

COMPARACION DE IMÁGENES TM Y ETM PARA ANALIZAR LOS CAMBIOS EN LA GESTION DEL AGUA Y EL USO DEL SUELO EN LA MANCHA HUMEDA (PROVINCIAS DE TOLEDO Y CIUDAD REAL)

M^a E. PÉREZ GONZÁLEZ Y M^a P. GARCÍA RODRÍGUEZ

eugenia@eucmax.sim.ucm.es

*Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física
Universidad Complutense de Madrid
Ciudad Universitaria s/n
28040 Madrid*

RESUMEN: Este trabajo tiene como finalidad comparar las imágenes de los sensores TM y ETM del satélite Landsat para analizar los cambios acaecidos en humedales de La Mancha. Las variaciones pluviométricas en la década de los noventa, así como el manejo del agua en las distintas lagunas dan lugar a cambios notables en la altura del agua, calidad de la misma, contenido en sales y vigorosidad de la vegetación natural y agrícolá.

Palabras clave: ETM, TM, eutrofización, salinización, humedales.

ABSTRACT: This paper studied some images of TM and ETM sensors of Landsat satellite in order to analyze wetland changes in La Mancha (Spain). Rainfall variations along the nineties and the water management are getting them important alterations in level water, water quality, salinity and, natural and agricultural vegetation.

Key words: ETM, TM, eutrophytation, salinitation, wetlands.

INTRODUCCIÓN

Se denomina Mancha húmeda al conjunto de lagunas, navajos, llanuras de inundación, torcas, etc. que se sitúan en el sector más llano de la región de La Mancha, localizándose en las provincias de Toledo, Ciudad Real y Cuenca y, que no incluye los conocidos espacios protegidos del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel y el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera.

Este estudio comprende los humedales del extremo suoriental de Toledo y Ciudad Real, con una superficie aproximada de 80.000 hectáreas, incluyendo una gran variabilidad de humedales: salinos, salobres y dulces; contaminados y sin contaminar, muy antropizados y con menor manejo del agua; de aguas permanentes y de larga estacionalidad. Además, estas lagunas tienen diferentes usos: cinegético (el Taray de Toledo), educativo (El Masegar); recreativo (baños en la laguna Grande de Villafranca), explotación de sales (Quero), explotación del agua (Peña Hueca) y vertederos de aguas urbanas e industriales.

El objetivo del trabajo es conocer los cambios producidos en ellas en función de la gestión de estas lagunas y de las condiciones meteorológicas a lo largo de la década de los noventa mediante imágenes multitemporales, fotografía aérea y la información recogida en el campo.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este estudio se utilizan cuatro imágenes del satélite Landsat, con fechas del 5-11-1992, 26-8-1995, 20-2-1997 y 20-8-1999; las tres primeras corresponden al sensor TM del Landsat 5 y la última al sensor ETM del Landsat 7. El trabajo se ha centrado en la comparación entre las dos escenas de verano, porque el menor volumen de agua permite observar los cambios de calidad y utilización de las lagunas; a su vez, estas dos fechas son representativas de un año muy seco (1995) y otro normal (1999). No obstante las escenas de noviembre (1992) y febrero (1997) aportan información sobre la variabilidad hídrica de los humedales en otras estaciones. Se han

utilizado las imágenes y números digitales originales, aunque se han georreferido mediante puntos de control para realizar mediciones. Para detectar las variaciones en la cubierta vegetal y estimar el grado de eutrofización de las lagunas se han realizado los NDVI. Asimismo se han efectuado perfiles espectrales y espaciales en los diferentes humedales y en áreas adyacentes, considerando las bandas del visible e infrarrojos próximos y medio y excluyendo los canales térmicos, objetivo de otros estudios. En la imagen del sensor ETM se ha empleado la banda pancromática, con una resolución espacial de 15 m, para mejorar el análisis visual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento visual y digital de las imágenes de verano de los sensores TM y ETM permite establecer los cambios producidos en la gestión del agua entre los años 1995 y 1999, que afectan directamente a la calidad y cantidad de la misma y a los posibles usos de las lagunas.

