

PROYECTO FIN DE CARRERA  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos  
Universidad de Granada  
2010 / 2011



**ANÁLISIS DE LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LOS CORDONES  
LITORALES DEL MAR MENOR Y DE NADOR  
ANÁLISIS DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS SOSTENIBLES**

INFORME TÉCNICO

Autor  
Alberto Mendoza Nogueira

Directores  
Guillermo Rus Calborg  
*Dpto. Mecánica de Estructuras e Ing. Hidráulica*  
Elena Sánchez-Badorrey  
*Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica*  
*Instituto del Agua*



- **Sobre el autor del proyecto:**

Alberto Mendoza Nogueira es un alumno de la Universidad de Granada que cursa sus estudios de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos durante los años 2003-2011, en este periodo realiza un curso en el extranjero (Italia, 2007-2008). En el transcurso de sus estudios universitarios complementa su formación con cursos sobre sistemas de información geográfica, proyectos de cooperación y desarrollo y modelado de estructuras con CypeCad entre otros.



Datos de contacto: e-mail: [albmennog@gmail.com](mailto:albmennog@gmail.com)

- **Sobre los tutores del proyecto:**

Elena Sánchez-Badorrey es profesora del área de Ingeniería Hidráulica del Departamento de Mecánica de Estructuras e Ing. Hidráulica de la E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos e investigadora del Instituto del Agua de la Universidad de Granada. Su investigación se centra en el modelado de sistemas acuáticos someros y en el estudio de la dinámica de interfases acuáticas.



Datos de contacto. e-mail: [elenasb@ugr.es](mailto:elenasb@ugr.es); web: <http://www.ugr.es/~elenasb/>

Guillermo Rus comenzó su investigación sobre mecánica computacional en la Universidad de Granada en 1995 donde defendió su tesis sobre Métodos Numéricos para la identificación no destructiva de defectos (2001), proporcionando algoritmos de búsqueda de defectos y cálculo de sensibilidades mediante elementos de contorno. Aplicó estos desarrollos experimentales en el laboratorio de Evaluación no Destructiva del MIT (EE.UU) como investigador post-doctoral Fullbright. Puso en marcha el laboratorio de Evaluación No Destructiva en la Universidad de Granada, centrándose en aplicaciones de bioingeniería colaborando con el University College London, la Universidad de Paris VI, con el Nanomaterials Technology Laboratory entre otros muchos. Actualmente es Profesor Titular de la Ugr, autor de 21 artículos SCI y 7 libros, además de una gran cantidad de contribuciones a congresos, seminarios y conferencias internacionales



Datos de contacto: e-mail: [grus@ugr.es](mailto:grus@ugr.es); web: <http://www.ugr.es/~grus/>

**Agradecimientos:**

Al proyecto SIMAR (CICODE) en donde se enmarca este trabajo y que lo ha hecho posible.

Al Instituto Geográfico Nacional, la Consejería de Agricultura y Agua de Murcia, a la Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio de Murcia, al Centro Regional de Estadística de Murcia, al Instituto Nacional de Estadística, a la Agencia Estatal de Meteorología y a Puertos del Estado por la disponibilidad y gratuidad de la información usada.

A Elena Sánchez Bardorrey y Guillermo Rus Carlborg por su ayuda y dirección en el desarrollo de este proyecto.

## **Resumen:**

Una laguna litoral es una superficie de agua salada separada del mar por una barrera arenosa que es denominado cordón litoral. A lo largo de este cordón litoral se produce la conexión entre las aguas de la laguna litoral y el mar abierto (golas). Una laguna litoral constituye un elemento de unas características ambientales excepcionales y un potencial para la explotación por parte de la sociedad muy elevado que si no son tratadas de forma adecuada puede llevar a una importante degradación ambiental.

Dos ejemplos de lagunas litorales mediterráneas son El Mar Menor (SE de España) y la laguna litoral de Nador, llamada Mar Chica (NE de Marruecos). Ambas lagunas se encuentran en estados muy distintos de desarrollo.

El cordón litoral del Mar Menor (llamado La Manga) se encuentra en un estado completamente alterado resultado de las actividades agrarias de la zona y su desarrollo urbanístico centrado en el turismo propiciado por el boom de la construcción de los 70. Estas actuaciones han ocasionado graves daños en el ecosistema degradando la calidad ambiental de la zona y la consecuente disminución de la calidad de vida.

Por otro lado, Nador se encuentra en un estado de desarrollo incipiente donde solo desarrollan actividades tradicionales como la agricultura y la pesca. No obstante existen planes de desarrollo para Nador como centro turístico nacional e internacional.

Para evitar que la situación de Nador llegue a ser como la actual del Mar Menor, este documento se analiza el desarrollo urbano del Mar Menor y de Nador para identificar los errores cometidos en el Mar Menor y corregirlos en Nador. También se analiza el concepto de desarrollo sostenible para su aplicación en la construcción de viviendas sostenibles en Nador.

Los resultados indican que las actividades humanas han cambiado el estado natural del Mar Menor aumentando su contenido en nitratos y metales, su salinidad a causa de la estabilización de las golas y la ocupación de la mayor parte del suelo con viviendas e instalaciones urbanas consumiendo gran cantidad de recursos (energía, agua, suelo...). Las consecuencias de estos hechos es la disminución de la calidad de vida en el entorno y la extinción de algunas especies vegetales y animales en detrimento de otras pocas especies.

En el análisis sobre desarrollo sostenible y de materiales de construcción alternativos se indica que la construcción mediante balas de paja o adobe con mejoras sismoresistentes son las mejores opciones en Nador

## **Abstract:**

A coastal lagoon is a hypersaline water surface separated from the open sea by a sandy bar called coastal strip. In this coastal strip there are several small channels that connect the lagoon with the open sea (gola). A coastal lagoon constitutes an ecological system of high natural value and high socio-economic opportunities for its development. This characteristic must managed correctly in order to avoid the environmental degradation.

Two examples of mediterranean coastal lagoon are El Mar Menor (SE of Spain) and the coastal lagoon of Nador, called Mar Chica (NE of Morocco), both lagoons are in several development state.

The coastal strip of the Mar Menor (called La Manga) is in a completely changed state due to agricultural activities and his great development for touristic activities carried out since 1970. This intervention has brought about serious damages in the environment, degrading its natural quality and decreasing the life quality.

On the other hand, Nador is in a state of initial development where traditional activities, such as agriculture and fishing. However, there is an urban development planning to turn the coastal strip of Nador to national and international touristic centre.

To avoid that Nador's state grow into like Mar Menor's state, this paper analyses the urban development of Mar Menor and Nador to identify and learn the mistakes carried out in Mar Menor and correct it in Nador. In addition, the concept of sustainable development is analyzed to his application in green building in Nador.

The outcomes of this paper indicate that human activities have changed the natural state of the Mar Menor increasing its metal and nitrates contain, increasing the saline level because of the stabilization of the golas and occupying the most part of the land with building and urban facilities consuming large amount of natural resources (energy, water, land...). The consequences of that facts are the decreasing of life quality and the extinction of some natural and vegetable species for increasing few species.

The analysis about sustainable development and alternative building material shows that building in straw packet and earthquake resistant adobe are the most appropriated materials.

## Índice:

<b>0) Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>I) Caracterización del medio. Mar Menor .....</b>	<b>5</b>
1. Localización geográfica .....	5
2. Descripción física .....	6
3. Marco geológico .....	9
4. Geomorfología .....	15
5. Detalles de La Manga .....	26
6. Clima, viento y oleaje .....	30
7. Marco hidrológico .....	40
8. Dinámica marina del Mar Menor. ....	55
9. Fauna y flora.....	62
10. Infraestructuras .....	76
<b>II) Caracterización del medio. Nador .....</b>	<b>82</b>
1. Localización y datos fisiográficos .....	82
2. Caracterización geomorfológica .....	84
3. Detalles del cordón de Nador .....	97
4. Contexto climático, hidrogeológico, hidrológico e hidrodinámico .....	102
5. Calidad de las aguas .....	110
6. Organización de usos y recursos .....	116
7. Infraestructuras y equipamientos .....	119
8. Flora y Fauna .....	120
9. Actuaciones previstas .....	124

<b>III) Caracterización socio-económica. Mar Menor .....</b>	<b>127</b>
1. Orígenes de la ocupación y explotación del Mar Menor .....	127
2. Población y sistema de asentamientos .....	130
3. Características socioeconómicas de la población .....	143
4. Usos del suelo y actividad económica .....	144
<b>IV) Caracterización socio-económica. Nador .....</b>	<b>166</b>
1. Análisis de aspectos socio-económicos .....	166
2. Actividades económicas .....	172
3. Actividades económicas .....	172
<b>V) Desarrollo sostenible .....</b>	<b>181</b>
1. Edificación sostenible .....	182
2. Sostenibilidad en La Manga .....	209
3. Sostenibilidad en Nador. Matriz de contribución .....	214
<b>VI) Desarrollo humano .....</b>	<b>218</b>
1. ¿Para qué y quién son las infraestructuras? .....	218
2. ¿Por qué dirigir las necesidades de hombres y mujeres? .....	227
3. Para el uso y conveniencia de la sociedad .....	233
<b>Apéndice I: Nociones de calentamiento/enfriamiento pasivo .....</b>	<b>245</b>
<b>Apéndice II: Construcción de adobe sismoresistente .....</b>	<b>251</b>
<b>Apéndice III: Imágenes de construcciones de La Manga reclasificadas según número de pisos y tipología. ....</b>	<b>260</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>272</b>

## 0) Introducción

---

El concepto clásico de laguna costera es una lámina somera de agua salada que ocupa una antigua bahía que ha sido separada del mar abierto mediante una restinga o cordón litoral a lo largo del cual se encuentran una o varias uniones entre el interior de la laguna y el mar abierto llamadas golas.

Es normal la denominación con el término “*mar*” a la masa de agua interior de la laguna litoral (Mar Menor en el caso de la Región de Murcia o Mar Chica en Nador) siendo este término erróneo al tratarse de un fenómeno de transición entre mar y laguna, que presenta características intermedias entre los dos conceptos.

Por un lado no se cumple la condición de estancamiento de una laguna por la conexión mediante las golas (tampoco deberían llamarse mar a ninguno de los cerrados como el Muerto, Aral o Caspio). Por otro lado, si nos fijamos en la definición de mar como “*una masa de agua salada que cubre la mayor parte de la superficie de la tierra*”, se percibe la concepción de mar como algo casi infinito, sin embargo, en el caso de una laguna litoral lo más normal es que se pueda ver desde el tramo litoral el cordón litoral como un horizonte tangible y no como algo lejano y perdido.

Nunca se ha establecido un límite a partir de qué superficie se puede considerar mar y cuando es otra cosa y al observar la superficie terrestre se aprecian evidentes contradicciones. Mientras que el Mar Muerto, con 1.015 km<sup>2</sup> se llama mar, al Superior con 83.380 km<sup>2</sup> se sigue llamando lago, siendo el de mayor superficie de todos.

En el caso del Caspio, no existen reparos en llamarlo mar, pues con sus 424.300 km<sup>2</sup> constituye una de las masas de agua continentales líquidas más amplias del globo, aunque no importa mucho su característica de confinamiento ni que su nivel de agua esté a 28 m por debajo de los océanos (el Mar Muerto está todavía a menor cota, a -390 m).

Por tanto, se deduce que las características de extensión, incomunicación y nivel de agua en relación a los océanos, no parece que sean específicas ni de mar ni de lago o laguna.

El conflicto anteriormente comentado lo resuelve la geomorfología introduciendo el concepto de “*lagoon*” que consiste en: “*una parte de costa, poco profunda, limitada hacia el mar por una isla barrera (generalmente ocupada por dunas eólicas con estratificación cruzada) y comunicada con éste por uno o varios canales; sus aguas presentan alta salinidad, dado el predominante confinamiento*”



Las lagunas litorales del Mar Menor (costa oriental española, en la Región de Murcia) y la de Nador (costa norte marroquí, en la región de La Oriental) son dos ejemplos de laguna costera mediterránea.

Dichas lagunas constituyen unos sistemas muy complejos en lo que se refiere a su comportamiento frente a acciones naturales de dinámica litoral o antrópicas y muy ricos desde el punto de vista ambiental y socioeconómico debido a la biodiversidad que se da tanto en sus aguas como en las zonas emergidas que bañan así como por el potencial de las distintas actividades que se pueden desarrollar gracias a su existencia y situación estratégica (agrícola, pesquera, salinera y sobretodo turística).

Las dos lagunas de estudio se encuentran en distintos estados de explotación. La laguna del Mar Menor se podría decir que se encuentra en un estado de completo desarrollo urbanístico en donde se ha fomentado una construcción masiva para su explotación turística y agraria con actuaciones en el medio natural que han afectado enormemente a las condiciones originarias de la laguna litoral ocasionando un gran deterioro de las condiciones ambientales de un entorno tan delicado y especial como es una laguna con la consecuente reducción de calidad de vida.

Por otro lado la laguna litoral de Nador se encuentra en un estado incipiente de desarrollo comenzado a principios de los noventa, y se puede decir que día de hoy todavía se encuentra en un estado casi virgen.

En el siguiente trabajo se analizarán las características de ambas construcciones desde el punto de vista ambiental y socio-económico para identificar los errores cometidos en el Mar Menor y corregirlos en Nador.

Con el fin de buscar un desarrollo sostenible en este área de Marruecos también se analizarán distintas técnicas constructivas sostenibles y su posible aplicación en el caso de Nador completando con algunos criterios para favorecer el desarrollo social de la zona en cuestión.

# I) Caracterización del medio. Mar Menor

---

## 1. Localización geográfica

La laguna litoral del Mar Menor está situada en la Región de Murcia, al sureste de la península ibérica, con coordenadas 37° 43' 8" N y 0° 47' 14" O y baña los municipios de San Pedro del Pinatar, San Javier, Los Alcázares y Cartagena.

Se enmarca en la comarca natural del Campo del Mar Menor, en la parte más oriental de la Región de Murcia, dicha comarca natural está formada por una zona montañosa al oeste que desciende progresivamente hacia el este formándose una llanura que abarca la mayoría de los terrenos del citado campo y acaba en la laguna litoral del Mar Menor. Posee una superficie aproximada de 256 km<sup>2</sup> englobando los municipios de Torre-Pacheco, La Unión y Fuente Álamo de Murcia además de los cuatro anteriormente citados bañados por el Mar Menor. La mayor parte del área del Campo de Cartagena es ocupada por el Mar Menor.

El cordón litoral que separa la laguna del Mar Menor del Mar Mediterráneo es llamado La Manga del Mar Menor con coordenadas: 37° 45' 0" N y 0° 46' 0". Se trata de una restinga arenosa que sólo se interrumpe en tres puntos a lo largo de sus 22 km de longitud dando lugar a las llamadas golas, únicos puntos de comunicación a través del agua entre el Mar Menor y el Mediterráneo por donde se realiza el intercambio hidrológico entre ambas masas de agua. Los nombres de las citadas golas son, de norte a sur: Gola de las Encañizadas (o zona de las Encañizadas la cual engloba tres pequeñas goletas intercomunicadas que reciben diversos nombres siendo los más comunes: Gola del Ventorrillo, Gola de la Torre y Encañizada Nueva o El Charco), Gola del Estacio y la Gola de Marchamalo. El cordón pertenece a tres municipios distintos, a Cartagena la parte sur, a San Javier la parte central y a San Pedro del Pinatar la parte más al norte correspondiente a la zona protegida de las salinas.

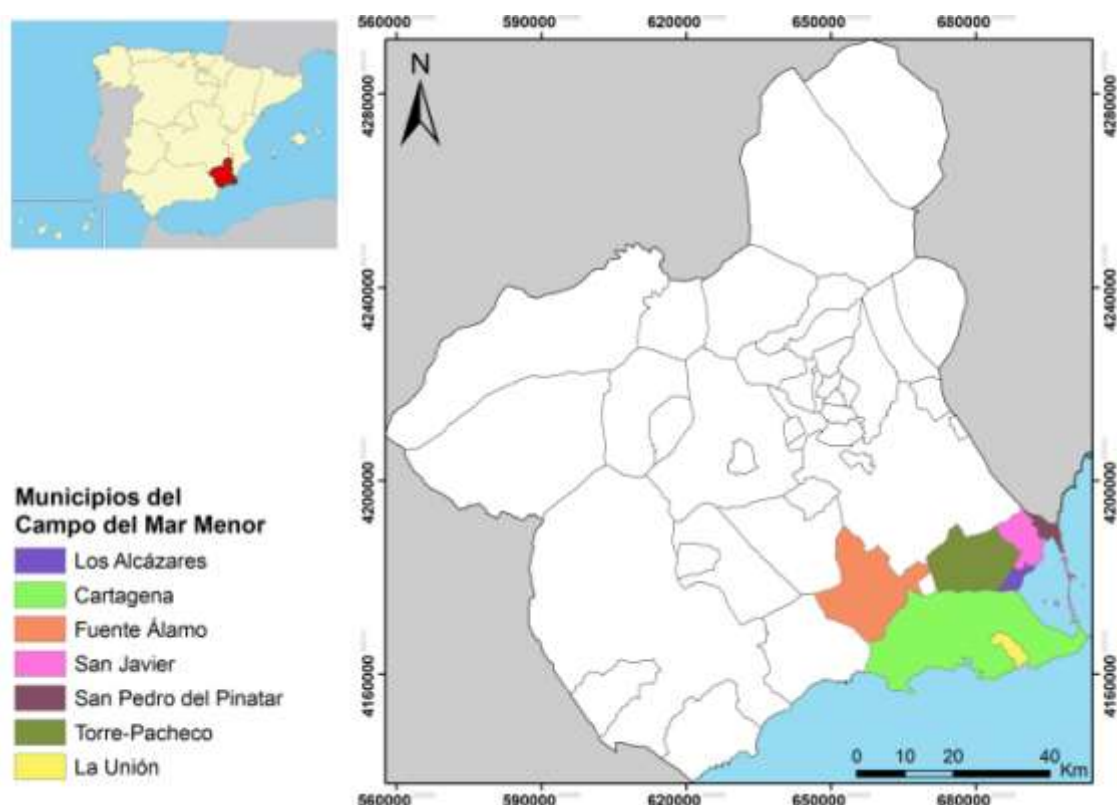
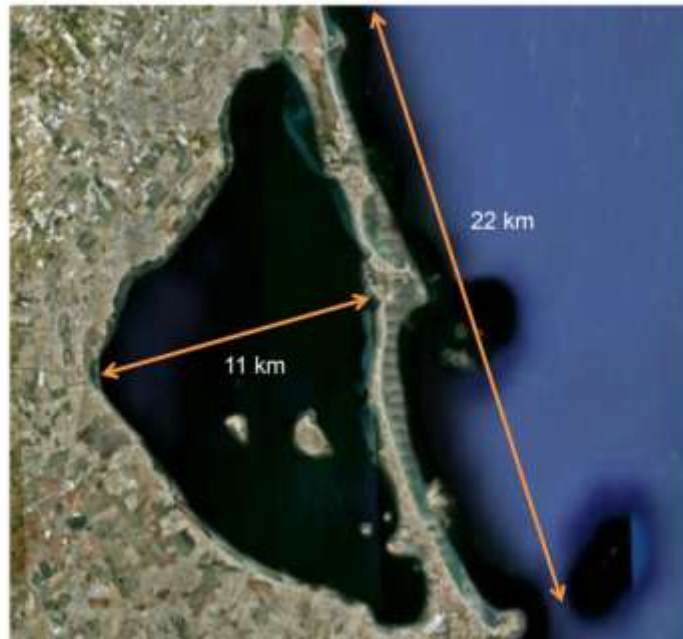


Figura I.1: Situación del Campo del Mar Menor (Elaboración propia).

## 2. Descripción física

El Mar Menor, con sus 135 km<sup>2</sup> de superficie, es la laguna litoral con mayor extensión de Europa. Tiene forma semi-elíptica con una longitud de eje mayor de 21 km orientado, aproximadamente, en dirección N-S y una anchura máxima de 11 km en dirección perpendicular. Cuenta con un perímetro total de costa de 72 km y con una profundidad media de 3,6 m, sin embargo, la mayoría de los fondos están comprendidos entre los 5 y 6 metros de profundidad (un 56% de la superficie total) y una profundidad máxima de 7,2 m que es alcanzado en el extremo septentrional de la isla interior del Barón.

El cordón litoral de La Manga del Mar Menor se trata de una barrera arenosa de origen detrítico-volcánico del Mioceno superior-Cuaternario. Tiene una longitud de 22 km y una anchura que varía entre 100 (en Matas Gordas) y 1.200 m (en las salinas de Cotorrillo). Este cordón arenoso se extiende desde el Cabo de Palos situado al sur hacia el norte hasta llegar a las costas acantiladas que empiezan a elevarse al norte del Mojón., en el municipio valenciano de Torre de la Horadada.



**Figura I.2:** Dimensiones del Mar Menor y La Manga (Elaboración propia).

A lo largo de todo el cordón litoral se encuentran diversas golas en donde tiene lugar la comunicación entre la laguna litoral y el mar abierto y por donde se realiza el intercambio hidrológico. Actualmente todas las golas han sido alteradas por el hombre, en mayor o menor medida, hasta el punto de haberse creado una gola completamente artificial. Las golas de El Ventorrillo, La Torre y El Charco situadas al norte, también llamadas Gola (o goletas) de las Encañizadas, provienen de antiguas goletas que fueron agrandadas y estabilizadas tras el cierre de la antigua Gola Mayor que era el principal intercambio hidrológico entre la laguna y el mar abierto. Dicha gola se encontraba cerca de la actual situación de la Gola del Estacio la cual se abrió en el siglo XIX aprovechando una antigua charca existente. Anteriormente, en el siglo XVIII, se abrió de forma completamente artificial la Gola de Marchamalo.



**Figura I.3:** Imagen satélite de la situación de las golas (Elaboración propia).

En el interior del Mar Menor se encuentran distribuidas una serie de islas de origen volcánico que, en orden decreciente de tamaño, son: Mayor o del Barón, Perdiguera, Ciervo (que ya constituye una península), Sujeto y Rondella o Redonda; en el exterior de la laguna encontramos la Isla Grosa y las Islas Hormigas cercanas al Cabo de Palos.



**Figura I.4:** Imagen satélite de las islas del Mar Menor (Elaboración propia).

Como se ha comentado anteriormente, la orografía del Campo de Cartagena se caracteriza por estar constituida por una llanura que se eleva hacia al oeste, hacia la Sierra de

Carrascoy, donde destaca el Cabezo Gordo (312 m.), y que va descendiendo al este, dirección Mar Menor, en el punto 3 se verán con más detalle las características geológicas de la cuenca.

Como puntos singulares en las inmediaciones del Mar Menor destacan las elevaciones de las islas volcánicas, de las cuales la mayor es la Isla Mayor o del Barón con sus 104 metros y en las inmediaciones de la zona costera El Carmolí, un monte volcánico de 113 metros situado cerca de Los Urrutias.



**Figura I.5:** Situación de montes relevantes (Elaboración propia).

Las escasas lluvias que tienen lugar en este territorio de clima semiárido son recogidas en numerosos torrentes temporales que mueren en diversas ramblas que se reparten a lo largo de todo el tramo litoral de las cuales las más importante es la Rambla del Albuñón que descarga aproximadamente en la zona central del tramo litoral. Más adelante se analizará la red hidrográfica que descarga en el Mar Menor.

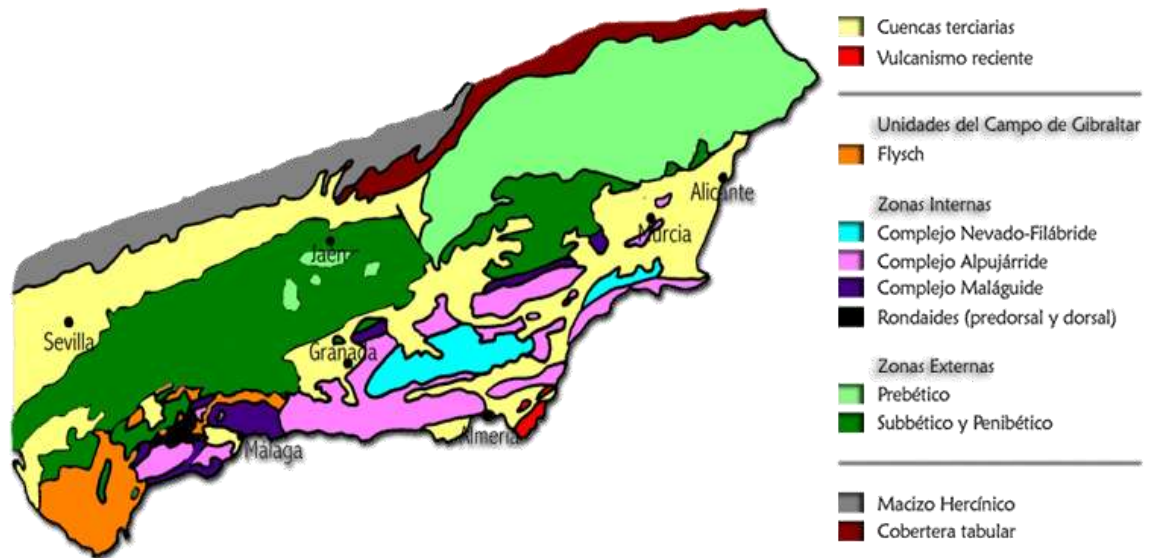
### **3. Marco geológico**

#### **a) Geología general del Campo del Mar Menor**

La información que se muestra a continuación está elaborada a partir de

El área del Campo del Mar Menor, geológicamente hablando, está dentro de la zona suroccidental de la Zona Bética que junto con las Zonas Subbética y Prebética forman el

conjunto de las Cordilleras Béticas (figura I.6). Dicha cordillera se extiende desde el sur de Andalucía, Cádiz, hasta el sur de Valencia, quedando limitadas en la parte N-W por la depresión del Guadalquivir, mientras que el sector oriental queda limitado por la línea imaginaria con dirección O-SO que pasa por la costa sur de Valencia, terminando hacia el sur en el mar Mediterráneo.



**Figura I.6:** Cordillera bética (www.geoiberia.com).

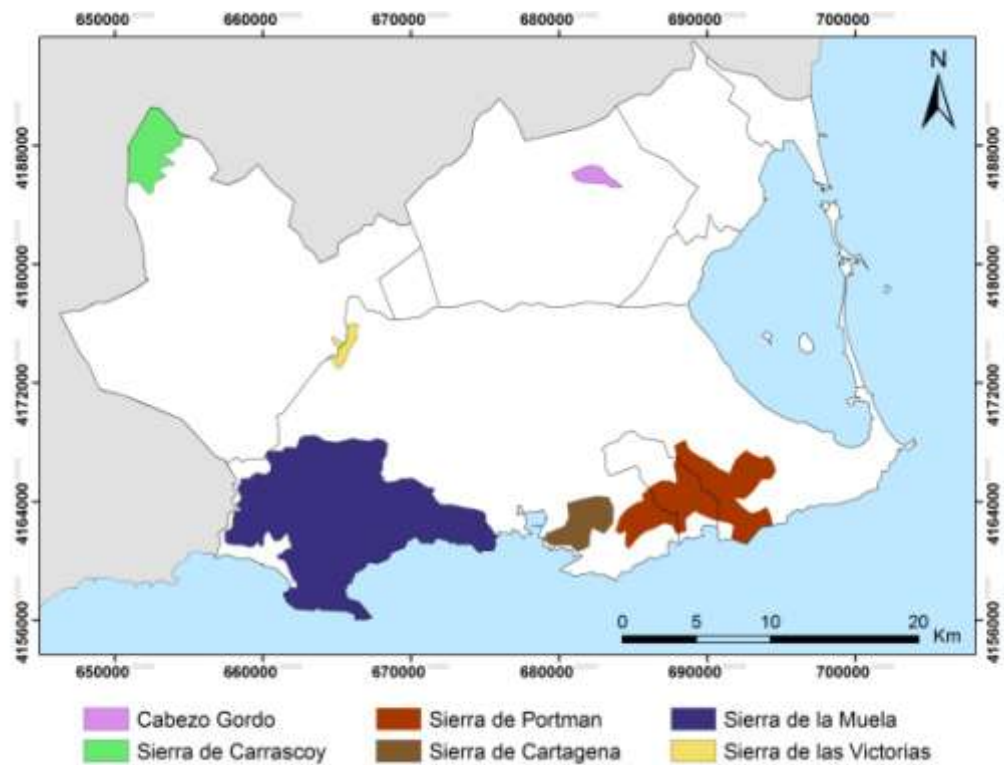
Más concretamente, el Campo del Mar Menor se trata de una amplia cuenca de sedimentación neógena (de la parte más reciente de la Era Terciaria, que comprende el Mioceno y el Plioceno) que desciende hacia la laguna homónima o antigua albufera del Cabo de Palos, que es como se conoció en un principio al Mar Menor hasta bien entrado el siglo XVII.

En la figura I.7 se puede observar como la cuenca de estudio está rodeada por una serie de serranías que de sur a norte, son las sierras de Portman, Cartagena y La Muela, continuándose por la Sierra de las Victorias y sólo en cierta continuidad hacia el oeste con las de Carrascoy, que a su vez se prolonga hacia el norte por toda la serie de relieves que finalizan estableciendo el tránsito al sector de Torre de la Horadada y Orihuela cuyo litoral a diferencia del predominante bajo y arenoso de la Manga, se presenta acantilado en sedimentos rojizos que contienen niveles de costra caliza, correspondientes al pliocuaternario (tránsito del Plioceno, última época del Terciario, al Pleistoceno, primera de las dos épocas del Cuaternario).



La sierra de Carrascoy constituye el límite N-NO, en esta estructura neógena se aprecia en la cobertura de las series geológicas más antiguas visibles una estructura monoclin al (único sentido de inclinación).

Por otro lado, en el otro límite, el S-SW, determinado por las sierra de Cartagena y la de Portman, está constituido fundamentalmente por terrenos metamórficos del sustrato bético (tramo inferior de la zona interna de la Cordillera Bética).



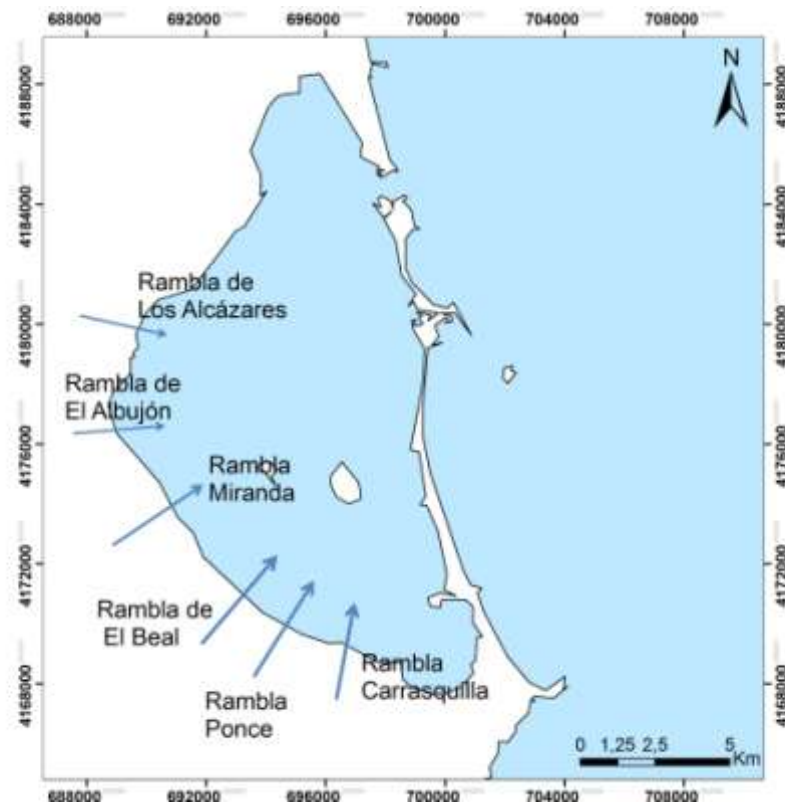
**Figura I.7:** Serranías del Campo del Mar Menor (Elaboración propia).

Dichas diferencias litológicas y estructurales originan distintos relieves y en consecuencia distintos comportamientos. En el borde norte y noroeste de la llanura costera encontramos un relieve generalmente en cuevas (relieve disimétrico compuesto de frente y reverso, propio de estructuras monoclinales en el borde de las cuencas sedimentarias); mientras que en el sur y suroeste las directrices de compartimentación y hundimiento especialmente del lado mediterráneo, dan lugar a caracteres de disección y asimetría de vertientes, hacia el Mar Menor y hacia el Mediterráneo, que han condicionado incluso el trazado de la red fluvial. A su vez, la Sierra de La Muela en su prolongación, hacia el norte por la Sierra de las Victorias, establece la separación de la cuenca del Mar Menor respecto a la de la de Mazarrón situada más al oeste fuera del Campo del Mar Menor.



Debido a ese control estructural parte de las escorrentías de la cuenca del Mar Menor se han orientado hacia el sur para desembocar directamente al Mediterráneo, de acuerdo con portillos provocados por fallas, como es el caso de la rambla de Peñas Blancas-Benipila que desemboca por Cartagena, o el de la rambla de Cabezo Negro-Portús que lo hace por este último punto. Estos colectores hidrográficos presentan importantes encajamientos cauce arriba, entre las propias vertientes exhumadas de las sierras de Cartagena y el relleno neógeno y cuaternario del borde de la cuenca sedimentaria del Mar, de manera que la divisoria de aguas hacia el Mediterráneo o hacia la Laguna no se establece en las sierras sino a lo largo de la línea de frentes aludidos.

Desde las diversas vertientes de la cuenca, más de una veintena de cauces abastecidos por aguas llovedizas disecan las cuestas y se adentran en la llanura para llegar al Mar Menor sólo en condiciones excepcionales de abundantes lluvias. La red de drenaje más importante de todo el sector es sin duda la de la Rambla del Albujón, que desemboca al sur de Los Alcázares. Es el colector hidrográfico principal de toda la cuenca y auténtico eje de diferenciación fisiográfico e incluso histórico del territorio; frente a su desembocadura estuvo situada en La Manga la “Gola Antigua”, también conocida como Gola Mayor o de la Encañizada a modo de principal aliviadero de la laguna sobresalada especialmente en caso de abundantes lluvias y casi como exclusiva comunicación secular del Mar Menor con el Mediterráneo.



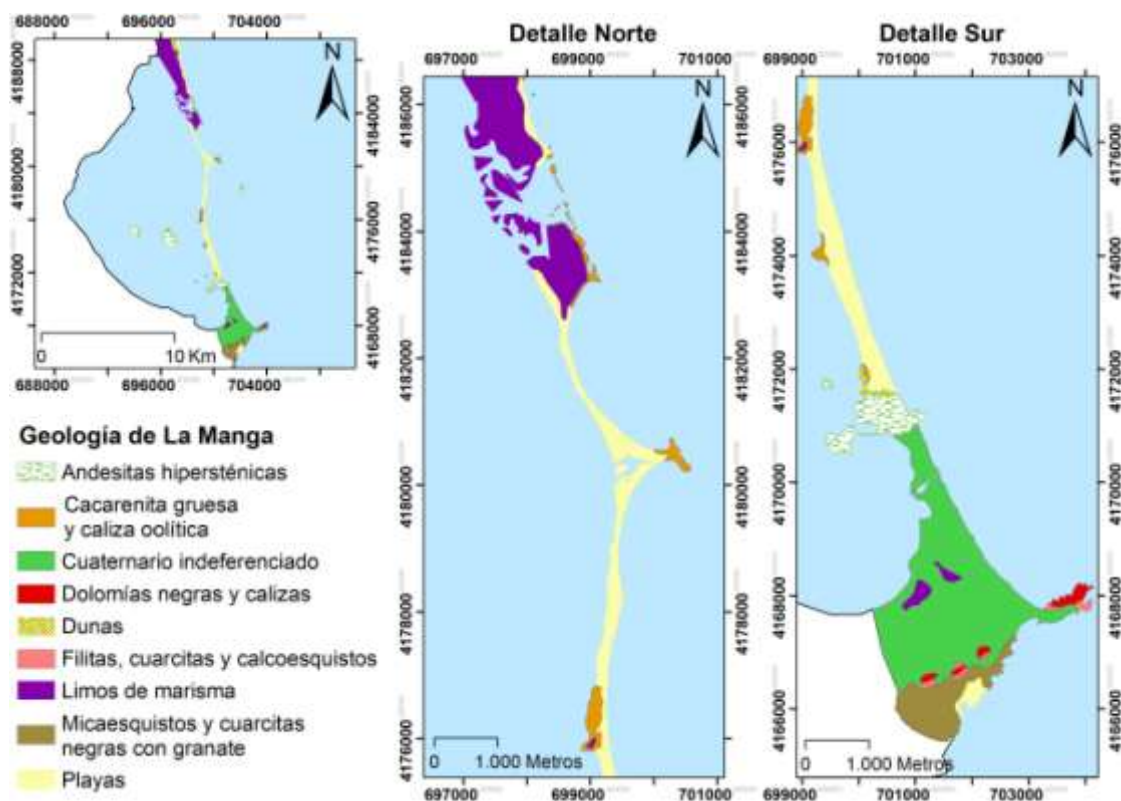
**Figura I.8:** Ramblas presentes en el Mar Menor (Elaboración propia).

## **b) Geología de la laguna y del cordón**

En el punto 2 se comentó la existencia de una serie de islas volcánicas en el interior de la laguna que, en orden decreciente de tamaño, son: Mayor o del Barón, Perdiguera, Ciervo Sujeto y Rondella o Redonda. Las rocas volcánicas constituyentes son andesitas y su emplazamiento se remonta al final del Tortonense superior o principio del Messiniense (hace 6.6 – 7 m.a.). Las emisiones volcánicas se produjeron aprovechando las zonas débiles de fracturas. Los afloramientos ígneos del Mar Menor y proximidades son de pequeño tamaño y presentan frecuentemente una forma elipsoidal con eje mayor N-S y estrelladas de cuatro puntas.

Por otro lado, La Manga está formada por un cordón litoral arenoso que se formó después de una serie de erupciones volcánicas que dieron lugar a la formación de varias islas alineadas. Hasta entonces el Mar Menor había constituido una bahía en arco poco profunda y puesto que en los extremos asomaban numerosos escollos de rocas volcánicas, estos dificultaron el desplazamiento de la de arena movida por las corrientes marinas y de los fangos arrastrados por las ramblas en las tormentas, y se fueron formando barras de arena, cada vez más compactas y más intercomunicadas.

Este somero revestimiento arenoso está determinado por la acción del oleaje y los aportes de las corrientes adjuntas, sobre un sustrato de litología diversa que en casi toda su longitud se trata de un umbral mioceno (de la época del Terciario, que se extiende entre el Oligoceno y el Plioceno) de calcarenita (roca sedimentaria carbonática en la que tanto los clastos como la matriz están compuestos por carbonatos), a veces aflorante, por ejemplo, en los alrededores del relieve volcánico del Calnegre y en El Pedrucho y que sirve también de apoyo a restos de playa fósil cuaternaria. En las dos siguientes figuras se muestran la distribución de los materiales geológicos que se pueden encontrar a lo largo del cordón.



**Figura I.9:** Distribución de los materiales geológicos en La Manga (Elaboración propia).

Por otra parte, la ribera interior de la laguna sobresalada queda establecida en términos generales sobre margas y limos rojos, que descansan frecuentemente a su vez, sobre una costra caliza que a veces llega a aflorar en las orillas. En su evolución reciente cabe destacar la existencia de sublagunas, que pasaron bajo las peculiares condiciones climáticas a convertirse en salinas: San Pedro, San Ginés, Los Narejos, Cabo Palos, etc.

La estructura definida por La Manga y el Mar Menor se puede simplificar asumiendo que presentan una geomorfología triangular, debido a que vienen condicionados la primera, por fallas normales de dirección N-S y el segundo, por fallas de desgarre de dirección N 40-60 E (levógiras) y N 140 E (dextrógiras).

Para medir las deformaciones del litoral se pueden usar antiguas líneas de costa (indicadoras de planos en principio horizontales) que permiten a la vez considerar el comportamiento general del sector durante el Cuaternario y evaluar los movimientos de subsidencia y elevación. Se admite que existe una subsidencia en el Mar Menor, sincrónica a la sedimentación, para poder explicar la paradójica no colmatación del mismo. Esta subsidencia ha sido valorada en 3,8 mm/a por algunos autores.

## 4. Geomorfología

### a) Mar Menor

La variación eustática del Mediterráneo (variación del nivel del mar respecto del continente supuestamente estático) es la variable más importante en los ciclos de erosión y deformación de la cuenca sedimentaria del Campo del Mar Menor.

En las proximidades de la laguna, donde la aridez se ve aumentada por la salinización aérea, la acción del viento de acuerdo con la morfología endorreica ha determinado, la exportación de materiales aluviales establecidos en periodo húmedo sobre las partes bajas. Se han excavado los bordes sedimentarios depositados con anterioridad a la última subida de nivel marino. Como se ha comentado anteriormente, la laguna sobresalada presenta una costa interior establecida sobre margas y limos rojos, que descansan, a su vez, frecuentemente sobre una costra caliza.

La costa norte suele presentar un carácter menos marino que la sur, debido, sobre todo, a las menores pendientes de los flancos de la cuenca anteriormente citados. En el sector sur, debido a la proximidad de las Sierras de Cartagena, se dan mayores pendientes y profundidades, apareciendo la ribera frecuentemente recortada en bisel sobre la coraza o encostramiento calizo, a diferencia de los sectores centro y norte, en que la coraza arenosa se presenta a cierta profundidad.

En el sector sur, con sus mayores pendientes de piedemonte, se presentan estructuras abarrancadas por cauces con directrices que provienen sobretodo de la Sierra de Portmán. De la erosión de estos barrancos provienen los materiales que, frecuentemente mineralizados, abastecen las playas arenosas, a veces oolíticas, que recubren la costra caliza o encostramiento.

La morfología ribereña está influenciada por el flujo casi nulo de la marea y de la subida de nivel por los vientos de Levante, así como por los aportes continentales. La situación actual se caracteriza por la reducida deposición de sedimentos, comunicación escasa con el Mediterráneo y aislamiento de lagunas secundarias, que pasan a convertirse en salinas: Salinas de San Pedro, los Narejos, San Ginés, Cabo Palos, bajo un clima cálido y seco de marcada aridez.

## **b) La Manga**

A continuación se muestra la elaboración de la caracterización geomorfológica basándonos en el artículo Geomorfología litoral del Mar Menor (Lillo Carpo, 1978).

Como se ha comentado anteriormente La Manga se presenta como un sobrepuesto somero arenoso determinado por el impulso del oleaje y los aportes de las corrientes sobre un sustrato de litología diversa que, a modo de estrecho umbral casi continuo, enlaza el flanco noroeste del Cabo Palos con el comienzo de la costa acantilada que empieza a elevarse progresivamente al norte del Mojón.

A pesar de su aparente monotonía en el paisaje, las formas de acumulación son muy variadas y constituyen, en parte, la modificación general del contorno costero visible en superficie.

Las condiciones físico-geográficas están determinadas por el régimen hidrodinámico y por los aportes sedimentarios. La inclinación del talud continental establecido sobre litologías de relativa resistencia (calcoarenita o material volcánico), limita las condiciones de depósito, el cual es ejercido casi siempre por corrientes no saturadas incapaces de movilizar, hasta el extremo de depositar en la playa los sedimentos de la fuente situados bajo el talud. Predominarán, por tanto, las formas de acumulación regresiva y la dispersión de sedimentos.

El material que interviene en este revestimiento superficial está en su mayor parte constituido por productos de abrasión procedentes de los sectores contiguos de la costa inicial, sobre todo del sector al norte del Mojón. La citada costa, que en la actualidad se presenta acantilada a expensas de un glacis relativamente blando y deleznable, da lugar a unos materiales finos que quedan bajo la acción de las corrientes de tempestad combinadas con las de fondo inverso, las de marea y las de deriva.

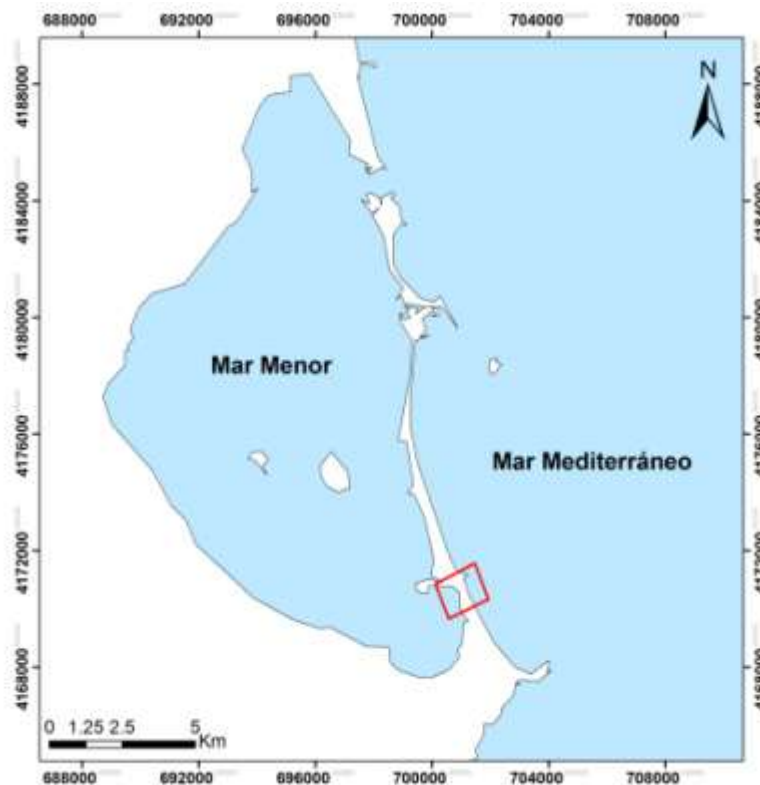
En general, las formas de acumulación resultan directamente de la acción del oleaje, que arambla los sedimentos de fondo que llegan a la playa, si bien este proceso predominante puede ser perfectamente compatible en diversos puntos con el desplazamiento longitudinal producido por las olas oblicuas y las corrientes.

El transporte longitudinal y el transversal a lo ancho del talud sumergido, a veces pueden llegar a simultanearse, dependiendo del límite de acción de cada uno de los procesos de los parámetros de olas, sedimentos y variaciones litológicas, así como de la distribución paleomorfológica de los sectores de plataforma sumergida.

Para los sectores más articulados de la restinga, el desplazamiento transversal de los sedimentos es el más activo: bien tiende a aumentar el índice o a disminuirlo. En los sectores de índice de articulación mínima la primacía corresponde al transporte longitudinal, como es el caso del sector norte correspondiente a las Salinas de San Pedro, que además cuenta con un importante foco de sedimentos.

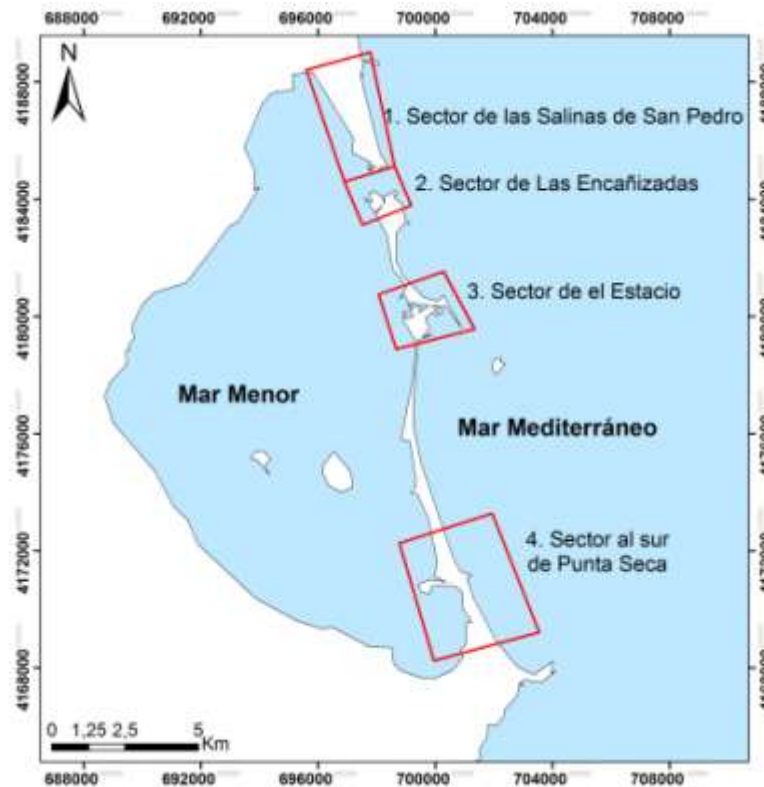
En casi toda su longitud el sobreimpuesto arenoso de La Manga recubre un umbral mioceno a nivel del mar, y hasta la altura de 5 metros cuando se forman estructuras dunares. Las excepciones o discontinuidades en la litología infrayacente a las arenas son:

- El aparato volcánico del Calnegre (figura I.10), punto de apoyo de una costa de restinga también cubierto por arenas impulsadas por el viento hasta su cima.
- Estrechos pasillos que corresponden a fracturas transversales a la línea de costa entallados en la calcarenita miocena, endurecida al contacto con el agua marina, y flanqueados por escollos de la misma formación, sobre los que se conservan restos de playa cuaternaria y a través de los cuales se comunican las aguas lagunares con el mar, o viceversa;
- Sobre la calcarenita y bajo la acumulación arenosa, al sur del Calnegre (figura I.10), la Playa de las Amoladeras, donde se presenta un nivel de limos rojos cuaternarios.



**Figura I.10:** Situación del aparato volcánico del Calnegre (Elaboración propia).

Para la caracterización geomorfológica del cordón litoral es útil el conocimiento de la acción de los vientos y el oleaje de la zona, estos factores son analizados en el punto: 6. Clima, viento y oleaje. Distinguimos cuatro partes representativas para su análisis que de norte a sur son: sector de las Salinas de San Pedro, sector de las Encañizadas, sector del Estacio y sector al sur de Punta la Seca (figura I.11).



**Figura I.11:** Situación de las cuatro partes de estudio geomorfológico (Elaboración propia).

- **Sector de las Salinas de San Pedro**

El sustrato está constituido a nivel del mar por una calcoarenita miocena que sirve también de base a las salinas, siendo el perfil transversal del relleno arenoso reciente, con acumulación de materiales de playa y dunas a partir de las arenas de alta playa. Esta es la forma tipo que, con ligeras variaciones, separa la laguna del Mediterráneo.

Como afloramiento del sustrato mioceno, desde Punta de Algas, se extiende paralelamente a la costa una restinga de piedras ahogadas y bajos de arena conocidos por los Punchosos, que abren hasta 300 metros de la playa y se extienden hasta unirse con los Escolletes (situados entre Isla Grossa y el Estacio) que, similares a los anteriores, terminan en el fondeadero de San Pedro del Pinatar.

El sentido de la deriva litoral, de acuerdo con la rosa de los vientos y con la topografía sumergida, así como con la procedencia de los sedimentos acumulables, procedentes del sector exorreico situado al norte del Mar Menor, es de norte a sur y presenta un buen ejemplo de acumulación arenosa reciente en el flanco norte del Puerto de San Pedro (figura I.12).



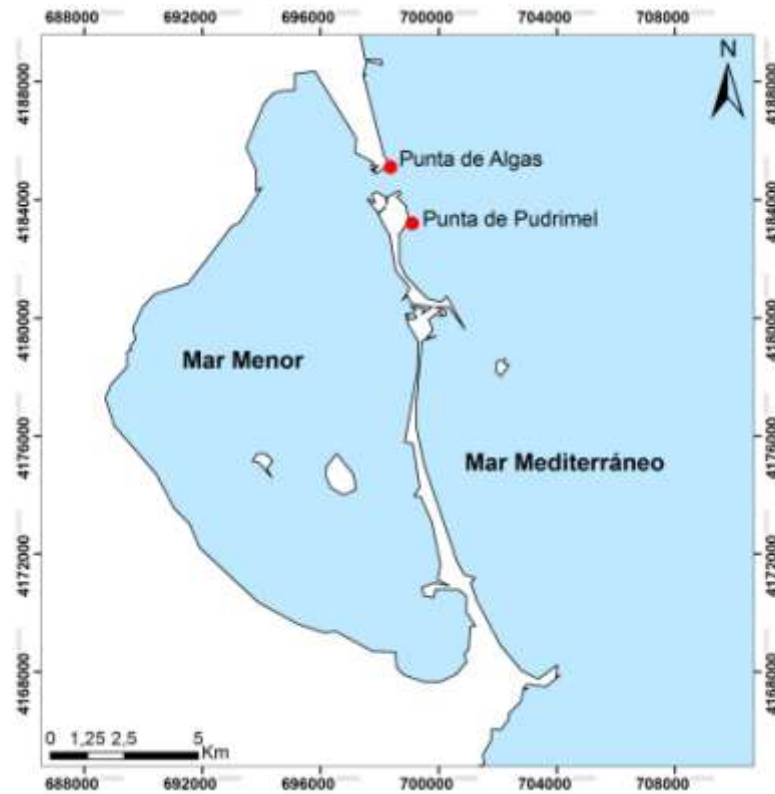
**Figura I.12:** Imagen satélite al norte del puerto de San Pedro (Elaboración propia).

- **Sector de las Encañizadas**

La base estructural, al igual que en los otros sectores considerados, está constituida por una serie de apuntamientos de calcoarenita finimiocena, que aquí de manera discontinua aflora en escollos entre Punta de Algas y Punta del Pudrimel (ver situación en figura I.13).

Una serie de formas mixtas lagunares marinas se presentan en el lugar considerado como deltas subacuáticos hacia dentro de las golas (figura I.14). Bajo la acción de las olas casi normales a la costa, que actúan sobre el escollo, los materiales lagunares, en parte marinos que buscan salida al mar, o provienen del mar, respectivamente, divergen y forman unos depósitos semejantes en sus flancos y siempre en función de la rosa de los vientos.





**Figura I.13:** Situación de la Punta de Algas y Punta del Pudrimiel (Elaboración propia).



**Figura I.14:** Imagen satélite de los deltas en la gola de la Encañizada (Elaboración propia).

Los escollos objeto de la acción del oleaje y con dimensiones reducidas, forman tras ellos en los lugares protegidos de las olas marinas unos depósitos estrechos alimentados por ambos lados. Se establece entonces una acumulación lagunar marina en forma de isla triangular.

En ocasiones se establece un cordón que progresa hacia fuera, de acuerdo con el oleaje lagunar de viento de Poniente, mientras que a partir de otro escollo cercano, pero más hacia el mar, la acción del oleaje principal establece dos cordones laterales en forma de ángulo agudo con vértice dirigido hacia el viento dominante, que es el del noreste, y con bisectriz constituida por el anterior cordón.

Estamos, pues, en presencia de una curiosa formación tombólica triple entre escollos enfrentados. Entre el cordón central, generalmente recto, y los laterales funcionales, quedan sendas charcas.

En ocasiones el sistema de olas lagunar secundario, de acuerdo con el sustrato, da lugar a formas de acumulación superiores incluso a las del sistema principal (de acuerdo también con la menor profundidad y mayor disponibilidad de sedimentos). Entre ambos cordones, lagunar y marino, suelen establecerse las salinas. El tipo de sedimentos de origen lagunar de este sector es el fango arenoso.

Esta parte meridional de las Salinas de San Pedro es la última zona del cordón de La Manga que se mantiene con una baja influencia de antrópica, apareciendo a partir de aquí hacia el sur una morfología profundamente alterada por la presencia de estructuras marítimas y de urbanizaciones que ocupan todo el ancho del cordón en la mayor parte de su longitud.

Tal es el caso de la llamada Veneziola (figura I.15), una urbanización con una serie de canalizaciones que se han realizado en la parte norte de la Punta de Pudrimel, si bien en esta zona la ocupación del suelo no es demasiado intensa, esta irá aumentando conforme se avance al sur.



**Figura I.15:** Imagen satélite de la urbanización de la Veneziola (Elaboración propia).

Se aprecia que las playas que son bañadas por el Mar Mediterráneo en esta zona se encuentran en un estado natural. Se distinguen dos zonas de playas:

- Una playa rectilínea situada en la zona más al norte orientada en dicha dirección y formada gracias a los sedimentos que aporta la gola de Las Encañizadas y los transportados por el oleaje que han sido erosionados en estructuras más al norte y que son depositados gracias a la pérdida de energía del oleaje que se da por la protección que tiene este tramo de costa gracias a los diversos escull.
- El otro tramo de playas es el que está orientado hacia el noreste, formado gracias a la sedimentación por pérdida de energía de las olas al encontrarse con pequeños “puntos duros” que actúan como focos de refracción y tiene como resultado la formación de playas en forma de pequeñas bahías confinando los sedimentos entre los citados “puntos duros”.

Por otro lado, en la zona bañada por el Mar Menor, se pueden distinguir dos tramos de playas que han seguido una génesis de formación muy parecida. Caracterizados por un oleaje poco activo, se han formado apoyándose en dos estructuras distintas, el tramo norte en una zona estable de la gola de Las Encañizadas y el tramo situado más al sur apoyándose en la embocadura de la llamada Encañizada Nueva, a mudo de espigón. La acumulación de arena se ha realizado en dirección paralela al oleaje llegando a alcanzarse una costa aproximadamente paralela al frente de ondas y siendo prácticamente nula la acumulación de sedimentos en tramos de costa en los que su orientación gira más hacia el este.

- **Sector del Estacio**

La orientación de la resultante del régimen de olas no es constante sobre toda la línea de costa, a causa de la refracción de las mismas en las puntas sur y norte de la Gola del Estacio (figura I.16). A ambos lados de dicho promontorio aparecen unos arcos de ensenada: Ensenada del Esparto al norte y Caleta del Estacio al sur, en las que la resultante es normal a cada uno de sus puntos.



**Figura I.16:** Imagen satélite de las puntas norte y sur de la Gola del Estacio (Elaboración propia).

El transporte longitudinal de los sedimentos no se produce, porque lo impiden los salientes que limitan por sus extremos las formaciones de acumulación: Punta del Pudrimel al norte y Punta Seca al sur. Debido a ello y al promontorio del Estacio, los sedimentos no pueden desplazarse más que localmente y las acumulaciones de los arcos no se han producido a partir de sedimentos de corriente longitudinal, sino a partir de material arramblado del fondo.

De esta forma se crea la playa arenosa de la Veneziola (figura I.17) situada al norte del Estacio y al sur de la urbanización de la Veneziola. Esta playa tiene forma semielíptica alargada como consecuencia de la refracción del oleaje en la Punta del Pudrimel y del Estacio con una mayor acumulación de sedimentos en la parte sur cercana al Estacio, la anteriormente citada Ensenada del Esparto, por la dirección del oleaje incidente aproximadamente paralelo a esta costa.



**Figura I.17:** Imagen satélite de la Playa de la Veneziola (Elaboración propia).

En la actualidad, el aspecto original de la formación que hoy es ocupada por la urbanización de la Veneziola es prácticamente irreconocible a simple vista, debido a la obra de relleno o dragado, que se han efectuado para el Puerto Tomás Maestre que ocupa toda la gola del Estacio, acompañado con numerosas urbanizaciones que en conjunto con el puerto ocupa casi la totalidad de la superficie de este sector.

- **Sector al sur de la Punta seca**

La base estructural a nivel del Mediterráneo parece continua. De norte a sur encontramos los bancos de calcoarenita miocena, que se prolongan hasta cubrir los alrededores volcánicos del Calnegre.

La gola de Marchamalo constituye la única comunicación totalmente artificial entre el Mediterráneo y la laguna.

A veces aparecen unos limos rojos directamente sobre la calcoarenita, lo que indica la escasa potencia de la cobertura arenosa.

El material sedimentario está sobre todo constituido por productos de erosión de fondo mezclados con restos orgánicos marinos. Y los sedimentos, según los diversos puntos, pasan de mayor a menor profundidad o llegan directamente a la playa, como en el caso de las

Amoladeras, donde sobre la molasa miocena a nivel del mar, los limos rojos erosionados hacia el interior, se presentan biselados hacia el Mediterráneo y soportando las arenas que llegan directamente a la playa y son impedidas por el viento hacia lo alto de la formación.

A pesar del escaso índice de articulación, la orientación de este sector hace que la primacía corresponda al transporte transversal. Hacia norte, donde la pendiente de la plataforma sumergida se atenúa, se producen, sin embargo, formas de acumulación sumergidas paralelas a la costa, que tienden a unirse a la aparente restinga actual (figura I.18). En cierto modo, la asociación talud suave-corriente saturada al norte y talud fuerte-corriente no saturada al sur, es evidente.



