríguez y M^a E. Pérez González
mpgarcia@ghis.ucm.es
Dpto. de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física
Universidad Complutense de Madrid
C/ Profesor Aranguren s/n, 28040 Madrid

Resumen

El objetivo del trabajo es conocer la distribución espacial de los suelos salinos y la superficie con riesgos de inundación. Para ello se utilizan imágenes TM multitemporales en las que se han aplicado diversas combinaciones de bandas e índices. También se ha realizado una clasificación supervisada con once categorías. Toda la información obtenida a partir de las imágenes de satélite ha sido complementada con datos de campo.

Summary

In this study the spatial distribution of salinity soils and the surface at the risk of flooding has been analysed. We have used multitemporal TM images, in this images we have applied some band combinations and indices. Also we have made a supervised classification with eleven categories. All the satellite information has been completed with data field.

Palabras clave: salinidad, suelos, TM, La Mancha

Key words: salinity, soils, TM, La Mancha

Introducción

La calidad del suelo se define como “la capacidad de funcionar de un específico tipo de suelo”. Se evalúa midiendo un grupo mínimo de propiedades, entre ellas la salinidad (USDA, 1999). Uno de los problemas fundamentales al analizar la calidad de los suelos en la comarca de La Mancha es conocer la extensión de los suelos salinos y cómo las superficies afectadas por salinidad varían espacial y temporalmente. Gran parte de las sales que aparecen en estos suelos proceden de sedimentos mesozoicos y terciarios ricos en ellas (carbonatos, sulfatos y cloruros). Las variaciones naturales y antrópicas en los niveles de agua, así como el manejo de los suelos, en un clima semiárido, arrastran en ocasiones las sales a superficie. La presencia de eflorescencias superficiales y la vegetación halófila permiten distinguir las áreas afectadas por salinización. Pero con frecuencia las propiedades salinas quedan enmascaradas por acumulaciones de materia

orgánica o por procesos de hidromorfia y aportes aluviales.

En La Mancha existen numerosas lagunas con altos contenidos en sales procedentes en su mayor parte de sedimentos mesozoicos y terciarios (Peña Hueca, Tirez, Quero, Alcázar de San Juan, Salicor, Sánchez Gómez, etc). Sin embargo, estas lagunas no dan lugar siempre a suelos salinos in situ, clasificados como tal siguiendo las normas FAO (1998), si bien en áreas de inundación de los ríos y en los alrededores de las propias lagunas éstos aparecen de forma aislada constituyendo solonchaks, pero debido a la pequeña extensión de sus pedones, en los mapas tradicionales no aparecen como unidades independientes sino asociadas a otras unidades: calcisoles, regosoles, fluvisoles y kastanozems (Carlevaris *et al.* 1992), aunque la asociación suele estar dominada por los solonchaks y kastanozems. Esta asociación se extiende, en la provincia de Ciudad Real, a lo largo de la llanura de inundación de los ríos Cigüela, Záncara y Guadiana y en los alrededores de las principales lagunas (Villafranca de los Caballeros y Navalafuente) con una superficie superior a las 32.000 ha. En la provincia de Toledo los solonchaks se cartografían como inclusiones dentro de los fluvisoles (Monturiol *et al.* 1984). Al igual que en Ciudad Real sus principales unidades son solonchaks mólicos y solonchaks gleicos, perfiles con alto contenido en materia orgánica y/o con importantes procesos de hidromorfismo. Estos suelos se sitúan en las vegas de los ríos y en las áreas próximas a las lagunas. Están constituidos en gran parte por sulfatos (pudiendo puntualmente formar gipsisoles) y su lavado es difícil por localizarse en áreas muy llanas y topográficamente deprimidas. La superficie del suelo suele estar cubierta de eflorescencias salinas durante el verano, lo que le confiere un tono muy claro que es posible detectar mediante las imágenes de satélite, si bien la presencia de materia orgánica en el horizonte superficial (la mayoría tienen un epipedón mólico) o los aportes de aguas subterráneas pueden dificultar su identificación.

Los suelos salinos también han sido descritos sobre materiales mesozoicos ricos en sales que se localizan en áreas deprimidas (Peinado, 1994 y Pérez González, 1995). Se han citado Solonchaks gleicos

en las proximidades de Alcázar de San Juan sobre areniscas triásicas, en la laguna de la Vega (Pedro Muñoz, Ciudad Real) sobre materiales calcáreos (Peinado 1994), y al sur de la laguna Larga de Villacañas sobre arcillas triásicas (Pérez, 1995). Además de los contenidos salinos, la calidad de estos suelos queda condicionada en parte, también, por los vertidos urbanos e industriales que se hace a las aguas que los atraviesan (ríos, arroyos y lagunas), produciéndose procesos de contaminación química con aumento de nitratos etc., aunque la instalación de depuradoras en algunos pueblos está reduciendo el problema (García *et al.*, 1999).