Al observar las imágenes lo primero que llama la atención son las consecuencias de la sequía acaecida en 1995: menor volumen de agua en los vasos lagunares, menor vigorosidad de la vegetación con escaso recubrimiento en muchos sectores, mayor extensión de áreas salinas, etc. (fig. 1a). A pesar de ello y sorprendentemente, algunas de las lagunas salinas están mucho más desecadas en la imagen de 1999 (fig. 1b); esto tiene una única explicación: la extracción de agua en las mismas con el fin de emplearla en la industria remolachera (Peña Hueca) y en la extracción de sales (Quero, Salicor, laguna de Carros, El Salobral). Frente a éstas, otras lagunas salinas (Tírez) y salobres (Villacañas, Villafranca) y las de agua dulce (El Taray, el Masegar y la laguna de Pájares) tienen más agua en el verano de 1999, lo que implica mayor relación con el régimen natural de las precipitaciones y la hidrología local. En las combinaciones de bandas 4-3-2 (rojo-verde-azul), visible y pancromática, estas variaciones en el contenido de sales se observan muy bien. También al comparar los perfiles espectrales de las diferentes lagunas podemos observar estas diferencias (fig. 1c y 1d): la laguna de Peña Hueca muestra un perfil en 1995 que indica un medio con humedad, pero sin lámina de agua, cambiando drásticamente en 1999 en el que presenta, debido a las sales superficiales, unos valores altísimos en las bandas del visible. Las eflorescencias salinas aparecen irregularmente repartidas en los bordes de otras lagunas (Laguna Larga de Villacañas y el Taray) y en las numerosas parcelas de cultivo de la amplia llanura de inundación del río Cigüela (Sanchez *et al.*, 1999); comparando sus perfiles espectrales entre ambas fechas se observa que, aunque los valores son muy altos en todas las bandas,

son superiores los de 1999 debido posiblemente a que la mayor cantidad de agua recogida en sus vasos a lo largo del año, lleva a un aumento en la cantidad de sales superficiales en el verano.

En el año 99 aparecen además, nuevos espacios encharcados, no reconocido en la cartografía tradicional, ni en las imágenes de fechas anteriores. A su vez, se pueden delimitar numerosas torcas que, aunque no encharcadas (salvo en el invierno de 1997), presentan un alto contenido en humedad; éstas se distribuyen en las llanuras de inundación de los ríos Cigüela y Riánsares y en los sedimentos de origen químico pliocenos. Cabe destacar que algunas de ellas están muy próximas a la línea del ferrocarril Madrid-Andalucía. Sus perfiles espectrales, en verano, no indican la presencia de agua, sino que resaltan la reflectancia del suelo (valores altos en la banda 5).

Otra finalidad del estudio es analizar la existencia de contaminación en algunas lagunas así como ver la evolución de la misma. La laguna Larga de Villacañas, con fuerte eutrofización desde finales de los años ochenta (Pérez, 1995 y Pérez *et al.*, 2000), visible en la imagen de 1995 aparece sin contaminación en la imagen de 1999, gracias al funcionamiento de la depuradora del municipio de Villacañas desde 1998; la variación en el contenido de algas se observa claramente comparando los NDVI de ambas fechas (fig. 1e y 1f) y los perfiles espectrales: en éstos en agosto de 1995 la banda 4 tiene valores más elevados que el resto, debido a la presencia de materia orgánica, frente al perfil de 1999 en que la curva es la característica de aguas más limpias. Una evolución similar al de este humedal se presenta en la laguna de Alcázar de San Juan cuyas aguas estaban muy contaminadas hasta la primera mitad de los noventa (Peinado, 1994), repercutiendo incluso su contaminación en el río Cigüela y las Tablas de Daimiel, mientras que en la actualidad este problema se ha solucionado. Por el contrario, la laguna de Miguel Esteban aparece intensamente eutrofizada en ambas fechas.

La comparación multitemporal de los NDVI permite evaluar también los cambios en la fitomasa y en la extensión de las parcelas puestas en regadío. La intensa sequía del 91-95 dio lugar a una reducción en el vigor de la vegetación claramente observable en las lagunas del Taray, Masegar, la Pastrana y Villafranca, así como en toda la vegetación de ribera. Los perfiles espectrales tomados en la ribera de la laguna del Taray, muestran como en 1995 la vegetación apenas estaba presente y su vigorosidad era tan baja que los valores digitales más altos están en la banda 5, frente a 1999, con una importante cubierta vegetal que da valores elevados en la banda 4. Estos valores se pueden extrapolar al resto de la imagen.

Por último, un significativo impacto ambiental se produce por la desecación y desaparición de lagunas por la presión industrial (fig 1b); el caso más significativo es el de la Laguna Chica de Villacañas (Pérez *et al.*, 2000), cuyos márgenes han sido ocupados por naves industriales; a partir de la primavera del 2000 además, esta nave vierte sus aguas a la laguna, así en la actualidad muestra un notable aumento de su lámina de agua y un claro deterioro de su calidad.

CONCLUSIONES

La comparación interanual de imágenes de la misma estación del año, facilita el análisis en los humedales de las variaciones en la lámina de agua, calidad de la misma y superficie afectada por salinización.

La banda pancromática del sensor ETM con mayor resolución espacial ha permitido cartografiar estructuras geomorfológicas no detectables con el TM ni otros métodos tradicionales.

La puesta en funcionamiento de depuradoras que eviten el vertido en las lagunas de aguas residuales sin tratar permite la recuperación de las lagunas disminuyendo de forma rápida y significativa su nivel de eutrofización.

Aunque estos humedales están muy ligados a las características meteorológicas, con precipitaciones muy irregulares a lo largo de los diferentes años, la manipulación antrópica de los mismos incide aún más en las variaciones de humedad y presencia superficial de sales.

