

## ECOLOGÍA Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO: EL CASO DEL MAR MENOR Y ECOSISTEMAS ADYACENTES (MURCIA; SE ESPAÑA). I: PROSPECCIÓN Y SECTORIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

P. Martín de Agar\*, A. Torres Martínez\*\* & L. Ramírez-Díaz\*\*

Recibido: abril 1986

### SUMMARY

Ecology and land arrangement: the case of the Mar Menor and neighbouring ecosystems (Murcia; SE Spain). I: physical environment survey and land units establishment

This report is the first part of an integrated ecological study on Mar Menor area and its neighbouring ecosystems. The phase of survey and land units establishment is described, based on those data obtained from the natural environment and the characterization of internally homogeneous sectors in relation to those elements that shape this area of study. Five themes have been considered: *Climate* (4), *Geology-Litology* (14), *Hidrology* (14), *Geomorfology* (21) and *Soils* (25). The figures refer to the numbers of characterized units. The results are cartographically shown on a scale 1: 50.000.

The overall analysis of the physical factors and land and human elements —subject for next publication—, will let us take into final considerations about the environmental conditions of this studying area as well as its present circumstances.

**Key words:** Land arrangement. Physical environment. Mar Menor. Spain.

### RESUMEN

Este trabajo constituye la primera parte de un estudio ecológico de planeamiento territorial del área del Mar Menor y ecosistemas adyacentes. En él se describe la fase de prospección y sectorización del medio físico, basada en la obtención de información sobre los distintos *temas* o componentes físicos del territorio, y en la caracterización de *unidades* o sectores internamente homogéneos para cada uno de ellos. El número de unidades obtenidas para cada tema son: *Clima*: 4; *Geología-Litología*: 14; *Hidrología*: 14; *Geomorfología*: 21; *Suelos*: 25. Los resultados se presentan cartográficamente a escala 1: 50.000.

El análisis conjunto de los factores físicos y de los componentes físicos y humanos que serán objeto de otra publicación, permitirá hacer unas consideraciones finales sobre el estado ambiental del área de estudio y de su problemática actual.

**Palabras clave:** Ordenación territorio. Ambiente físico. Mar Menor.

### INTRODUCCIÓN

La capacidad que en las últimas décadas el progreso técnico ha dado al hombre para alterar los procesos naturales, ha llevado a una nueva concepción del desarrollo económico y el bienestar social, en cuanto a su dependencia directa de: a) una explotación adecuada de los recursos naturales, b) una productividad sostenida de los ecosistemas, c) la consideración de la capacidad de transporte del suelo y del agua, y d) la minimización del deterioro del medio natural. Este nuevo enfoque requiere la obtención de información referente a los sistemas naturales, y ésta ha de ser analizada y presentada de una forma asequible a fin de que sea aplicable a una gestión racional de los recursos y el medio ambiente (CARPENTER, 1980).

nida de los ecosistemas, c) la consideración de la capacidad de transporte del suelo y del agua, y d) la minimización del deterioro del medio natural. Este nuevo enfoque requiere la obtención de información referente a los sistemas naturales, y ésta ha de ser analizada y presentada de una forma asequible a fin de que sea aplicable a una gestión racional de los recursos y el medio ambiente (CARPENTER, 1980).

\* Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad Complutense de Madrid.

\*\* Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Murcia.

A este respecto, la participación del ecólogo en el planeamiento ambiental necesita una organización de la información, no sólo referente a las áreas que son objeto de la ecología tradicional (demografía, ecología trófica, etc.), sino también dentro de los términos que son comunes al planeamiento (EDINGTON & EDINGTON, 1977). De ahí la necesidad de buscar un modelo adecuado que permita la consideración de los factores ecológicos junto con los de tipo socio-económico y antropológico-cultural. De esta forma, la planificación física y la ordenación del territorio pueden beneficiarse de una combinación inteligente de la explotación y mantenimiento de los recursos naturales que posee el medio, mediante un análisis detallado de costes-beneficios de las actividades humanas que han de efectuarse.

En este sentido, el planeamiento ambiental de un territorio tiene como objetivos esenciales el análisis de las consecuencias de unas estrategias alternativas de desarrollo, y el planteamiento de nuevos programas que sean más satisfactorios para el bienestar social y la conservación dinámica de los ecosistemas.

Este trabajo constituye el segundo caso de aplicación práctica en la región de Murcia de un sistema de registro, evaluación y cartografía de impactos ambientales, que se realizó durante el período de 1980-1983 (MARTÍN DE AGAR *et al.*, 1984 y en prensa). Los objetivos se pueden concretar en dos puntos:

1. Reconocimiento integrado del territorio a fin de evaluar su estado ambiental actual.
2. Análisis detallado de los impactos que se derivan de diversas actividades hipotéticas, como base de partida para una gestión racional de los recursos que posee el área estudiada.

Dada la extensión del estudio, ha sido necesario, para su publicación, dividirlo en tres partes. En las dos primeras se expone la fase de prospección y sectorización del medio físico (es la que corresponde a este trabajo) y del medio biótico y humano. La tercera recoge las fases de diagnóstico, evaluación y cartografía de impactos ambientales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### 1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Mar Menor y ecosistemas adyacentes representa una de las principales zonas húmedas del litoral mediterráneo. Abarca una franja de unas 25.600 ha aproximadamente, que va desde el límite de las provincias de Murcia y Alicante hasta la costa de Calblanque (fig. 1). La mayor parte del área está ocupada por el Mar Menor que, con una superficie próxima a 18.000 ha y una profundidad media de poco más de 4

m, constituye la laguna salada de mayor extensión de todo el litoral español. Sus características hidrológicas son muy diferentes a las del Mar Mediterráneo, siendo un refugio invernal óptimo para diversas especies de avifauna (MARTÍN DE AGAR *et al.*, 1985), al tiempo que alberga una gran riqueza de invertebrados y peces.

El límite W está determinado por la curva de nivel de los 20 m, incluyendo parte del Campo de Cartagena o Campo del Mar Menor. Se trata de una enorme planicie interrumpida únicamente por algunos «cabezos» o afloramientos volcánicos y «ramblas», cauces de régimen esporádico donde se recogen las aguas procedentes de las lluvias, escasas y torrenciales, y que desembocan en el Mar Menor. El límite E corresponde a La Manga, cordón litoral arenoso, rectilíneo, con pequeñas dunas y apoyado sobre afloramientos volcánicos. Esta barra, de aproximadamente 24 km de longitud, y anchura variable (100 a 900 m), separa el Mar Menor del Mediterráneo, comunicados únicamente por unos canales o «golas», que han de ser dragadas periódicamente para evitar su cierre. En la parte meridional de la laguna se localizan varias islas volcánicas: Isla Mayor o del Barón, Isla Perdiguera, Isla del Sujeto, Isla Redonda o Rondella, e Isla del Ciervo (en la actualidad unida a La Manga por una carretera de acceso).

La convergencia de factores físicos (clima semiárido, geología homogénea, diversidad de suelos, etc.) y bióticos (especialmente las características peculiares de las poblaciones animales que habitan el medio acuático hipersalino, y las comunidades vegetales de los sistemas de arenas y dunas y de las zonas volcánicas) confieren al Mar Menor a un alto valor científico, recreativo, cultural y económico. Su problemática viene determinada básicamente por la ausencia de una planificación integrada del territorio y de una gestión racional de los recursos naturales que encierra, lo que ha provocado un desarrollo anárquico de la zona. El «boom» turístico, la aceleración del proceso de colmatación de la laguna, los vertidos orgánicos y de metales pesados arrastrados por las aguas de las ramblas, etc., están provocando alteraciones, difícilmente reversibles si no se dan soluciones urgentes.

