

# Degradación de suelos en Castilla La Mancha: Estudio de áreas piloto mediante teledetección

Pilar GARCÍA RODRÍGUEZ y M.<sup>a</sup> Eugenia PÉREZ GONZÁLEZ

Dpto. de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. Universidad Complutense de Madrid  
mpgarcia@ghis.ucm.es

Recibido: 18 de diciembre de 2004

Aceptado: 14 de abril de 2005

## RESUMEN

Los principales factores de pérdida de suelo en Castilla La Mancha han sido analizados a partir de imágenes de los satélites Landsat 5 y 7 a lo largo de las tres últimas décadas. Se han escogido nueve áreas piloto en las que se detectan los siguientes problemas: pérdida de suelo por sellado, salinización, erosión hídrica y eólica, contaminación, hidromorfismo y pérdida de materia orgánica. Estos satélites han resultado especialmente útiles para hacer un seguimiento de las pérdidas de vegetación, procesos de acarcavamiento, sellado, salinización del suelo y control de áreas inundables. Por el contrario, son aconsejables sensores con mayor resolución espectral y/o espacial para detectar la contaminación química y la pérdida de materia orgánica en los suelos.

**Palabras clave:** degradación, calidad del suelo, teledetección, Castilla La Mancha

## Degradation of the soil in Castilla-La Mancha: Study of pilot areas by means of teledetection

## ABSTRACT

Main loss soil factors in the Community of Castilla La Mancha through Landsat 5 and 7 satellite images over a twenty-seven year period (1987-2003) have been analysed. Nine areas have been chosen in order to detect the following problems: soil loss by sealing, salinization, run-off and aeolian erosion, contamination, hydromorphism and organic matter loss. These satellite images have been quite useful in order to carry out the evolution of vegetation loss, badlands processes, sealing, salinization, as well as to detect floodplain areas. On the contrary more spectral and spatial resolution sensors would be preferable for chemical contamination and loss of organic matter detection.

**Keywords:** land quality degradation, soils, remote sensing, Castilla La Mancha

**SUMARIO:** 1. Introducción. 2. Material y métodos. 3. Resultados y discusión. 4. Conclusiones. 5. Bibliografía

Proyecto CICYT AGL 2002-02294

## 1. INTRODUCCION

Uno de los principales problemas medioambientales en el área mediterránea es la degradación de los suelos. Este problema afecta de forma importante a España por lo que se ha creado un «Centro Nacional de Referencia de Suelos» en el IGME en el que se están desarrollando normas para la protección del mismo, con una legislación específica sobre suelos contaminados. La Unión Europea, preocupada por la erosión de los suelos, también ha formado distintos grupos de estudio en los que analiza problemas específicos (Castillo *et al.* 2004).

En esta misma línea, las autoridades científicas españolas financian diversos proyectos de investigación dedicados a estos temas. En uno de ellos: «Propuesta de un índice de calidad de suelos para Castilla La Mancha» (2002-2005), financiado por la CICYT, se están efectuando estudios sobre la calidad y estado de conservación de los suelos en dicha Comunidad. El presente trabajo, en el que se ha utilizado la teledetección como técnica principal de análisis, está incluido dentro de este Proyecto.

Antes de efectuar un análisis detallado y puntual de cada uno de los tipos de degradación es necesario conocer, a escala regional, cuales son los principales problemas que afectan a los suelos de esta Comunidad. El objetivo de este artículo es sintetizar los principales tipos de degradación, basándonos en imágenes de satélite y en el conocimiento del área.

Castilla-La Mancha (fig. 1) tiene una extensión de 79.222 km<sup>2</sup> y, según el censo de 2001, 1.760.516 habitantes, lo que da una densidad media de 22 hab/km<sup>2</sup>, muy por debajo de la media de España (79 hab/km<sup>2</sup>). Esta población se ha incrementado en 47.987 habitantes con respecto al censo de 1991. Todas las provincias han aumentado su población, excepto Cuenca que ha perdido 1.366 habitantes. Este incremento es debido, fundamentalmente, a la influencia de Madrid, pero aún un alto número de personas viven en el medio rural. Sin embargo y según los datos del Ministerio de Medio Ambiente (2003), Castilla La Mancha tiene un alto porcentaje de suelo con procesos de desertificación (tabla 1). Albacete, con un 79,9% de su territorio, ocupa el décimo lugar en porcentaje de desertificación dentro de las provincias españolas; Toledo, con un 43,7%, el décimo quinto, Cuenca el décimo octavo; Ciudad Real el vigésimo y Guadalajara el vigésimo segundo. Todas ellas tienen una tasa de desertificación superior al 25% y, en conjunto, un tercio de su superficie se considera afectada por la desertificación.

**Tabla 1.** Capacidad unitaria de las instalaciones de tratamiento de RSU del Ayuntamiento de Madrid

PROVINCIA	HECTÁREAS AFECTADAS	PORCENTAJE
Albacete	1.192.179	79,9
Toledo	671.266	43,7
Cuenca	611.954	35,7
Ciudad Real	644.603	32,5
Guadalajara	351.293	28,8

En el Atlas Mundial de desertificación de 1992 (UNEP, 1992) se establece que un 80% del territorio de Castilla La Mancha presenta un nivel de degradación de suelos moderado, un 15% alto y un 5% muy alto (afectando éstos sobre todo a la provincia de Albacete). Esta degradación es debida en gran medida a la acción antrópica, si bien el clima es también un factor determinante. Entre las acciones que han incrementado la degradación destacan: eliminación de cubierta vegetal por abandono de áreas de cultivo e incendios forestales, sobreexplotación de reservas hídricas, sobre pastoreo, incorrecta planificación de usos del suelo y técnicas agrícolas inapropiadas. Para analizar esta degradación en la década de los noventa se concedieron diversos Proyectos de Investigación, destacando el proyecto EFEDA, financiado por la Unión Europea (Melia *et al*, 1994).

