

Estudio del estado trófico del lago de la albufera (Valencia) a partir de imágenes del Landsat-5 (TM)

V. Caselles⁽¹⁾, M. J. López García⁽²⁾ y J. M. Soria⁽³⁾

- (1) Dep. de Termología. Fac. de Ciencias Físicas. U. de València.
Burjassot (Valencia)
- (2) Dep. de Geografía. Fac. de Geografía e Historia. U. de València.
- (3) Dep. de Ecología, Fac. de Ciencias Biológicas. U. de València.
Burjassot (Valencia)

1.-INTRODUCCION

La Albufera de Valencia es un ecosistema, cuyas características han motivado diversos estudios tanto desde un punto de vista geomorfológico (ROSSELLÓ, 1979, 1982) como hidrológico y biológico. El Departamento de Ecología inició en 1980 los estudios limnológicos destinados a obtener conocimientos básicos sobre el funcionamiento del lago. Las características fisicoquímicas durante 1980-81 en un punto fueron resumidas por SERRA *et al.* (1984) y en ocho puntos de muestreo durante 1982-83 en MIRACLE *et al.* (1986), y la relación entre el lago y las acequias en 1985 por SORIA (1987). La determinación del grado de eutrofización de sus aguas se ha basado en el análisis de las propiedades del agua a partir de diferentes muestreos realizados en el lago, lo que limita la información a los puntos de muestreo elegidos.

El uso de los sensores remotos para determinar el estado trófico de lagos y embalses se remonta a los años 70 con el lanzamiento del Landsat 1. Desde entonces, diversos estudios (SCARPACE *et al.*, 1979; CARPENTER & CARPENTER, 1983; LILLESAND *et al.*, 1983; VERDIN, 1985...) han puesto de manifiesto la utilidad del sensor MSS del Landsat para determinar parámetros indicadores del estado trófico, tales como la transparencia del disco de Secchi, la concentración de clorofila *a* en el agua, y la concentración total de fósforo, a partir del tratamiento

conjunto de las imágenes digitales y los datos de muestras de agua tomados simultáneamente. Estos trabajos están basados en el hecho de que las aguas con ciertos materiales disueltos (sedimentos, pigmentos...) experimentan un cambio de color, es decir, varían sus propiedades reflectivas (HOFFER, 1978), que es detectable desde el satélite.

En el presente trabajo se realiza un estudio de los siguientes parámetros: concentración de clorofila *a* (mg/m^3), partículas de seston (mg/l) y transparencia del disco de Secchi (cm), a partir de imágenes del sensor TM del Landsat 5 en el lago de la Albufera de Valencia. Las mejoras en la resolución radiométrica, espacial y espectral del sensor TM aumentan las posibilidades respecto al MSS (LATHROP & LILLESAND, 1986), y lo hacen más adecuado para el estudio de lagos "pequeños" como es el caso de la Albufera.

2.-ZONA DE ESTUDIO

La Albufera de Valencia es una laguna litoral, situada en la costa mediterránea 10 km al sur de la ciudad de Valencia (fig.1), de gran importancia dentro de nuestra península, tanto por su extensión (3ª en superficie) como por el ecosistema (flora y fauna) que constituye. Su forma es casi circular, de aproximadamente 8 km de diámetro, con una profundidad media de 0.75 m. Ocupa la parte central de una amplia zona húmeda que se extiende entre los ríos Turia y Xúquer, con una extensión aproximada de 223 km^2 , en su mayor parte dedicada al cultivo del arroz. La comunicación de la Albufera con el mar se lleva a cabo por tres canales o "golas" donde el flujo del agua es regulado por compuertas que mantienen su nivel en los valores más adecuados al cultivo del arroz (ROSSELLO, 1979).