### 2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

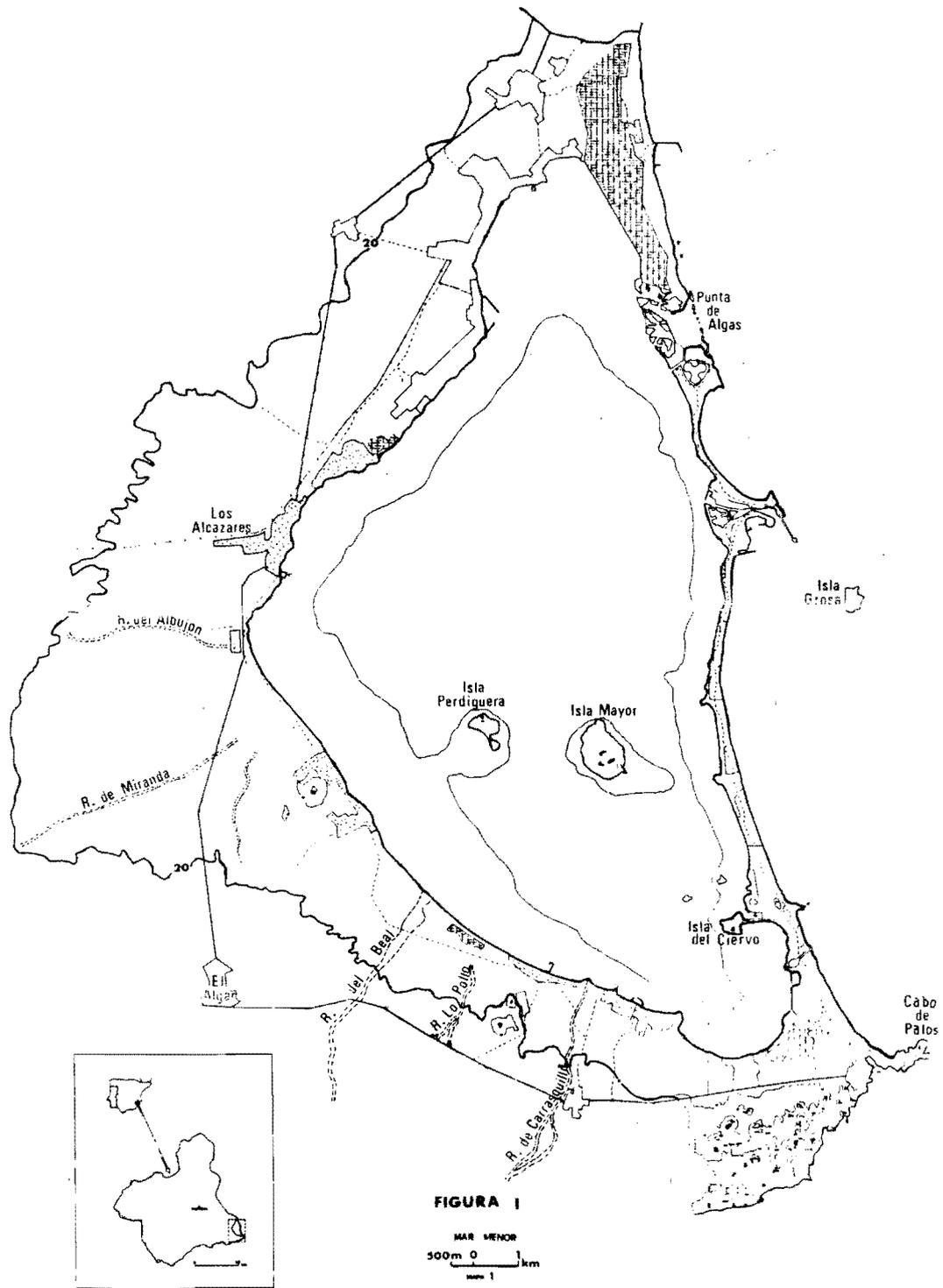
El sistema que se aplica en este estudio se denomina IRAMS (Impact Recording and Minimization System) (GONZÁLEZ BERNÁLDEZ *et al.*, 1974; RÓDENAS LARIO, 1977; SANCHO ROYO *et al.*, 1981). Las etapas del sistema se pueden concretar en tres (véase MARTÍN DE AGAR *et al.*, 1984):

1. Prospección y sectorización.
2. Diagnóstico y evaluación de impactos ambientales.
3. Archivo y cartografía de impactos ambientales.

### PROSPECCIÓN Y SECTORIZACIÓN

Consiste en la obtención de información ambiental y la división del territorio en *unidades* o sectores internamente homogéneos para cada *tema* o aspecto del medio.

La prospección lleva consigo, de una parte, la explotación de la documentación bibliográfica y carto-



gráfica referente al área de estudio, y por otra, recorridos de campo simultáneos con la fotointerpretación. La escala utilizada en la prospección ha sido 1/18.000, mientras que la cartografía de las unidades temáticas se ha realizado a 1/50.000, dada la relativa homogeneidad del área estudiada. Los temas del medio físico que se han prospectado han sido los siguientes:

**CLIMA.** La caracterización climática se ha establecido en función de un gradiente de continentalidad reflejado en las oscilaciones térmicas, la precipitación y el régimen de vientos. Para ello, se han utilizado técnicas multivariantes de ordenación y clasificación, y los datos analizados corresponden a las variables climáticas más representativas, recogidas de las siete estaciones meteorológicas que se localizan en el territorio estudiado: Temperaturas máximas y mínimas, precipitación, evapotranspiración real y potencial, déficit hídrico y reserva hídrica. Para el análisis de los datos se incluyeron también las estaciones comprendidas en el área de Murcia a fin de que la muestra fuera más representativa. Información más detallada sobre el método de análisis utilizado se puede ver en (MARTÍN DE AGAR, 1983).

**GEOLOGÍA-LITOLOGÍA.** La caracterización de las unidades para este tema, se ha realizado en base al origen, composición y disposición de los materiales rocosos y minerales que constituyen el sustrato geológico del área de estudio.

La información se ha extraído del Mapa Geológico escala 1/50.000, el Mapa Geotécnico General escala 1/200.000 y el Mapa de Rocas Industriales escala 1/200.000, todos ellos del I.G.M.E. Para la cartografía de los fondos marinos, se ha recurrido al estudio sedimentológico del Mar Menor de SIMONNEAU (1973), sectorizándose de acuerdo con la naturaleza del sedimento más profundo de la cubeta.

**HIDROLOGÍA.** Son escasos los estudios que existen sobre este tema, especialmente los relativos a hidrología superficial. Por este motivo, se ha caracterizado el medio terrestre en cuanto a la naturaleza del sustrato edáfico y la disponibilidad de acuíferos, y su relación con el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas. La información se ha extraído de los estudios del I.G.M.E. (1979), DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA (1979), ARENAS CUEVAS (1980) y GÓMEZ-ANGULO & SENENT (1982). También se han cartografiado las ramblas que atraviesan el Campo de Cartagena, las cuales se caracterizan según su función como portadoras de materiales minerales procedentes de las actividades mineras que tienen lugar en la Sierra de Cartagena.

Respecto al medio marino, los datos de variables físico-químicas y bióticas que se han consultado son puntuales en el espacio y en el tiempo, no siendo posible una tipificación de las aguas, dadas las fuertes oscilaciones diarias y/o estacionales que suelen darse en algunos factores, fundamentalmente los relacionados con la actividad de los organismos (pH, alcalinidad y oxígeno disuelto). Por tanto, sólo se han cartografiado dos variables que son independientes de la actividad de aquéllos:

— Salinidad, medida como clorinidad y expresada en g/l de iones  $\text{Cl}^-$ . Este factor influye notablemente, junto con el pH, en los procesos de sedimentación, desempeñando un papel esencial en la geoquímica de los sedimentos marinos.

— Densidad de coliformes, como índice de contaminación fecal y expresada en número de células de *Escherichia coli*/100ml. Esta medida es de una importancia considerable cuando se estudian las aguas destinadas al uso público, ya sea para consumo directo o de cualquier otro tipo. Más importante aún es en el caso de las aguas procedentes de los núcleos de población que bordean el Mar Menor, en donde las redes de alcantarillado funcionan deficitariamente, o en el peor de los casos no existen, vertiéndose las aguas residuales directamente a la laguna.

La clasificación que se ha seguido respecto a niveles de contaminación de las aguas, obedece a los criterios de la legislación española referentes a niveles de *E. coli* en aguas de baño (B.O.E. de 25 de junio de 1977):

—aguas «satisfactorias»: poseen como máximo 100 células de *E. coli*/100 ml.

—aguas «aceptables»: contienen un máximo de 1.000 células de *E. coli*/100 ml.

—aguas «inaceptables» por su peligro para los usuarios, las que superan las 1.000 células de *E. coli*/100 ml.

Los demás factores físico-químicos y de contenido de metales que caracterizan las aguas del Mar Menor, no han sido considerados en la sectorización, aunque sí se han incluido en la descripción de la hidrología de la laguna a fin de tener un conocimiento más completo y detallado de las características ambientales del Mar Menor y de su evolución espacio-temporal (MARTÍN DE AGAR, 1983).

Los datos utilizados para la descripción y sectorización del medio marino han sido extraídos de los estudios de ARAVIO-TORRE & AREVALO (1971), SIMONNEAU (1973), EYSER (1977), INITEC (1979), AMBIO (1981) y E.P.Y.P.S.A. (1982).

