

## *Estudio Microclimático de La Mancha utilizando la banda térmica del sensor TM*

M.<sup>a</sup> Eugenia PÉREZ GONZÁLEZ<sup>1</sup> y M.<sup>a</sup> Pilar GARCÍA RODRÍGUEZ<sup>2</sup>

### RESUMEN

En este trabajo se analiza el comportamiento térmico de diferentes humedales manchegos utilizando la banda térmica del sensor Thematic Mapper (satélite Landsat 5) y datos meteorológicos. La variación térmica entre las lagunas y su entorno es siempre significativo, aunque su radio de influencia difiere en las distintas épocas del año; en invierno el contraste térmico es más notable, mientras que en verano el contenido en sales introduce importantes oscilaciones en las temperaturas diurnas.

**PALABRAS CLAVE:** Teledetección, banda térmica, humedales, temperaturas diurnas.

### ABSTRACT

The purpose of this research is to analyse the thermic behaviours in La Mancha wetlands (located in mid Spain.), by using thermic channel of TM sensor (Landsat 5) and meteorological datas. Even if radium of influence varies along the year, thermic contrast between wetlands and environment is remarkable. In wintertime is more significant, while in summertime the salinity introduce great oscillations in diurnal temperatures.

**KEY WORDS:** Remote sensing, thermic channel, wetland, diurnal temperatures.

---

<sup>1</sup> Proyecto Complutense PR64/99-8521.

<sup>2</sup> Proyecto CICYT AMB98-0827.

## RÉSUMÉ

Dans cet article nous avons analysé les dates termiques dans une zone humide (La Mancha, Espagne) avec l'aide de la bande 6 du senseur TM (Landsat 5) et les données météorologiques. Les différences termiques sont très significatives entre les lagunes et ses alentours. En hiver le contraste thermique est plus notable et en été la salinisation introduit des variations dans les températures diurnes.

MOTS CLÉS: Télédétection, bande thermique, zones humides, températures.

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad estudiar el microclima de algunos humedales de La Mancha. Estos espacios naturales —como cualquier medio acuático— se caracterizan por amortiguar los extremos de temperatura, comportándose a priori como «islas de frío» en los tórridos veranos y como «islas de calor» durante los cortos días del invierno. Además, se pretende conocer mediante el análisis de la banda térmica del sensor TM el radio de acción de las anomalías térmicas tanto en el espacio como en el tiempo.

Se quiere destacar la importancia de los estudios microclimáticos —casi vírgenes en estos espacios naturales— pues, hasta la fecha, casi todas las investigaciones sobre humedales van destinadas a su indudable riqueza biótica (especialmente de la avifauna), quedando el clima relegado a un mero papel de marco. La falta de investigaciones sobre el microclima de humedales lleva asociado que este parámetro no sea tenido en cuenta en la valoración de dichos espacios.

Las escasas estaciones termométricas de la vasta región manchega (Las Pedroñeras, Socuéllamos, Campo de Criptana, Alcázar de San Juan, Tomelloso y Madridejos) con series continuas largas dificultan la interpretación de los diferentes valores registrados. Las temperaturas medias anuales (media anual, media de las máximas y media de las mínimas, cuadro 1) indican que no existe una relación directa entre la altitud y las temperaturas pues es la estación de Campo de Criptana la que, localizada a mayor altitud y similar posición topográfica, presenta todas las temperaturas más elevadas cuando cabría esperar lo contrario.

El análisis térmico superficial con el sensor TM permitirá ofrecer alguna luz sobre qué parámetros del medio físico repercuten en la distribución de las temperaturas.

Cuadro 1  
TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES DE LA SERIE 1961-1990

	Latitud (N)	Long. (E)	Altitud m	T media	Tm máx	Tm mín
Las Pedroñeras	39° 27'	1° 0'	674	14,1	24,3	5,0
Socuéllamos	39°17'	0°54'	674	14,1	25,2	5,0
C. Criptana	39°24'	00°33'	707	15,0	26,6	6,2
Alcázar S. J.	39°23'	0°28'	664	14,4	25,3	5,7
Tomelloso	39°9'	0°39'	662	15,0	26,2	5,7

Se ha analizado el comportamiento térmico de la amplia llanura manchega, donde se localizan más de cincuenta humedales de diferentes tipologías. Para el estudio térmico se han agrupado todos ellos en dos clases en función de la profundidad del agua, calidad de la misma, permanencia de la lámina de agua y presencia de vegetación: una, lagunas permanentes con abundante vegetación y, otra, lagunas someras, salinas y temporales sin vegetación.