Al oeste de la marjal se sitúa un cordón de poblaciones que suman 300.149 hab. y unas 4.000 industrias (censo de junio de 1986), cuyas aguas residuales se vierten sin depurar a cauces naturales pertenecientes a la cuenca hidrográfica de la Albufera. Los aportes hídricos llegan por numerosas acequias y barrancos portadores de aguas de lluvia y las procedentes de los ríos Turia y Xúquer. Si bien la parte norte de la marjal era anteriormente abastecida por el caudal del Turia, en la actualidad y debido al transvase de aguas del río Xúquer al Turia, y la canalización de las aguas de salida de la depuradora de aguas residuales de la ciudad de Valencia, los aportes en esta zona

corresponden a aguas de muy diversa calidad. Las zonas oeste y sur se surten exclusivamente de las aguas del Xúquer. Entre los principales aportes de agua a la Albufera destacaremos: por la parte septentrional, la carrera de "El Saler", con aguas procedentes de la depuradora de aguas residuales y los vertidos de Alfafar y Sedavi, y el barranco de Xiva o Massanassa, con aguas residuales urbanas e industriales procedentes de una amplia cuenca y diverso origen; en la zona O y SO las acequias de Silla, la Foia y el Senyoret, con aguas residuales fundamentalmente urbanas e industriales procedentes de las poblaciones de Silla y El Romani, y el matadero industrial de "La Ribera"; y en la parte meridional, las acequias de L'Alqueresía, Campets, Overa y Dreta, con aguas agrícolas.

Desde un punto de vista biológico, la Albufera de Valencia es un sistema hipertrófico. Se entiende por hipertrófico un sistema muy eutrófico, cuyos rasgos característicos pueden sintetizarse en:

- 1) escasa profundidad y limitada circulación de agua
- 2) régimen de nutrientes y oxígeno desequilibrados
- 3) extremada productividad: la biomasa algal puede exceder de 100 mg/l (más de 400 mg/m³ de clorofila a).

La Albufera de Valencia es un sistema hipertrófico que reúne las condiciones de escasa profundidad y notables aportes de aguas con residuos tanto agrícolas como urbanos e industriales. Sin embargo, tiene unas diferencias notables respecto a los demás sistemas hipertróficos: la manipulación de la renovación de las aguas del lago por medio de las compuertas permiten evacuar las aguas cuando llegan al punto en que debería producirse la muerte y el final del sistema. Estos flujos de entrada de agua al lago condicionan la evolución anual, y la diferencian de otros sistemas hipertróficos.

3.-METODO DE TRABAJO

3.1.-DATOS DE SUELO

El presente estudio se ha realizado a partir de los datos de la imagen y de la campaña del día 22 de julio de 1985. Los datos de suelo utilizados consisten en: transparencia (disco de secchi en cm), clorofila a (mg/m³) y partículas de seston (mg/l), obtenidos en las observaciones realizadas en 20 puntos de muestreo repartidos por la