**GEOMORFOLOGÍA.** Se han caracterizado las principales formas de relieve que configuran el área de estudio examinándose otros elementos relacionados con aquéllas: pendientes, exposición, orientación, erosionabilidad, escorrentía e inundabilidad.

Primeramente, se elaboraron tres mapas por separado: uno con las formas de relieve predominantes, otro de pendientes agrupadas en cinco clases, y un tercero que recogía el riesgo de erosión de cada punto del territorio (MARTÍN DE AGAR *et al.*, 1984). La posterior superposición de los tres mapas llevó a la obtención de las unidades geomorfológicas definitivas.

Para el medio marino se recurrió también a la sedimentología, dado que a nivel batimétrico la franja de estudio correspondía a una sola clase de pendiente (<5%). No obstante, se han diferenciado las unidades de costa asimilándolas a la primera línea de agua como zonas de transición entre el medio terrestre y el acuático.

Los estudios consultados para este tema son los de SIMONNEAU (1973), EYSER (1977), LILLO CARPIO (1979a, b, c), INITEC (1979), E.P.Y.P.S.A. (1981, 1982), LÓPEZ BERMÚDEZ *et al.* (1981) y LÓPEZ BERMÚDEZ (1982).

**SUELOS.** Se han caracterizado las unidades de suelos en base a su textura y estructura, contenido de materia orgánica, resistencia a la erosión, riesgos de inundación y productividad. La bibliografía consultada ha sido la de SÁNCHEZ *et al.* (1962), SÁNCHEZ & ARTES (1971), DEPARTAMENTO NACIONAL DE ECOLO-

GÍA (1973), ALÍAS & ORTIZ (1977a, b, c), ALÍAS *et al.* (1977), DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA (1979), LILLO (1979a) y E.P.Y.P.S.A. (1982).

El medio marino se ha caracterizado respecto a la naturaleza de los sedimentos superficiales que cubren la cubeta, utilizando los datos de SIMONNEAU (1973).

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la fase de prospección y sectorización del medio físico se concretan en cinco mapas temáticos que se describen a continuación.

**CLIMA.** A partir del análisis multivariante de las variables climáticas recogidas en las estaciones meteorológicas del área de estudio, y de la bibliografía consultada (SAURA & FERRE-RAS, 1976; E.P.Y.P.S.A., 1982), se han caracterizado cuatro unidades de clima (mapa 1).

**Unidad 1.** Se caracteriza por presentar los valores más elevados de temperaturas mínimas y evapotranspiración durante los meses de invierno, siendo la precipitación elevada en otoño y menor en primavera.

**Unidad 2.** Presenta valores máximos de precipitación en otoño y primavera. Las temperaturas máximas son poco altas, al contrario que las mínimas, debido a la influencia marina que produce una suavización térmica.

**Unidad 3.** Comprende la ribera interna del Mar Menor, donde se dan máximas y mínimas moderadas, con precipitaciones más elevadas en los meses de otoño-invierno.

**Unidad 4.** Presenta valores elevados de precipitación en invierno y primavera (de enero a mayo) y menores durante el resto del año. Las temperaturas son moderadas.

**GEOLOGÍA-LITOLOGÍA.** Geológicamente, el Mar Menor se puede considerar como la parte oriental del gran sinclinal que constituye la llanura del Campo de Cartagena. Puede considerarse como una fosa tectónica que afectó a estratos paleozoicos y triásicos y que, posteriormente, se rellenó por materiales miocénicos, pliocénicos y cuaternarios (ALÍAS & ORTIZ, 1975).

La laguna parece que tiene su origen en el Flandriense, tras sucesivas transgresiones y regresiones marinas que llevaron consigo la acumulación y erosión, respectivamente, de depósitos marinos y también de los continentales arrastrados por las ramblas que la circundan. Durante la transgresión tirreniense se había iniciado la formación de La Manga a partir de las formaciones calcáreas con gravas, areniscas y arenas que fueron depositándose sobre los apuntamientos volcánicos pliocénicos y las areniscas miocénicas, hasta constituir la barra litoral.

Las unidades que se han delimitado son las siguientes (mapa 2):

**Unidad 1.** Forma el núcleo Paleozoico constituido por rocas de composición uniforme (micasquistos cuarcíticos y granatíferos con grafito, y cuarcitas). Hacia el techo de la formación aparecen intercalaciones de calcoesquistos.

**Unidad 2.** Situada sobre la base paleozoica anterior, corresponde a una formación, posiblemente perteneciente al Trias inferior, de filitas y cuarcitas fundamentalmente, con algunas intercalaciones de yesos y diabasas.

**Unidad 3.** Corresponde a un tramo carbonatado de calizas tableadas grises azuladas o azules, con lechos arcillosos, que aparecen sobre la anterior unidad. Pertenecen al Trias medio-superior.

**Unidad 4.** La constituye un nuevo nivel de filitas y cuarcitas del Triásico inferior, similares a las de la unidad 2 y que se asientan sobre el tramo carbonatado de la unidad 3.

Sobre este nivel se sitúa un nuevo tramo de calizas dolomíticas masivas y recristalizadas, muy brechoides y sin estratificación aparente (**Unidad 5**), pertenecientes al Triásico medio-superior.

**Unidad 6.** Corresponde al sector de rocas volcánicas del Mioceno y Plioceno, constituidas por andesitas, traquitas y basaltos, principalmente.

Dentro del Cuaternario antiguo se distinguen dos unidades:

**Unidad 7.** Corresponde al conjunto de calizas oolíticas, calcarenitas y litarenitas bioclásticas con oolitos pertenecientes a un antiguo cordón o barra litoral que parece ser responsable del cierre del Mar Menor.

**Unidad 8.** Unidad de glacis con topografía suavemente inclinada hacia la costa, y formado por limos rojos y negros y cantos encostrados.

Paralelamente a la costa del Mar Menor, y surcando el glacis, aparece un escarpe muy degradado. En su estructura destacan los limos rojos, cantos encostrados y paleocauces, revelando una génesis continental; las partes bajas con limos oscuros y en algunas áreas abundante materia orgánica, manifiestan, muy posiblemente, una génesis de marisma o albufera.

Al Cuaternario moderno corresponden las cuatro unidades siguientes:

**Unidad 9.** Comprende el sector de aluviones actuales arrastrados por las ramblas y diseminados en su desembocadura sobre el glacis de la Unidad 8. El actual sistema de drenaje está rejuveneciendo el glacis, observándose un encajamiento con elaboración de escarpes muy visibles en la parte alta.

**Unidad 10.** Corresponde al sector de limos

negros de marisma, con materia orgánica y conchas de gasterópodos, que están casi totalmente cubiertos por unos centímetros de agua.

La **Unidad 11** recoge los sectores de dunas, y la **Unidad 12** los de arenas de playa que se extienden por la Manga y al sur de Calblanque.

Las unidades definidas para el medio marino corresponden a la sucesión litológica dada por SIMONNEAU (1973), diferenciándose una facies arenosa de la pelítica, que forma la parte sedimentológica esencial de la laguna.

**Unidad 13.** Sectores donde el sedimento inferior está constituido por fango gris arenoso. Encierra una fracción abundante organógena, y la proporción de fracción fina es variable, siendo en los bordes de La Manga donde se presentan los mayores valores (80-90%).

La tasa de carbonatos de esta fracción es del orden del 60%, mientras que en la gruesa las concentraciones varían, en general, entre 70% y 95%. Los contenidos medios de materia orgánica son ligeramente más elevados que en el nivel inferior de fangos (alrededor del 1%).

En cuanto a los metales pesados, el plomo, el manganeso y el zinc son abundantes, sobre todo en la fracción fina (230 ppm, 285 ppm y 100 ppm, respectivamente). El estroncio presenta valores más altos en las arenitas (valor medio de 2800 ppm, aproximadamente) que en las lutitas (1350 ppm) (SIMONNEAU, 1973).

**Unidad 14.** Corresponde al nivel inferior de fango arenoso beige a gris beige, compacto o endurecido. En el borde W de la laguna, y asociadas a este fango, se presentan algunas gravillas en disposición anárquica, o más raramente distribuidas granulométricamente, concreciones calcáreas y restos de rocas. El sedimento comporta generalmente más del 70% de lutitas.

El contenido en carbonato de las arenitas varía de 45 a 95%, y su origen es esencialmente zoógeno. El contenido medio de materia orgánica es de 0,6%.