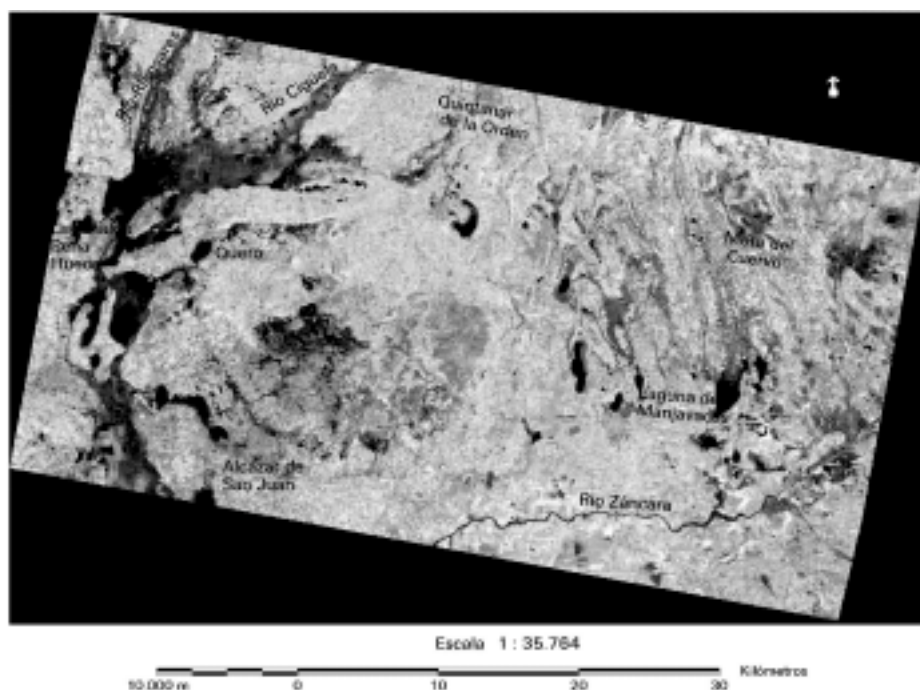


Fig. 1. Localización de humedales manchegos

Las lagunas de mayor extensión superficial y casi permanentes más representativas de La Mancha son las de El Taray y Villafranca de los Caballeros en la provincia de Toledo y la de Manjavacas en la provincia de Cuenca. Estas lagunas tienen aportes naturales tanto fluviales como subsuperficiales y, además, con frecuencia, están gestionadas hidrológicamente por el hombre. La vegetación es muy abundante dentro de las lagunas, con presencia de carrizales (*Phragmites australis*), masiegas (*Cladium mariscus*) y algas eucariotas; bordeando las láminas de agua se localizan especies arbóreas con predominio de tarayes (*Tamarix, sp*) y chopos (*Populus alba*). El agua de estas lagunas tiene casi todo el año baja salinidad y no se encuentran apenas contaminadas, aunque en verano pueden sufrir problemas de eutrofización.

La mayor parte de las lagunas manchegas son temporales, someras y con distinto grado de salinidad. Entre ellas las más características —Tírez, Peña Hueca, Quero y Alcahozo— no superan los 30-40 cm de altura en sus láminas de agua y, debido a su elevada salinidad no tienen vegetación, salvo en los bordes de las mismas con presencia de plantas halófitas adaptadas a estas condiciones extremas (*Sarcocornia perennis*, *Suaeda vera*, *Limonium sp.* etc.).

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Para el análisis microclimático se han elegido dos lagunas, correspondientes a las clases arriba descritas: las lagunas de Manjavacas y Peña Hueca. La primera, permanente, de baja salinidad y densa vegetación natural y, la segunda, temporal, muy salina y con vegetación halófitas, siempre fuera del vaso lagunar.

El estudio de detalle se realiza a partir del análisis visual y digital de la banda 6 del sensor TM del satélite LANDSAT 5. Dado que la resolución espacial de este canal es de 120 m las imágenes que presentamos del área de estudio se han obtenido con bandas visibles e infrarrojas con una resolución de 30 m (figuras 2,3,4 y 5). Estos canales permiten discriminar con más precisión los diferentes materiales presentes en las lagunas y sus entornos.

Puesto que se trata de un estudio microclimático se han escogido dos fechas contrastadas térmicamente: 26 de agosto de 1995 y 20 de febrero de 1997, fechas representativas, a, su vez, de un año seco y otro húmedo respectivamente.

Las imágenes han sido corregidas geométrica y radiométricamente y se han georreferenciado mediante la obtención de numerosos puntos de control. Se ha realizado un tratamiento digital con la obtención de perfiles espectrales en la banda térmica siguiendo cortes espaciales que abarcan tanto el conjunto del área de estudio como el interior de los vasos lagunares seleccionados.