La comparación multitemporal de los NDVI facilita la evaluación de los cambios en la cantidad y vigorosidad de la fitomasa, especialmente variable en la vegetación de ribera, en las superficies dedicadas a cul-

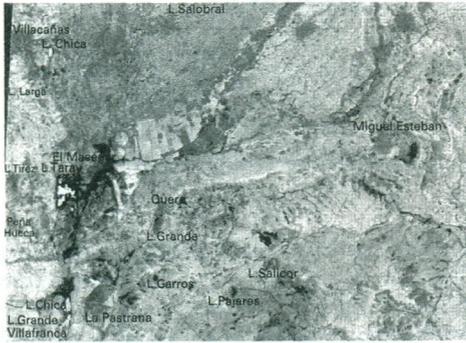
tivos de regadío y en las lagunas eutrofizadas en las que se han tomado medidas adecuadas para su recuperación.

Sería interesante realizar una cartografía de los humedales españoles, incluidos los de pequeña extensión, debido a que la presión urbana e industrial está llevando al deterioro o desaparición de muchos de ellos, con la notable pérdida que esto implica para el patrimonio natural del país. En la elaboración de esta cartografía resultan muy útiles las imágenes de satélite con alta resolución espacial y espectral.

BIBLIOGRAFÍA

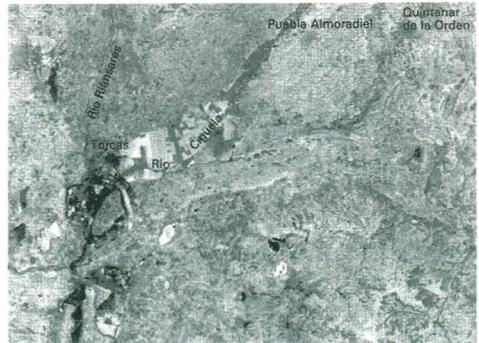
- PEINADO MARTÍN MONTALVO, M. (1994) Funcionamiento y variabilidad de los geosistemas de los humedales manchegos. Tesis doctoral, Dpto. A.G.R. y Geografía Física, Universidad Complutense de Madrid, 296 pág. con mapas y anexos.
- PÉREZ GONZÁLEZ, M^a E. (1995) Humedales de la confluencia de los ríos Riánsares y Cigüela: estudio de ciertas funciones. Tesis doctoral, Dpto. A.G.R. y Geografía Física, Universidad Complutense de Madrid, 271 pág. y 3 mapas DNA 0.
- 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 (Toledo)", en *Lecturas Geográficas, Homenaje a José Estébanez Alvarez*, Ed. Complutense, vol. 2, 1655-1665.
- SÁNCHEZ PÉREZ DE EVORA, A.; GARCÍA RODRÍGUEZ, M^a y PÉREZ GONZÁLEZ, M^a E. (1999) Cambios paisajísticos en la llanura de inundación del río Cigüela (Toledo). En: Castaño, S y Quintanilla, A, (Edits): *Teledetección, Avances y Aplicaciones*, Papeles de la Diputación de Albacete: 41-44.

Fig. 1a. Imagen TM del 26-8-1995

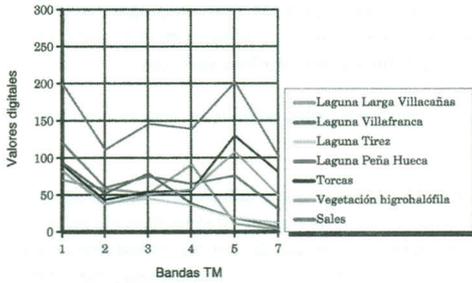


(Ver figura en color en la página 675)

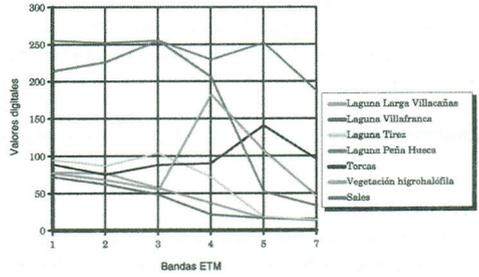
Fig. 1b. Imagen ETM del 20-8-1999



(Ver figura en color en la página 675)



(Ver figura en color en la página 675)



(Ver figura en color en la página 675)



Fig. 1e. NDVI 26-8-1995

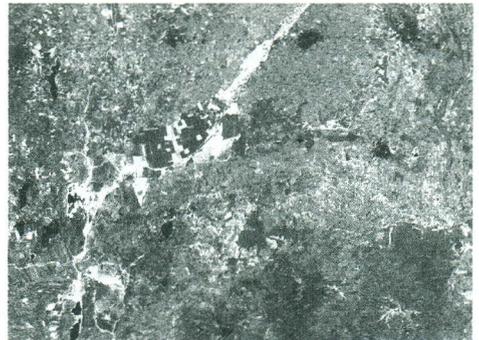


Fig. 1f. NDVI 20-8-1999