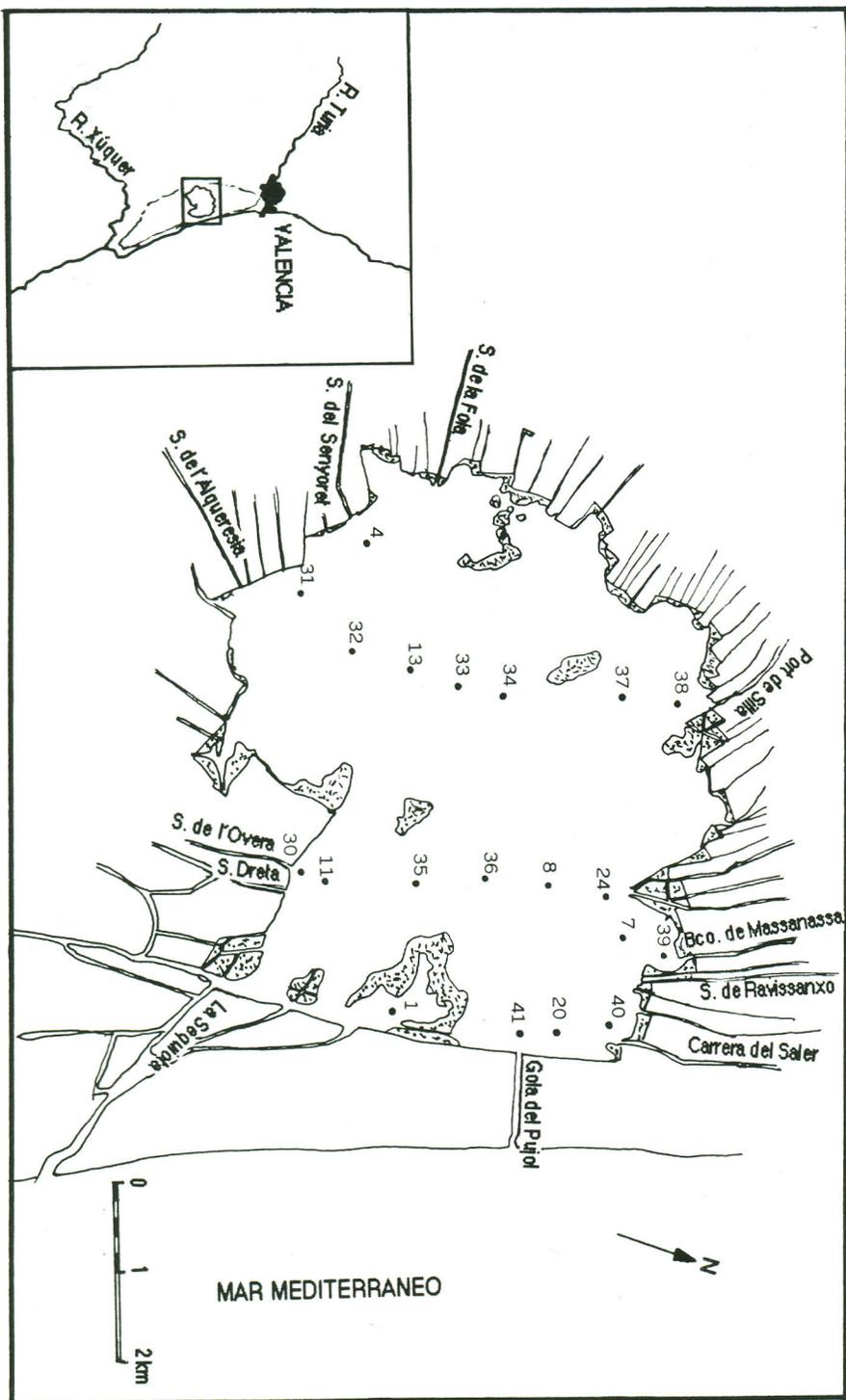


Figura 1.- Mapa de la zona de estudio donde se han señalado los puntos de muestreo.

totalidad de la superficie del lago (fig 1). Las muestras fueron tomadas por dos barcas en superficie (0.2 m), entre las 8.45-11.30 h. TMG, coincidiendo con el paso del satélite por la zona de estudio (tabla 1).

El disco de Secchi es un disco de color blanco, de 20 cm de diámetro. La estimación de la transparencia es la medida de las profundidades a las que el disco desaparece al descenderlo y reaparece al elevarlo. La transparencia medida está en función de la reflexión de la luz en la superficie, y está afectada por las características de absorción del agua y por el contenido en partículas. Si existe concentraciones de materia orgánica elevadas, el descenso de transparencia medido con el disco de Secchi no es lineal.

La clorofila a es la más abundante de los pigmentos fotosintéticos y se emplea para estimar la biomasa algal. La determinación cuantitativa (mg/m^3) se basa en el análisis espectrofotométrico de extractos de clorofila en una solución 1:1 de acetona 90% y dimetil-sulfóxido según el método tricromático de STRICLAND Y PARSONS (1968):

$$\text{Clf. a} = (11,6 A_{665} - 1,31 A_{645} - 0,14 A_{630}) (v/Vz) \quad (1)$$

donde: A_{665} , A_{645} y A_{630} son las absorciones a las longitudes de onda de 665, 645 y 630 nm, v es el volumen del extracto en ml, V es el volumen de la muestra de agua filtrada en litros, y z es el paso óptico de la cubeta espectrofotométrica en cm.

La medida de las partículas de seston es otro método de estimar la biomasa, aunque incluye partículas muertas, inertes o degradadas. Se realizó con un contador de partículas "Coulter" modelo ZM, contando partículas cuyo diámetro estuviera comprendido entre 2,66 y 80 μm . Se separaron los tamaños en clases y se estimaron los pesos finales de las partículas contadas en relación al volumen de muestra original.