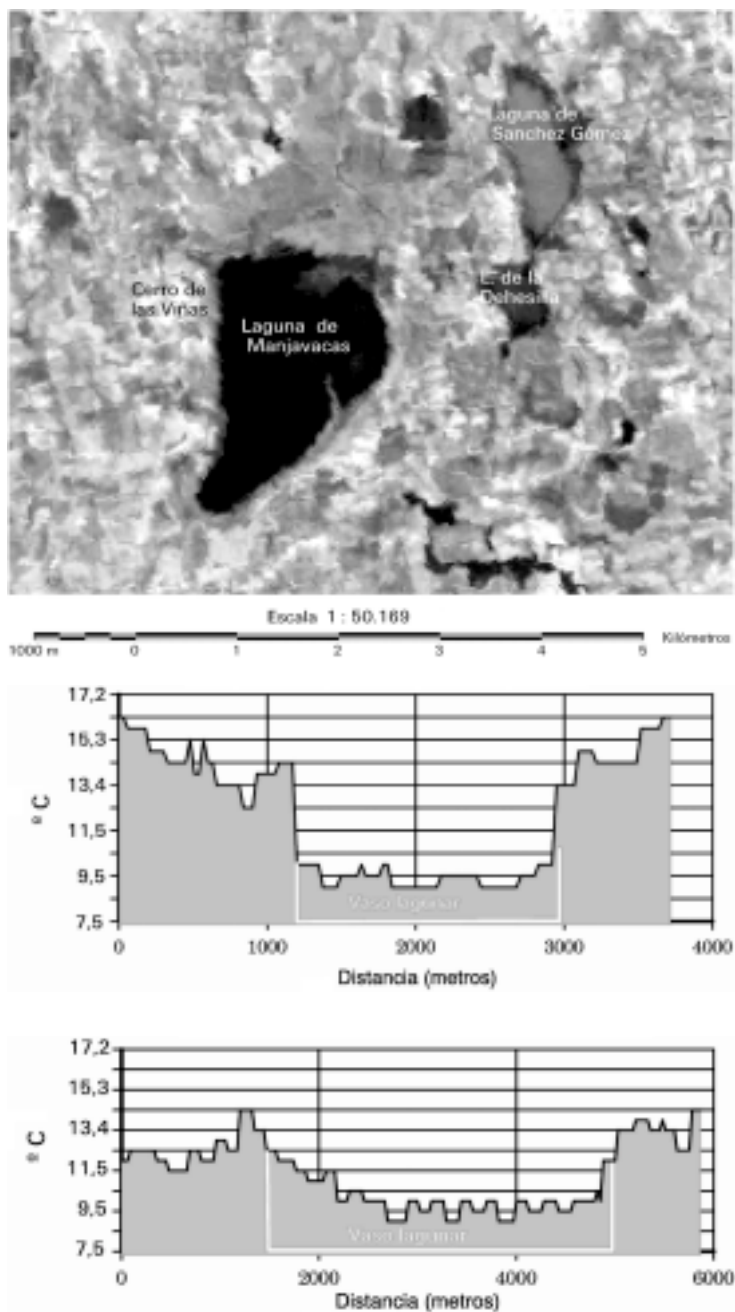


Fig. 2. Imagen TM de la Laguna de Manjavacas. Perfiles térmicos (20-2-1997).

