

## ESTIMACIÓN DE FACTORES DEL MEDIO MARINO LITORAL CON IMÁGENES TM Y MOS MESSR EN EL ÁMBITO DEL MAR MENOR (Murcia)

M. HERNANDEZ Y A. RIAZA.

Instituto Tecnológico y Geominero de España. Madrid

### RESUMEN

El Mar Menor como medio litoral restringido de poca profundidad ofrece la oportunidad de ensayar la capacidad de las imágenes tomadas en los intervalos de longitudes de onda del visible, infrarrojo cercano y térmico, tales como vertido de efluentes, unidades biosedimentarias de los fondos, calidad de las aguas, transporte sólido litoral y morfologías sumergidas. Se manifiestan variaciones estacionales de fitoplancton y turbidez relacionadas con el incremento de vertidos urbanos.

**Palabras clave:** dinámica litoral, TM, MOS MESSR.

### ABSTRACT

*The Mar Menor, a shallow restricted shore water environment permits to test the abilities of VNIR and thermal imagery to map spectral responses related to plumes, turbulence, circulation, bottom sediment, bottom vegetation cover, and sea surface temperature. Seasonal variation in phytoplankton content and turbidity produced by sewage are detected.*

**Keywords:** Shore dynamics, TM, MOS MESSR.

## 1. INTRODUCCIÓN

La identificación y evaluación de los distintos factores ambientales inherentes al dominio litoral requiere la utilización de indicadores y técnicas informativas que con una concepción de talante integrador ayuden a discernir en la complejidad de las interacciones naturales y antrópicas singularmente dinámicas que se reflejan en los medios biosedimentarios costeros.

El análisis multitemporal de las alteraciones inducidas por el hombre, especialmente en áreas litorales restringidas como el Mar Menor, incide en la gestión del territorio.

La teledetección presenta en esta óptica ambiental del litoral un carácter integrador de la información obtenida con otras técnicas y metodologías tradicionales que requieren la realización de campañas de investigación marinas con grandes medios técnicos y humanos.

## 2. MÉTODO DE ESTUDIO

El agua manifiesta sus distintas propiedades detectables por sensores pasivos en los intervalos del visible y el infrarrojo cercano de longitudes de onda más cortas y en el infrarrojo térmico. Por ello, se han tratado digitalmente una imagen Thematic Mapper con fecha de 17 de mayo de 1990, y una imagen MESSR del 20 de julio del mismo año. El sensor Thematic Mapper proporciona información en espacios espectrales adicionales al MESSR, muy especialmente el infrarrojo térmico. El MESSR, sustituto del MSS y el CZCS, se ha considerado un sensor apropiado para un seguimiento temporal relativamente asiduo de posibles características

identificadas en los intervalos de longitudes de onda que cubre, dado su bajo costo.

El programa de tratamiento de imágenes de uso público desarrollado por la NASA empleado, escrito en FORTRAN, está instalado en un microordenador con una unidad de proceso central que posee una velocidad de proceso de 16,7 MHz, acelerador vectorial y acelerador de coma flotante, y cuenta con un sistema operativo UNIX. La resolución espacial del monitor de presentación es de 910 por 1152, y 10 bits de resolución de color, que proporciona 1024 colores distintos escogidos en una paleta de 16,7 millones de colores, con 256 niveles de gris por cañón en 12 planos, de los cuales dos están disponibles para la superposición de gráficos. No ha habido comprobación directa de los fenómenos sugeridos por las imágenes en la fecha de registro en las mismas, pero sí observación posterior de puntos en la costa que aparecen como salidas de posibles vertidos, comparación con cartas náuticas y cartografías de vegetación de vegetación acuática y rasgos del fondo marino publicadas.