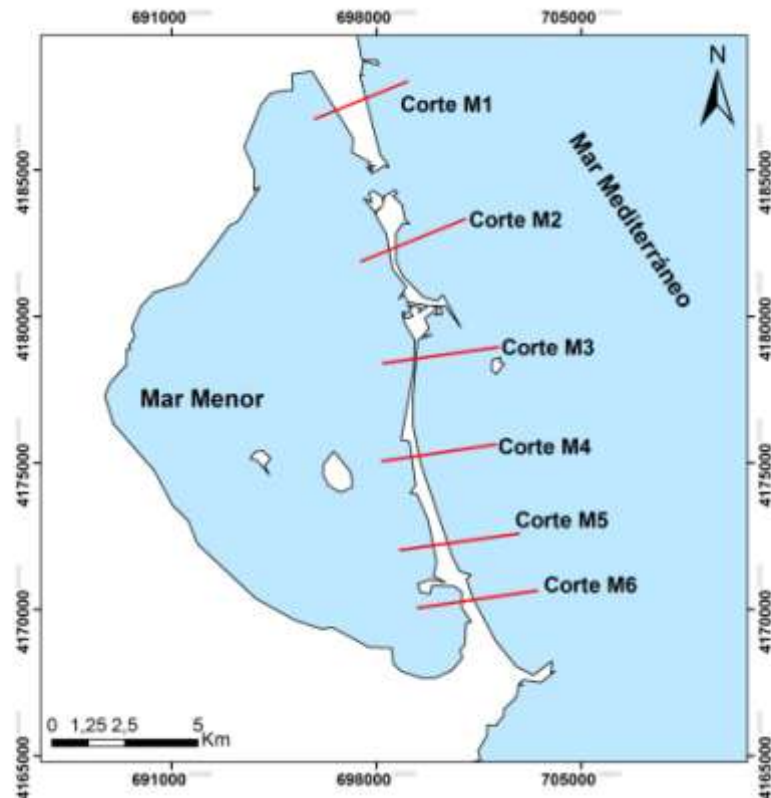
**Figura I.18:** Imagen satélite del cordón paralelo a la costa (Elaboración propia).

El sustrato mioceno se presenta como un banco fracturado en grandes bloques, que se extiende paralelamente a la Manga desde el sur de la Gola de Marchamalo, hasta un poco al sur del Pedrucho, con una anchura aproximada de 60 metros, sobre el cual se sonda una profundidad mínima de 1 metro, llegándose alrededor de él hasta los 6 y 8 metros. Este banco de piedra es conocido por los pescadores con el nombre del Tabal.



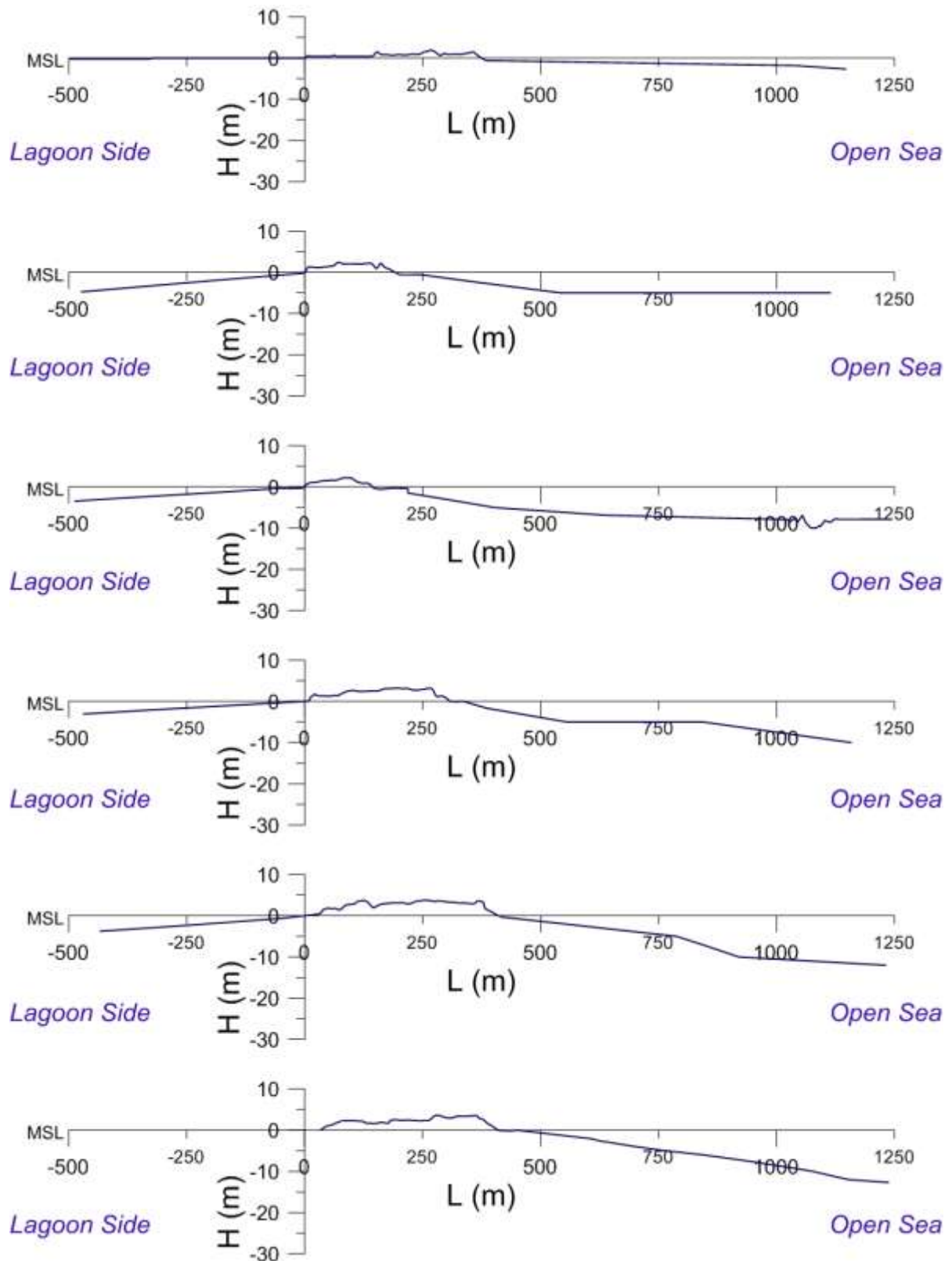
## 5. Detalles de La Manga

Para ver en detalle cómo es el cordón litoral, se muestran a continuación unos cortes transversales realizados en partes representativas de La Manga y tres cortes longitudinales superpuestos.



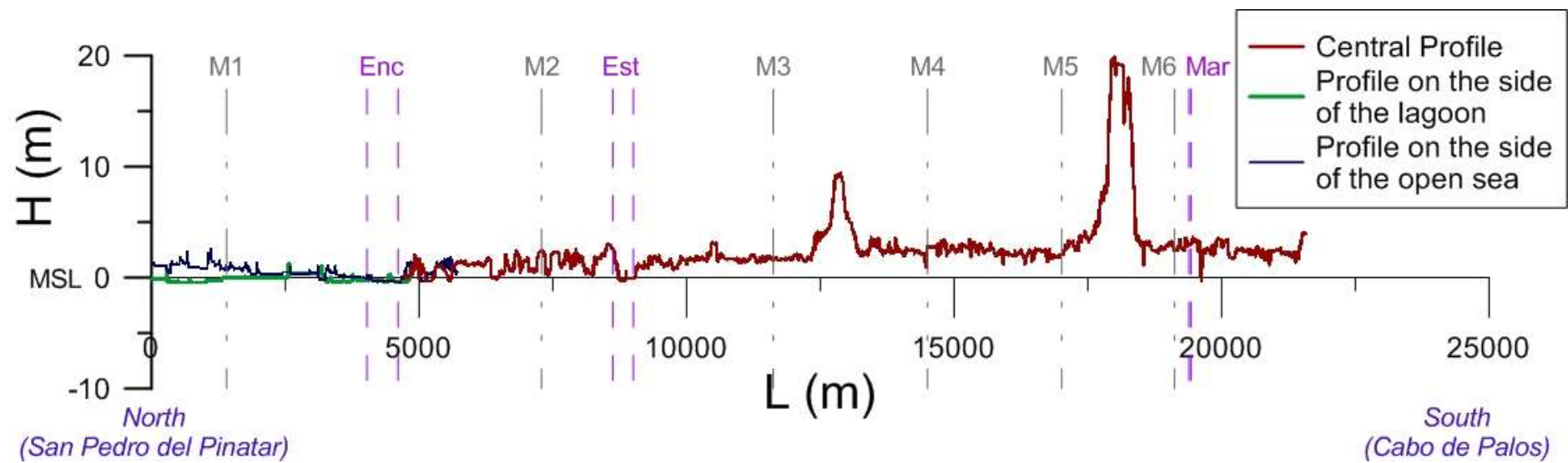
**Figura I.19:** Situación de los cortes transversales mostrados a continuación (Elaboración propia).

Después del corte longitudinal se muestran unas gráficas en las que se observa la variación de la anchura del cordón en toda su longitud (con el cambio de la anchura que hubiera si el nivel medio del mar subiese o bajase 1 metros) y la altura máxima del corte transversal realizado en los puntos que se han tomado para la representación de dichas gráficas.

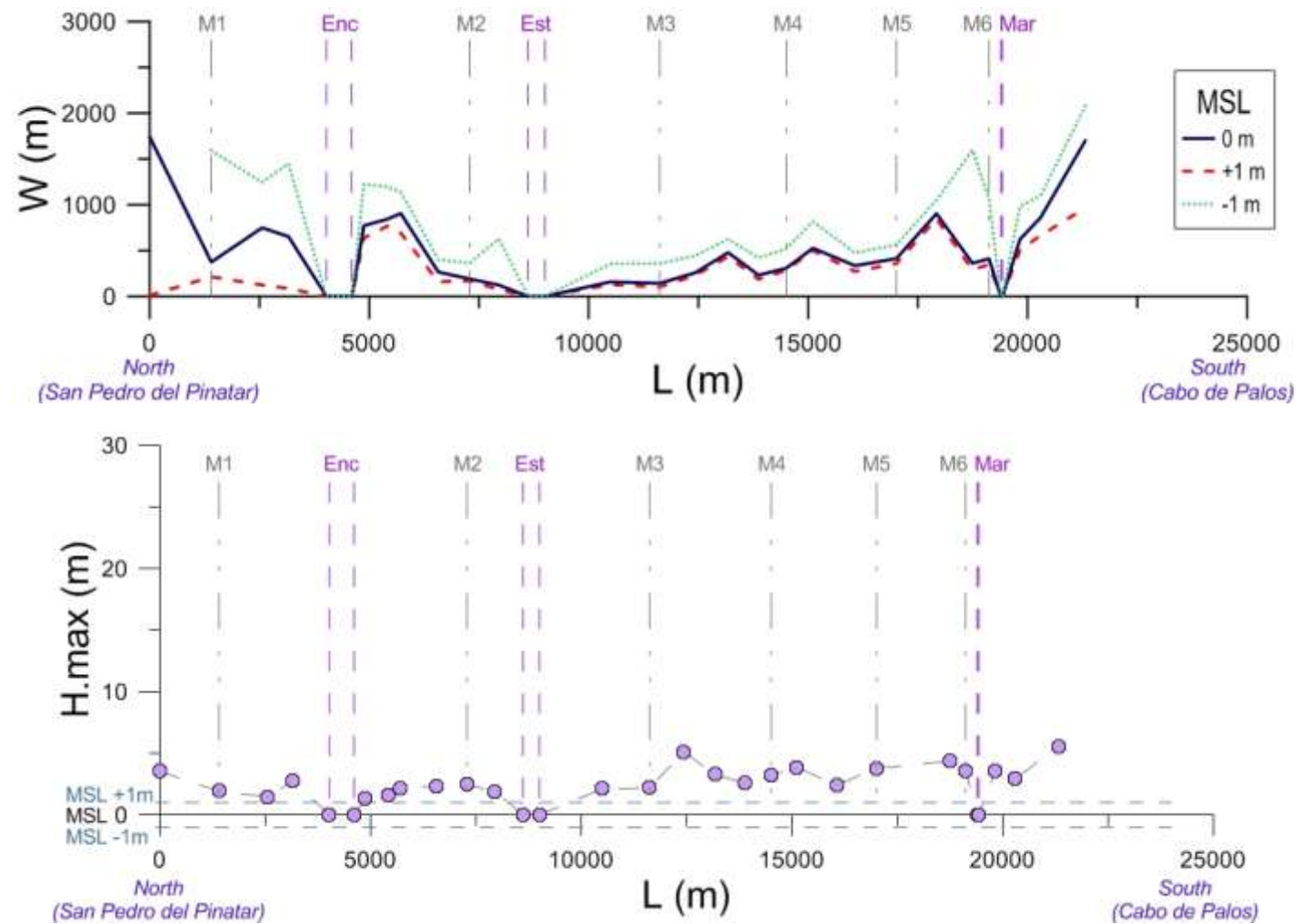


**Figura I.20:** Cortes transversales en La Manga (de arriba abajo: M1, M2, M3, M4, M5, M6  
(Elaboración propia)).





**Figura I.21:** Cortes longitudinales a lo largo de La Manga. Se muestra las situaciones de los cortes transversales M y de las tres golos (Elaboración propia).

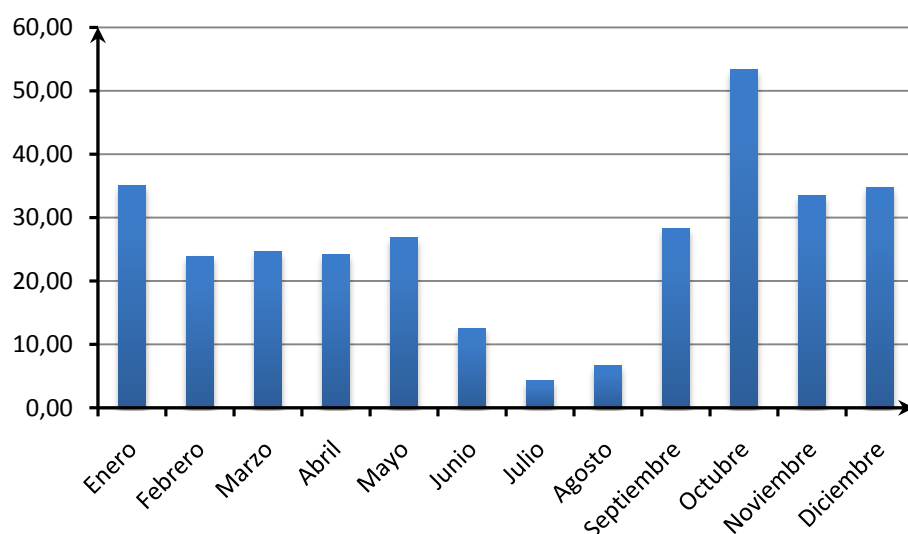


**Figura I.22:** Arriba: anchura de La Manga a lo largo de toda su longitud con la variación de la anchura si el nivel medio del mar subiese o bajase 1 metro.  
Abajo: altura máxima en 25 cortes realizados a lo largo de todo el cordón (Elaboración propia).

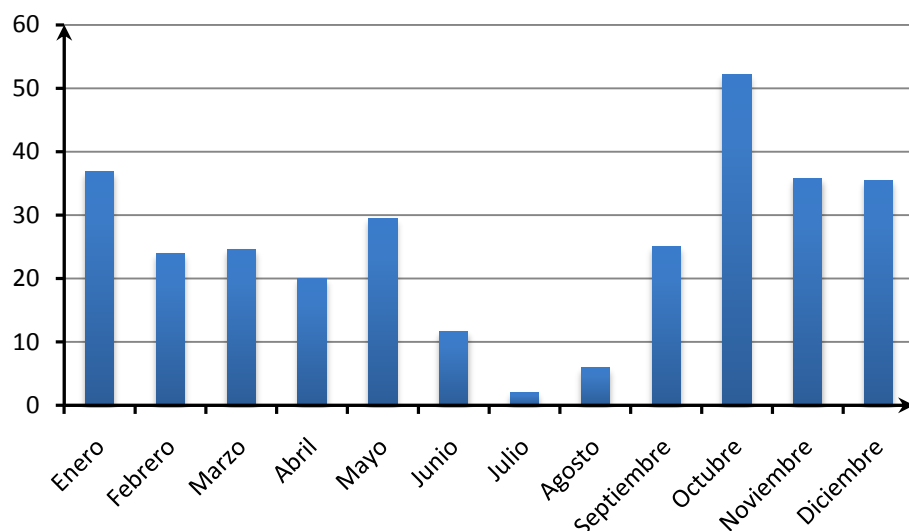
## 6. Clima, viento y oleaje

Uno de los rasgos más destacados del clima comarcal es la escasez de las precipitaciones que no superan los 300 mm en buena parte del territorio, si bien la irregularidad es muy elevada, siendo frecuentes los años con menos de 200 mm (1961, 1966, 1970, 1978, 1979, 1999, 2002 y 2005) y días en los que en pocas horas caen más de 150 mm (17/10/72, 4/11/87, 23/10/00). Sin embargo, su posición marítima suaviza las temperaturas y la oscilación térmica es menos acusada que en otras comarcas por la influencia moderadora del mar; la amplitud térmica diaria no suele superar los 10°C y la anual se sitúa entre 15 y 17°C.

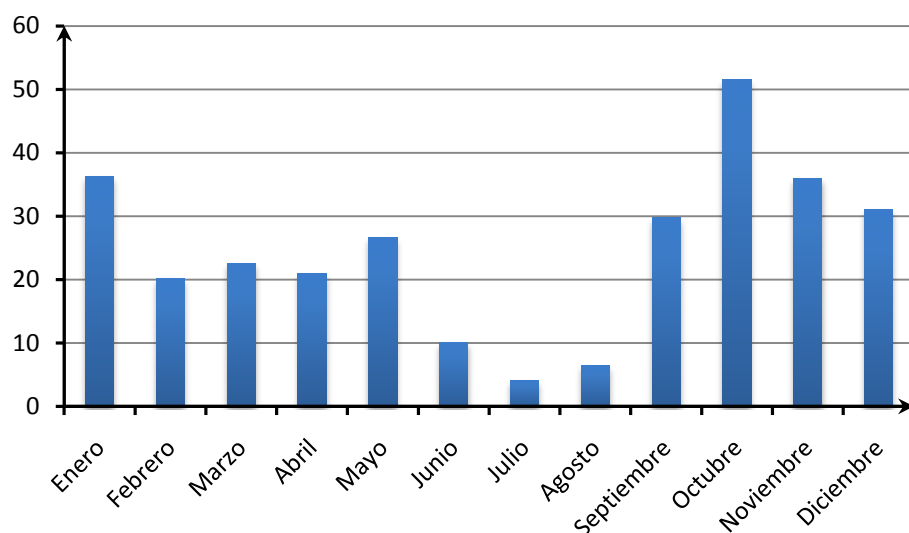
Las escasas precipitaciones y su torrencialidad, junto a las elevadas temperaturas, determinan que las necesidades de agua de la comarca sean muy altas, y el déficit hídrico supere los 500 mm al año. El periodo seco se extiende entre 7 y 9 meses según las áreas (según Conesa García, C. 1984 y 1990). Como contrapartida el clima ofrece una escasa nubosidad, elevada luminosidad y abundancia de horas de sol (entorno a las 3.000 anuales), con consecuencias muy positivas para una agricultura fuera de estación con un aprovechamiento de las parcelas prácticamente sin reposo.



**Figura I.23:** Datos de pluviometría media mensual de la estación meteorológica de San Javier  
(Elaboración propia a partir de datos del INM).

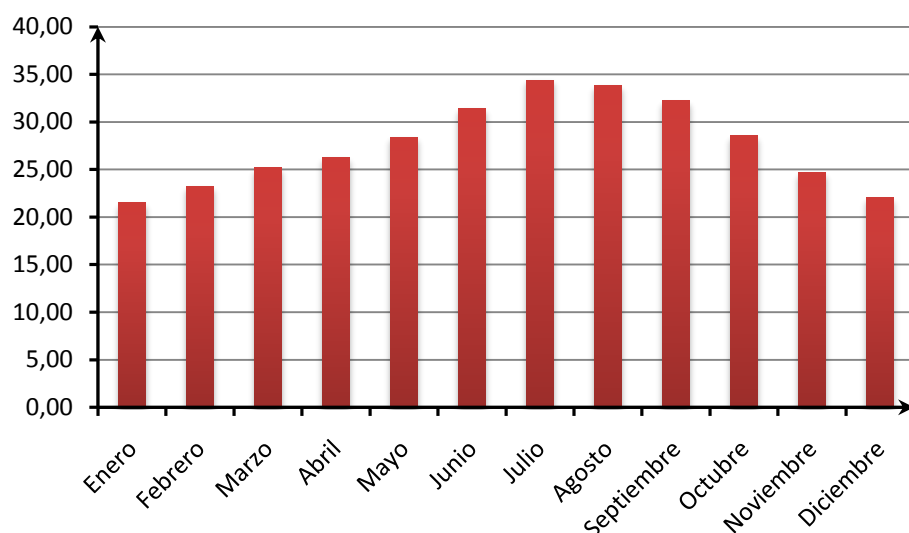


**Figura I.24:** Datos de pluviometría media mensual de la estación meteorológica del Cabo de Palos (Elaboración propia a partir de datos del INM).

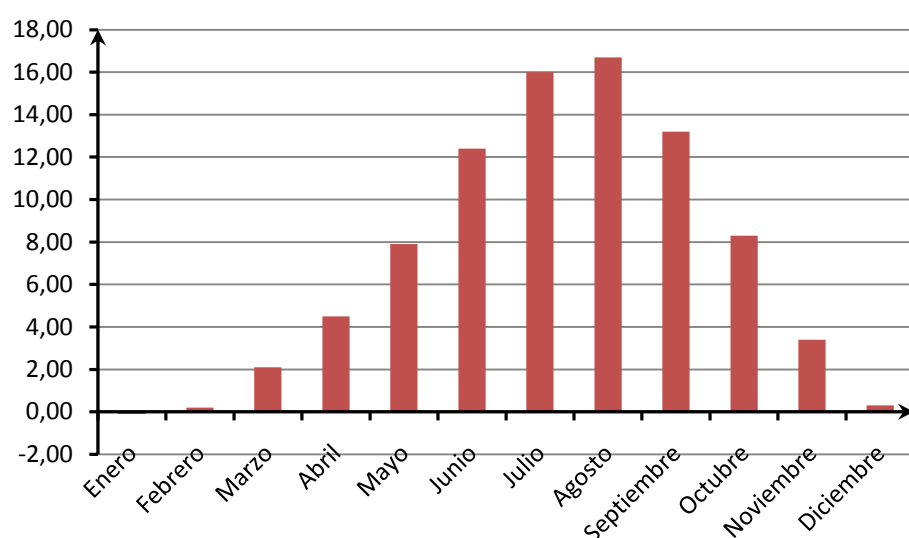


**Figura I.25:** Datos de pluviometría media mensual de la estación meteorológica de San Pedro del Pinatar (Elaboración propia a partir de datos del INM).

Más concretamente, en la estrecha franja que comprende el litoral interior norte de la laguna hasta el Mojón, marca una temperatura media anual de 17° C, el resto está circundado por la isoterma de 18° C. La máxima y mínima absoluta es de 38° C y -4° C, respectivamente. Los meses más cálidos son los de julio y agosto y los más fríos diciembre, enero y febrero.



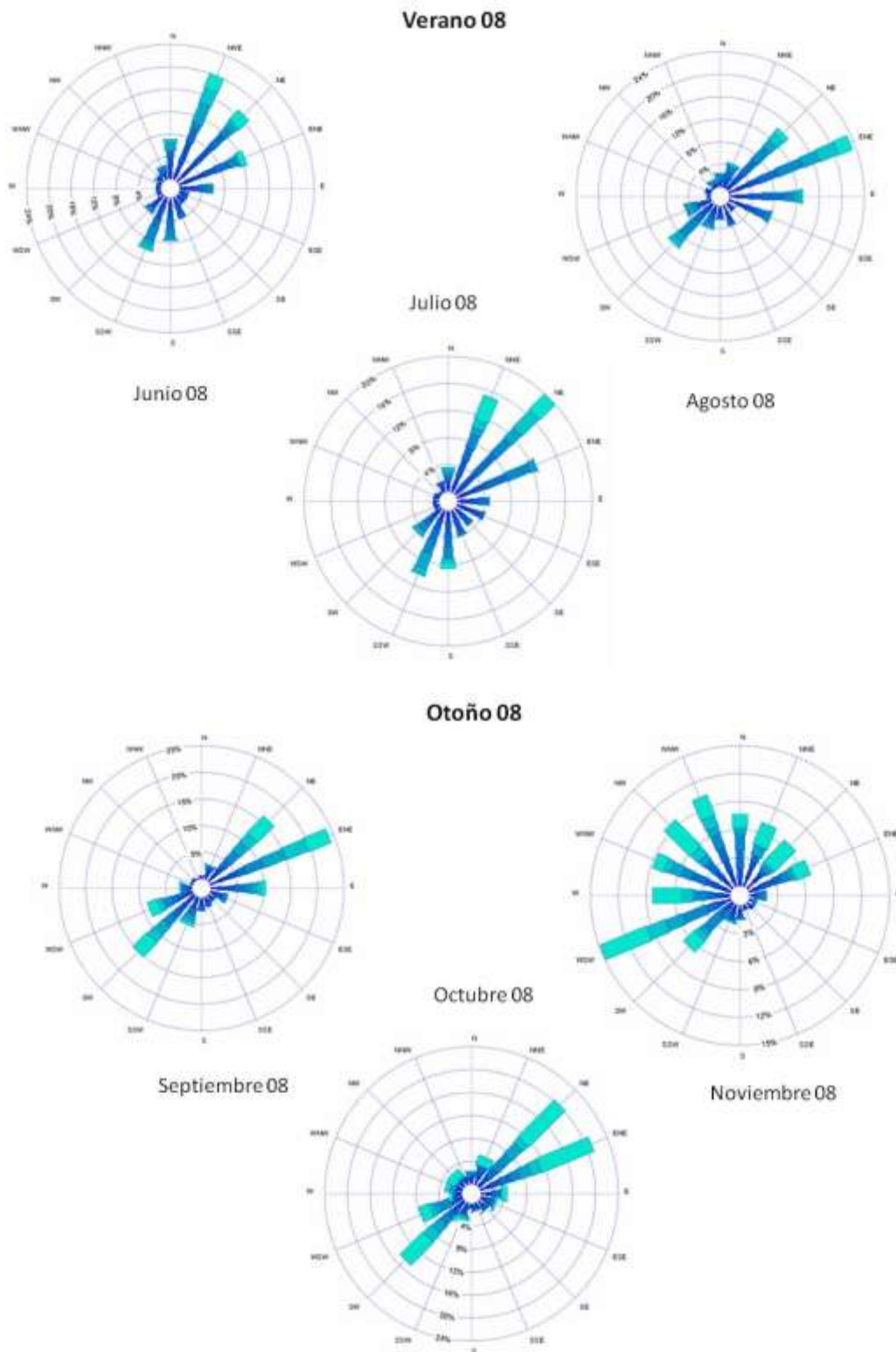
**Figura I.26:** Temperatura media mensual de las máximas absolutas de la estación meteorológica de San Javier (Elaboración propia a partir de datos del INM).



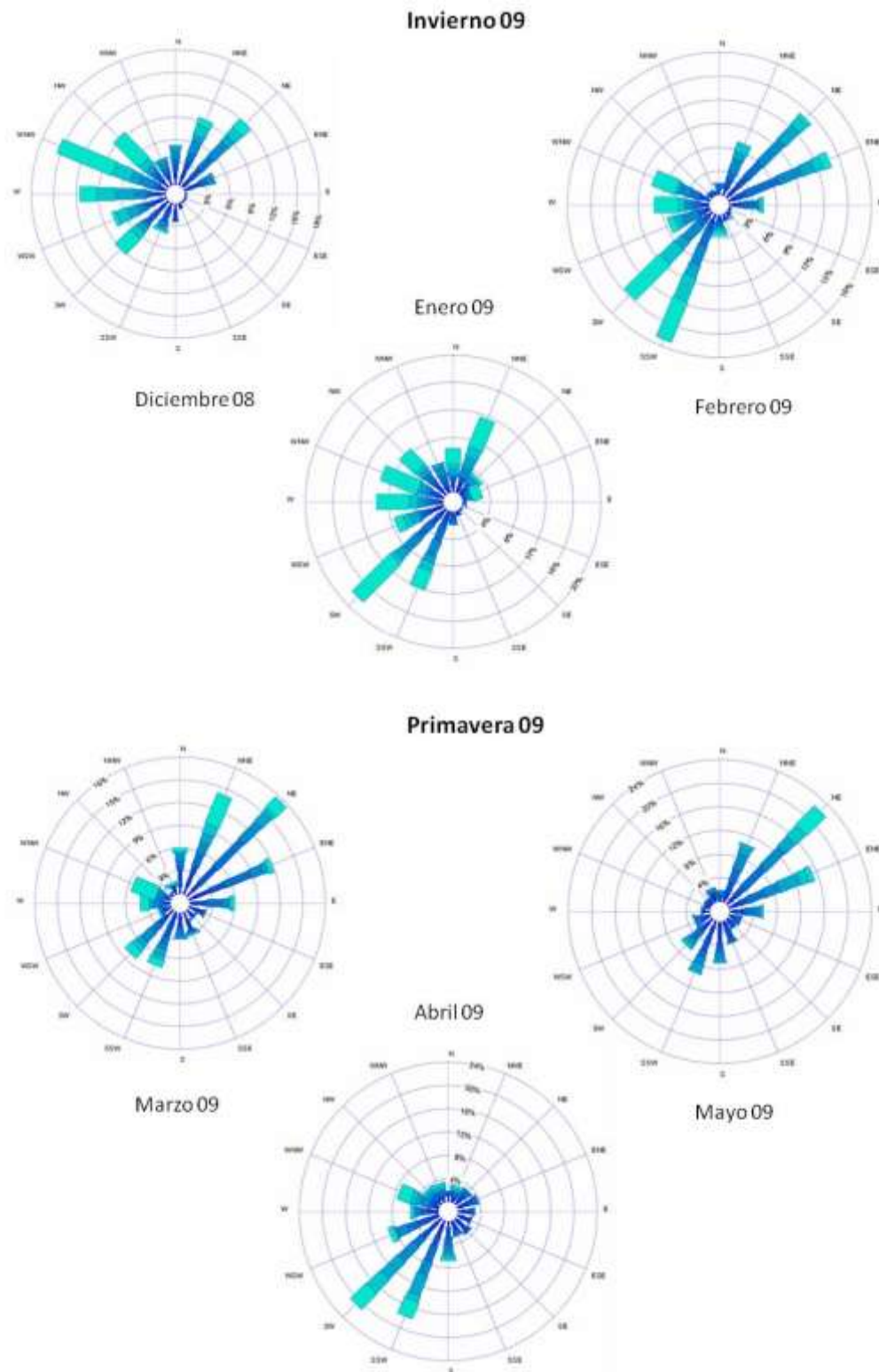
**Figura I.27:** Temperatura media mensual de las mínimas absolutas de la estación meteorológica de San Javier (Elaboración propia a partir de datos del INM).

Existe un claro predominio de los vientos del cuarto cuadrante en invierno, mientras que en verano son normales los del primer cuadrante, en primavera del NE-SW y en otoño son variables. La elevada temperatura de las aguas del Mar Menor puede llegar a modificar ligeramente no sólo las condiciones térmicas, sino también las del tiempo atmosférico. Favorece la presencia de bajas presiones el hecho de tener la superficie de la laguna una mayor temperatura invernal con respecto a las tierras interiores y a las aguas mediterráneas. A continuación se muestran los registros más recientes de las rosas de los vientos tomadas de la

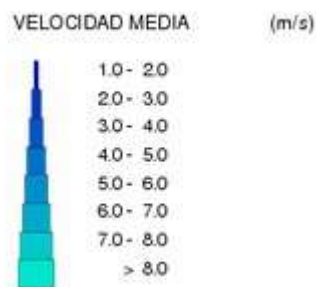
página web de Puertos del Estado de la boya de mar abierto del Cabo de Palos, agrupadas en estaciones, comenzando en junio del 2008 y terminando en mayo del 2009.



**Figura I.28:** Distribución estacional de las rosas de los vientos en verano y otoño de 2008  
(Puertos del Estado).



**Figura I.29:** Distribución estacional de las rosas de los vientos en invierno y primavera de 2009 (Puertos del Estado).



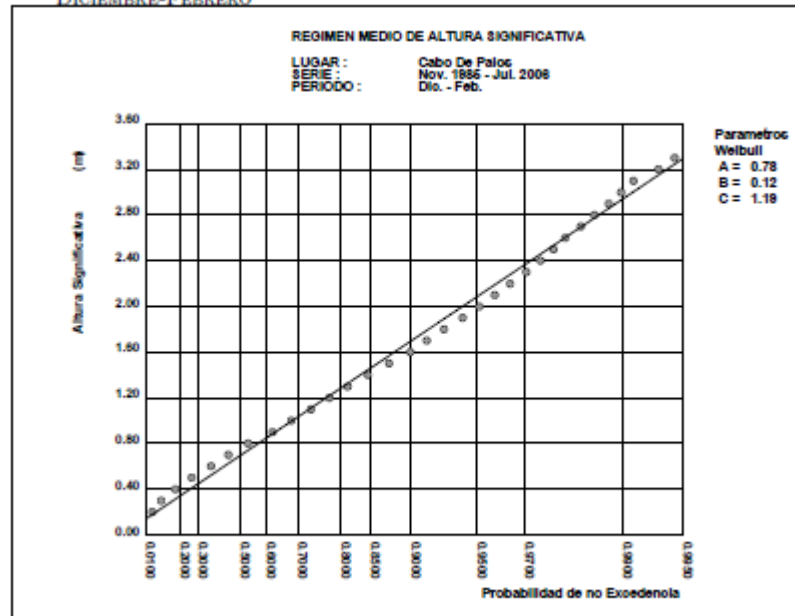
**Figura I.30:** Leyenda de las dos figuras anteriores (Puertos del Estado).

Los temporales del NW, transformándose en N sobre el Mar Balear llegan a la costa soplando fuerte del NNE o NE, levantando mucha mar. Sin embargo, los temporales más fuertes son los que, siendo ponientes duros en el Estrecho, rebasan el Cabo de Gata, transformándose en SW. Los levantes en invierno, coincidiendo con las bajas en el Golfo de Cádiz, son siempre duros y temibles, incluso para el Mar Menor, a causa de la cerrazón que traen, de la mucha mar que arbolan y de la nubosidad a veces con lluvia.

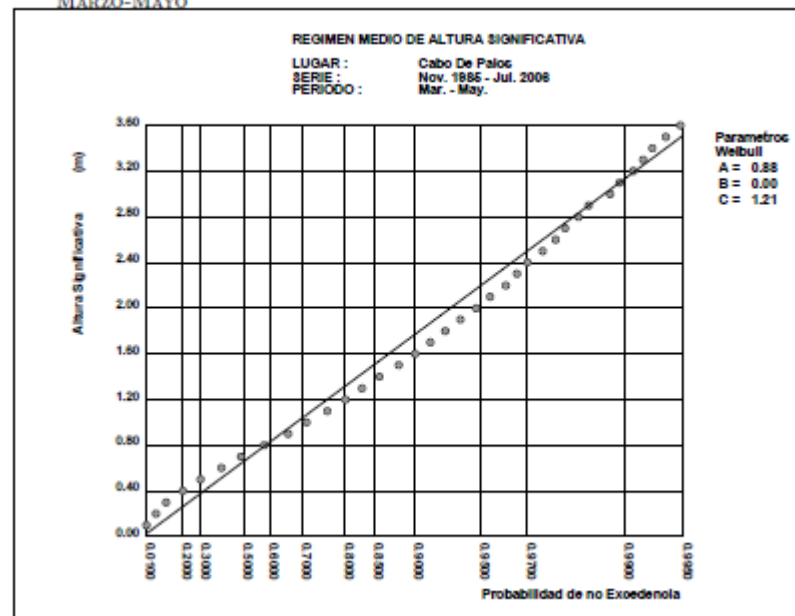
En la siguiente figura se muestra la probabilidad de que una altura de ola significativa no supere una altura determinada, los datos son proporcionados por la página web de Puertos del Estado y abarca un amplio estudio realizado sobre los datos recogidos por la boya costera del Cabo de Palos desde noviembre de 1986 hasta julio de 2006:

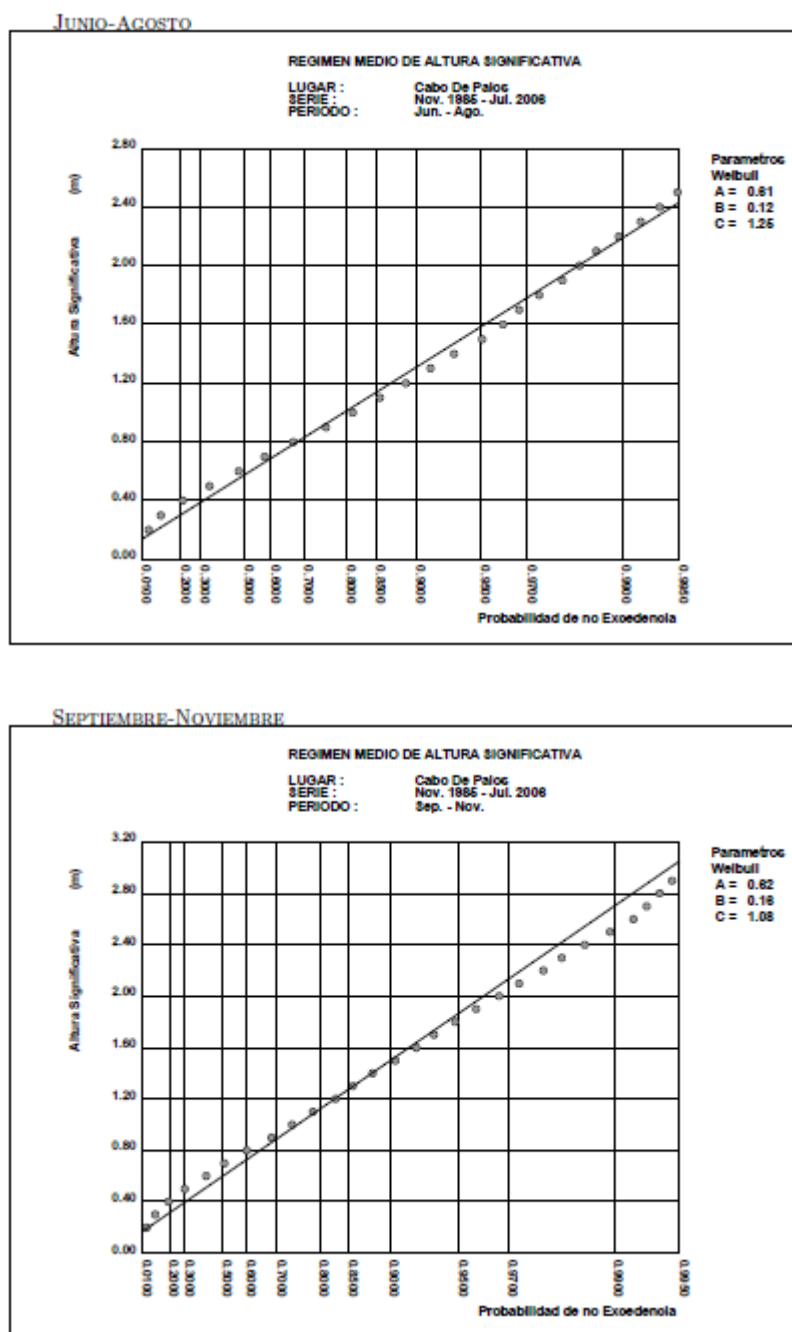


#### DICIEMBRE-FEBRERO



#### MARZO-MAYO





**Figura I.31:** Probabilidad de que una altura de ola significativa no sea superada en régimen medio divididas estacionalmente (Puertos del Estado).

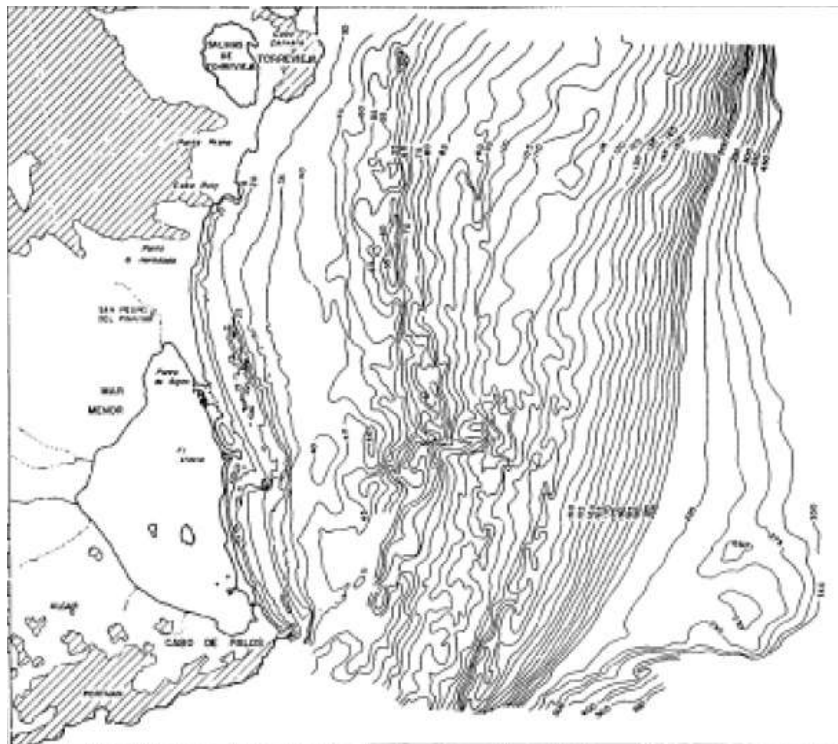
Durante el verano se experimentan unas típicas brisas litorales debidas a la diferencia de temperaturas entre mar y tierra al amanecer y al atardecer. La de la mar empieza sobre las 9 ó 10 de la mañana y dura hasta poco después de la puesta del sol, alcanzando su máximo a las dos de la tarde. La brisa de tierra comienza con las primeras horas de la noche, dura hasta después de la salida del sol y alcanza su máxima intensidad poco antes del alba.

También se observan bajadas y subidas del nivel del Mediterráneo causadas por los vientos reinantes, según depriman o compriman las aguas. Este efecto es mucho más importante en la laguna, donde pueden alcanzarse los 0,30 m de bajada con respecto al nivel habitual.

Los vientos de componente este son los de mayor frecuencia y producen las máximas alturas de oleaje que llegan a la costa. Fijándonos en la orientación y batimetría del litoral exterior de la Manga (figura I.32) se pueden distinguir dos tramos diferenciados, al norte y al sur de Isla Grossa, que bajo la acción de vientos del este:

- Al norte de la citada isla, las crestas de oleaje a partir de la profundidad límite se adaptan y colocan paralelamente a las batimétricas. Como estas últimas son, a su vez, sensiblemente paralelas a la línea de costa, se produce una incidencia normal.
- Al sur de Isla Grossa el oleaje del este sigue adaptándose a las batimétricas, ejerciéndose una incidencia normal desde la altura de Punta Seca hasta Cabo Palos, por ser las líneas batimétricas también en este sector, sensiblemente paralelas a la costa.

Sin embargo, al oeste de Isla Grossa se encuentra un lugar de calma al crearse una zona de sombra.



**Figura I.32:** Batimetría de la plataforma continental exterior al Mar Menor (Mas, 1996).

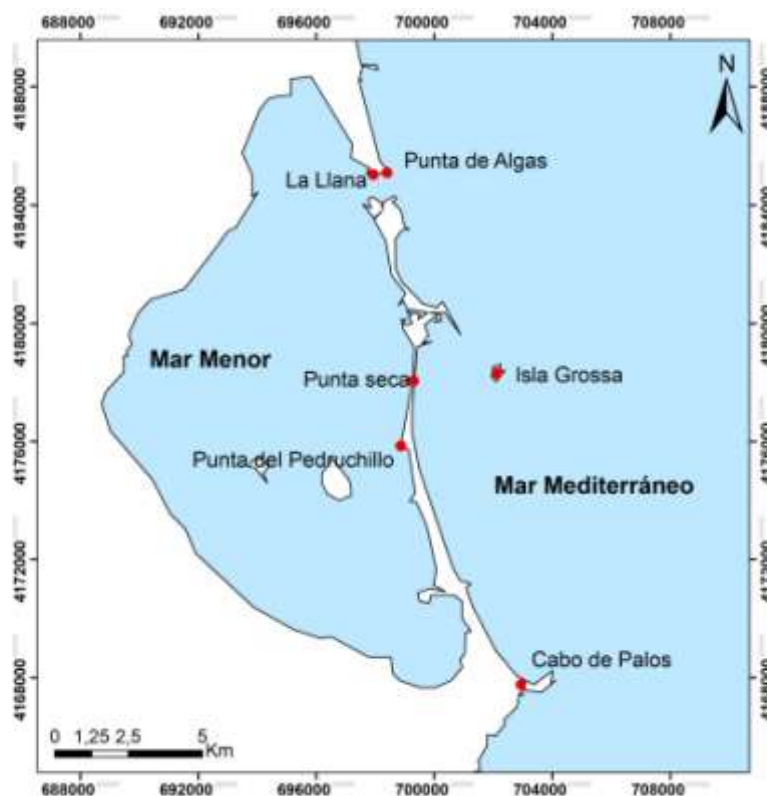
Por otro lado, con vientos del SE, al sur de Isla Grossa el proceso de adaptación a las batimétricas da lugar a una incidencia o encañonamiento del oleaje entre Punta del Pedruchillo e Isla Grossa, con una actuación bastante incisiva en Punta Seca. Al N de la Isla el efecto es de lamido con el extremo izquierdo de la ola.

En términos generales, debido al efecto localizado de Isla Grossa sobre el oleaje, se origina una línea de expansión lateral entre Punta de Matas Gordas y Punta Seca, dando lugar a dos corrientes con dirección casi NNO-SSO, respectivamente.

En la zona de calma al SO de Isla Grossa, las corrientes debidas a la refracción producida por la discontinuidad de la isla al pretender saturarse, erosionan entre ésta y la Punta del Estacio, originando mayores pendientes.

La costa a ambos lados del Estacio es arqueada, con la concavidad hacia el Mediterráneo, dando lugar a cordones de playa en retroceso, puesto que un oleaje bastante fuerte, unido a la acción eólica posterior es capaz de arrancar las arenas del frente del mar y proyectarlas a lo alto del cordón desde donde caen hacia atrás en la laguna.

La Llana se presenta como un vasto espacio casi plano, en el cual se comunican las aguas del Mar Menor con las del Mediterráneo. Al norte se encuentra la Playa de La Llana apoyándose la acumulación de sedimentos en las Salinas de San Pedro del Pinatar. A levante de la Llana se extiende una hilera de escollos llamados en conjunto Escolletes de Fuera, que va 800 m de NNO a SSE, dejando entre sí varias angostas y poco profundas golas y a poniente hay diversos bancos de arena, donde se encuentran las Encañizadas del Charco, de la Torre y del Ventorrillo, en vías de transformación.



**Figura I.33:** Situación de los puntos citados influyentes en la dinámica marina (Elaboración propia).

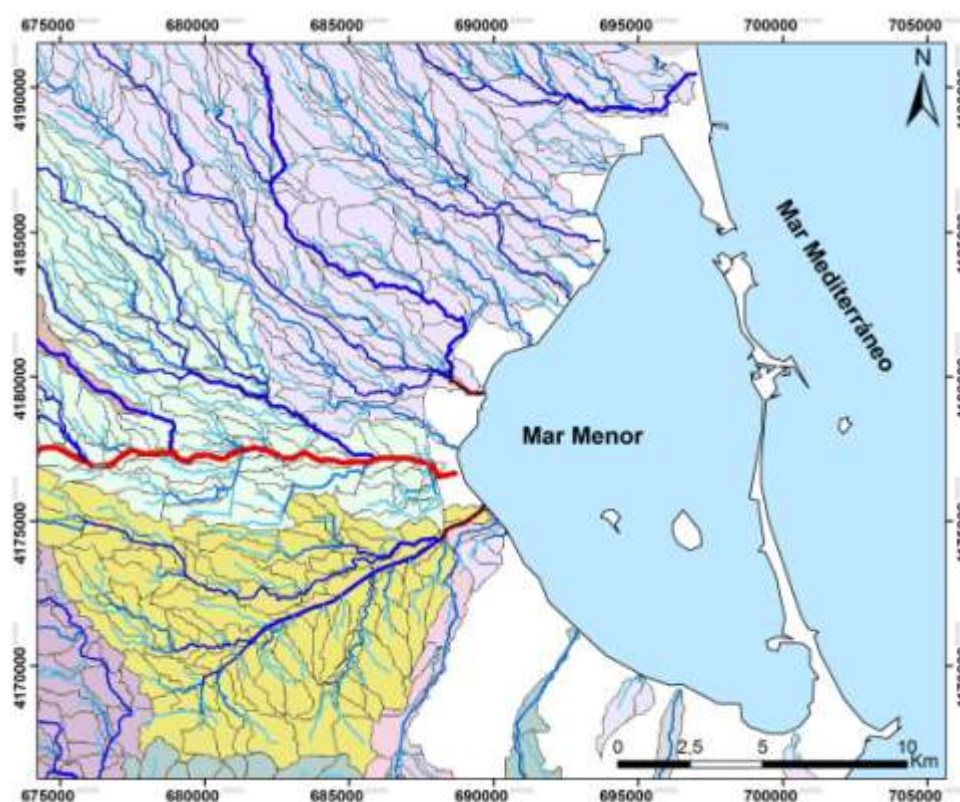
## 7. Marco hidrológico

El Campo de Cartagena, es una unidad hidrológica amplia y compleja que supone una zona regable que comprende una superficie de 41.562 ha. Para el estudio de las características de las distintas formas que se puede encontrar el agua citado Campo vamos a dividirlo en tres tipos de aguas a analizar: hidrología superficial, hidrología subterránea y humedales. Para completar el análisis hidrológico se analizarán los contenidos en metales de la laguna por la aportación de los distintos flujos descritos.

### a) Hidrología superficial

Como se ha comentado anteriormente, no existen cursos permanentes de aguas superficiales, sin embargo, una de las características más peculiares del paisaje, son las ramblas o barrancos que recogen las aguas de los períodos de lluvias, que aunque escasas suelen ser muy intensas.

Son consecuencia de la particular disposición del terreno y del régimen climático, típicamente mediterráneo. La escorrentía superficial se drena en las sierras a través de numerosas ramblas de recorridos generalmente cortos y sinuosos, incorporándose progresivamente en la llanura a un sistema más jerarquizado que termina vertiendo al Mar Menor. Algunas ramblas se extinguen en la planicie debido a la escasez de pendiente y a la permeabilidad de los terrenos circundantes, o bien se ramifican en un conjunto de escorrentía difusa. A continuación se muestra la red de escorrentías cerca al Mar Menor y que descarga en la laguna, la imagen ha sido obtenida mediante la herramienta de información geográfica, Sigpac, que dispone la Región de Murcia para el análisis del territorio:

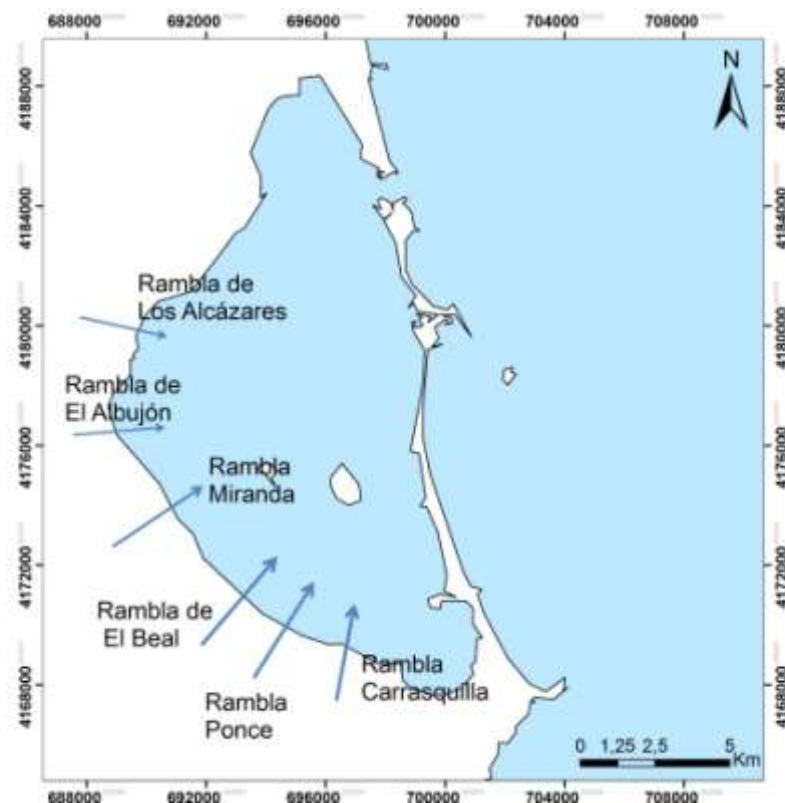


**Figura I.34:** Red de escorrentía que descarga en el Mar Menor (Elaboración propia).

A la vertiente del Mar Menor se dirigen, en primer lugar, el principal colector del Campo, que es la rambla de Fuente Álamo, en la que afluyen las aguas de la mayor parte del Campo de Cartagena. Procede de las proximidades de dicho núcleo, sigue la dirección W-E hasta El Albujón, donde cambia su nombre por el de Rambla del Albujón, entre Venta Redonda y Boca Rambla. Se engrosa con las aportaciones de la Sierra de Carrascoy, que recibe por la izquierda y las de La Azohía por la derecha. Las ramblas de El Beal y el Llano se encaminan al Mar Menor; esta última desemboca en las salinas de Lo Poyo.

Se puede resumir diciendo que el aporte de agua y sedimentos se realiza principalmente desde seis ramblas, que son las que intervienen en el proceso natural de colmatación de la laguna:

- Rambla de El Albujón: anteriormente descrita, ocupa una superficie de cuenca de 441.3 km<sup>2</sup>, atravesando prácticamente toda la llanura y siendo la que más caudal aporta.
- Rambla de Los Alcázares: su cauce es algo difuso pero se puede seguir desde la vertiente sur de la sierra de la sierra de Escalona.
- Rambla Miranda: desemboca al norte del Cabezo del Carmolí y tiene una longitud de 8 km aproximadamente.
- Rambla de El Beal: la más importante de la vertiente meridional.
- Rambla de Ponce: de corto recorrido.
- Rambla de Carrasquilla: desemboca entre Los Nietos y Punta Las Lomas.



**Figura I.35:** Ramblas presentes en el Mar Menor (Elaboración propia).

En definitiva, el Campo de Cartagena no es una cuenca fluvial en sentido estricto o un territorio estructurado en torno a un curso principal, sino que está constituido por varias ramblas que desembocan directamente en el Mar, sin conexión. Se trata de un sistema de ramblas que funcionan por separado e integran unidades específicas de drenaje.

Los factores primarios generadores de estas lluvias torrenciales son:

- El elevado contenido higrométrico de la atmósfera.
- La alta temperatura registrada superficialmente en las aguas del Mediterráneo Occidental y que prevalecen hasta finales del mes de Octubre.
- La presencia de “gotas frías” de altitud.
- La configuración del relieve, que favorece la ascensión vertical de las masas de aire mediterráneo cálidas y húmedas, con la consiguiente condensación de enormes cantidades de vapor de agua.
- La marcada inestabilidad de las masas de aire mediterráneo en otoño. La frecuente superposición del aire frío sobre el aire cálido de los niveles bajos provoca la existencia de un fuerte gradiente térmico vertical.

En algunos casos las ramblas están asociadas a humedales, normalmente en su desembocadura, formándose un complejo sistema de elevado valor ecológico.

Según el Colegio de Geógrafos, la escorrentía superficial ha sido estimada entre 5 y 8 Hm<sup>3</sup>/año.



**Figura 1.36:** Ejemplo de humedal a la desembocadura de una rambla, en este caso la rambla Miranda (MMA).

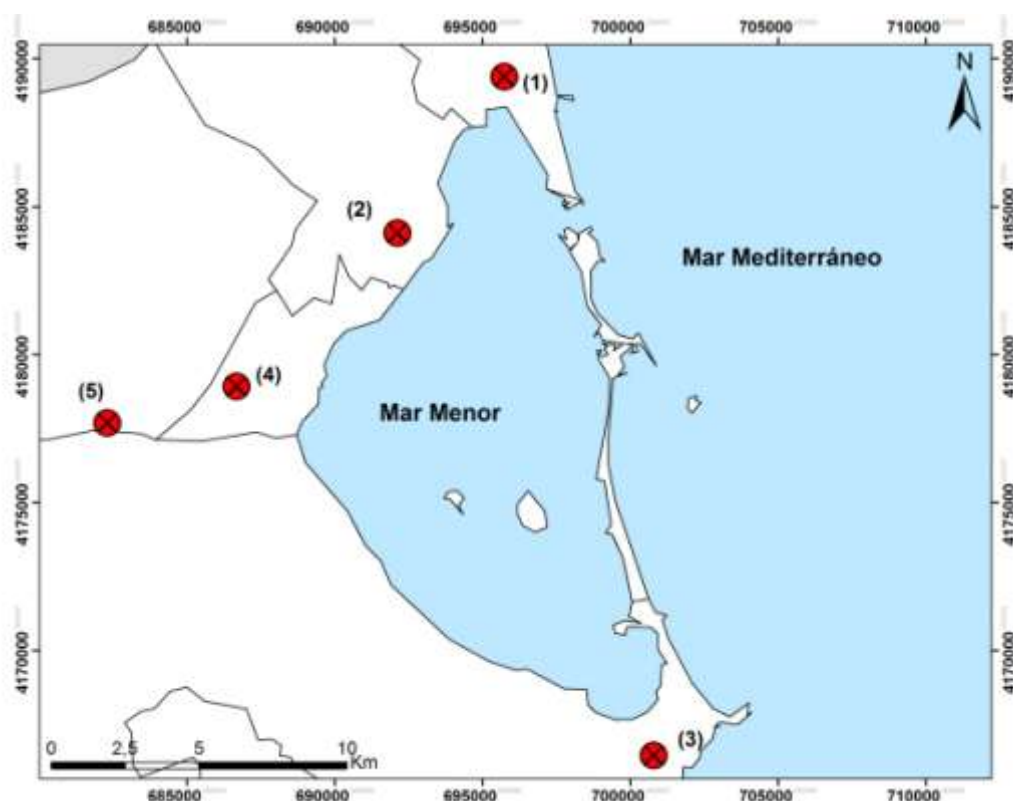


- **Vertidos antrópicos**

En las inmediaciones del Mar Menor existen 5 estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) que descargan directamente en la laguna o indirectamente, como es el caso de la EDAR de Los Alcázares o Torre Pacheco, que descargan en ramblas o canales de riego que mueren en la laguna. Dichas estaciones son:

	EDAR	Capacidad (m <sup>3</sup> /año)		Población		Tecnología	Uso del agua	Cauce receptor
		Diseño	Actual	Servida	Equivalente			
(1)	San Pedro del Pinatar	7.300.000	2.900.976	22.407	19.826	Fangos activos	Dominio público	Mar Menor
(2)	San Javier	8.212.500	3.454.742	26.125	18.457	Fangos activos	Riego	Mar Menor
(3)	Mar Menor	18.250.000	3.661.534	21.012	19.116	Fangos activos	Riego	Mar Menor
(4)	Los Alcázares	8.212.500	2.300.540	15.069	17.403	Fangos activos	Riego	Canal de drenaje
(5)	Torre Pacheco	1.825.000	1.113.388	20.416	18.434	Fangos activos	Riego	Rambla del Albunjón

**Tabla I.1.** Listado de EDAR en las inmediaciones del Mar Menor (Elaboración propia).

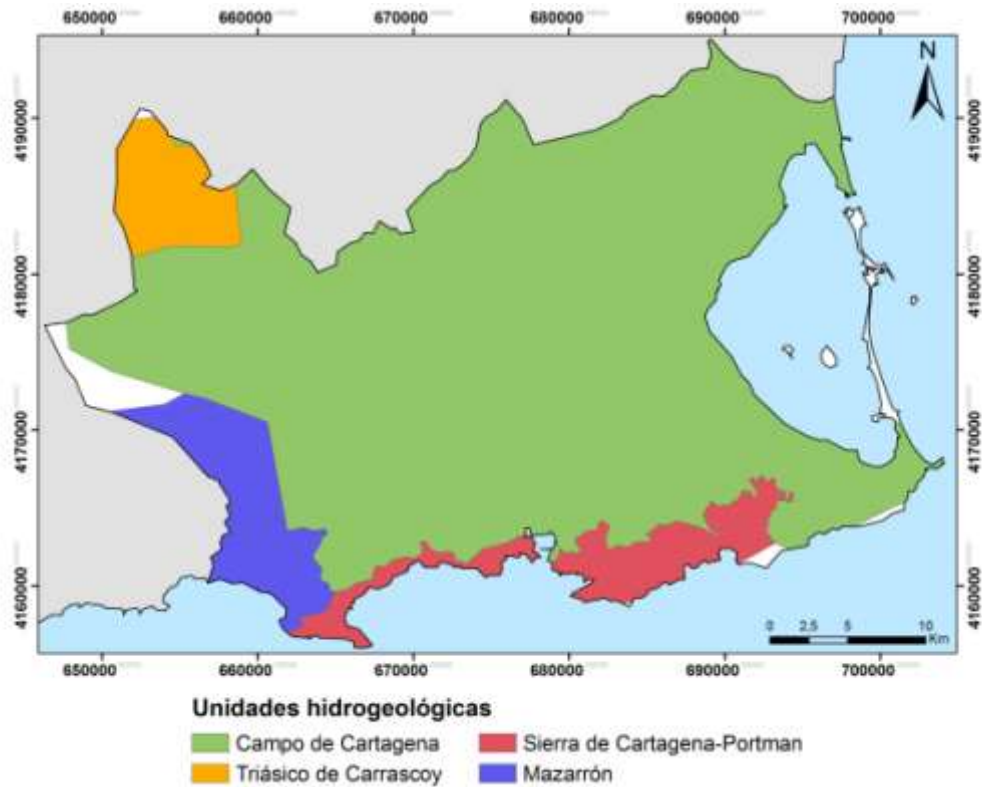


**Figura I.37:** Situación de las EDAR en las inmediaciones del Mar Menor (Elaboración propia).

## b) Aguas subterráneas.

Para el análisis de los acuíferos asumiremos que, con el fin de simplificar lo visto anteriormente del marco geológico, el Campo del Mar Menor está compuesto por cuatro unidades hidrogeológicas, que son, Triásico de Carrascoy, Sierra de Cartagena-Portman,

Campo de Cartagena refiriéndonos a la zona de menor pendiente que ocupa la mayor parte del Campo de del Mar Menor y Mazarrón, sierra que engloba a la de La Muela y que la mayor parte de la unidad se encuentra fuera del Campo del Mar Menor. La situación de las cuatro unidades se muestra a continuación:



**Figura I.38:** Unidades hidrogeológicas del Campo del Mar Menor (Elaboración propia).

De estas cuatro unidades, tan sólo la unidad del Campo de Cartagena presenta relación hidráulica con el Mar Menor. Esta unidad ocupa 1440 km<sup>2</sup>, prácticamente la totalidad del área de estudio y está formada por tres masas de agua (Informe art. 5, 6 y 7 de la DMA, CHS 2005): Triásico de las Victorias, Campo de Cartagena y Cabo Roig (no incluido en el Campo del Mar Menor, encontrándose al norte de nuestra zona de estudio). El acuífero Plioceno de Cabo de Roig está desconectado hidráulicamente del resto y conectado al Mar Mediterráneo, mientras que la masa de agua Triásico de las Victorias es un sector del acuífero Campo de Cartagena con problemas de sobreexplotación y no conectado directamente con el Mar Menor. El acuífero Campo de Cartagena comprende los siguientes niveles acuíferos (ITGE. 1994):

- Acuífero Cuaternario en el nivel superior. Este nivel acuífero recibe los retornos de riegos, con alta concentración salina y de nutrientes, y es el que presenta una conexión hidráulica más clara con el Mar Menor.
- Acuífero Plioceno: no se puede descartar una cierta comunicación con el Mar Menor.