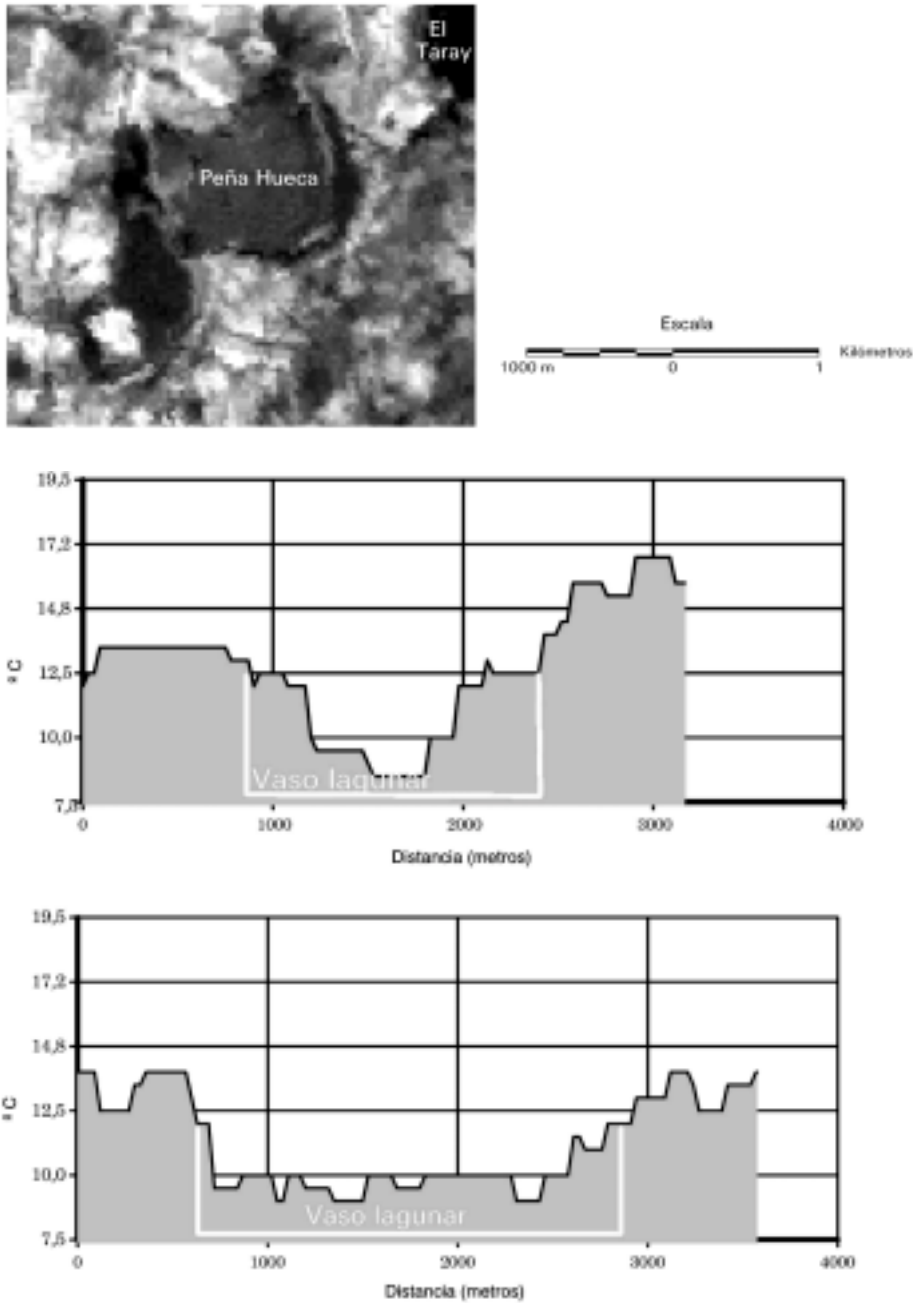


Fig. 3. Imagen TM de la Laguna de Peña Huesca. Perfiles térmicos (20-2-1997).