El Proyecto «Propuesta de un índice de calidad de suelos para Castilla-La Mancha» fue concedido en 2002 con el fin de analizar la calidad de los suelos de esta Comunidad, con especial énfasis en los suelos de uso agrícola. En este trabajo se han seleccionado nueve áreas piloto para analizar diferentes aspectos de la degradación de los suelos utilizando técnicas de teledetección: dos en Guadalajara, una en Toledo, cinco en Ciudad Real y una en Albacete.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Los diferentes tipos de degradación se analizan a partir de imágenes de los satélites Landsat 5 (sensor TM) y Landsat 7 (sensor ETM+).

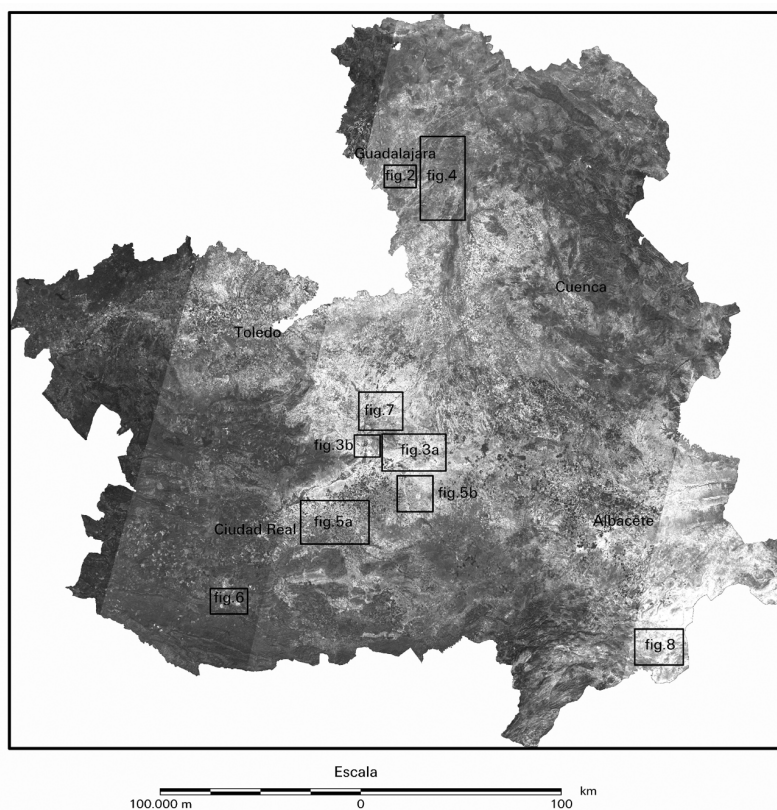
La Tabla 2 recoge las escenas utilizadas en este trabajo en el que se ha realizado una minuciosa búsqueda de imágenes con fechas contrastadas que puedan ofrecer información visual y digital de un amplio abanico de problemas del suelo: sellado, salinización, erosión, contaminación, hidromorfismo y pérdida de materia orgánica.

**Tabla 2.** Escenas y fechas de las imágenes Landsat

Sensor	Escena	Fecha
Landsat TM	200-32	14-04-1987
Landsat TM	200-33	05-11-1992
Landsat TM	200-33	26-08-1995
Landsat TM	200-33	20-02-1997
Landsat ETM	201-32	20-08-1999
Landsat ETM	200-33	25-04-2000
Landsat ETM	201-31	19-06-2000
Landsat ETM	200-31	30-07-2000
Landsat ETM	199-32	08-08-2000
Landsat ETM	202-32	10-04-2001
Landsat ETM	202-33	10-04-2001
Landsat ETM	199-33	08-06-2001
Landsat ETM	201-32	06-06-2001
Landsat ETM	200-32	30-06-2001
Landsat ETM	201-32	10-09-2001
Landsat ETM	201-32	22-04-2002
Landsat ETM	201-33	22-04-2002
Landsat ETM	201-32	25-06-2002
Landsat TM	200-32	17-09-2003

Estas imágenes se han tratado con el programa ERDAS Imagine 8.6. Todas ellas han sido georreferenciadas y se han efectuado mejoras radiométricas (ecualización del histograma), espaciales (filtros direccionales) y espectrales (índices de vegetación, hidrotermal y mineral). El análisis visual se ha realizado mediante bandas independientes y diferentes combinaciones de canales; no obstante, sólo se recogen en las figuras las que mejor destacan los distintos aspectos de la degradación de los suelos en su impresión en blanco y negro. De todos los índices analizados, se ha escogido para su representación gráfica en un área piloto el índice de la diferencia normalizada de la vegetación (NDVI, banda 4-banda3/banda4+banda3).

A partir de diez imágenes Landsat (entre los años 2000 y 2002) se ha realizado un mosaico de Castilla La Mancha, cortando los contornos de cada provincia con la Base Cartográfica Nacional (formato vector) a escala 1:200.000. En este mosaico, y considerando que el Proyecto está enfocado al estudio de la calidad de suelos agrícolas, se han escogido nueve áreas piloto (fig.1), la mayoría en el centro de la Comunidad, ya que el uso agrícola es aquí dominante.



