

# La teledetección en la catalogación de las coberturas de las saladas de Monegros

C. Castañeda, M. A. Casterad y J. Herrero-Isern  
*ccastanneda@aragob.es*

*Servicio de Investigación Agroalimentaria, Gobierno de Aragón.  
Apartado 727, 50080 Zaragoza*

## RESUMEN

La teledetección la han empleado varios autores para el estudio de humedales en medios áridos, con dificultad de implementar otros medios de estudio y seguimiento de su evolución. Las saladas de Monegros, con elevado valor científico, paisajístico y ecológico, necesitan vigilancia por su fragilidad y por el riesgo de desaparición ante el avance de los regadíos. El presente trabajo integra los escasos datos de campo y bibliográficos con información obtenida de imágenes Landsat TM y ETM+. Con ello se elaborará un catálogo de coberturas para la descripción temática detallada de estos humedales, fundamental para diseñar su seguimiento. Se presentan dos de esas coberturas representativas de los episodios de inundación de las saladas.

**PALABRAS CLAVE:** Landsat TM, Landsat ETM+, catálogo de coberturas, humedales, playa-lakes.

## ABSTRACT

Remotely sensed data contribute to the knowledge of wetlands located in arid areas. The Monegros playa-lakes is an unique European landscape, having a great scientific and ecological significance. Monitoring these fragile playa-lakes is urgent because they are threatened by the irrigation works in this area. We have collected the data sparsed in the literature plus the available field observations, and we have treated jointly with Landsat TM and ETM+ images. This data integration will allow to elaborate a land-cover catalogue for the detailed thematic description of these wetlands, essential to design the monitoring. Two of these land-covers corresponding to the playa-lakes flooding episode are presented.

**KEY WORDS:** Landsat TM, Landsat ETM+, land-cover catalogue, wetlands, playa-lakes.

## INTRODUCCIÓN

En los humedales de Monegros Sur, las lagunas efímeras o saladas son hábitats de alto valor científico, paisajístico y ecológico, sometidas actualmente a protección legal. La instauración de planes de vigilancia para alertar ante los efectos de la implantación de nuevos regadíos requiere efectuar un seguimiento previamente a cualquier medida de control. Para ello es necesario disponer de una caracterización de las coberturas existentes en esos humedales. La información remota puede complementar la escasa información de campo y proporcionar datos retrospectivos.

La teledetección se ha aplicado con diversas finalidades al estudio de humedales de ambientes áridos. Así, Harris y Mason (1989) cuantifican la superficie y el volumen de agua de lagos efímeros y playa-lakes; Bryant y Rainey (2002) analizan la

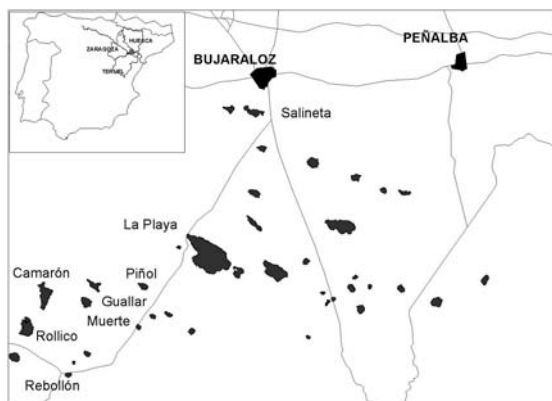
evolución y la respuesta a variaciones climáticas; y Bryant (1996) estudia los ambientes sedimentarios superficiales. En general, ni en campo ni mediante teledetección se ha abordado la caracterización detallada de las cambiantes coberturas específicas de estos medios.

El objetivo de este trabajo es mostrar la utilización de la teledetección en las saladas de Monegros para establecer criterios básicos de catalogación de sus coberturas, presentando dos de ellas como ejemplo.

## LAS SALADAS DE BUJARALÓZ-SÁSTAGO

Las saladas estudiadas están en la provincia de Zaragoza (Figura 1), en la comarca de los Monegros, una de las más áridas de España (Herrero y Snyder, 1997). Las precipitaciones son muy irregu-

lares, con una media anual de 388 mm según el observatorio de Bujaraloz y una evapotranspiración ( $ET_0$ ) anual de 1255 mm.