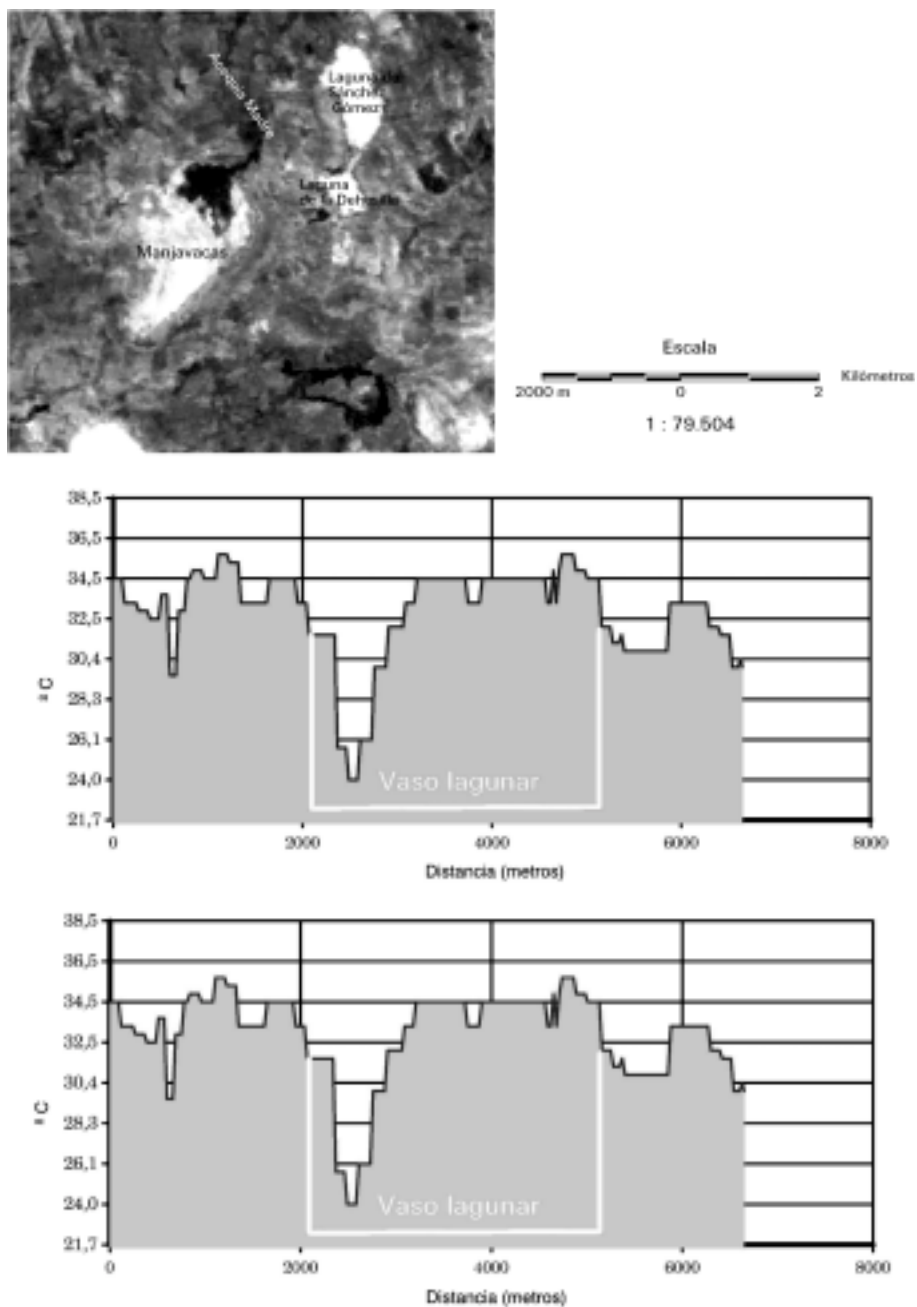


Fig. 4. Imagen TM de la Laguna de Manjavacas. Perfiles térmicos (26-8-1995).