**Figura 1.** Mosaico de imágenes Landsat de Castilla La Mancha y localización de áreas piloto

### **3. RESULTADOS Y DISCUSION**

Entre los problemas que afectan a los suelos de Castilla La Mancha y que pueden ser observados y, por tanto, seguidos en su evolución mediante imágenes de satélite, están:

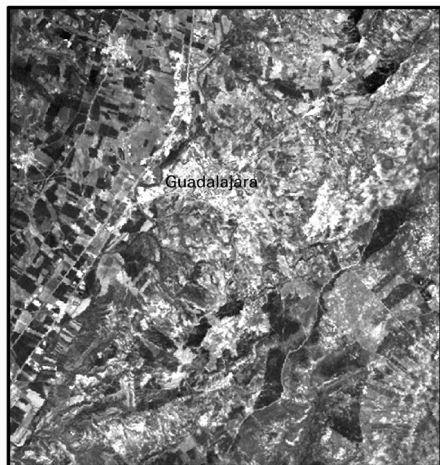
#### **3.1. PERDIDA DE SUELO POR SELLADO**

Una de las causas fundamentales de pérdida de suelo en Europa la constituye el sellado. Este proceso es especialmente grave en las proximidades de las grandes ciudades y en áreas costeras. La pérdida de suelo por sellado, en Castilla La Mancha, es debida principalmente a la construcción de viviendas e infraestructuras y este efecto es muy notable en las provincias limítrofes con Madrid; existe el efecto «frontera» con esta Comunidad, de forma que numerosas industrias y urbanizaciones se construyen en el límite de las provincias castellano manchegas con la provincia de Madrid debido al menor precio del suelo. Así, se puede ver una gran proliferación de naves industriales y de urbanizaciones: el encarecimiento del precio del suelo en Madrid ha conducido a que en estas áreas no sólo se construyan urbanizaciones residenciales sino que sean utilizadas como vivienda habitual con el consiguiente incremento en el ritmo de construcción. Esto es especialmente grave en Guadalajara, provincia en la que más ha aumentado el número de habitantes en los últimos años y en la que han desaparecido, sobre todo, los suelos más ricos de vega situados en el «Corredor del Henares», suelos catalogados como clase A en el Mapa de Clases Agrológicas (Monturiol y Alcalá, 1990).

La comparación de dos imágenes del satélite Landsat en el sector occidental de Guadalajara muestra el «Corredor del Henares» en los años 1987 y 2002 (fig. 2). De todas las combinaciones de bandas, la mezcla 5-3-1 es la que permite distinguir mejor las áreas urbanizadas, si bien cualquier combinación que incluya los canales 1 (fig. 2 a) (fig. 2b) y 5 permite esta distinción. Ambas imágenes corresponden al mes de abril, por lo que se pueden ver claramente estos cambios y, mediante la imagen obtenida a partir de la sustracción de los valores digitales entre ambas, se pueden observar los cambios en el uso de suelo entre estas fechas (fig. 2c). Los tonos más claros corresponden a los suelos sellados por nuevas infraestructuras (autopista, línea de Alta Velocidad, naves industriales y áreas residenciales).

Este proceso se puede extrapolar, aunque con menor intensidad, a los entornos de otras ciudades y, en especial, a las provincias de Toledo y Cuenca en su límite con Madrid. La construcción de las líneas AVE y autopistas está incrementando los procesos de sellado en estas provincias.

**Figura 2a.** Imagen TM del 14-4-1987, banda 1



**Figura 2b.** Imagen TM del 22-4-2002, banda 1



**Figura 2c.** Cambios en el uso de suelo entre 1987 y 2002. Los tonos más claros señalan los suelos sellados en este período

**Figura 2.** Imágenes que muestran el sellado del suelo

### 3.2. SALINIZACIÓN

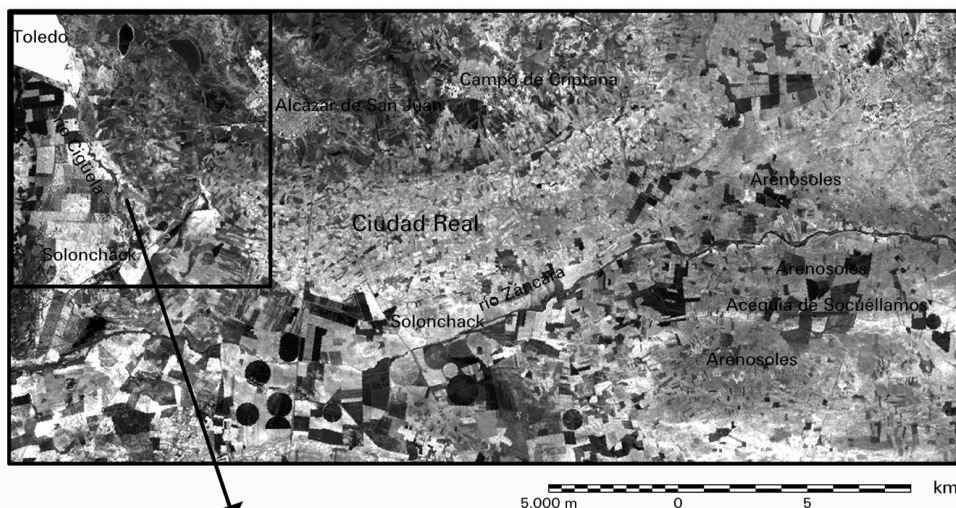
Las áreas de regadío de Castilla La Mancha corren un alto riesgo de desertificación, ya que la extracción de agua mediante bombas, es superior a la capacidad que tienen los acuíferos de recargarse, lo que en muchos sectores conduce a la formación de suelos salinos. Las variaciones naturales y antrópicas 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 en los meses de verano y la vegetación halófila permiten distinguir, a partir de las imágenes de satélite, las áreas afectadas por salinización (García y Pérez, 2003).

Esta salinización en gran medida es natural, ya que las aguas van cargadas en sales provenientes de materiales mesozoicos y terciarios ricos en ellas, si bien las malas prácticas de cultivo y la extracción de aguas subterráneas favorece su desarrollo. En estas áreas aparecen amplias manchas de solonchaks asociados a otras unidades de suelos (Carlevaris *et al.* 1992): calcisoles, regosoles, fluvisoles y kastanozems, aunque la asociación suele estar dominada por los solonchaks y kastanozems. Esta asociación se extiende, en la provincia de Ciudad Real en 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 móllicos 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 y pueden cartografiarse, mediante teledetección, por tonos muy claros en los canales visibles debido a la elevada reflectancia de las sales. Los suelos salinos también han sido descritos sobre materiales mesozoicos ricos en sales que se localizan en áreas deprimidas. 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).