**Figura 1.** Localización del área de estudio.

Estas saladas se disponen sobre estratos miocenos de origen lacustre y palustre, ocupando pequeñas depresiones producidas por karstificación de los materiales calcáreos y yesosos infrayacentes. La similitud entre formas de erosión fósiles y actuales (Gutiérrez et al. 2002) indica la persistencia de las condiciones climáticas del pasado. Una descripción de las saladas y de las salmueras que contienen puede encontrarse en Pueyo (1978).

Las saladas son áreas de descarga de agua subterránea. Ello condiciona, junto con la precipitación y la evaporación, la alternancia de periodos secos y húmedos en las lagunas. Las depresiones sin lámina de agua habitual presentan un fondo húmedo con vegetación natural halófila, aunque algunas están cultivadas. La mecanización agraria y la concentración parcelaria desdibujan muchas de estas depresiones, algunas de las cuales sólo resaltan cuando quedan inundadas. Ya Pueyo (1978) indicaba la desaparición de alguna; muchas se usan para verter materiales de despedregue (Herrero, 1982; Balsa et al., 1991), y otras han sido rellenadas con escombros y basura o sacrificadas para construir infraestructuras.

En este trabajo se estudian 39 depresiones (Figura 1) detectadas mediante una imagen Landsat en época húmeda (Castañeda et al., 2001). Salvo una, todas figuran en el inventario de Balsa et al. (1991).

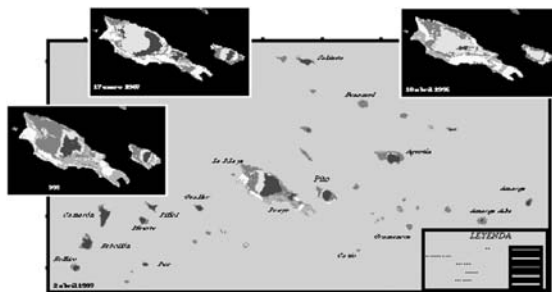
## CRITERIOS EMPLEADOS EN LA CATALOGACIÓN

Para discriminar coberturas se han utilizado tanto criterios de campo como de teledetección. Los de campo dimanaban del conocimiento adquirido sobre el terreno y de fuentes bibliográficas. Dichos criterios se refieren a localización, disposición, aspecto, evolución y relación de cada cobertura con las demás.

Los criterios de teledetección se basan en imágenes Landsat de diferentes estaciones. Estos criterios recogen las características espectrales de cada cobertura y su posibilidad de discriminación visual. Las características espectrales se refieren a la reflectividad en los espectros visible e infrarrojo medio y cercano, y a su variación según se trate de época húmeda o seca. El análisis visual se hace en las bandas originales de imágenes Landsat, en la combinación RGB 457 y en imágenes obtenidas de la transformación HSI, tal como se indicó en un trabajo anterior (Castañeda et al., 2001).

Otro atributo incorporado al catálogo, y derivado de la clasificación no supervisada, es la extensión de las coberturas en cada fecha, aspecto importante de su evolución durante el periodo estudiado.

En resumen, el catálogo se compone de fichas con los apartados: (i) descripción, (ii) localización, (iii) distribución y cuantificación, (iv) grado de discriminación visual y (v) firma espectral. El catálogo incorpora también información gráfica como fotos de campo, imágenes de satélite y mapas temáticos de las coberturas en diferentes épocas del año (Figura 2).



**\*Figura 2.** Ejemplo de mapa temático en épocas de máxima humedad.

Todas las figuras precedidas de asterisco se incluyen en el cuadernillo anexo de color

## EJEMPLO DE CATALOGO PARA DOS COBERTURAS

Se presentan, a modo de ejemplo, las dos coberturas más llamativas y representativas de los episodios de inundación: (i) el agua, y (ii) el suelo embebido en agua (Figura 3). Más detalle de las mismas, así como el resto de las coberturas del catálogo, puede encontrarse en Castañeda (2002).



**Figura 3.** Agua y suelo embebido en agua en la orilla noroeste de Salineta (Bujaraloz) en abril de 2000. Al fondo se ve el escarpe sur de la depresión.

### Agua

*Descripción.* Lámina de agua medible con la escala. La profundidad máxima registrada en el periodo 1993-1997 fue de 51 cm.

*Localización.* Puede encontrarse en el centro de la depresión o hacia su suroeste, coincidiendo con la dirección del diaclasado y el rumbo del viento dominante.