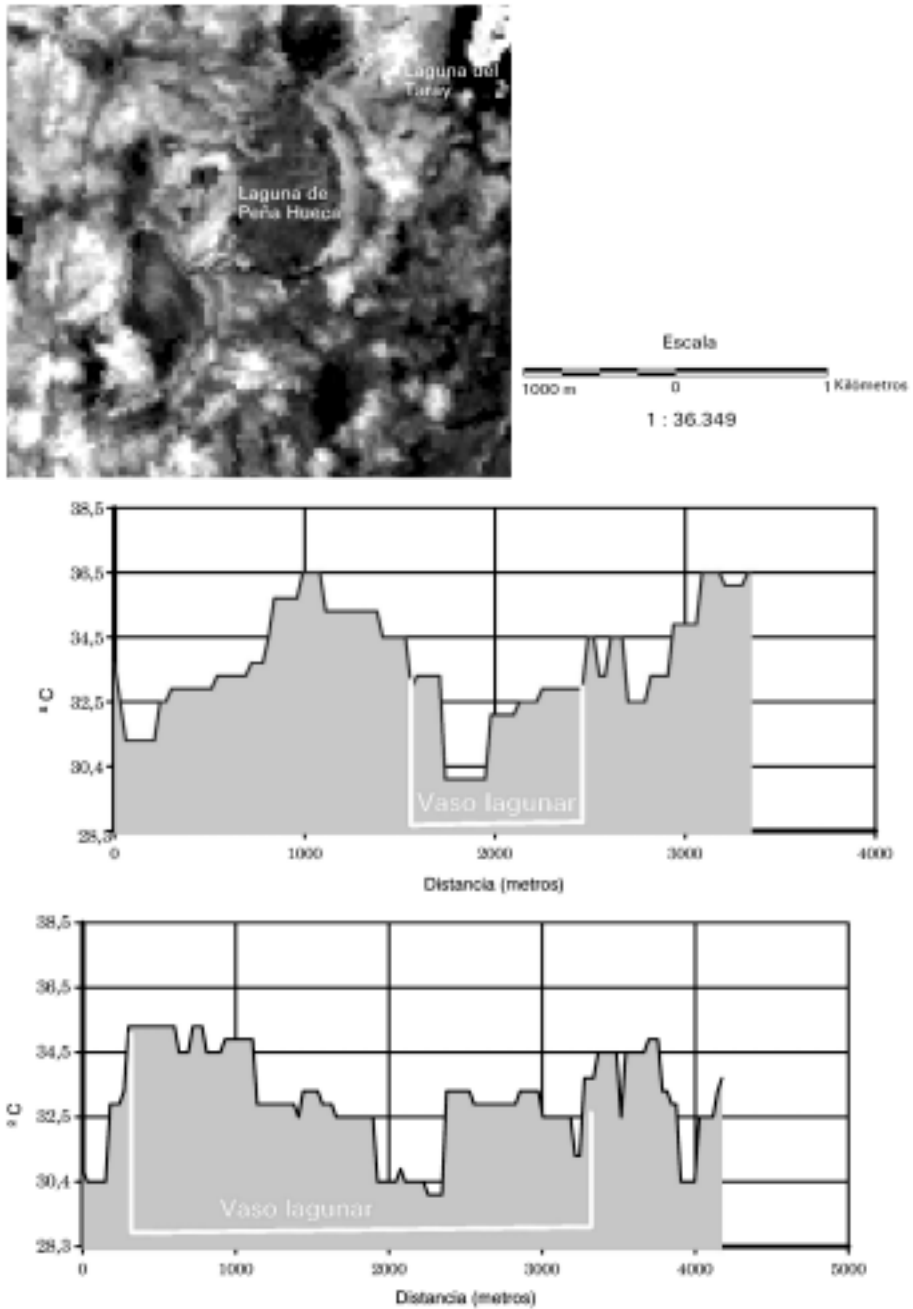


Fig. 5. Imagen TM de la Laguna de Peña Huesca. Perfiles térmicos (26-8-1995).



Los valores digitales obtenidos por el sensor TM se han transformado en datos de temperatura medidos en grados centígrados, mediante la aplicación de la fórmula de SHOTT (1989):

$$T^* = K_2 / \ln [(K_1/R)+1]$$

Donde T\* = temperatura efectiva o aparente captada por el sensor;  
 K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub> = dos constantes;  
 R = radiancia espectral de la banda 6 (WUKELIC *et al.*, 1989).

### 3. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El trabajo se desarrolla dentro de La Mancha Húmeda situada entre las coordenadas: 39° 38'N-3° 21'W y 39° 18'N-2° 46'W.

A continuación se describen las características físicas de las dos lagunas escogidas para analizar los comportamientos microclimáticos más contrastados.

La laguna de Manjavacas está ubicada en la provincia de Cuenca y está clasificada como una laguna permanente, o con un periodo seco muy reducido. Su perímetro máximo es de 8.840 m (medido el 20-2-1997) con un área encharcable de 299,22 ha. La longitud máxima es de 1.427,84 m y la anchura 1.140,88 m. Se asienta en su tercio norte sobre materiales pliocuaternarios poco espesos constituidos por sedimentos de diferentes tamaños y composición (PEINADO, 1994); el resto del vaso lagunar se forma sobre conglomerados, areniscas, margas y yesos del Mioceno. Al norte de la laguna se localizan sedimentos paleógenos (conglomerados, areniscas, margas, calizas y yesos) y materiales cretácicos.

Topográficamente la laguna se localiza en la cota 660 m con escasas diferencias altitudinales con el resto del área circundante, que no superan los 670 m; al oeste de la misma, el Cerro de la Villa, con una altitud de 693 m, presenta la posición más elevada. Esta laguna endorreica está alimentada al N por dos arroyos naturales (Acequia Madre y Acequia del Rollo).

Las aguas de la laguna están clasificadas como salobres y ligeramente eutrofizadas por los vertidos de la acequia Madre; esto da lugar a una densa vegetación higrófila, tanto en el interior del vaso como en los alrededores del mismo.

La laguna de Peña Hueca está dividida en dos vasos lagunares con una superficie máxima inundable de 122,9 ha, de las que 92,5 corresponden al vaso mayor y 30,4 ha al menor, situado al sudeste del primero. El vaso mayor viene definido por un perímetro de 4.365 m con un eje mayor de 1.427,8 m y otro menor de 1.140,9 m. El vaso lagunar menor alcanza 3.254 m de períme-

tro y con forma ovalada presenta unas medidas de 1.083,8 y 600,2 m en ambos ejes.

Esta laguna presenta una cuenca de avenamiento bien delimitada y definida por una primera banda concéntrica que corresponde a fondos de antiguos lagos, constituidos por sedimentos aluviales con alto contenido en sales, donde afloran potentes bancos de yesos. Esa primera banda está rodeada por sedimentos detríticos miocenos, a los que deben sumarse los relieves periféricos que conforman su cuenca de avenamiento:

- al norte se encuentra una superficie estructural coronada por las calizas del plioceno, con una altitud de 673 m;
- al sur aparecen relieves de topografía ondulada con elevaciones máximas de 669 m caracterizadas por un denso canturreal de cuarcita;
- el flanco oeste de la laguna esta constituido por cuestras con una altitud entre 646,5 y 658 m.