## 3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, FISIGRÁFICAS Y DINÁMICAS

El Mar Menor es un sistema biosedimentario holoceno, playa barrera-lagoon funcional en la actualidad con una extensión interna de unos 130 km<sup>2</sup> y profundidades inferiores a los 7 m. Presenta tres discontinuidades principales en la barra arenosa de La Manga: Encañizadas, Estacio y Marchamalo, que controlan el intercambio de aguas con el mar abierto y el susceptible mantenimiento de las características

termohalinas restringidas del lagoon, con salinidades altas del orden de 40-50 por mil y temperatura del agua con valores de 3° a 5°C por encima de la media superficial mediterránea (Anónimo, 1985; Arévalo, 1988).

Desde el punto de vista geológico en la depresión tectónica intrabética del Campo de Cartagena-Mar Menor, destaca la red de abanicos aluviales plio-cuaternarios enlazando los relieves montañosos con los glaciares que conforman geomorfológicamente la mayor parte de la superficie en la depresión. Un escarpe degradado con trazado subparalelo a la actual línea de costa interna del Mar Menor, diferencia una unidad superior continental de limos rojos con cantos encostados, de otra unidad inferior cuaternaria más moderna de limos negros formados en ambiente de albufera o marisma (Colodrón et al., 1977).

Las unidades fisiográficas más significativas son la ribera continental, las áreas insulares, la barra de cierre de La Manga y los fondos sumergidos (Díaz del Río y Somoza, 1991).

La ribera continental comprende el borde occidental del lagoon con poblaciones y actividades en su mitad septentrional. La red de drenaje existente en la depresión tributa al Mar Menor en los sectores central y sur de esta unidad, en régimen torrencial estacional responsable del proceso natural de colmatación del lagoon. Destaca la rambla de Albujón, que desemboca en el vértice central de la Ribera, al poseer la mayor cuenca hidrográfica y un caudal semipermanente regulado por el desagüe de efluentes urbanos y aportes de canalizaciones agrícolas.

La Manga es un cuerpo sedimentario fundamentalmente arenoso donde los materiales más resistentes, volcánicos, calcareníticos y oolíticos cementados, cubren una superficie escasa originando pequeños resaltes morfológicos. Esta unidad fisiográfica presenta características morfodinámicas diferenciales entre el sector oriental condicionado por la activa dinámica litoral mediterránea, frente al sector occidental menos energético del lagoon.

La facies sedimentaria que presenta una mayor extensión superficial en los fondos del Mar Menor es denominada "Fangos negros anóxicos" (Catafau et al., 1990), densamente poblados por vegetación bentónica, fundamentalmente el alga cloroficea *Caulerpa prolifera* (Anónimo, 1985). Por otra parte, próximo a las orillas del borde interno del lagoon, predominan las arenas de cuarzo y fragmentos biogénicos carbonatados, especialmente en la franja occidental somera de La Manga, donde el alga bentónica rodoficea *Cymodocea nodosa* es la cubierta vegetal dominante (Anónimo, 1985). Las corrientes en el Mar Menor están condicionadas por la oblicuidad de los frentes de oleaje respecto a la costa y los flujos circulatorios relacionados con el intercambio de aguas con el mar abierto.

#### 4. FACTORES DE DINÁMICA LITORAL OBSERVABLES EN IMÁGENES EN EL VISIBLE, INFRARROJO CERCANO Y TÉRMICO

El agua refleja o absorbe energía electromagnética en la ma-

yor parte de las longitudes de onda del espectro, pero sólo en el visible (0,4 a 0,7  $\mu\text{m}$ ) penetra en la misma. La densidad óptica en profundidad es función de la turbidez del agua y aumenta con el incremento de longitud de onda. En aguas claras, la capa de agua penetrada es del orden de 10 a 20 m en 0,47  $\mu\text{m}$ , mientras que sólo alcanza de 20 a 40 cm a 0,75  $\mu\text{m}$  (Sturm, 1981).