3.2.- ANALISIS DE LA IMAGEN

Las imágenes digitales del sensor TM del Landsat 5 han sido procesadas utilizando un equipo de tratamiento digital de imágenes "Pericolor 1000", y las fases de tratamiento pueden esquematizarse en los siguientes pasos:

TABLA 1,-
 DATOS DE MUESTREO OBSERVADOS *IN SITU* CORRESPONDIENTES AL
 22 DE JULIO DE 1985,

PUNTO MUESTRA	HORA (T, M, G,)	SECCHI (cm)	CLOR, A (mg/m ³)	P, SESTON (mg/l)
1	11,27	23	346	56
4	9,10	21	506	--
7	10,10	23	260	51
8	9,40	21	514	--
11	9,00	25	210	43
13	9,30	18	578	80
20	10,50	22	486	67
24	9,55	20	542	67
30	8,45	20	317	61
31	9,00	15	515	--
32	9,20	18	451	--
33	9,40	18	717	75
34	9,50	18	630	--
35	9,15	25	397	56
36	9,30	22	462	71
37	10,00	20	611	67
38	10,10	20	488	56
39	10,22	28	213	37
40	10,40	22	499	--
41	11,05	23	475	--

1) Corrección del "stripping":

Las imágenes recibidas vienen afectadas por un ruido de fondo que se produce debido a desajustes de los sensores al variar bruscamente las características reflectivas de las superficies observadas, cuya importancia es más notoria en zonas de gran homogeneidad como el mar, lagos o embalses. Es necesario eliminar este factor antes de extraer la información de las imágenes ya que introduce errores en los valores de reflectividad obtenidos.

2) Suavizado:

Se les aplicó, asimismo, un filtro de suavizado tipo "smoothing" de forma que se eliminen las altas frecuencias y cualquier efecto residual del ruido o "stripping".

3) Localización de los puntos de muestras:

Esta fase se realizó contando con la colaboración del personal encargado de la toma de datos *in situ*.

4) Extracción de la información:

Para tener en cuenta los posibles errores en la localización de los puntos de muestreo, se tomó como valor correspondiente a cada punto la media aritmética obtenida con los valores comprendidos dentro de un entorno de 4 x 4 pixels, esto es, el equivalente en el suelo a una zona de 120 m x 120 m. Posteriormente se sometió a un examen crítico cada una de estas zonas, de forma que fueron excluidos del análisis los puntos que, por situarse en zonas muy heterogéneas, pudieran presentar problemas en su localización.

5) Tratamiento de la información:

Los valores digitales, DC, de cada una de las bandas fueron convertidos en radiancias, L_{SAT} ($mW/cm^2 sr$), según la ecuación:

$$L_{SAT} = a_0 + a_1 DC \quad (2)$$

donde a_0 y a_1 son las constantes de calibrado contenidas en las cintas.

Asimismo, las radiancias han sido convertidas en valores de reflectividad, ρ , según la fórmula aproximada:

$$\rho = \frac{L_{SAT}}{L_{SOL}} \quad (3)$$

donde

$$L_{SOL} = \frac{H_{\lambda} \cos z}{K \pi} \quad (4)$$

siendo K el factor corrector de la distancia Tierra-Sol, dado por

$$K = (1 + 0,0167 \sin (2\pi (\text{día} - 93,5)/365))^2 \quad (5)$$

H_{λ} la irradiancia solar extraterrestre, y

z el ángulo zenital

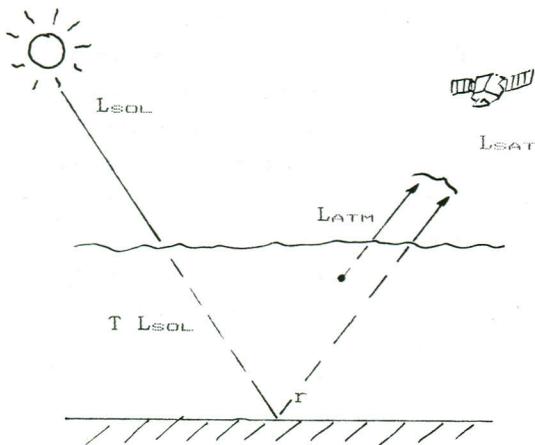


Figura.2.- Esquema simplificado del proceso de reflexión de la radiación solar en el sistema suelo-atmósfera.