Hidrológicamente la laguna tiene aportes de aguas dulces (pluviales) y salobres, procedentes del lavado superficial o subsuperficial del terreno. A estos deben añadirse los aportes de aguas freáticas procedentes de las carniolas que asoman en la margen occidental y supuestamente se encuentran bajo el fondo de la laguna. Por todo ello, Peña Hueca es una laguna de aguas estacionales, con un elevado contenido en sales cloruradas-sulfatadas-magnésicas quedando clasificada de salmuera. Durante el periodo estival se forman, en el interior de la laguna, costras de sal (con espesor decimétrico) y suelos poligonales.

La vegetación natural queda relegada al entorno no cultivado de la laguna con dominio de vegetación halófila e higrófila en el sector en contacto con la lámina de agua y xerófila (*Lygeum spartum*, *Elymus pungens*, *Elymus repens*, etc.).

#### 4. ANÁLISIS DE LA BANDA TÉRMICA DE LAS DOS LAGUNAS SELECCIONADAS

##### 4.1. IMAGEN DE INVIERNO (20-2-1997)

Para obtener una visión general de la temperatura superficial de La Mancha Húmeda se han realizado distintos perfiles espaciales en toda la imagen (fig. 1), dos de ellos corresponden a las diagonales NE-SW y NW-SE, con una longitud aproximada de 65 km, y el tercero es un corte N-S en el centro de la imagen con una distancia en torno a 30 km. Los valores más altos apenas superan los 19 °C y los más bajos, correspondiendo siempre a las diferen-

tes láminas de agua, están alrededor de los 10 °C, salvo un pequeño sector que alcanza los 5 °C que se localiza en pequeños navajos. Las fluctuaciones térmicas entre diferentes puntos no siguen (salvo en los valores mínimos del agua) una distribución espacial regular sino que parecen responder al distinto albedo de los materiales. Los valores térmicos más altos corresponden a sedimentos arcillosos cubiertos por gramíneas, localizados en el extremo nororiental de la imagen, alcanzando entorno a 19,5 °C. Las calizas, margas y yesos presentan una reflectancia mayor que se traduce en temperaturas más bajas (alrededor de 14,5 °C).

Los resultados de los perfiles espectrales de los diferentes pueblos de La Mancha presentan valores irregulares, sin una tendencia térmica clara, aunque las variaciones invernales de temperatura son aquí muy pequeñas.

Contrariamente a lo que a priori cabría pensar las lagunas más profundas muestran temperaturas ligeramente más elevadas (de 9 a 10 °C, según la transformación de los valores obtenidos por la banda 6 del TM) que las lagunas someras (de 8,5 a 9,5 °C). Esto puede ser debido a la protección frente al viento que ofrecen la vegetación y la posición topográfica más resguardada.

Todas las lagunas, independientemente de sus características, presentan un microclima higrométrico, pues sus temperaturas diurnas son siempre inferiores a sus áreas circundantes como corresponde al mayor calor específico del agua. Estas diferencias de la temperatura superficial pueden ser superiores a 7 °C en algunos puntos.

Se ha realizado un tratamiento digital con la obtención de perfiles espectrales en la banda térmica en las lagunas seleccionadas siguiendo cortes espaciales que atraviesan los vasos lagunares (figuras 2 y 4).

En la laguna de Manjavacas se han realizados dos cortes espaciales, uno en dirección E-W y otro, N-SSW. En ambos se advierte un contraste nítido entre la lámina de agua y su entorno, con una temperatura unos 5 °C inferior en el vaso lagunar. En los perfiles espaciales de la laguna (fig. 2) aparentemente es más acentuado el contraste térmico agua-suelo en el corte E-W, pero estas diferencias sólo se deben a la distintas longitudes de los cortes espaciales. El área de amortiguación térmica apenas sobrepasa los límites de la laguna, aunque se observan oscilaciones de unos 2 °C en función, principalmente, de la humedad del terreno y la influencia de humedales próximos (Lagunas de la Dehesilla, de Sánchez Gómez, de Alcahozo, etc.). El interior de la laguna también muestra ligeras oscilaciones térmicas, —de 1 °C—, debido a la presencia irregular de vegetación.