Las variaciones de reflectancia en la superficie del agua están dominadas por la turbidez en el dominio litoral, mientras que es el contenido biológico del agua el que determina las diferencias observadas en mar abierto (Hovis et al., 1980). La presencia de vegetación acuática ocasiona absorciones en el azul y el verde del visible por la existencia de clorofila a y faopigmentos (Gordon et al., 1980). El color verde así adquirido por el agua se utiliza para la cartografía de fitoplancton en mar abierto (Sabins, 1987; Caselles, et al., 1986). El color del agua es el parámetro utilizado más generalizadamente para la cartografía de sus distintas propiedades. Su relación con la salinidad (Khorram, 1982) y presencia de distintos tipos de algas en conexión con mezclas de aguas continentales y marinas y contaminantes, se ha evaluado estadísticamente utilizando resultados de análisis químicos y biológicos del agua, así como cuantificaciones de color en función de los índices de Munsell (Monahan et al., 1981).

Se han utilizado sensores pasivos en la cuantificación de la concentración de sedimentos suspendidos en el agua (Aranuvachapun y Leblond, 1981; Munday y Alföldi, 1989; Lyon et al., 1988), y se han realizado experimentos de laboratorio para determinar la variabilidad espectral de los mismos en función de su composición y del tamaño de sus partículas (Zhimin Chen et al., 1990). También es conocida la influencia de la presencia de vertidos de sustancias grasas en la superficie del agua en el azul del visible (Vizy, 1974).

El infrarrojo térmico ha sido utilizado en el estudio de plumas térmicas industriales (Sabins, 1987), y en el estudio de corrientes en mar abierto y cuerpos pequeños de agua (LeDrew y Franklin, 1985).

La respuesta espectral de la superficie del agua recogida por sensores pasivos es producto de la interacción entre la batimetría, la rugosidad y turbidez asociadas a la misma en función del nivel de energía del medio, las características de los sedimentos del fondo marino, la presencia de vegetación, y la turbidez ocasionada por escorrentía superficial en épocas de tormenta, o vertidos de efluentes. A continuación se intenta ofrecer una evaluación ponderada de todos ellos en el Mar Menor.

#### 5. TRATAMIENTO DE IMÁGENES

Puesto que las características del medio marino costero producen respuestas espectrales más variables que en mar abierto (Hovis et al., 1980), y en este trabajo sólo se apuntan consideraciones cualitativas, se asume que la dispersión atmosférica es uniforme en todo el área, y no se han hecho correcciones en este sentido. El defecto horizontal ocasionado por el barrido del sensor en pasadas alternativas, muy