La fauna es poco abundante y está constituida sobre todo por gasterópodos y algunos lamelibranquios, localizados más a menudo en la parte superior del nivel (SIMONNEAU, 1973).

Los contenidos de metales representan valores medios, de 36 a 40 ppm de plomo y zinc y 205 ppm de manganeso. El estroncio presenta valores más elevados en la fracción gruesa (media de 1200 ppm) que en la fina 580 ppm), coincidiendo con la repartición de carbonatos.

**HIDROLOGÍA.** La convergencia de factores climáticos, tectónicos, litológicos, orográficos y de vegetación, constituye el principal determinante de la hidrología del área del Mar Menor, en donde no existen cursos de agua continuos, aunque sí importantes ramblas. Ello determina una marcada deficiencia hídrica en todo

el territorio, habiéndose recurrido para su desarrollo agrícola a los acuíferos que se albergan a distintas profundidades en el Campo de Cartagena. La explotación de estos acuíferos ha sido muy superior a los límites de reservas (las extracciones en todo el Campo son de unos 116 hm<sup>3</sup>/año, cuando los recursos subterráneos renovables no superan los 30 hm<sup>3</sup>/año (E.P.Y.P.S.A., 1982)).

El drenaje de la llanura litoral tiene lugar hacia el centro de la planicie, por donde discurre la Rambla del Albuñón, que desemboca en el Mar Menor. En el sector meridional, las aguas de lluvia procedentes de la sierra costera, vierten hacia el Mar Menor a través de cursos esporádicos que han de salvar fuertes desniveles hasta llegar al mar, ejerciendo una acción erosiva muy intensa.

Las unidades de hidrología obtenidas son las siguientes (mapa 3):

**Unidad 1.** Corresponde a las ramblas que surcan los sectores norte y central del Campo de Cartagena. De éstas, la rambla del Albuñón es el principal colector, y a él afluyen la mayor parte de las aguas de los relieves circundantes.

**Unidad 2.** Corresponde a las tres ramblas principales que surcan la parte sur del Campo de Cartagena (ramblas del Beal, Lo Pollo y la Carrasquilla). Drenan las aguas de la llanura de La Unión y de los relieves paleozoicos y triásicos de la Sierra de Cartagena que se elevan al sur del Mar Menor, arrastrando una parte de los minerales y metales provenientes de aquélla.

Las concentraciones de plomo, zinc, hierro y manganeso en los aluviones de estas ramblas son, en general, elevadas, siendo la de Ponce la que presenta una mayor mineralización. El estroncio presenta valores bajos en las tres ramblas (10-20 ppm), salvo en la desembocadura de la rambla de Ponce, donde se observan valores muy altos en la fracción arenosa (3850 ppm), coincidiendo con la concentración de carbonatos (SIMONNEAU, 1973).

**Unidad 3.** Corresponde al Campo de Cartagena, en donde se localizan diversos acuíferos relacionados hidráulicamente entre sí, debido al doble carácter lentejón y discordante que presentan los materiales. En el sector estudiado, se diferencian tres acuíferos (GÓMEZ-ANGULO & SENENT, 1982):

a) Acuífero Andalucense, formado por un nivel de calcarenitas bioclásticas, y con una base impermeable de margas del Tortoniense superior. A los descensos del nivel observados en este acuífero durante el período 1974-79, ha seguido un ligero ascenso durante el trienio 1979-81 en algunas zonas donde existen rega-

dios que se abastecen ya con aguas del Trasvase Tajo-Segura.

b) Acuífero Plioceno-Tortonense Meridional, formado por areniscas, siendo el impermeable de base un tramo de margas con yesos y ostras del Andalucense. El acuífero se comunica con otro Tortonense Meridional, constituido por calizas que, a veces, pasan a areniscas. El impermeable de base se corresponde con un potente tramo margoso, también del Tortonense. Donde se comunican los dos acuíferos, ambos están en equilibrio si bien, en el resto de la zona que ocupa el Plioceno, la sobreexplotación del acuífero ha ocasionado un descenso en los niveles piezométricos de 2-4 m/año durante el período 1974-79, y algo menor (1,5 m/año) en el 1979-81, debido a una disminución de la explotación por el aporte de aguas del Trasvase para regadíos.

c) Acuífero superficial Cuaternario, que se encuentra en equilibrio debido a su escasa explotación, como consecuencia se sus pequeños caudales específicos y la baja calidad de sus aguas.

La mayoría de las aguas captadas de todos los acuíferos no son aptas para consumo humano, y su utilización en regadíos es aceptable en terrenos que tengan una buena permeabilidad y para cultivos tolerantes a la sal.

La **Unidad 4** recoge los sectores de solonchaks que circundan el Mar Menor y su ribera interna. Estos suelos, constituidos por materiales finos, limos y arcillas fundamentalmente, presentan una permeabilidad muy baja, que determina frecuentes encharcamientos.

**Unidad 5.** Corresponde a los sectores en los que el sustrato limo-arcilloso es prácticamente impermeable, permitiendo el encharcamiento permanente.

La **Unidad 6** engloba las islas y cabezos volcánicos en los que la naturaleza del sustrato, litosuelos silíceos, no permite el drenaje interno, dándose únicamente un drenaje superficial por escorrentía. El carácter arcilloso de los productos de la erosión y alteración de los litosuelos facilita el cierre de los poros, impidiendo así el drenaje del agua por las fracturas y grietas que suelen presentar.

**Unidad 7.** Corresponde a los litosuelos calcáreos que, si bien son impermeables por constitución interna, se encuentran muy fragmentados por grietas y diaclasas originadas por procesos tectónicos, a través de las cuales puede circular el agua.

Se han incluido también en esta unidad los sectores de costra caliza y calcarenita que afloran en La Manga (Puntas del Cocedor, del Pedrucho, del Galán, Punta del Estacio y escull), así como el sector de dunas fósiles de la costa

de Calblanque. Estos sectores se encuentran sometidos al oleaje, originándose importantes fenómenos de disolución que dan como resultado, en algunas de estas zonas, una diversidad de formas kársticas de gran interés geomorfológico (Punta del Estacio y Calblanque).

**Unidad 8.** Corresponde al sector de arenas de La Manga, de permeabilidad y drenaje elevados por porosidad, encontrándose el nivel freático a escasa profundidad (0,5 m de media). El agua de este acuífero presenta una salinidad baja (0,08 g/l-1,42 g/l de cloruros), siendo potable en algunos puntos.

Las tres unidades siguientes corresponden a distintos niveles de contaminación fecal en las zonas más frecuentadas por los bañistas.

La **Unidad 9** recoge el sector de Los Nietos, en donde las concentraciones de *E. coli* sobrepasan las 1.000 cél/100 ml, declarándose estas aguas como «inaceptables» para baño. Además en esta zona es donde se dan los valores más elevados de salinidad, y por consiguiente de turbidez, factores que guardan una relación directa con el tiempo de supervivencia de coliformes en el agua.

**Unidad 10.** Corresponde a los sectores donde las concentraciones de *E. coli* son inferiores a 1.000 cél/100 ml, si bien estos valores se llegan a alcanzar en el sector de agua más próximo a la costa, declarándose por tanto «inaceptables» para baño.

**Unidad 11.** Corresponde a las zonas de aguas «satisfactorias» para el baño (menos de 100 cél *E. coli*/100 ml).

Atendiendo a los valores obtenidos por E.P.Y.P.S.A. (1982), en invierno los índices disminuyen considerablemente en toda la laguna, no alcanzándose en ningún punto de ésta las 30 cel. de *E. coli*/100 ml.

Las tres últimas unidades de este tema corresponden a sectores con distintos valores de salinidad.

**Unidad 12.** Recoge las zonas de salinidad más elevada (>44‰), que coinciden con los puntos más alejados de los canales de entrada de agua.

**Unidad 13.** Corresponde a aguas de salinidad media (de 42 a 44‰).

**Unidad 14.** Sectores de salinidad más baja (<42‰), próximos a la entrada de agua del canal del Estacio y en donde la profundidad es mayor.

**GEOMORFOLOGÍA.** La geomorfología del Mar Menor es el resultado de cinco factores básicos convergentes: tectónica, endorreísmo, dinámica litoral, escasas precipitaciones, y diversos procesos de colmatación. Sucesivas oscilaciones del nivel marino han llevado consigo diversos ciclos de acumulación y erosión res-

pectivamente y han ido realizando los procesos de modelado de la actual ribera de la laguna (MONTENAT, 1973; SIMONNEAU, 1973; LILLO, 1979a y b).