- Acuífero Andaluciense: este acuífero en principio no se encuentra conectado directamente con el Mar Menor.
- Acuífero Tortoniense: este acuífero, el anterior, tampoco se encuentra conectado con el Mar Menor.

Los materiales permeables están constituidos por rocas carbonatadas del Triásico en facies béticas, por conglomerados y areniscas del Tortoniense Medio, calcarenitas bioclásticas del Andaluciense, areniscas del Plioceno y conglomerados y limos del Cuaternario. Los niveles impermeables vienen definidos por los distintos tramos margosos del Neógeno, filitas, micaesquistos y cuarcitas.

Existen conexiones entre los distintos acuíferos, laterales de origen natural, y verticales, inducidas por obras de captación mal ejecutadas, que permiten el paso de agua desde los acuíferos superiores (recursos de peor calidad al recibir retornos de riegos e intrusión marina histórica) a los inferiores.

A partir de 1979 con la llegada de las aguas del trasvase Tajo-Segura, disminuyeron las extracciones de recursos subterráneos para el regadío y aumentaron progresivamente sus niveles piezométricos debido a la recarga a partir de las infiltraciones de riego, excepto entre los años de sequía (por ejemplo, periodo 92-95) en los que con motivo de la sequía aumentaron las extracciones de recursos subterráneos y los niveles piezométricos volvieron a descender.

Por acuíferos, la saturación es muy diferente de unos a otros, así mientras el Triásico de Las Victorias presenta un desequilibrio hídrico muy elevado (fue declarado sobreexplotado por la Confederación Hidrográfica del Segura en 2004) en el acuífero del Cuaternario, debido a la entrada de infiltraciones de agua de riego los niveles piezométricos aumentan significativamente, lo que origina cambios importantes en las zonas topográficamente deprimidas, como son:

- La creación de lagunas, manantiales y ríos de agua permanente, que en las zonas más cercanas a la laguna lleva asociado la aparición de vegetación y fauna típica de saladares. Ejemplo de ello, es la rambla de El Albunjón, algunas zonas al oeste de los Alcázares, de San Javier y San Pedro del Pinatar.
- El cambio químico del suelo, que ha pasado a ser de tipo solonchaks con un elevado grado de salinidad.

De todos los acuíferos mencionados el del Cuaternario o también conocido como “aguas comunes” es el único que se comunica directamente con el Mar Menor. En los años 70 y debido a que se encontraba sobreexplotado, se produjo una intrusión marina pero a partir de los años 80, con la llegada del agua del citado trasvase se invirtió la dinámica y comenzó la salida del agua subterránea al mar. La salida de agua subterránea del acuífero Cuaternario al Mar Menor genera problemas ambientales por las elevadas concentraciones significativas de fertilizantes y pesticidas que presenta el acuífero, procedente de la agricultura intensiva que tiene efectos hoy día presentes que se analizarán en apartados posteriores.

Las salidas del acuífero Cuaternario al Mar Menor fueron evaluadas en 5 Hm<sup>3</sup> en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura.

Las infiltraciones de riego procedentes de los regadíos del Campo de Cartagena han provocado que especialmente en las zonas más cercanas al Mar Menor, el acuífero Cuaternario se haya cargado fuertemente de nitratos y de sales (cloruros y sulfatos) procedentes del lixiviado de los suelos por los que circula el agua. El contenido en cloruros y la conductividad eléctrica del acuífero Cuaternario es muy elevada aún en zonas alejadas de la línea de costa, aunque los mayores valores de dichos parámetros se observan en la costa, al noroeste de la localidad de Los Alcázares. La elevada salinidad del acuífero ha provocado que exista un significativo número de pequeñas desalinizadoras en aquellas explotaciones agrícolas que se abastecen a partir de pozos de este acuífero. Los vertidos de la salmuera se realizan vía salmueroducto a la rambla de El Albujón.

Según el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura, los retornos por infiltración de riego del acuífero Campo de Cartagena ascienden a 16 Hm<sup>3</sup> anuales.

### **c) Humedales**

La importancia de estos sistemas en el área del Mar Menor radica, entre otras cosas, en su carácter intermedio entre los ecosistemas terrestres y marinos. Juegan un papel importante en la estabilización de la línea de costa contra el viento, tormentas, mareas y otros fenómenos climáticos o hidrológicos. La vegetación actúa en los bordes como estabilizadora de las márgenes de ríos, laguna, etc., y previene los fenómenos de erosión tan activos en las costas (Ramsar, 2001).

Su importancia también está relacionada con el papel que juegan en los ciclos biogeoquímicos, siendo sumideros o fuentes de materiales orgánicos e inorgánicos y de nutrientes según las circunstancias hidrológicas dominantes.

Los humedales son sistemas de alta productividad biológica, dado que permanecen activos durante el verano, cuando el resto del territorio sufre un importante estrés hídrico y porque acumulan y retienen nutrientes que, finalmente, transforman en biomasa. Precisamente su alta capacidad de retención y transformación hace que desempeñen una extraordinaria función como sistemas depuradores de agua. Eliminan eficazmente altas concentraciones de nitrógeno y fósforo, previniendo la eutrofización de otros sistemas situados más abajo.

Constituyen áreas de refugio de especies vegetales y animales que necesitan mayor grado de humedad. Presentan una elevada biodiversidad que tiene que ver, entre otros motivos, con la fluctuabilidad del nivel de agua. Según el tipo de humedal considerado, el agua sube o baja en relación con las mareas, la precipitación, la escorrentía superficial y subterránea o la descarga-recarga de las aguas subterráneas. Esta compleja dinámica es la que permite que coincidan en el espacio y en el tiempo manchas terrestres y acuáticas que confieren una alta heterogeneidad espacial y así una elevada biodiversidad.

Además del papel funcional que juegan y de los valores naturales que se les puede asignar, los humedales son fuente de recursos vegetales, pesqueros, pastos... También son lugares para el ocio y el recreo, proporcionando así un recurso turístico que se potencia con las declaraciones de protección de muchos de ellos.

Los impactos que soportan los humedales son muy variados. A los criptohumedales les afectan especialmente la urbanización, la construcción de infraestructuras y la presión recreativa. La laguna y las encañizadas se ven alteradas por los vertidos de residuos sólidos, dragados, vuelos de aeronaves, alteración del régimen hídrico, presión recreativa, tráfico de embarcaciones a motor, vertidos urbanos y de drenaje agrícola y rellenos.

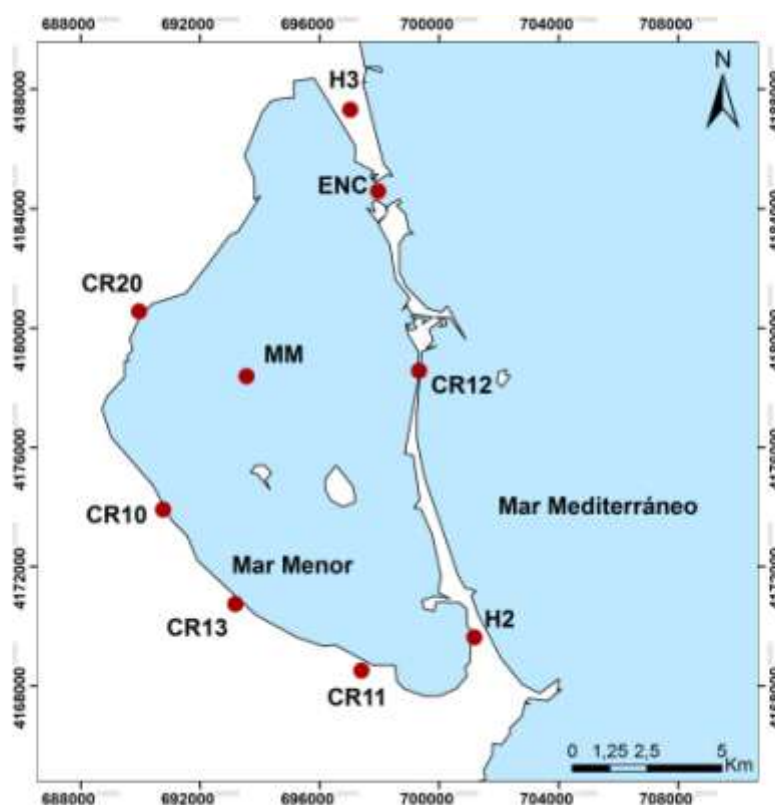
Los humedales con salinas costeras activas predominan la presión recreativa, el vuelo de aeronaves, vertidos de residuos sólidos, pérdida de superficie por urbanización o pérdida de sus usos tradicionales, manteniéndose algunos de éstos gracias a las ayudas públicas.

Las balsas para riego agrícola, muy abundantes en toda la zona, han sido colonizadas por especies de aves acuáticas, anfibios y reptiles.

En el Inventario Regional de Humedales de 2003 se consideran diez tipos de humedales de los cuales la mitad de ellos están presentes en las inmediaciones del Mar Menor. En la tabla siguiente se caracterizan y se muestra su situación:

Humedales del Campo del Mar Menor		
Denominación	Tipo	Definición
Mar Menor (MM)	Laguna costera	Humedal costero originado a partir del cierre de una cubeta preexistente por procesos litorales de depósito de arenas sobre basamentos rocosos (areniscas calcáreas y afloramientos volcánicos), dando lugar a una barrera interrumpida por canales naturales o artificiales llamados golas
Marina del Carmolí (CR10) Saladar de Punta de las Lomas (CR11) Humedales de la Manga (CR12) Saladar de Lo Poyo (CR13)	Criptohumedal	La lámina de agua superficial no existe o presenta una extensión muy reducida y de carácter temporal, si bien el nivel freático siempre queda lo suficientemente próximo al suelo como para permitir el desarrollo de una comunidad de plantas freatófilas y la presencia de sustrato saturado en agua y generalmente rico en sales
Encañizadas (ENC)	Marismas pseudomareales	Zona de comunicación entre una laguna costera (Mar Menor) y el Mediterráneo (golas) estabilizada por infraestructuras pesqueras tradicionales (encañizadas). Mantiene un notable dinamismo reflejado en procesos de sedimentación, colonización vegetal y alternancia de inundación-desección, que permiten el desarrollo de una notable biodiversidad acuática y una alta densidad de aves
Humedales de las Salinas de Marchamalo (H2) Humedales de las Salinas de San Pedro (H3)	Humedales con salinas costeras	Explotaciones salineras en funcionamiento (tanto si son económicamente rentables como si están subsidiadas con fines conservacionistas), siempre que se mantenga en ellas el gradiente espacial de salinidad.
-	Balsas de riego	Cuerpos de agua artificiales, de sustrato artificial impermeable (recubierto o no por grava); por norma general, no interrumpen redes de drenaje ni tienen como principal fuente de alimentación aguas residuales

**Tabla I.2:** Humedales presentes en el Mar Menor (Elaboración propia a partir del Inventario Regional de Humedales, 2003).



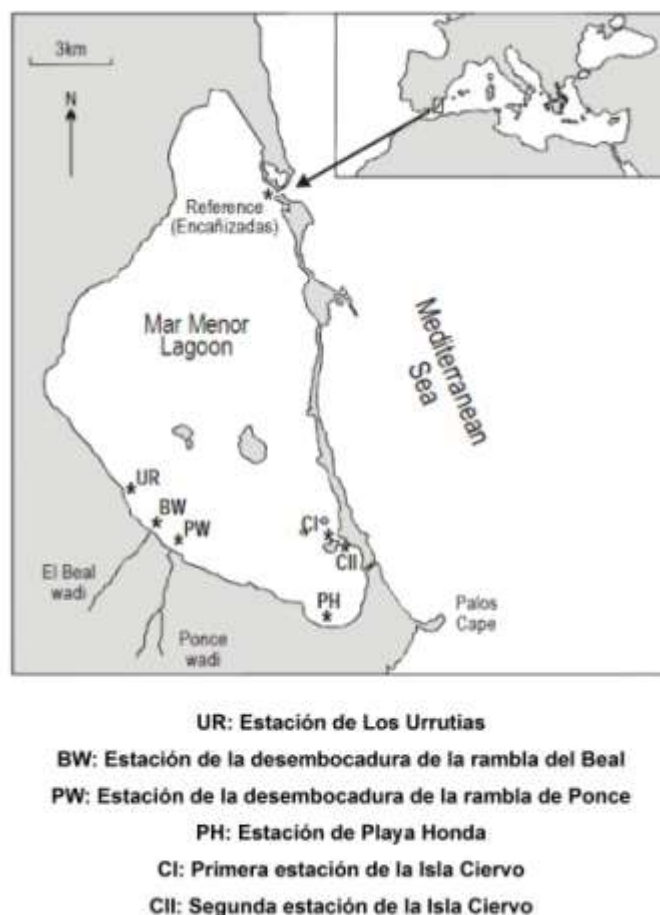
**Figura I.39:** Situación de los humedales correspondientes al Inventario Regional de Humedales (Tabla 1) (Elaboración propia).

#### **d) Toxicidad, contenido en metales y nitratos**

Las lagunas litorales pueden ser clasificadas como receptores de sedimentos que actúan como una trampa para los materiales que llegan al medio marino. Los sedimentos sirven como filtro entre la tierra y el mar para muchos contaminantes, y no sólo acumulan metales sino que también interactúan como una fuente de contaminantes para la biota marina. Sin embargo, los métodos de valoración ambiental específicos para sedimentos de lagunas, como los bioensayos de toxicidad, son escasos y relativamente nuevos, ya que las técnicas marinas y para agua dulce no son generalmente aplicables. Las lagunas suelen tener un bajo número de especies comparadas con aguas continentales o marinas, y por esta razón los análisis tradicionales pueden ser difíciles de interpretar.

Las actividades mineras desarrolladas históricamente en las sierras de Cartagena y La Unión han causado la contaminación por metales de la laguna, aunque esta actividad cesó en el 1991, aún hoy las ramblas siguen transportando estériles de minería ricos en metales durante los episodios de lluvias torrenciales. Estos metales contenidos en estériles mineros podrían liberarse y lixivarse durante varios cientos de años tras el cese de la actividad minera.

Se muestra a continuación un resumen del estudio realizado por la Universidad de Baja California en 2005 con el fin de determinar la calidad ambiental de las aguas del Mar Menor. Los distintos ensayos para determinar la toxicidad de los sedimentos se realizaron sobre tres especies de erizos marinos y dos de anfípodos usados por primera vez en bioensayos. La biodisponibilidad de metales se determinó estudiando la bioacumulación de metales en diferentes fracciones (hojas, tallos y raíces) y en el biofilm de las hojas de la fanerógama marina *Cymodocea nodosa*. Las estaciones de muestreo son:



**Figura I.40:** Estaciones de muestreo para la determinación de toxicidad y contenido en metales (Universidad de Baja California).

Los resultados obtenidos indican que los sedimentos de la cuenca sur de la laguna costera están influenciados por las actividades mineras históricas desarrolladas en las montañas adyacentes, mostrando altos niveles de metales. Los sedimentos influenciados por la descarga de residuos mineros a través de las ramblas del Beal y Ponce, las cuales presentaron contenidos en metales, que se encontraban disponibles para los invertebrados bentónicos (bioensayos de toxicidad) y para las fanerógamas marinas (bioacumulación). La máxima concentración de metales en sedimentos y los mayores niveles de toxicidad fueron



encontrados en las muestras tomadas cerca de la desembocadura de la rambla del Beal (BW), a través de la cual los residuos mineros eran descargados directamente durante la explotación minera. Actualmente, debido al clima árido de la zona, cuando ocurren fenómenos de lluvias torrenciales, los residuos mineros que aún quedan en las montañas son introducidos en la laguna a través de las ramblas del Beal y Ponce. Hay incluso pequeños cursos de agua no bien definidos que producen contaminación difusa en los alrededores de la estación UR.

Los sedimentos del Mar Menor tienen mayores concentraciones de cinc, plomo, cobre y cadmio que otras zonas costeras. Estas concentraciones están de acuerdo con las observadas en estudios previos realizados en la zona durante las últimas tres décadas y no han mostrado cambios significativos durante este periodo.

Las pruebas de toxicidad con sedimentos empleando los anfípodos y con la interfase agua-sedimento con los erizos marinos, ofrecen resultados similares e identifican como tóxicos aquellos sedimentos influenciados por la descarga de ambas ramblas.

Se apreció diferentes patrones de acumulación de metales entre las hojas y las raíces. La estación BW presentó resultados que indican que la mayoría de los metales no estaban unidos a sulfuros y se encontraban biodisponibles, presentando las mayores concentraciones de metales en las raíces de la planta. Por otro lado, los resultados de las estaciones PW, CI y CII, evidenciaron que la mayoría de los metales contenidos en los sedimentos estaban asociados formando sulfuros metálicos insolubles no disponibles biológicamente, presentando mayores concentraciones en hojas indicando que posiblemente la absorción haya ocurrido principalmente del agua de la columna.

Las concentraciones de metales encontradas en *Cymodocea nodosa* de las estaciones BW y PW en este estudio pueden considerarse por encima de los niveles de fondo para áreas no contaminadas y son mucho mayores que las encontradas en otros estudios con la misma especie. Muchos iones metálicos como  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , etc. son eficientemente quelados por las sustancias poliméricas extracelulares secretadas cuando bacterias y microalgas se asocian con superficies (partículas de sedimento o superficies de plantas) formando un biofilm tapete microbiano. El hecho de que los sedimentos presenten concentraciones de cinc y plomo similares a las del biofilm en las estaciones de las ramblas, puede deberse a la deposición de metales sobre el biofilm por el arrastre de aguas de tormenta que introduce gran cantidad de metales asociados con finos a través de estas dos ramblas.

Para la evaluación de la calidad ambiental de la laguna se aplicó en este estudio la técnica de ordenación MDS, técnica multivariante que en este caso ofrece resultados más consistentes que los obtenidos mediante análisis descriptivos. La técnica de ordenación MDS agrupó las

estaciones en tres grupos diferentes que podrían ser clasificadas como no impactadas (PH, CI y CII), moderadamente impactadas (UR) y severamente impactadas (BW y PW). Las estaciones de las ramblas (BW y PW) mostraron una mayor presencia de poliquetos y menor de crustáceos. En ambas estaciones, la abundancia de cirratúlidos (*Polychaeta*), tolerantes de un amplio rango de condiciones ambientales y habitantes de sedimentos arenosos y fangosos, fue elevada. Algunas especies de las familias de poliquetos *Cirratulidae* y *Mephtyidae* son comunes en estuarios, incluyendo aquellos que drenan regiones mineras. El alto porcentaje de crustáceos, el grupo taxonómico más sensible a la contaminación, en las estaciones PH, CI y CII, apuntan a un bajo o moderado nivel de perturbación. Las concentraciones de metales en los sedimentos fueron identificadas como los principales parámetros que determinan la estructura de las comunidades bentónicas en el sur del Mar Menor, aunque otros contaminantes no analizados en el estudio podrían estar influenciando a estas comunidades.

También es destacable el hecho de la gran contaminación por nitratos debida a la intensa actividad agrícola que se desarrolla en el Campo del Mar Menor que se comentará en el capítulo III y que aporta una importante cantidad de nutrientes, utilizados en la fertilización de la tierra, provocando en la laguna un proceso de eutrofización comentado anteriormente.

Las dos imágenes que se ven a continuación se muestra la concentración de nitratos en los acuíferos Cuaternarios y Plioceno en 2006 según la Confederación Hidrográfica del Segura.

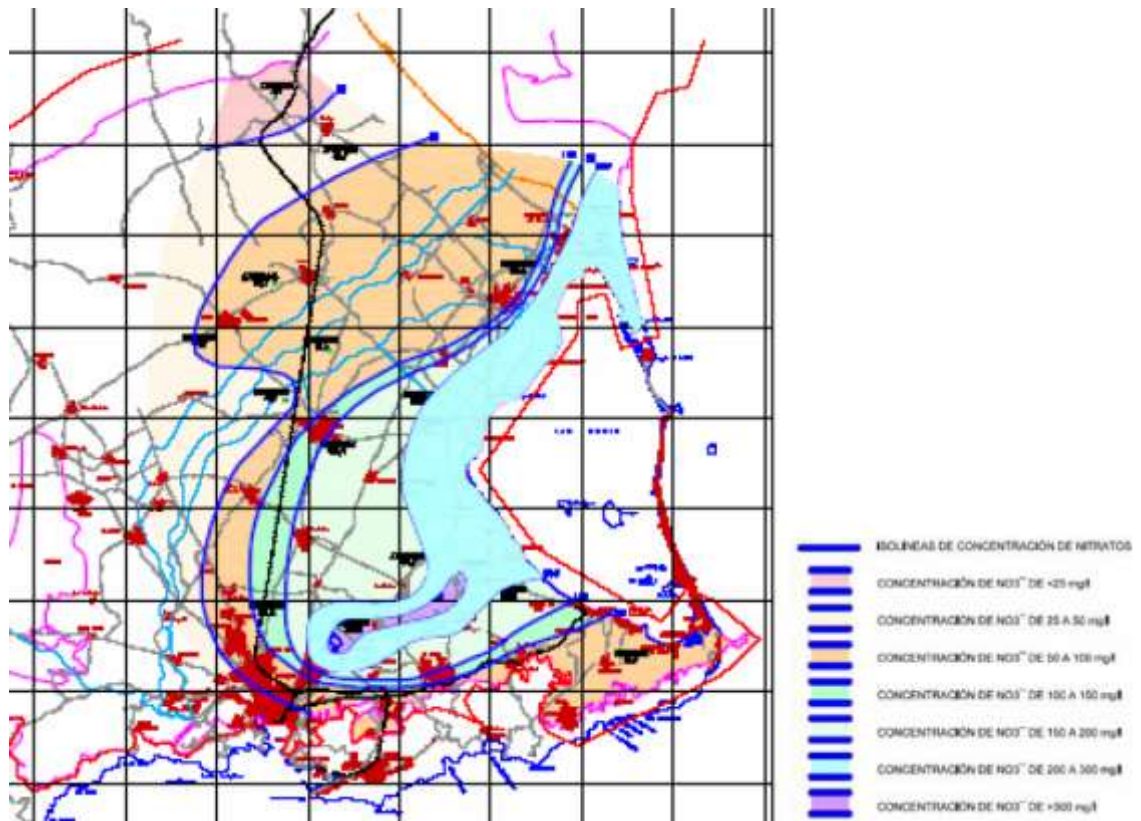


Figura I.41: Concentraciones de nitratos en el acuífero Cuaternario en 2006 (CHS).

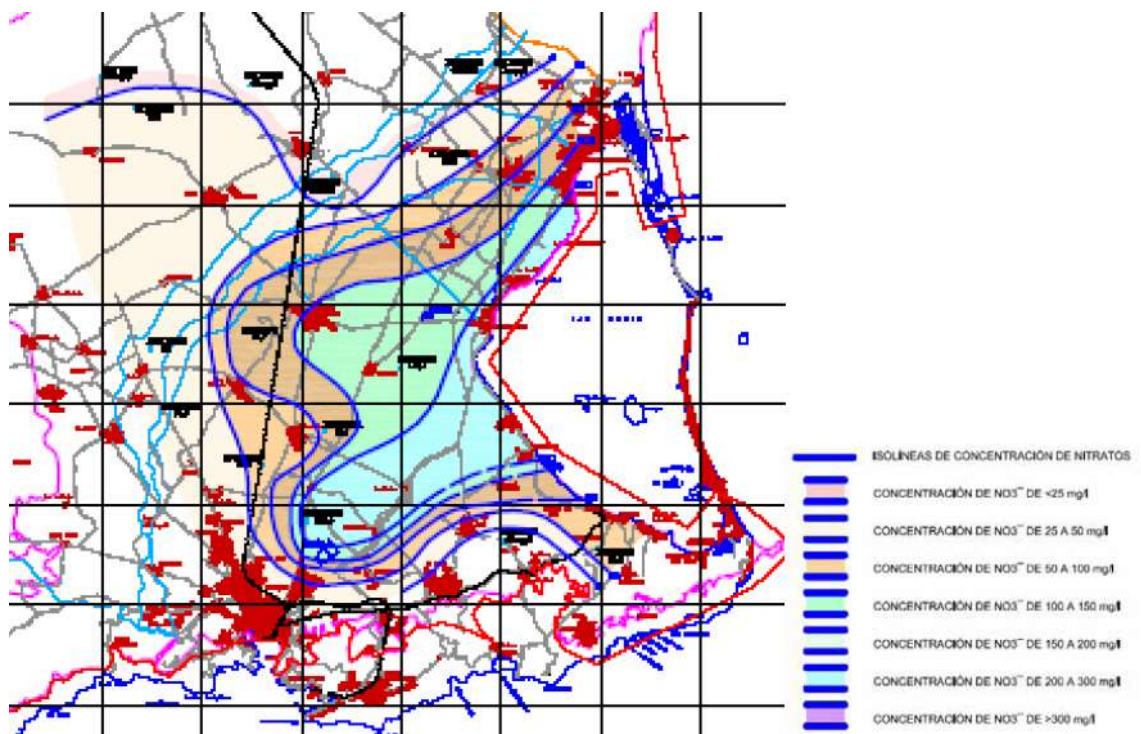


Figura I.42: Concentraciones de nitratos en el acuífero Plioceno en 2006 (CHS).

## 8. Dinámica marina del Mar Menor.

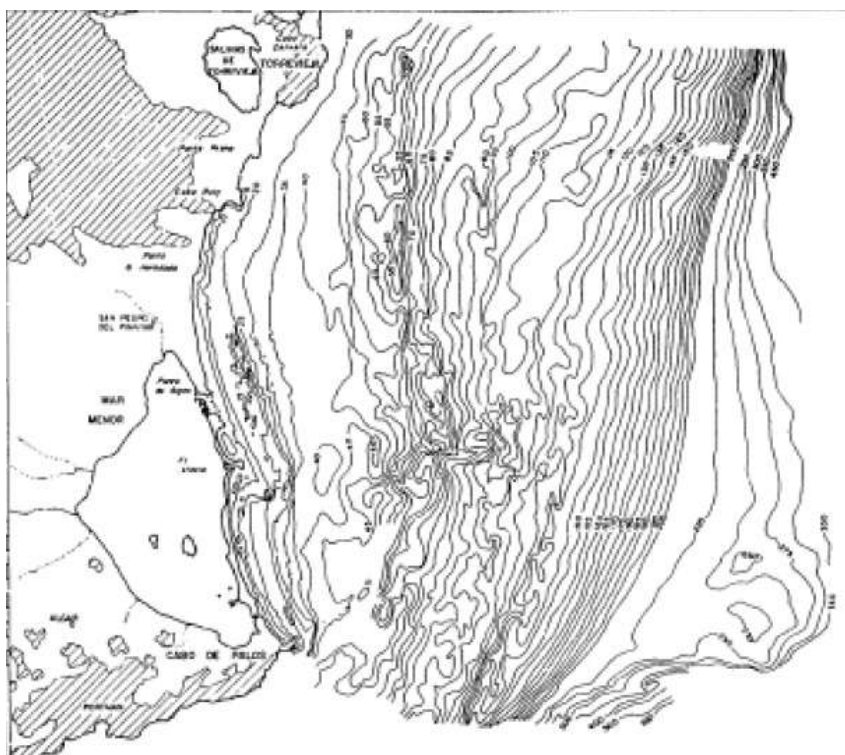
Al observar el mapa batimétrico realizado por Díaz del Río en 1986 (figura I.43), podemos decir que el Mar Menor puede dividirse en dos subcuencas, norte y sur. La norte tiene fondos superiores a los 6 metros y cubren una superficie ariñonada alargada hacia el norte. En la subcuenca sur, la dominancia es de los fondos comprendidos entre 5 y 6 metros.



**Figura I.43:** Batimetría del Mar Menor (Díaz del Río, 1986).

Los ejes de las subcuencas se orientan en la dirección N-S para la situada al norte, mientras que la situada al sur lo hace en sentido NW-SE.

En la siguiente imagen (figura I.44) se muestra la batimetría de la plataforma continental próxima a la laguna del Mar Menor de Mas, 1996.



**Figura I.44:** Batimetría de la plataforma continental (Mas, 1996).

El Mar Menor, al igual que todas las lagunas litorales, se puede considerar como un sistema captador de sedimentos. El ritmo de sedimentación es función del clima, amplitud mareal y el comportamiento prodegradante o transgresivo de la costa. Por lo general, la velocidad de colmatación es superior a la del hundimiento de su fondo, ya sea por procesos tectónicos o por subsidencia.

El sedimento más frecuente es el de grano fino con laminación paralela, debido al depósito en aguas tranquilas, ya que la barrera de cierre lo protege del oleaje marino.

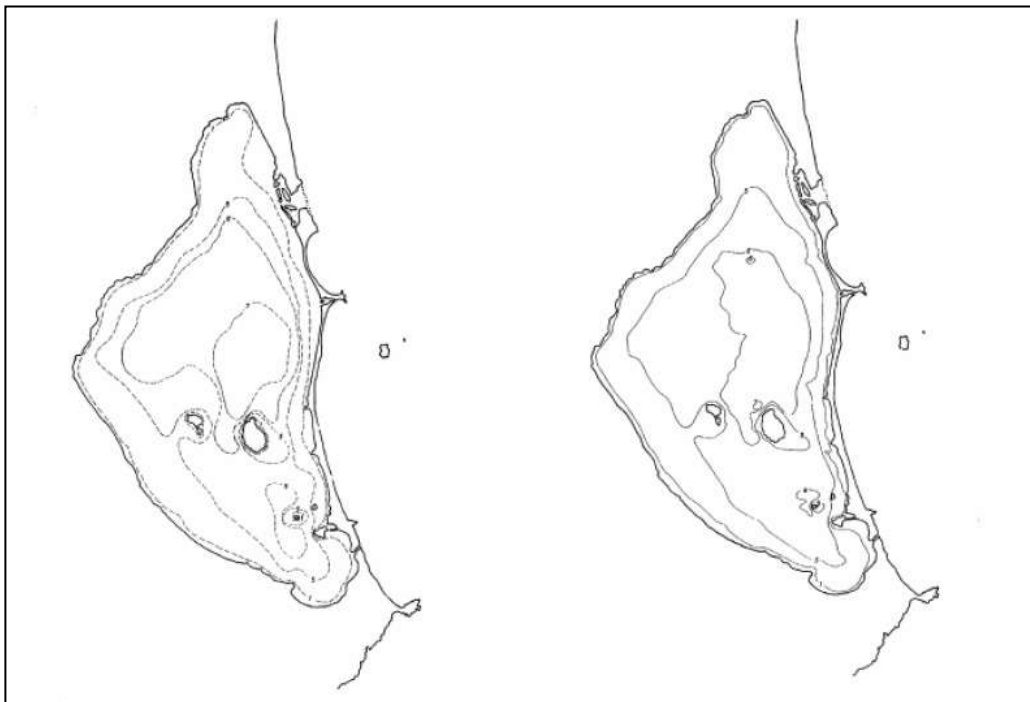
La secuencia histórica sedimentaria obtenida del ITGE, 1990, es la siguiente:

<b>Etapas evolutivas</b>	<b>Secuencia sedimentaria</b>	<b>Edad (años)</b>	<b>Velocidad sedimentación</b>
Lagoon costero	Fango negro	-60	300 mm/siglo
	Fango pardo	-630	40 mm/siglo
Marino transgresivo	Fango gris	-4000	40 mm/siglo
Continental lagunar	Fango beige	-5000 -7000	30 mm/siglo
Continental aluvial	No muestreado	-10000	-

**Tabla I.3:** Secuencia sedimentaria del Mar Menor (ITGE, 1990)

Los vertidos industriales generados por la intensa actividad minera de la Sierra de Cartagena son el origen de la brusca elevación de la tasa de sedimentación durante el siglo pasado.

La velocidad media de sedimentación de los últimos 80.000 años está comprendida entre los 1,2 y 2 mm/año. A este ritmo, la laguna se colmataría dentro de unos 6000-8000 años. Sin embargo, teniendo en cuenta el ritmo actual, este proceso se ha acelerado. Esto se puede comprobar comparando los perfiles batimétricos de los años 1875 y 1984 donde se aprecia la pérdida de fondo de fondo progresivo en el proceso de colmatación de la laguna.



**Figura I.45:** Evolución de las isobatas de 1, 5, 6 y 7 metros entre 1875 y 1984 (Mas, 1996).

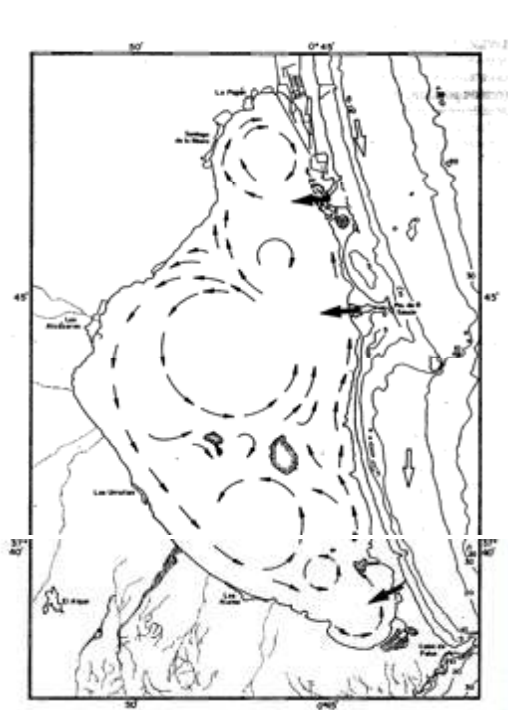
En lo que respecta a las entradas y salidas de agua entre el Mar Menor y el Mediterráneo, hemos visto anteriormente que son tres los lugares por los que se establece la comunicación: el área de las Encañizadas, que incluye el canal del Ventorrillo y La Torre, el canal de El Estacio (ensanchado en 1976 para permitir el paso de embarcaciones) y la gola de Marchamalo, la única totalmente artificial, también sobre otra encañizada, menor activa que las anteriores golas.

El sistema de comunicación entre ambos mares está dirigido por el Mediterráneo. Las mareas de la zona, aunque con amplitudes pequeñas, producen desniveles entre el Mar Menor y el Mar Mediterráneo que generan las corrientes en el canal de El Estacio y previsiblemente en el resto. Cuanto el Mediterráneo está más bajo que el Mar Menor se vacía la laguna y viceversa. También son factores que influyen en la circulación: la presión atmosférica, los

vientos, las dimensiones de la laguna y la geometría de los canales. Se ha comprobado que al menos cada 24 horas hay un flujo de entrada y otro de salida, de duración variable.

Volumétricamente, la importancia de El Estacio, es mucho mayor que la del resto de canales.

El modelo de circulación de las aguas en el interior de la laguna, propuesto por Pérez Ruzafa (1989) y modificado por Díaz del Río (1990), muestra un sentido de giro antihorario, es decir, de entrada por los canales más septentrionales y de salida por los canales del sur. De hecho, el agua de la zona norte tiende a ser menos salina que la del sur aunque esta situación no puede generalizarse en el tiempo y en el espacio. El agua de la laguna se renueva totalmente cada año y medio.



**Figura I.46:** Modelo de circulación basado en distribución de sedimentos (Díaz del Río, 1990).

La circulación del Mar Mediterráneo en el área geográfica adyacente ocurre en sentido NE-SW en las capas superficiales y de S-N en las masas de niveles medios.

Las masas de agua de la plataforma continental del área de estudio se caracterizan por ser típicamente mediterráneas por estar fuera del influjo directo de las masas de agua atlántica.

Su salinidad ronda los 37,5-38‰. Está condicionada además por el continente, lo que le da un carácter más termófilo que las adyacentes. Presenta grandes termoclinas, siendo aguas

de una gran estratificación, lo que le da una estabilidad que impide los movimientos verticales, especialmente en verano.

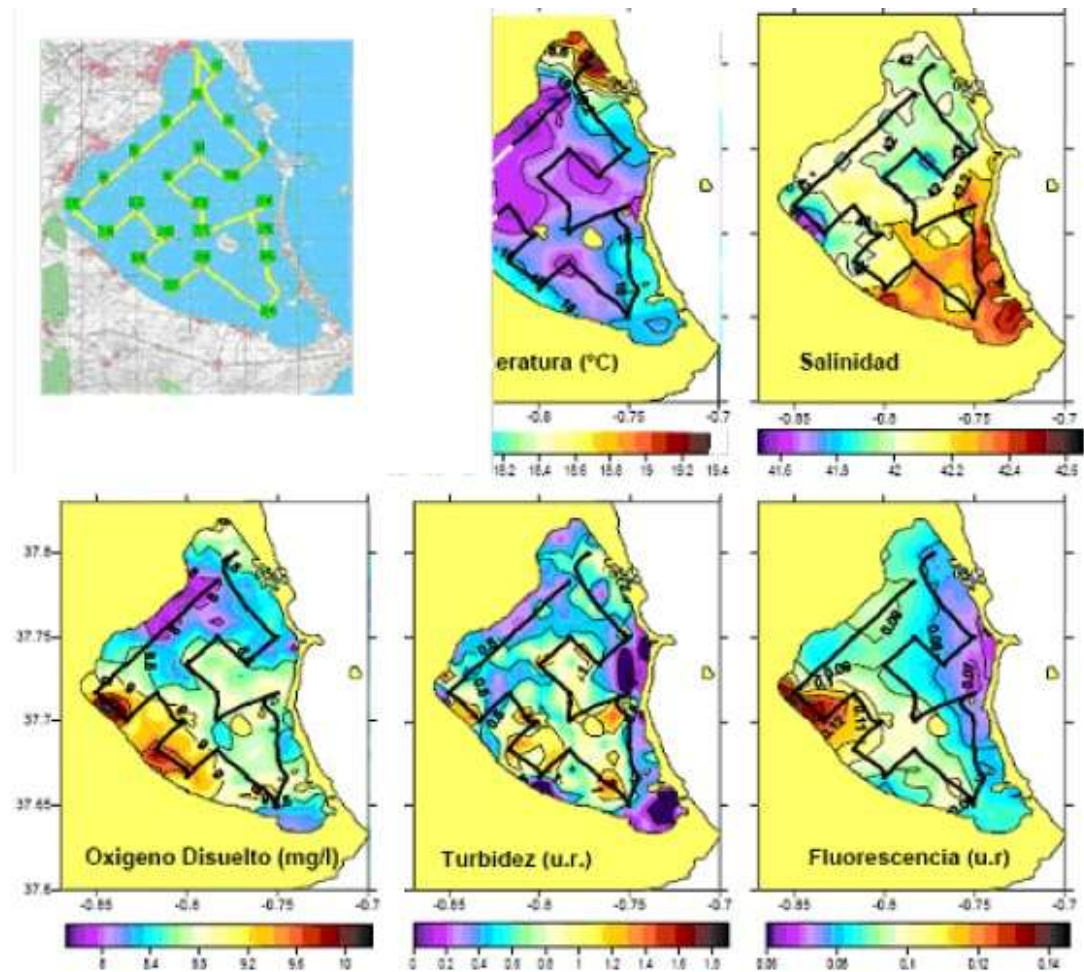
Por el contrario, el Mar Menor presenta una dinámica diferente. Está mucho más influenciado por el continente y al comportarse como una cuenca de concentración, su salinidad es mayor, aunque su evolución puede diferenciarse en dos etapas. La primera hasta 1975 y la segunda, desde esta fecha hasta la actualidad. En 1976 se produce la apertura de la gola de El Estacio que ha rebajado los contenidos en sales, característicos desde la época de mayor aislamiento (53‰) hasta los actuales, en un proceso que se ha denominado “mediterraneización” y que ha provocado multitud de cambios en las comunidades biológicas de la laguna.

La temperatura también se ha modificado, aunque en menor grado. Durante el verano se suele producir una ligera estratificación térmica a menudo disipada por los frecuentes vientos estivales.

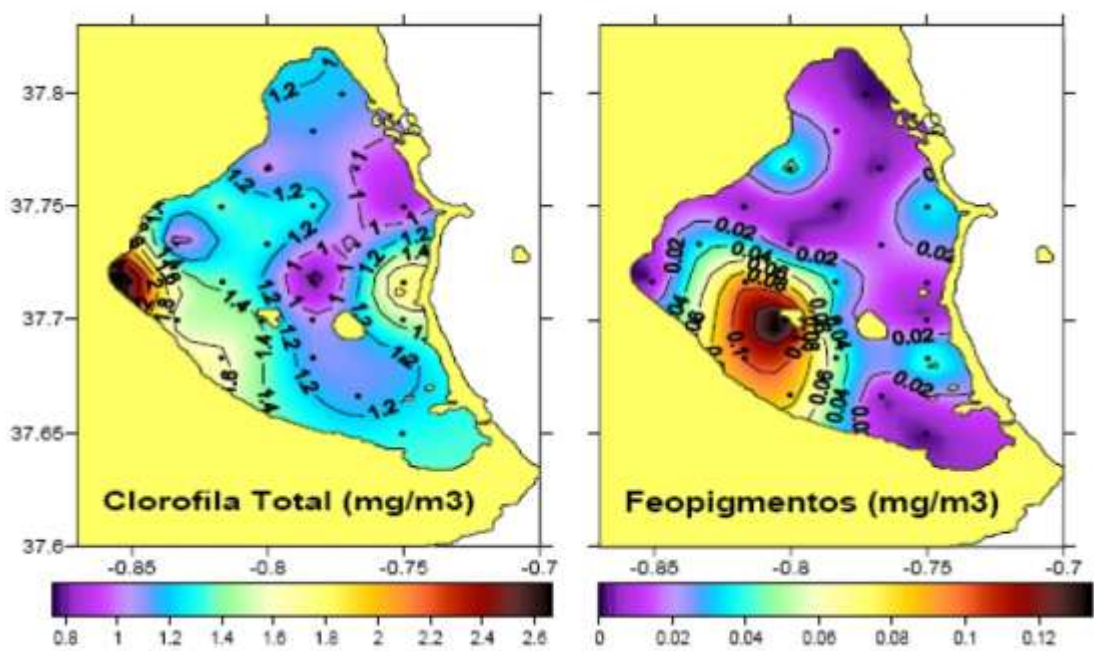
Tanto, frente al aporte instantáneo de lluvias torrenciales como al efecto de la mezcla de aguas mediterráneas, el Mar Menor recobra sus características físico-químicas muy rápidamente.

Los resultados de muestreo obtenidos por el Ministerio de Medio Ambiente para el estudio de la dinámica de circulación del Mar Menor indican una menor salinidad en la zona norte del Mar Menor que en la zona sur y como en la zona sur se alcanzan las mayores concentraciones de clorofila, fluorescencia, SS (sólidos en suspensión) totales y SS orgánicos. Tanto desde el punto de vista hidrodinámico como morfológico, pueden distinguirse dos zonas principales, que estarían separadas por la línea imaginaria que uniese el cerro de El Carmolí y las islas Mayor y Perdiguera. La circulación en la parte norte sería más activa que en la parte sur, debido a la mayor entrada de agua que se produce desde el Mediterráneo al estar comunicado con el mismo a través de las golas de las Encañizadas y de El Estacio. Estas dos células se encuentran comunicadas y se produce un intercambio de agua entre ellas, aunque es posible que no se produzca una mezcla completa de las mismas.

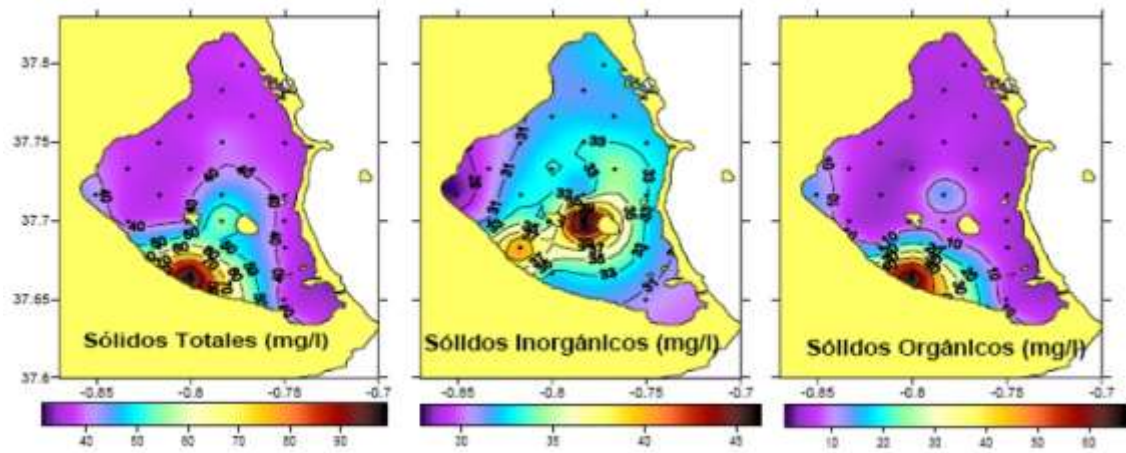




**Figura I.47:** Distribución superficial de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, turbidez y fluorescencia (MMA, 2007).



**Figura I.48:** Distribución de clorofila total y geopigmentos (MMA, 2007).



**Figura I.49:** Distribución de sólidos totales, inorgánicos y orgánicos (MMA, 2007).

Se aprecia como existe un claro gradiente de salinidad, de forma que en la zona norte la salinidad es menor que en la zona sur y como los niveles de SS y clorofila son mayores en la zona desde El Albunjón a Marchamalo. La explicación de la presencia de sólidos en suspensión se puede asimilar a lo comentado en el último apartado del punto anterior al analizar los contenidos de metales y toxicidad de determinadas especies y sedimentos, a esto se le puede añadir que la situación del resto de aspectos analizados en este punto se puede deber a que:

- La gola de la Encañizada y Ventorrillo permite un cierto paso de agua del Mediterráneo con menor salinidad y concentración de nutrientes. La gola del canal de El Estacio (puerto Tomás Maestre) ha aumentado considerablemente los aportes de aguas menos salinas a la laguna, sobre todo en la zona norte.
- La rambla del Albunjón aporta actualmente al Mar Menor aportes de retornos de riego (alternamente salinos y con elevadas concentraciones de nutrientes) y aguas residuales con depuración insuficiente, por lo que la zona sur del Mar Menor presenta unas mayores concentraciones de SS, con máximos en el Carmolí, donde además existen ramblas de menor entidad que también aportan retornos de riego.
- El acuífero Cuaternario presenta altas concentraciones de sales derivadas de los retornos de riegos y aporta cerca de 5 Hm<sup>3</sup> al Mar Menor, aumentándose los problemas antes enumerados.

## **9. Fauna y flora.**

Las condiciones de estrés ambiental determinan la estructura de las comunidades biológicas presentes en el Mar Menor. Las especies típicamente lagunares son eurihalinas y euritermas, es decir, son capaces de tolerar tanto salinidades bajas, de aguas casi dulces, como salinidades que pueden superar los 50 ó 60 gramos de sal por litro, cuando las aguas marinas normalmente presentan 35 ó 37 g/l. Al mismo tiempo, pueden sobrevivir en amplios rangos de temperatura, desde unos pocos grados por encima de cero hasta los 35 °C.

Debido a su alta productividad biológica y a la menor presión de los depredadores, las lagunas costeras juegan un importante papel ecológico, siendo utilizadas por numerosas especies como zonas de puesta y desove, o como áreas de cría, ideales para el crecimiento de sus juveniles o la preparación los adultos para la reproducción. Por ello, muchos de los habitantes de las lagunas lo son sólo durante una fase de su ciclo de vida y mantienen migraciones, tróficas o reproductivas, hacia o desde el mar abierto. Este es el caso de los espáridos (doradas, magres, sargos), las lubinas, los mújoles o las anguilas.

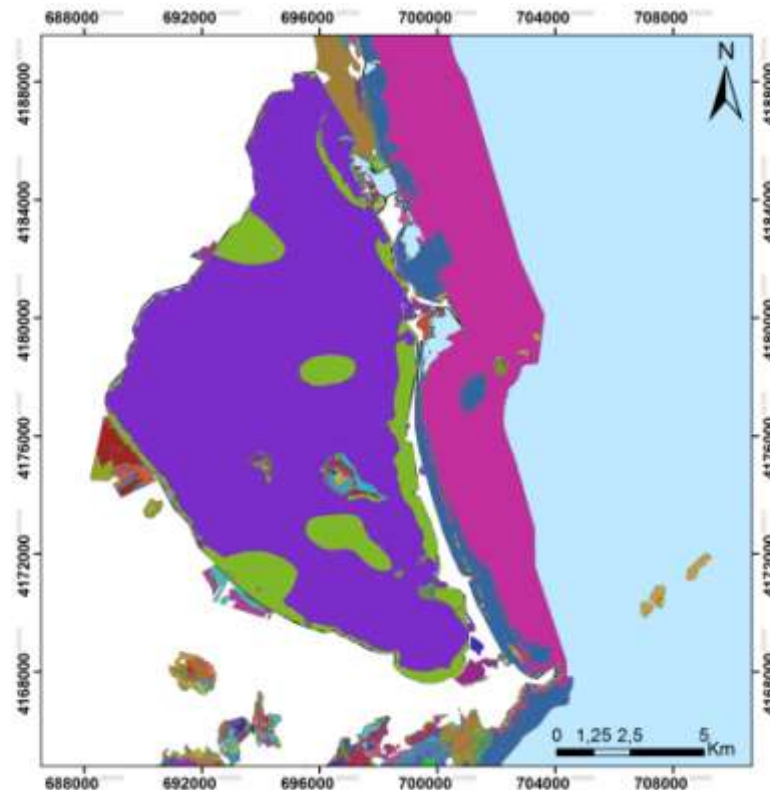
Lógicamente dadas sus características productivas y accesibilidad, estos ecosistemas están sujetos a una intensa utilización por parte del hombre en forma de explotaciones salineras, pesca, cultivos marinos, turismo, desarrollo urbano... al tiempo que sufren los efectos de otras actividades que se desarrollan en sus alrededores, como la agricultura, industrias o minería, lo que, frecuentemente, conduce a una sobreexplotación, la aparición de conflictos entre los distintos usos e intereses y a una alteración drástica del funcionamiento del ecosistema lagunar.

En general, el interés que tienen estos espacios para el hombre se contrapone con el uso de los mismos como receptáculo de sus desechos o su afán por desecarlos y ganar terrenos a costa de la superficie de agua.

### **a) Hábitats y la biodiversidad del Mar Menor.**

La elevada heterogeneidad ambiental del Mar Menor, con la coexistencia de fondos blandos. Con afloramientos rocosos (islas volcánicas, costras calizas y diques y pilares artificiales) permite una alta diversidad de comunidades bentónicas que configuran un paisaje sumergido variado y relativamente complejo, algo poco frecuente en la mayoría de las lagunas costeras cuyos fondos son homogéneamente fangosos o arenosos.

El Ministerio de Medio Ambiente ha inventariado gran cantidad de hábitats diferentes en el Mar Menor:

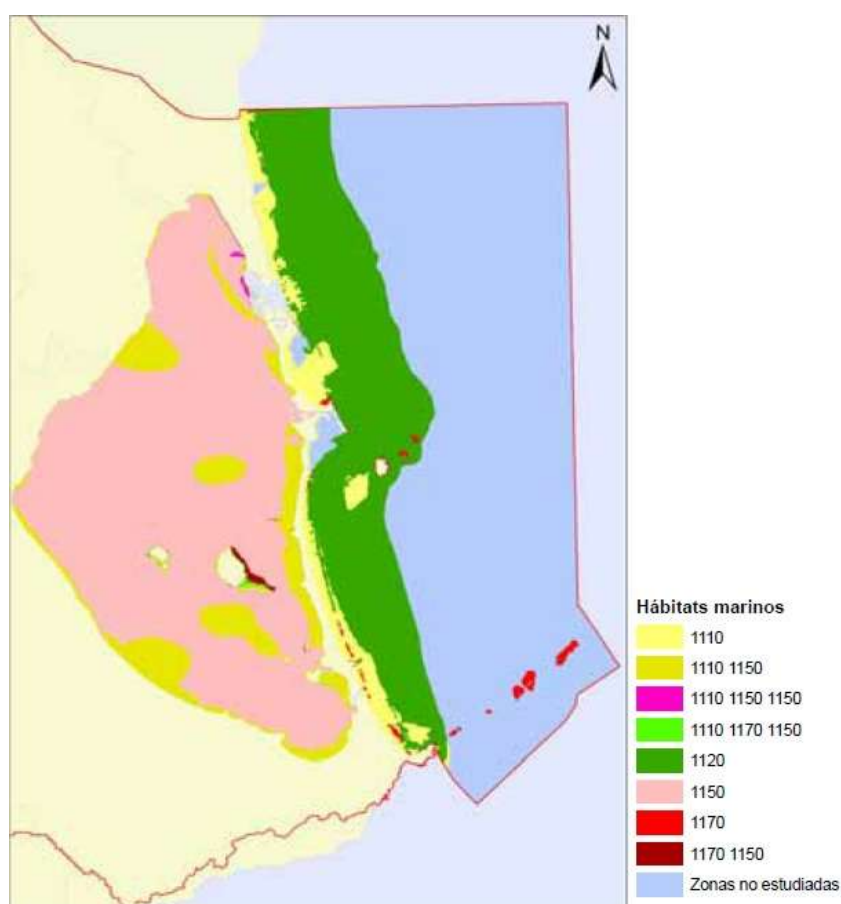


**Figura I.50:** Hábitats del Mar Menor (Elaboración propia).

No se incluye leyenda en la figura anterior debido a la enorme cantidad de hábitats inventariados. Vamos a simplificar los hábitats como lo realizó la Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad en un trabajo de diagnostico de la zona del Mar Menor. En relación con los aspectos biológicos, el análisis de las unidades paisajísticas de los fondos marinos, tanto de la laguna como del Mediterráneo adyacente nos informa sobre las pautas organizativas que siguen las comunidades biológicas.

Hábitat	Asociación
1110. Bancos de arena sublitorales permanentemente sumergidos	111020. <i>Cymodoceion nodosae</i> 111021. <i>Cymodoceetum nodosae</i>
1120*. Praderas de posidonia ( <i>Posidonium oceanicae</i> )	112011. <i>Posidonietaum oceanicae</i>
1140. Llanos fangosos o arenosos que no están cubiertos de agua cuando hay marea baja	
1150*. Lagunas costeras	115030. <i>Ruppion maritimae</i> 115035. <i>Rupietum spiralis</i>
1170. Arrecifes	
8830. Cuevas sumergidas o parcialmente sumergidas	

**Tabla I.4:** Listado de los hábitats simplificados en el Mar Menor (MMA).



**Figura I.51:** Simplificación de los hábitats del Mar Menor (MMA).

La biodiversidad que alberga el Mar Menor es elevada. Hasta el momento se han inventariado 89 especies vegetales (3 fanerógamas, 33 especies de *Chlorophyceae*, 20 especies de *Phaeophyceae* y 33 especies de *Rhodophyceae*) (Pérez-Ruzafa, I.M, 1989) y 459 especies animales repartidas en 13 *phyla* que se componen de 30 especies de *Foraminifera*, 21 de esponjas (*Porifera*), 22 de *Coelentera* (que incluye las anémonas y las medusas), 19 *Nematoda*, 100 de *Anelida*, 48 *Crustacea* (entre los que se encuentran los decápodos: cangrejos, langostinos, etc.), 6 de *Chelicerata*, 6 *Unirramia*, 106 *Molusca* (incluyendo gasterópodos y bivalvos), 7 de *Ectoprocta*, 1 de *Phoronida*, 5 de *Echinodermata* y 88 *Cordata* de los cuales 5 son *Tunicata* y 83 peces (*Osteichthyes*) (Pérez-Ruzafa, A., 1989).

Muchos peces muestran comportamientos migratorios. Al menos 12 especies pueden ser consideradas visitantes ocasionales (como *Chromis chromis*, *Thalasoma pavo*, *Scorpaena porcus*, *Labrus merula* entre otros) y 13 (como *Gobius cruentatus*, *G. buchichi*, *G. paganellus*, *G. ater*, *G. fallax*, *Serranus scriba*, *Symphodus* (*Crenilabrus*) *tinca* or *S. (C) roissali*) han colonizado la laguna a lo largo de los últimos quince años en un proceso continuo que, como se ha comentado, comenzó con el agrandamiento de la gola del Estacio. Especies, como los mújoles, los espáridos (doradas, magres y sargos) o la anguila (*Anguilla anguilla*), base fundamental de la actividad pesquera del Mar Menor, son conocidos desde siempre como habitantes de la laguna pero tienen un comportamiento migratorio trófico marcado y no se reproducen en sus aguas.

## **b) Flora de la franja sublitoral.**

El sustrato blando en la zona medio litoral presenta algunas biocenosis interesantes como la *Asociación con halófitas*, dominada por vegetación anual pionera con *Salicornia* y otras especies de zonas fangosas o arenosas y acompañan a otras comunidades como las *Facies de salinas*, fruto de la actividad salinera, las cuales favorecen la diversidad de la avifauna. Ambas se encuentran en el Parque Regional Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar.

En las zonas más profundas, en algunos puntos del límite inferior de pradera de posidonia, existe *facies de maërl* en un buen estado de conservación (*Facies de maërl* – asociación con *Liththamnion coralloides* y *Phymatholithon calcareum*), caracterizados por presentar una alta diversidad de especies y se consideran zonas de cría de moluscos y crustáceos.

Tanto en la franja lagunar como mediterránea encontramos bancos de arena sublitoral permanentemente sumergidos, sin vegetación o con vegetación de *Cymodoceion nodosae*. En



el interior de la laguna, concretamente en la zona de las encañizadas y desembocadura de las ramblas, aún podemos encontrar llanos fangosos o arenosos ocupados por *Rupia cirrhosa*. Próxima a esta última comunidad, y en ocasiones compartiendo el hábitat, se encuentra Asociación de *Zostera noltii* en ambiente eurihalino y eutermo. Son comunidades características de la laguna que se encuentra confinada en la actualidad a algunos puntos.

Las praderas de *Posidonia oceánica* de la zona se encuentran, en general en un buen estado de conservación. La pradera situada frente a La Manga ocupa más de 5000 ha, algo más del 50% de toda la superficie de los fondos infralitorales del litoral murciano, presentando además la máxima profundidad registrada en este litoral (31 metros). La dinámica natural de estas praderas generan diferentes facies de interés, tanto en el supralitoral como en el medio litoral (Facies de fanerógamas esparcidas en la parte superior de las playas y Facies de bancos de hojas muertas de *Posidonia oceánica* y otras fanerógamas). En términos generales estas biocenosis se encuentran muy afectadas por la adecuación de las playas a las actividades turísticas. La presentación mejor conservada se encuentra en las playas de San Pedro del Pinatar, algunas de las calas de Punta Negra, Cala de los Saleros o Cabo de Palos.