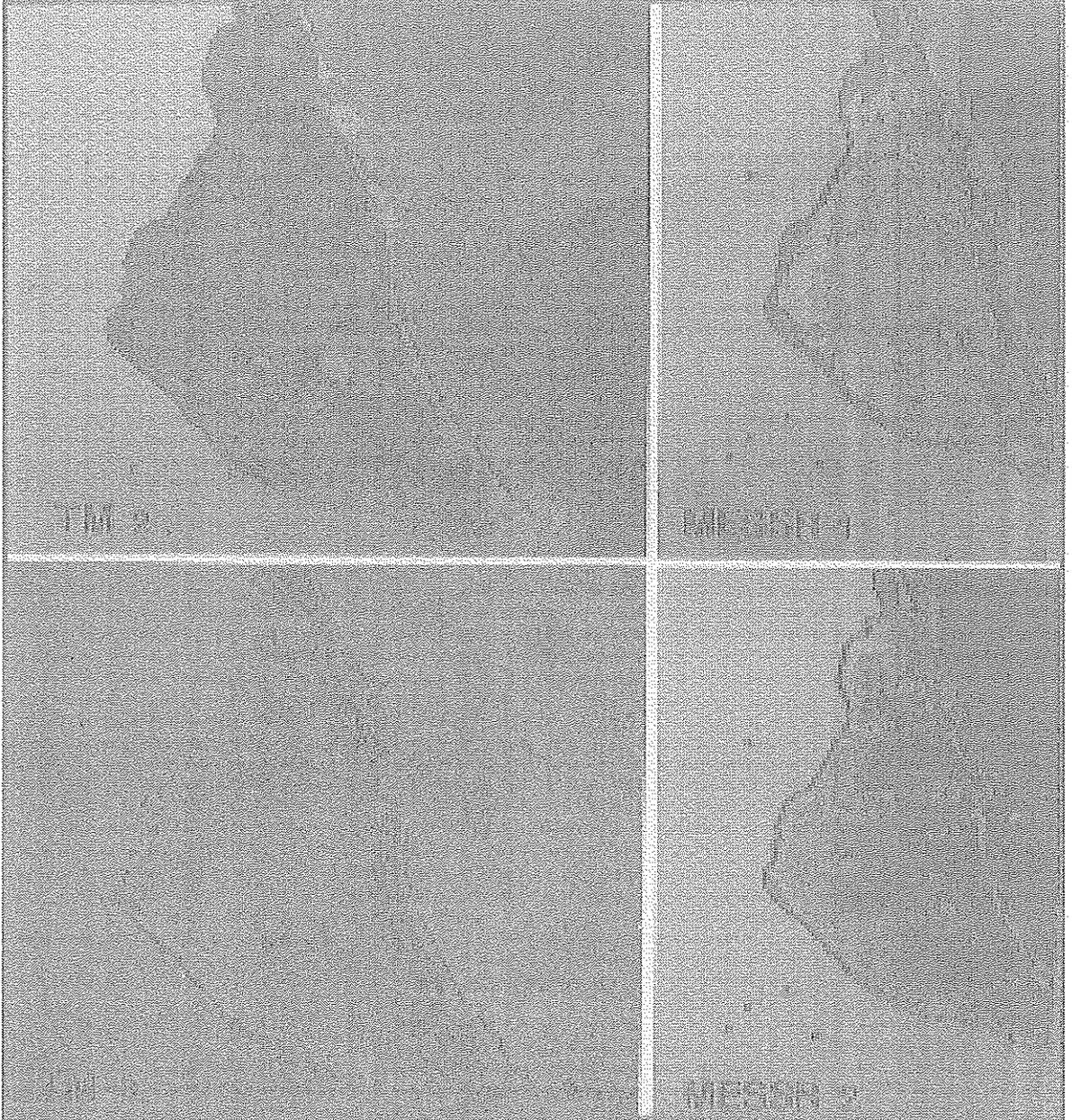
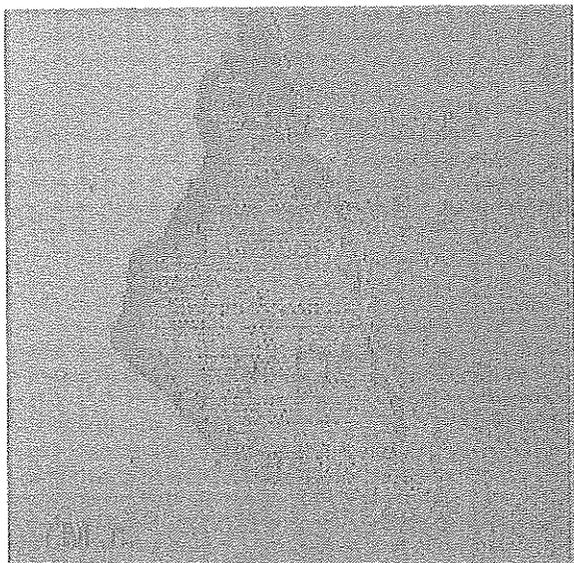


Imagen 1.- Segmentación de números digitales en bandas Thematic Mapper 2 y 3 (Mayo 1990) espectralmente equivalentes. Colores asignados a ND de bajos a altos: azul oscuro, rosa, verde, añil, rojo y azul turquesa. Tierra enmascarada utilizando la banda 7 en TM y banda 4 en MESSR. Véase Anexo de color.

evidente donde los rasgos cartografiables en agua corresponden a diferencias en números digitales de una sola unidad en algunos casos, no se ha corregido. Sólo cuando los fenómenos a resaltar no se veían obliterados por las correcciones, se ha practicado un filtrado que eliminara este ruido en dirección sinparalela en el Thematic Mapper y sinmeridiana

en el MESSR.