Objetivos

La comarca de La Mancha ha sufrido importantes cambios en el manejo de sus suelos durante las últimas décadas. Así, suelos que en principio no ofrecían gran calidad agrícola han sido puestos en regadío, aumentando notablemente sus rendimientos. Pero este hecho, que en principio puede resultar beneficioso, ha conducido también a importantes problemas de degradación cuando no existe una buena planificación y conocimiento del terreno. Sólo los suelos no sometidos a procesos de encharcamiento continuado pueden ofrecer características agronómicas favorables, por lo que es necesario conocer el área de mayor riesgo de inundación. Para ello las imágenes de satélite que permiten un estudio continuado multitemporal pueden resultar de gran utilidad.

El riesgo combinado de inundación y altos aportes de sales conducen a un nulo rendimiento agrícola, por lo que una cartografía edafológica de estas áreas resulta muy adecuada para la gestión del territorio, con el fin de impedir que se pongan en regadío los suelos salinos que, ya tradicionalmente, los agricultores habían respetado dejándolos con su vegetación natural halófila. Además, la existencia de esta vegetación natural higro-halófila en los entornos de las lagunas o en las llanuras de inundación supone el mejor freno a las frecuentes inundaciones.

Material y Métodos

Este estudio parte de la localización puntual de algunos suelos salinos, clasificados como solonchaks, en el sector manchego de Toledo y Ciudad Real (entornos de las Lagunas de Alcázar de San Juan y Villafranca de los Caballeros, Peinado, 1994; de la Laguna Larga de Villacañas, Pérez, 1995; y de la llanura de inundación del río Cigüela, Sanchez, 1997). También se han utilizado los mapas de suelos del área analizada (Monturiol *et al.*, 1984 y Carlevaris *et al.* 1991) en los que estos perfiles aparecen asociados a otras unidades. Junto a ello, se

ha intentado discriminar los suelos salinos en imágenes TM del satélite Landsat. Se han seleccionado dos miniescenas, de fechas contrastadas (26-8-1995 y 20-2-97), en las que se identificará la máxima extensión de la llanura de inundación de los principales ríos, las lagunas salinas y las litologías ricas en sales.

Las imágenes Landsat se han tratado mediante el programa ERDAS Imagine 8.3.1, se han georreferido a coordenadas UTM y se han efectuado diversas mejoras radiométricas, espectrales y espaciales. Basándonos en el conocimiento del terreno con numerosos análisis y estudios efectuados a lo largo de la década de los noventa, se ha efectuado, en ambas fechas, una clasificación supervisada (con la regla paramétrica de la máxima probabilidad), con el fin de separar las principales unidades litológicas y usos de suelo, poniendo especial énfasis en las áreas salinas. Además se han calculado diferentes índices (de arcilla, mineral e hidrotermal) en las imágenes de las dos fechas para tratar de diferenciar algunas clases informacionales que se mezclan en las imágenes originales: distintos tipos de vegetación, grado de saturación-inundación del suelo, unidades litológicas, etc.

Resultados y discusión

Para localizar los suelos salinos se han considerado dos factores fundamentales: la topografía (están en zonas muy llanas o deprimidas) y la litología (más frecuentes en materiales triásicos y en los sedimentos aluviales cuaternarios).

La topografía incide en el desarrollo de los suelos, dificultando el lavado de las sales cuando se localizan en áreas deprimidas, por lo que se acumulan con frecuencia en superficie, produciendo eflorescencias salinas con altos valores de reflectancia. Para diferenciar los suelos salinos del resto de las unidades de suelos que constituyen la asociación (regosoles, fluvisoles, calcisoles y kastanozems) en las llanuras de inundación y entornos lagunares deben localizarse los materiales triásicos, formados por areniscas y arcillas del Buntsandstein y margas, arcillas y yesos del Keuper. Estos materiales alcanzan extensiones considerables en los alrededores de Alcázar de San Juan- Campo de Criptana y al noroeste de Villafranca de los Caballeros (Peinado, 1994).

En las imágenes de satélite se detectan claramente las unidades correspondientes al triásico debido especialmente a su color vináceo y a la mayor humedad. Incluso se identifican algunos sectores pequeños en los que aparecen estos materiales y que no han sido reconocidos en los mapas geológicos (Pérez *et al.* 2000). La combinación en color natural (3,2,1, asignando los cañones rojo, verde y azul)

(fig. 1a,1b) es la que permite discriminar mejor las arcillas por sus colores rojizos; estas arcillas pertenecen tanto al mesozoico (ricas en sales) como al terciario (sin ellas).