Entre las comunidades de sustrato duro (hábitat arrecifes) la zona tiene representación de biocenosis y asociaciones de interés en todas las zonas. En el mediolitoral la Asociación con *Nermlion helmitoides* y *Rissoella verruculosa* está muy bien representada en las islas e islotes de la franja mediterránea, su presencia asegura el buen estado de conservación de la zona y la alta calidad de las agua. En los primeros metros existen facies de varmeticos, la cual es una biocenosis sumamente sensible a cualquier perturbación, siendo su presencia indicadora de una alta calidad ambiental. Ya en el infralitoral y circalitoral, la franja mediterránea presenta importantes comunidades y asociaciones con *Cystoseiras* como la Asociación de *Cystoseira amaentacea* o *Cystoseira compressa*, *Cystoseira zosteroideis*. En las islas y bajos de mayor profundidad la zona presenta unas espectaculares estructuras coralígenas dominadas por *Facies de Eunicella singularis* y *Facies con Paramunicea clavata*.

### **c) Flora del Mar Menor.**

El buen estado ecológico de las comunidades de la vertiente mediterránea contrasta con el deficiente estado ambiental en que se encuentra la laguna litoral que presenta una considerable degradación ambiental.

Los cambios de temperatura y de salinidad a partir de la apertura de la gola de El Estacio, han propiciado la entrada del alga invasiva *Caulerpa prolifera* en la parte central de la laguna

cubriendo una densa pradera. Esta especie oportunista que se desarrolla mejor en este nuevo ambiente ha transformado las típicas praderas eurihalinas y euritermas monoespecíficas de la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* en praderas mixtas más anóxicas de la fanerógama con el alga *Caulerpa prolifera*. Este proceso se ha visto acelerado por la proliferación de dragados y obras costeras en los últimos años.

En las zonas ribereñas someras, hasta metro o metro y medio de profundidad, se alternan los fondos arenosos desprovistos de vegetación, con praderas poco densas de la fanerógama *Cymodocea nodosa* y pequeños enclaves de piedras, conchas y guijarros densamente cubiertos por *Acetabularia calyculus*. En las zonas más resguardadas del oleaje se desarrollan densas manchas de *Ruppia cirrhosa*, otra fanerógama.

Los sustratos rocosos presentan una zonación vertical más o menos marcada. Por su parte, bajo las rocas y piedras habitan comunidades esciáfilas con biozoos, cnidarios, esponjas y ascidias, que alcanzas su máximo desarrollo en los pilares que sustentan los tradicionales balnearios de la ribera interna.

A la zonación vertical, característica de los fondos marinos, se superpone una zonación horizontal determinada por la colonización de especies procedentes del Mediterráneo. Muchas de estas especies solo aparecen o son más abundantes en las proximidades de las golas, pero desaparecen a medida que se penetra hacia el interior de la laguna. De este modo, se produce un gradiente de riqueza específica que lleva asociado un gradiente inverso de abundancia. A medida que nos alejamos del mar abierto y nos adentramos en la laguna, el número de especies disminuye pero el número de individuos aumenta. Dichos gradientes fueron justificados por Guelorget y Perthuisot (1983) y Guelorget et al. (1983) en su teoría del confinamiento por la progresiva escasez de “vitaminas” de origen marino. Posteriormente, Pérez-Ruzafa y Marcos (1993) sustituyeron dicha explicación por la de una disminución progresiva en las tasas de colonización y en la eficiencia ecológica de las especies no lagunares.

De hecho, el grado de comunicación con el Mediterráneo ha marcado la naturaleza de los poblamientos del Mar Menor. A lo largo de su evolución se han producido distintos episodios de colonización de especies como consecuencia de roturas de La Manga durante temporales intensos, pero el evento más importante que ha tenido lugar en la laguna lo constituye el ensanche y dragado del canal de El Estacio, a principios de la década de 1970, para la construcción de un puerto deportivo y un canal navegable que de acceso al interior de la laguna desde mar abierto a embarcaciones. A raíz de dichas obras, el Mar Menor sufrió una profunda transformación que aún hoy está en progreso. La tasa de renovación se redujo,



produciéndose más a menudo, como consecuencia de ello, la salinidad ha bajado de 52 psu (equivalente a 52 gramos de sal por litro de agua) a 41 psu, y las temperaturas máximas y mínimas se han suavizado aproximándose a las del Mediterráneo. Desde entonces, numerosas especies han colonizado la laguna. Los fondos fangosos desprovistos de vegetación o con praderas poco densas de fanerógamas, idóneos para la alimentación de mugílidos y espáridos, se han visto cubiertos por densas praderas del alga *Caulerpa prolifera*, antes citada, que aporta cantidades importantes de materia orgánica al sedimento produciendo condiciones anóxicas y limitando el desarrollo de otras especies vegetales y de fauna. La expansión de esta alga sigue en aumento y ya coloniza buena parte de los fondos rocosos y arenosos, especialmente donde otras agresiones ambientales, como dragados y vertidos, favorecen su desarrollo.

Todo esto se ha relacionado con la drástica disminución de la pesca del mújol. Otras muchas especies han penetrado y se ha asentado desde entonces en la laguna, en su mayoría peces bentónicos de las familias de los góbidos (conocidos en el Mar Menor como zorros) y blénidos (babosas), ostras, etc. El caso más llamativo, por su incidencia económica y social en los últimos años es el de las especies de medusas *Rizhostoma pulmo* y *Cothylorhiza tuberculata*, que han constituido una autentica plaga en los meses de verano.

Con frecuencia, la aparición de nuevas especies interactúa con los cambios producidos en las condiciones ambientales conduciendo a situaciones difíciles de prever y con interrelaciones complejas. De este modo, el cambio en los usos agrícolas en el entorno lagunar, a raíz del trasvase Tajo-Segura, ha supuesto una entrada de nutrientes a la laguna sin precedentes. Los niveles de nitratos han incrementado en un orden de magnitud con respecto a los presentes a años anteriores, pasándose de valores menores de  $0.9 \mu\text{moles N-NO}_3 \text{ l}^{-1}$  a valores superiores a  $6 \mu\text{moles N-NO}_3 \text{ l}^{-1}$ . La enorme proliferación de estas medusas, que ha alcanzado densidades puntuales de 40 individuos en  $100 \text{ m}^3$  y una población total estimada de 46.98 millones de individuos, no es más que la respuesta del sistema a esta nueva situación y de hecho, controlan la producción planctónica impidiendo el desarrollo excesivo del fitoplancton y mantienen, en cierta medida, la calidad de las aguas (Pérez-Ruzafa et al, 2002).

#### **d) Flora del Campo del Mar Menor.**

El paisaje vegetal constituye un mosaico entre zonas más o menos antropizadas y otras poco o nada afectadas por el hombre o naturales, donde está representada la vegetación potencial.

Se trata de uno de los territorios más ricos en cuanto a diversidad vegetal de la Región de Murcia. La extrema aridez, la variedad de biotopos y la proximidad a tierras africanas, ha facilitado la presencia de un amplio número de formaciones vegetales, especies endémicas y otras cuya distribución óptima se encuentra en el norte de África, y por tanto son únicas en el territorio europeo.

La zona se enmarca en la provincia biogeográfica Murciana-Almeriense y en ella están representados los sectores Alicante-Murciano y Almeriense, que cuentan con una vegetación potencial característica, representada por los siguientes hábitats, formaciones vegetales y asociaciones:

Hábitat	Formación vegetal	Asociación
5210. Matorrales arborescentes de <i>Juniperus</i>	Coscojares	421014. <i>Rhamo lycioidis</i> - <i>Quercetum cocciferae</i>
5220. Matorrales arborescentes de <i>Ziziphus</i>	Cornicales Espinares de azufaifos	422011. <i>Mayteno-Periplocetum angustifoliae</i> 422013. <i>Ziziphetum loti</i>
5330. Matorrales termomediterráneos y predesérticos	Lentiscares	433316. <i>Chamaeropo humilis</i> - <i>Rhamnetum lycioidis</i>
9340. Encinares de <i>Quercus ilex</i> y <i>Quercus rotundifoliae</i>	Encinar mesomediterráneo Encinar termófilo	834034. <i>Quercetum roundifoliae</i> 834043. <i>Rubio longifoliae</i> - <i>Quercetum rotundifoliae</i>
9570*. Bosques de <i>Tetraclinis articulata</i>	Sabinas de sabina mora	857011. <i>Arisano simorrhini</i> - <i>Tetraclinidetum</i>

**Tabla 1.5:** Vegetación potencial del Campo del Mar Menor (MMA).

Si se traza una línea imaginaria desde el mar hacia el interior, se puede representar, de manera general, la distribución de la vegetación en función de las variaciones climáticas y la orografía. En la tabla siguiente se localizan los distintos tipos de vegetación potencial que podrían encontrarse a lo largo de dicha línea.

Localización		Vegetación potencial
Sierras litorales	Ladera sur	Cornical
	Cresta	Sabinar de sabina mora
	Ladera norte	Lentiscar
Llanos interiores (Campo de Cartagena)	Zona próximas al mar	Lentiscar
	Zona interior (Fuente Álamo)	Espinares de Azufaifo
Sierras litorales	Ladera sur	Lentiscar Coscojar (en zonas altas)
	Cresta	Encinar mesomediterráneo
	Ladera norte	Encinar termófilo Lentiscar (base de la ladera)

**Tabla I.6:** Distribución de la vegetación potencial (MMA).

En las sierras más al sur del territorio: Sierra de Cartagena, así como la zona de costa desde Mazarrón hasta el límite con la provincia de Almería, en Águilas, caracterizadas por la dominancia del piso inframediterráneo, la vegetación potencial está constituida por cornicales. Son formaciones dominadas por la cornicabra (*Periploca angustifolia*) de distribución iberoafricana, que se desarrolla junto a otras especies como el harto (*Maytenus senegalensis*) o el palmito (*Chamaerops humilis*). Ocupan laderas de sierras próximas al mar donde las condiciones de humedad permiten el desarrollo de estos matorrales.

En la parte oriental de la Sierra de Cartagena, destaca la presencia de una formación exclusiva en el territorio, los sabinars de sabina mora. Constituyen bosques abiertos de araal o sabina mora (*Tetraclinis articulata*), intercalada con pinos carrascos, junto a un sotobosque de espartos y algunas especies leñosas como cornicabra o espinos. La sabina mora, se trata de una especie iberoafricana, representada en el territorio europeo únicamente por las poblaciones de Cartagena.

Otra formación peculiar por su escasez la constituyen los espinares de azufaifos. Son matorrales impermeables debido a las características espinas y ramas en zigzag de los azufaifos (*Ziziphus lotus*) especie de óptimo norteafricano. Estos arbustos fácilmente distinguibles en el paisaje por su gran tamaño se desarrollan junto a esparragueras blancas, manrubios y en ocasiones espinos negros, dando lugar a formaciones muy abiertas. En la Región de Murcia no existen azufaifales de gran extensión, se desarrollan de forma puntual en Mazarrón y Águilas y más extinguidos en las hoyas de Fuente Álamo.

En la mitad oriental del Campo del Mar Menor, así como la parte norte de La Manga y zonas ribereñas del Mar Menor, las condiciones de aridez se suavizan, dando lugar a un bioclima termomediterráneo. La vegetación potencial en estas zonas está representada por lentiscales, que se distribuyen en las laderas de las sierras, preferentemente en las umbrías. Son matorrales esclerófilos formados por lentiscos (*Pistacia lentiscus*), palmitos (*Chamaerops humilis*), coscojas (*Quercus coccifer*), espinos negros (*Rhamnus sp.*) y en ocasiones algunos pinos carrascos dispersos. En diversas sierras se puede observar las diferencias microclimáticas entre umbría y solana por el desarrollo de lentiscales o cornicales respectivamente.

En la sierras más septentrionales, como Carrascoy, donde el bioclima es mesomediterráneo, y por tanto las plantas disponen de mayor proporción de agua, la vegetación potencial está constituida por coscojares que forman matorrales más o menos densos dominados por coscojas, lentijos y acompañados por otras especies como espinos, acebuches, y pinos carrascos.

Además de la vegetación potencial, la gran diversidad de ambientes da lugar a formaciones peculiares donde tienen refugio numerosas especies endémicas, como los tomillares termófilos con especies como *Sideritis ibanyezii*, *Sideritis marminorensis*, *Teucrium cartaginense*.

Las zona de saladares están ocupadas por una vegetación adaptada, con especies como *Sarconia fruticosa* o *Arthrocnemum macrostachium* de hojas crasas donde dominan también los endemismos como *Limonium arenosum*.

En las dunas y arenales se desarrollan formaciones de pastizales con azucenas de mar (*Pancratium maritimum*), cuernecillo de mar (*Lotus creticus*) o la escasa zanahoria bastarda (*Echinophora spinosa*) o tomillares en las más estabilizadas. Una formación interesante de estos ambientes son los sabinares de dunas constituidos por la especie de *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata* y reducidos en la actualidad a las Salinas y Arenaes de San Pedro del Pinatar.

## e) Fauna

Las comunidades faunísticas de la zona de estudio presentan una elevada diversidad relacionada con la heterogeneidad del terreno marcada por los usos del suelo. Atendiendo al tipo de hábitat los taxones presentan cambios. Así en las sierras prelitorales, entre las aves predominan las especies ligadas al pinar como el carbonero común (*Parus major*), mito (*Aegithalus caudatus*), herrerillo capuchino (*Parus cristatus*), verdicillo (*Serinus serinus*), piquituerto (*Loxia curvirostra*), curruca cabecinegra (*Sylvia melanocephala*) y pito real (*Picus viridis*). También se pueden observar rapaces como el ratonero común (*Buteo Buteo*) y el cernícalo común (*Falco tinnunculus*). Entre los insectos destacan las mariposas del género *Zygaena*, *Iphiclides podalirius* (Podalirio), *Papilio machaon* y *Vanessa atalanta*. Los anfibios están representados por el sapo común (*Bufo bufo*) y los reptiles por la lagartija ibérica (*Podarcis hispanica*), la lagartija colilarga (*Psammodromus algirus*) y el lagarto ocelado (*Lacerta lepida*). Los mamíferos más frecuentes son el zorro (*Vulpes vulpes*) y el conejo (*Oryctolagus cuniculus*).

En las sierras litorales del sur, se pueden contemplar pequeñas aves como abejaruco (*Merops apiaster*), curruca cabecinegra (*Sylvia melanocephala*), carbonero común (*Parus major*) y alzacola (*Cercotrichas leucura*), destacando entre las rapaces el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), búho real (*Bubo bubo*) y el águila perdicera (*Hieraetus pennatus*). Si bien los mamíferos más abundantes en esta sierra, como en las del norte, son el zorro (*Vulpes vulpes*) y el conejo (*Oryctolagus cuniculus*), también habitan en ella el tejón (*Meles meles*) y la garduña (*Martes foina*).

En la zona agrícola de la llanura del Campo del Mar Menor están presentes aves como la cogujada (*Galerida cristata*), pardillo (*Acanthis cannabina*), verdicillo (*Serinus serinus*) y el jilguero (*Carduelis carduelis*). Otras especies también presentes son el conejo (*Oryctolagus cuniculus*), la liebre (*Lepus capensis*) y la lagartija cenicienta (*Psammidrimus hispanicus*).

En los humedales litorales. Las aves son el grupo más importante en cuanto a tamaño de las poblaciones y riqueza de especies. Además acogen importantes concentraciones de invernantes especialmente de flamenco rosado (*Phoenicopterus ruber*). Destacan también las reproductoras como el chorlito patinegro (*Charadrius alexandrinus*), charrancito (*Sterna albifrons*), avoceta (*Recurvirostra avosetta*) y el tarro blanco (*Tadorna tadorna*) que permanecen todo el año. Una especie importante, catalogada en peligro de extinción en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas es el fartet (*Lebias lbera*).

En las zonas de arenas y dunas se encuentra el vuelvepedras (*Arenaria interpres*), el correlimos tridáctilo (*Calidris alba*) y el eslízón ibérico (*Chalcides bedriaga*). En las zonas más

consolidadas donde aparece el pinar se observan aves típicas de ambientes esteparios como el alcaraván (*Burhinus oedicephalus*) o la perdiz (*Perdix perdix*) y rapaces nocturnas como el mochuelo común (*Athene noctua*), la lechuza común (*Tyto alba*) y el campestre (*Asio flammeus*).

En las aguas abiertas de la laguna abunda el somormujo lavanco (*Podiceps cristatus*), zampullín cuellinegro (*Podiceps nigricollis*), cormorán grande (*Phalacrocorax carbo*) y serreta mediana (*Mergus serrator*) en migración e invernada. Otros grupos importantes son las gaviotas y los charranes que se alimentan en ella. De esta forma, existen especies que utilizan la laguna de forma transitoria, como la lecha (*Seriola dumerelii*), otras que permanecen en ella todo su ciclo vital como el chaparrudo (*Gobius niger*) o la aguja de río (*Syngnathus abaster*) y por último, peces que viven en el Mediterráneo y entran a la laguna durante una parte de su ciclo biológico, como la anguila (*Anguilla anguilla*) o la dorada (*Sparus aurata*).

## **f) Áreas protegidas.**

La estructura de áreas protegidas o designadas para su futura protección tiene la virtud de constituir la base para la ordenación del territorio con criterios de conservación, a través de la evaluación de su representatividad y grado de cobertura de los elementos a proteger.

La actual estructura de áreas protegidas en la que nos basaremos se encuentra recogida en la legislación regional (Espacios Naturales Protegidos por la Ley 4/1992, de Ordenación y Protección del Territorio de la Región de Murcia) incluye los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) de la Región de Murcia (aplicación de la Directiva 92/43 CEE), las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) (Directivas de la Unión Europea Red NATURA 2000) y por otro lado el Convenio Ramsar (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas) cuyo principal objetivo es “la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo”.

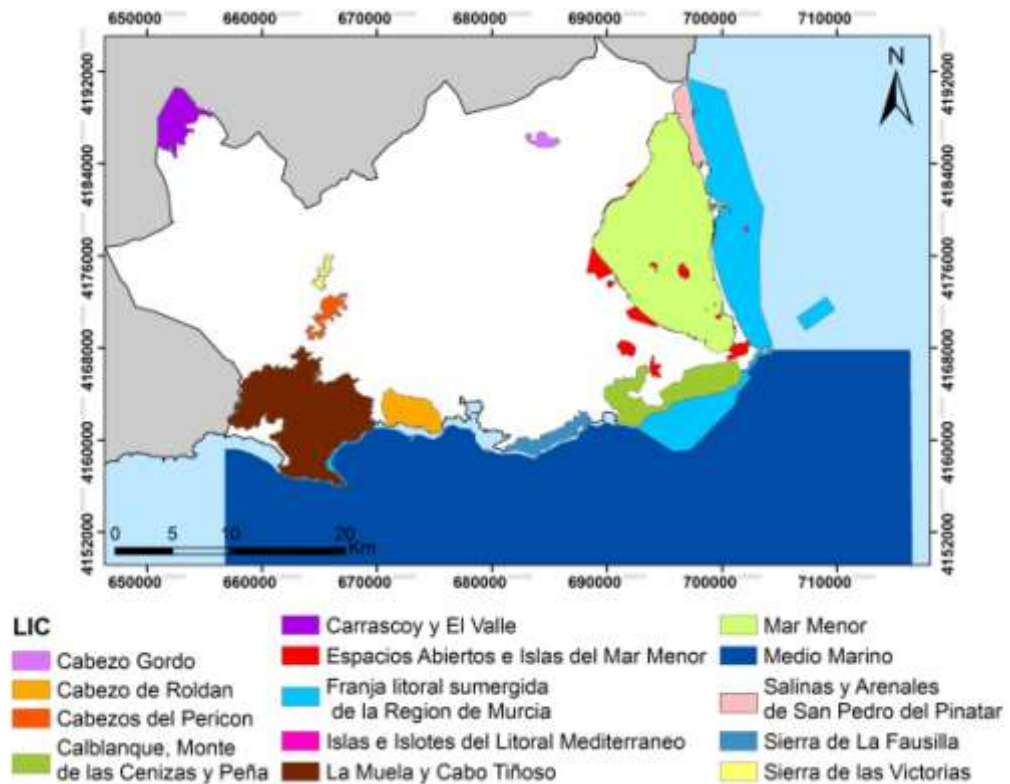


Figura I.52: LIC del Campo del Mar Menor (Elaboración propia).

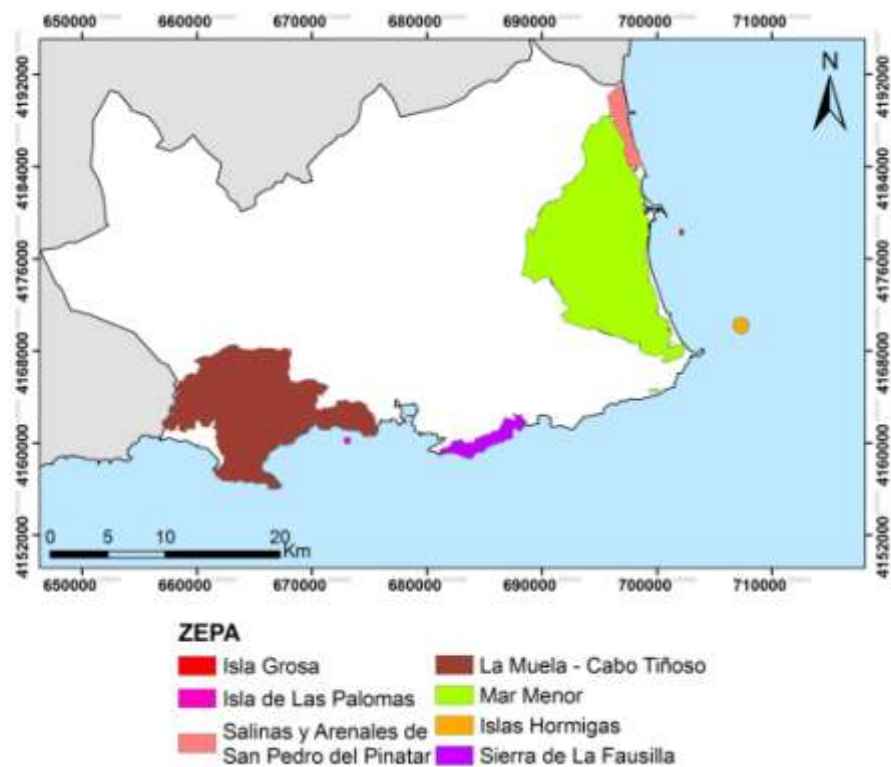
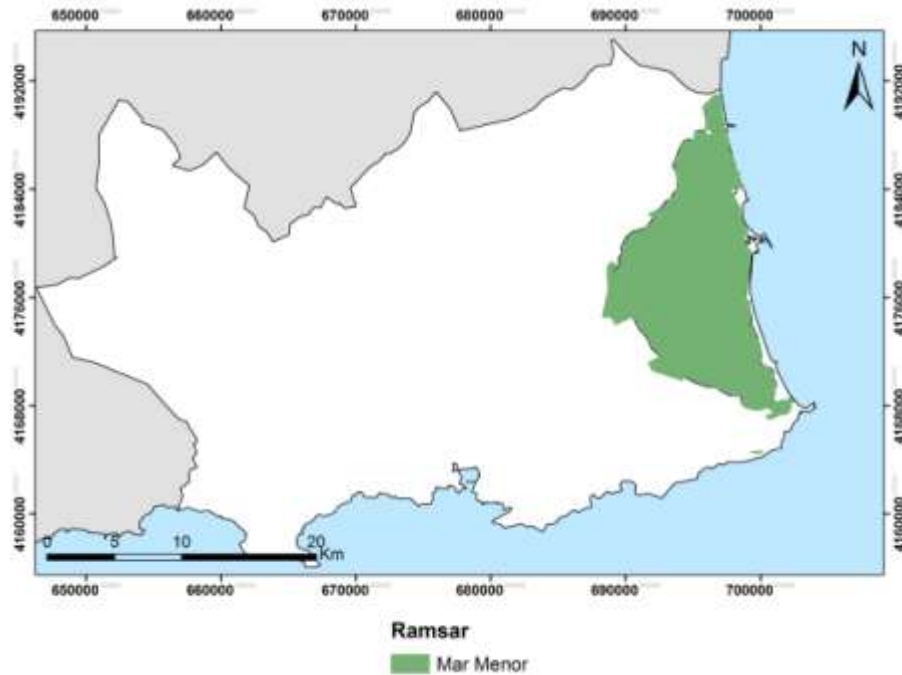


Figura I.53: ZEPA del Campo del Mar Menor (Elaboración propia).



**Figura I.54:** Ramsar del Campo del Mar Menor (Elaboración propia).

Es llamativo el hecho de que en algunos lugares se ostenten varias figuras de protección, en el caso del Mar Menor hasta 3, y sin embargo la protección efectiva llevada a cabo no ha logrado reducir las presiones que afectan a la zona, que se pueden sintetizar básicamente en tres:

- Aumento de la artificialización del suelo en sus límites (por la construcción de nuevas urbanizaciones, puertos deportivos, una densa red viaria, expansión de los cultivos, etc.)
- Presión debida al turismo.
- Eutrofización de los sistemas acuáticos por vertidos de origen agrícola y urbano.

Esto se traduce en la pérdida de biodiversidad, alteración del hábitat y cambios de los ecosistemas.

Debido a las fuertes presiones de origen antrópico y a las singularidades del territorio, existen numerosas especies endémicas o iberoafricanismos que deben ser objetivo de una adecuada gestión del hábitat.



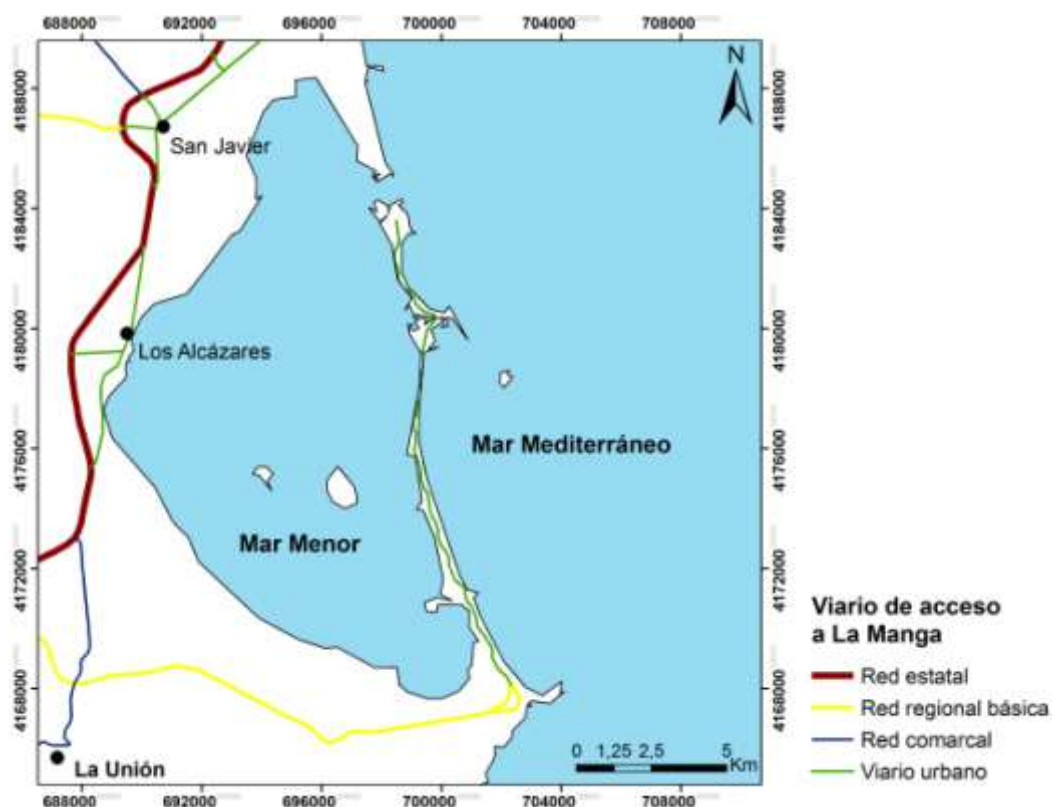
## **10. Infraestructuras**

### **a) Red viaria**

El turismo de la zona es un fuerte sector económico que ha influenciado enormemente en el desarrollo de la zona. Se trata de un turismo fuertemente estacional centrado en julio y agosto por lo que las infraestructuras de la zona tienen que conseguir absorber todos los movimientos realizados por los veraneantes, en su mayor parte de la misma Región de Murcia y del resto de provincias de España.

El sistema territorial de asentamientos urbanos introduce una fuerte dependencia del uso del coche, necesario para los desplazamientos laborales, de ocio, de adquisición de bienes y servicios... A estos motivos se le añade una mala política de desarrollo en cuanto a reparto y densidad de ocupación del territorio en los grandes núcleos que lindan con el Mar Menor, con la construcción de grandes espacios hoteleros en detrimento de pensiones y hostales (al contrario que en interior del Campo del Mar Menor donde prevalece una construcción dispersa) favoreciendo aún más la avenida de vehículos de veraneantes en la temporada alta de verano.

En el conjunto de infraestructuras el sistema de carreteras soporta el 95% de los viajes. La densidad de carreteras en el área es la mayor de la Región de Murcia. La autovía que da acceso a esta región es la AP-7, perteneciente a la Autovía del Mediterráneo que pasa a pocos kilómetros de San Javier y Los Alcázares. Para el acceso al cordón litoral un ramal de la red regional, la MU-317, sale de la AP-7, llegando hasta el límite sur de La Manga, convirtiéndose en este punto en una vía de menor categoría y atravesado el cordón en toda su longitud hacia el norte hasta la zona de las Encañizadas. En la siguiente imagen se muestra las principales infraestructuras de transporte por carretera que dan acceso a La Manga y sus inmediaciones:



**Figura I.55:** Red viaria en las inmediaciones del Mar Menor (Elaboración propia).

En un estudio de la red de carreteras de Murcia realizado por el Departamento de Geografía de la Universidad de Murcia se hace distinción entre el Campo de Cartagena y la zona del Mar Menor, se mostrarán los resultados correspondientes al Mar Menor que son los más ajustados a nuestra zona de estudio. De esta forma los valores corresponden a la longitud de red completa de carreteras, densidad de red según superficie y población. Se muestran a continuación estos valores relacionados con la media en España y en la Región de Murcia:

	Red completa de carreteras (km) (*)	Densidad según superficie (Km/Km <sup>2</sup> )	Densidad según población (Km/1000 hab)
<b>España</b>	150295,10	0,30	4,00
<b>Murcia</b>	3284,90	0,29	3,40
<b>Mar Menor</b>	220,00	6,70	0,72

(\*) Distribución comarcal aproximada de la red viaria estatal y comarcal.

**Tabla I.7:** Datos de la red de carreteras del Mar Menor relacionado con los de España y lo de la Región de Murcia (Universidad de Murcia).

Es destacable la gran diferencia que existe entre los valores del Mar Menor con los comparados. El elevado valor de densidad según superficie se debe a la reducida superficie existente en la zona de estudio, al ser la mayoría agua, y al fuerte acondicionamiento que es

necesario para abastecer la demanda en los meses de verano. Por otro lado, la densidad según población es extremadamente reducida seguramente por la poca población censada en la zona, que vive de forma permanente.

## b) Ferrocarril

Las infraestructuras ferroviarias y el transporte por este medio de transporte es muy deficiente en la zona del Mar Menor. En todo el Campo de Cartagena se podría decir que el transporte por ferrocarril se centra en Cartagena. El eje principal se establece entre Cartagena-Murcia, línea de vía única no electrificada, pasando por Torre Pacheco, y dando acceso desde Murcia al resto de España y de ciudades más importantes de la Región de Murcia.

Existe otra conexión que se realiza en el interior del municipio de Cartagena al unirse mediante línea de transporte de mercancías el centro de la ciudad con el polígono industrial originado a partir del Muelle Príncipe Felipe situado al sur de Cartagena.

Por último, y como única conexión con las inmediaciones del Mar Menor, existe una vía única, estrecha y no electrificada que establece la unión entre Cartagena y Los Nietos, pueblo del mismo municipio a las orillas del Mar Menor.

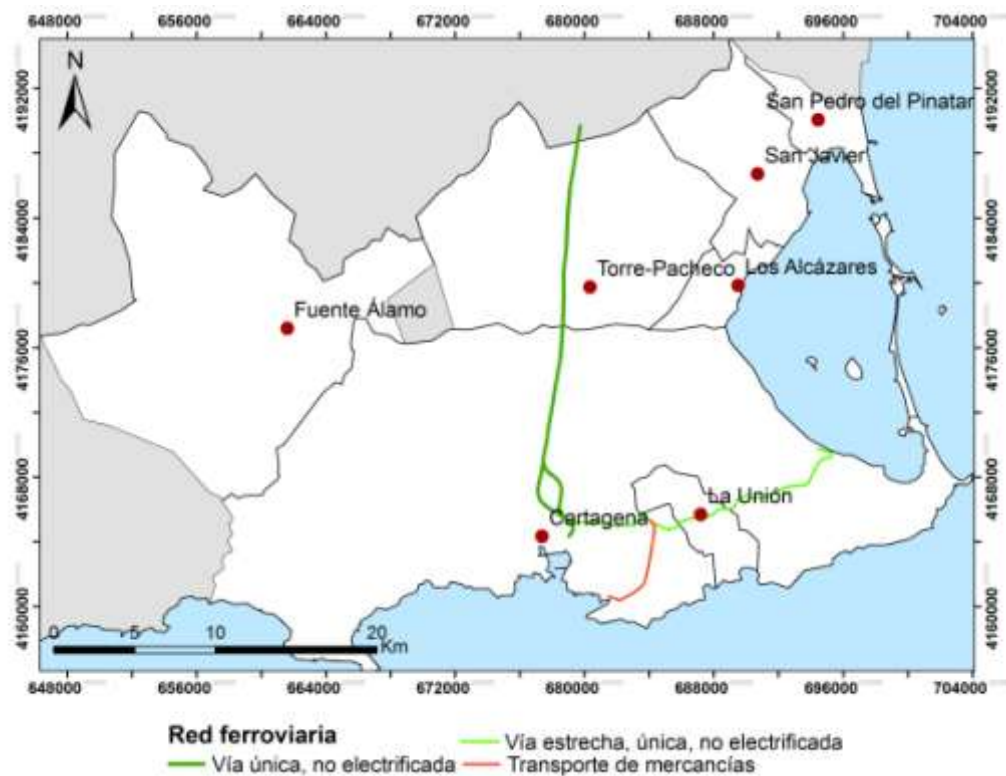


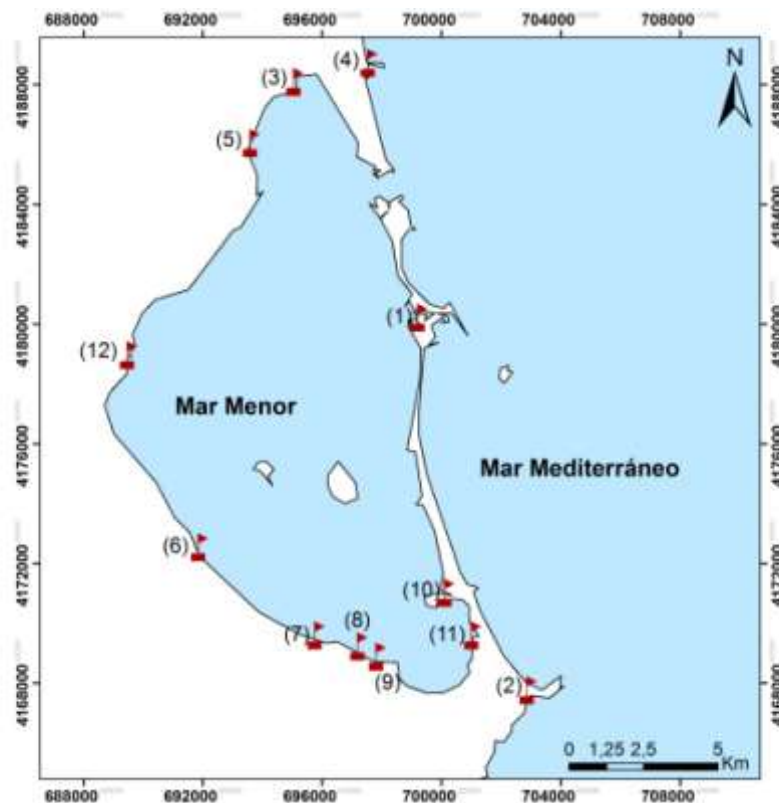
Figura I.56: Red ferroviaria del Campo del Mar Meno (Elaboración propia)r.

### c) Infraestructuras portuarias

Una consecuencia natural del enorme incremento del turismo que ha sufrido la zona ha sido el desarrollo de las distintas actividades náuticas con fines de recreo ayudado por las características únicas que definen el entorno de la laguna litoral, convirtiéndose en una importante fuente de ingresos.

De esta manera han sido construidos un total de doce puertos deportivos y clubes náuticos repartidos por toda la costa de la zona de estudio. El listado y su posición se muestran a continuación:

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| (1) Puerto Tomás Maestre                       | (7) Club Náutico de Los Nietos      |
| (2) Club deportivo Cabo de Palos               | (8) Club Náutico Islas Menores      |
| (3) Club Náutico Lo Pagán                      | (9) Puerto deportivo Mar de Cristal |
| (4) Dársena deportiva Marina de Las Salinas    | (10) Puerto deportivo La Isleta     |
| (5) Real Club de regatas Santiago de la Ribera | (11) Puerto deportivo Dos Mares     |
| (6) Club de regatas Mar Menor Los Urrutias     | (12) Club Náutico Mar Menor         |



**Figura I.57:** Distribución de los puertos en el Mar Menor (Elaboración propia).

La mayoría de los puertos y clubes náuticos citados anteriormente tienen un tamaño muy reducido, entorno a los 250 amarres, con el único fin de dar cobijo a las pequeñas

embarcaciones que suelen navegar por la laguna, siendo los de mayor capacidad el de San Pedro del Pinatar con 404 amarres y el de Lo Pagán con 357 amarres

Mención a parte requiere el Puerto Tomás Maestre situado en la gola del Estacio ocupando todo el ancho del cordón. Se ha convertido en una importante área deportiva, comercial y de ocio. el puerto ofrece en la actualidad amarre para más de mil seiscientas embarcaciones, desde los cinco hasta los treinta metros de eslora, continuándose actualmente las obras de habilitación que permitirán alcanzar un total de mil setecientas embarcaciones deportivas y de recreo.

El acceso al puerto desde el Mar Mediterráneo discurre por un canal navegable, siendo ésta la única vía de comunicación entre el Mar Menor y mar abierto para el tráfico marítimo. Sobre dicho canal existe un puente que debe ser abierto para permitir el paso de embarcaciones, pero no puede estar siempre elevado al dejar incomunicadas las partes norte y sur de La Manga. Actualmente la misma empresa gestora del puerto es la encargada de gestionar las aperturas del puente tras la renuncia de renovación del contrato por parte de la anterior empresa gestora de dicho puente.



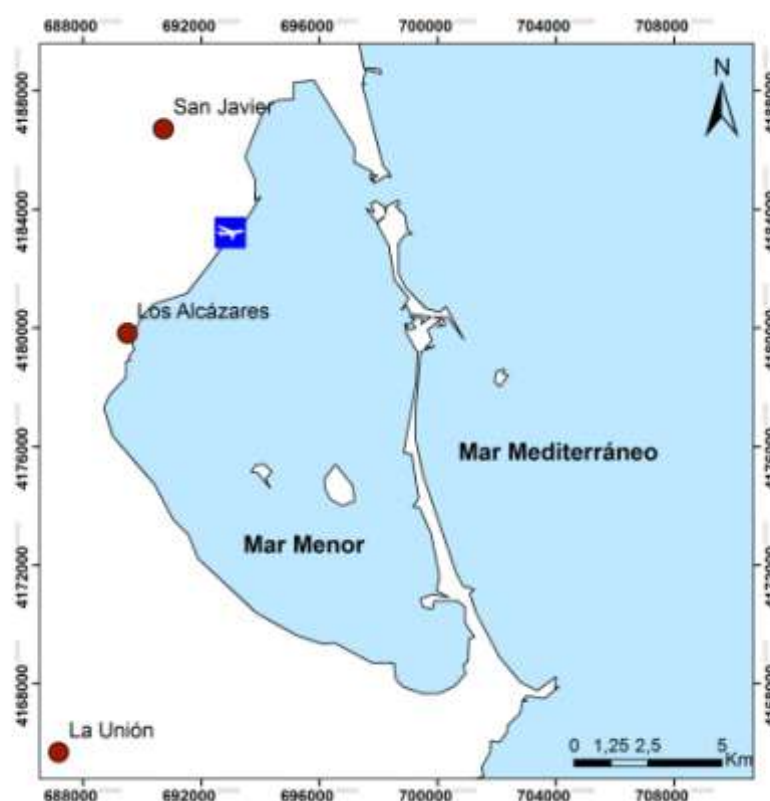
**Figura I.58.** Imagen aérea del Puerto Tomás Maestre ([www.murciaturistica.es](http://www.murciaturistica.es)).

#### **d) Aeropuertos**

Debida a la comentada saturación de tráfico rodado y presencia prácticamente nula del ferrocarril, la única opción para mejorar la accesibilidad a esta zona de gran potencial turístico es el fomento del transporte aéreo, favoreciendo la llegada de turistas extranjeros y nacionales evitando el congestionamiento de las calles de los núcleos urbanos de la zona.

El único aeropuerto de la zona es el de San Javier, que es a la vez base militar y aeropuerto civil, fue remodelado en 1995 para su uso como aeropuerto civil, año en el que tuvo un volumen de pasajeros de 88.608. En 2004 la terminal tiene una ampliación de 1.100 m<sup>2</sup> además de implementar nuevos equipos en la zona de entrega de equipaje. En 2006 se abrieron 8 mostradores de facturación alcanzando un total de 16 habilitando mucho mayor espacio para las colas y se reubicó la zona de seguridad con un tamaño 10 veces mayor.

En la actualidad en el aeropuerto siguen obras de mejora de su capacidad. En 2009 se obtuvo un volumen de 1.630.521 de pasajeros con 15.900 operaciones de vuelo, hecho que evidencia la creciente importancia que se le está dando al transporte aéreo en la zona de estudio.



**Figura I.59:** Situación del Aeropuerto de San Javier (Elaboración propia).

## II) Caracterización del medio. Nador

---

### 1. Localización y datos fisiográficos

La laguna Bou Areg, también llamada laguna de Nador o Mar Chica, está situada en el noreste de Marruecos, en la parte central de la gran bahía de Nador. Esta zona, comprendida entre el Rif y el Atlas, se caracteriza por pequeñas montañas que dominan amplias depresiones más o menos planas. Aquí se individualizan pequeñas redes hidrográficas mediterráneas cuya cuenca, Bou Areg, se extiende sobre centenas de kilómetros cuadrados.

Esta cuenca de forma sub-triangular, se encuentra entre las latitudes  $34^{\circ} 54' N$  y  $35^{\circ} 17' N$  y entre las longitudes  $2^{\circ} 10' W$  y  $3^{\circ} 05' O$ . Está definida por dos cadenas montañosas que alcanzan el suroeste de la misma: el macizo de Kebdana, que culmina en 932 m, y todas las montañas alineadas de norte a sur formadas por el Macizo de Gourougou (887 m) y Bni Bu Ifrour (697 m).

El humedal está alimentado por: las aguas del Mediterráneo a través de un solo punto (Bukhana), los ríos de agua dulce y el vertido de aguas residuales procedente de las diversas actividades humanas de las tres ciudades que lo rodean (Beni Enzar, Kariat Arkmane y Nador).



Figura II.1: Situación geográfica de Nador (Elaboración propia).

La laguna de Nador es la única laguna costera en la costa mediterránea de Marruecos. Cubre un área de 115 km<sup>2</sup> con una forma semi-elíptica con una longitud de eje mayor de 25 km y una anchura máxima de 7,5 km. Su profundidad varía entre 0,50 y 4 metros en la periferia y entre 5 y 7 metros en el centro.





**Figura II.2:** Dimensiones de la laguna de Nador (Elaboración propia).

Un cordón litoral rectilíneo formado por dunas consolidadas, separa esta laguna del mar cuya comunicación se establece por la anteriormente mencionada Bukhana; se caracteriza por una altura entre 3 y 20 metros y una anchura de 300 a 1000 metros (incluso 2 km en el sur).

## 2. Caracterización geomorfológica

### a) Contexto general

La laguna de Nador es un sistema parálico caracterizado por cuatro dominios estructurales: el macizo de erupciones volcánicas de Gourougou, el macizo Beni-Bou- Iffrou, la llanura de Bou-Areg y el macizo de Kibdana. Estas formaciones alimentan el interior de la laguna con material sedimentario, por lo que es fundamental estudiar su composición e historia geológica.

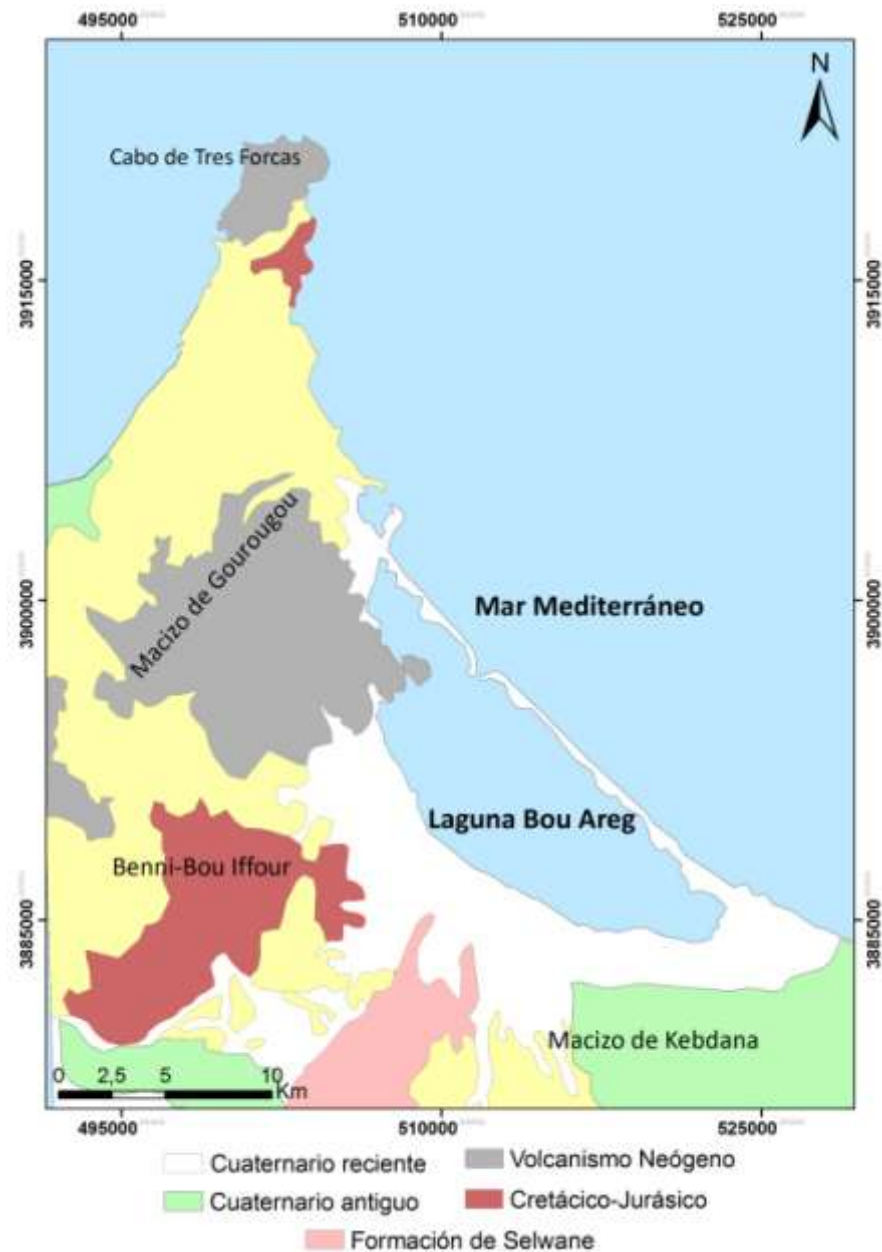


Figura II.3: Unidades geológicas de la laguna de Nador (Elaboración propia).

- **El monte volcánico Gourougou**

Es una montaña eruptiva en forma de cono que domina las ciudades de Nador y Melilla. Culmina a una altura 887 m, tiene pendientes muy pronunciadas y unos 30 km de diámetro en la base.

Las erupciones volcánicas que han creado este volcán durante el Terciario y Cuaternario temprano, han dado lugar a largas coladas de traquitas y riolitas, andesitas y basaltos. Estas

rocas se han extendido hasta la frontera oriental de la llanura de Bou Areg, el nivel de Arkmane.

- **Macizo Bni Bu Ifrou**

Este macizo está marcado por varios accidentes tectónicos y es conocido por sus explotaciones de hierro. Alcanza una altura de 699 metros y constituye la base del vulcanismo de Gourougou. Su historia se extiende desde el Jurásico (calizas, areniscas y margas calcáreas) al Cretácico (series de piedra arenisca-esquisto y volcanso-sedimentarias). Todo está cubierto por el Mioceno (melaza). Una parte del macizo está atravesado por varias venas micro-granodioríticas, asociadas con la mineralización del flysch y la piedra caliza, lo que explica la su gran cantidad de hierro.

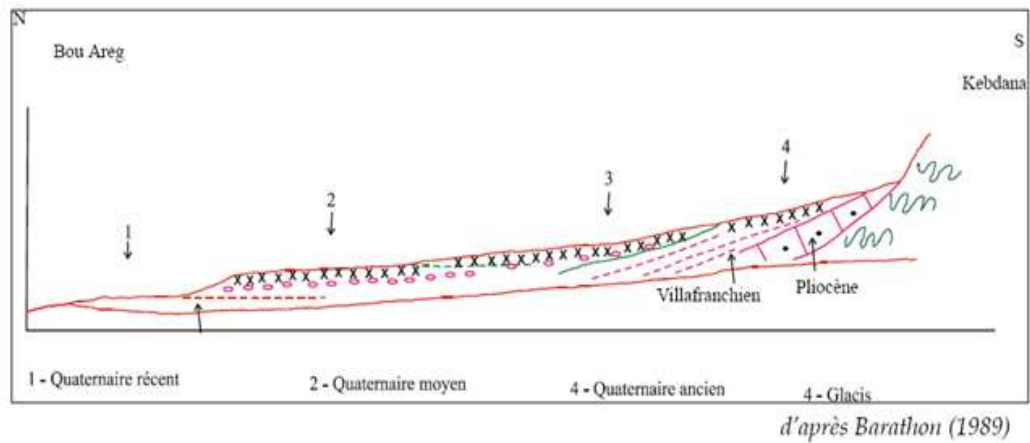
- **Llanura Areg Bou**

Forma parte del hundimiento de la cuenca “Gareb-Bou-Areg”. Los conglomerados y areniscas del Plioceno constituyen los cimientos de esta llanura, pero la mayor parte de la misma está cubierta por arcilla roja del cuaternario medio. El espesor de estos depósitos excede 120 m cerca del mar.

Las diversas deformaciones, fallas y ejes anticlinales y sinclinales, han afectado a esta llanura, junto a la llanura de Gareb. La subsidencia que acompaña estas deformaciones dió lugar a la reciente construcción de las terrazas fluviales que cubren las formaciones más antiguas.

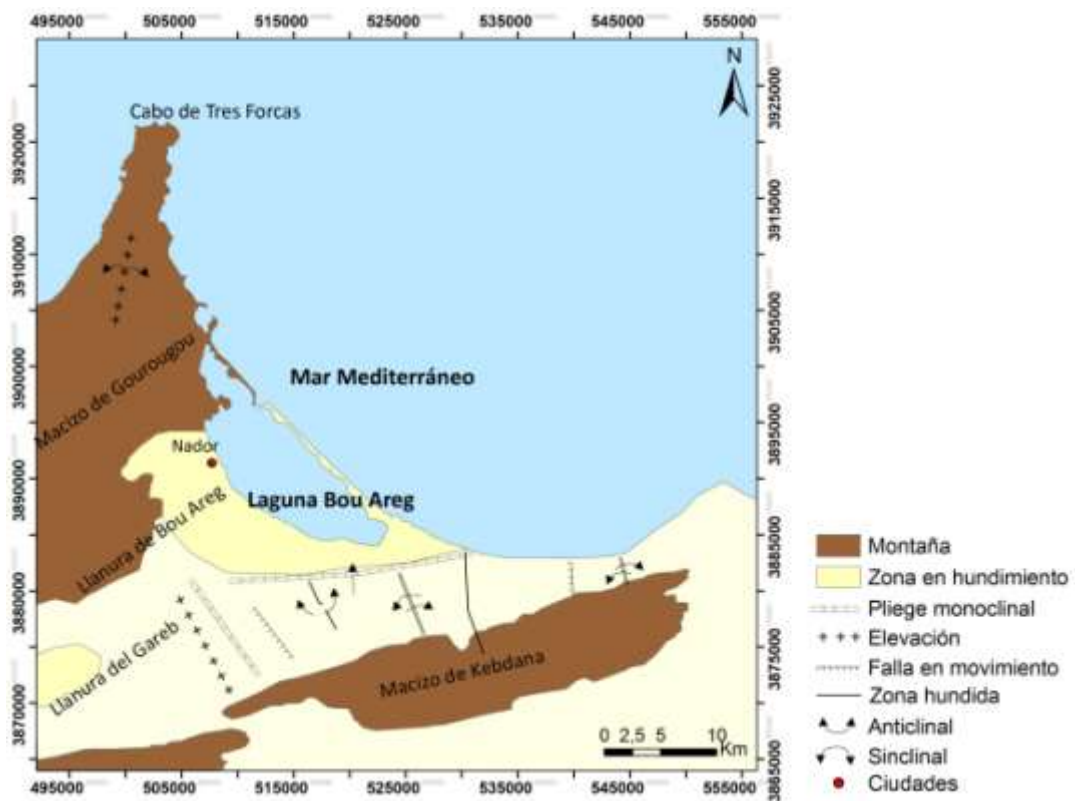
- **Montañas Kbdana**

Se eleva a una altura de 937 metros y se caracteriza por la abundancia de piedra caliza y margas del Jurásico al Mioceno tardío. Sus laderas de la zona noroeste tienen la misma inclinación que mantienen hasta el mar (figura II.4), donde se extienden hacia el este a través de acantilados verticales.



**Figura II.4:** Área de contacto Kbdana Bou Areg (D'après Barathou, 1989).

Al igual que todas las unidades orográficas del Norte-Este, el macizo Kbdana está rodeado por un conjunto de fallas y pliegues, de hecho, es un gran pliegue fuertemente doblado y ligeramente inclinado hacia el sur.



**Figura II.5:** Tectónica en las proximidades de la laguna (Elaboración propia).

La historia de la cuenca del Mediterráneo norte oriental de Marruecos, caracterizada por la influencia combinada de la tectónica y el volcanismo, está marcada por varios acontecimientos geológicos:

- 1) La formación de enormes Kebdana (Jurásico) y Beni-Bu-Iffrou (Jurásico Cretácico).
- 2) El hundimiento de la llanura de Bou-Areg.
- 3) La sucesión de episodios transgresivos y regresivos.
- 4) Las erupciones volcánicas.
- 5) Por último, la génesis de la laguna de Nador.

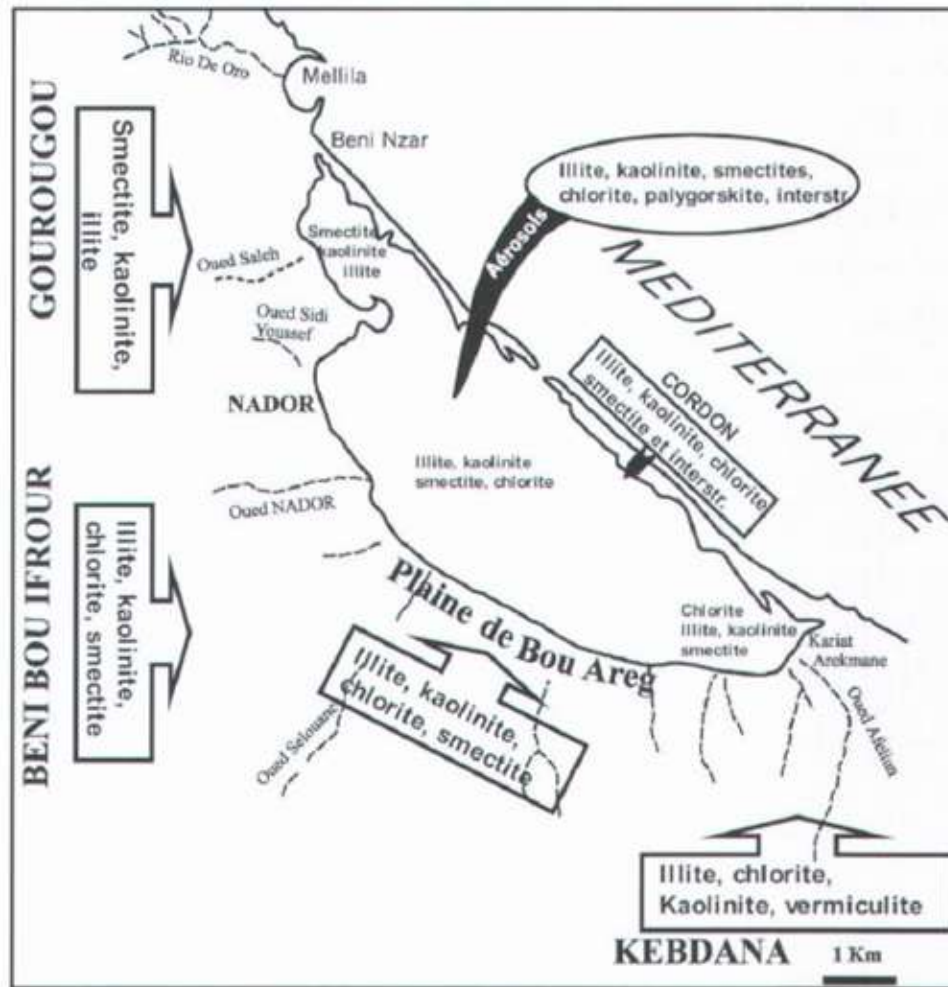
## **b) Laguna de Nador**

La historia comienza en el Jurásico a través de la formación de los macizos de Kebdana y Beni-Bu-Iffrou. En el Mioceno Medio la superposición lateral de la placa africana sobre la placa de Alborán produjo un aumento de la corteza en la llanura de Bou-Areg. Ésta fue posteriormente invadida durante la trasgresión del Tortonense que depositó margas verdes. La colisión de las dos placas dio lugar a una actividad volcánica a la que se atribuye la formación del macizo de Gourougou (NW), es el hecho más importante en la historia del Mioceno en el Rif, ya que tuvo el efecto de levantar la orogenia rifeña y provocar la regresión definitiva del mar del Mioceno. El establecimiento de este macizo se vio acompañado por una efusión de lava en la llanura de Bou-Areg. Esta carga causó un hundimiento seguido por la transgresión de fin del Messina marcada por un depósito de marga gris.

El Cuaternario se caracteriza por depósitos de conglomerados. Éstos dieron lugar a una intensa carga en la cuenca que resulta en un hundimiento, de nuevo seguido por un ciclo de transgresión-regresión, que dio a luz a la laguna.

- **Sedimentología de la laguna**

La sedimentología de la laguna de Nador depende tanto de las aportaciones sólidas continentales como de las marinas. La red fluvial densa y temporal es responsable del deslizamiento de grandes cantidades de materiales, como lo demuestran las pendientes pronunciadas de los relieves que drenan a esta red. La producción de sedimentos está relacionada con las inundaciones, mientras que las aportaciones orgánicas (en relación a la contaminación urbana) son crónicas.



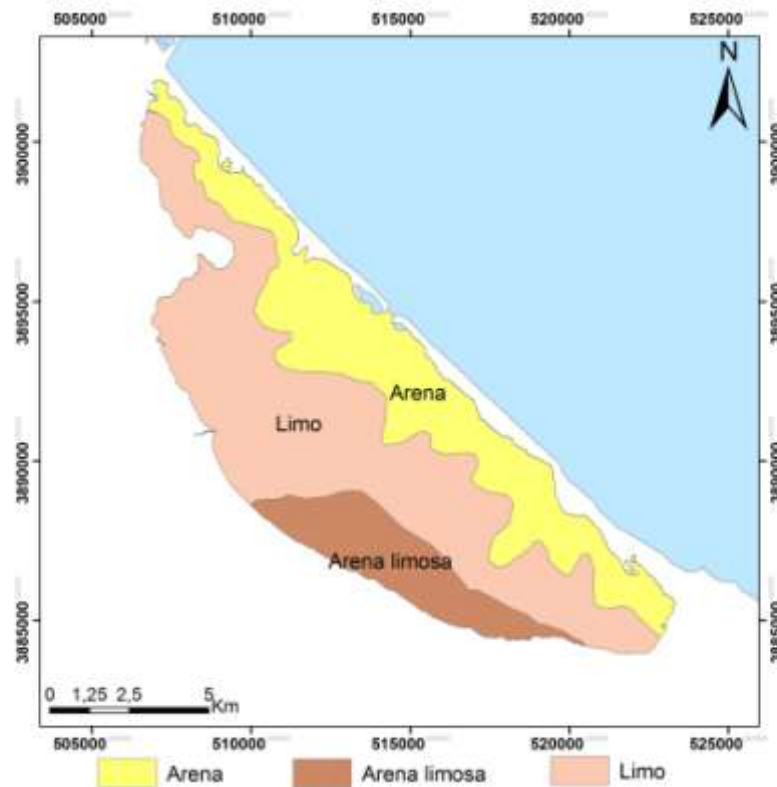
**Figura II.6:** Principales zonas de alimentación de minerales limosos de los sedimentos superficiales de la laguna de Nador (minerales ordenados según su importancia)

Según el diagnóstico del proyecto MedWetCoast, dentro del conjunto de la zona húmeda, los sedimentos superficiales están dominados por limo y arena fina, con una fase bio-detrítica.