El tratamiento inicial se ha concentrado en la imagen Thematic Mapper, por su mejor resolución espacial y contar con una banda en el infrarrojo térmico. Las bandas 1, 2, 3 y 4, así como la 6, se han sometido a una cuidadosa segmentación de valores (Robinson y Srisaengthong, 1981). La



**Imagen 2.-** Segmentación de ND en imágenes Thematic Mapper, banda 6. Colores asignados de bajos a altos: azul oscuro, rosa, verde, añil, rojo y azul turquesa. Tierra enmascarada utilizando la banda 7. Véase Anexo de color.

banda 5 ha sido utilizada para definir con mayor precisión la línea de costa, no siempre clara en las bandas anteriormente mencionadas por interferencias producidas en la respuesta espectral por un fondo marino muy somero con la superficie del agua.

El análisis de componentes principales sobre las bandas 1, 2, 3 y 4 del Thematic Mapper ha orientado la separabilidad de distintos rasgos en la superficie del agua. Asimismo se han ensayado varios cocientes y combinaciones algebraicas con las que se han cartografiado con anterioridad extensiones de vegetación acuática bentónica y planctónica, además de otras características que se detallan más adelante.

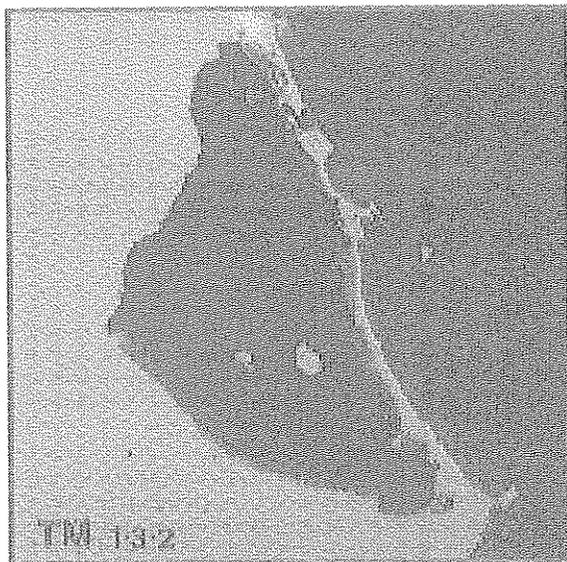
Todas las bandas MESSR se han sometido a un proceso similar de segmentación y cálculo de componentes principales. Las variaciones temporales en la respuesta espectral del agua son responsables de las diferencias entre ambas imágenes.

## 6. EXPRESIÓN EN IMÁGENES

Las características marinas restringidas del Mar Menor condicionan un amplio efecto de los impactos ambientales ocasionados por los vertidos de efluentes urbanos e industriales y por las acciones constructivas que alteran las características biosedimentarias de los fondos.

### 6.1. Los vertidos de efluentes.

El análisis comparativo entre los canales 2 y 3 del sensor TM, respecto a sus canales espectralmente correspondientes del sensor MESSR sugiere la importante variabilidad del comportamiento espectral del agua.



**Imagen 3.-** Composición de color con bandas Thematic Mapper 1 (azul), 3 (rojo) y 2 (verde), en una simulación de color natural. Tierra enmascarada utilizando la banda 7. Véase Anexo de color.

Con objeto de evaluar los efectos en la calidad de las aguas del drástico aumento estival de la población y localizar los principales puntos de emisión de vertido, se han segmentado estos canales en la imagen TM de mayo y la obtenida con el sensor MESSR a finales de julio del mismo año (Imagen 1).