De esta forma los datos son corregidos de los efectos de variación del ángulo solar según la época del año. Los datos utilizados en este trabajo vienen dados en la tabla 2.

En la expresión (3), ρ representa la reflectividad del sistema suelo-atmósfera (véase figura 2) y constituye, por tanto, una aproximación a la medida de la reflectividad de la superficie del suelo, r , la cual se expresa (ROLLIN *et al.*, 1985) como:

$$r = \frac{L_{SAT} - L_{ATM}}{T L_{SOL}} \quad (6)$$

donde T es la transmisividad de la atmósfera, y L_{ATM} la radiancia propia de la atmósfera

Al ser T y L_{ATM} valores dependientes de las condiciones atmosféricas (contenido en vapor de agua, aerosoles...), presentan una gran variabilidad, tanto espacial como temporal. El cálculo de estas variables constituye el problema de la "corrección atmosférica". Se han desarrollado diferentes modelos para evaluar la corrección atmosférica (TURNER & SPENCER, 1972; KNEIZYS *et al.*, 1980; OTTERMAN & ROBINOVE, 1981; DESCHAMPS *et al.*, 1982), fundados en una modelización teórica del

comportamiento de la atmósfera y en medidas de la visibilidad realizadas *in situ*, que permiten determinar el contenido atmosférico en aerosoles. La no disponibilidad de estas medidas en las proximidades de la zona de estudio no ha permitido el poder estimar la influencia atmosférica. Así pues, los valores de reflectividad, ρ , obtenidos a partir de la imagen del 22 de julio de 1985 sólo serán comparables a los de otras fechas con condiciones atmosféricas (L_{ATM} y T) semejantes.

Finalmente, para determinar las relaciones entre los parámetros del agua observados y los valores de reflectividad obtenidos en cada una de las bandas, se han utilizado técnicas de regresión lineal. El coeficiente de correlación (R^2) y el error de estimación (ϵ) se han utilizado para establecer la ecuación más adecuada para la elaboración de mapas indicativos del estado trófico, a partir de las imágenes.

TABLA 2.-
REFLECTIVIDAD (%) EN LA IMAGEN DE 22 DE JULIO DE 1985.

PUNTO MUESTRA	BANDA					
	TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5	TM 7
1	10,85	10,15	8,42	7,13	2,46	1,29
4	10,60	10,15	7,83	8,10	1,46	0,64
7	10,97	10,15	8,13	7,78	1,21	0,32
8	10,72	9,85	7,83	6,48	1,21	0,32
11	11,22	11,36	9,32	8,10	2,21	0,97
13	10,47	9,85	7,23	7,13	0,96	0,32
20	10,60	9,54	7,53	6,48	1,21	0,32
24	10,72	10,15	7,83	7,45	1,21	0,32
30	10,72	10,76	8,13	8,42	1,71	0,64
31	10,60	10,15	7,83	8,42	1,46	0,64
32	10,72	9,85	7,83	7,45	1,46	0,32
33	10,47	9,54	7,53	7,13	1,21	0,32
34	10,60	9,85	7,23	7,13	1,21	0,32
35	10,85	10,15	8,13	6,80	1,21	0,32
36	10,72	9,85	7,83	6,80	0,96	0,32
37	10,60	9,85	7,53	7,45	1,21	0,64
38	10,85	10,15	7,83	8,10	1,46	0,32
39	11,34	11,67	9,32	8,42	1,46	0,32
40	10,60	9,85	7,53	7,45	1,71	0,64
41	10,60	9,54	7,53	6,80	1,46	0,64

4.-RESULTADOS

En la tabla 3 se representa la matriz de correlación de los datos analizados (R^2), correspondientes al 22 de julio de 1985. De ella se obtienen las siguientes conclusiones:

Las bandas del TM que mejor correlación presentan con los parámetros estudiados (clorofila a, partículas del seston, disco de Secchi) son las bandas correspondientes al intervalo espectral del visible: bandas 1, 2 y 3.