La fracción fina (<63  $\mu\text{m}$ ) presenta una zonificación transversales muy distinta: sus concentraciones aumentan progresivamente a partir de la franja costera (14-20%) hacia el margen continental (83-91%), en otras palabras, conforme nos acercamos a la gola encontramos sucesivamente:

- Limos negros (20 a 60 mm) con numerosos bioclastos en el margen continental, aunque las arenas y gravas pueden adquirir importancia en algunas desembocaduras de ríos.
- Arena muy fina con contenido en bivalvos cerca de Beni Ansar y Kariat Arkmane.
- Arcillas y limos de oscuros a verdes con fragmentos de moluscos en el centro de la laguna.

- Arenas de finas a medias cercas del cordón litoral.



**Figura II.7:** Distribución de sedimentos en el interior de la laguna (Elaboración propia).

Las mayores concentraciones de fracción fina se encuentran a la altura de la estación depuradora y en las áreas de confinamiento situadas en los extremos noroeste y sureste de la laguna. Sin embargo, a lo largo de la costa continental, las desembocaduras de los principales ríos se caracterizan por sedimentos gruesos, principalmente de arena.

La distribución de la fracción fina en la laguna de Nador sigue el modelo clásico de organización de los sistemas de lagunas sedimentarias, especialmente el de cuenca parálicas separadas del mar por un cordón litoral.

El estudio de la evolución temporal del tamaño de las partículas de los sedimentos de la laguna de Nador, muestra una reducción gradual y más o menos significativa de la extensión de las zonas de arena en beneficio de sedimentos lodosos, tanto en el cordón litoral como en la costa continental y la parte central de profundidad.

El mecanismo de la sedimentación en la laguna parece estar regida por dos modos:

- La turbulencia en el pasado, favorecido por la poca profundidad y la acción del viento y la corriente dentro de la laguna, es relativamente amplia para permitir la renovación de

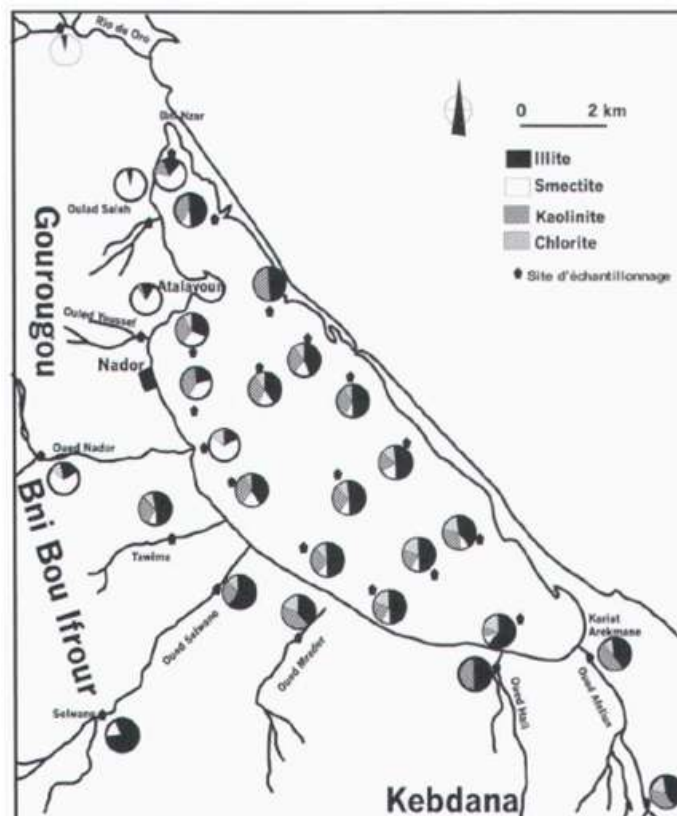
arenas y su depósito en el interior de la laguna por dirección de las corrientes (Sureste).

- En el margen continental, estos mismos factores (viento, profundidad, corrientes...) permiten el empuje y la liquidación secuencial de los materiales (en su mayoría orgánicos) aportados por las ramblas. Una parte de este material se encuentra atrapada en el fondo y otra es transportada al centro de la laguna, donde se somete a una colocación en suspensión uniforme. Esta uniformidad se observa también en las zonas de contención en los extremos de la laguna.

En el mar, los sedimentos costeros se corresponden con finas arenas bioclásticas, pero las playas y las dunas están más bien compuestas de arena con conchas.

- **Caracterización mineralógica de las aportaciones fluviales y eólicas.**

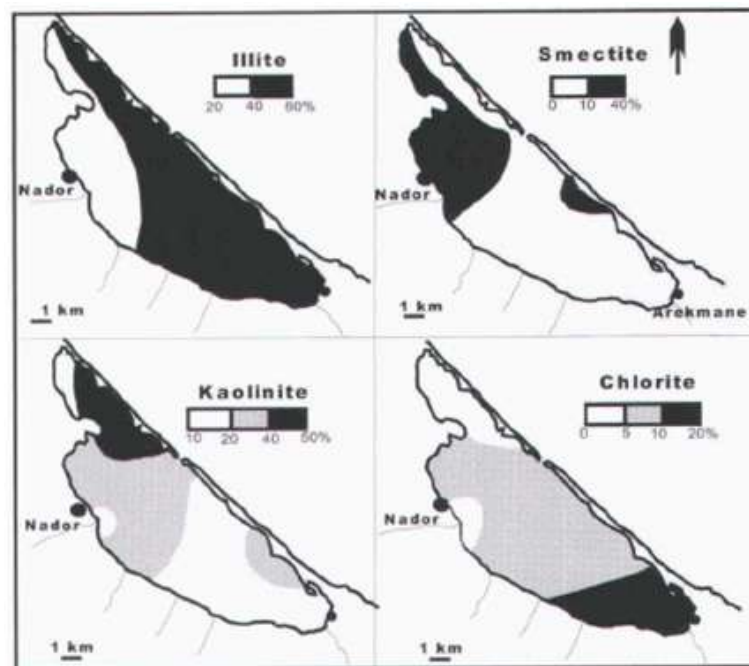
El análisis mineralógico de la fase de arcilla de los sedimentos superficiales muestra que se compone de illita, caolinita, esmectita y clorita, en proporciones muy variables de un lugar a otro (figura II.8 ).



**Figura II.8:** Distribución de minerales arcillosos de los sedimentos superficiales de la laguna de Nador y dentro de los aluviones. (Mahjoubi R. et al., 2003).

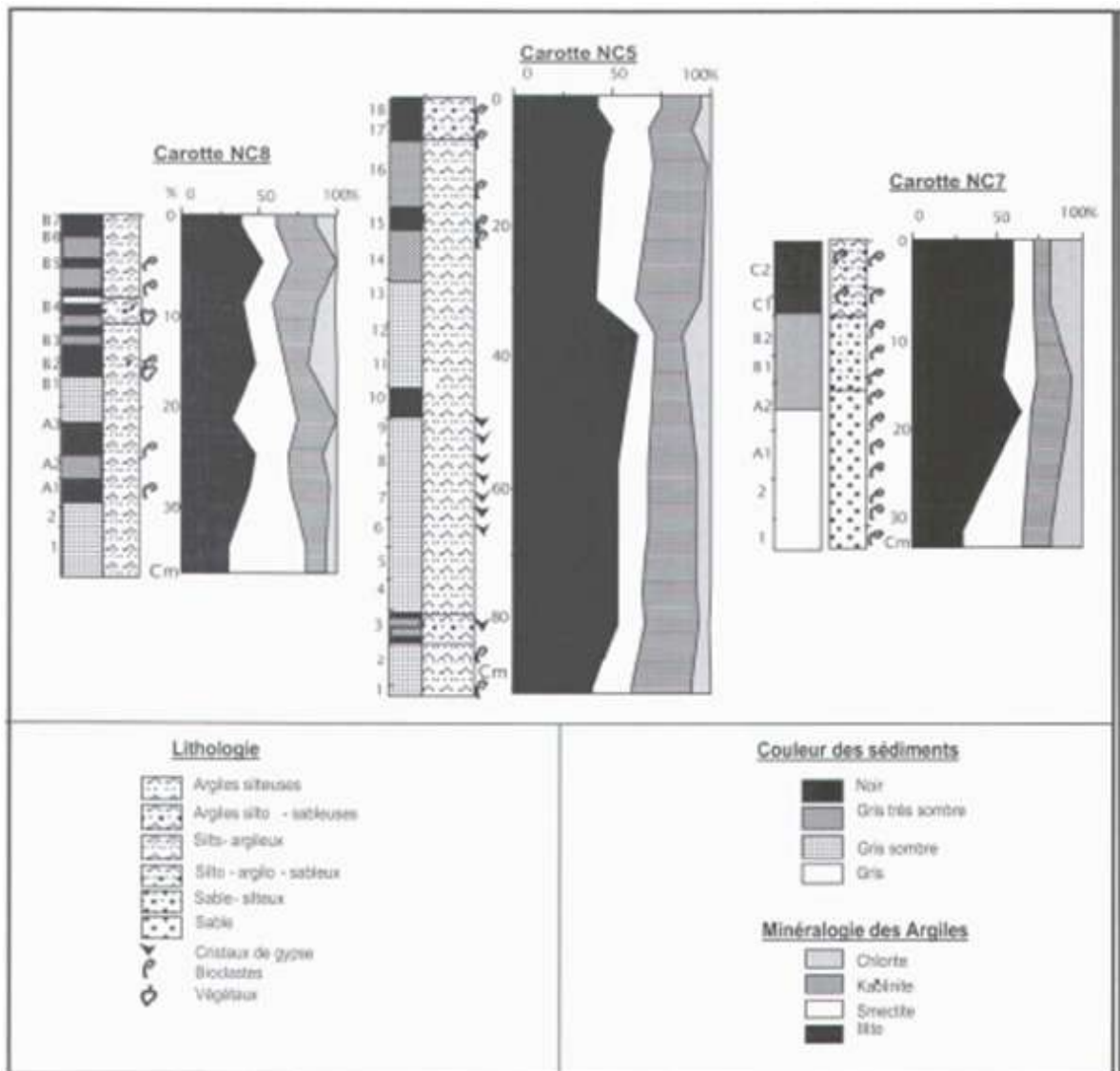


La illita es el mineral más abundante en proporciones próximas al 50%, siendo menos notables en la zona costera situada entre el Atalayoun y la desembocadura del río Selwan. La caolinita también está presente en toda la laguna y está en proporción significativa en el triángulo Bni Enzar-Atalayoun-passe. Las proporciones más bajas (>20%) se encuentran principalmente en el área SE. La esmectita se caracteriza principalmente por estar bien cristalizada en la Bahía de Atalayoun. La clorita es el mineral de arcilla menos representativo de la laguna y se encuentra en áreas sesgadas distintas. En el noreste su proporción es del 20% mientras que en el resto de la laguna su contenido no supera el 10%. (Mahjoubi R. et al., 2003).



**Figura II.9:** Repartición de cada uno de los minerales de los sedimentos superficiales de la laguna de Nador. (Mahjoubi R. et al., 2003).

En la figura II.110 se muestra con mucho más detalle la composición mineralógica estudiada a partir de los testigos que se muestran en el mapa II.11:



**Figura II.10:** Evolución de los facies y composición mineralógica de la fase arcillosa de los sedimentos superficiales de la laguna de Nador (Mahjoubi R. et al., 2003).



**Figura II.11:** Lugares de extracción de testigos (Mahjoubi R. et al., 2003).

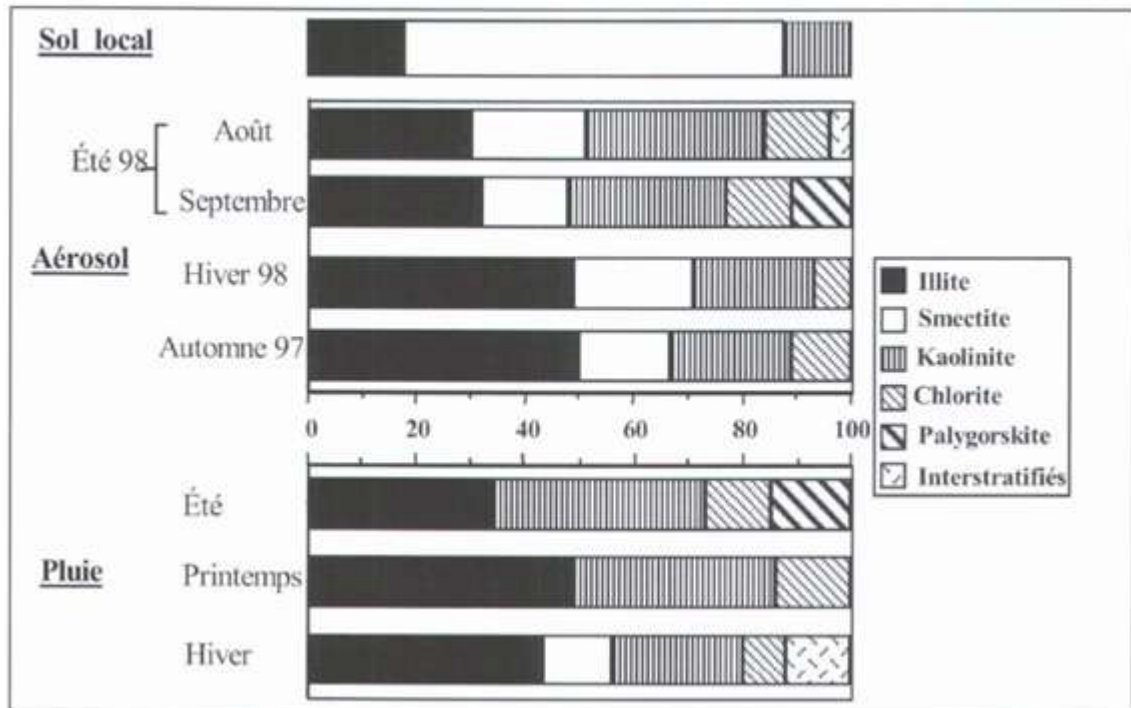
La distribución de las arcillas relata de la deriva peri-litoral de las masas de agua, pero las asociaciones mineralógicas están cambiando igualmente con el origen de las aportaciones fluviales. Se distinguen tres tipos de asociaciones de este tipo:

- Asociación caolinita-esmectita-illita, característica de las aguas provenientes del macizo volcánico de Gourougou.
- Asociación illita-clorita-caolinita con restos de vermiculita, característica de las aguas provenientes del macizo de Kebdana;
- Asociación illita-caolinita-esmectita-clorita-, característica de las contribuciones sólidas de Beni-Bou-Iffrou.

Los sólidos en suspensión que provienen de los ríos del macizo de Kebdana contienen trazas de paligorskita y son ricos en illita y clorita, mientras que los proceden de los macizos de Bni Bou Iffrou y Gourougou son cada vez más ricos en esmectita.

Por otro lado, las aportaciones eólicas de la fase arcillosa constan de los cuatro minerales principales: illita, esmectita, caolinita y clorita, además de los interestratificados y de la paligorskita, cuyas proporciones varían con las estaciones (figura II.12) y, consecuentemente, con la dirección de los vientos dominantes. Así, en otoño e invierno, cuando los vientos dominantes son del sector NW, las contribuciones son generalmente ricas en illita, mientras

que en verano, los vientos dominantes son de dirección NE, dominando la caolinita con los interestratificados.



**Figura II.12:** Comparación de arcillas tomadas de muestras recogidas en aerosol y en suelo cercano a la estación meteorológica.

### c) Cordón litoral.

La isla barrera que separa la laguna del mar está compuesta de una base de dunas consolidadas (barras de calcoarenitas) separadas por corredores en forma de canales (de aspecto a veces pantanoso). En él, se pueden identificar cuatro unidades sedimentarias con distintas características (ver figura II.13). La más antigua de ellas data del Pleistoceno y se compone de un facies litificado de calcarenita que testifica un medio sedimentario costero de alta energía. Las barras más recientes indican más bien una dinámica del borde del mar (gran influencia de las mareas). Por otra parte, la isla muestra en algunos lugares unos depósitos asociados a las olas de tormenta. Todas estas características sedimentarias indican un sistema de isla barrera transgresora.

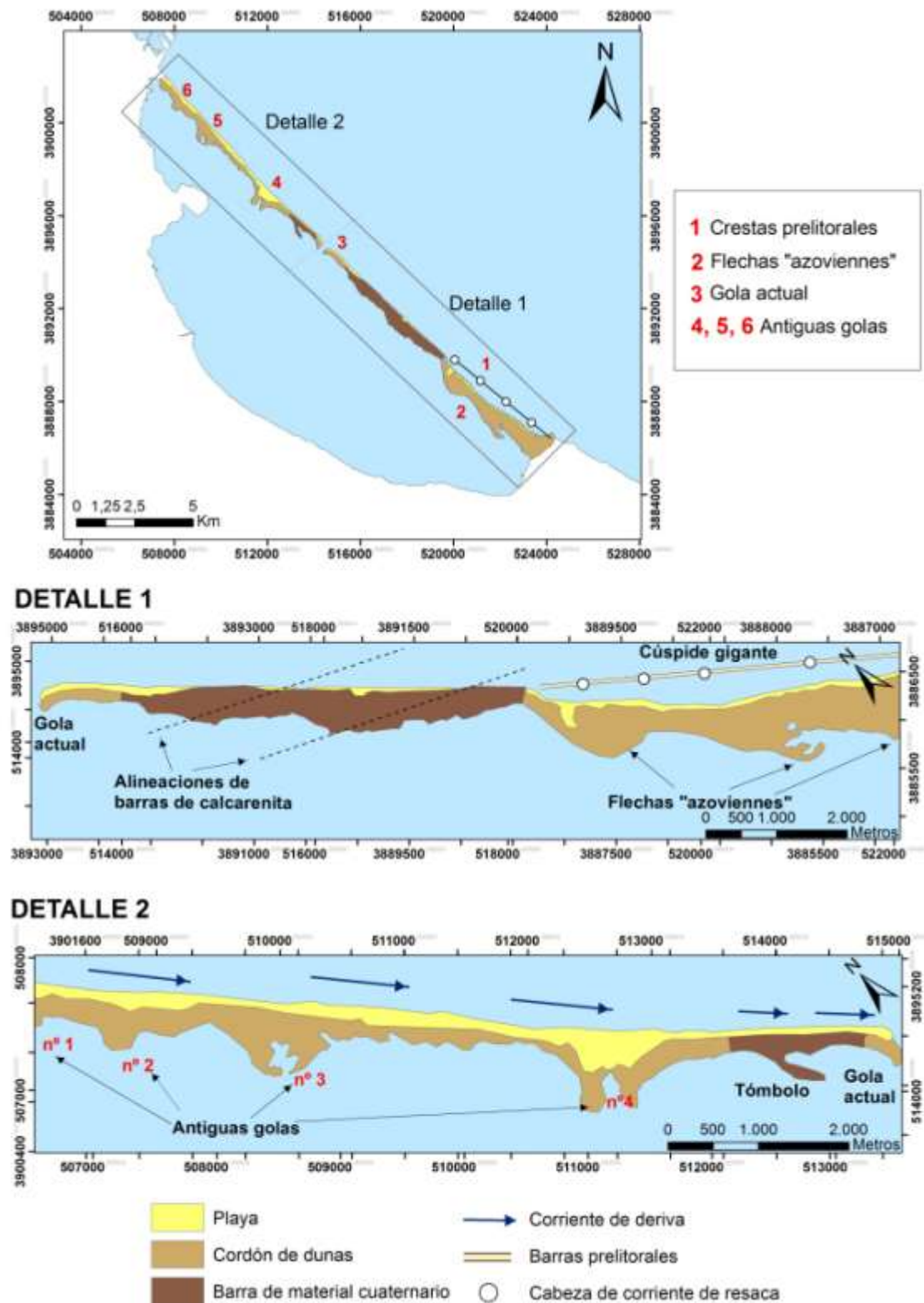


Figura II.13: Unidades morfo-estructurales del cordón litoral (Elaboración propia).

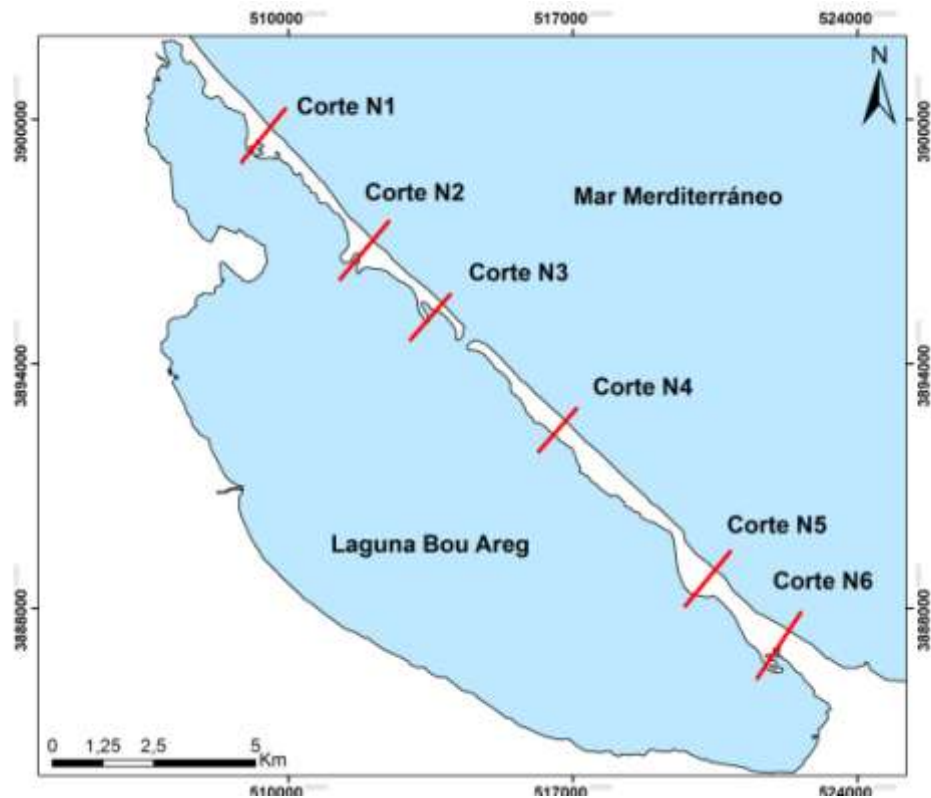
Por el lado de la laguna, el borde de la isla presenta unidades norte y sur de pendientes muy suaves, mientras que las barras de calcarenita se encuentran entre estas dos unidades dominando la laguna por un alto acantilado.

Por el lado marino, la isla muestra dunas vivas y playas, interrumpidas localmente (en el centro) por acantilados. Estas playas están constituidas en su mayoría de arena con conchas y su anchura varía entre 20 y 5 metros.

En el sur de la Bukhana, el cordón muestra corredores correspondientes a los antiguos pasos que han sido invadidos por plantas acuáticas altas y densas. Los corredores existen igualmente en el norte del paso, pero su traza está poco marcada dentro del paisaje de dunas vivas bajas (3 metros). Estos corredores constituyen eventualmente flujos con aportaciones de agua y sedimentos marinos en la laguna debido a las olas de tormenta. Por lo tanto, juegan un papel fundamental en la configuración de la isla, en la hidrología y el engorde del margen oriental de la laguna.

### **3. Detalles del cordón de Nador**

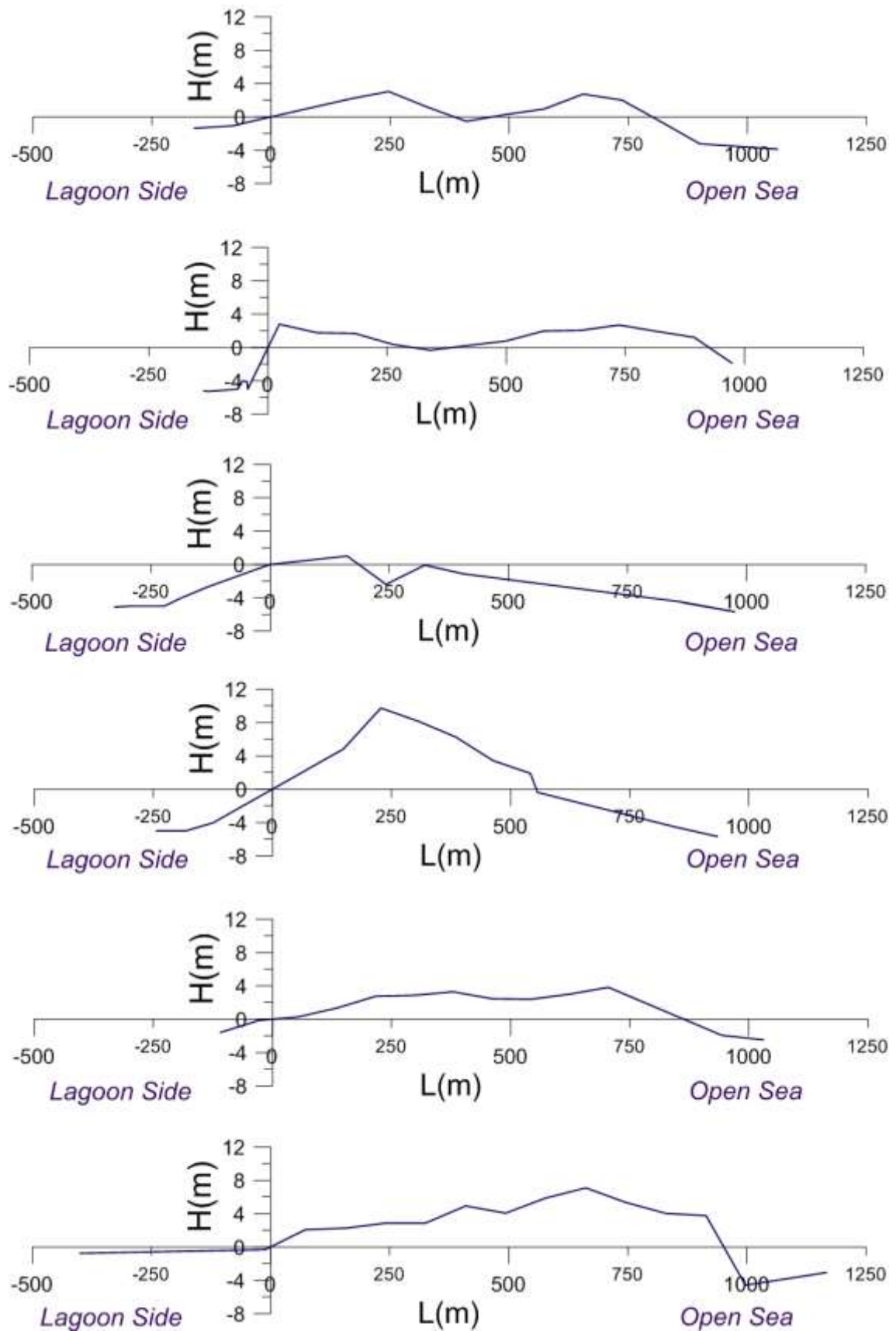
Para ver en detalle cómo es el cordón litoral, se muestran a continuación unos cortes transversales realizados en partes representativas del cordón y dos cortes longitudinales superpuestos, uno por la parte central del cordón y otro por la parte interior, pegado a la laguna.



**Figura II.14:** Situación de los cortes transversales mostrados a continuación (Elaboración propia).

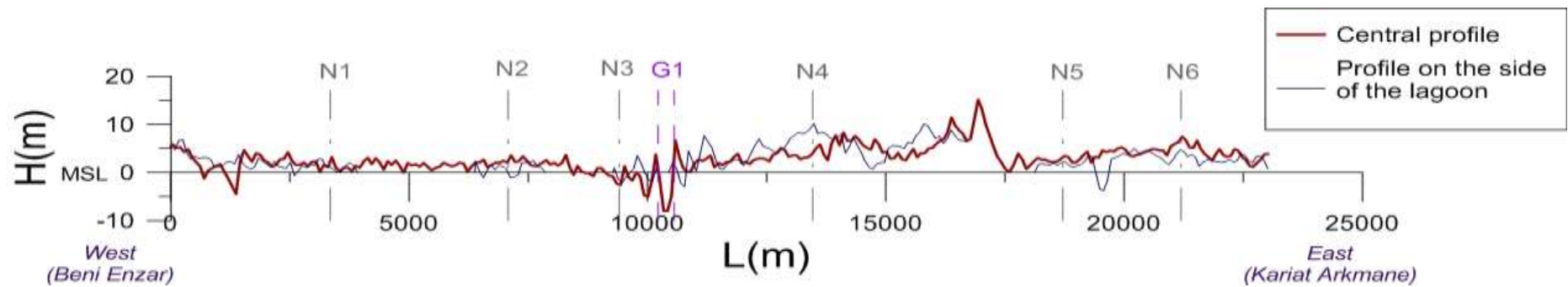
Después del corte longitudinal se muestran unas gráficas en las que se observa la variación de la anchura del cordón en toda su longitud (con el cambio de la anchura que hubiera si el nivel medio del mar subiese o bajase 1 metros) y la altura máxima del corte transversal realizado en los 23 puntos que se han tomado para la representación de dichas gráficas.



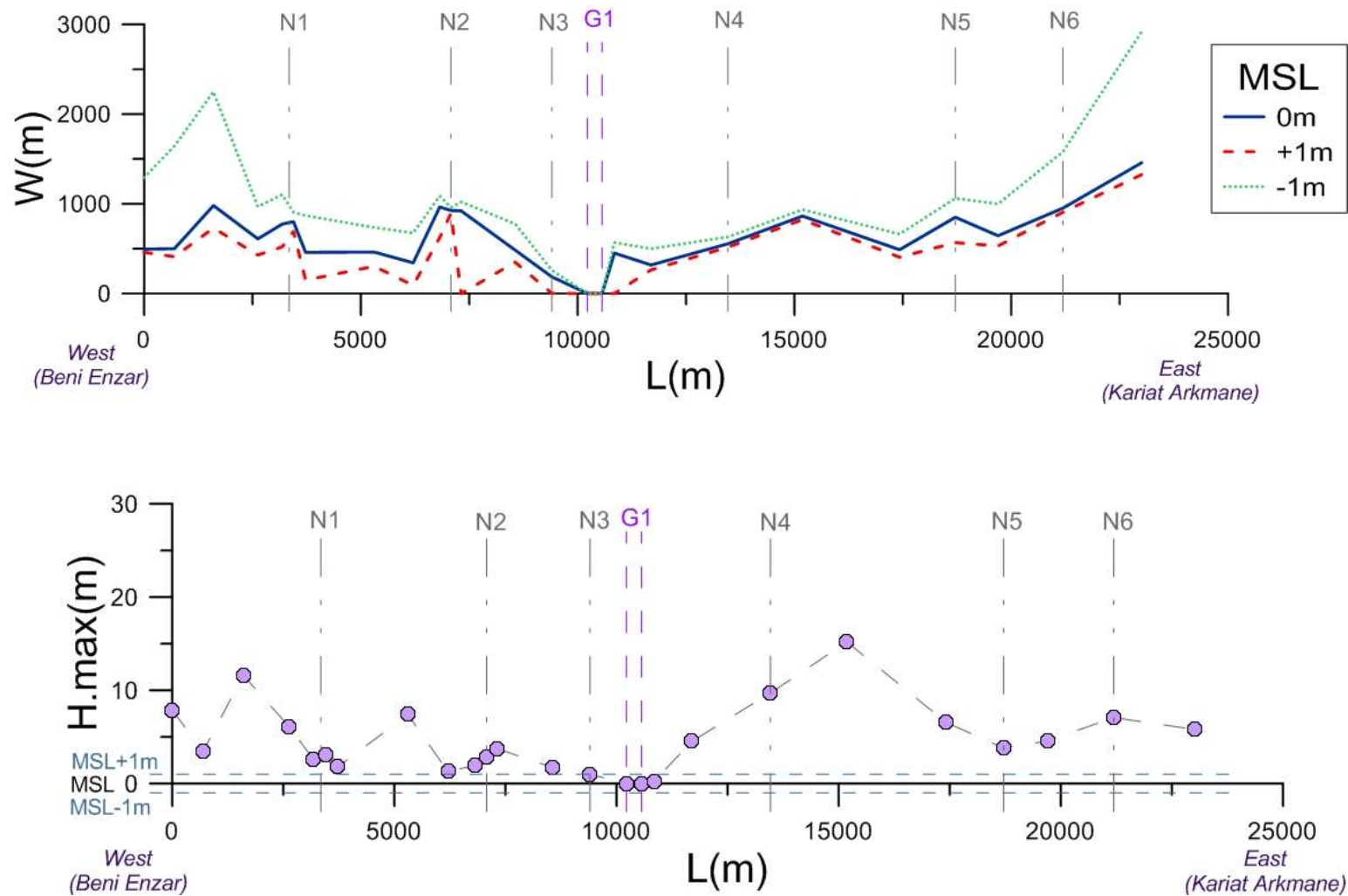


**Figura II.15:** Cortes transversales en el cordón de Nador (de arriba abajo: N1, N2, N3, N4, N5, N6) (Elaboración propia).





**Figura II.16:** Cortes longitudinales a lo largo del cordón de Nador. Se muestra las situaciones de los cortes transversales N y de la gola (Elaboracion propia).



**Figura II.17:** Arriba: anchura del cordón a lo largo de toda su longitud con la variación de la anchura si el nivel medio del mar subiese o bajase 1 metro.  
 Abajo: altura máxima en 23 cortes realizados a lo largo de todo el cordón (Elaboración propia).

## **4. Contexto climático, hidrogeológico, hidrológico e hidrodinámico**

### **a) Breve contexto climático**

El clima de la laguna es de tipo mediterráneo, con estaciones opuestas, y muy influenciado por la latitud, la altitud y la influencia subsahariana. La lluvia, débil e irregular, varía en función de los años (entre 150-450 mm.año<sup>-1</sup>), alcanzando sus valores máximos durante diciembre y abril. En el período 1991-2001, ha variado entre 225 mm año<sup>-1</sup> (1998) y 390 mm año<sup>-1</sup> (1992). El promedio mensual de las temperaturas del aire variará entre los 13 ° C en enero y 28 ° C en agosto, con un mínimo de 1 ° C que se observó en enero y una máxima de 35 ° C durante agosto.

Las temperaturas mensuales y salinidades medias del de agua de la laguna siguen la misma tendencia y son mínimas durante la temporada de invierno ( $T < 27^{\circ} \text{C}$  y  $S < 40 \text{ psu}$ ) y máximas durante la temporada de verano ( $T > 27^{\circ} \text{C}$  y  $S > 40 \text{ psu}$ ).

Los vientos del oeste dominan durante los meses de diciembre a marzo, mientras que los vientos del este-noreste son frecuentes durante el período de mayo a noviembre. Las intensidades medias de los vientos del oeste varían entre 3.8 y 4.4 m/s, las de los vientos del noreste entre 4.6 y 5.3 m/s, siendo los más intensos los del este-nordeste que varían entre 4.6 y 6.2 m/s.

### **b) Datos hidrogeológicos**

Las llanuras de Bou Areg y del Gareb poseen acuíferos que constituyen reservas hídricas muy importantes.

El acuífero de Bou Areg, de 190 km<sup>2</sup> de superficie, se compone principalmente de formaciones lacustres villafranchiennes (Carlier, 1971). Su profundidad es de 40 metros cerca de Kebdana y de 1 m cerca de la costa. Las aguas de este acuífero fluyen directamente hacia la laguna y su resurgimiento freático aparece sobre el borde continental de la laguna, sobre todo a nivel de los ríos.

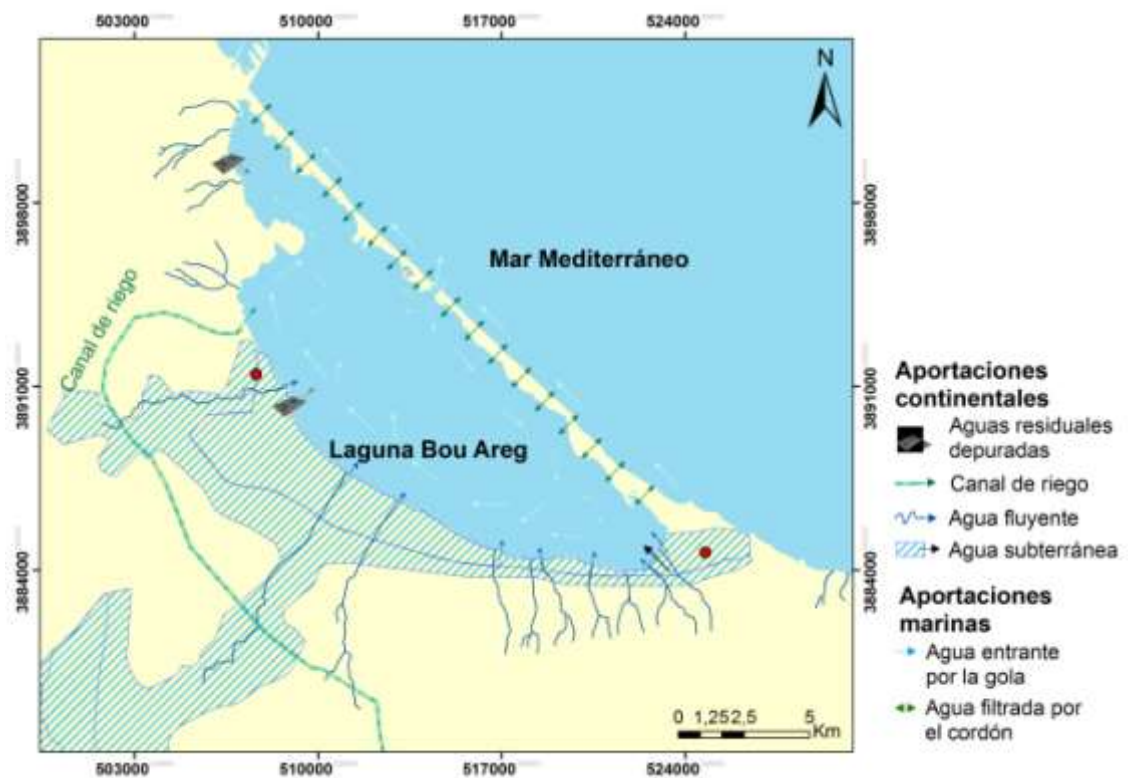
El acuífero de Gareb, mayor que el anterior (290 km<sup>2</sup>), y más profundo (80 metros al sur y 20 metros al norte), fluye hacia el norte y por lo tanto actúa indirectamente sobre la laguna Bou Areg.

Sin embargo, diversos factores como las pendientes pronunciadas de los macizos, la falta de sistemas de captación y el clima árido, juegan un papel en contra de la constitución de acuíferos y generan flujos temporales en la superficie de las montañas. Desde el desarrollo hidroagrícola de la llanura, el riego contribuye de manera significativa a la recarga del acuífero.

Por otra parte, existe una infiltración de agua marina en el acuífero, al menos en el noroeste, por lo que las aguas del acuífero Bou Areg son salinas y enriquecidas en nutrientes.

### c) Datos hidrológicos e hidrodinámicos

La hidrología de la laguna depende de tres tipos de recursos hídricos con características hidrodinámicas y físico-químicas muy diferentes: las aportaciones marinas, las aportaciones continentales naturales provenientes de la escorrentía de aguas pluviales y aguas subterráneas y la aportación de aguas residuales tratadas y sin tratar.



**Figura II.18:** Totalidad de las aportaciones de agua en la laguna (Elaboración propia).

- **Aportaciones marinas**

Los intercambios entre la laguna y el Mediterráneo se realizan en la actualidad por una gola de 250 metros de longitud. Allí las corrientes de marea son muy intensas (aproximadamente 1 m/s), bidireccionales, alternantes y disminuyen gradualmente de norte a sur. Por el contrario, en la costa continental de la laguna, las corrientes son débiles y disminuyen pasando a ser de menos de 0,05 m/s. La marea es de tipo semi-diurno, variando entre 0,5 m (mareas vivas) y 0,1 m (mareas muertas). En ausencia de mareas, el viento, caracterizado anteriormente, es el principal factor de circulación y renovación del agua.

Además de estos intercambios regulares, las aguas marinas rompen dentro de la laguna por encima del cordón durante las tormentas, las cuales generan grandes olas que llegan a la laguna en forma de corredores poco profundos que existen a lo largo del cordón litoral.

Asimismo, existe un intercambio mar-laguna debido a la filtración a través del cordón que, aunque el flujo es bajo, ejerce influencia sobre las propiedades físico-químicas y la integridad biológica de las aguas de la laguna.

- **Aportaciones continentales**

La red hidrográfica de Bou Areg se compone de multitud de pequeños arroyos poco ramificados. La mayoría de ellos se encuentran limitados a los periodos de fuertes lluvias, mientras que algunos wadis permanentes (Akhandouk, Caballo, Selouane, Arkmane...) están formados por las aguas provenientes de las alcantarillas de las zonas urbanas que atraviesan. A continuación se caracterizan las principales corrientes:

- **Oued Bouaroug:** desemboca al sur de la ciudad de Nador. El río alimenta a la laguna de aguas residuales no tratadas de la ciudad de Zeghanghane y también las derivadas de la alteración del estratovolcán Gourougou.
- **Oued Selwan:** consiste en uno de los ríos más grande de la región de Nador. Aporta tanto materiales naturales, derivados de la erosión de las formaciones de calizas y margas calcáreas de Selwan y limo de la llanura de Bou Areg, como antropogénicos, procedentes de la industria y de la agricultura (pesticidas y nutrientes).
- **Oued Afelioun:** Situado en el extremo sureste de la laguna, porta las aguas residuales de la ciudad de Arkmane y escombros de piedra caliza Kebdana.

Como se explicó anteriormente, los acuíferos de Bou Areg y Gareb, aportan sus aguas a la laguna. En la actualidad, el techo del acuífero parece estar cada vez más bajo, a pesar de

las contribuciones proporcionadas por el riego. Sus aguas desbordan en la laguna sólo muy localmente (costa sur), con afloramientos producidos a raíz de las fuertes lluvias y el riego intenso.

El canal de riego Bou Areg, coincidente en su parte terminal con el río Sidi Amer (o Iyamniouen), y el sistema de riego local que desemboca en la laguna aseguran la aportación irregular del exceso de agua para riego.

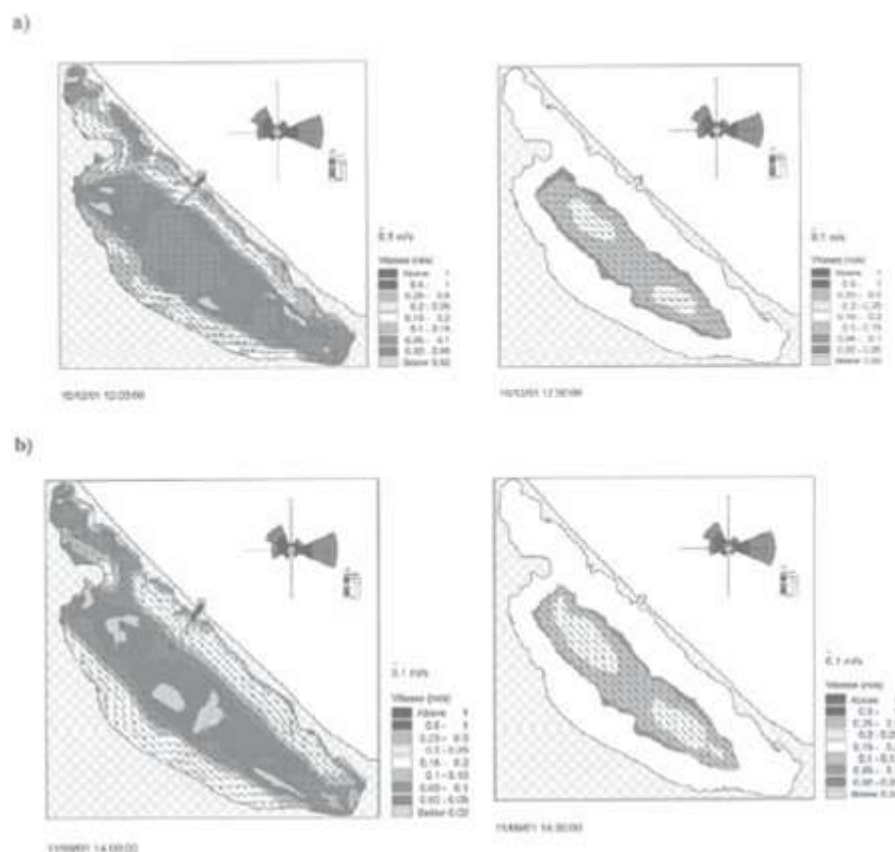
Los efluentes de las ciudades y poblaciones (Nador Sélouane, Zeghanghane, Arkmane...) deben ser considerados seriamente, dado el crecimiento acelerado de los centros urbanos. El flujo de la planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Nador depura desde hace veinte años unos 5000 m<sup>3</sup>/día (El Abassi y Yagoubi, 1984), mientras que el resto de aguas residuales de la ciudad, unos 1720 m<sup>3</sup> /día de agua, se vierten directamente en la laguna (Chatbi, 1983). Actualmente, existen tanques de decantación en Bni Ansar y está proyectada la construcción de una segunda planta de aguas residuales al sur de Nador.

#### **d) Circulación**

La laguna de Nador es clasificada como laguna "interior" ya que su periodo de renovación de las aguas está alrededor de 80 días. El factor más importante que controla el tiempo de permanencia del agua es la acción del viento en la superficie del agua. El rango de tiempo de permanencia oscila entre los 590 días en una situación con ausencia de viento y los 30 días bajo una acción de vientos moderados o fuertes. (Abdellatif Orbi et al.)

En cuanto a la circulación de la superficie de la laguna, los vientos de superficie generan corrientes instantáneas que están implicadas en la misma dirección y acumulan el agua en el norte y en el sur. De hecho, generan olas estivales de dirección NE que nacen cerca del Lido y terminan en la costa continental, y un oleaje del OSO que parte de la orilla continental hasta el Lido. Estas corrientes se sumergen en profundidad en el medio de la laguna.

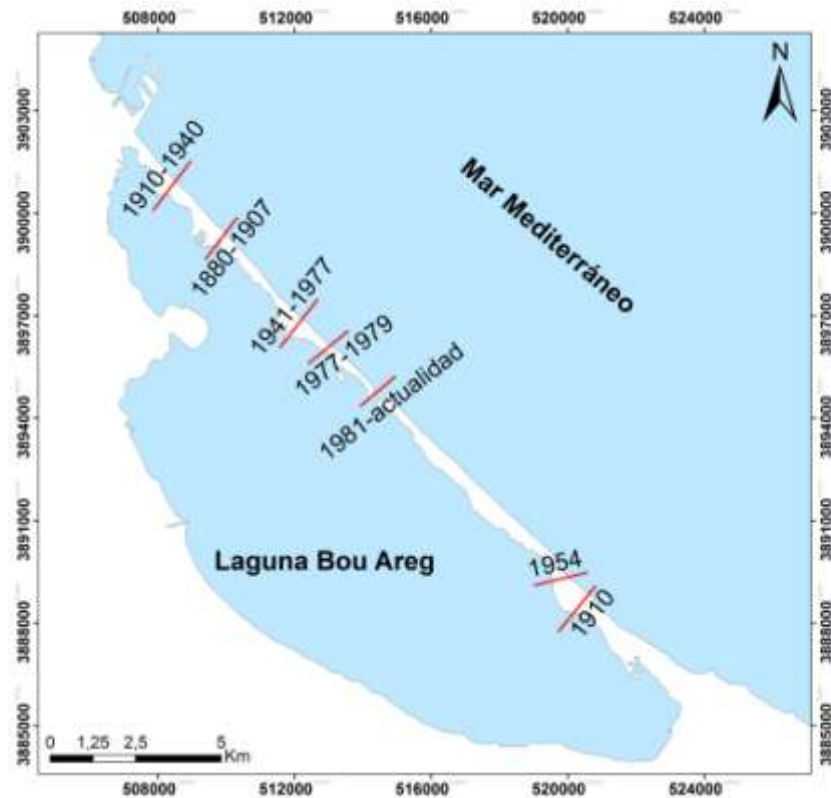
Se observa un retorno de la corriente en contra de la dirección del viento, causada por un gradiente de presión hidrostática longitudinal (Hilmi et al., 2005b).



**Figura II.19:** Circulación en la superficie (izquierda) y en el fondo (derecha), durante otoño (a) y durante la primavera (b) de 2001. La rosa de los vientos está representada en cada mapa (Hilmiet al., 2005).

### e) Cambios de la posición de la gola

La posición de la gola en el cordón ha cambiado varias veces en el tiempo (figura II.20). Entre los años 1907 y 1910, el ecosistema de la laguna estuvo aislado y con predominio de evaporación. En 1910 se realizó el primer dragado y a partir de ahí se sucedieron diferentes comunicaciones. La bukhana (pase actual), inaugurada en 1981 tras dos años de cierre de la laguna, fue originada tras una fuerte tormenta. Posteriormente, fue obstruido gradualmente desde el año 1987 para cerrarse de nuevo en 1993. Los trabajos de acondicionamiento (ensanchamiento del canal existente y la construcción de dos diques) han ayudado a restablecer la comunicación con el mar.

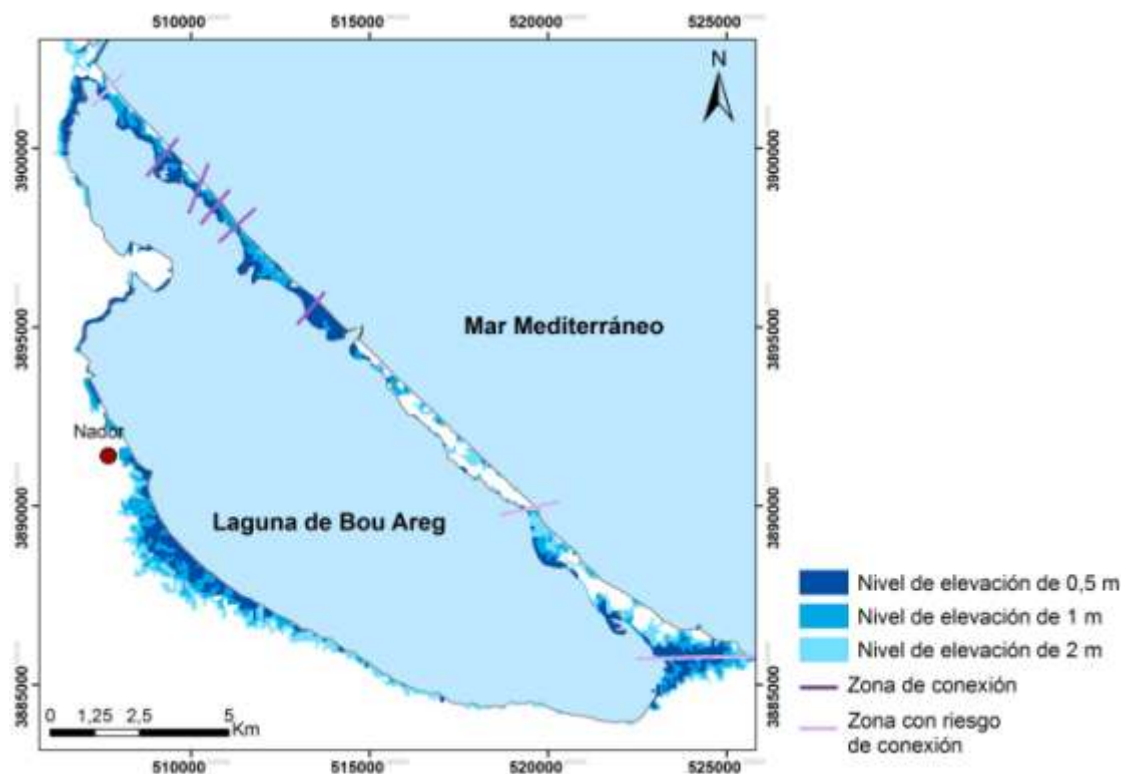


**Figura II.20:** Variación de la comunicación con el mar en la historia reciente de la laguna  
(Elaboración propia).

### **f) Nivel de inundación y futuras golas**

En el mapa siguiente, elaborado a partir de información extraída del trabajo *Adaptation aux Changements Climatiques au Maroc*, se muestra el territorio que quedaría inundado si el nivel del mar subiera 0,5, 1 o 2 metros, y las posibles futuras comunicaciones con el mar que podrían formarse.





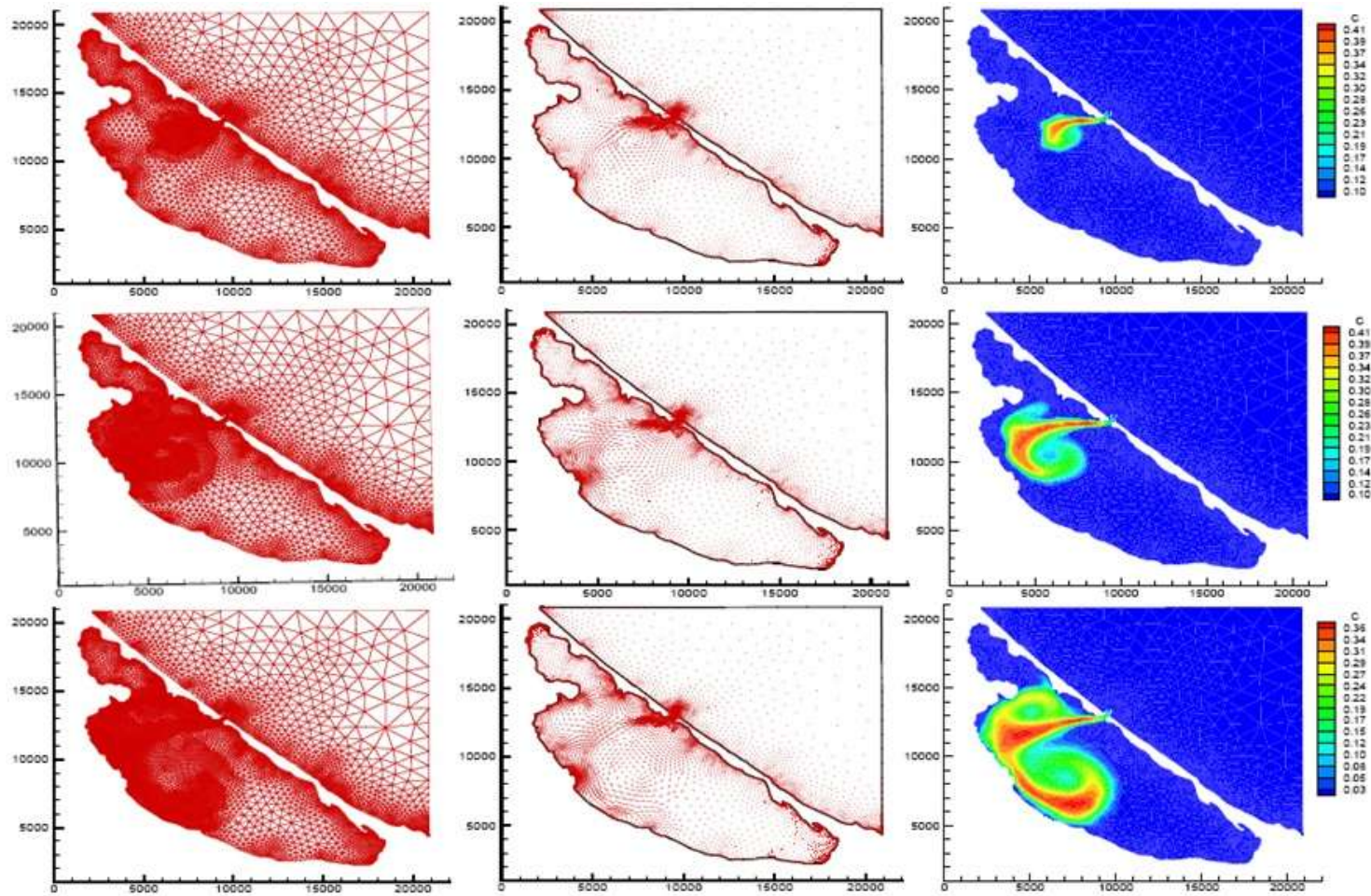
**Figura II.21:** Territorio inundado según nivel de elevación (Elaboración propia).

### **g) Transporte de sedimentos**

F. Benkhaldoun et al. en su trabajo “Numerical modelling of sediment transport in the Nador lagoon (Marocco)” implementan un modelo numérico bidimensional para simular el transporte de sedimentos de la laguna. El modelo consiste en ecuaciones de agua poco profunda que incluyen fuerzas batimétricas, términos de fricción, Coriolis y tensiones de difusión. Para el modelo de transporte de sedimentos se consideró una ecuación Exner para la evolución morfológica y un problema de advección-difusión para el sedimento suspendido. Como solución numérica, se aplica un método de volumen de control finito implementando mallas triangulares no estructuradas. La verificación del método propuesto se ha llevado a cabo utilizando dos casos, una situación con efectos de la erosión y deposición y un caso sin tenerlos en cuenta.

Los resultados muestran una alta precisión en el comportamiento y estabilidad relativa en todos los regímenes morfodinámicos considerados, aunque presenta el problema de que el modelo considerado en el estudio actual es muy idealizado, en particular, los efectos del viento y las olas de marea no se contabilizan.

En las siguientes figuras se muestran los resultados del estudio.



**Figura II.32:** Mallas consideradas (primera columna), vectores de velocidad (segunda columna) y la concentración de sedimento (tercera columna) para el transporte de sedimentos con erosión-deposición en tres ocasiones diferentes de simulación. De arriba abajo  $t=1, 2, 3$  y  $5$  horas.

## 5. Calidad de las aguas

### a) Parámetros físicos-químicos y nutrientes

Según Ruiz F. et al., la laguna de Nador presenta un rango de salinidad típica de las aguas marinas (38 a 39,5‰ en la mayoría de los casos), con valores más altos restringidos a las áreas confinadas situadas cerca de Beni Ensar, al noroeste, y Arkmane Kariet, a la sureste. En consecuencia, los aportes de agua dulce procedentes de estas dos áreas no tienen una importancia significativa en este parámetro, pero sí producen un claro incremento tanto en el contenido de nutrientes (nitritos: 0.018-0.024 mg / L; de amonio: incluso 0,008 mg / L) y los valores de pH (figura II.23). Por el contrario, existe una disminución de las concentraciones de sulfato (665-998 mg / L), principalmente en las zonas adyacentes a la ciudad anterior.