*Distribución y cuantificación.* Se ha identificado en 15 de las 26 imágenes tratadas, tanto en verano como en primavera e invierno (Figura 4). Su extensión en ellas es muy variable aun en la misma época del año. El máximo detectado, 261 ha en abril de 1997, supone el 26 % del área total de las depresiones. La presencia de agua resulta generalizada cuando en el año precedente a la imagen ha llovido más de lo habitual. El agua se observa en periodos de déficit hídrico, respondiendo a la dinámica de las aguas subterráneas.

*Discriminación visual.* El agua se discrimina en la banda 4 con el tono más oscuro, en la composi-

ción RGB 457 aparece en negro, y en la composición RBG HSI en cian.

*Firma espectral.* Esta cobertura muestra el comportamiento espectral típico del agua (Figura 5). Debido al escaso calado de las lagunas, en ocasiones la reflectividad del suelo subyacente se mezcla con la del agua, y por ello las bandas 5 y 7 pueden tener valores diferentes de cero, aunque siempre bajos. En la banda 1 la reflectividad es inferior a la del resto de las bandas del visible, debido quizá a la concentración de pigmentos algales.

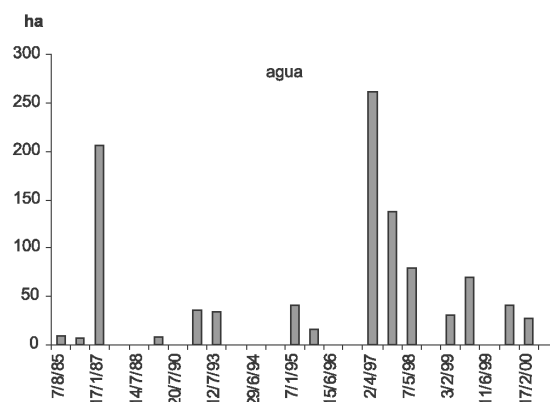
### Suelo embebido en agua

*Descripción.* Agua de calado inapreciable y difícilmente medible. A veces forma charcos desconectados, y pueden emerger precipitados salinos que le confieren el aspecto de un granizado. Asociados a esta cobertura son muy frecuentes los tapices de algas que la tiñen de un rojo intenso.

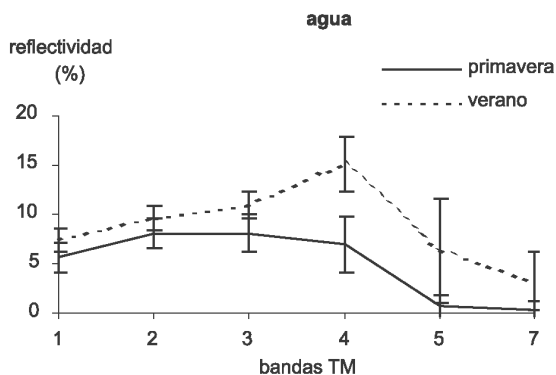
*Localización.* Se presenta en forma de orla contigua a la superficie de agua. En ausencia de ésta, representa una fase avanzada de desecación de la laguna.

*Distribución y cuantificación.* El suelo embebido en agua se ha detectado en todas las fechas estudiadas (Figura 6) y su máxima extensión, 195 ha, corresponde a enero de 1987.

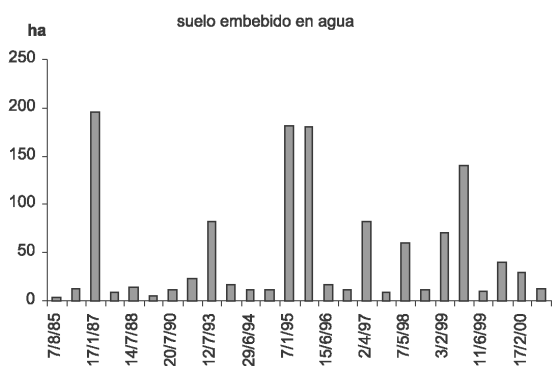
*Discriminación visual.* El suelo embebido en agua sólo se discrimina en la banda 4, donde presenta un tono más claro que el agua, y en la composición RGB 457 con color marrón.