La proximidad del Mediterráneo y su comunicación en la parte baja con la cubeta inmergida, hacen que la laguna del Mar Menor escape del endorreísmo absoluto. Por tanto, los procesos de erosión y acumulación se encuentran sujetos a las variaciones eustáticas del Mediterráneo occidental. La situación actual de la laguna se caracteriza por la escasa deposición de sedimentos, comunicación escasa con el Mediterráneo y aislamiento de lagunas secundarias, que pasan a convertirse en salinas bajo un clima de carácter árido (LILLO, 1979a).

Las unidades que se han caracterizado para este tema son las siguientes (mapa 4):

La **Unidad 1** recoge los sectores de lagunas secundarias y áreas pantanosas que han quedado aisladas a partir del último descenso de las aguas marinas. Algunas de estas lagunas se encuentran ya abandonadas pasando a convertirse en armajales de desecación (Salinas de Punta Galera y de Lo Pollo), y otras son utilizadas como salinas.

**Unidad 2.** Corresponde al sector de glacis que constituye el Campo del Mar Menor s.s. o Campo de Cartagena s.l. Es una llanura homogénea con relleno cuaternario de materiales procedentes de los relieves circundantes. Presenta múltiples costras intercaladas en sus depósitos y, con frecuencia, un escarpe muy degradado lo surca paralelamente a la costa actual del Mar Menor, constituido en su parte baja por limos oscuros enriquecidos frecuentemente con materia orgánica que revelan una serie de marisma o albufera y sobre éstos, limos rojos, cantos encostrados y paleocauces que revelan una génesis continental.

Entre Cabo de Palos y la Rambla del Beal, el glacis presenta una gran potencia de sedimentos salvo en algunos puntos, en donde queda reducido sólo a la costra caliza. Entre el glacis y esta costra queda un nivel de manto detrítico procedente de la sierra de Portmán. El istmo de Cabo de Palos está constituido por sedimentos pliocuaternarios y encostramiento calizo.

**Unidad 3.** Corresponde a un sector muy reducido de crestas dunares tirrenienses que rodean el Cabezo de Calnegre. Presentan estratificación entrecruzada bien visible en el sector N del cabezo, y hacia la parte superior pasan a tomar carácter de dunas fijas, litificadas, sobre las que se presentan las dunas actuales en proceso de fijación natural (LILLO, 1979a).

**Unidad 4.** Corresponde a los sectores de saladares, extensiones llanas constituidas por solonchaks, que se han originado por fenóme-

nos de cerramiento de una bahía por un cordón arenoso antiguo litificado (LILLO, 1979a). Algunos de estos sectores (Los Narejos y Lo Pollo), eran anteriormente lagunas subsidiarias del Mar Menor que después fueron transformadas y explotadas como salinas; actualmente, se encuentran abandonadas, pasando a convertirse en armajales de desecación.

El sector de las Encañizadas, recogido también en esta unidad, corresponde a depósitos de materiales lagunares, en parte marinos, que buscan salida al Mar Mediterráneo o provienen de éste respectivamente, viéndose dificultados por el régimen hidrodinámico predominante que es un oleaje casi normal a la costa y que actúa sobre los escollos situados al E (Unidad 8), quedando protegidos de las olas por éstos, y estableciéndose formas diversas de depósitos según que predomine la acción del oleaje principal o el lagunar. Donde no hay escollos importantes el oleaje lagunar secundario W-E puede aportar pequeñas cantidades de sedimentos procedentes del interior que ven limitada su salida al mar por la acción marina.

La **Unidad 5** recoge los sectores costeros en escarpe acantilado alto (20 m de altura y pendiente >35%), que coinciden con los puntos en donde afloran los esquistos negros del sustrato en acantilado y escollera sobre el mar. En Cabo de Palos, sobre los esquistos negros o recubriendo una brecha de matriz margosa rojiza, se presenta una costra caliza de carácter arenoso-loésico en tránsito a areniscas calcáreas con restos de conchuelas. Constituye un testigo sedimentario antiguo, donde confluyen los caracteres continental y marino (LILLO, 1979a).

**Unidad 6.** Corresponde a los sectores de acantilado medio (pendientes de 20 a 35% y altura entre 2 y 20 m) y a los de costa baja (<2 m). En La Manga se trata de diversos apuntes de calcarenitas miocénicas que afloran en las riberas: Puntas del Pedrucho, del Galán y de Calnegre.

La ribera del Mar Menor se establece, en términos generales, sobre margas y limos rojos que descansan, a su vez, frecuentemente, sobre una costra caliza cuaternaria. La ribera N suele presentar un carácter menos marino que la S, donde se dan mayores pendientes y profundidades, apareciendo aquella fuertemente recorrida en bisel sobre la coraza o encostramiento calizo.

**Unidad 7.** Corresponde a pequeños sectores del litoral sur, en donde se presentan unos entranques más o menos profundos, caletas, resultado de una tectónica de hundimiento, retocadas por la acción marina y los procesos químico-clásticos que tienen lugar por efecto del oleaje.

**Unidad 8.** Corresponde a apuntamientos de calcarenita finimiocena que afloran de forma discontinua en escollos (esculls), dejando entre sí estrechas y profundas «golas». Esta discontinuidad viene dada por el régimen hidrodinámico y las condiciones de alimentación de los depósitos en aportes sedimentarios. Al quedar esta zona alejada del foco de sedimentos del N, el oleaje no consigue el enlace entre los diversos afloramientos, que se ven sujetos también a la acción alternante de trasvase de agua marino-lagunar y lagunar-marina (LILLO, 1979a).

**Unidad 9.** Recoge los sectores constituidos por materiales carbonatados que se han visto afectados por las aguas marinas, sufriendo procesos erosivos y constructivos alternantes, dando como resultado formas kársticas, en su mayoría lapiares. Estas formas, resultantes de la combinación de factores mecánicos, bioquímicos y biológicos, se presentan bien desarrolladas en las Puntas del Pudrimel, del Cocedor y del Estacio, en donde el oleaje de temporales alcanza la zona supralitoral. Por el contrario, en Cabo de Palos y Calblanque, la influencia marina es menor, presentándose unas cavidades, generalmente esféricas, de fondo irregular, recubiertas por una costra salobre de precipitación («cuencos de disolución» o «marmitas») (LÓPEZ-BERMÚDEZ, 1982).

**Unidad 10.** Corresponde a las ramblas que surcan los sectores central y meridional del Campo del Mar Menor y a través de las cuales llegan las aguas de escorrentía a la laguna. La rambla del Albuñón, que en su mayor parte no es funcional en la actualidad, alcanza el Mar Menor cuando las condiciones de alta pluviometría lo permiten. Interferida por sus propios sedimentos, pasa a convertirse en una corriente subadaptada.

En la rambla del Beal, la barra arenosa que se ha formado en su desembocadura, por los ascensos y descensos continuos del nivel del mar, impide la evacuación de materiales de la rambla haciendo también de ésta un cauce subadaptado.

La rambla de la Carrasquilla forma en la desembocadura un delta convexo o saliente en «punta de flecha» (delta de Lengua de Vaca) donde se acumulan las gravas (SAUTIER-CASACA & LILLO, 1977). El curso presenta un doble cauce indeciso en su tramo medio, y el nivel de margas y limos plio-cuaternarios aparece abarrancado y desprovisto de costra caliza (LILLO, 1979a).

**Unidad 11.** Corresponde al sobrepuesto arenoso que constituye La Manga del Mar Menor. Ésta viene determinada por el impulso del oleaje y los aportes de materiales arrastrados por las corrientes longitudinales y transversales

que quedan depositados recubriendo un umbral mioceno a nivel del mar. Este revestimiento superficial está, en su mayor parte, constituido por productos de abrasión procedentes de los sectores contiguos de la costa inicial, dando lugar a unos materiales finos que son arrastrados por las corrientes marinas.

La inclinación del talud continental, establecido sobre litología de relativa resistencia (calcarenita finimiocena o material volcánico), limita las condiciones de depósito, que es ejercido casi siempre por corrientes no saturadas incapaces de movilizar, depositándose en las playas los sedimentos situados bajo el talud. Dependiendo de la distribución paleomorfológica de los sectores de plataforma sumergida, de los sedimentos, de las variaciones litológicas, y del tipo de oleaje, predominará el transporte longitudinal o el transversal, llegando a veces a simultanearse. Para los sectores más articulados de La Manga, el desplazamiento transversal de los sedimentos es el más activo, mientras que en los sectores menos articulados predomina el transporte longitudinal.