En la laguna de Peña Hueca se han realizado otros dos cortes espaciales, uno en el vaso mayor, con dirección NW-SE y otro, NE-SW cortando los dos vasos lagunares. Peña Hueca, más somera que Manjavacas, sigue dando temperaturas más bajas que el entorno, mostrando el mayor incremento en los se-

dimentos arcillosos (extremo sudeste del perfil NW-SE). Las temperaturas mínimas (8,5 °C) se producen en una lámina de agua de unos 30 cm de altura, sin vegetación y sedimentos con mayor contenido en sales. En el perfil NE-SW los ligeros incrementos de temperatura dentro del vaso lagunar corresponden a pequeñas islas o a la unión de los dos vasos.

#### 4.1. IMAGEN DE VERANO (26-8-1995)

En claro contraste con la imagen de invierno, durante la estación estival los perfiles espaciales de la banda térmica no pueden discriminar claramente los límites de las lagunas, pues los distintos contenidos en sales, agua, humedad, vegetación o sedimentos repercuten en las variaciones de temperatura, de forma que no sólo incluyen los valores mínimos. Así, en la imagen de Manjavacas los dos perfiles espaciales (fig. 4) distinguen con claridad el Arroyo Madre y su desagüe en la laguna, con los valores más bajos (29,0 °C y 24 °C respectivamente), frente a la media del entorno (33,5 °C). Debe destacarse que los días previos a la fecha de la imagen se registraron copiosas tormentas (36 mm de precipitación en La Puebla de Almoradiel el día 22 de agosto y 40 mm en Miguel Esteban el día 23 de agosto de 1997, según los datos del I.N.M), lo que repercute en temperaturas superficiales inferiores a las habituales para dicha fecha, e igualmente menores que el resto de La Mancha que no fueron afectadas por precipitaciones intensas, como es el caso de Alcázar de San Juan que con sólo 13,4 mm durante todo el mes de agosto muestra temperaturas hasta 5 °C superiores. El resto de la laguna, seca y con eflorescencias salinas, presenta temperaturas superficiales ligeramente mayores que el entorno, con valores entre 34,5 ° y 36 °C. En un corte oeste-este que comprende el vaso lagunar y el entorno destaca también la presencia del desagüe con valores bajos, 10 °C inferiores a los suelos con eflorescencias próximos a él. Durante el verano se advierten los cambios térmicos en función de la distribución de los materiales y contenido en humedad en los mismos.

Los perfiles térmicos realizados en la laguna de Peña Hueca (fig. 5) presentan amplitudes de 5 °C, entre 30,0 y 35,0 °C. La ausencia de agua dentro de la laguna impide que el contorno de la misma quede definido térmicamente en los cortes; por el contrario, sí se refleja un mayor contenido de humedad en el centro del vaso lagunar grande que muestra los mínimos de temperatura. En los extremos de ambos cortes espaciales se observan también temperaturas bajas (alrededor de 30,0 °C) que corresponden a los sedimentos arcillosos que retienen más humedad. Los valores más altos de todo el área coinciden siempre con sedimentos ricos en sales, tanto en el interior de la laguna como fuera de la misma.

#### 4. CONCLUSIONES

Debido a las escasas diferencias métricas del terreno, mínimas pendientes y núcleos rurales concentrados pero siempre inferiores a 30.000 habitantes, el principal microclima de esta amplia región manchega (unos 2.000 km<sup>2</sup>) viene condicionado por la existencia de innumerables humedales.

La amortiguación térmica entre las lagunas (con o sin agua) y sus entornos es siempre notable, aunque el radio de influencia difiere en las diferentes épocas del año. En invierno hay un claro contraste térmico entre los humedales y las áreas circundantes, con temperaturas a las 10 horas más bajas en el interior de todas las lagunas, independientemente de la profundidad, presencia de vegetación y composición del agua. Por esto no puede generalizarse el término de «isla de calor» para el comportamiento térmico invernal de estos humedales, pues sólo afectará a los valores mínimos diarios.

En la estación estival los valores térmicos responden al distinto calor específico de los materiales y a las diferencias espaciales de humedad, por lo que las lagunas no quedan delimitadas térmicamente. El contenido en sales de los sedimentos juega un papel importante en las oscilaciones térmicas, con temperaturas más altas.

#### 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.<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, Universidad Complutense de Madrid, 271 pág. y 3 mapas.
- PÉREZ GONZÁLEZ, M.<sup>a</sup> E. y SANZ DONAIRE, J.J. (1998): Clima y microclima de la Mancha Húmeda. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, nº 18: 205-237.
- SHOTT, J. R. (1989): Image Processing of Thermal Infrared Images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55, nº 9: 1311-1321.
- WUKELIC, G. E., GIBBONS, D. E., MARTUCCI, L. M. y FOOTE, H. P. (1989): Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper Thermal Band. *Remote Sensing Environmental*, 28: 339-347.