Aunque los suelos salinos aparecen puntualmente por toda la Comunidad, adquieren su máxima extensión e importancia en la Cuenca Alta del río Guadiana, especialmente en el área comprendida entre los ríos Riánsares, Cigüela y Záncara, por lo que se ha escogido este sector como área piloto (fig 3).

La imagen ETM de abril de 2000 muestra en el espectro visible, banda uno (fig. 3 a) la localización de los suelos salinos desarrollados en las llanuras de inundación de los ríos Cigüela y Záncara, con tonos blancos. Estos suelos también se encuentran en los brazos muertos de los ríos y a lo largo de las acequias actuales. En esta fecha, sin embargo, no se pueden detectar los suelos salinos en los humedales y entornos inmediatos, debido a que están cubiertos por una lámina de agua que absorbe la radiación. Por ello, se ha seleccionado una imagen de agosto de un año muy seco (1995) para cartografiar la extensión de los suelos salinos en los humedales (fig. 3b). En esta imagen de verano las sales superficiales, junto con la escasa humedad edáfica ofrecen una alta reflectividad que dan lugar a tonos muy claros.

**Figura 3a.** Imagen ETM del 25-4-2000, banda 1, provincia de Ciudad Real. Los tonos más claros indican la localización de suelos salinos, desarrollados en las llanuras de inundación de los ríos Cigüela y Zancara. Estos suelos también se encuentran en los brazos muertos de los ríos y a lo largo de las acequias actuales. Alrededor del río Zancara y la acequia de Socuéllamos se observan tonos grisáceos medios que corresponden a arenosoles



**Figura 3b.** Imagen ETM del 26-8-1995, banda 1. Detalle de los suelos salinos en la llanura de inundación del río Cigüela en las proximidades de Alcázar de San Juan. En esta imagen de verano las sales superficiales ofrecen una alta reflectividad que da lugar a tonos muy claros

**Figura 3.** Imágenes Landsat que reflejan los suelos salinos

### 3.3. EROSIÓN

La erosión del suelo es el problema ambiental de mayor incidencia en España. En la Comunidad de Castilla La Mancha la erosión hídrica es la que provoca mayores pérdidas de suelo agrícola y forestal, si bien la eólica puede ser puntualmente sig-



nificativa. La erosión laminar es más importante en las áreas cultivadas, mientras que en los sectores en pendiente, como bordes de las superficies de páramo y rañas, domina la erosión en regueros que provoca procesos de acarcavamiento. La figura 4 corresponde al páramo de Guadalajara; se ha escogido la banda 1 de la imagen TM de septiembre de 2003 porque en ella se destaca claramente esta formación y las redes fluviales que inciden en sus bordes. Los sectores más expuestos a la erosión se sitúan en el frente y laderas del páramo y se identifican visualmente por su patrón espacial, con redes pinnadas y tonos más claros.

Al analizar imágenes de distintas fechas se puede observar que los procesos de erosión en las laderas son aquí lentos y, en muchos lugares, se encuentran frenados por la presencia de una densa vegetación. Además, esta cubierta vegetal, gracias a los planes de reforestación, se está incrementando en muchos sectores lo que minimiza la erosión hídrica.

La erosión eólica, nunca muy grave, afecta a algunos puntos de la Comunidad, especialmente en la comarca de La Mancha, en aquellos suelos y sedimentos con materiales arenosos finos y/o limosos. La pérdida de material se ve favorecida por las prácticas agrícolas y el clima semiárido. Esta erosión es más notable en los arenosoles que alcanza su mayor extensión al sureste de Alcázar de San Juan (Carlevaris *et al.* 1992), formándose en algunos puntos dunas. Esta erosión es más intensa debido a la ausencia de vegetación que fije las arenas como se puede observar en la figura 3 a, donde se puede reconocer la presencia de los arenosoles en el tramo bajo del río Záncara, enclavados entre los suelos salinos (tonos muy claros) y los arcillosos (tonos muy oscuros).

La erosión y disminución del espesor del suelo en esta Comunidad, no es debida sólo al agua o al viento. La acción antrópica juega un papel muy importante: habitualmente los suelos de menor espesor (leptosoles) se localizan en las áreas de montaña, bajo vegetación natural, con fuertes pendientes que impiden la evolución del suelo; sin embargo, en la Comunidad de Castilla La Mancha, muchas de las áreas dedicadas a cultivo tienen suelos poco espesos, bien porque no han podido evolucionar o bien porque debido a la acción antrópica han sufrido un retroceso por lo que en extensas áreas los horizontes A se han transformado en Ap que en muchos casos descansan sobre el material original. Estos suelos se desarrollan normalmente sobre materiales calcáreos y/o gipsíferos: calizas pontienses en el caso de la comarca de la Alcarria y áreas alledañas o costras petrocálcicas o petrogípsicas en el centro de la Comunidad. Estos perfiles, clasificados como calcisoles o gipsisoles, tienen además grandes problemas para el cultivo cuando el carbonato asciende a superficie, ya que los altos niveles de caliza activa ejercen como factor limitante. La figura 5 selecciona dos sectores de la comarca de La Mancha donde se visualizan este tipo de suelos debido a que la presencia de altos contenidos en carbonatos en el horizonte superficial, ofrece una elevada reflectancia dando tonos claros en los canales visibles. Estos tonos se podrían confundir con los de núcleos urbanos, pero se discriminan claramente por su patrón espacial.