La Manga se encuentra interrumpida en algunos puntos, que corresponden a fracturas transversales a la línea de costa, constituyendo estrechos pasillos («golas»), entallados en la calcarenita miocena endurecida al contacto con el agua marina, y a través de los cuales se comunican las aguas lagunares con el Mediterráneo.

Esta unidad también se presenta ocupando superficies reducidas en las islas del Ciervo y Perdiguera. En esta última, una barra de arena resultante de un proceso de tombolización, une el cabezo principal de la isla con el del sur (la Esparteña).

Las tres siguientes unidades corresponden a las islas y cabezos volcánicos. El vulcanismo del Mar Menor parece tener su origen en una serie de erupciones fisurales con lavas muy fluidas que han dado lugar a diversos apuntamientos.

La isla Mayor, de edad finimiocena, morfológicamente está constituida por un vigoroso afloramiento de materiales volcánicos con la mayor altura en el centro y dos apuntamientos de relieve suave, muy erosionados, al norte de la isla, unidos al apuntamiento principal por acumulaciones superficiales cuaternarias.

Al SE de la isla se presenta un fenómeno de cementación calcárea de materiales finos de playa («seco»), de donde arranca una formación tombólica tipo «cola de cometa», originada por una bajada reciente del nivel de las aguas y por otros factores (poca profundidad, escaso movimiento y temperaturas elevadas) (LILLO, 1979a).

La isla Perdiguera, de formas cupulares y costa de escarpe bajo, está atravesada por profundas diaclasas con dirección N-S. Durante la etapa de bajo nivel marino, y cuando aún no existía La Manga esta isla ocupaba una superficie cinco veces superior a la actual y enlazaría su base con la del núcleo volcánico del Carmolí (LILLO, 1979a).

La isla Grossa, en el Mediterráneo, también de origen volcánico, constituye una protección a La Manga, condicionando el tipo de acumulación que tiene lugar sobre ésta (LILLO, 1979c). Frente a esta isla se encuentra otro islote: el Farallón.

El cabezo de Calnegre está constituido por dos montículos volcánicos del pre-Mioceno terminal entre los cuales se presenta una cobertera miocena, ligeramente abombada, cubierta por arenas recientes y subactuales.

Dentro del Mar Menor se encuentran otras islas, de las cuales la del Ciervo está unida a La Manga por un istmo artificial establecido sobre una línea más o menos continua de escollos volcánicos.

En el conjunto de relieves volcánicos se han distinguido tres unidades según el grado de pendiente y la exposición.

**Unidad 12.** Corresponde a los sectores de ladera con pendientes superiores al 20% y exposición de solana. La escasez de vegetación y el tipo de sustrato (litosuelos) hacen que el riesgo de erosión sea elevado, impidiendo la formación de un suelo estable.

**Unidad 13.** Corresponde a los sectores con igual pendiente que la anterior pero con exposición de semiumbría, lo que hace que se desarrolle una vegetación más densa que, en parte, sirve de cubierta protectora frente a la erosión.

**Unidad 14.** Corresponde a los sectores de ladera y piedemonte con pendientes inferiores al 20% y exposición de solana; en general, son zonas de depósito de materiales resultantes de los procesos de abarrancamiento de los niveles más altos.

Las tres últimas unidades del medio terrestre corresponden a la sierra de Cartagena, en donde la característica fundamental es la disimetría de los relieves que ocasionan un predominio de la erosión hídrica en la zona correspondiente a la vertiente S mediterránea en detrimento de la ejercida en la cubeta del Mar Menor para la vertiente N. A esta diferencia de pendientes entre ambas vertientes, se deben los fenómenos de captura debidos a las corrientes meridionales, que por erosión regresiva alcanzan los cauces de funcionamiento esporádico y escasa pendiente que anteriormente tributaban al Mar Menor (LILLO, 1979b).

La **Unidad 15** corresponde a los sectores de

ladera con pendientes superiores al 20% y con exposición de solana. El sustrato, de pizarras sueltas en su mayor parte, hace que los riesgos de erosión sean elevados, no existiendo una cubierta vegetal que impida los procesos de denudación y arrastre de materiales.

**Unidad 16.** Laderas con igual pendiente que la unidad anterior, pero que, al estar expuestas a umbría o semiumbría, se da un mayor desarrollo de la vegetación, disminuyendo en cierto grado el riesgo de erosión.

**Unidad 17.** Corresponde a los sectores de laderas, vaguadas y piedemonte, en los que las pendientes son inferiores al 20%, y la erosionabilidad intrínseca moderada, presentando pocas limitaciones resultantes de los riesgos de erosión.

En cuanto al medio lagunar, las sucesivas fases de transgresión y regresión marinas que han tenido lugar desde el Flandriense, han llevado consigo diversos aportes de materiales que constituyen las distintas facies sedimentológicas de la cubeta. Estas facies presentan un espesor reducido y una composición variable según la naturaleza de los aportes.

La **Unidad 18** recoge los sectores donde el sedimento de fangos negros es el predominante, caracterizándose por una elevada proporción de lutitas (de 75 a 90%). En su mayor parte, son sedimentos muy finos, si bien los del sur, al estar sometidos a la alimentación de las ramblas, son de tipo poco evolucionado; por el contrario, la vertiente norte, más profunda y alejada de los aportes torrenciales, recibe una sedimentación más fina, que coincide con un mayor porcentaje de caolinita (SIMONNEAU, 1973).

La fracción gruesa es muy reducida, y está constituida por numerosas concreciones calcáreas junto con desechos vegetales, a menudo mineralizados, y con una proporción variable de carbonatos. En los sectores S y SW de la laguna se presenta una fracción de cristales de yeso detríticos normalmente de pequeño tamaño.

**Unidad 19.** Corresponde a la fracción de arenas litoclasticas finas (200-500  $\mu\text{m}$ ) que ocupa una banda litoral continua. En el N, la mezcla de diversos sedimentos, procedentes del cordón litoral y del coluvionamiento de la ribera norte, y la presencia de una fracción orgánica importante hacen que la heterogeneidad en la granulometría sea mayor.

**Unidad 20.** Corresponde a una banda de arenas oolíticas calcáreas que se extiende de forma discontinua por todo el borde W y S de la laguna. Incluye tanto las arenas oolíticas que se encuentran inmersas a 1-2 m de profundidad como las que aparecen en los sectores de playa.

En los niveles inferiores de estas arenas se presenta un fondo detrítico, no oolitizado, con desechos calcáreos, cuarzo y minerales de diversa naturaleza. Por otra parte, estas arenas se encuentran siempre asociadas a una microfauna importante que presenta un comienzo de oolitización.

En las arenas de playa, de textura global más gruesa que las anteriores, en general, entran pocos organismos, y están asociadas a partículas de óxidos de hierro, restos de esquistos, cuarzo, y granos calcáreos redondeados y de coloración rojiza por la impregnación de los óxidos de hierro. Los porcentajes de carbonatos son del 75 al 90% y constituyen, en gran parte, la corteza de oolitos. El núcleo de éstos es de naturaleza diversa: cuarzo, granos calcáreos o dolomíticos, feldespato, etc.

**Unidad 21.** Corresponde a una pequeña banda de arenas litoclásticas gruesas (tamaño del grano 500 µm) que se distribuyen de forma discontinua por todo el litoral del Mar Menor.

**SUELOS.** La utilización de clasificaciones de suelos que ya han quedado en desuso, y que no pueden corresponderse o adaptarse a las clasificaciones actuales, es el motivo de que algunas de las unidades que se señalan en este estudio hayan de ser consideradas como meras aproximaciones a la realidad, eliminándose aquellos tipos u órdenes que resultaban conflictivos o dudosos en su localización cartográfica.

Los suelos del área del Mar Menor se pueden englobar en cuatro grupos: Aridisoles, Entisoles, Solontchaks y Litosuelos.

Los Aridisoles del Campo de Cartagena son el resultado de las condiciones climáticas de aridez y de las actividades agrícolas realizadas por el hombre, las cuales han activado la mineralización de su materia orgánica, degradándose la estructura original y pasando de suelos con epipedon mólico a los de epipedon órico característico de estos suelos. Muy frecuentemente, presentan horizontes de acumulación de carbonato cálcico en forma de pseudomicelios, manchas pulverulentas y concreciones, e incluso concreciones continuas en forma de encostramientos calizos que, en ocasiones, llegan a constituir horizontes cálcicos y petrocálcicos, respectivamente (ALÍAS & ORTIZ, 1977a).

Dentro de los dos subórdenes de Aridisoles diferenciados en el sector del Campo de Cartagena considerado en este estudio, Orthids y Argids, se dan varios grandes grupos y variantes determinados por la influencia de unos sobre otros. A ellos corresponden las diez primeras unidades que se han caracterizado en este tema (mapa 5).