En ambas fechas los vientos son de componente NE, si bien en el momento de adquirir la imagen TM existía fuerte marejada en el Mediterráneo con alturas de olas próximas a los 2 m, sugiriendo unas condiciones de agitación en el Mar Menor con mar rizada a marejadilla por la acción del viento del temporal, respecto a su estado habitual de calma. Estos factores intervienen tanto en el transporte sólido litoral como en la dispersión y distribución de los vertidos de efluentes. En el vértice central occidental del Mar Menor destaca en las imágenes la pluma de vertidos inflexionada al SE de la rambla de Albuñón (Imagen 1), lo cual induce la afección de sus contaminantes a la costa meridional de la ribera. Sin embargo, el incremento vacacional de los vertidos contrasta principalmente en el sector noroccidental del Mar Menor con un significativo gradiente de reflectividad espectral de las aguas desde los sectores con valores más bajos alejados de las zonas de vertidos, hasta las áreas altamente reflectivas cercanas a los puntos de emisión.

El mayor aporte de nutrientes asociados a estos vertidos ocasiona un gran aumento estival en la concentración de fitoplancton, siendo muy notorio si comparamos las imágenes TM2 y MESSR1, donde la clorofila y turbidez tienen una notable influencia en el incremento de la reflectancia espectral del agua respecto a otras bandas del visible. Las características composicionales y variación en la turbidez de las aguas,

se discrimina mejor en las bandas TM3 y MESSR2 correspondientes al rojo del visible.

En el extremo septentrional se observa en las imágenes TM la presencia de dos vertidos de salmueras procedentes de las salinas de S. Pedro del Pinatar. El contraste de densidades existente por la diferencia de salinidad tan marcada con las aguas del lagoon, motiva una escasa dispersión del flujo, gran continuidad y bordes sensiblemente netos después de recorrer una distancia de unos 3 km desde el punto de emisión. No obstante, estos flujos salinos subsuperficiales o profundos dependiendo de su menor o mayor densidad, aparecen en este sector de baja energía del oleaje con componente NE inflexionados en el sentido de las agujas del reloj, presumiblemente asociado a las corrientes inducidas por las áreas de intercambio con el Mediterráneo de las Encañizadas y el Estacio.

La composición en color simulando color natural (Imagen 3) enfatiza con tonos azules especialmente intensos los vertidos con sustancias grasas en su composición, como la pluma de la rambla de Albuñón y los efluentes situados en el sector central interno de La Manga al sur del puerto Tomás Maestre. Los vertidos de salmueras presentan un progresivo cambio de tonalidad en azules oscuros motivado por la susceptible profundización de estos flujos de densidad.

## 6.2. Fondos sumergidos.

Se han reconocido dos dominios infralitorales en las imágenes TM del visible, destacándose la TMI sobre el azul ante la menor influencia en la reflectancia espectral del agua de la turbidez y clorofila.

Estos dominios son coincidentes, como factor principal, con el contraste mineralógico-textural entre la unidad de fangos negros de baja reflectividad, frente a los sedimentos arenosos claros periféricos con abundante proporción de cuarzo y carbonatos característicos especialmente de la franja próxima a las orillas de La Manga (Estacio-Playa Honda) y el sector deltaico comprendido entre las poblaciones de los Nietos y los Urrutias.

Las áreas con vegetación bentónica degradada o menos densamente pobladas sobre el sustrato, como al sur de la isla Mayor, presentan una menor reflectancia en el contexto del dominio limo-arcilloso de los fangos negros. Por otra parte, ante el sustrato de las arenas marino-eólicas claras de la franja litoral occidental de La Manga, las áreas comparativas menos reflectivas responden, sin considerar las zonas de vertidos, a fondos más cubiertos por praderas de algas que disminuyen la importante influencia de las características espectrales del sustrato.

## 6.3. Temperatura superficial del agua marina.

El infrarrojo térmico (Imagen 2) en imágenes Thematic Mapper muestra una orla litoral en el lagoon de alta temperatura superficial relativa, siendo apreciable en las Encañizadas, costa insular y en las salinas de S. Pedro del Pinatar y Marchamalo.

En el Mar Mediterráneo se observa un aumento relativo

de la temperatura superficial del agua por la entrada de aguas cálidas del lagoon a través de los canales de comunicación. Asimismo, muchos puntos aislados a lo largo del borde costero mediterráneo de mayor temperatura, se asocian a áreas de emisión de vertidos directos urbanos de edificaciones próximas.