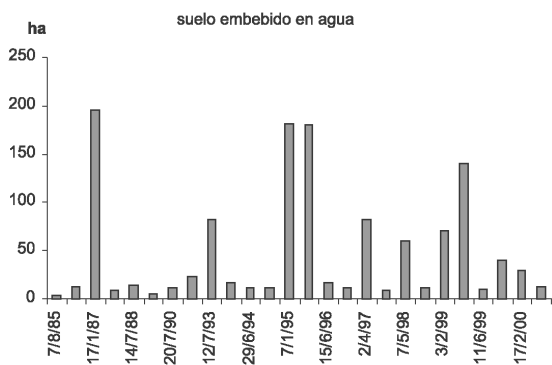
**Figura 4.** Superficie de agua entre 1985 y 2000, obtenida mediante imágenes Landsat.



**Figura 5.** Firmas espectrales del agua en las imágenes de abril y julio de 1997.



**Figura 6.** Superficie de suelo embebido en agua entre 1985 y 2000, obtenida mediante imágenes Landsat.



**Figura 7.** Firmas espectrales de la cobertura suelo embebido en agua en las imágenes de abril y julio de 1997.

*Firma espectral.* La reflectividad en el espectro visible (Figura 7) es siempre mayor que la del agua debido quizás al elevado contenido de sales. Presenta un acusado pico de reflectividad en el infrarrojo cercano que puede corresponder a la actividad de las algas.

## CONCLUSIONES

Las imágenes Landsat TM y ETM+ han proporcionado valiosa información acerca de las saladas y depresiones de Monegros. Completan la escasos registros de campo, aportando datos retrospectivos e información adicional para caracterizar las coberturas. Además han permitido cuantificar y estudiar la evolución de la superficie ocupada por cada una de las coberturas de las saladas y depresiones desde 1985 hasta la actualidad.

La teledetección, acoplada con el conocimiento de terreno, ha dado un grado de detalle temático y una integración conceptual no alcanzados hasta ahora en la catalogación de coberturas de estos hábitats.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en la investigación ARGOS, financiada por CTP (Aquitaine, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Aragón, Cataluña, Navarra, País Vasco, Andorra). Formará parte de las labores preparatorias del proyecto INTAS-69 Satellite image processing techniques for effective management of land use and irrigation demand in the Aral basin.

## BIBLIOGRAFÍA

BALSA, J., GUERRERO, C., PASCUAL, M.L. y MONTES, C. 1991. Las saladas de Bujaraloz-Sástago y las saladas de Chiprana: riqueza natural de Aragón. *Empelte 7*. Grupo Cultural Caspolino. Caspe, Zaragoza.

BRYANT, R.G. 1996. Validated linear mixture modelling of Landsat TM data for mapping evaporite minerals on a playa surface: methods and applications. *International Journal of Remote Sensing* 17(2): 315-330.

BRYANT, R.G. y RAINEY, M.P. 2002. Investigation on flood inundation on playas within the Zone of Chotts, using a time series of AVHRR. *Remote Sensing of Environment* 82: 360-375.

CASTAÑEDA, C. 2002. *El agua de las saladas de Monegros sur estudiada con datos de campo y de satélite*. Consejo de Protección de la Naturaleza en Aragón, Zaragoza, 158 pp.

CASTAÑEDA, C., CASTERAD, M.A. y HERRERO, J. 2001. Una metodología para el estudio de

- las saladas de Monegros Sur mediante imágenes Landsat TM. En Rosell, J.L. y Martínez-Casasnovas, J.A., ed. *Teledetección, Medio Ambiente y Cambio Global*, Universidad de Lérida, 686 pp.
- GUTIÉRREZ, M., DESIR, G. y GUTIÉRREZ, F. 2002. Yardangs in the semiarid central sector of the Ebro Depression (NE Spain). *Geomorphology*, 44: 155-170.
- HARRIS, A.R. y MASON, I.M. 1989. Lake area measurement using AVHRR- a case study. *International Journal of Remote Sensing* 10 (4-5): 885-895.
- HERRERO, J. 1982. *Salinidad del suelo en salobres de Monegros y Somontano oscense como condicionante de la vegetación*. Institución Fernando El Católico, Zaragoza, 50 pp.
- HERRERO, J. y SNYDER, R.L. 1997. Aridity and irrigation in Aragón, Spain. *Journal of Arid Environments* 35: 55-547.
- PUEYO, J.J. 1978. La precipitación evaporítica actual en las lagunas saladas del área: Bujaraloz, Sástago, Caspe, Alcañiz y Calanda (provincias de Zaragoza y Teruel). *Revista del Instituto de Investigaciones Geológicas* 33: 5-56, Diputación Provincial - Universidad de Barcelona.