Por el contrario, las bandas del infrarrojo medio (5 y 7) muestran bajas correlaciones con todos los parámetros analizados, (lo que era de esperar debido a la baja penetración del agua en esta longitud de onda). Así pues, estas dos bandas no serán utilizables en este tipo de estudios.

TABLA 3.-
MATRIZ DE CORRELACION CON LOS DATOS DE REFLECTIVIDAD Y DE MUESTREO,

	TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5	TM 7
TM 2	0,805					
TM 3	0,886	0,840				
TM 4	0,216	0,448	0,246			
TM 5	0,186	0,183	0,322	0,101		
TM 7	0,037	0,055	0,162	0,043	0,721	
SECCHI	0,566	0,352	0,503	0,000	0,101	0,054
LN CL,A	0,868	0,670	0,825	0,173	0,248	0,112
P,SESTON	0,940	0,744	0,840	0,493	0,322	0,088

Se han obtenido buenas correlaciones para los datos de clorofila a y de partículas de seston, con las bandas 1 y 3.

La representación gráfica de los datos de clorofila a frente a los valores de reflectividad pone de manifiesto que el mejor ajuste corresponde a una función del tipo: $\ln \text{cl a} = a + \rho b$.

Atendiendo al significado estadístico de los valores de R^2 y de ϵ , resultan más satisfactorias las ecuaciones siguientes:

Para la clorofila a (fig. 3):

$$\ln \text{cla} = 20.95 - 1.388 \text{ TM1} \quad (7)$$

con $R^2 = 0.87$, $n = 19$ y $\epsilon = 0.13$, lo que equivale a un error en la determinación de la clorofila a de 50 mg/m^3 , esto significa una precisión de un 10%.

Para las partículas de seston (fig. 4):

$$P. \text{ seston} = 558 - 46.0 \text{ TM1} \quad (8)$$

con $R^2 = 0.94$, $n = 12$ y $\epsilon = 3 \text{ mg/l}$, es decir, con una precisión de aproximadamente el 5%.

Por el contrario, el disco de Secchi no presenta resultados satisfactorios con ninguna de las bandas. Esto se explica, fundamentalmente, debido al carácter de la laguna. Se trata de un lago de escasa profundidad, por lo que el rango de variación de las medidas (15 - 28 cm), al margen de la propia dificultad en su estimación, no son suficientes para esperar que exista una relación tal como observan otros autores (VERDIN, 1985, LATHROP & LILLESAND, 1986).

A partir de estos resultados se ha construido el mapa de clorofila a (fig. 5) y de partículas de seston (fig. 6) de la Albufera de Valencia, correspondiente al 22 de julio de 1985. Estas imágenes permiten identificar claramente las diferentes masas de agua presentes en el lago, y su distribución espacial.

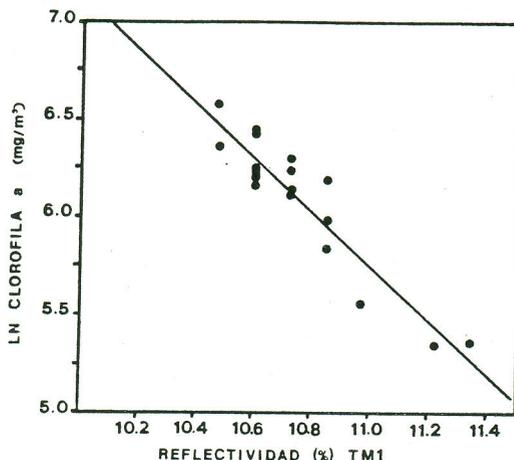


Figura 3.- Representación del Ln de la clorofila a frente a los valores de reflectividad de la banda TM 1.

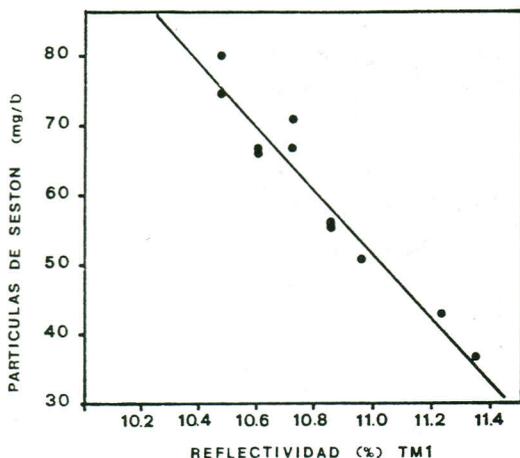


Figura 4.-Representación de las partículas de seston frente a los valores de reflectividad de la banda TM 1.