## 6.4. Transporte litoral y morfologías sumergidas.

El transporte de sedimentos unido a las condiciones de oleaje con fuerte marejada del NE, se manifiestan por su turbidez (Imagen 3). El puerto de S. Pedro del Pinatar al N y el puerto deportivo de Tomás Maestre en el centro de La Manga, actúan como barrera para esta dinámica sedimentaria longitudinal a la costa.

En los fondos del Mar Mediterráneo aparecen rasgos correspondientes a barras sumergidas calcareníticas de gran escala con longitudes de onda casi kilométricas y alturas de varios metros (Imagen 3), indicadoras de las antiguas líneas de costa subparalelas a la actual (Catafau et al., 1990; Somoza, 1990; Díaz del Río y Somoza, 1991).

## 7. CONCLUSIONES

La unidad sedimentaria limo-arcillosa de fangos negros que cubre gran parte de los fondos del Mar Menor, la unidad de arenas marino-eólicas claras de la franja litoral occidental de La Manga y las áreas degradadas o menos densamente pobladas de las praderas algares sumergidas, en un medio somero se expresan en el visible por la alta transmitancia óptica del agua, especialmente en el azul.

Las emisiones de efluentes al Mar Menor durante el verano ocasionan un aumento de turbidez y fitoplancton por los aportes de materiales en suspensión y nutrientes asociados a estos vertidos. En las bandas sobre el rojo, se discrimina mejor el grado de turbidez cuando el contenido en clorofila es alto. Las plumas de contaminantes con sustancias grasas se aprecian bien en una composición simulando color natural con tonos azules especialmente intensos.

En el infrarrojo térmico destaca la mayor temperatura del agua superficial de las salinas y una orla litoral interna al Mar Menor coincidente con las zonas más someras. En el dominio mediterráneo se aprecia un aumento térmico en los sectores ligados a la entrada de aguas cálidas provenientes del lagoon y a puntos de emisión de vertidos urbanos directos al mar.