**Figura 4.** Imagen TM del 17-9-2003, banda 1. Los sectores más expuestos a la erosión se sitúan en el frente y laderas del páramo: se identifican visualmente por su patrón espacial, con redes pinnadas y tonos más claros

Imagen ETM del 25-4-2000. banda 1. Los tonos más claros de la imagen corresponden a núcleos urbanos y a suelos con alto contenido en carbonatos en el horizonte superficial

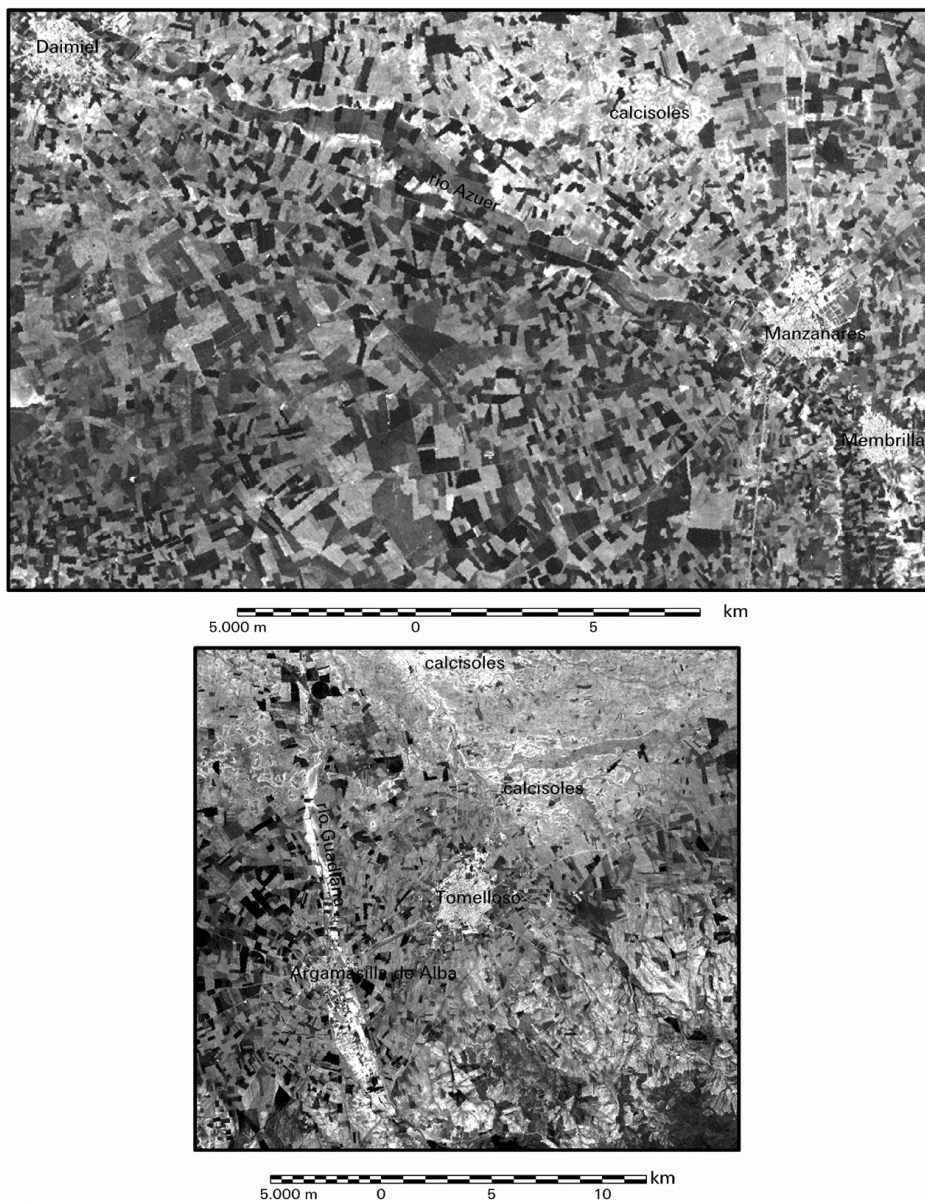
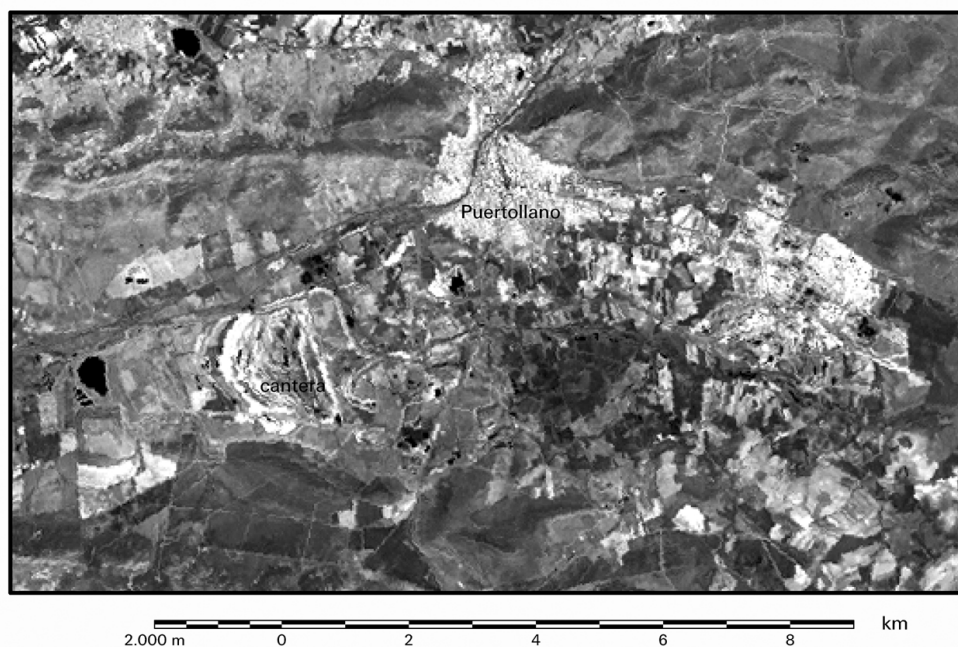


Figura 5. Imágenes Landsat. Identificación de carbonatos en superficie

### 3.4. CONTAMINACION

Las actividades mineras provocan generalmente fuertes impactos ambientales, con destrucción de los suelos naturales y creación de nuevos suelos (antrosolos) que presentan fuertes limitaciones físicas, químicas y biológicas que dificultan la regeneración de la vegetación original.