**Unidad 1.** Corresponde a los Paleargids cal-

ciortídicos que ocupan gran parte del sector meridional del Campo de Cartagena. Son suelos antiguos (datados en el Pleistoceno e incluso antes), que poseen un horizonte argílico, resultante de la acumulación por translocación de minerales de arcilla y óxidos de hierro, que le dan un color rojizo característico. La existencia de este horizonte va asociada a la presencia de gravas heterométricas más o menos cementadas, procedentes de materiales metamórficos (pizarras, micaesquistos y cuarcitas), a partir de los cuales se ha formado el suelo (ALÍAS *et al.*, 1977). El elevado contenido en hierro hace que éstos suelos sean muy aptos para cultivos, fundamentalmente de agrios.

El contenido de materia orgánica es aproximadamente el 1% en los horizontes superficiales, disminuyendo de forma regular con la profundidad.

Los suelos denominados Calciorthids se caracterizan por la presencia de un epipedón órico con un contenido en materia orgánica inferior al 2%, y un horizonte cálcico localizado a mayor o menor profundidad según las zonas, dando diversas secuencias de horizontes en los perfiles según la profundidad a la que se inicia la acumulación de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  (ALÍAS & ORTIZ, 1977b). La coloración de estos suelos es variable (desde pardo a rojo) y, en general, son buenos para cultivo si se les incorpora materia orgánica.

**Unidad 2.** Corresponde a los Calciorthids clásticos, caracterizados por la presencia de una fracción elevada de material mineral grueso, fundamentalmente grava, procedente de las sierras adyacentes.

**Unidad 3.** Recoge los sectores de Calciorthids Tpto-Paleargídicos, que se caracterizan por la presencia a poca profundidad de un horizonte argílico antiguo, sobre el cual se ha depositado el  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , dando un horizonte cálcico.

La **Unidad 4** engloba los suelos denominados Calciorthids Paleortídicos, caracterizados por la existencia de un horizonte inferior petrocálcico que dificulta el desarrollo de los cultivos. No obstante, con las técnicas de roturación actuales, estos suelos se pueden acondicionar y cultivar de forma efectiva.

**Unidad 5.** Corresponde a los Calciorthids fluvénticos, suelos cálcicos originados a partir de materiales de arrastre que, según su naturaleza, dan suelos más o menos fértiles. El contenido de carbonatos suele ser elevado desde la superficie hasta los niveles inferiores.

En la **Unidad 6** aparecen Calciorthids cambortídicos fluvénticos, suelos con un horizonte cambortídico inferior sobre el cual se han depositado los materiales de arrastre, cálcicos, de los relieves circundantes.

**Unidad 7.** Unidad de Calciorthids estráti-cos, suelos formados por aportes sucesivos de materiales calizos que, al ir depositándose, han dado diversos horizontes con una disposición laminar o en estratos característica.

**Unidad 8.** Recoge los sectores de Calciorthids fluvénticos vérticos, suelos con una proporción elevada de arcillas en sus horizontes. Cuando están secos, presentan amplias y profundas grietas por las que percolan las arcillas tras las primeras lluvias, produciéndose una inversión de los materiales.

Los suelos del grupo Paleorthids se caracterizan por la existencia de un horizonte petrocálcico a menos de 1 m de profundidad, constituido por una costra caliza resultante del lavado lateral de aguas cargadas de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , procedentes de los relieves calizos inmediatos. La costra caliza es de consistencia pétreo, englobando en su interior cantos de diversa naturaleza (pizarras, micaesquistos, cuarcitas, etc.) fuertemente cementados por el  $\text{CO}_3\text{Ca}$ . El grado de salinidad es bastante bajo (ALIAS & ORTIZ 1977c).

La **Unidad 9** corresponde a los Paleorthids lépticos, en los que el horizonte petrocálcico presenta poco espesor.

En la **Unidad 10** los suelos del grupo Paleorthids presentan el horizonte petrocálcico cubierto por uno cálcico de poco espesor que le confiere las características propias de los calciorthids (Paleorthids calciortídicos lépticos).

**Unidad 11.** Corresponde a los sectores de arenas de playa que, de acuerdo con la clasificación de suelos del U.S.D.A., se engloban en el orden Entisoles, suborden Psamments, gran grupo Orthopsamments. En general, son suelos azonales, muy permeables, influidos en su dinámica y propiedades por el nivel freático próximo a la superficie (SÁNCHEZ *et al.*, 1962).

En el sector de La Manga, estos suelos presentan una proporción elevada de arenas gruesas (98,6%), y el contenido de caliza también es elevado, mientras que el de cloruros es muy bajo, encontrándose éstos fundamentalmente en el horizonte superficial (SIMONNEAU, 1973).

Los litosuelos son suelos de naturaleza pétreo, muy coherentes, no permeables por constitución interna pero muy fragmentados, con grietas y diaclasas originadas por meteorización, a través de las cuales circula el agua, contribuyendo a su desmoronamiento (I.O.A.T.S., 1966).

La **Unidad 12** corresponde a litosuelos calcáreos, constituidos fundamentalmente por calizas y dolomías del secundario. En los sectores donde aparecen, la roca madre aflora en superficie, estando sometida a los rigores del clima, y con una vegetación muy poco desarrollada.

La **Unidad 13** recoge los sectores de litosuelos silíceos, similares a los de la unidad anterior pero más impermeables que aquéllos debido a la naturaleza arcillosa de los productos de su erosión y alteración, que facilita el cierre de las grietas que aparecen en ellos (I.O.A.T.S., 1966).

**Unidad 14.** Corresponde a los lechos de ramblas, corrientes subadaptadas, de carácter esporádico, que, cuando entran en funcionamiento, producen un socavamiento activo en las cabeceras y márgenes de sus cauces, arras-trando los materiales arrancados hasta la desembocadura, donde quedan depositados los materiales.

El principal colector del Campo de Cartagena es la rambla del Albuñón, de la cual, el tramo que discurre por el área de estudio, se encuentra prácticamente colmatado de sedimentos finos (ALIAS & ORTIZ, 1975) y no llega al Mar Menor, encontrándose interferida por sus propios sedimentos.

En la rambla del Beal, la proporción de elementos finos aumenta desde la cabecera hasta la desembocadura (de 15 a 42%), mientras que en la rambla de Ponce el aumento se produce en sentido inverso, permaneciendo prácticamente constante en la de la Carrasquilla (alrededor del 16%). Estas variaciones dependen de la morfología fluvial y de la naturaleza de las diversas formaciones que atraviesan las ramblas.

La proporción de carbonatos en los aluviones constituyen del 18% al 25% de la fracción gruesa, si bien en tramos de suelos calcáreos por donde discurre la rambla de Ponce, se alcanzan valores de 70% (SIMONNEAU, 1973).

**Unidad 15.** Corresponde a la banda de arenas oolíticas ferruginosas. El proceso de oolitización tuvo lugar al ponerse en contacto las aguas marinas, poco profundas y con un contenido cálcico elevado, con las aguas continentales cargadas de sales de hierro, procedentes de las elevaciones triásicas de la sierra de Cartagena. Posteriormente, una subida del nivel marino ocasionó la deposición de estas arenas oolíticas (LILLO, 1979a).

La **Unidad 16** recoge los apuntamientos de calcarenita finimiocena que afloran de forma discontinua en toda La Manga, sirviendo de apoyo para la formación de ésta.

La **Unidad 17**, muy localizada, corresponde al sustrato de dunas fósiles, atribuibles al Tirreniense, constituidas por arenas bien litificadas.

**Unidad 18.** Corresponde a los sectores de solontchaks cálcico-sódicos, yesosos. En su mayor parte, son suelos aluviales de diversa tipología, poco evolucionados y con distintas texturas y coloraciones en un mismo perfil de-

bidas, esencialmente, a variaciones del régimen de sedimentación (SIMONNEAU, 1973).

**Unidad 19.** Recoge la banda de arenas gruesas, compactas, de elevado contenido en carbonatos, originadas a partir de los aluviones y coluviones de los relieves triásicos y pliocuaternarios que circundan la laguna.

**Unidad 20.** Sectores de piedemonte, constituidos por materiales de derrubios procedentes de fenómenos de abarrancamiento en condiciones de precipitación intensa, y mezclados con depósitos de limos.

La **Unidad 21** recoge sectores con sustratos de naturaleza variable, que se encuentran profundamente alterados por actividades urbanísticas recientes. En el Estacio corresponden a antiguos sectores de marisma que han sido rellenados con materiales alóctonos de muy diversa composición.