## 8. AGRADECIMIENTOS

Las horas de discusión multidisciplinar se han visto enriquecidas por los comentarios de Víctor Díaz del Río, Luis Somoza, Ángel Pérez Ruzafa y Concepción Marcos Diego. Asimismo, nuestro agradecimiento por la aportación de datos al Centro Oceanográfico del Mar Menor (IEO), Programa de Clima Marítimo y Banco de Datos Oceanográficos (MOPT), Observatorio Meteorológico de la Base Aérea de San Javier (INM) y al Grupo de Geología Marina del ITGE.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- ✓ Anónimo, (1985): Posibilidad de aumento de la producción pesquera del Mar Menor. Dpto. de Ecología, Fac. de Biología, *Universidad de Murcia*. 160 p.
- ✓ ARANUVACHAPUN, S. y LEBLOND, P.H. (1981): Turbidity of coastal water determined from Landsat. *Remote Sensing of Environment*. 84: 113-132.
- ✓ AREVALO, L. (1988): El Mar Menor como sistema forzado por el Mediterráneo. Control hidráulico y agentes fuerza, *Bol. Inst. Esp. Oceanografía*. 5 (1): 63-96.
- ✓ CASELLES, V.; LÓPEZ GARCÍA, M.J. y SORIA, J.M. (1986): Estudio del estado trófico del lago de la albufera (Valencia) a partir de imágenes Landsat-5 (TM), *Res. I Reun. Cient. del Grupo de Trabajo en Teledetección, Barcelona*: 141-156.
- ✓ CATAFAU, E.; DÍAZ, J.I.; MEDIALDEA, T.; SAN GIL, C.; VAZQUEZ, J.T. y WANDOSSELL, J. (1990): Mapa Geológico de la Plataforma Continental Española y zonas adyacentes nº 79-79E, E. 1:200.000 (Murcia), *Publ. IGME*. 146 p.
- ✓ COLODRON, I.; MARTÍNEZ, W. y NÚÑEZ, A. (1977): Mem. Mapa Geológico de España E. 1:50.000 nº 956 (San Javier), *Publ. IGME*. Madrid.
- ✓ DÍAZ DEL RÍO, V. y SOMOZA, L., (1990): Mapa fisiográfico del Mar Menor E. 1:25.000, *Inst. Esp. de Oceanogra*. 16 p.
- ✓ GORDON, H.R.; CLARK, D.K.; MUELLER, J.L. & HOVIS, W.A. (1980): Phytoplankton pigments from the Nimbus-7 coastal zone color scanner: Comparisons with Space Measurements, *Science*. 210: 63-66.
- ✓ HOLYER, R.J. (1982): Comments on "Turbidity of coastal water determined from Landsat", *Remote Sensing of Environment*. 12: 255-258.
- ✓ HOVIS, W.A.; ANDERSON, F.; AUSTIN, R.W.; WILSON, W.H.; BAKER, E.T.; BALL, D.; GORDON, H.R.; MUELLER, J.L.; EL-SAYED, S.Z.; STURM, B.; WRIGLEY, R.S. & YENTSCH, C.S., (1980): Nimbus-7 Coastal Zone Color Scanner: System description and initial imagery, *Science*. 210: 60-63.
- ✓ KHORRAM, S. (1982): Remote Sensing of Salinity in the S. Francisco Bay Delta. *Remote Sensing of Environment* 12: 15-22.
- ✓ LEDREW, E.F. & FRANKLIN, S.F. (1985): The use of thermal infrared imagery in surface current analysis of a small lake, *Photogramm. Eng. and Remote Sensing*. 51. nº5. May 1985: 565-573.
- ✓ LYON, J.G.; BEDFORD, K.W.; YEN, CH.J.; LEE, D.H. & MARK, D.J. (1988): Determinations of suspended sediment concentrations from multiple day Landsat and AVHRR data. *Remote Sensing of Environment*, 25: 107-115.
- ✓ MONAHAN, E.C.; MUIRCHHEARTAIGH, I.G. & FITZGERALD, M.P. (1981): The feasibility of using remotely-sensed colour as an index of Irish coastal water properties. *Proc. of EARSEL-ESA Symposium, Voss., Norway, 19-20 May 1981 (ESA SP-167, July 1981)*: 233-237.
- ✓ MUNDAY, J.C.JR. & ALFÓLMDI, T.T. (1979): LANDSAT test of diffuse reflectance models for aquatic suspended solid measurement, *Remote Sensing of Environment* 8: 169-183.
- ✓ ROBINSON, I.S. & SRISAENGTHONG, D. (1981): The use of Landsat MSS to observe sediment distribution and movement in the Solent coastal area, *Proc. of EARSEL-ESA Symposium, Voss, Norway, 19-20 May 1981 (ESA-SP-167, July 1981)*: 221-232.
- ✓ SABINS, F.F.Jr., (1987): *Remote Sensing, Principles and Interpretation*. W.H. Freeman and Co., 449 p.
- ✓ SOMOZA, L. (1989): Estudio del Cuaternario litoral entre Cabo de Palos y Guardamar (Murcia-Alicante): Las variaciones del nivel del mar en relación con el contexto geodinámico, *Tesis Doct. Un. Complutense de Madrid*. 360 p.
- ✓ STURM, B. (1981): The atmospheric correction of remotely sensed data and the quantitative determination of suspended matter in marine water surface layers, in Cracknell, A.P., ed., *Remote Sensing in Meteorology, Oceanography and Hydrology*. Ellis Hordwood Ltd. 542 p.
- ✓ VIZY, K.N., (1974): Detecting and monitoring oil slicks with aerial photos. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 40: 697-708.
- ✓ ZHIMIN CHEN; HANSOM, J.D. & CURRAN, P.J. (1990): The form of the relationship between suspended sediment concentration and spectral reflectance, *Proc. of the 16th Annual Conference of the Remote Sensing Society, Remote Sensing and Global Change, 19th-21st Sept. 1990, Swansea (UK)*: 198-206.