En la actualidad la producción minera en Castilla La Mancha es escasa, aunque históricamente hubo importantes yacimientos. La provincia con más recursos mineros es Ciudad Real, seguida de Guadalajara y Toledo. El sector suroccidental de Castilla La Mancha —área de Almadén-Puertollano— se ha caracterizado por su riqueza minera (plomo, plata, cinc, mercurio, carbón y pizarras bituminosas) así como por las actividades industriales vinculadas a la transformación de minerales (Cañizares, 2003). Almadén ha sido el principal productor de mercurio de España, por lo que sus proximidades tienen suelos altamente contaminados con elevados contenidos en este metal. En la serranía de Cuenca se explota hierro, plomo y cinc; en Toledo sulfato de sodio, bentonita y sepiolita.



**Figura 6.** Imagen ETM del 10-4-2001, banda 5.  
Degradación de suelos debido a extracciones mineras

Otro elemento de contaminación está provocado por el intenso tráfico en las autopistas y autovías, que ha producido un incremento en los niveles de metales pesados en los suelos de sus proximidades. También la actividad cinegética, gene-

ralizada tanto en suelos agrícolas como forestales, conduce al incremento de plomo, si bien este problema es inferior al de otros países europeos de mayor cuantía y frecuencia de las precipitaciones.

Al problema de la contaminación química se suma la desaparición de suelos por actividades mineras a cielo abierto: canteras, graveras, etc. (fig. 6). En Castilla La Mancha, existen numerosas explotaciones de áridos con destino a la construcción, siendo la producción media de unas 125.000 t/año de áridos por explotación, que resulta bastante inferior a la media nacional que se sitúa en torno a 250.000 t/año. El consumo de áridos para la construcción en Castilla La Mancha, según los datos disponibles, ha experimentado un crecimiento sostenido desde el año 1996, alcanzando su máximo el año 2003. Las canteras y graveras más importantes se encuentran en el Alto Tajo.

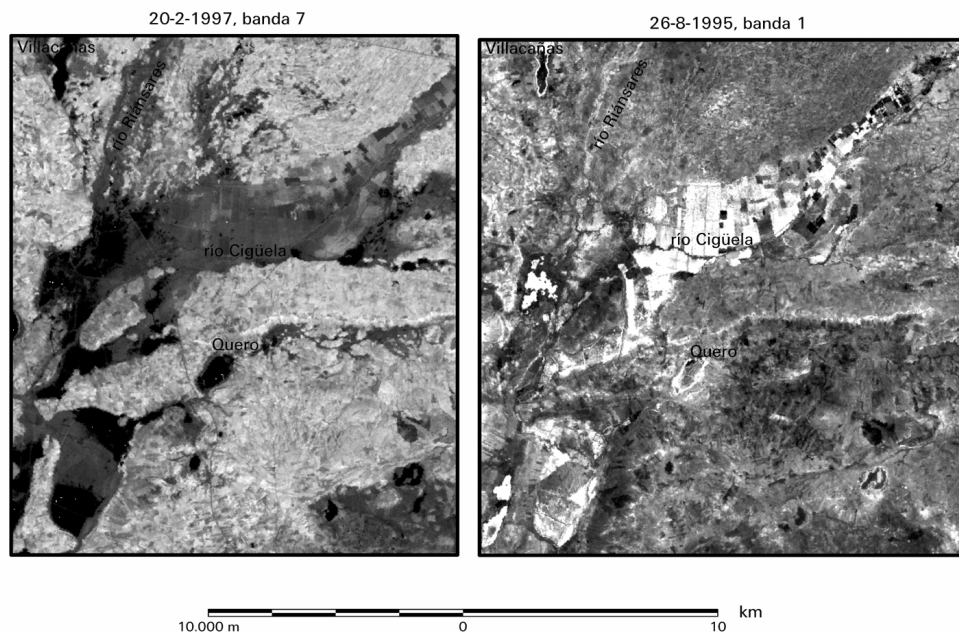
Los distintos tipos de contaminación química son difíciles de observar mediante las imágenes de los satélites Landsat. Se necesitarían sensores con mayor resolución espectral y espacial para poderla cartografiar. En la actualidad el desarrollo de sensores hiperespectrales está facilitando la detección de este problema. Sin embargo, el satélite Landsat sigue resultando muy útil para realizar el seguimiento de las actividades mineras a cielo abierto, de su impacto ambiental y de la regeneración de las instalaciones abandonadas. En la figura 6 se ha escogido un sector del municipio de Puertollano caracterizado por la intensa actividad minera. Al sudeste del núcleo urbano se reconocen los suelos alterados por la acción antrópica.

### 3.5. HIDROMORFISMO. FASES INÚNDICAS

Para localizar áreas inundables se ha seleccionado el sector de la confluencia de los ríos Riánsares y Ciguela, en los que, debido a la planitud de las tierras que atraviesan y escasa fuerza erosiva de estos ríos, es difícil cartografiarlas por métodos tradicionales (García y Pérez, 2003). Los ríos que conforman la cuenca alta del Guadiana, apenas tiene fuerza erosiva para excavar su cauce hasta el Campo de Calatrava, por lo que constituyen redes de cauces divagantes y anastomosados, con numerosos humedales. Sin embargo, debido al clima semiárido e irregularidad de las precipitaciones, estas áreas no alcanzan mucha extensión, ni las inundaciones son muy frecuentes. No obstante, el trasvase Tajo-Segura provoca importantes pérdidas laterales de agua, ocupando periódicamente gran parte de la llanura de inundación.