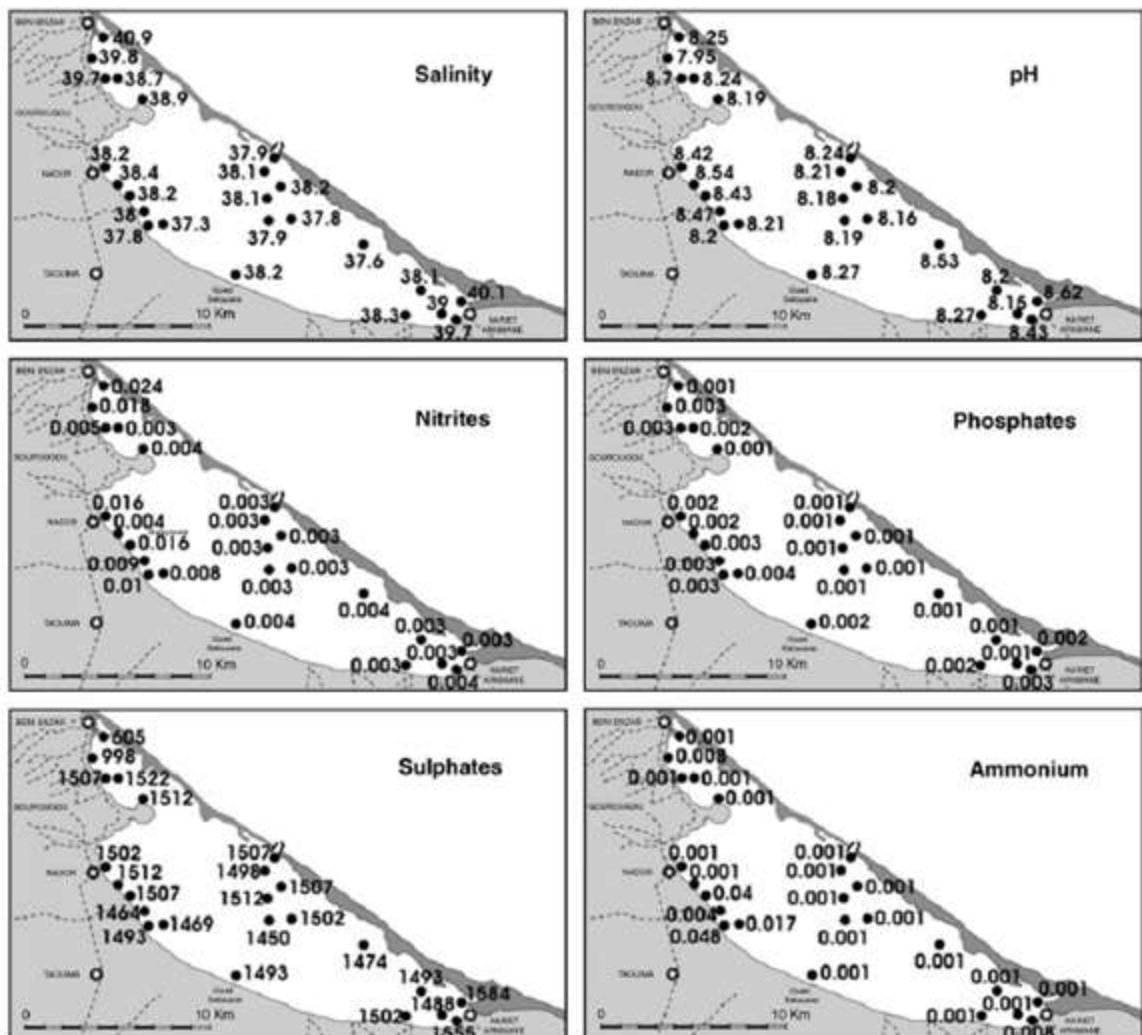
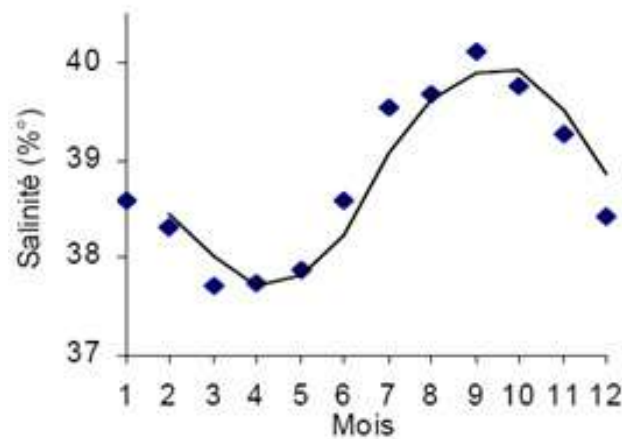


Figura II.23: Parámetros fisicoquímicos del agua (Ruíz F. et al., 2006).

En el margen interior de la laguna, la salinidad disminuye ligeramente ( $<38\%$ ), coincidiendo con valores altos de nutrientes (nitritos:  $0.008\text{--}0.016\text{ mg / L}$ ; fosfatos:  $0.003\text{--}0.004\text{ mg / L}$ ; de amonio:  $0.017\text{--}0.04\text{ mg / L}$ ). Estas concentraciones disminuyen cerca de Nador, donde sólo se encuentra un alto contenido de nitrito ( $0,016\text{ mg / L}$ ).

En las demás regiones de la laguna, la salinidad ( $37,6\text{--}38,2\%$ ), pH ( $8.1$  a  $8.3$  en la mayoría de los casos), nitritos ( $0,003\text{ mg / L}$  en la mayoría de los casos), los fosfatos ( $0,001\text{ mg / L}$ ), sulfatos ( $1450\text{--}1507\text{ mg / L}$ ) y amonio ( $0,001\text{ mg / L}$ ), muestran valores muy constantes.

Por otro lado, las variaciones estacionales de la salinidad son relativamente bajas. Se distinguen dos períodos (figura II.24).

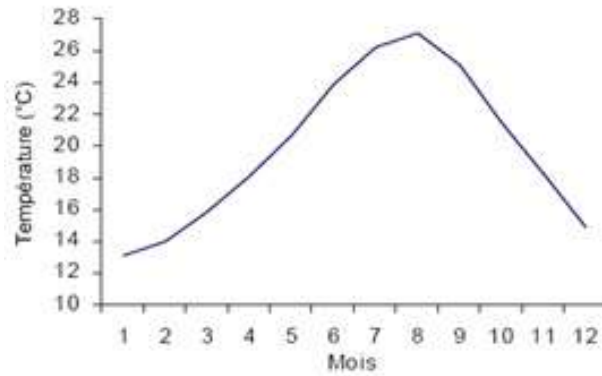


**Figura II.24:** Variación de la salinidad media mensual durante el periodo de 1987 a 1996.

- Período de mayo a agosto, en la que la salinidad aumenta constantemente hasta un máximo de  $39,8\%$ .
- Período de septiembre a abril, cuando la salinidad media disminuye gradualmente hasta llegar a la valor de  $37,4\%$  en abril.

- **Temperatura del agua**

Este parámetro está sometido a una amplia variación tanto espacial como temporal. En invierno (enero), los valores medios en la superficie son del orden de  $11,8\text{ ° C}$ , mientras que en verano se elevarán alrededor de  $27.5\text{ ° C}$  (promedio para el mes de junio). Por otra parte, la temperatura en el fondo son ligeramente más bajas que en la superficie, especialmente hacia el centro.

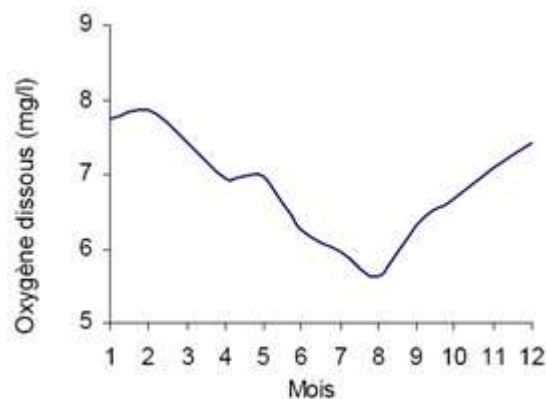


**Figura II.25:** Variación de la temperatura media mensual durante el periodo de 1987 a 1996.

- **Oxígeno disuelto**

El contenido en oxígeno de las aguas de la laguna se rige por dos fenómenos importantes: los procesos biológicos (producción primaria, mineralización) y las condiciones climáticas. De hecho, la distribución espacial refleja:

- Aguas de elevado consumo de O<sub>2</sub> a lo largo de la costa continental, especialmente cerca de los puntos de vertido de efluentes ricos en materia orgánica, tales como el emisario de la estación de tratamiento de aguas residuales ( 3,9 mg / l O<sub>2</sub>);
- Aguas bien oxigenadas (alrededor de 10,5 mg / l), ubicados en las áreas de influencia marina, especialmente cerca de la entrada.



**Figura II.26:** Variación de la media mensual del contenido en oxígeno disuelto en el periodo de 1987-1996.

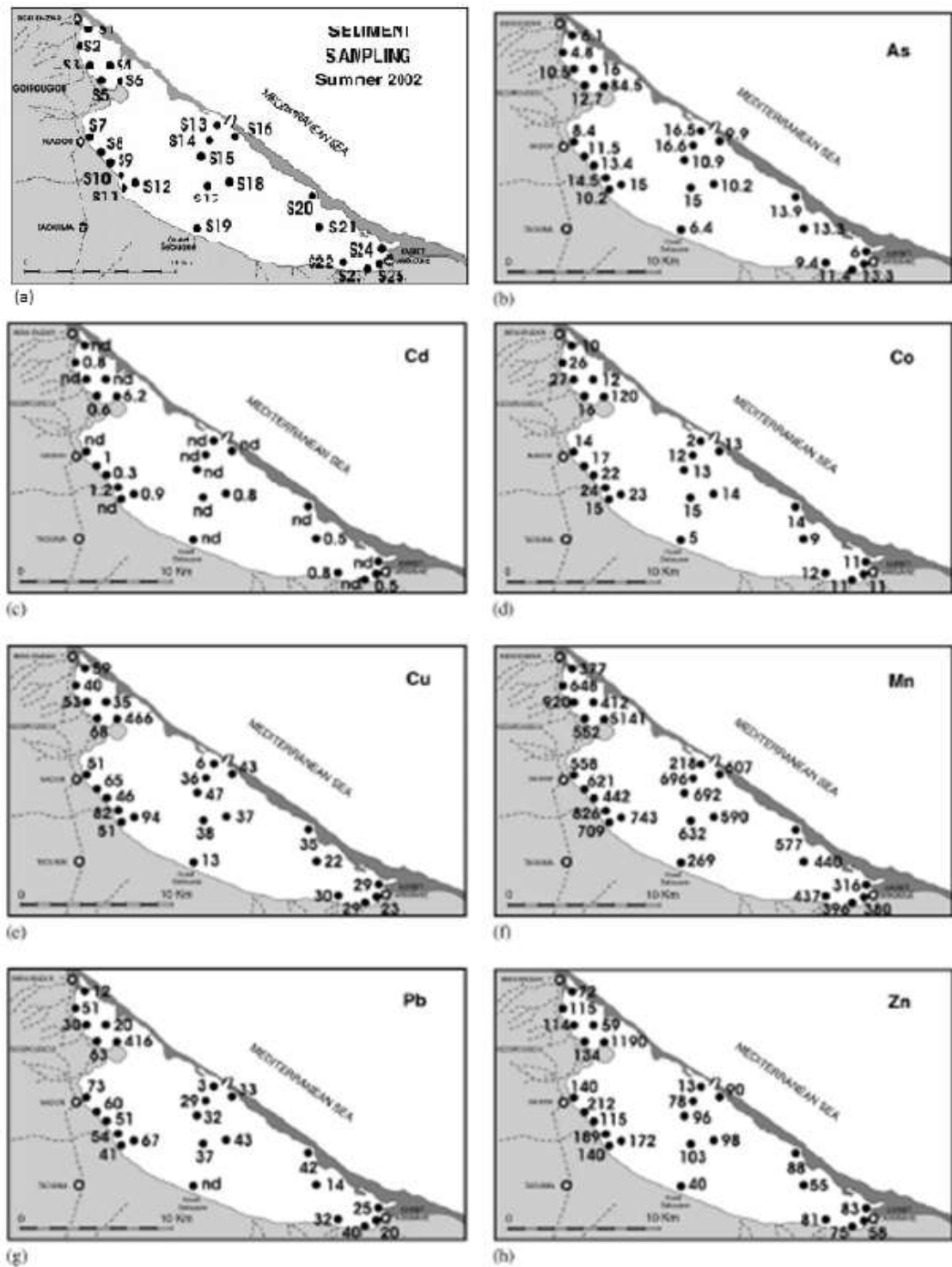
La actividad fotosintética contribuye significativamente a la oxigenación del agua del fondo de la laguna (Inani, 1995), pero la contribución de la salinidad no puede ser ignorada, ya que influye en la solubilidad del oxígeno y varía en el espacio. Las variaciones estacionales se

encuentran bajo una relación inversa con la temperatura los niveles más bajos O<sub>2</sub> se midieron en agosto y los más altos en enero (1986 Goudan, El Madani 1998).

- **Metales pesados**

El estudio de distribución de metales pesados realizado por Ruiz F. et al. (2006), indica la presencia de una zona situada cerca de la antigua mina de hierro (S6 de la figura II.27a), con concentraciones de metales pesados entre 5 y 140 veces mayor que el resto de la laguna. La zona situada entre Nador y la EDAR de dicha ciudad presenta concentraciones moderadas de contaminantes (Co: 15-24 mg / kg; Cu: 46-94 mg / kg; Mn: 558-826 mg / kg; Pb: 41-73 mg / kg; Zn: 140-212 mg / kg). Las muestras restantes presentan menor contenido de metales pesados en la mayoría de los casos, especialmente desde la gola artificial hacia este (es decir, Co: 5-12 mg / kg; Cu: 13-47 mg / kg; Pb: 0-43 mg / kg; Zn : 40-103 mg / kg), mientras que los valores intermedios se observan cerca del margen continental para la mayoría de metales. Las concentraciones de sedimentos de baja contaminación se encuentran cerca del efluente de agua fecal de Beni Enzar.



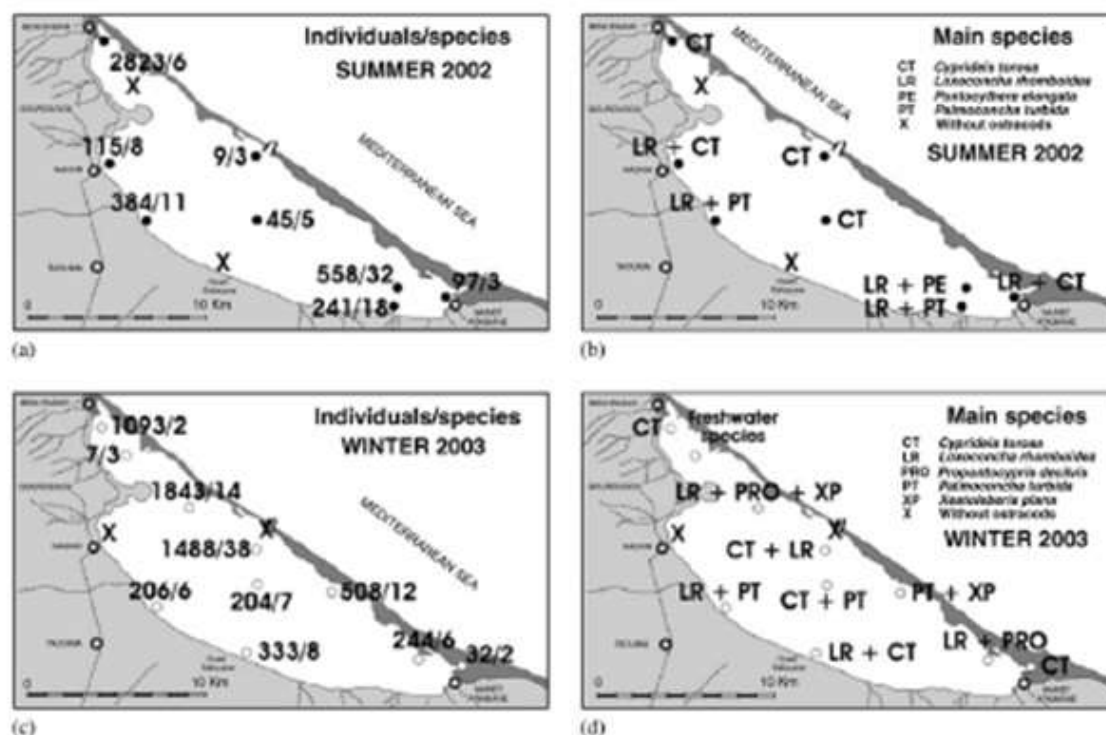


**Figura II.27:** Lugares donde se han realizado las mediciones (a) y contenido en metales pesados (b-h) en la Laguna de Nador.

# • Ostrácodos

Estudios realizados en el verano de 2002 y expuestos en el artículo *The present environmental scenario of the Nador Lagoon (Morocco)*, exponen que tanto la diversidad como la densidad de estos microorganismos es muy variables, siendo abundantes (>28 individuos/g) y poco diversificados (6 especies), cerca del efluente de aguas fecales de la ciudad de Beni Enzar. Por el contrario, están ausentes en los sedimentos contaminados situados cerca de la antigua mina de hierro y presentan bajas densidades y diversidades moderadas (1.5 a 3.3 individuos / g; 11-18 especies) en el margen interior de la laguna, entre Atalayoum y Kariat Arkmane.

Del mismo estudio, realizado en el invierno de 2003, se destaca que estos microorganismos son también muy abundantes cerca de Beni Enzar durante esta estación, con una fuerte dominancia de *Cyprideis torosa* (>95%, >10 individuos/g). En el sureste, los ostrácodos están poco desarrollados, con escasos individuos adultos, mientras que en la gola artificial son inexistentes.



**Figura II.28:** Abundancia, diversidad y distribución de las principales especies de ostrácodos en la laguna de Nador. Verano de 2002 (a, b), de invierno de 2003 (c, d).

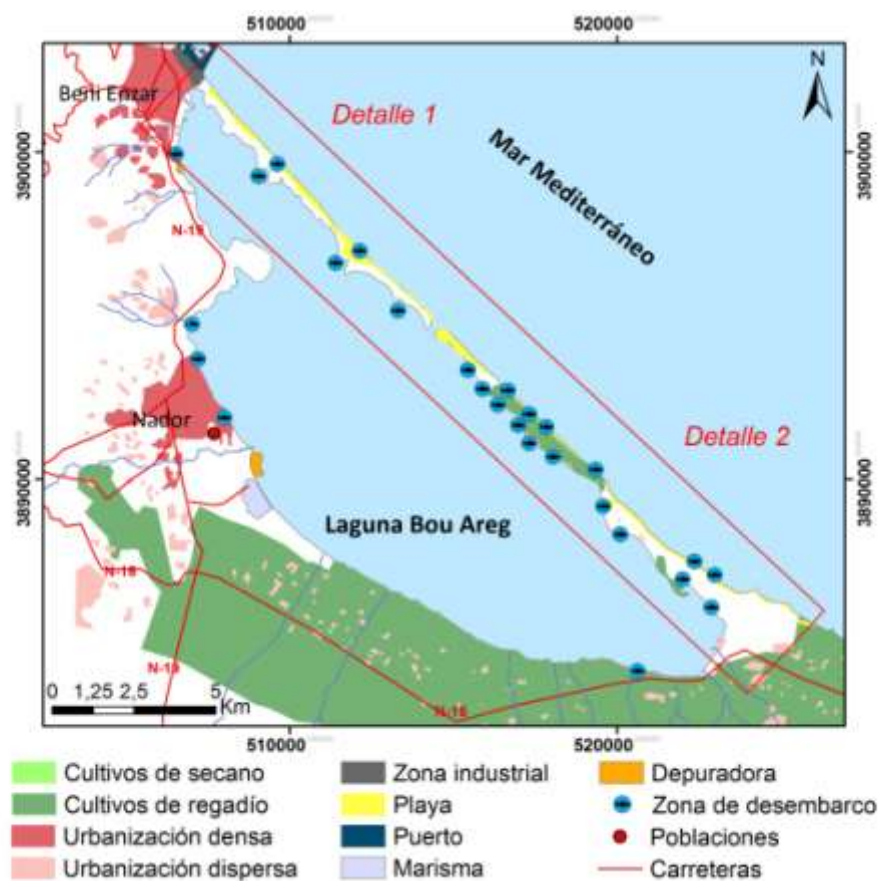


## 6. Organización de usos y recursos

La figura II.29 muestra que la agricultura es la actividad más extendida en los alrededores de la laguna, con un área, según Khattabi et al., de 21823,21 ha, o el 47% de la superficie total repartida en 6414 explotaciones. El área restante es ocupada por:

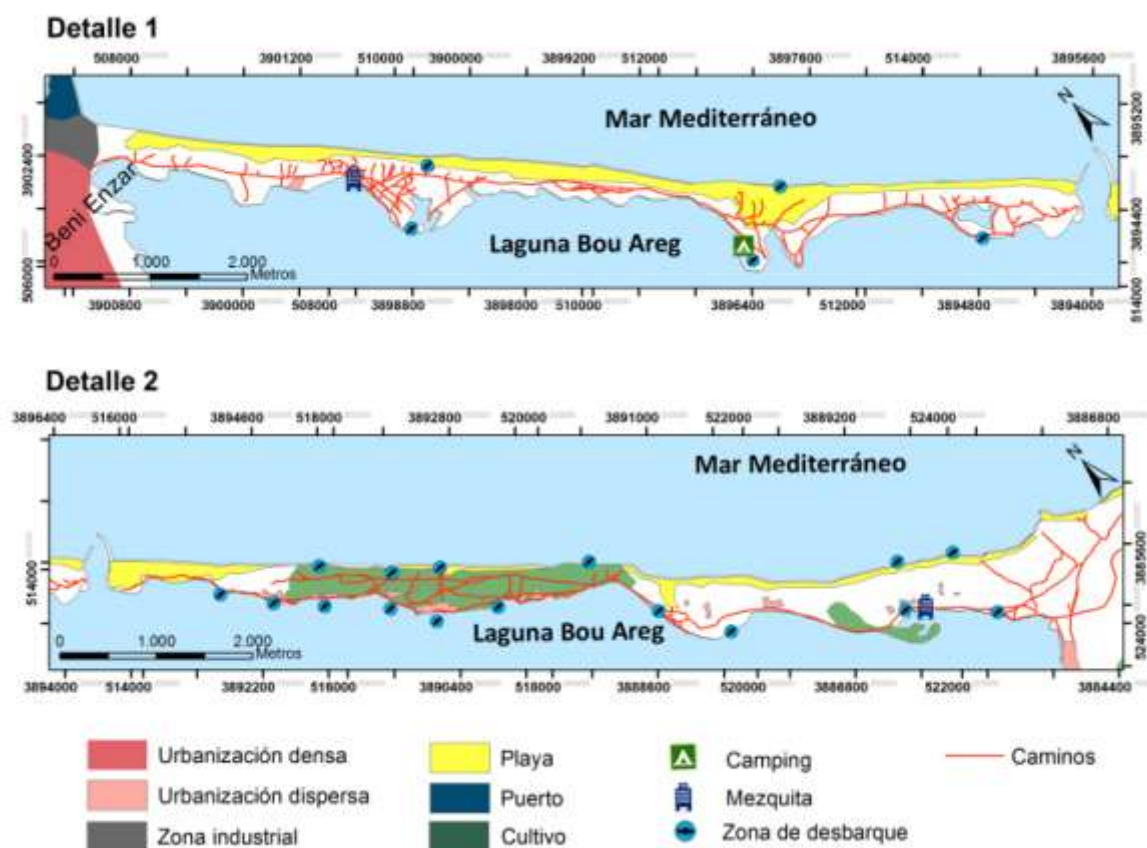
- **Agua:** constituye un área dedicada a la pesca artesanal basada en especies como la dorada, anguila y ostras. Hasta el año 2006, fue el lugar de producción acuícola más grande de Marruecos.
- **Arena:** presente principalmente en las playas y dunas de la laguna. La erosión y la acción humana sobre este recurso, extracción de arena para la construcción, constituyen una grave amenaza para estos ambientes.
- **Construcción:** en el año 2006, la población dispersa ocupaba 3076,93 ha mientras que la urbanización densa 585,19 ha. La ciudad de Nador forma el núcleo urbano más importante y de más rápida expansión.
- **Zona portuaria:** el puerto comercial de Bni Ansar constituye la principal salida al mar para la región oriental de Marruecos y sus alrededores. Está situada a 15 km de Nador y posee una población estratégica respecto a España.

El resto del suelo, se encuentra ocupado principalmente por una vegetación muy rica en especies endémicas, raras y amenazadas. Cabe destacar la vegetación húmeda, que cubre las dunas y el cordón litoral; el matorral, originado tras la degradación de los bosques; la thuya (cedro), ecosistema natural ubicado en el límite sudeste de la ciudad de Kariat Arkmane; y los bosques, cuya replantación permite recuperar los recursos forestales de la región, satisfacer las actividades de recreo y fijar las dunas de arena. En el capítulo siguiente, se estudia más minuciosamente las diferentes especies que habitan en este valioso ecosistema.



**Figura II.29:** Usos del suelo de la zona cercana a Nador (Elaboración propia).

En la figura II.30 se expone con detalle la ocupación del suelo del cordón litoral. Además de las tres poblaciones rurales más o menos consolidadas (Dzia, Hay el Masjid y Ouled Issa), existe una urbanización difusa a lo largo de todo el cordón, principalmente de pescadores. Entre los usos antropogénicos cabe destacar los 21 puertos pesqueros que conforman la base de la economía de la zona.



**Figura II.30:** Detalle de los usos del suelo en el cordón litoral de Nador (Elaboración propia).

## 7. Infraestructuras y equipamientos

La zona estudiada posee una amplia infraestructura que, según su importancia y calidad, repercute directamente sobre el bienestar de las poblaciones económicas. Sin embargo, ésta se concentra en las comunidades urbanas.

- **Carreteras:** las comunidades urbanas gozan de mejores carreteras que las rurales. En general, la infraestructura es insuficiente y tiene un más estado de conservación.
- **Infraestructura escolar:** los municipios rurales no poseen escuelas de secundaria, por lo que muchos estudiantes abandonan la escuela después de 6 años de escolaridad debido a la lejanía a las escuelas de secundaria y a la pobreza.
- **Infraestructura sanitaria:** a excepción de la ciudad de Nador que cuenta con un hospital y 5 de las 7 clínicas de la zona, la zona está bastante desprovista de cobertura médica contando con 34 centros de salud, 24 dispensarios y 2 centros de la Media Luna Roja.
- **Electrificación:** la electrificación es totalmente generada por L'ONE. La tasa media de conexión a la red es del 70,3%. (Khattabi et al., 2007).
- **Suministro de agua potable:** solo Nador y Bni Ansar presentan tasa de conexión al agua potable satisfactoria (65,2% y 74,7%, respectivamente). Por el contrario, el resto de comunidades presenta tasas muy bajas. El suministro de agua potable está asegurado en gran parte por la Oficina Nacional de Agua Potable (ONEP). Las condiciones de la red son de buenas a modernas.
- **Eliminación de residuos sólidos y líquidos:**
  - Aguas residuales: solo una cuarta parte de los hogares de la zona evacúan sus aguas residuales a través de la red pública, el resto utiliza otros métodos. El sistema de alcantarillado se encuentra en mal estado.
  - En cuanto a las instalaciones de tratamiento, existe una EDAR en Nador y tanques artificiales de decantación en Bni Ansar.
  - Residuos sólidos: la producción de residuos sólidos en el municipio de Nador es de 0,9kg/cabeza/día, cifra algo superior que la media regional. En cuanto al tratamiento de los mismos, la zona no posee infraestructuras adecuadas, por lo que han proliferado multitud de vertederos ilegales que producen efectos en la salud y medio ambiente.

## 8. Flora y Fauna

### a) Flora

Según los trabajos de diagnóstico del proyecto MedWetCoast, la laguna de Nador cuenta con una gran diversidad de comunidades vegetales en relación a la diversidad de sus hábitat: dunas de arena, el Sansouire (especie de marisma o salina), fondos herbario, un gran cañaberal, etc (figura II.31).

En general, estas comunidades vegetales presentan una dinámica regresiva, excepto el *Obionetum Portulacoidis* y *Limonietum asparagoides*, debido al efecto de la presión humana, vinculada a la evolución demográfica y económica de la región: los desbroces ilegítimos para satisfacer las necesidades de tierras de cultivo (lado de Kariat Arkman), la urbanización en las inmediaciones del cordón de dunas y de la Sansouire, la contaminación por los vertidos urbanos, industriales y agrícolas y los vertederos no controlados. (Mohamed Dakki, M.,2003)

Un gran número de comunidades de plantas, especialmente en las dunas de arena y la Sansouire, se encuentran muy amenazadas; entre otros, los grupos endémicos de *Limonium asparagoides*, que se encuentra en el interior de Kariat Arkmane, y de *Cymodocea nodosa*. Además, la tasa de artificialidad alrededor de toda la laguna es muy elevada.

Entre las especies vegetales, cabe destacar la población de *Phragmites communis*. Se trata de una especie que juega un papel ecológico muy importante en la zona, favorece la regeneración de vertidos y presenta una densidad muy alta. Puede resultar muy útil como material de construcción sostenible.

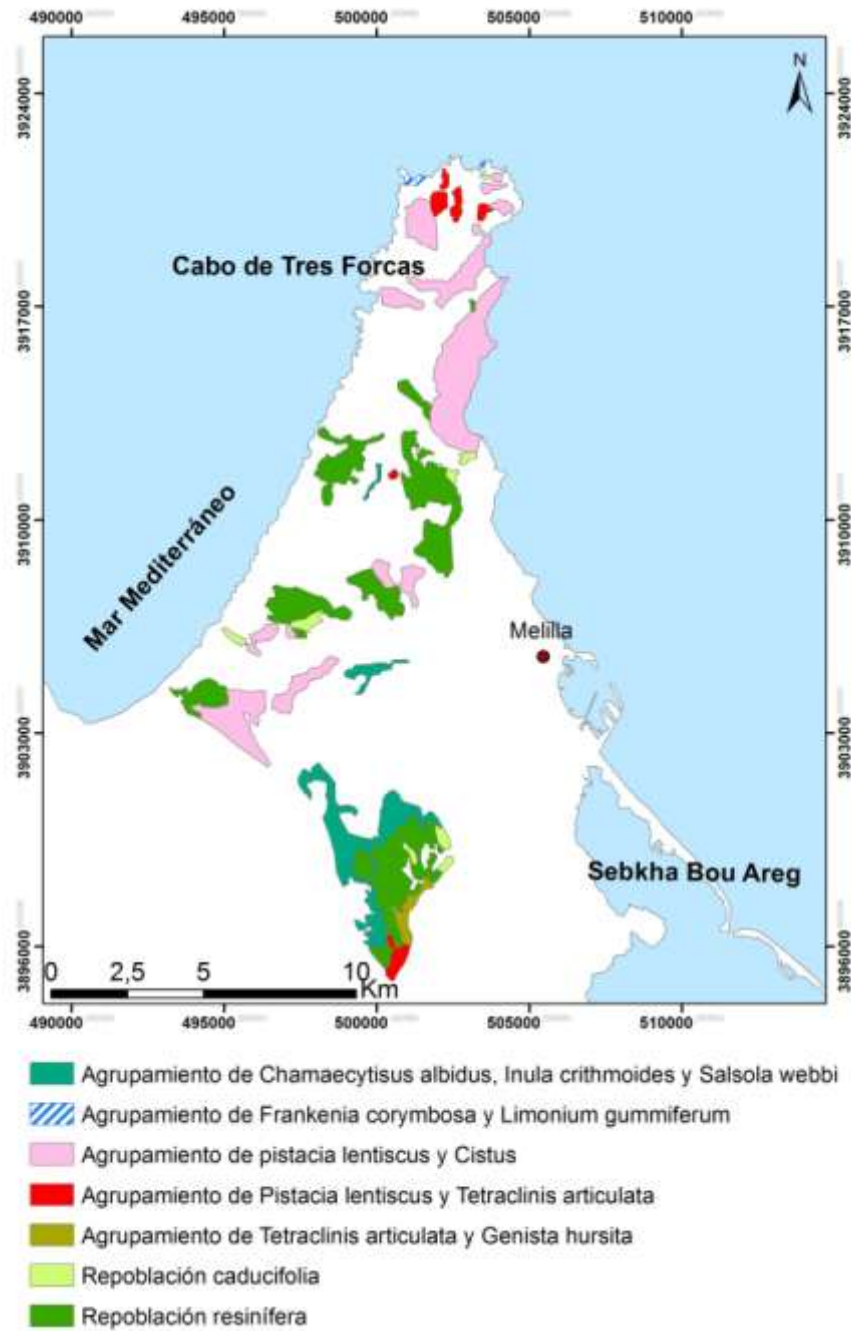
Además de las especies amenazadas anteriormente mencionadas, hay que tener en cuenta las especies endémicas, ya que aunque no se encuentren en peligro de extinción, su valor implícito de exclusividad, las hace vulnerables y por lo tanto relevantes para la conservación. Éstas son: *Andryala canariensis* Jahandiezii, *Anthemis mauritiana* Faurei, *Reicardia tingitana*, *Limonium asparagoides*, *Limonium gummiiferum* y *Lycium intricatum*.

También resulta interesante estudiar la vegetación del macizo Gourougou (figura II.32) debido a su cercanía con la laguna, la potencialidad de sus especies y su dinámica progresiva debido a la reducción de la acción antropogénica. La vegetación en esta zona es en su mayoría artificial, al menos para las formaciones leñosas que además de su explotación para uso humano, a menudo están sujetos a los incendios, lo que reduce considerablemente su diversidad. Esto también ha causado mucho daño en las formaciones forestales naturales de *Quercus coccifera* y en los bosques de roble con *Quercus suber*.

En la actualidad, el macizo se está reforestando con diversas especies, en particular *Pinus halepensis*, *Eucalyptus gomphocephala* y *Eucalyptus camaldulensis*.



**Figura II.31:** Grupos vegetales de la laguna de Nador (Elaboración propia).



**Figura II.32:** Grupos vegetales de la zona del monte Gourougou (Elaboración propia).

Por último, en el siguiente mapa, se muestra la distribución de la vegetación en el interior de la laguna.



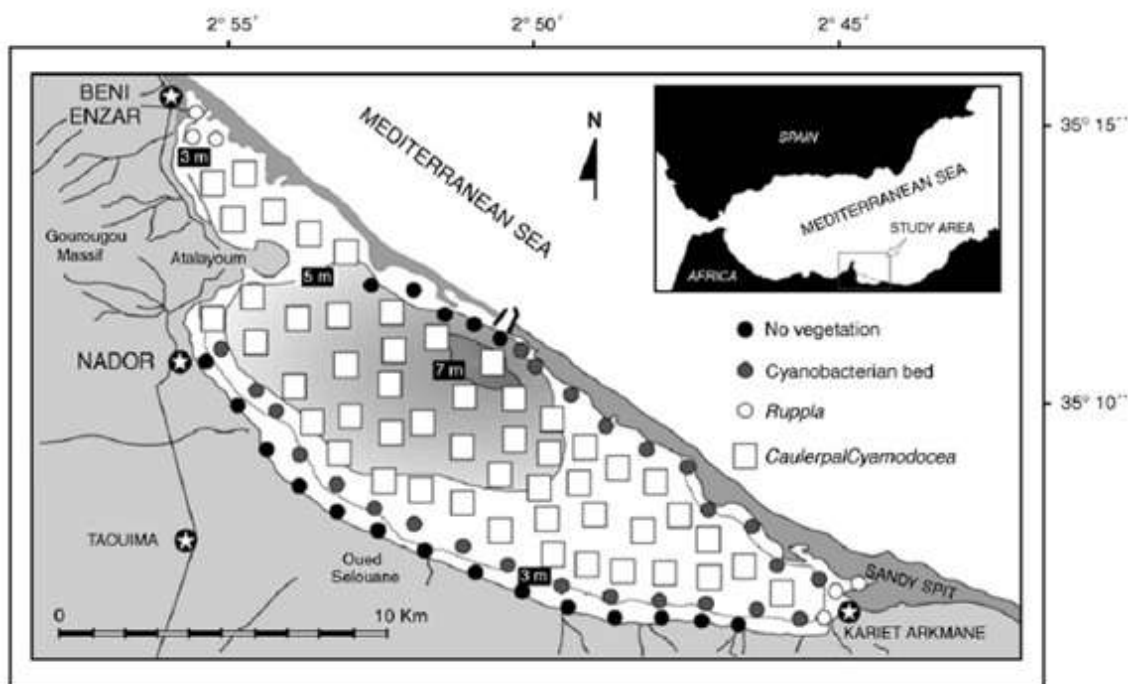


Figura II.33: Distribución de la vegetación en el interior de la laguna (Ruiz F. et al., 2006).

## b) Fauna

La laguna de Nador constituye un lugar de gran interés ecológico debido a su gran riqueza faunística, en especial por los invertebrados y los peces.

Posee un gran número de especies endémicas, y amenazadas: 2 anfibios, 19 reptiles, 18 mamíferos, 122 aves, 17 de las cuales tienen interés mundial y 16 tienen un interés nacional. La presencia de una especie amenazada semi-global (Goéland d'Audouin) proporciona a esta laguna importancia internacional.



Figura II.34: Goéland d'Audouin.

Las especies raras son bivalvos: *Ostrea edulis*, *Venus gallina* y *Venus verrucosa*. Están muy localizadas en la laguna y la primera se asocia con el depósito de nácar.



Entre las especies acuáticas de valor socio-económico cabe destacar:

- 13 Especies de peces: lubinas, sargos, doradas, besugos, lenguados, herreras, anguilas...
- 9 Moluscos: 6 bivalvos: ostras, mejillones, dátiles de mar, perla grande, almeja, navaja, y 2 cefalópodos: pulpo y sepia.
- 2 Crustáceos: *Penaeus keraturus* y *Japonicus*.

Anfibios, reptiles y mamíferos no han mostrado taxones raros o notables en este hábitat, mientras que la población de aves es relativamente diversa, pero los números son muy bajos en comparación con otros lugares equivalentes de Marruecos (como Merja Zerga).

## 9. Actuaciones previstas

El ordenamiento de la laguna de Nador será llevado a cabo por Marchica Med, sociedad anónima de capital estatal, bajo las altas instrucciones de su Majestad el Rey Mohammed VI.

Este proyecto se justifica bajo la premisa de un desarrollo socio-económico de la región protegiendo, supuestamente, su diversidad biológica. Así, el cordón litoral pasará a ser una estación destinada al turismo nacional e internacional.

El programa afectará a 2000 hectáreas y permitirá la construcción de campos de golf, espacios dedicados a deportes náuticos y ecuestres, zonas de hostelería, zonas residenciales y puertos de pesca y recreo. Abarca siete proyectos (figura II.31) : la Ciudad de Atalayoun, la Ciudad de las Dos Mares, la Nueva Ciudad de Nador, la Bahía de Flamencos, Marchica Sport, Los huertos de Marchica y el Pueblo de los Pescadores.



**Figura II.35:** Ciudades previstas en las inmediaciones de la laguna.

A continuación se presentan algunas imágenes extraídas de dicho proyecto:





**Figura II.36:** Imágenes del proyecto de urbanización del cordón litoral de Nador.

## III) Caracterización socio-económica. Mar Menor

---

### 1. Orígenes de la ocupación y explotación del Mar Menor

Aunque el Mar Menor no alcanza su configuración actual hasta hace unos 1.000 años, en anteriores fases de su evolución geológica y geomorfológica, antes de la última transgresión marina, ya se instalaron algunas poblaciones humanas en su entorno, como los asentamientos eneolíticos de la playa de Las Amoladeras. Desde entonces, y cada vez con mayor intensidad, a través de las colonizaciones fenicias, romanas. Árabes y cristianas y hasta el presente, ha sido explotado como área de asentamiento urbano e industrial (salazones de pescado romanas) y como recurso pesquero, agrícola, ganadero, minero, portuario, paisajístico, turístico, etc. (tabla III.1).

Durante siglos el ser humano ha habitado y explotado el Mar Menor sin incidir de manera significativa en su evolución natural. Es a partir del siglo XVI cuando el pastoreo y las roturaciones efectuadas en las riberas de la laguna incrementaron de manera significativa las entradas de sedimento a la misma acelerando los procesos de colmatación. En dicho incremento dejó sentir su influencia también, sin duda la actividad minera desarrollada en las sierras de Portman y La Unión desde las primeras colonizaciones fenicias, lo que se refleja asimismo en el elevado contenido en metales pesados de los sedimentos, en el primer capítulo. Dicha actividad minera fue creciendo en intensidad hasta mediados del siglo XX, vertiendo desechos del lavado de mineral al Mar Menor a través de algunas de sus ramblas más importantes, hasta que una fuerte campaña popular logró detener tales vertidos en la década de 1950.

La principal actividad desarrollada en las lagunas marginales ha sido siempre la explotación salinera (Pinatar, Marchamalo, actualmente en funcionamiento, y las abandonadas de Punta Galera y Lo Poyo), si bien de ellas fueron abandonadas y rellenadas para otros usos. Hoy día, las salinas se consideran un elemento paisajístico imprescindible, con una relevancia fundamental para la conservación de numerosas especies que tienen en ellas su hábitat natural o que, como muchas aves acuáticas, las utilizan como zonas de paso en sus migraciones o como áreas de nidificación.

2670 a.C.	Poblados eneolíticos en las Amoladeras (La Manga). Inicios de la actividad minera.
S. II a.C. - S. IV d.C.	Dominación romana. Embarcaderos en Lo Pagán e islas mayores. Actividades mineras y agrícolas en la Época Imperial.
S. VIII - S.XIII	Dominación árabe. Puerto en Los Alcázares. Actividades pesqueras y construcción de Las Encañizadas. Primeras explotaciones salineras.
S. XIII - S. XVI	Repoblación: viviendas aisladas, de 2 a 20 parcelas, en Pinatar, Lo Pagán, Los Alcázares, La Calavera, San Ginés y La Manga. Actividades de deforestación y pastoreo. Continúan las actividades pesqueras, especialmente en Las Encañizadas. Pinatar: 28 habitantes. Deforestación y roturaciones.
S. XVII	Pinatar: 580 habitantes. La Calavera, San Javier y San Ginés: 1.632 habitantes.
S. XVIII	Roda; 1.028 habitantes. Apertura de la Gola de la Constancia (1762). Pinatar: 808 habitantes. San Javier y La Calavera: 800 habitantes.
1829	San Ginés: 262 habitantes. Roda; 244 habitantes. Perforaciones de pozos, cultivos hortícolas y arbóreos. Primeros veraneantes y embarcaciones de recreo. Apertura de la Gola de El Charco. Fundación de Santiago de La Ribera.
1878	Pinatar: 2.647 habitantes.
1888	San Javier: 4.489 habitantes.
1900	Torre Pacheco: 8.549 habitantes. Pinatar: 5.006 - 5.436 habitantes. San Javier: 9.268 - 10.284 habitantes.
1950 - 1960	Torre Pacheco: 10.409 - 11.184 habitantes. Urbanizaciones en la ribera interna. Inicio del turismo. Pinatar: 5.436 - 6.510 habitantes. San Javier: 10.284 - 10.500 habitantes.
1960 - 1970	Torre Pacheco: 11.184 - 13.087 habitantes. Urbanizaciones en La Manga. Pinatar: 8.866 habitantes + 90.000 visitantes. San Javier: 11.791 habitantes + 50.000 veraneantes.
1970 - 1981	Torre Pacheco: 14.099 habitantes + 45 veraneantes. Los Alcázares: 2.436 habitantes. Apertura y construcción de el Canal del Estacio. Ocupación de superficies ganadas al mar para ensanche de playas y construcciones.

**Tabla III.1:** Evolución histórica de los asentamientos en los alrededores del Mar Menor (Pérez-Ruzafa et al, 1987)

La pesca es otra actividad importante en el Mar Menor que se ha sustentado en la cantidad y calidad de las capturas, principalmente mújoles, doradas, magres, anguilas, lubinas y langostinos. A finales del siglo XIX se extraían de la laguna más de 400.000 kg de mújol, buena parte de él en las encañizadas del norte de La Manga, más de lo que supone hoy día todas las capturas descargadas en San Pedro del Pinatar.

Por su parte, la acuicultura en el Mar Menor y sus proximidades sólo se ha desarrollado de forma experimental y ocasional. Incentivados por la productividad biológica de la laguna y el elevado valor añadido de sus productos, ha habido intentos de cultivar langostinos, doradas y ostras, con inversiones y concesiones más o menos importantes y fuertes apoyos de la administración, pero nunca se han obtenido rendimientos comerciales. Las causas del fracaso hay que buscarlas en la especulación, en la carencia de bases científicas y el desinterés por conocer los procesos biológicos y ecológicos implicados en el funcionamiento de la laguna y las estrategias de vida de las especies lagunares.

En tiempos recientes, la presión urbanística descontrolada, acentuada desde el desarrollo turístico español de la década de 1960, es la actividad que, por lo que implica de ocupación y alteración irreversible del espacio y de los hábitats naturales, se ha mostrado más destructiva y con mayor efecto transformador sobre las características, el funcionamiento y las comunidades lagunares. De hecho, la expansión promovida por el turismo ha sustituido en la segunda mitad del siglo XX a la agricultura como principal causante de los aterramientos totales o parciales de las áreas someras y dársenas marginales, ya sea para su ocupación urbanística o para la creación de playas o puertos deportivos. Siendo el turismo un uso legítimo y, en principio, compatible con la conservación de los recursos y valores naturales que ofrece el Mar Menor, el desarrollo de actuaciones incontroladas o mal planificadas y la despreocupación por las consecuencias ambientales que podrían tener han conducido a situaciones que han puesto en peligro la integridad del ecosistema, otros usos tradicionales y la propia actividad turística. Aterramientos, dragados y vertidos de arenas para la creación de playas, la proliferación de diques y puertos deportivos, etc., han disminuido la superficie lagunar, han acelerado los procesos de colmatación y alterado el hidrodinamismo, la dinámica litoral y el estado trófico de la laguna. De entre todas ellas, el dragado y ensanche de la gola de El Estacio ha sido la actuación que ha tenido consecuencias más drásticas en la configuración y dinámica del Mar Menor.

El paisaje, tanto el natural como el asociado a usos y estructuras tradicionales (encañizadas, balnearios, torres de vigilancia, salinas, molinos de viento, caseríos...) es uno de los recursos más interesantes del Mar Menor y quizás el menos dimensionado. Artistas y literatos han tenido estos espacios como fuente de inspiración. No obstante, los valores

estéticos, en especial la fotografía, han sido más bien empleados como señuelo publicitario para el fomento de otros usos, especialmente consumistas, que, paradójicamente, alteran de manera significativa e irreversible el paisaje.

Este mosaico de actividades repercute sobre los distintos espacios, coexistiendo efectos negativos con otros que, si bien alteran las condiciones naturales, provocan un cierto aumento de la diversidad ambiental y, por tanto, de la riqueza faunística y la biodiversidad. Actualmente se mantiene un cierto equilibrio inestable entre actividades que, por su propia naturaleza (espacios militares o zonas protegidas) o por tratarse de empresas rentables (salinas), ayudan a la conservación de las áreas que ocupan frente a la expansión urbanística y otros usos que presionan buscando una mayor rentabilidad a corto plazo. No cabe duda de que el mantenimiento del Mar Menor como una fuente de riqueza y un recurso natural de primer orden pasa por una voluntad decidida de llevarlo a cabo y por el conocimiento de las relaciones causales entre las acciones antrópicas y los procesos ecológicos a los que afectan. Solo de este modo será posible la toma de decisiones y una gestión eficaz basada en objetivos claros y el conocimiento.

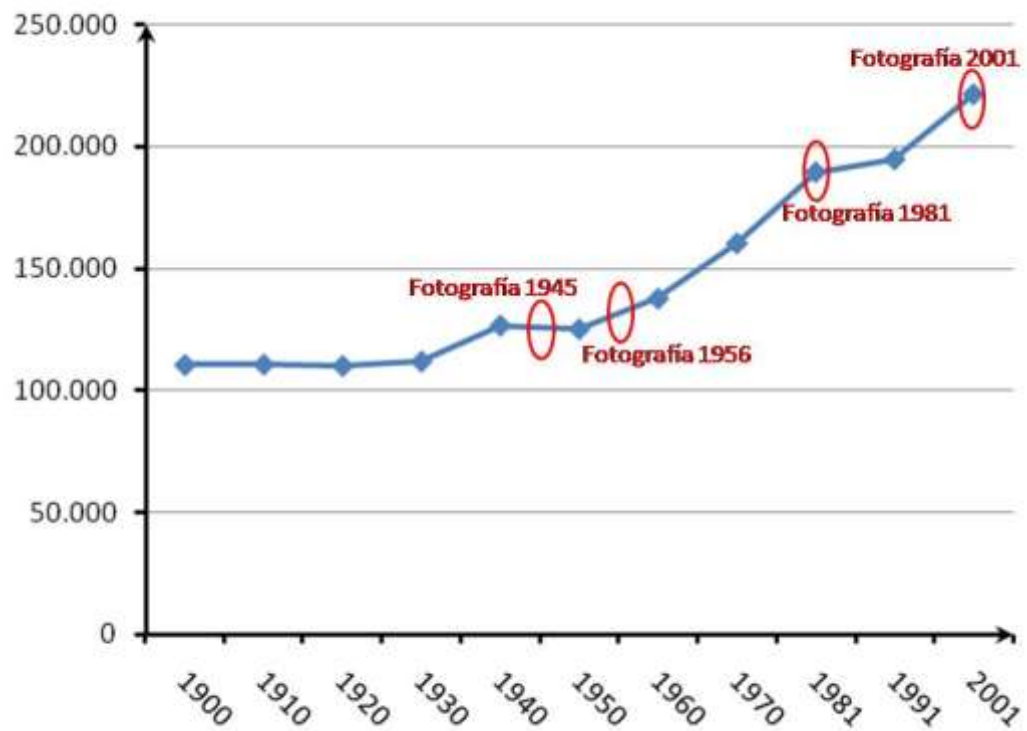
## **2. Población y sistema de asentamientos**

Para corroborar el gran crecimiento comentado anteriormente que se da en las décadas de buena coyuntura económica en España se muestra a continuación la evolución de la población en las últimas décadas. Nos centramos en la población de los municipios cercanos a La Manga y el Mar Menor, Cartagena, San Javier y San Pedro del Pinatar y podremos compararlos con el grado de ocupación de La Manga observado en las imágenes satélite obtenidas antiguamente.

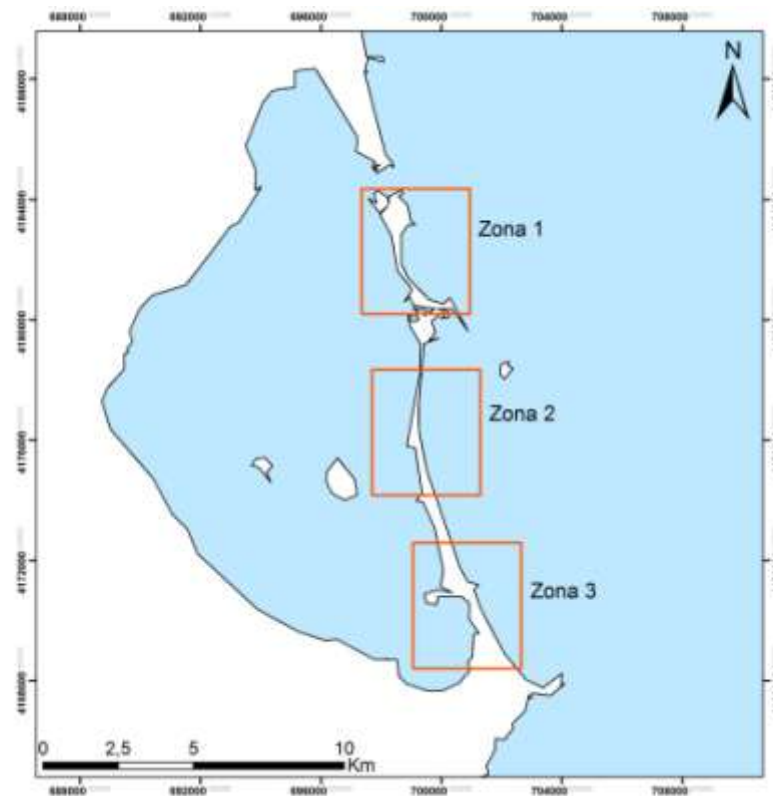
		1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1981	1991	2001
<b>Cartagena</b>	<b>Población de hecho</b>	99.871	102.542	96.891	102.518	113.468	113.160	123.630	146.904	172.751	173.061	..
	<b>Población de derecho</b>	103.373	102.519	101.613	102.705	115.468	110.979	122.387	143.466	167.936	168.023	184.686
	<b>Hogares</b>	24.831	25.220	23.520	23.635	24.622	32.878	31.241	39.302	46.027	48.885	59.605
<b>San Javier</b>	<b>Población de hecho</b>	4.489	4.941	4.967	5.641	6.889	9.268	10.284	10.500	12.500	15.277	..
	<b>Población de derecho</b>	4.326	4.940	5.026	5.656	6.652	9.008	9.734	10.286	12.675	14.696	20.125
	<b>Hogares</b>	973	1.063	1.043	1.270	1.497	2.440	2.346	2.611	3.247	4.230	6.787
<b>San Pedro del Pinatar</b>	<b>Población de hecho</b>	2.647	3.061	3.259	3.299	4.261	5.006	5.436	6.520	8.959	12.221	..
	<b>Población de derecho</b>	2.637	3.076	3.276	3.380	4.377	5.074	5.449	6.518	8.866	12.057	16.678
	<b>Hogares</b>	558	639	712	808	1.076	1.393	1.372	1.685	2.523	3.438	5.408
<b>Total</b>	<b>Población de hecho</b>	107.007	110.544	105.117	111.458	124.618	127.434	139.350	163.924	194.210	200.559	..
	<b>Población de derecho</b>	110.336	110.535	109.915	111.741	126.497	125.061	137.570	160.270	189.477	194.776	221.489
	<b>Hogares</b>	26.362	26.922	25.275	25.713	27.195	36.711	34.959	43.598	51.797	56.553	71.800

**Tabla II.2:** Evolución de la población censada. Entre el censo de 1981 y 1991 se independiza parte de Los Alcázares (Elaboración propia a partir de datos del INE).





**Figura III.1:** Representación de la evolución de la población de derecho desde 1900 y guía de las imágenes satélite (Elaboración propia a partir de datos del INE).



**Figura III.2:** Situación de las fotografías aéreas que se muestran a continuación (Elaboración propia).

**Zona 1**



Fotografía 1945



Fotografía 1956



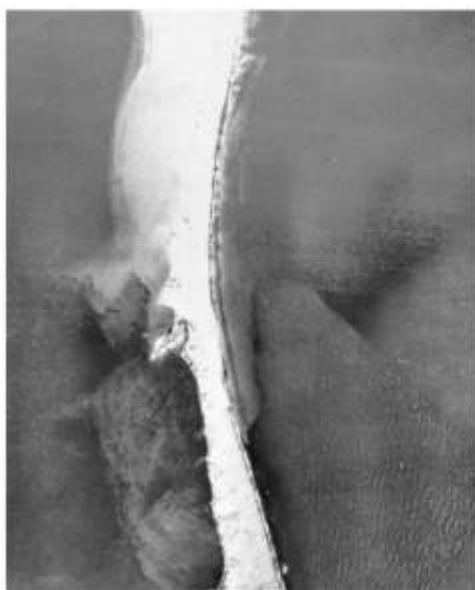
Fotografía 1981



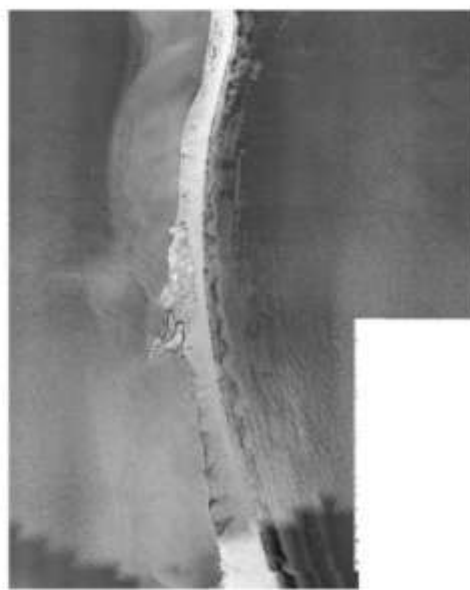
Fotografía 2001

**Figura III.3:** Imágenes aéreas de la zona norte de La Manga, zona 1 (Elaboración propia).

## Zona 2



Fotografía 1945



Fotografía 1956



Fotografía 1981



Fotografía 2001

**Figura III.4:** Imágenes aéreas de la zona centro de La Manga, zona 2 (Elaboración propia).

### Zona 3



Fotografía 1945



Fotografía 1956



Fotografía 1981



Fotografía 2001

**Figura III.5:** Imágenes aéreas de la zona sur de La Manga, zona 3 (Elaboración propia).

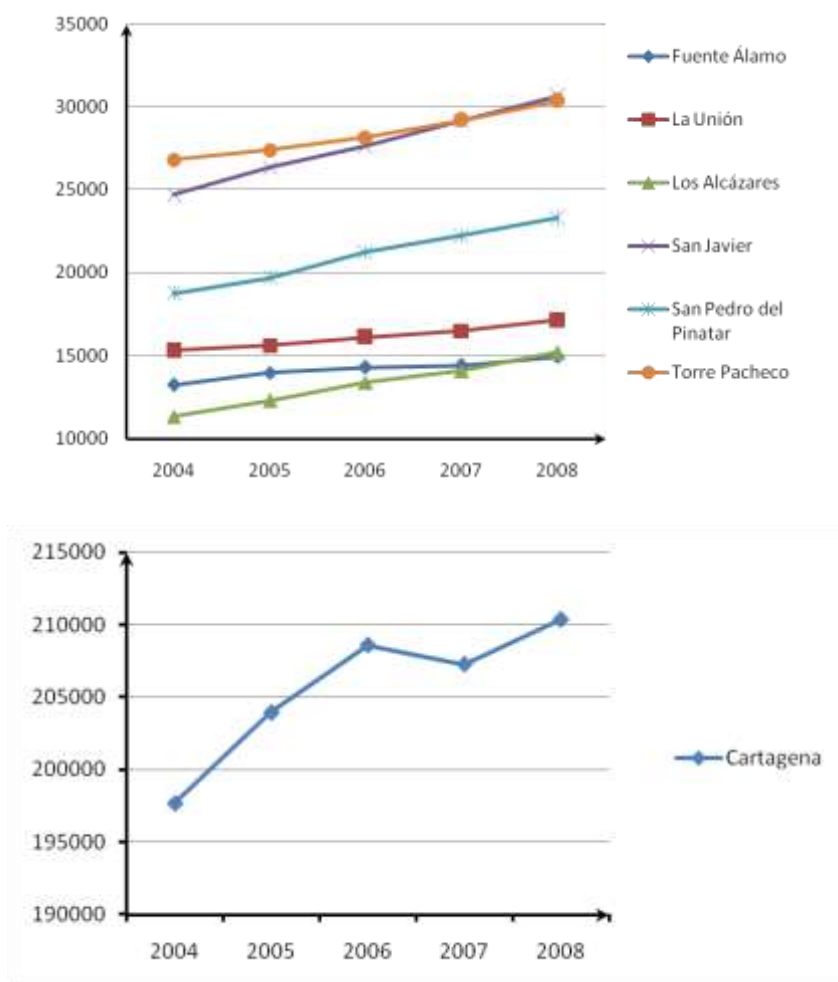
A la vista de las fotografías y de la evolución de la población en las últimas décadas observamos el gran aumento de la urbanización que hay desde 1956 a 1981 que continúa

consolidándose en 2001 llegando a límites de saturación urbanística consecuencia del turismo masivo incontrolado.

Nos centraremos en adelante en la caracterización socio-económica en los últimos años de todos los municipios del Campo del Mar Menor para conocer mejor las características que lo componen y poder entender la situación a la que se ha llegado en la zona de La Manga comparándolos en alguna ocasión con la Región de Murcia y España.

La población murciana, y muy especialmente en el área de estudio, muestra gran dinamismo demográfico, por encima de la media española.

El ritmo de crecimiento de la región se sitúa en torno al 4% para la temporada 2004-2008. Todos los municipios se encuentran en esta dinámica de crecimiento, impulsada fundamentalmente por la llegada de inmigrantes.



**Figura III.6:** Evolución de la población del Campo del Mar Menor (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

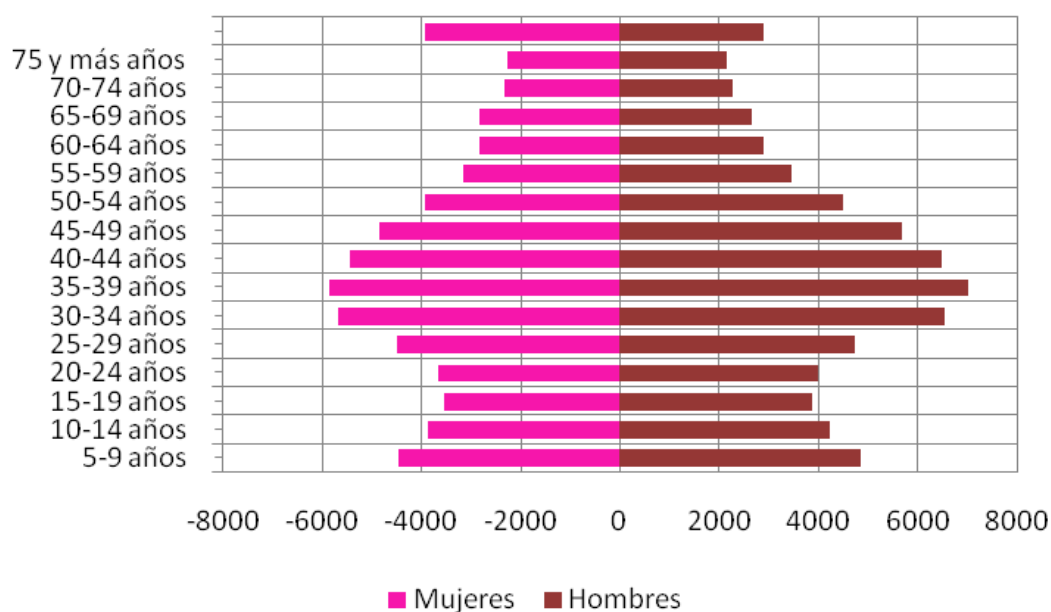
La comarca del Campo del Mar Menor presenta unas significativas expectativas de crecimiento económico, demográfico y urbanístico, dado que es la zona de comunicación natural entre los dos núcleos principales de población de la Región de Murcia, Murcia y Cartagena, y se encuentra dentro de una de las zonas más dinámicas económicamente de España, el arco mediterráneo. Además, la existencia de importantes infraestructuras de comunicación de primer orden (Puerto de Cartagena, aeropuerto de San Javier, la futura de alta velocidad ferroviaria de Murcia y Cartagena y el nuevo aeropuerto de Corvera) puede potenciar significativamente el crecimiento económico y demográfico de la zona.