Se han realizado diversos índices entre bandas para las dos fechas. De todos ellos se han seleccionado los dos que ofrecen mayor respuesta al objetivo del estudio: índice hidrotermal (5/7,3/1,4/3) e índice de arcillas (5/7). En el primero (fig. 1c,1d) se discrimina muy bien la humedad, delimitándose llanuras de inundación, lagunas, parcelas de regadíos y suelos saturados en agua. La comparación entre las dos fechas analizadas permite conocer la variabilidad de las áreas con riesgo de encharcamiento-inundación.

El índice de arcillas (fig. 1e, 1f) destaca los sedimentos finos triásicos en tonos oscuros; asimismo aparecen con tonos similares algunas arcillas neógenas (aunque la mayoría se separan de esta clase por sus tonos más claros) y los pueblos, si bien estos se distinguen por su diferente patrón espacial.

De las clasificaciones supervisadas, ha resultado mejor la correspondiente al invierno (fig.1g) por tener una gran homogeneidad en cuanto a la humedad del suelo. Por ello, pueden separarse bien los grandes grupos litológicos y coberturas del suelo. Tanto la llanura de inundación de los ríos Riánsares, Cigüela y Záncara, como los sedimentos arcillosos mesozoicos quedan claramente cartografiados en esta clasificación. También se dibujan los núcleos e infraestructuras urbanas y se establecen dos clases en los humedales atendiendo a la altura del agua.

Conclusiones

Las imágenes TM permiten cartografiar con precisión la llanura de inundación de la cuenca alta del Guadiana. Esta área, muy llana y homogénea, es difícil delimitarla en campo y mediante fotografía aérea. En estas imágenes se identifican los sedimentos arcillosos debido a su color, textura y humedad. También se discriminan, por sus altos valores digitales, las eflorescencias salinas superficiales en suelos muy secos. No obstante, las curvas espectrales no muestran valores altos en aquellos suelos en los que las sales están repartidas por el perfil, sin acumularse en superficie. Por tanto, las imágenes del TM resultan eficaces para delimitar unidades litológicas y/o con altos contenidos de humedad. En estas unidades hay una alta probabilidad de que se formen suelos salinos, pero no siempre es posible identificarlos: es necesario un trabajo complementario de campo y confirmar los datos digitales con análisis de laboratorio.

Las clasificaciones sin supervisar, de cualquier época del año, no han dado resultados satisfactorios,

por lo que es necesario tomar campos de entrenamiento de diferentes unidades.

Dada la gran variabilidad interanual en el comportamiento de aguas y sales es conveniente estudiar imágenes de diferentes épocas, recogiendo las oscilaciones en el contenido superficial de sales y en la extensión de la llanura de inundación.

Agradecimientos: este trabajo se ha realizado con la ayuda del Proyecto CICYT: AGL-2002-02294

Bibliografía

Carlevaris, J.J.; Horra de la, J.L. y Rodríguez, J. 1982. *La fertilidad de los principales suelos de la provincia de Ciudad Real. La Mancha y Campo de Montiel*. CSIC, Madrid y Consejería de Agricultura de Castilla La Mancha.

F.A.O. 1998. Base de Referencia para los suelos del mundo. FAO. Roma.

García Rodríguez, M^a P. y Pérez González, M^a E. 1999. Estudio mediante imágenes TM del entorno de Villacañas (Toledo). *Revista de Teledetección*, 11: 13-22.

Monturiol Rodríguez, F. *et al.* . 1984. *Estudio Agrobiológico de la provincia de Toledo*. Ins. Edaf. Veg. e Inst. Prov. Invest. Estudios Toledanos. Toledo, 378 pp.

Peinado Martín Montalvo, M. 1994. *Funcionamiento y variabilidad de los geosistemas de los humedales manchegos*. Tesis doctoral, Dpto. A.G.R. y Geografía Física, Universidad Complutense de Madrid, 296 pág. con mapas y anexos.

Pérez González, M^a E. 1995. *Humedales de la confluencia de los ríos Riánsares y Cigüela: estudio de ciertas funciones*. Tesis doctoral, Dpto. A.G.R. y Geografía Física, U.C.M., 271 pág. y 3 mapas.

Pérez González, M^a E; Sánchez Pérez de Evora, A.; García Rodríguez, M^a P. y Sanz Donaire, J.J. 2000. Análisis mediante imágenes de satélite de la salinización en la laguna Larga de Villacañas. En *Lecturas Geográficas*, vol. II, 1655-1665.

Sánchez Pérez de Evora, A. 1997. *Humedales Manchegos: factores ambientales y su repercusión en los suelos*. Tesis doctoral, Dpto. A.G.R. y Geografía Física, U.C.M., 405 pp.

U.S.D.A. 1999. *Guía para la Evaluación de la calidad y salud del suelo*. Dpto. de Agricultura. EEUU.