Se han seleccionado imágenes TM de fechas muy contrastadas con el fin de detectar la máxima amplitud de la humedad edáfica, que permita medir la extensión de las áreas inundables (fig.7). La imagen de invierno de 1997, año muy húmedo, recoge el momento de máxima inundación. Visualmente es el infrarrojo medio (bandas 5 y 7) el que mejor discrimina el agua en superficie, mostrando tonos muy oscuros. Cabe destacar la amplitud de la llanura de inundación del río Ciguela, con cerca de 4 km de anchura en algunos tramos. Por el contrario, en verano de años muy secos (1995) el área inundable puede también cartografiarse a partir de las superfi-

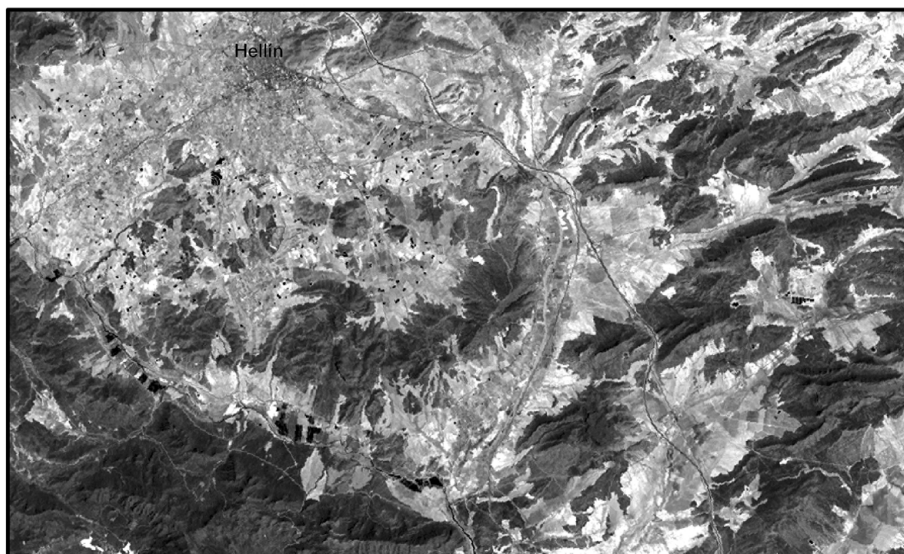
cie cubiertas por eflorescencias salinas, que se extiende por algunos humedales y llanuras de inundación. Las sales en superficie y escasa humedad edáfica ofrecen una alta reflectividad en los canales visibles (banda 1, 2 y 3), por lo que dan tonos muy claros.



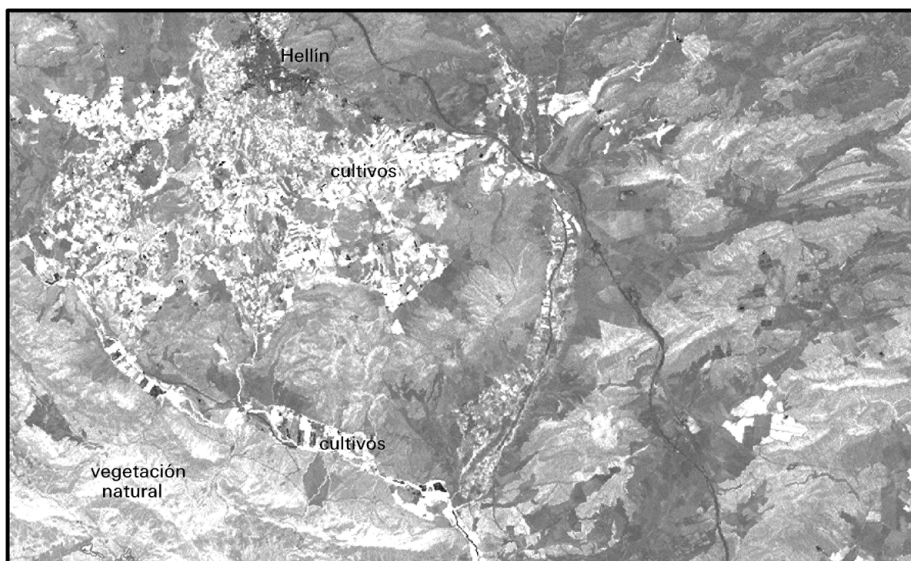
**Figura 7.** Imágenes TM de La Mancha. La imagen de invierno de un año muy húmedo (1997) recoge la máxima superficie inundable, que se discrimina visualmente por tonos muy oscuros. La imagen de verano (1995) permite medir la extensión de la llanura de inundación, ya que el ascenso de sales hasta la superficie y la escasa humedad edáfica, ofrecen una alta reflectividad (tonos muy claros)

### 3.6. PÉRDIDA DE MATERIA ORGÁNICA

Los suelos de Castilla La Mancha son, en general, pobres en materia orgánica, dominando los horizontes superficiales ócricos. Sólo puntualmente hay acumulación de materia orgánica, llegando a darse procesos de isohumificación, que dan lugar a la formación de kastanozems, con desarrollo de horizontes móllicos sobre materiales calcáreos. No obstante, gran parte de estos suelos han desaparecido por la pérdida del horizonte superficial, debido al laboreo intensivo durante muchos años. Así, la mayoría de los suelos cultivados de esta Comunidad tienen contenidos muy bajos en materia orgánica, constituyendo horizontes Ap altamente modificados.