Los municipios de más población son Murcia y Cartagena. Funcionan como centros de desarrollo de la región y concentran casi la mitad de la población de la Comunidad Autónoma. Si tomamos como referencia los cuatros municipios que son bañados por el Mar Menor, San Javier sigue a Cartagena, aunque muy por detrás (210.376 habitantes de Cartagena frente a los 30.653 de San Javier). El municipio que históricamente ha sido el de menor tamaño fue Los Alcázares pero alrededor del año 2000, con cerca de 7.500 habitantes, comenzó a sufrir un importante crecimiento demográfico en relación a los demás municipio, duplicando su población en 2008 y superando a la población de Fuente Álamo en el año 2008 (15.171 de Los Alcázares frente a los 14.925 de Fuente Álamo), no obstante aún se encuentra lejos del siguiente municipio que linda con la laguna, San Pedro del Pinatar (23.272 habitantes en 2008), que también posee una fuerte tendencia al crecimiento en los últimos años, al igual que San Javier, que ha conseguido superar a Torre Pacheco en 2008.

La inmigración es la principal responsable del incremento poblacional, situándose el área de estudio en la zona (sureste de España) que por su dinamismo económico, la que más inmigrantes recibe.

La presencia de nuevos contingentes de población es patente en el rango de población entre 30 y 49 años y tiene efectos sobre la natalidad. Es también la explicación de un significativo desequilibrio entre sexos (la mayoría de los inmigrantes son hombre) en este mismo rango. Esta diferencia de sexos es más notable en los municipios con presencia de inmigrantes africanos. En los grupos de mayor edad, son mayoritarias las mujeres por tener mayor esperanza de vida que los hombres.

A continuación se muestra la pirámide de la estructura de la población de los municipios del Campo del Mar Menor a excepción de Cartagena al no disponerse datos en la página del Centro Regional de Estadística de Murcia (CREM). También se incluye una tabla con los principales indicadores demográficos de todos los municipios.



**Figura III.7:** Pirámide de la estructura de la población de los municipios de Fuente Álamo, La Unión, Los Alcázares, San Javier, San Pedro del Pinatar y Torre Pacheco (Elaboración propia a partir de datos del INE).

INDICADORES DE ESTRUCTURA DEMOGRÁFICA (2008)							
Municipio	Fuente Álamo	La Unión	Los Alcázares	San Javier	San Pedro del Pinatar	Torre Pacheco	Cartagena
<b>Índice de vejez</b> (65 o más/ menores de 20)	54,5	44,88	66,9	49,91	51,24	37,88	64,2
<b>Índice de dependencia</b> (Menos de 20 años + 65 o más años / Población entre 20 y 64 años)	58,83	60,04	58,11	57,32	59,04	57,19	58,4
<b>Mujeres en edad fértil</b> (Mujeres de 15 a 49 años / Total mujeres)	53,54	52,47	51,22	53,9	53,59	55,69	50,8

**Tabla III.3:** Indicadores demográficos para el año 2008 (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

NATALIDAD Y MORTALIDAD (2007)							
Municipio	Fuente Álamo	La Unión	Los Alcázares	San Javier	San Pedro del Pinatar	Torre Pacheco	Cartagena
<b>Tasa de natalidad</b> (por 1000 habitantes)	15,9	16,21	13,57	15,09	14,56	16,58	13,2
<b>Tasa de mortalidad</b> (por 1000 habitantes)	7,57	6,71	6,36	5,59	7,11	5,58	7,6
<b>Crecimiento demográfico</b>	8,33	9,5	7,21	9,5	7,45	11	5,6

**Tabla III.4:** Indicadores de natalidad y mortalidad para el año 2007 (Elaboración propia a partir de datos del CREM).



Respecto a la población inmigrante destaca la presencia de población africana (en comparación con el resto de España) por la importancia de la actividad agrícola y la construcción y la demanda de mano de obra que generan estos sectores. Marroquíes y ecuatorianos son los ciudadanos más representados en la región. Reconociendo diferencias importantes entre los municipios, se puede hablar de una representación notable de rumanos (San Pedro del Pinatar) y bolivianos (San Javier, Murcia, Torre Pacheco y La Unión).

SALDOS MIGRATORIOS TOTALES 2002-2007							
Municipio	Fuente Álamo	La Unión	Los Alcázares	San Javier	San Pedro del Pinatar	Torre Pacheco	Cartagena
2002	-236	74	426	1.443	774	799	3.199
2003	-70	94	164	1.143	410	-73	3.737
2004	572	193	752	1.328	682	46	4.537
2005	560	298	1.402	1.434	1.383	641	4.255
2006	413	296	851	1.427	1.162	582	2.957
2007	662	437	608	613	1.022	210	2.733

**Tabla III.5:** Saldos migratorios totales en los municipios del Campo del Mar Menor  
(Elaboración propia a partir de datos del CREM).

Se puede observar un incremento progresivo de la inmigración hasta el año 2005 a partir del cual se produce un decremento en todos los municipios. Para el año siguiente año, 2007, continúa el decremento menos en Fuente Álamo y La Unión.

Puede hablarse de cierta masculinización de la inmigración en comparación con otras áreas receptoras de España, como son las grandes ciudades, donde la demanda de personas para el trabajo doméstico y de atención a las personas es un importante factor de atracción de mujeres inmigrantes.

En el Mar Menor coinciden dos fenómenos migratorios bien distintos. Los municipios de sureste murciano que estamos analizando son los que más han crecido en renta y población y son por ello polos de atracción de extranjeros de países pobres en busca de nuevas oportunidades de trabajo y condiciones de vida mejores. El desarrollo de la agricultura y el desarrollo urbanístico (construcción) demandan mano de obra y los inmigrantes africanos y latinos-americanos cubren esa demanda.

Pero puede pasar desapercibida la presencia de ciudadanos europeos (mayoría británicos), propietarios de residencias en la costa. Antiguos turistas que han escogido la región como espacio de segunda residencia y lugar de retiro tras la jubilación. Si bien esto puede suponer un incremento en la demanda de servicios y paliar la marcada estacionalidad de los



flujos turísticos, supone también una importante necesidad de equipamientos sanitarios y de salud.

La densidad demográfica de la Región de Murcia es superior a la española y los municipios del área con mucho la media regional. En algunos casos con datos extremos como San Pedro del Pinatar, municipio de escasa superficie en comparación con algunos de sus vecinos, alcanza una densidad de población de más de 1000 hab/km<sup>2</sup>. Torre Pacheco, de gran extensión, tiene una densidad ligeramente superior a la regional, 160 hab/km<sup>2</sup>. Los municipios que más han incrementado su densidad de población en los años estudiados es Los Alcázares (25,5%), seguido de cerca de San Pedro del Pinatar y San Javier (ambos con valores que superan ligeramente el 19%). Por otro lado, el municipio que menos crece es Cartagena (6%) posiblemente debido a su gran extensión y la enorme cantidad de población que posee.

DENSIDAD DE POBLACIÓN SEGÚN PADRÓN (hab/km <sup>2</sup> )					
Municipio	2004	2005	2006	2007	2008
Fuente Álamo	48	51	52	53	55
La Unión	616	629	648	664	690
Los Alcázares	571	619	674	711	766
San Javier	329	351	368	388	408
San Pedro del Pinatar	841	882	952	996	1.044
Torre Pacheco	142	145	149	154	160
Cartagena	354	365,3	373,3	371,3	376,8
Región de Murcia	114,4	118,1	121,1	123	126

**Tabla III.6:** Densidad de población de los municipios del Mar Menor (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

La población se concentra en los principales núcleos urbanos de cada municipio que cuentan con la mayor parte de los servicios y equipamientos públicos y actúan como cabeceras de sus municipios y del área. La concentración urbana es muy significativa en la costa de la laguna y en el municipio de Cartagena.

Algunas pedanías y urbanizaciones forman parte de un continuo urbano en torno a la laguna, estando ocupada toda la franja costera desde Las Salinas de San Pedro hasta la rambla del Albuñón, exceptuando los terrenos militares de San Javier y algunos espacios de dominio público.

El resto de territorio comparte los asentamientos urbanos con una superficie mayoritariamente agrícola.

En conjunto, grandes núcleos en torno a la laguna (La Manga y noroeste interior) y Cartagena y una superficie de uso agrícola salpicada por gran cantidad de pequeños núcleos urbanos conectados por una densa red de carreteras locales. Algunas de estas urbanizaciones y pedanías tienen una entidad importante y origen antiguo. Otras son de reciente creación con un uso principalmente de segunda residencia que, en algunos casos, incorporan en su desarrollo equipamientos y servicios propios, como es el caso de las nuevas urbanizaciones residenciales de la zona.

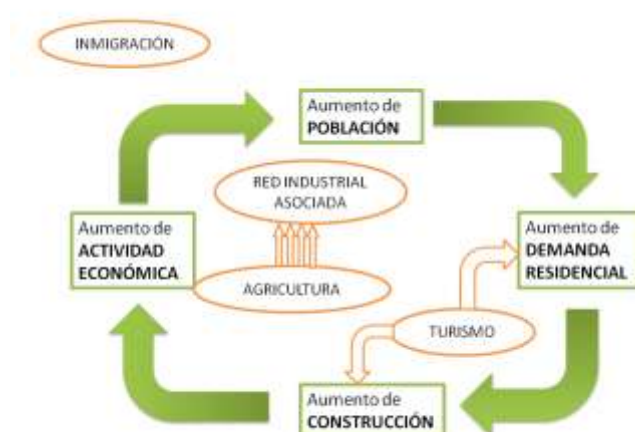
El incremento urbanístico derivado de la proliferación de urbanizaciones tipo resort es muy importante, estimándose en torno a 150.000 las viviendas previstas en el entorno del Mar Menor y su cuenca.

El sistema territorial de asentamientos urbanos introduce una fuerte dependa del uso del coche, necesario para los desplazamientos laborales, de ocio, de adquisición de bienes y servicios... En el área de estudio la tasa de vehículos es muy elevada, en especial en los municipios interiores, con un modelo de asentamiento muy disperso y por la contabilización de vehículos industriales y agrícolas.

Al final del capítulo I se comentó que en el conjunto de infraestructuras el sistema de carreteras soporta el 95% de los viajes. La densidad de carreteras en el área es la mayor de la Región de Murcia. El transporte público, en cualquiera de sus modalidades, es muy escaso.

Con todo lo expuesto se puede afirmar que la presión que la población ejerce sobre el territorio se ve acentuada por el modelo territorial de hábitat muy disperso en el interior y muy concentrado en la costa. Deben valorarse también las diferencias poblacionales entre el verano y el resto del año. El turismo, principalmente de segunda residencia, aumenta la presión sobre la costa y los recursos energéticos e hídricos.

A continuación se muestra un diagrama realizado por el Ministerio de Medio Ambiente en un trabajo sobre el Mar Menor en donde se resume la relación entre la oferta y la demanda residencial. En el caso del área de estudio existe una demanda real de vivienda relacionada con el aumento de población y con el potencial turístico del área. La potenciación de la actividad económica aumenta igualmente la capacidad de atracción de población exterior.



**Figura III.8:** Esquema conceptual de las relaciones oferta-demanda (Elaboración propia).

Sin embargo, el modelo resultante no se encuentra en equilibrio. En los últimos años han aumentado tanto las viviendas de nueva planta como han disminuido las de protección oficial o promoción pública, en la actualidad, insignificantes (en 1997 eran el 2% de las viviendas nuevas y en 2006 en torno al 3%). En 2005 las nuevas viviendas libres en el área de estudio eran el 58% del total de la Región de Murcia. Se licenciaron 13.207 viviendas nuevas (dato de la suma de los siete municipios de estudio).

Según el censo de 2001 también es importante señalar la existencia de un número importante de viviendas vacías. Tan importante como que representan el 80% de las viviendas en Los Alcázares y el 71% en San Javier. En el conjunto del área eran en 2001 aproximadamente el 22% del total de las viviendas. Los municipios interiores presentan valores más bajos, igual que La Unión, con menor desarrollo turístico.

VIVIENDAS CENSADAS POR TIPOS (2001)								
Municipios	Total	Viviendas principales	Viviendas secundarias	Vacías	Alojamientos	Otros tipos	% Viviendas secundarias	% Viviendas vacías
Fuente Álamo	5.721	3.688	831	1.193	1	8	14,5	20,9
La Unión	5.407	4.391	226	787	1	2	4,2	14,6
Los Alcázares	20.710	3.181	16.838	671	0	20	81,3	3,2
San Javier	30.063	6.785	21.365	1.832	2	79	71,1	6,1
San Pedro del Pinatar	16.323	5.408	4.157	6.745	0	13	25,5	41,3
Torre Pacheco	9.460	7.166	285	1.804	9	196	3,0	19,1
Cartagena	102.012	59.594	27.247	14.216	11	944	26,7	13,9
	189.696	90.213	70.949	27.248	24	1.262	37,4	14,4

**Tabla III.7:** Tipos de viviendas según el Censo del 2001 (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

### 3. Características socioeconómicas de la población

Una población relativamente joven con la mayoría entre 30 y 45 años se traduce en una población madura, con dinamismo de natalidad industrial y de servicios, de demanda, de consumo... En definitiva, habla de potencial de crecimiento social y económico. Sin embargo, los factores de crecimiento y madurez deben combinarse con otros elementos para consolidarse en un desarrollo estable. En una economía globalizada y desarrollada, marco de la economía murciana, la especialización y cualificación serán las claves de sostenibilidad del modelo. Es por ello importante hacer mención al nivel de estudios de la población y las características actuales de la formación para el empleo, que deberían influir en la dirección de las políticas estratégicas aplicadas desde las Administraciones Públicas.

En cuanto al nivel educativo del Campo del Mar Menor, el cabeza de familia en cerca del 20% de las familias es analfabeto, un 23% de las familias presenta estudios de primer grado y en un 57% de las mismas presenta estudios de segundo grado y superior.

NIVEL DE ESTUDIOS (% de habitantes)				
Municipios	Analfabetos / Sin estudios	Primer grado	Segundo grado	Tercer grado
Fuente Álamo	14,43	38,29	42,46	4,82
La Unión	28,83	28,57	35,77	6,83
Los Alcázares	14,96	27,51	46,65	10,88
San Javier	19,67	20,86	45,63	13,84
San Pedro del Pinatar	24,89	29,09	37,57	8,45
Torre Pacheco	21,97	30,26	42,16	5,62
Cartagena	19,43	22,85	42,95	14,77
Región de Murcia	17,67	20,49	45,02	16,82

**Tabla III.8:** Formación de la población del Campo del Mar Menor, expresado en porcentaje de habitantes según Censo del 2001 (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

En cuanto a la incorporación de los jóvenes al mercado laboral, recorridos educativos y formación para el empleo, cabe señalar que, finalizada la etapa obligatoria (16 años), y coincidiendo con las zonas con rentas medias crecientes y menor paro, el abandono educativo es muy creciente. En este contexto, los hombres tienen más posibilidades de emplearse y también mayor recurrencia a los estudios de formación profesional frente a la continuación del bachillerato y los estudios universitarios.

La Región de Murcia se encuentra por detrás de la mayoría de las Comunidades Autónomas por su alto abandono educativo (sólo delante de Extremadura, Baleares, Andalucía y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla). El 35% de los hombres abandonan los estudios

prematuramente, seguidos del 30% de las mujeres (la media española es de 34% para los hombres y 22% para las mujeres).

Esta diferencia se entiende por la mayor facilidad con que la población joven encuentra trabajo en puestos de baja cualificación, que la retira de los estudios de segundo grado, limitando un posible ascenso a un puesto de trabajo mejor en el futuro.

El empleo en el sector más joven de la población activa es muy alto en la Región de Murcia, lo que concuerda con las explicaciones dadas sobre el abandono escolar. Esto también provoca una marcada falta de especialización que sitúa a la Región en una delicada posición competitiva.

El paro femenino es más alto que en el resto de España, como también lo es para el grupo de mayores de 55 años.

MERCADO DE TRABAJO				
	Tasa de actividad		Tasa de paro	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
<b>Fuente Álamo</b>	72,98	30,43	14,94	14,29
<b>La Unión</b>	71,93	32,49	12,07	22,87
<b>Los Alcázares</b>	69,42	45	6,87	9,38
<b>San Javier</b>	72,63	43,71	7,02	11,32
<b>San Pedro del Pinatar</b>	72,77	41,51	6,26	9,88
<b>Torre Pacheco</b>	79,63	43,21	4,37	10,93
<b>Cartagena</b>	67,5	36,4	10,7	19,6
<b>Región de Murcia</b>	70,8	41,5	9	15,8

**Tabla III.9:** Mercado laboral según sexos según Censo del 2001 (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

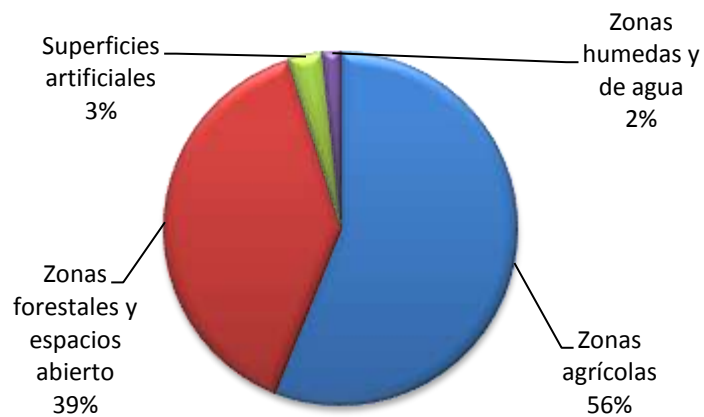
## 4. Usos del suelo y actividad económica

Los cambios registrados entre 1987 y el año 2000 en relación con el recurso suelo y sus usos han sido muy importantes. Afectan al 11,5% del territorio de la Región de Murcia e indican un aumento de las superficies artificiales, con el incremento relativo más elevado de España y un incremento neto de 14.004 ha.

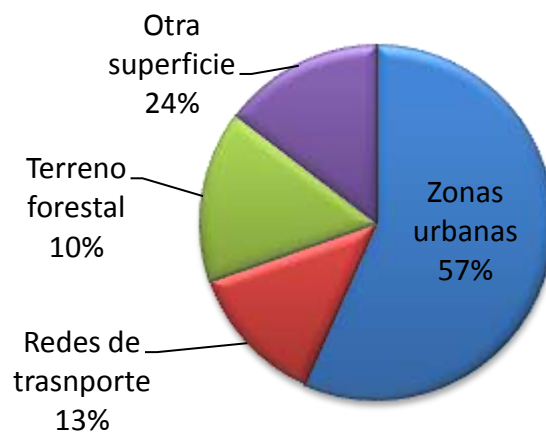
Por el contrario, otras explotaciones agrícolas (secano), forestales, humedales y masas de agua, han perdido superficie. En el caso de los humedales y masas de agua su pérdida se estima en 20 ha.

Las superficies artificiales ocupan el 3,2% del territorio, mientras que la media española se sitúa en torno al 2%. Corresponden en su mayoría a zonas urbanas (55%) aunque también destacan las áreas industriales y comerciales (15%), áreas mineras y zonas en construcción (15%) y redes de transporte e infraestructuras (13%). Respecto a los cambios en el periodo citado, más de 4.000 ha han pasado a formar parte de las redes de infraestructuras y 3.500 ha se han añadido a las áreas industriales y comerciales. Las zonas en construcción han aumentado en un 200% respecto a la superficie del 1987.

a)

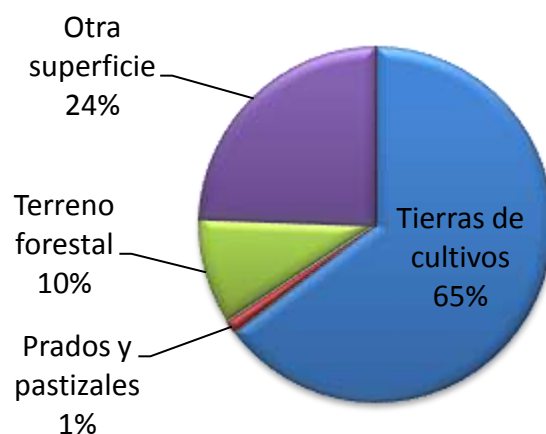


b)

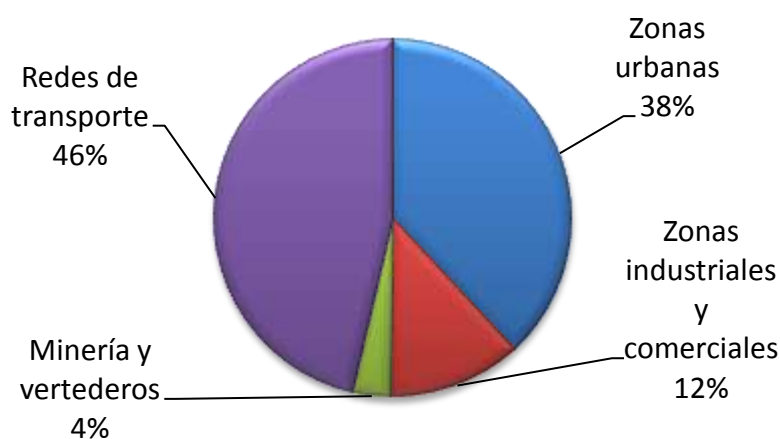


**Figura III.9:** a) Distribución de los principales usos del suelo en la Región de Murcia en el año 2000. b) Distribución de las superficies artificiales en la Región de Murcia en el 2000  
(Elaboración propia a partir de datos del CREM).

En el estudio realizado por el Ministerio de Medio Ambiente en el 2007 se analizaron las diferentes tipologías de uso de suelo en la Región de Murcia para el año 2005, de forma que se aprecia una disminución de la superficie agrícola por el descenso de superficie en secano, con un aumento de la superficie de zonas forestales y espacios abiertos. Sin embargo, se parecía como desde 2000 a 2005 las superficies artificiales han pasado del 3,2% de la superficie total 5,71%.



**Figura III.10:** Distribución de los usos del suelo de la Región de Murcia en 2005 (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

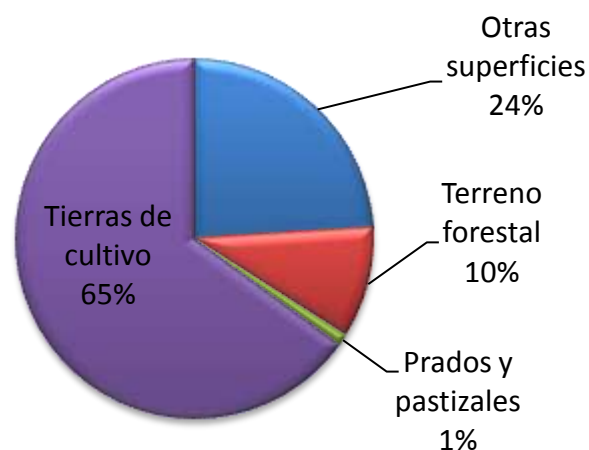


**Figura III.11:** Distribución de las superficies artificiales en la Región de Murcia en 2005 (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

El turismo (y la actividad inmobiliaria asociada al modelo) y agricultura, compiten por un uso intensivo del suelo en el área de estudio. La artificialización de la superficie del área de estudio ha sido muy significativa en los últimos años, incidiendo de forma importante en el paisaje con la introducción de nuevos cultivos (disminución de la superficie de secano y aumento de la superficie de regadío y en menor medida de cultivos bajo plásticos). La

explotación de aguas subterráneas y la recepción de agua del Trasvase Tajo-Segura, han permitido la transformación de tierras de cultivos tradicionales por cultivos intensivos y forzados, en muchos casos en invernaderos. Los nuevos cultivos de regadío (a cielo abierto y bajo plásticos) y el crecimiento de los frutales configuran un paisaje muy desnaturalizado en su conjunto.

Para centrarnos en la distribución de los usos del suelo de los siete municipios del Campo del Mar Menor, tomamos los datos de la página web del Centro Regional de Estadística de Murcia (CREM). A continuación se muestran los datos recogidos. Se puede observar la gran predominancia de las tierras de cultivo con un 65% seguida de lejos por otras superficies que engloban terreno improductivo, superficie no agrícola, ríos y lagos... Es destacable también la poca importancia de los prados y pastizales debido a la poca superficie necesitada para el desarrollo de la actividad ganadera, en comparación con la agrícola, así como la relativa poca importancia de este sector en comparación con la agricultura, salvo en algún municipio como se verá más adelante.

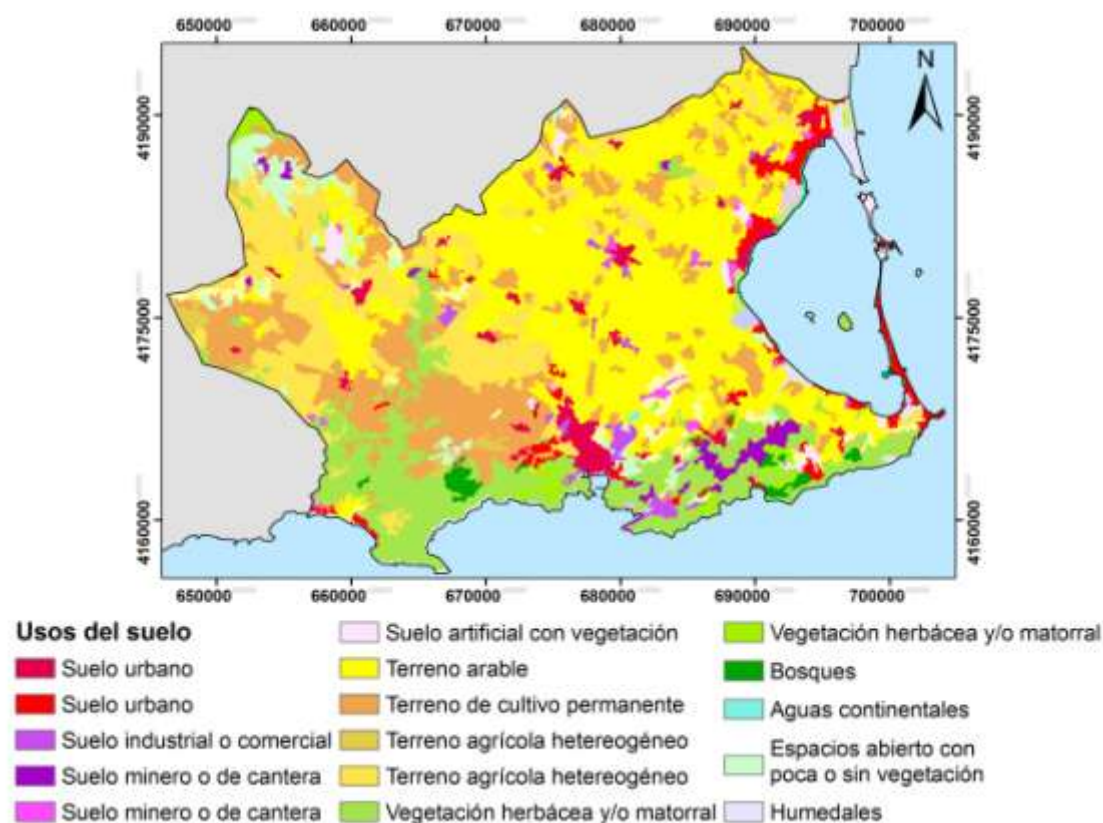


**Figura III.12:** Distribución de los usos del suelo del Campo del Mar Menor en 2008  
(Elaboración propia a partir de datos del CREM)

Además se identifica un aumento de la construcción de viviendas y de las superficies urbanas, así como cambios en la oferta turística con la aparición de infraestructuras como campos de golf. Toda la cerca más cercana al Mar Menor experimenta acelerados procesos de urbanización turística. El primer kilómetro costero se encuentra altamente ocupado por espacios urbanizados.

A continuación se muestran los usos desarrollados según el Corine Land Cover, que es un proyecto a nivel europeo para unificar los usos del suelo en el territorio comunitario. Se observa como el uso que predomina es el agrícola en sus distintas categorías.





**Figura III.13:** Usos del suelo del Campo del Mar Menor según el Coine Land Cover (2006).

### a) Agricultura

La superficie agrícola del ámbito de estudio representa el 65% del total de la superficie del área, según la estadística agraria regional, por encima de la media regional (54.3%), mientras que la superficie forestal y arbolada es inferior.

Desde el punto de vista de su productividad cobra más importancia en relación a la agroindustria asociada, la logística y los servicios que demanda, puesto que desde hace años ha decrecido su V.A.B. directo, al igual que en el conjunto de España. Esto se debe en parte a un problema estructural, además de al encarecimiento de materias primas (en especial del petróleo), y la fuerte sequía sufrida durante largas temporadas, que aumentan los costes de producción. Desde el año 2000, el peso económico de la agricultura en el PIB regional sólo ha aumentado un 0,8%.

La importancia de la industria agroalimentaria queda de manifiesto al analizar su peso en la economía de la Región de Murcia; en 2003 supuso, según el Instituto Nacional de Estadística, cerca del 24% VAB del sector industrial de la Región de Murcia y el 6% del empleo total de la Región.

La evolución de la agricultura en la cuenca hídrica del Mar Menor destaca por la extensión del regadío, coincidiendo con la reducción de las zonas agrícolas (principalmente las tierras de labor de secano, los viñedos y los cultivos de vegetación natural a favor principalmente de usos urbanos y turísticos) con la especialización de la actividad e intensificación agrícola (frutales y otros cultivos de regadío). Estos cambios han incidido de forma muy importante en la utilización del agua y la explotación intensiva de los acuíferos.

A continuación se muestra la evolución, de tendencia negativa generalmente, de la superficie dedicada a cada grupo de cultivo y la evolución superficie de invernaderos, cultivos acolchados y riego localizado entre 2007 y 2008. Todos los datos han sido tomados del CREM.

	Fuente Álamo		La Unión		Los Alcázares		San Javier		San Pedro del Pinatar		Torre Pacheco		Cartagena		Total Campo Mar Menor (sin Cartagena)		Variación (sin Cartagena)
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	%
<b>CULTIVOS HERBÁCEOS</b>	2.993	2.749	275	324	364	370	1.972	1.885	588	574	8.477	8.420	-	7.211	14.669	14.322	-2,42
Cereales para grano	635	391	17	34	11	17	59	40	16	24	445	617	-	1.453	1.183	1.123	-5,34
Cultivos forrajeros	40	40	4	4	1	1	7	5	3	4	15	10	-	28	70	64	-9,38
Cultivos industriales	8	8	7	8	-	-	3	1		-	7	23	-	85	22	40	45,00
Flores	-	-	4	4	4	4	21	24	9	12	15	17	-	24	53	61	13,11
Hortalizas	2.271	2.275	195	226	346	346	1.854	1.793	560	534	7.797	7.580	-	5.042	13.023	12.754	-2,11
Leguminosas para grano	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	19	1	-	12	29	11	-163,64
Tubérculos consumo humano	29	25	48	48	2	2	28	22	-	-	179	172	-	567	286	269	-6,32
<b>CULTIVOS LEÑOSOS</b>	5.647	5.557	147	48	201	201	1.364	1.364	400	400	2.495	2.378	-	6.269	10.254	9.548	-7,39
Cítricos	1.125	1.125	118	21	199	199	1.180	1.180	373	373	2.047	1.975	-	3.861	5.042	4.500	-12,04
Frutales no cítricos	3.936	3.846	4	8	-	-	17	17	18	18	284	271	-	1.786	4.259	4.142	-2,82
Olivar	365	365	12	5	2	2	27	27	5	5	87	87	-	215	498	486	-2,47
Otros cultivos leñosos	159	159	12	13	-	-	-	-	-	-	3	3	-	342	174	175	0,57
Viñedos	45	45	1	1	-	-	70	70	-	-	26	-	-	42	142	116	-22,41
Viveros	17	17	-	-	-	-	70	70	4	4	48	42	-	23	139	129	-7,75
<b>TOTAL</b>	<b>8.640</b>	<b>8.306</b>	<b>422</b>	<b>372</b>	<b>565</b>	<b>571</b>	<b>3.336</b>	<b>3.249</b>	<b>988</b>	<b>974</b>	<b>10.972</b>	<b>10.798</b>	<b>-</b>	<b>13.480</b>	<b>24.923</b>	<b>23.296</b>	<b>-6,98</b>

**Tabla III.10:** Superficie dedicada a cada grupo de cultivo, se omite los datos para Cartagena para el año 2007 por falta de datos, la variación de la superficie se calcula para excluyendo Cartagena (Elaboración propia a partir de datos de CREM).

	Fuente Álamo		La Unión		Los Alcázares		San Javier		San Pedro del Pinatar		Torre Pacheco		Cartagena	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
<b>Invernaderos (ha)</b>	39	39	4	4	18	18	589	563	128	132	769	772	-	175
<b>Cultivos acolchados (ha)</b>	237	237	44	44	19	19	369	330	16	17	723	718	-	922
<b>Riego localizado (ha)</b>	3.009	3.221	289	189	520	520	3.079	3.046	817	826	9.298	8.927	-	7949

**Tabla III.11:** Evolución de los invernaderos, cultivos acolchados y el riego localizado, no muestran datos de Cartagena para el 2007 por falta de datos (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

La tabla anterior se puede observar que el número de invernaderos se mantiene estable durante los dos años de estudio creciendo sólo en Torre Pacheco y San Pedro del Pinatar.

Según el CREM, en el año 2008, la superficie de regadío de los municipio del Campo del Mar Menor ascendía a 33.978 ha mientras que de secano a 41.264 ha (ver tabla III.12)

	Secano (ha)	Regadío (ha)
<b>Fuente Álamo</b>	14.083	3.447
<b>La Unión</b>	274	322
<b>Los Alcázares</b>	22	1.048
<b>San Javier</b>	826	3.819
<b>San Pedro del Pinatar</b>	27	861
<b>Torre Pacheco</b>	2.382	13.219
<b>Cartagena</b>	23.650	11.262
<b>Campo del Mar Menor</b>	<b>41.264</b>	<b>33.978</b>
<b>Región de Murcia</b>	746.030	376.928

**Tabla III.12:** Superficie de secano y regadío del Campo del Mar Menor de la Región de Murcia en el año 2008 (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

Según los datos de la planificación hidrológica en vigor, la aplicación de recursos para el regadío del Campo de Cartagena es:

- Trasvase Tajo-Segura, un máximo de 122 Hm<sup>3</sup>.
- Residuales: 21,1 Hm<sup>3</sup>.
- Desalinización: 7 Hm<sup>3</sup>.
- Bombeos renovables: 64,5 Hm<sup>3</sup>.
- Bombeos no renovables: 5,9 Hm<sup>3</sup>.



La zona regable tiene 33 sectores hidráulicos, 18 en la Zona Regable Oriental, 3 en la Occidental y 12 en la Cota 120, con 1.033 Km de tuberías. Las tuberías principales tienen un diámetro comprendido entre 1,6 y 0,8 m, las primarias entre 0,7 y 0,3 m, y las secundarias entre 0,25 y 0,08 m.

La Impulsión de Fuente Álamo (acueducto Tajo-Segura) abastece la Zona Regable Occidental y tiene seis bombas que alcanzan la altura de elevación de 92,87 m, para un caudal máximo de 4,64 m<sup>3</sup>/s. La potencia total es de 7.500 Kw.

En la actualidad se están efectuando las obras para aumentar la disposición de recursos, se están instalado una red de canalizaciones que permite reutilizar el agua del drenaje de riego de las parcelas y la distribuye entre los regantes para abastecer sus cultivos. También han incorporado una red paralela que recoge el agua procedente de los pozos de los comuneros y la transporta a la desaladora para su tratamiento y posterior reutilización.

Los comuneros disponen además de una concesión de 4,8 Hm<sup>3</sup> de agua procedente de la depuradora Mar Menor. Estos caudales tienen que pasar por un proceso de eliminación de sales mediante una desaladora para que puedan ser reutilizados en el regadío local, según establece la Confederación Hidrográfica del Segura.

Como se comento ya en el capítulo anterior, la intensa actividad agrícola produce un aporte importante de nutrientes, utilizados para fertilizar la tierra, tanto en las aguas superficiales como subterráneas o de drenaje que llegan a la laguna del Mar Menor, provocando en ella un proceso de eutrofización.

Se vuelven a mostrar las dos imágenes del capítulo anterior en las que se observa la concentración de nitratos en los acuíferos Cuaternarios y Plioceno en 2006 según la Confederación Hidrográfica del Segura.



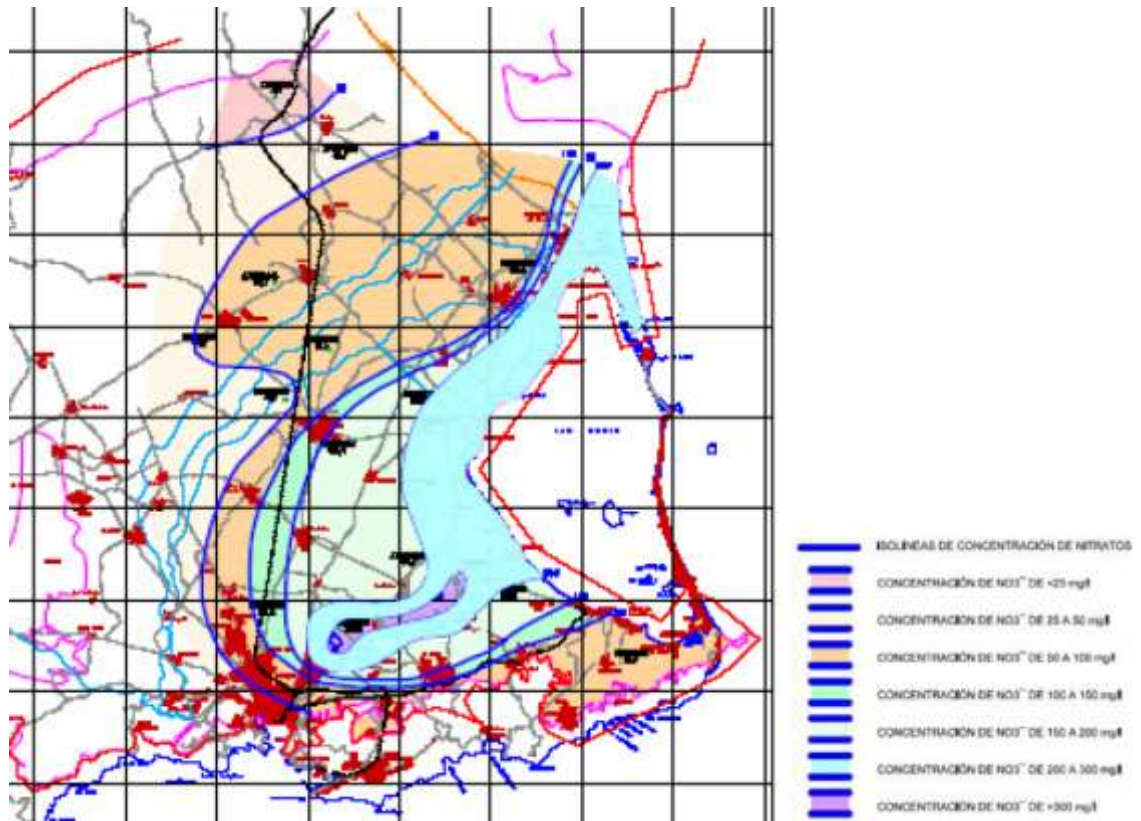


Figura III.15: Concentraciones de nitratos en el acuífero Cuaternario en 2006 (CHS).

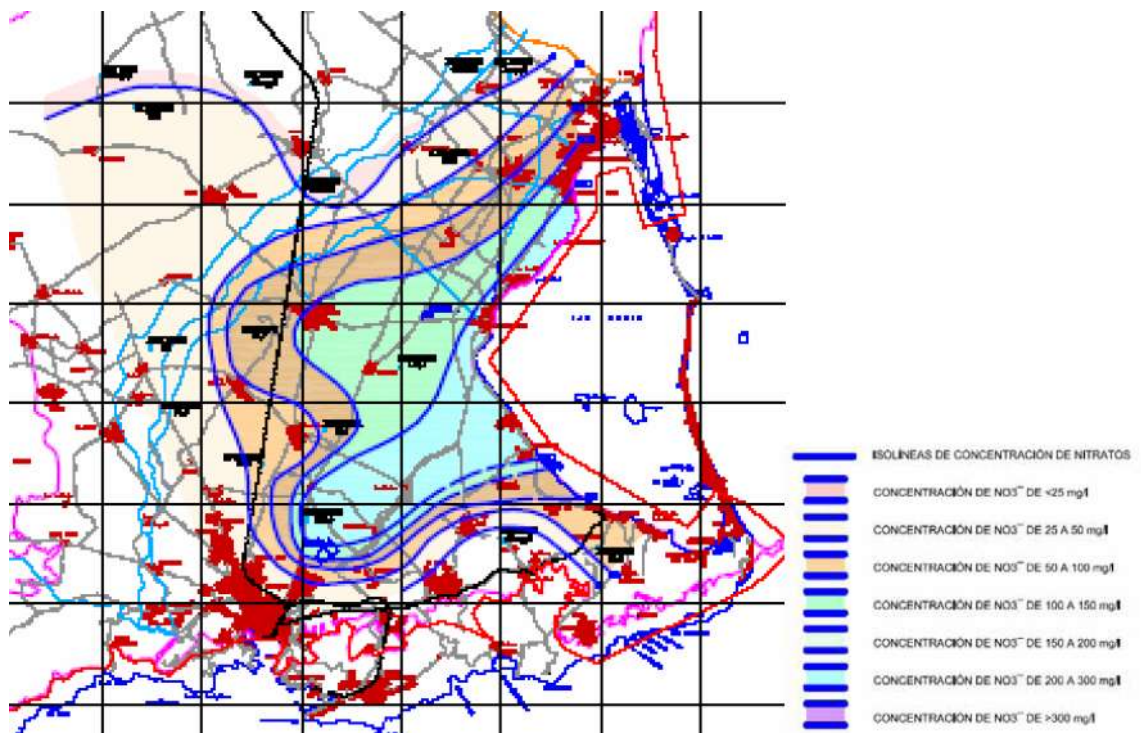


Figura III.16: Concentraciones de nitratos en el acuífero Plioceno en 2006 (CHS).

## **b) Turismo**

El Mar Menor es el destino turístico más importante de la Región de Murcia. Así lo demuestra el hecho de que concentre más de la mitad de los alojamientos hoteleros y entre el 60 y 80% de los restantes alojamientos reglados (tabla III.13). La Manga cuenta con playas interiores y exteriores y es el espacio de mayor desarrollo turístico murciano.

La declaración en 1963 de tres Centros de Interés Turístico Nacional (Ley 197/1963) marcó el modelo de desarrollo del área cercana a la laguna del Mar Menor. Creciendo originariamente en La Manga, tras colmatar la superficie de desarrollo turístico, extiende a otras zonas interiores. A partir de la década de los 70 el desarrollo del turismo de segunda residencia, acompañado de un boom inmobiliario, amparado por una favorable coyuntura económica, provoca la desmesurada proliferación de urbanizaciones turístico-residenciales de calidad media-baja, con un acusado nivel de deterioro ambiental (saturación urbanística, ocupación de primera línea de playa, congestión de tráfico en accesos y playas, deterioro paisajístico, contaminación acústica y del medio físico, etc.) transforma el paisaje y la realidad socioeconómica del área. Esta ocupación urbanística tan intensiva modifica además las dinámicas naturales de sedimentación y erosión de la barrera arenosa y las orillas interiores, eliminando los cordones dunares de La Manga.

Actualmente casi la totalidad de la parte sur y media de La Manga se haya urbanizada y se está urbanizando actualmente al norte de la misma (entre el Puerto Tomás Maestre y la Veneziaola), de forma que tan sólo está libre de ocupación la superficie protegida del Parque Natural de las Salinas y arenales de San Pedro del Pinatar.

La segunda residencia y el ocio de sol y playa son los elementos más característicos del modelo turístico del sureste murciano. En la actualidad cierta diversificación del modelo ha incorporado nuevas infraestructuras turísticas en este territorio. Como ya se vio en capítulo I, la apertura de golos en La Manga tiene incidencias notables en las corrientes interiores y en el intercambio de aguas entre la laguna y el Mar Mediterráneo, afectando a la laguna y los humedales asociados a ésta. Influyen ambiental y territorialmente sobre los espacios de valor ecológico: las carreteras, instalaciones turísticas próximas y otras actividades y construcciones que en resumen, acentúan la fragmentación y artificialización del territorio.

Los 822.233 turistas extranjeros que recibió la Región de Murcia en 2005, suponen un 1,5% del total nacional. Este dato coloca a Murcia por detrás de sus comunidades vecinas que aglutinan el 9,2% (Comunidad Valenciana) y el 14,4% (Andalucía).



	Fuente Álamo		La Unión		Los Alcázares		San Javier		San Pedro del Pinatar		Torre Pacheco		Cartagena		La Manga (Cartagena)	
	Locales	Plazas	Locales	Plazas	Locales	Plazas	Locales	Plazas	Locales	Plazas	Locales	Plazas	Locales	Plazas	Locales	Plazas
<b>HOTELES</b>	2	59	1	75	7	967	9	418	10	1.088	2	318	15	2.527	8	2.762
<b>5 estrellas</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	118	1	365	8	2.762
<b>4 estrellas</b>	-	-	-	-	3	750	-	-	3	690	1	200	6	1.310	0	0
<b>3 estrellas</b>	-	-	-	-	2	109	2	88	2	172	-	-	4	662	6	2.531
<b>2 estrellas</b>	1	23	1	75	2	108	5	222	2	115	-	-	2	107	1	180
<b>1 estrella</b>	1	36	-	-	-	-	2	108	3	111	-	-	2	83	1	51
<b>PENSIONES</b>					2	99	6	194	2	80	-	-	9	230	-	-
<b>2 y 3 estrellas</b>	-	-	-	-	1	58	4	153	1	54	-	-	7	192	-	-
<b>1 estrella</b>	-	-	-	-	1	41	2	41	1	26	-	-	2	38	-	-
<b>APARTAMENTOS TURÍSTICOS</b>					379	1.489	866	3.997	104	317	56	228	440	1.840	263	1.129
<b>Primera</b>	-	-	-	-	105	420	79	336	60	171	-	-	19	19	19	57
<b>Segunda</b>	-	-	-	-	255	978	703	3.319	9	19	38	156	353	1.507	212	950
<b>Tercera</b>	-	-	-	-	19	91	84	342	35	127	18	72	68	276	32	122
<b>RESTAURANTES</b>	19	1.214	15	979	57	5.101	69	3.776	70	6.052	51	10.119	339	27.436	54	2.101
<b>Primera</b>	1	46	-	-	1	60	-	-	-	-	2	266	-	-	-	-
<b>Segunda</b>	-	-	-	-	1	46	1	90	2	282	2	572	4	366	-	-
<b>Tercera</b>	1	150	1	28	9	1.552	9	651	16	2.848	12	5.771	90	9.856	12	730
<b>Cuarta</b>	17	1.018	14	951	46	3.443	59	3.035	52	2.922	35	3.510	245	17.214	42	1.371
<b>CAFETERÍAS</b>	4	192	4	72	17	463	26	821	20	594	5	187	129	4.889	50	2.149
<b>Primera</b>	1	64	-	-	1	66	1	158	-	-	-	-	4	316	-	-
<b>Segunda</b>	3	128	4	72	16	397	25	663	20	594	5	187	125	4.573	50	2.149

Tabla III.13: Equipamiento hotelero y hostelero en el Campo del Mar Menor y en La Manga (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

Los españoles fueron, en 2004, 2.755.834. La mayoría de los visitantes del Mar Menor de origen español son de la propia Región de Murcia y de la Comunidad de Madrid. Representan el 2,3% de los viajes interiores en España. El 74,3% de los viajeros españoles llegados a Murcia como destino principal tenían por motivo de ocio y las vacaciones. La estancia media de los turistas españoles en Murcia es de 18,5 días en complejos turísticos y de hasta 30 días en vivienda propia. La mayoría de los turistas españoles visitaron la Región de Murcia en los meses verano (44%), sin embargo, la primavera es también un periodo de notable afluencia turística en relación a otras regiones españolas con un clima menos favorable.

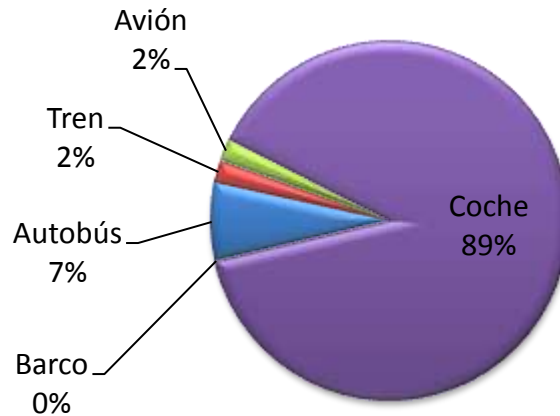
El modelo turístico ha condicionado el modo de crecimiento de los núcleos urbanos con un importante desarrollo de viviendas en altura en las zonas más turísticas como La Manga o las pedanías interiores costeras. Así, la densidad de población es muy alta, igual que la densidad de viviendas por habitante (1,1 vivienda/hab.).

Es importante señalar la influencia que sobre el Mar Menor y su desarrollo turístico ejerce la provincia de Alicante. Esta influencia es muy evidente en el municipio de San Pedro del Pinatar.

Alicante ha sido protagonista de un espectacular proceso de colmatación de suelo por desarrollo urbanístico. Podría deducirse que el importante incremento de la construcción de viviendas (como segunda residencia) en este municipio y en los más cercanos a Alicante está relacionado con una transferencia de la demanda por el norte. Además, el aeropuerto de Atlet, en Alicante, funciona como una importante puerta de entrada de turistas a la Región de Murcia y a la costa del Mar Menor.

Junto con una mayor estancia, la vivienda gratuita como forma de turismo conlleva un menor gasto. Así, según datos de EGATUR (ECONET, 2005) el gasto medio por persona de la Región fue de 830,4 euros y de 855,4 euros de media en España, durante el año 2005. El gasto medio por persona al día es de 51,9 euros en la Región de Murcia y de 85,5 euros en España.

La mayoría de las entradas en el área se realizan por carretera (lo que incorpora una dificultad añadida para su cuantificación).



**Figura III.17:** Viajes según medio de transporte en la Región de Murcia (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

Se señala el aeropuerto de San Javier, militar y civil, como una entrada importante para extranjeros con operadores nacionales e internacionales, que permiten, aumentado la accesibilidad del área, el desarrollo de un mercado de segunda residencia para turistas no residentes en España, igual que ha ocurrido en las principales islas y destinos de sol y playa mediterráneos españoles. La mayoría de las líneas que operan aquí unen el área con Reino Unido.

Este aeropuerto es el único de la Región de Murcia y permite la entrada y salida de turistas y visitantes de forma directa en el Campo del Mar Menor. El volumen de pasajeros ha aumentado espectacularmente en los últimos años debido en parte al funcionamiento de las compañías de bajo coste. Ha pasado de recibir alrededor de 100.000 pasajeros en 1996, a casi un millón y medio en 2006, alcanzando los 1.630.521 pasajeros en 2009. El aeropuerto de Altet en Alicante tiene cierta funcionalidad en el área y recibe casi nueve millones de pasajeros al año en la actualidad.

La próxima construcción de un nuevo aeropuerto en la Región de Murcia, en Corbera, puede aumentar significativamente la llegada de turistas a la región y ser un motor de desarrollo del sector turístico, incluyendo al turismo residencial.

Por la presión que el turismo ejerce sobre recursos naturales como el consumo de agua, el suelo y el medio natural existen riesgos de deterioro del ecosistema natural (clave como recurso turístico), congestión y pérdida de calidad por sobreexplotación.

Es especialmente relevante, como causa de los problemas detectados, el consumo de agua asociado al turismo y muy especialmente al modelo turístico residencial. El consumo medio en España se sitúa en torno a los 171 litros/hab·día, siendo superior en las zonas

turísticas, entre 180 y 210 litros/hab-día, que reflejan los incrementos poblacionales ligados al turismo. En la Región de Murcia es de 150 litros/hab-día.

Debe indicarse también el aumento de los flujos por carretera durante el verano y la presión que los turistas ejercen en los espacios protegidos al acceder a éstos en vehículos privados.

El desarrollo de los potentes destinos turísticos en el Mediterráneo, con climas agradables, más baratos, accesibles (igual de próximos para los principales mercados emisores: Reino Unido, Alemania, Italia...) y de calidad, convierten el modelo turístico en una actividad económica con mucha competencia. No es por tanto, por si sola, la solución para el crecimiento económico, mientras que además, pone en riesgo la calidad ambiental del área.

Calidad ambiental y calidad turística se encuentran tan íntimamente ligadas, que sin la existencia de la primera, la segunda es imposible. Y sin calidad de destino turístico, la oferta turística tendrá muy escasa aceptación en el mercado.

Desde el punto de vista de la oferta complementaria destacan los puertos deportivos y clubes náuticos en la laguna y los centros termales en la línea del turismo de salud. También destacan en el conjunto de la región el incremento de los campos de golf con unas características muy concretas en cuanto a sus efectos ambientales, tanto por el consumo de agua como por el consumo de suelo y la presión en su entorno por el desarrollo urbanístico.

En la laguna se desarrollan varias actividades como la pesca y las actividades de ocio que incluyen el baño, la pesca deportiva, los deportes náuticos y la navegación.

En las orillas interiores se han creado playas artificiales con características muy urbanas, dotadas de un conjunto de servicios como duchas, puestos de vigilancia, establecimientos de restauración, paseos...

En el 2010 tan sólo 5 playas de la laguna recibieron bandera azul y ningún puerto deportivo de la zona fue galardonado con la bandera. Esta categoría es otorgada por un jurado internacional formado por representantes de la FEE, PNUMA-UNEP, Organización Mundial de Turismo, Unión Europea y por la Organización del Litoral en la Unión Europea. Deriva de una solicitud de gestores públicos o privados municipales para cada playa o puerto deportivo. Acredita la calidad de las aguas para el baño, calidad ambiental y existencia de servicio de salvamento, socorrismo y primeros auxilios. Se valoran además otros servicios y su mantenimiento y la accesibilidad de las playas.

En el último punto del anterior capítulo ya se comentó que 12 puertos deportivos o clubes náuticos, la mayoría de pequeño tamaño menos el Puerto Tomás Maestre, situado en la parte central de La Manga, en la gola de el Estacio.

El aumento de la oferta complementaria de campos de golf presenta una cierta oposición ambiental, derivado de la presión ejercida sobre el suelo, por el uso de fertilizantes y de su elevado consumo unitario de agua. Una de las causas de la oposición ambiental hacia los campos de golf es que se están construyendo ligados a urbanizaciones de segunda residencia, de forma que se están utilizando como oferta de ocio para aumentar la rentabilidad de importantes operaciones urbanísticas en la zona de estudio.

### **c) Industria y actividad empresarial**

Todos los municipios estudiados cuentan al menos con algún establecimiento agroindustrial. La mayoría tiene una producción de transformación de frutas y hortalizas, que aportan gran valor añadido a la producción agraria de la región. Una característica común a estos establecimientos es la utilización de abundante mano de obra especializada. Implica además un aumento en el número de empleos del sector de los servicios externalizados por las industrias agrarias.

El sector industrial agroalimentario de la zona de estudio es altamente competitivo en la Unión Europea y frente al resto del sector en España, está más tecnificado y es más innovador que la media. Sin embargo, presenta como principal problema la dependencia de la producción agraria de regadío de los recursos trasvasados del Tajo.

Para reducir los impactos económicos negativos derivados de la falta de recursos trasvasados en épocas de sequía el Programa Agua del Ministerio de Medio Ambiente ha establecido diversas actuaciones tendentes a la mejora de la gestión del recurso y al incremento de la disponibilidad del mismo.

Desde el punto de vista empresarial, los municipios de Murcia y Cartagena son los más dinámicos. Entre los dos aglutinan el 56,6% de los establecimientos empresariales de la Región de Murcia y casi la totalidad de los establecimientos del área.

La actividad industrial total fuera de los municipios de Murcia y Cartagena es muy limitada, aproximándose al 6,5% del total regional y localizándose en torno a las vías principales.

#### **d) Otras actividades**

Otras actividades, aunque menos importantes desde el punto de vista económico en el Campo del Mar Menor, son la explotación salinera, las actividad minera, la ganadería o la actividad pesquera tradicional artesanal, que se da tanto en la laguna como en la franja litoral. Además existe un auge de la acuicultura. Este hecho se puede observar en la tabla III.14 que muestra los números de trabajadores que están dedicados a las distintas actividades económicas.

Muchas de estas actividades se desarrollan en espacios próximos, si no compartidos, con los espacios protegidos por su valor ecológico a nivel estatal y de dominio público. Es el caso de la explotación de sal en parque de Las Salinas de San Pedro del Pinatar (ver imagen III.19 y II.20), la ganadería y la minería en el cerro de Cabezo Gordo (imagen III.21), o la pesca en la propia laguna.

La explotación minera de la zona es igualmente responsable del paisaje actual y se desarrolla desde época romana, habiendo alcanzado su máximo esplendor a mediados del siglo XIX. Esta intervención humana ha dejado muchos elementos visibles como pozos, hornos, lavaderos, escoriales, caminos de hierro, cargaderos y la aparición de poblados que albergaban a la mano de obra de las minas.

	Fuente Álamo		La Unión		Los Alcázares		San Javier		San Pedro del Pinatar		Torre Pacheco		Cartagena
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2007
<b>A. Agricultura, ganadería, caza y silvicultura</b>	175	177	6	5	17	16	36	36	17	26	90	89	182
<b>B. Pesca</b>	-	-	3	1	-	-	3	3	25	21	-	-	37
<b>C. Industrias extractivas</b>	3	5	1	1	-	-	2	2	1	-	2	3	12
<b>D. Industria manufacturera</b>	139	145	60	62	38	38	97	98	98	98	150	160	707
<b>E. Producción y distribución de energía eléctrica, gas y agua</b>	5	13	-	1	-	1	6	7	1	-	2	5	70
<b>F. Construcción</b>	193	212	206	219	157	182	407	458	336	396	597	663	1.849
<b>G. Comercio; reparación de vehículos motor, motocicletas y ciclomotores y artículos personales</b>	279	293	222	233	187	200	549	584	392	421	691	701	3.462
<b>H. Hostelería</b>	72	93	73	83	142	161	304	284	180	182	161	188	1.187
<b>I. Transporte, almacenamiento y comunicaciones</b>	158	161	44	52	46	46	112	114	70	76	240	238	936
<b>J. Intermediación financiera</b>	9	11	12	12	13	15	22	23	13	16	23	25	231
<b>K. Actividades inmobiliarias y de alquiler, servicios empresariales</b>	117	143	139	152	201	219	549	571	415	446	453	500	3.159
<b>M. Educación</b>	8	11	10	10	10	11	18	21	12	17	24	26	225
<b>N. Actividades sanitarias y veterinarias, servicios sociales</b>	14	14	19	21	16	16	57	60	33	39	36	33	607
<b>O. Otras actividades sociales y de servicios prestados a la comunidad; servicios personales</b>	29	40	54	59	48	49	139	147	93	104	126	137	917

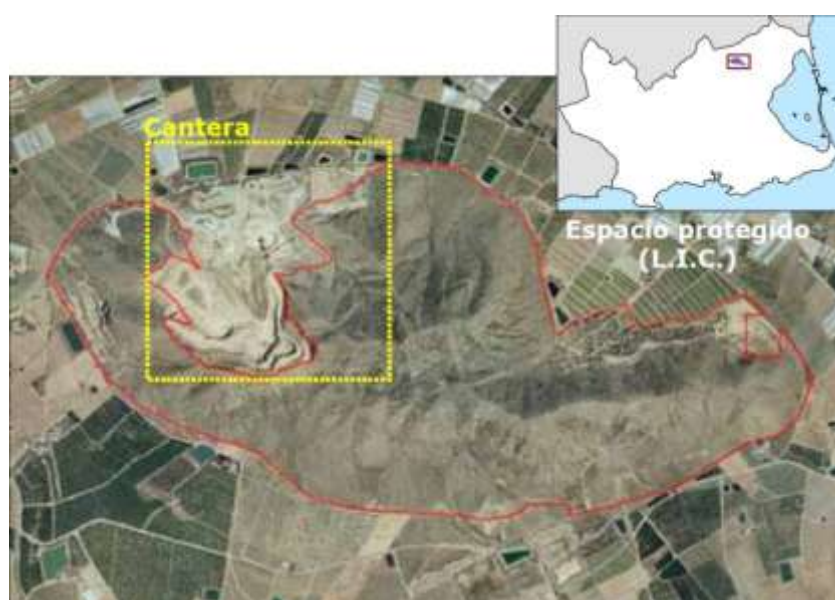
**Tabla III.14:** Número de trabajadores en empresas agrupadas en actividades principales  
(Elaboración propia a partir de datos del CREM).



**Figura III.18:** Imagen de la explotación salinera de San Pedro del Pinatar (MMA, 2006).



**Figura III.19:** Imagen de la explotación salinera de San Pedro del Pinatar desde el espacio protegido de las Salinas de San Pedro (MMA, 2006).