En la zona SE de la laguna desembocan acequias con fuerte corriente (Overa y Dreta) y cuyas aguas son más transparentes y con menor cantidad de biomasa. Esta situación se puede apreciar en las imágenes, las cuales han permitido, además, establecer la extensión de la zona de influencia de estas aguas.

Por otra parte, en la zona N se distingue otro aporte importante de aguas (Bco. de Massanassa y S. de Ravissanxo) con baja cantidad de biomasa. Son aguas que, procedentes de la parte septentrional de la marjal, recogen las aguas residuales de numerosos núcleos urbanos. Estas aguas, al igual que ocurre con las que llegan al lago por el extremo SO (S. del Senyoret y de l'Alqueresia), se encuentran cargadas de elementos nutrientes (SORIA, 1987) los cuales son responsables de la fertilización del lago y del desarrollo de las altas concentraciones de clorofila en sus zonas de influencia respectivas, tal como puede verse en las imágenes.

Las imágenes han permitido determinar las zonas donde se acumulan la mayor cantidad de algas, y constatar la importancia de los diferentes aportes de aguas al lago.

En cuanto al movimiento de estas masas de agua, se puede comprobar el modelo de circulación dado por BENET (1976): el desagüe de la parte SE se produce por "La Sequiota", mientras que las aguas del N y SO tienden a salir por la gola de "Pujol".



Figura 5.- Mapa de clorofila a elaborado a partir de la imagen Landsat 5 TM 1.

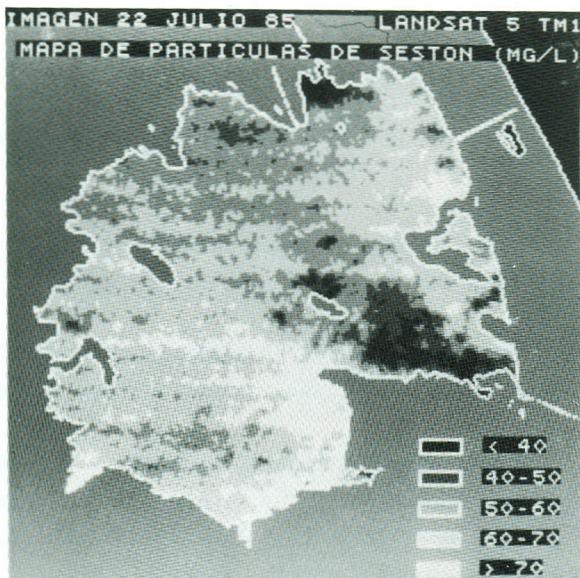


Figura 6.- Mapa de partículas de seston elaborado a partir de la imagen Landsat 5 TM 1.

5.- CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo presentan al sensor TM como un instrumento útil para el establecimiento de las cualidades tróficas de lagunas de escasa profundidad, reducidas dimensiones y muy eutróficas como es la de la Albufera. Las bandas TM 1 y TM 3 son las que mejor permiten determinar los parámetros indicativos de la biomasa: clorofila a y partículas de seston.

La resolución espacial del TM permite la identificación con gran detalle de las distintas masas de agua presentes en la laguna, así como establecer su extensión y distribución espacial. Las imágenes permiten distinguir donde se concentra las mayores cantidades de biomasa, e inducir el movimiento que estas masas de agua experimentan.

Finalmente, la extrapolación de las ecuaciones obtenidas para determinar cuantitativamente las cualidades del agua en diferentes fechas para las cuales no se disponga de medidas realizadas *in situ* simultáneamente, exigirá la realización de correcciones atmosféricas, es decir, la evaluación de los parámetros T y L_{ATM} de la ecuación (6). No obstante, en ausencia de datos de suelo o de correcciones atmosféricas, siempre será posible realizar a partir de las imágenes una estimación cualitativa de los parámetros estudiados.