**Figura 8a.** Banda 4. La vegetación natural se refleja en tonos oscuros debido al escaso recubrimiento del suelo



**Figura 8b.** NDVI. En tonos muy claros se reflejan las parcelas dedicadas al cultivo en regadío y algunos sectores con vegetación natural no detectables mediante la visualización de cada canal ETM

10.000 m 0 10 km

**Figura 8.** Imagen ETM 8-6-2001, que muestra vegetación natural y áreas de cultivo en el sureste de Albacete

En los suelos que sustentan vegetación natural el contenido en materia orgánica es más elevado, si bien la deforestación de extensas áreas, con roturaciones frecuentes, ha llevado a la desaparición de encinares, quejigares y sabinares, con la consiguiente modificación de las propiedades del suelo. En la actualidad la reforestación trata de paliar la pérdida acelerada de la masa vegetal y de la degradación del suelo.

Los satélites utilizados en el presente trabajo no permiten ver los valores reales de materia orgánica, pero sí los cambios en la cubierta vegetal, por lo que, indirectamente, podemos inferir las pérdidas de materia orgánica en los suelos. En este trabajo se ha escogido un área piloto en el sureste de Albacete, intensamente afectada por la deforestación y con cambios notables en el uso del suelo, con proliferación de las parcelas de regadío. En las áreas montañosas se han aplicado reforestaciones con especies autóctonas, que en algunos enclaves han logrado frenar la pérdida de suelo.

En la figura 8 a se ha escogido el canal infrarrojo próximo (banda 4) para discriminar la vegetación agrícola. Llama la atención que las parcelas cultivadas del entorno de Hellín tengan numerosas balsas para regadío, construidas a expensas del agua subterránea. Por el contrario, esta banda no permite identificar la vegetación forestal debido al escaso recubrimiento del suelo que produce interferencias en los valores espectrales. La figura 8 b muestra el índice de la diferencia normalizada de la vegetación (NDVI), en el que sí pueden diferenciarse los distintos tipos de vegetación, natural y agrícola, por los tonos más claros. La discriminación entre ellos es evidente a partir de los distintos patrones espaciales y mayor reflectividad de las parcelas en regadío cuando los cultivos están en su fase de mayor desarrollo.

#### **4. CONCLUSIONES**

En Castilla La Mancha los principales problemas de pérdida de calidad del suelo son debidos a sellado, salinización, erosión hídrica y eólica, contaminación química, fases inúndicas y pérdida de materia orgánica.

En esta Comunidad el clima es un factor determinante en la degradación de los suelos, aunque la acción antrópica acelera notablemente todos los procesos de erosión. Así, frente a los problemas tradicionales de salinización, erosión hídrica y eólica hoy, quizás, uno de los problemas más graves es el sellado de numerosos suelos debido al rápido crecimiento de las urbanizaciones e infraestructuras. Este proceso se acentúa en las áreas limítrofes con grandes ciudades, especialmente con Madrid.

Pero también queda un margen para el optimismo, pues en algunas áreas es la acción del hombre la que está frenando los procesos erosivos gracias a la adecuada utilización de prácticas de conservación y reforestación, permitiendo una evolución favorable de los suelos, especialmente en áreas alejadas de los grandes núcleos urbanos.

El análisis de las imágenes de satélite ha permitido conocer la extensión superficial e intensidad de los procesos de degradación en nueve áreas piloto, que pueden



extrapolarse a otros sectores de la Comunidad. Además, las técnicas de teledetección resultan muy útiles para hacer un seguimiento de los procesos de degradación en los suelos, debido a la posibilidad de contrastar fechas muy variadas a lo largo de distintos años y en diferentes estaciones.

En el área estudiada los satélites Landsat resultan especialmente útiles para hacer un seguimiento de las pérdidas de vegetación, procesos de acarcavamiento, sellado, salinización del suelo y control de áreas inundables. Por el contrario, es aconsejable la utilización de sensores con mayor resolución espectral y/o espacial para hacer un seguimiento de la contaminación química y de la pérdida de materia orgánica en los suelos.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- CAÑIZARES RUIZ, M. C. (2003): Patrimonio minero-industrial en Castilla-la Mancha: el área Almadén-Puertollano. *Anales de la Universidad de Alicante*, 31: 6-59.
- CARLEVARIS, J. J.; HORRA DE LA, J. L. y RODRÍGUEZ, J. (1992); *La fertilidad de los principales suelos agrícolas de la zona oriental de la provincia de Ciudad Real. La Mancha y Campo de Montiel*. CSIC, Madrid y Consejería de Agricultura de Castilla La Mancha, 294 pp.
- CASTILLO, V.; VANDEKERCKHOVE, L y JARMAN, R. (2004): *Working Group on Soil Erosion Introduction. Final report*. European Commission, 23 pp.
- GARCÍA, M. P. y PÉREZ, M. E. (2003): Calidad de suelo en La Mancha: cartografía de unidades salinas mediante imágenes TM. En *Teledetección y Desarrollo Regional (Pérez y Martínez, coord.):*13-16 pp.
- MELIA, J. F.; MARTÍN de SANTA OLALLA, F. y BRASA, A. (1994): Desertificación en Castilla-La Mancha. En *Los proyectos sobre medio ambiente en la CE. El proyecto EFEDA: objetivos y desarrollo*. Univ. Castilla-La Mancha. Albacete; 15-25.
- 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.
- MONTURIOL, F. y ALCALA, L. (1990): *Mapa de Capacidad Potencial de Uso Agrícola de la Comunidad de Madrid*. Escala 1:200.000. 1ª ed. C.A.M. – C.S.I.C. Madrid, 31 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<sup>a</sup> 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.
- UNEP (1992): *World Atlas of desertification*. Edward Arnold. Londres.