**Unidad 22.** Sustrato de fangos negros, de poco espesor debido a una deposición rápida de las partículas detríticas procedentes de las ramblas. El contenido de  $\text{CO}_2/\text{Ca}$  varía entre 20 y 60%, y el de C orgánico entre 0,69 y 2,9%, según las condiciones del medio (reductoras u oxidantes, respectivamente) en que se efectúan los depósitos (SIMONNEAU, 1973). Los contenidos de plomo y zinc son elevados (1.825 ppm, 1.810 ppm), siendo menor el de estroncio (510 ppm).

**Unidad 23.** Corresponde a un nivel de arenas finas (250-500  $\mu\text{m}$ ), constituidas, fundamentalmente, por granos de cuarzo y restos de roca mineralizada y de esquistos. Los contenidos de carbonato varían entre 50 y 75% y los de metales pesados oscilan entre 150-250 ppm para el plomo y el zinc, y 1.600-3.000 ppm para el estroncio.

El paso del sedimento arenoso al de fangos es rápido y casi sin transición, si bien en algunos sectores se encuentran los dos niveles en la misma proporción (**Unidad 24**).

La **Unidad 25** corresponde a solontchacks en condiciones de encharcamiento permanente, utilizados para extracción de sal.

## AGRADECIMIENTOS

Para la prospección y sectorización han sido de gran ayuda las colaboraciones del doctor R. Ortiz, del Departamento de Geología de la Universidad de Murcia, en los temas de Geología-Litología y Suelos, y de los doctores F. López-Bermúdez y M. J. Lillo, del Departamento de Geografía Física de la misma Universidad, en el tema de Geomorfología. Según información existente en 1982 y 1983.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALIAS, L. J. & ORTIZ, R. 1985. Características fisiográficas y ambientales de interés edafogenético del Campo de Cartagena (Murcia). *An. Inst. Bot. Cavanilles*, 32 (2): 1.021-1.037.
- 1977a. Aridisoles del Campo de Cartagena (Murcia). I. Camborthids: características generales y mineralógicas. *An. Edaf. y Agrobiol.*, 36 (3-4): 193-205.
- 1977b. Aridisoles del Campo de Cartagena (Murcia). II. Calciorthids: características generales y mineralógicas. *An. Edaf. y Agrobiol.*, 36 (3-4): 207-231.
- 1977c. Aridisoles del Campo de Cartagena (Murcia). III. Paleorthids: características generales y mineralógicas. *An. Edaf. y Agrobiol.*, 36 (3-4): 329-339.
- ALIAS, L. J., ORTIZ, R. & ALBALADEJO, J. 1977. Aridisoles del Campo de Cartagena (Murcia). IV. Argids: características generales y mineralógicas. *An. Edaf. y Agrobiol.*, 36 (9-10): 1.047-1.060.
- AMBIO, S. A. 1981. *Anteproyecto para el estudio del impacto ambiental turístico en el Mar Menor*. Secretaría de Estado de Turismo. Madrid.
- ARAVIO-TORRE, J. & AREVALO, A. 1971. La salinidad del Mar Menor, sus variaciones. Algunas consideraciones sobre el intercambio de aguas con el Mar Mediterráneo. *Bol. Inst. Español de Oceanografía*, 146: 3-19.
- ARENAS CUEVAS, M. 1980. *Características geomorfológicas de las cuencas y subcuencas del Segura*. IGME. Ministerio de Industria. Madrid.
- CARPENTER, R. A. 1980. Using ecological knowledge for development planning. *Environ. Manage.*, 4 (1): 13-20.
- DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA. 1979. *Suelos del Campo de Cartagena. Guía de excursión*. Soc. Esp. Ciencias del Suelo. Murcia.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ECOLOGÍA. 1973. *Mapas comarcales de suelos: Campo de Cartagena (Murcia)*. I.N.I.A. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- EDINGTON, J. M. & EDINGTON, M. A. 1977. *Ecology and Environmental Planning*. Chapman and Hall. London.
- E.P.Y.P.S.A. 1981. *Estudio de reconocimiento territorial de Murcia*. CEOTMA. Consejo Regional de Murcia.
- 1982. *Estudio de ordenación territorial de la zona del Mar Menor y su entorno*. CEOTMA-Comunidad Autónoma de Murcia.
- EYSER. 1977. *Plan indicativo de usos del dominio público litoral. Zona de Murcia*. Dirección General de Puertos y Señales Marítimas. Ministerio de Obras Públicas.
- GÓMEZ-ANGULO, J. A. & SENENT, M. 1982. *Las aguas subterráneas y el Trasvase Tajo-Segura. Incidencia en el Campo de Cartagena*. Madrid.
- GONZÁLEZ-BERNALDEZ, F., MARTÍN DE AGAR, R., RÓDENAS-LARIO, M. & SANCHO-ROYO, F. 1974. Un système d'enregistrement et minimisation des impacts sur l'environnement: IRAMS. *Int. Symp. «Informatique et Environnement»*. Arlon.
- IGME. 1979. *Investigación hidrogeológica de la*

- Cuenca baja del Segura*. Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- INITEC. 1979. *Estudio de planificación turística de los municipios costeros de Murcia*. Secretaría de Estado de Turismo. Madrid.
- I.O.A.T.S. 1966. *Estudio edafológico y agrobiológico de la Provincia de Murcia*. C.E.B.A.S. I.O.A.T.S. Murcia.
- LILLO, M. J. 1979a. *Geomorfología litoral del Mar Menor y del Bajo Segura*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- 1979b. Geomorfología litoral del Mar Menor. *Papeles del Departamento de Geografía*, 8: 9-48. Universidad de Murcia.
- 1979c. El Mar Menor y las costas del Bajo Segura. *I Curso de Geomorfología Litoral Aplicada*. Universidad Politécnica de Valencia.
- LÓPEZ-BERMÚDEZ, F. 1982. El modelado costero de Cartagena-Mazarrón. En: VILA VALENTI, J., *Estudios de geografía de Murcia*. Acd. Alfonso X el Sabio, 37. Murcia.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F., RAMIREZ, L. & MARTÍN DE AGAR, M. P. 1981. Análisis integral del medio natural en la planificación territorial: el ejemplo del Mar Menor. *Murcia*, VII (18).
- MARTÍN DE AGAR, M. P. 1983. *Ecología y Planeamiento territorial. Metodología y estudio de casos en la Región Murciana*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- MARTÍN DE AGAR, M. P., TORRES, A. & RAMIREZ, L. 1984. Ecología y Organización del Territorio: El caso de la aglomeración urbana de Murcia y su área de influencia. I: Prospección y sectorización temática. *Mediterránea Sec. Biol.*, 7: 203-252.
- (en prensa). Ecología y Organización del Territorio: El caso de la aglomeración urbana de Murcia y su área de influencia. II: Diagnóstico y evaluación de impactos ambientales. *Mediterránea*, 8.
- MONTENAT, C. 1973. *Les formations néogènes et quaternaires du Levant Espagnol*. Tesis Doctoral. Université de Paris.
- RÓDENAS, M. 1977. *Planificación urbanístico-ecológica: Problemática de tratamiento de datos y sectorización*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- SÁNCHEZ, J. A., FRESNEDA, V. S., DELICADO, J. A. & HERNÁNDEZ, R. 1962. Distribución de elementos asimilables en horizontes de suelos de La Manga del Mar Menor (Murcia). *An. Edaf. y Agrobiol.*, XXI (7-12): 383-394.
- SÁNCHEZ, J. A. & ARTES, F. 1971. *Caracteres y clasificación de los suelos afectados por los nuevos regadíos del Trasvase Tajo-Segura*. I.O.A.T.S., Memoria 1969-70. Murcia.
- SANCHO, F., FERNÁNDEZ, R., RÓDENAS, M. & GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ, F. 1981. *Sistema IRAMS: evaluación de alternativas de uso en la ordenación integral del territorio*. Publ. Universidad de Sevilla.
- SAURA, F. & FERRERAS C. 1976. *Estudio climatológico de la Provincia de Murcia*. I.O.A.T.S. Murcia.
- SAUTIER-CASASECA, G. & LILLO, M. J. 1977. Contribución al estudio geomorfológico del Mar Menor. La desembocadura de la rambla de la Carrasquilla. *Murcia*, III (11).
- SIMONNEAU, J. 1973. *Mar Menor. Evolution sédimentologique et géochimique recente du remplissage*. Tesis Doctoral. Université P. Sabatier.