6.- BIBLIOGRAFIA

BENET, J.M. (1976) *Anteproyecto del canal perimetral al sur de la Albufera*, Universidad Politécnica de Valencia.

CARPENTER, D.J. & S.M. CARPENTER (1983) Modeling Inland Water Quality Using Landsat Data, *Remote Sens. Environ.* 13, pp. 345-352.

DESCHAMPS, P.Y., M. HERMAN, D. TANRE, M.C. ROUQUET & J.P. DURPAIRE (1982) Effets atmosphériques et évaluation du signal pour des instruments optiques de télédétection, *ESA Journal*, Vol. 6, pp. 233-246.

HOFFER, R.M. (1978) Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis techniques to remote sensor data, en: P.H. SWAIN & S.M. DAVIS *Remote Sensing. The Quantitative Approach*, Mc Graw-Hill Ed.

KNEIZYS, F.X., E.P. SHETTLE, W.O. GALLERY, J.H. CHETWYND, L.W. ABREU, J.E.A. SELBY, R.W. FENN & R.A. McCLATCHEY (1980) *Atmospheric Transmittance/Radiance: Computer Code LOWTRAN 5*, Environmental Research Papers, No 697 Optical Space Division, Air Force Geophysics Laboratory, Massachusetts Air Force Systems Command, USA.

LATHROP, R.G. & T.M. LILLESAND (1986) Use of Thematic Mapper Data to Assess Water Quality in Green Bay and Central Lake Michigan, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 52, no 5, pp. 671-680.

LILLESAND, T.M., W.L. JOHNSON, R.L. DEVELL, O.M. LINDSTROM & D.E. MEISNER (1983) Use of Landsat Data to Predict the Trophic State of Minnesota Lakes, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 49, no 2, pp. 219-229.

MIRACLE, M.R., J.M. SORIA y E. VICENTE (1986) Relaciones entre la luz y los pigmentos fotosintéticos en la Albufera de Valencia, (en prensa).

OTTERMAN, J. & G.J. ROBINOVE (1981), Effects of the atmosphere on the detection of surface changes from Landsat MSS data, *Int. J. Remote Sensing 2* (4), pp. 351-360.

ROLLIN, E.M., M.D. STEVEN & P.M. MATHER Ed. (1985), Atmospheric corrections for remote sensing, *Proc. of a Remote Sensing Workshop on "Atmospheric Corrections" 22nd May 1985*, Department of Geography, University of Nottingham.

ROSSELLO, V.M. (1979) Els espais albuferencs del País Valencià, *Acta Geològica Hispànica*, Homenatge a Lluís Solé Sabaris, 14, pp. 487-493.

ROSSELLO, V.M. (1982) Albuferas mediterràneas, *Grupo Español de Trabajo del Cuaternario. V Reunión*, Sevilla, Universidad de Sevilla.

SCARPACE, F.L., K.W. HOLMQUIST, & L.T. FISHER (1979) LANDSAT Analysis of Lake Quality, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol.45, No.5, pp. 623-633.

SERRA, M., M.R. MIRACLE y E. VICENTE (1984) Interrelación entre los principales parámetros limnológicos de la Albufera de Valencia, *Limnetica 1*, pp. 9-19.

SORIA, J.M. (1987) *La eutofización de la Albufera de Valencia: carga de nutrientes y seston*, Tesina de Licenciatura, Universidad de Valencia.

STRICKLAND, J.D.H. & T.P. PARSONS (1972) A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada* 167, pp. 311.

TURNER, R.E. & M.M. SPENCER (1972) Atmospheric model for the correction of spacecraft data, *Proc. Eighth Int. Symp. on Remote Sensing of the Environment*, Ann Arbor Michigan, Vol. 11, pp. 895-934.

VERDIN, J.P. (1985) Monitoring Water Quality Conditions in a Large Western Reservoir with Landsat Imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol 51, no 3, pp. 343-353.

7.- AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto piloto BARTHNET-NPOC ESPAÑOL (1985), y subvencionado en parte por la CAICYT (proyecto nº A-172/85).

Agradecemos, asimismo, los útiles comentarios realizados por J. Verdin (Bureau of Reclamation, Denver, USA).