**Figura III.20:** Situación e imagen satélite del Cabezo Gordo, señalización del área en que se desarrollan actividades mineras en la actualidad.

La reactivación de esa actividad en los años 70 del siglo XX, con nuevas explotaciones a cielo abierto en los municipios de Cartagena y La Unión ocasionó problemas ambientales inexistentes en los usos tradicionales, con vertidos (lavaderos) dirigidos en primer lugar al Mar Menor y posteriormente al Mediterráneo por la Bahía Portman, produciendo la colmatación de materiales residuales en ambos espacios (bahía y laguna), que han considerado en el análisis de los problemas del dominio público hidráulico del área. En la actualidad las actividades son de cantería.



La ganadería estabulada es una actividad destacada en los municipios de Torre Pacheco, Fuente Álamo y Cartagena, siendo reseñable el gran número de unidades (sobre todo porcinos) que posee Fuente Álamo en comparación con el resto. Destaca la actividad de engorde y cría de porcino frente a otras especies.

	Fuente Álamo	La Unión	Los Alcázares	San Javier	San Pedro del Pinatar	Torre Pacheco	Cartagena
<b>Bovinos</b>	72	25	46	6	58	867	3.208
<b>Ovinos</b>	5.208	85	131	1.429	421	2.713	4.353
<b>Caprinos</b>	740	40	1	23	10	211	906
<b>Porcinos</b>	72.352	-	-	345	4	4.657	26.315
<b>Aves</b>	3.063	280	2	2	-	1.897	1.403
<b>Otras</b>	29	-	-	30	19	45	227
<b>TOTAL</b>	81.463	430	181	1.837	512	10.391	36.412

**Tabla III.15:** Número de especies ganaderas según censo 1999 (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

La acuicultura se ha desarrollado muy intensamente en los últimos seis años y se presenta como una importante alternativa sectorial. Es especialmente importante en el municipio de San Pedro del Pinatar. Los datos obtenidos del CREM referentes a la evolución de esta actividad en San Pedro son:

<b>PESCA DESEMBARCADA</b>		
<b>Tipo</b>	<b>kg</b>	<b>€</b>
<b>Peces</b>	451.270,20	1.744.949,60
<b>Crustáceos</b>	7.477,60	291.247,30
<b>Moluscos</b>	5.831,50	44.653,70
<b>TOTAL</b>	464.579,30	2.080.850,70

**Tabla III.16:** Pesca desembarcada en San Pedro del Pinatar en 2008 (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

<b>EVOLUCIÓN DE LAS CAPTURAS SEGÚN MODALIDAD</b>					
	<b>San Pedro del Pinatar</b>				<b>R. Murcia</b>
	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2008</b>
<b>Arrastre</b>	2.217	447	308	537	701.600
<b>Cerco</b>	306.659	396.675	894.141	203.308	1.313.538
<b>Artes Menores</b>	233.585	235.582	230.576	255.726	204.036
<b>Palangre</b>	1.039	1.882	4.195	5.009	542.896
<b>Almadraba</b>	-	-	-	-	265.876
<b>TOTAL CAPTURAS</b>	543.501	634.586	1.129.220	464.579	3.027.945

**Tabla III.17.** Evolución de las capturas según modalidad (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE EMBARCACIONES PESQUERAS Y NÚMERO DE TRABAJADORES						
	San Pedro del Pinar					R. Murcia
	2004	2005	2006	2007	2008	2008
<b>Arrastre</b>	1	1	1	1	1	33
<b>Cerco</b>	7	7	6	4	3	24
<b>Artes Menores</b>	94	94	93	92	68	171
<b>Palangre</b>	1	1	1	1	1	8
<b>TOTAL EMBARCACIONES</b>	103	103	101	98	73	236
<b>Número de trabajadores de la pesca</b>	136	116	121	110	103	581

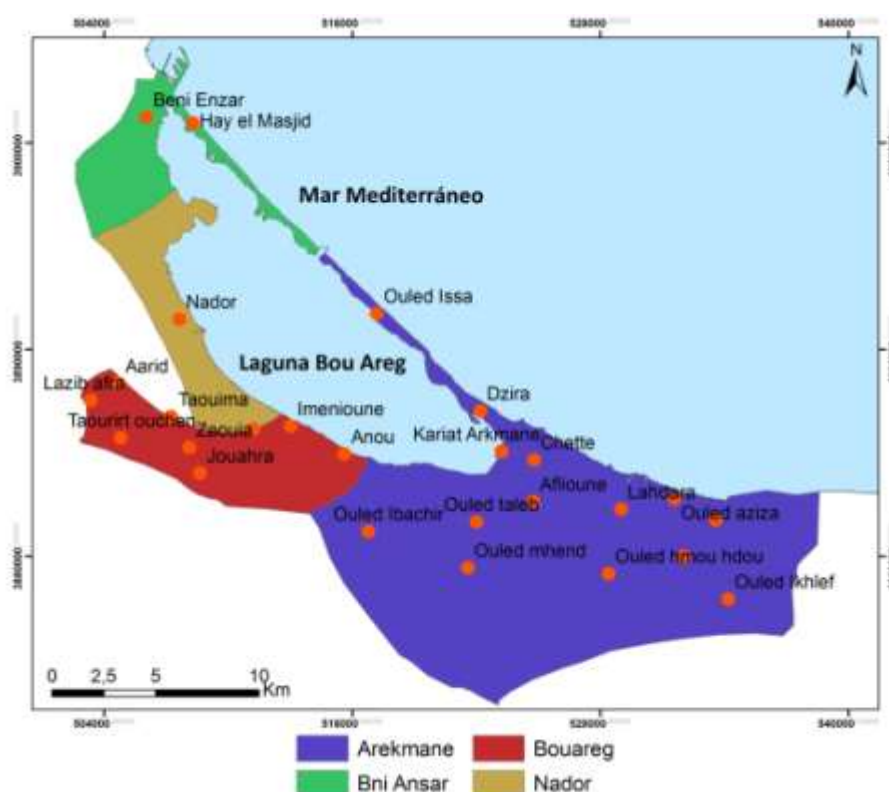
**Tabla III.18:** Evolución del número de embarcaciones pesqueras según tipo y del número de trabajadores (Elaboración propia a partir de datos del CREM).

En la franja litoral, la competencia entre el turismo y la agricultura ha desplazado la superficie cultivada hacia el interior, poniéndola en contacto con la superficie forestal

La actividad forestal ha descendido fuertemente, influyendo en el estado de los monte y en el interés por ordenación y gestión. A este abandono de aprovechamientos tradicionales se le contrapone una revaloración de los espacios por su interés natural y como recurso turístico.

## IV) Caracterización socio-económica. Nador

Para describir las características socioeconómicas, se distinguen 4 subdivisiones administrativas en torno a la laguna: Nador, Bni Ansar, Bouareg y Arkmane (figura IV.1). La información utilizada ha sido extraída del Censo General de Población y Vivienda (RGPH) en 2004.



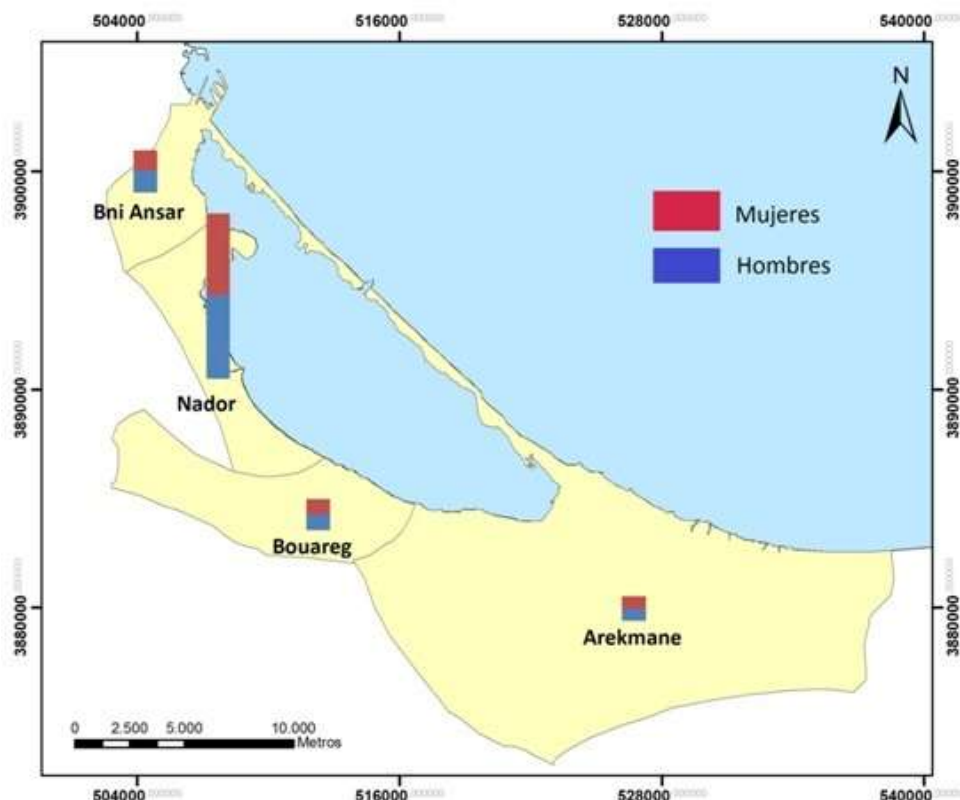
**Figura IV.1:** Subdivisiones administrativas utilizadas para caracterizar socio-económicamente el entorno de la laguna de Nador (Elaboración propia).

### 1. Análisis de aspectos socio-económicos

#### a) Población y viviendas

El área de estudio tiene aproximadamente 198.786 habitantes, distribuidos en 41.865 hogares con un tamaño promedio de 4,7 personas por hogar. El 84,8 % de la población es

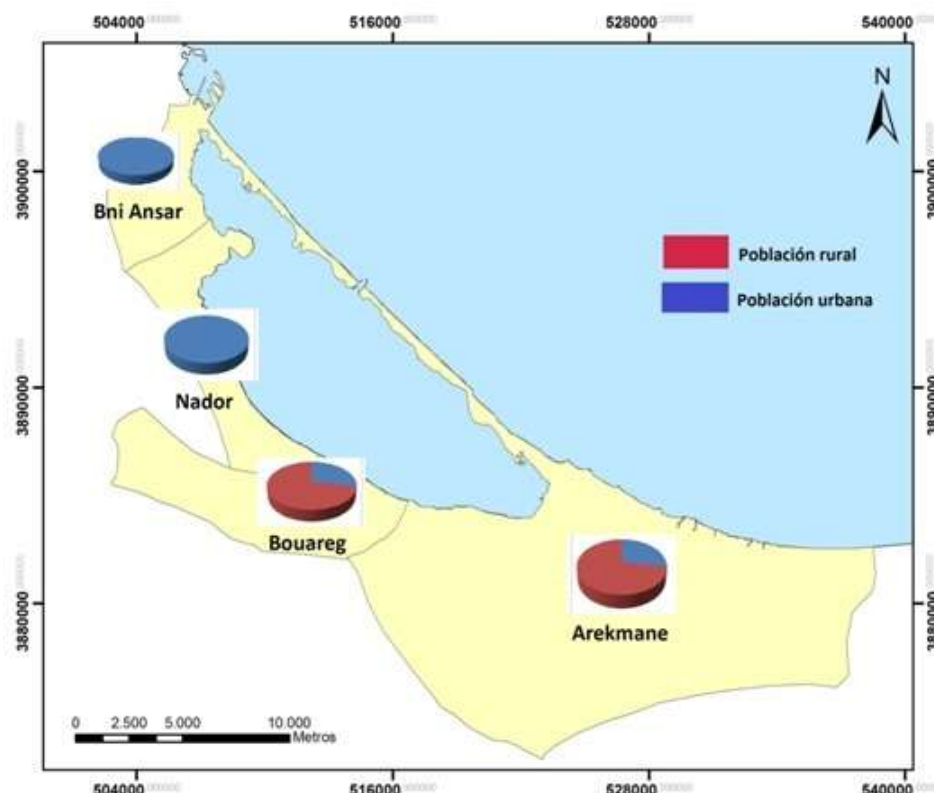
urbana, mientras que el 15,2 % es rural. El componente femenino es aproximadamente la mitad de la población total (49,4%) (Figura IV.2). Del análisis en de la tabla IV.1 obtenida a partir de datos de la GPHC (2004), se puede deducir que el grueso de la población urbana (93%) se concentra en las ciudades de Nador y Bni Ansar. Asimismo, la totalidad de la población rural (100%) vive en las comunidades de Arekmane y Bouarg (figura IV.3).



**Figura IV.2:** División de la población según sexo (Elaboración propia).

Subdivisión Administrativa	Población					Viviendas	
	Urbana	Rural	Masculina	Femenina	Total	Total	Personas/hogar
MU Bni Ansar	31800	0	16368	15432	31800	6799	4.7
MU Nador	124915	0	63059	61856	124915	26961	4.6
CR Bouareg	6641	16470	11852	11259	23111	4385	5.3
CR Arekmane	5228	13732	9251	9709	18960	3720	5.1
<b>Total</b>	<b>194064</b>	<b>31304</b>	<b>113625</b>	<b>111743</b>	<b>225368</b>	<b>46984</b>	<b>4,8</b>

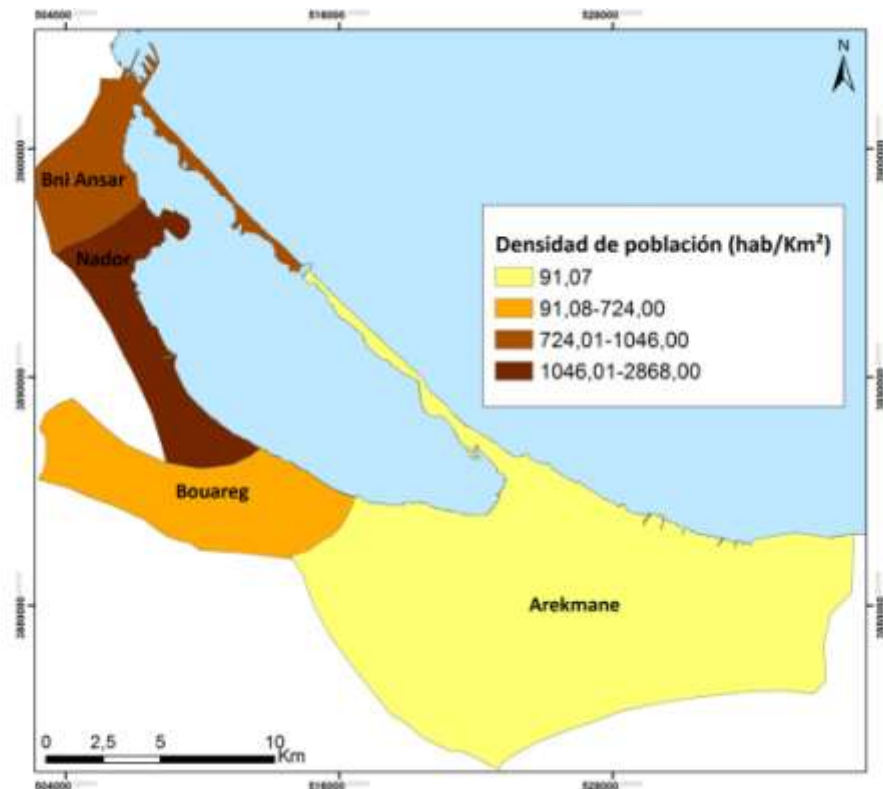
**Tabla IV.1:** Distribución de la población (Elaboración propia).



**Figura IV.3:** Separación de la población de la zona de estudio en rural y urbana (Elaboración propia).

La figura IV.4 muestra que la población del área está concentrada en las ciudades de Nador y Bni Ansar, que contienen más de la mitad de los habitantes de la zona, con una densidad de 2.866 habitantes/Km<sup>2</sup> en Nador y 1045 habitantes/Km<sup>2</sup> en Bni Ansar.

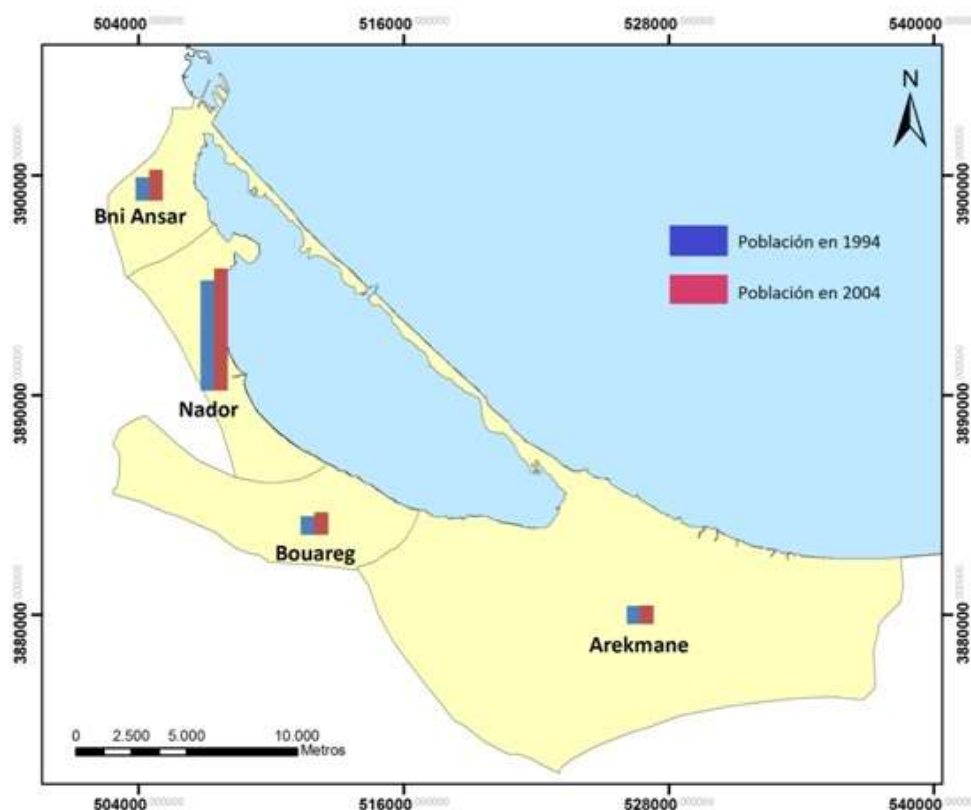
La tabla IV.2 muestra que la población de la zona creció de 173.708 en 1994 a 198.786 habitantes en 2004, un incremento de 25.078 personas durante 10 años. Este crecimiento se atribuye principalmente a los municipios urbanos de Nador y Bni Ansar ya que, en ellos, se concentra la mayor parte de la actividad económica de la zona que dio lugar a la migración a estas comunidades.



**Figura IV.4:** Densidad de población de la zona de estudio (Elaboración propia).

		1994		2004	
		Población	Viviendas	Población	Viviendas
Comunidades urbanas	Nador	112450	20649	124915	26961
	Bni Ansar	23897	4410	31800	6799
Comunidades rurales	Bouareg	18841	3063	23111	4385
	Arekmane	18520	3145	18960	3720
<b>Total</b>		<b>173708</b>	<b>31267</b>	<b>198786</b>	<b>41865</b>

**Tabla IV.2:** Crecimiento de la población del área de Nador entre 1994 y 2004 (Elaboración propia).



**Figura IV.5:** Crecimiento de la población entre 1994 y 2004 (Elaboración propia).

## b) Edad

La categorización de la población por edad ayuda a conocer la tasa de población activa, que es igual al porcentaje de la población con edades comprendidas entre 15 y 59 años. En el área de estudio, la tasa de población activa es aproximadamente 50,4%.

Repartición de la población según edad (%)				
Comunidad	Menos de 6 años	De 6 a 14 años	De 15 a 59 años	Más de 60 años
Bni Ansar	11,4	17,7	63,4	7,5
Nador	9,7	17	64,6	8,8
Arekmane	9,8	18	61,8	10,4
Bouareg	11,9	19,7	62,1	6,4
<b>Total</b>	<b>10,9</b>	<b>18,4</b>	<b>50,38</b>	<b>8,2</b>

**Tabla IV.3:** Distribución de la población según edad (Elaboración propia).

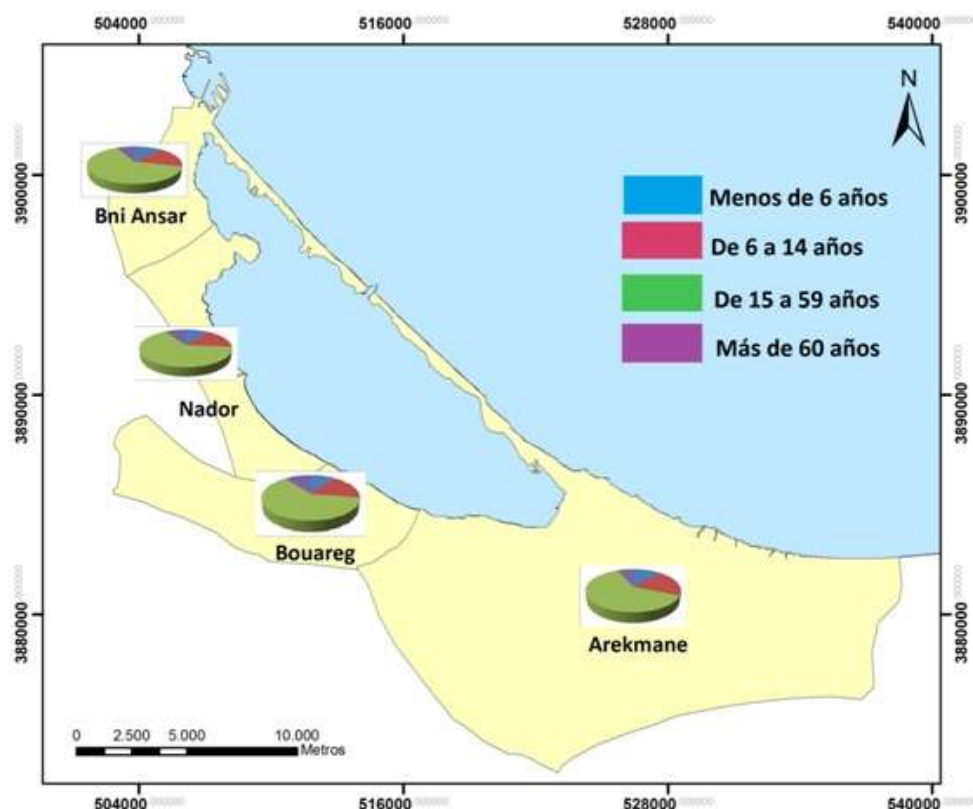


Figura IV.6: Distribución de la población según edad (Elaboración propia).

### c) Alfabetización

La tasa de analfabetismo es un parámetro que proporciona información sobre la capacidad de leer y escribir de la población. En el área estudiada, la situación varía entre los distintos municipios y entre sexos. Así, la tasa de analfabetismo promedio de la zona es del 38,2%. La tasa más alta alcanza un valor del 44,2% en Arekmane; la más baja se registra en Nador (31,6%) (tabla IV.4 y figura IV.7). Además, hay que señalar que esta tasa es más alta entre las mujeres (50,7%) que entre los hombres (25,8%).

Tasa de analfabetismo en %			
Comunidad	Masculina	Femenina	Total
Bni Ansar	22,1	44,8	33,1
Nador	20,9	42,6	31,6
Arekmane	28,3	59,1	44,2
Bouareg	32,3	56,4	43,9
<b>Media</b>	<b>25,8</b>	<b>50,7</b>	<b>38,2</b>

Tabla IV.4: Porcentaje de alfabetización en la zona (Elaboración propia).



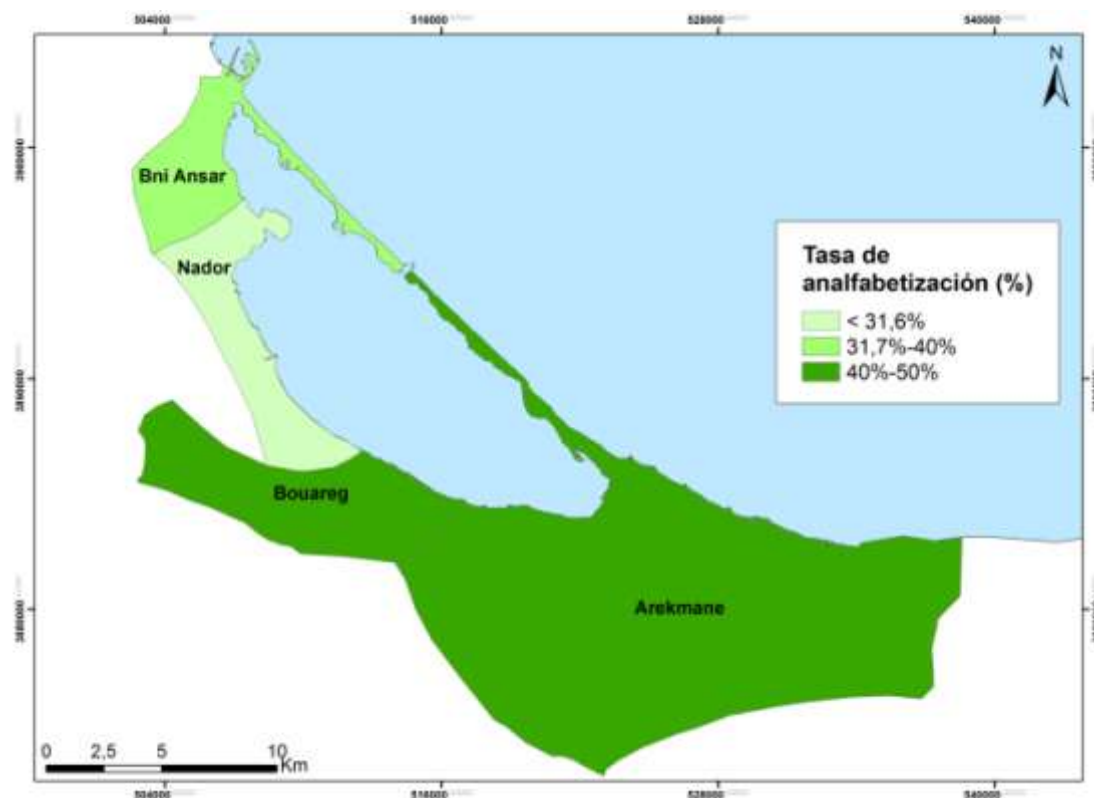


Figura IV.7: Tasa de analfabetización en la zona de Nador (Elaboración propia).

## 2. Actividades económicas

En el área de estudio, las actividades económicas son de dos tipos: las basadas en la explotación y procesamiento de recursos naturales tales como la agricultura, ganadería, pesca, industria y artesanía y actividades complementarias como el comercio, el turismo y el sector servicios. En orden de importancia, se puede decir que la agricultura es la principal actividad llevada a cabo por la población. Es seguido por la pesca, el comercio y, finalmente, el trabajo remunerado (Boubkraoui H. et al., 2008).

## 3. Actividades económicas

En el área de estudio, las actividades económicas son de dos tipos: las basadas en la explotación y procesamiento de recursos naturales tales como la agricultura, ganadería, pesca, industria y artesanía y actividades complementarias como el comercio, el turismo y el sector servicios. En orden de importancia, se puede decir que la agricultura es la principal actividad

llevada a cabo por la población. Es seguido por la pesca, el comercio y, finalmente, el trabajo remunerado (Boubkraoui H. et al., 2008).

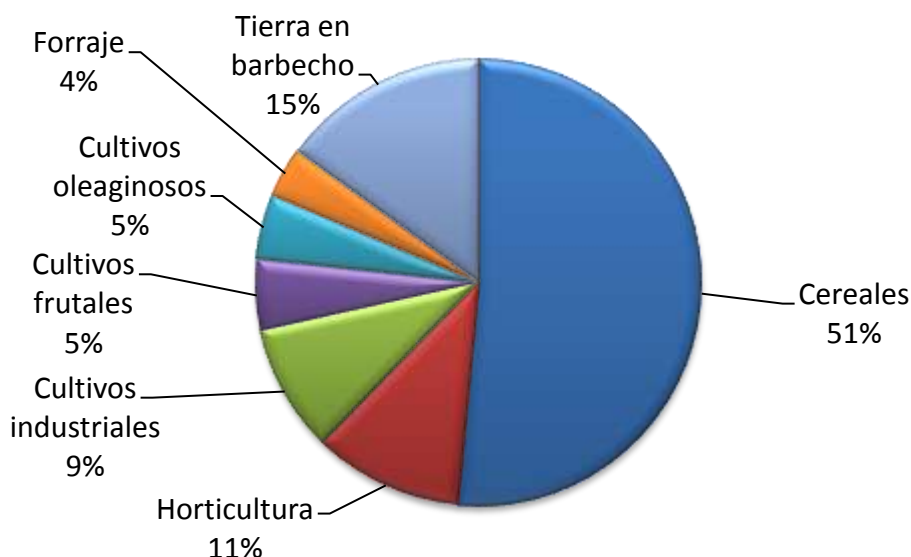
### a) Agricultura

Como se observa en el estudio de usos del suelo en el capítulo II (figura II.25), las tierras agrícolas ocupan casi la mitad de la superficie total, 27847 ha, divididas en riego y secano con 8351 y 19496 ha (Boubkraoui H. et al., 2008) respectivamente.

Según datos del Censo General de Agricultura (RGA) en 1996, la superficie agrícola útil se estimó en 26.641 hectáreas, repartidas en 8.330 explotaciones y un total de 35.972 parcelas, lo que representa una superficie media por parcela de unos 0,74 ha. La mayoría de estas tierras se encuentran en las comunidades de Arekmane (11.770 ha) y Bouareg (9.858 ha).

Los cultivos en la zona son muy variados. Así, la agricultura se compone por (figura IV.8): 51,50% de cereales, 10,78% de horticultura, 9,27% de cultivos industriales, 5,13% de cultivos frutales, 4,69% de cultivos oleaginosos, 3,63% de forraje y el resto es tierra en barbecho (Boubkraoui H. et al., 2008).

Las tierras agrícolas de la zona son en su mayoría "Melk" (99,46%), es decir, tierras comunales.

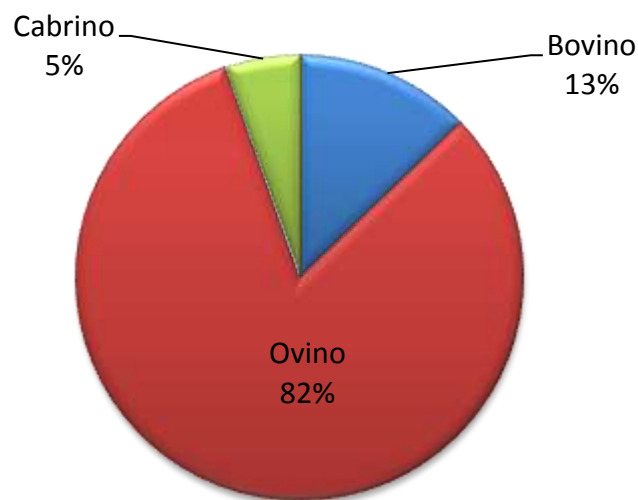


**Figura IV.8:** Distribución de los tipos de agricultura en la zona de Nador (Elaboración propia).

## b) Ganadería

La ganadería es una actividad realizada en paralelo con la agricultura. El tipo de ganado encontrado se divide entre las categorías de bovinos, ovinos y caprinos con números respectivos de 4166, 26696 y 1750 (Boubkraoui H. et al., 2008). Los animales de tiro son principalmente los burros y mulas, y sus respectivos números son 1976 y 440 (RGA, 1996). Esta actividad se puede clasificar en dos tipos:

- Ganado de razas puras o mestizas intensivo. Se localiza en las zonas de regadío (llanura de Bouareg) y se basa en el establo. En el caso de las ovejas, éstas pastan en los campos en barbecho o rastrojo.
- Pastoreo de ganado en amplias zonas de montaña, principalmente ovejas.



**Figura IV.9:** Distribución de la ganadería en la zona de Nador (Elaboración propia).

## c) Pesca

A pesar de su carácter tradicional, la pesca juega un papel muy importante en la vida económica y social local, ya que proporciona puestos de trabajo para la población.

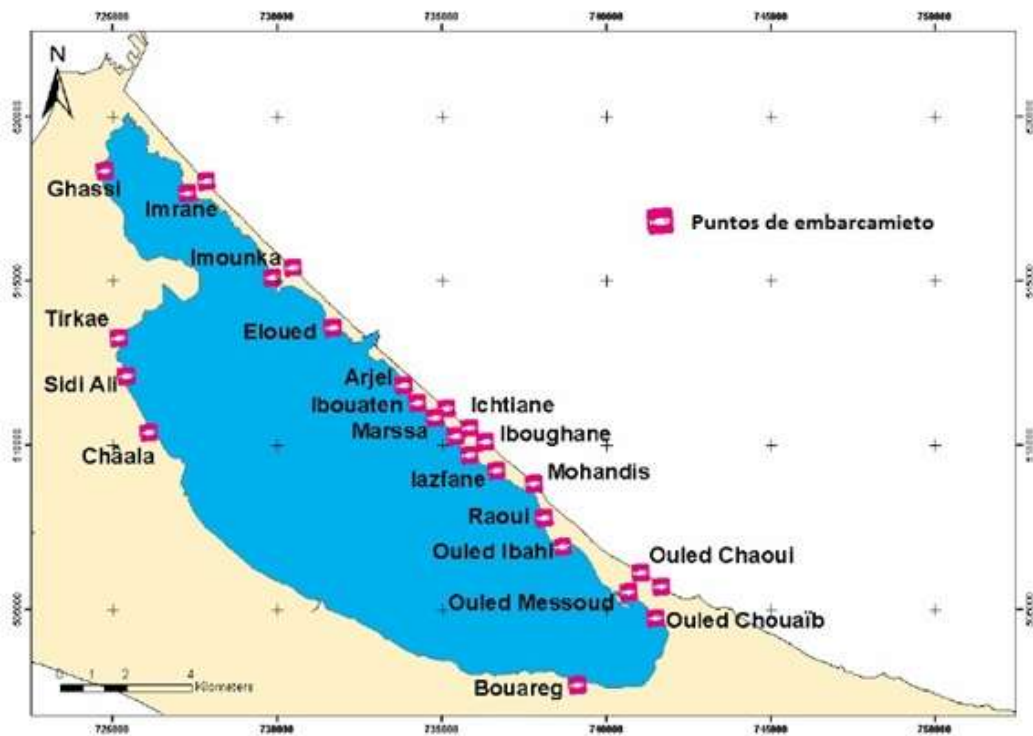
### • Puntos de embarcación

Los puntos de embarque alrededor de la laguna son 26 en total, 21 de los cuales se encuentran en el cordón litoral y 5 en el borde sur de la laguna (figura IV.10). El número de embarcaciones registradas por Boubkraoui H. et al. en su trabajo *Socioéconomie et*

*infrastructures des sites Lagune de Nador et commune rurale de Beni Chiker*, fue de 390 embarcaciones repartidas en varios puntos de desembarque, según se detalla en la figura IV.11. Cabe señalar que algunos pescadores, especialmente los que están cerca de la Bokhana, también pescan en el mar.

Con la excepción de Sidi Ali, que cuenta con una infraestructura débil, los demás puntos tienen una falta total de infraestructura básica y de comercialización. Sin embargo, puede afirmarse que son accesibles, lo que conlleva una serie de ventajas:

- rápido flujo de los productos pesqueros.
- suministro y reparación del material pesquero sin muchos problemas.
- ingresos adicionales para los pescadores debido a su proximidad con los lugares turísticos.



**Figura IV.10:** Situación de los puntos de embarque de la laguna (Boubkraoui H. et al., 2008).

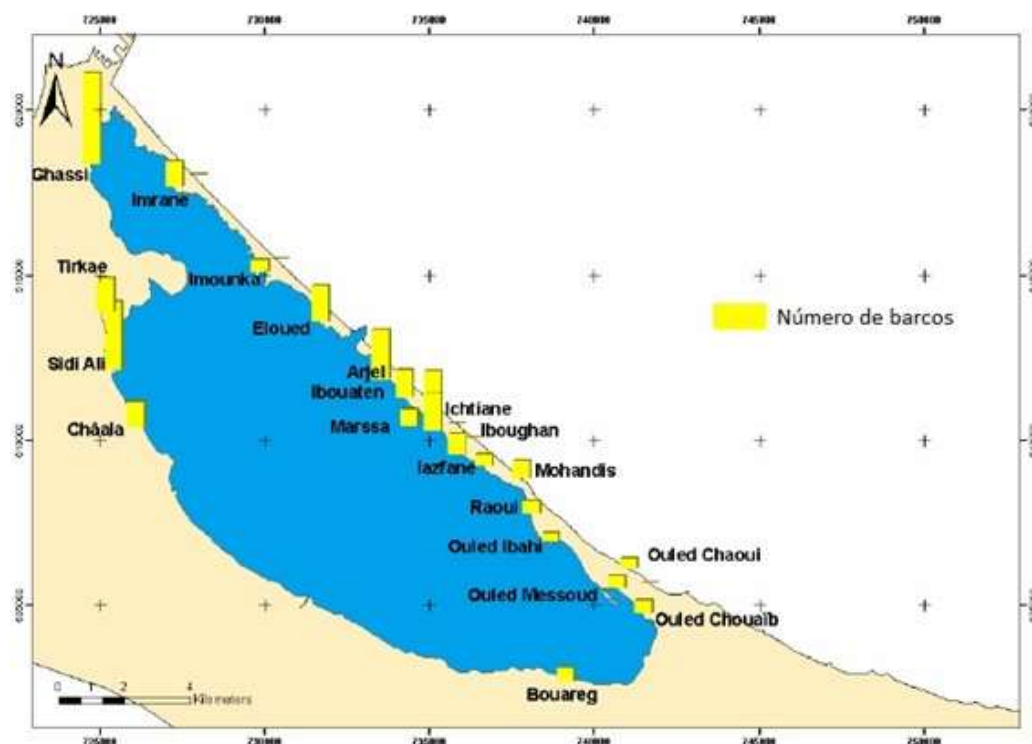
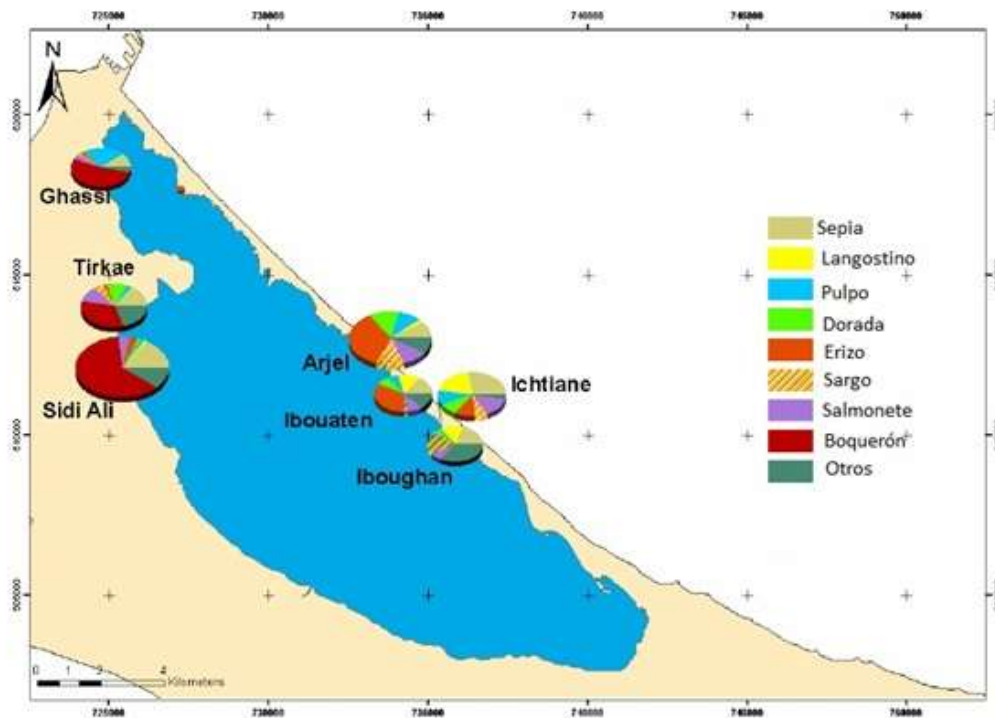


Figura IV.11: Número de barcos por puntos de embarque (Boubkraoui H. et al., 2008).

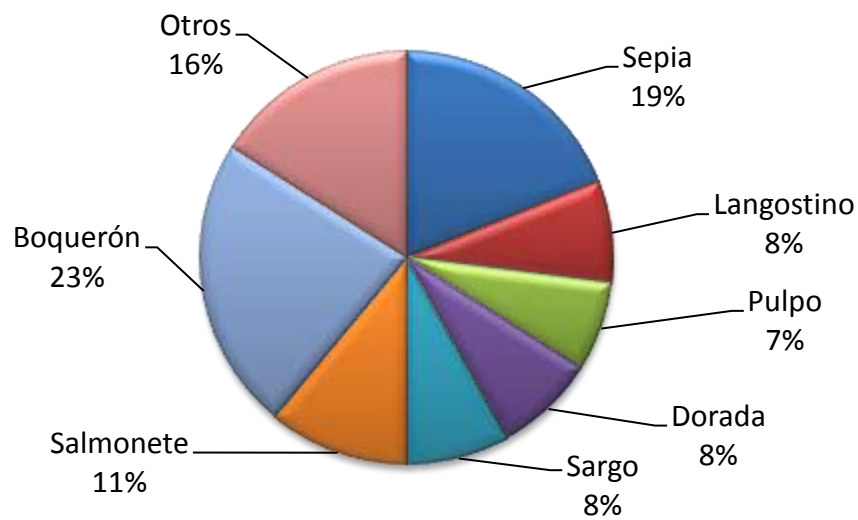
- **Cantidad y valor de las capturas**

Los recursos pesqueros en la laguna de Nador se caracterizan por una composición de especies muy diversas en el espacio y el tiempo. Las principales especies capturadas son el pulpo, la sepia, la dorada, la anguila, el salmonete, el langostino, el boquerón, y el sargo. El total de las capturas por especies de los principales lugares de la laguna, durante el período de junio a noviembre de 2002, se muestra en la Figura IV.12. La anchoa y la sepia son las principales especies capturadas con importes respectivos de 40.000 y 38.877 kg (INDH, 2002).

Según Khattabi (2003), la cantidad total de las capturas en la laguna para todos los buques, incluidas las que operan en el mar, es de aproximadamente de 1378 toneladas para todas las especies. El valor monetario total es del orden de 28 millones de DH. De la misma fuente, el ingreso mensual medio para el dueño del barco y el pescador son, respectivamente, 2465 y 1675 DH.



**Figura IV.12:** Nivel de capturas por especies en los principales puntos de pesca de la laguna de Nador (Boubkraoui H. et al., 2008).



**Figura IV.13:** Capturas por especies en el área de estudio (Elaboración propia).

- **Marketing**

Los pescadores venden pescado a comerciantes intermediarios, que los revenden a restaurantes u otros intermediarios. Estos distribuidores están instalados en los lugares de embarque y se desplazan de un lugar a otro.

- **Limitaciones del sector**

A pesar de la existencia de varios lugares de pesca artesanal en la zona, esta actividad económica no llega a desarrollarse y jugar plenamente su papel en la región. Esto se debe a las numerosas limitaciones que se pueden resumir en los siguientes puntos:

- La regresión de las poblaciones de peces debido, principalmente, a la contaminación por aguas residuales.
- Falta de infraestructura básica (almacenes para los equipos, refrigeradores para almacenar el pescado, medios para el suministro de combustible, equipos pesca, etc.)
- Falta de evaluación cualitativa y cuantitativa de los peces.
- Ausencia de asociaciones u organizaciones de pescadores.

## **d) Turismo**

El área de estudio posee potencialidades naturales e importantes ventajas muy variadas que proporcionan un producto turístico completo, entre las que cabe destacar: la proximidad con Europa, gran mercado emisor de turistas, un clima favorable con temperaturas medias de agua marítima alrededor de 24 °C, una duración anual de insolación de 2.600 a 3.600 horas y un cuadro natural y medioambiental muy diverso: laguna, playas, bosques, montañas, etc. (CCISN, 2006). Estos elementos proporcionan al área una gran potencialidad para el desarrollo de una actividad turística que se pueden clasificar en dos grandes categorías: de baño y ecológica.

- **Turismo de baño**

La laguna de Nador está rodeada de tres playas, Kariat Arekmane, Mohandis y Bokan (figura IV.13), que cumplen con los estándares requeridos de calidad de las aguas de baño y arenas (CCISN, 2006).

El turismo nacional proviene de las principales ciudades cercanas (Nador, Bni Ansar, Melilla, Kariat Arekmane y Selouane) y de otras regiones de Marruecos y se estima, según Khattabi (2003), en un 93,8%. La misma fuente calcula que el turismo extranjero es de un 1,3% para visitantes del Norte de África y de un 4,8% para extranjeros no Magrebíes que provienen, principalmente, de Francia, Holanda, Alemania, España y Bélgica.

Estos visitantes se hospedan principalmente en Nador, donde la infraestructura turística está integrada por numerosos hoteles con una capacidad de alrededor de 943 camas, aunque en Arekmane también existen multitud de viviendas (68 residencias principales y 120 secundarias en 1997) destinadas al turismo y un camping. La capacidad de acogida recogida en Arekmane en 1997 fue de 2328 plazas. En la Bocana, el número de residencias principales en 1997 para recibir turistas fue de 68, además de 60 residencias secundarias y un camping. La capacidad total fue de 6240 personas (Khattabi, 2003a). Actualmente, existen proyectos de fomento de turismo comentados al final del capítulo II.



Figura IV.14: Playas de la laguna de Nador (Boubkraoui H. et al., 2008).

- **Turismo ecológico**

Esta actividad existe en el macizo de Gourougou que cubre un área de 1351 hectáreas y se encuentra próximo a las ciudades de Nador y Bni Ansar. Alberga una vegetación masiva,



densa y cerrada basada en pinos y eucaliptos, y constituye un hábitat muy favorable para la propagación de especies de reptiles, perdices y jabalíes.

- **Limitaciones del sector**

A pesar de todos los atractivos de esta zona, el turismo sigue estando muy por detrás en comparación con otros sitios del país. Su contribución a la economía regional es muy débil debido a la lejanía, la falta de equipo y, sobre todo, por la falta de una intervención temprana del estado.

### **e) Industria y artesanía**

La actividad industrial de la zona sigue siendo relativamente reciente y de baja capacidad de absorción de empleo ya que el tamaño de las unidades industriales es muy pequeño. De hecho, aparte de la gran unidad Marost, dedicada a la industria pesquera y que ha detenido su actividad en 2006, las otras unidades son de baja capacidad y se centran en la industria agroalimentaria, la industria textil y de artículos de cuero, la industria química, la industria mecánica y metalúrgica, la fabricación de ladrillos, cemento, techos y materiales de construcción y la conservería.

El sector artesanal es de importancia socio-económica dado el número de trabajos realizados y el número de artesanos. Se basa principalmente en la producción de piezas artísticas, prendas de vestir, cestas de cerámica y hierro forjado. Una cantidad de estos productos se exporta a Europa, especialmente a Francia, Bélgica y España.

Dentro del sector servicios predomina la peluquería, la mecánica, la albañilería, la pintura, la electricidad, la carpintería y los trabajos de mantenimiento y reparación.

### **f) Comercio**

El comercio sigue siendo una actividad importante en la zona que genera una ocupación permanente para muchas personas. Sin embargo, esta actividad está dominada por el sector informal debido a la proximidad con Melilla. Así, las instalaciones comerciales son muy reducidas en las comunidades rurales y algo mayores en las principales zonas urbanas (Bni Ansar y Nador).

## V) Desarrollo sostenible

---

El término de desarrollo sostenible comienza a tomar forma en el momento en que la sociedad empieza a concienciarse de los problemas del sistema económico actual en el que la mayor parte de nuestro planeta se encuentra inmerso, basado en la máxima producción, el consumo, la explotación ilimitada de recursos y el beneficio como único criterio de la buena marcha económica que se muestra como insostenible a largo plazo. Un planeta limitado no puede suministrar indefinidamente los recursos que esta explotación exigiría. Por esto se ha impuesto la idea de que hay que ir a un desarrollo real, que permita la mejora de las condiciones de vida, pero compatible con una explotación racional del planeta que cuide el ambiente. Es el denominado desarrollo sostenible.

La definición más conocida de desarrollo sostenible es la de la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo (Comisión Brundtland) que en 1987 definió desarrollo Sostenible como: ***"el desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para enfrentarse a sus propias necesidades"***.

Según este planteamiento el desarrollo sostenible tiene que conseguir a la vez:

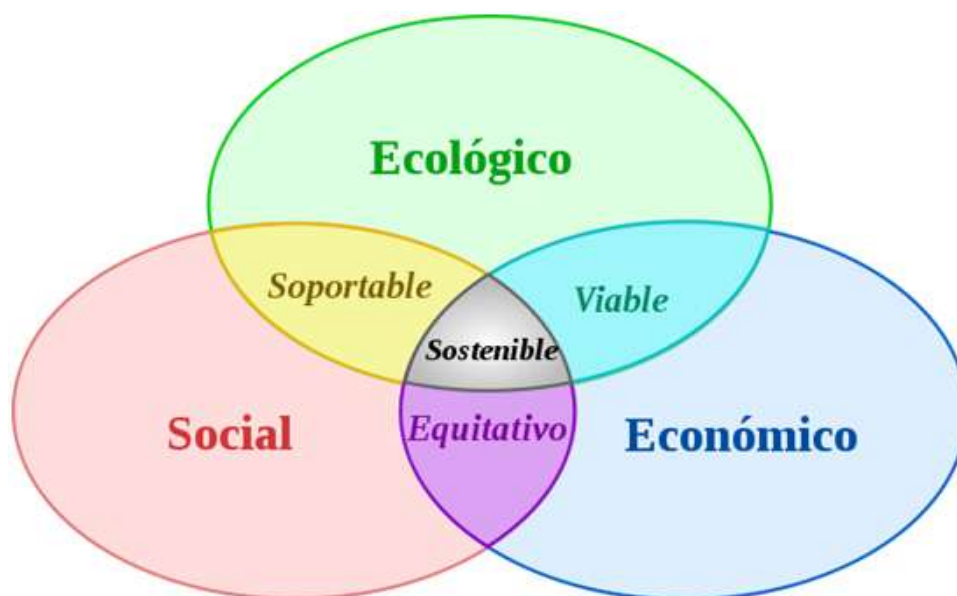
- satisfacer a las necesidades del presente, fomentando una actividad económica que suministre los bienes necesarios a toda la población mundial. La Comisión resaltó *"las necesidades básicas de los pobres del mundo, a los que se debe dar una atención prioritaria"*.
- satisfacer a las necesidades del futuro, reduciendo al mínimo los efectos negativos de la actividad económica, tanto en el consumo de recursos como en la generación de residuos, de tal forma que sean soportables por las próximas generaciones. Cuando nuestra actuación supone costos futuros inevitables (por ejemplo la explotación de minerales no renovables), se deben buscar formas de compensar totalmente el efecto negativo que se está produciendo (por ejemplo desarrollando nuevas tecnologías que sustituyan el recurso gastado):

Las características que debe reunir un desarrollo para que lo podamos considerar sostenible son:

- Busca la manera de que la actividad económica mantenga o mejore el sistema ambiental.

- Asegura que la actividad económica mejore la calidad de vida de todos, no sólo de unos pocos selectos.
- Usa los recursos eficientemente.
- Promueve el máximo de reciclaje y reutilización.
- Pone su confianza en el desarrollo e implantación de tecnologías limpias.
- Restaura los ecosistemas dañados.
- Promueve la autosuficiencia regional.
- Reconoce la importancia de la naturaleza para el bienestar humano.

El ámbito del desarrollo sostenible puede dividirse conceptualmente en tres partes: ecológico, económico y social. Se considera el aspecto social por la relación entre el bienestar social con el medio ambiente y la bonanza económica.



**Figura V.1:** Pilares del un desarrollo sostenible (Fuente: [www.lacasasostenible.com](http://www.lacasasostenible.com)).

## 1. Edificación sostenible

El sector de la edificación no ha quedado al margen de la evolución del sistema productivo comentado. Ello la ha conducido hacia la sistemática dependencia de los recursos energéticos no renovables, hacia un uso sistemático de la litosfera como fuente de recursos y, en

consecuencia, a convertirse en un productor considerable de residuos vertidos sobre el medio. Y aunque no lo haya hecho al mismo ritmo que otros sectores productivos, ha sufrido igualmente una transformación radical.

Los sistemas constructivos basados en los materiales tradicionales (como la piedra, la madera o la tierra) y la utilización de la inercia térmica o las fuentes de energía renovables como proveedores de energía, comenzaron a dejar de ser la tendencia reinante a partir de la revolución industrial hasta llegar a una situación insostenible que compromete seriamente el futuro de las generaciones futuras.

Por una parte, los materiales de construcción han abandonado su tradicional origen local para provenir de lugares cada vez más lejanos, y para ser producidos por procesos de transformación más ligados a la industria y alejados de la obra. La industria no sólo se ha convertido en el suministrador de los materiales de la edificación sino que, en una evolución paralela, las calidades que definen las prestaciones de los sistemas constructivos de los edificios, se han ido desplazando también desde la organización de los materiales adquirida en los procesos de obra hacia las propiedades físicas de los materiales adquiridas en los procesos industriales de conformación.

De ese modo, el control de la calidad técnica de los sistemas constructivos se ha desplazado de la obra hacia la industria, asumiéndose con ello los inconvenientes ambientales que el sistema técnico industrial ha producido y, debido a la enorme cantidad de materiales implicados en la edificación, erigiéndose en una de las actividades de mayor impacto.

Por otra parte, la habitabilidad que proporciona la edificación (y que es su principal utilidad) cada vez depende menos de estrategias de relación con el entorno inmediato para pasar a ser suministrada por sistemas mecánicos alimentados por energía comercial. Con ello, la edificación requiere un flujo continuado de recursos energéticos para proporcionar confort térmico, ventilación, movilidad, iluminación y otros tipos de servicios habitualmente asociados a la habitabilidad.

Ello ha generado tipologías de espacios nuevos, rascacielos o espacios habitables enterrados o ciegos respecto al exterior, así como la posibilidad de albergar densidades elevadas de público en volúmenes reducidos, pero a costa de una dependencia de unos recursos energéticos con un fuerte impacto ambiental asociado a causa, principalmente, de las emisiones que su uso genera.

La edificación se ha globalizado, ha cambiado la dependencia del entorno inmediato por la dependencia de recursos alejados en el espacio y, como en el caso de los combustibles fósiles

formados hace millones de años, lo que ha ocasionado la homogeneización de la arquitectura en todo el planeta, en paralelo a la generalización de modos de vida similares en todo el mundo, y que se sustenta sobre un consumo exacerbado de recursos y su inevitable y simétrica emisión de residuos.

Al igual que en otras ramas de la producción, la sostenibilidad en edificación implica la reducción continuada de la generación de residuos, tendiendo hacia el cierre de los ciclos materiales. Eso es, regenerando los residuos para devolverles la cualidad de recursos y que permanezcan disponibles para las generaciones futuras en el marco de un medio libre de la amenaza de la contaminación.

Como consecuencia, el objetivo sostenibilista en el campo de la edificación debe ser el establecimiento de estrategias de obtención de la habitabilidad desde la consideración de la necesidad del cierre de los ciclos materiales implicados en ellas.

Para ello, la edificación sostenible debe dedicarse a trabajar en dos áreas. La primera es la definición de una habitabilidad compatible con la sostenibilidad, que no esté basada en un crecimiento continuado de las necesidades a satisfacer, y que asegure el acceso de todos a una habitabilidad socialmente aceptable.

La segunda área es la determinación de los flujos materiales implicados actualmente en la consecución de la habitabilidad hoy socialmente aceptada, su análisis respecto a la condición de cierre de ciclos materiales, el diseño de alternativas y, como tarea ineludible, la definición de estrategias para transformar nuestra edificación hacia la sostenibilidad.

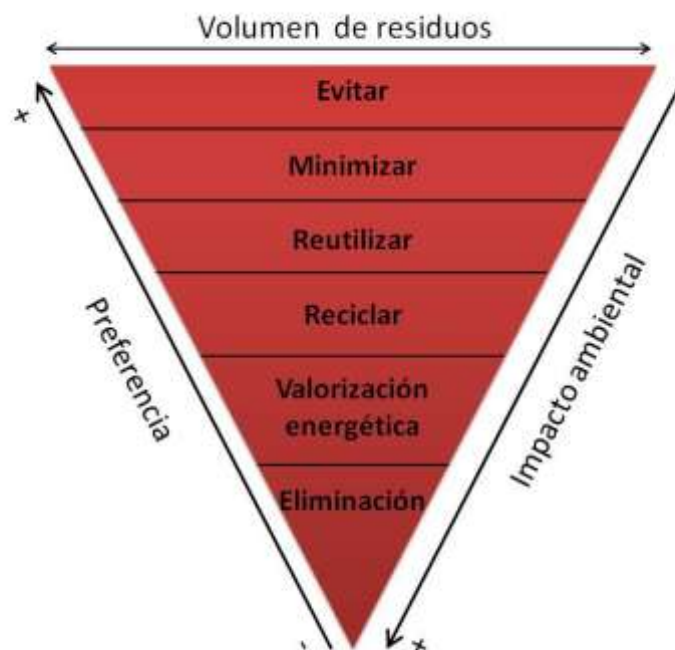
El trabajo en esta área implica considerar la gestión de los ciclos materiales como el objetivo de una edificación sostenible y, con ello, la consideración de cuáles son los flujos materiales que circulan a través de los edificios, qué materiales se ven implicados, qué procesos los han generado y qué impactos ambientales están asociados a esos procesos, cuál es su destino tras su uso en la edificación y, finalmente, qué estrategias existen para intervenir sobre esos flujos para conducirlos hacia el cierre de ciclos.

Este análisis de la edificación y de los usos que alberga, establece los aspectos determinantes en la sostenibilidad de las edificaciones y que están directamente relacionados con las dos áreas anteriormente comentadas, es decir, tanto con los materiales usados en la construcción (materias primas usadas, procesos industriales de transformación, transporte a obra, técnicas constructivas, vida útil y demolición) tanto con las características deseables en un espacio habitable para conseguir la eco-eficiencia energética y el menor impacto ambiental que produce.

Siguiendo estas ideas podemos definir edificación sostenible como aquella que asegura la calidad ambiental y la eficiencia energética de un edificio durante todo su ciclo de vida, desde la construcción, vida útil, mantenimiento y demolición.

Se puede resumir todo lo expresado anteriormente de lo que significa un edificio sostenible en los tres siguientes puntos, que son las recomendaciones realizadas por la OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) para la búsqueda de la eficiencia ambiental y energética de los edificios:

1. Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción industrial de los materiales de construcción y su transporte, puesta en obra y construcción y en la vida útil de las viviendas.
2. Uso de materiales de construcción con un bajo impacto ambiental que constituyan un ciclo cerrado de vida siguiendo una política de gestión de residuos responsable siguiendo la pirámide de principios de:



**Figura V.2:** Política de gestión de residuos (Elaboración propia).

3. Desarrollo urbano compatible con el medio ambiente del entorno para no saturar el espacio ni producir una degradación masiva del medio y la consecuente disminución de la calidad de vida.

Una guía de criterios para conseguir estos objetivos en las distintas fases de creación de un edificio sostenible es:

1. **Adecuación del diseño:** según las condiciones climáticas y ambientales de la zona con el objetivo de aplicar distintas estrategias de diseño en respuesta a condiciones ambientales favorables y adversas y contribuir a la mejora del balance ambiental. Se debe tener en cuenta:
  - La integración en el entorno.
  - Ubicación y orientación.
  - Morfología y distribución funcional.
  - Aprovechar la luz natural en el interior de las viviendas.
  - Climatización natural, sistemas de captación, de inercia, de ventilación y de protección para conseguir un calentamiento o un enfriamiento pasivo (Ver Apéndice I: Nociones de calentamiento/enfriamiento pasivo).
  - Utilización de vegetación para aislar y mitigar el impacto, muy importante el uso de “tejados vivos”.
2. **Selección de materiales:** teniendo en cuenta la procedencia de los mismos y los sistemas constructivos. Es necesario seleccionar materiales en función de las características de los mismos para conseguir unas características del edificio acorde con la eco-eficiencia y en función de los impactos ambientales que pueden generar durante sus procesos de fabricación, construcción, vida útil y reciclaje o eliminación.
  - Materiales locales de construcción alternativos, que reducen las emisiones contaminantes por transporte, y de bajo impacto ambiental, minimizando el uso de materiales tales como el PVC, poliuretanos, maderas tropicales...Fomento de materiales fáciles de obtener sin que sea necesario un proceso industrial de fabricación. En el siguiente punto se comentarán los materiales alternativos que existen.
  - Uso de sistemas constructivos prefabricados y de montaje en seco. Aplicación de fijaciones mecánicas en preferencia a las uniones fijas.
  - Uso de materiales certificados y con etiquetas ecológicas.

3. **Eficiencia energética y uso de energías renovables:** gestión ambiental de los recursos (energía, agua y residuos) minimizando el consumo energético y reduciendo la contaminación ambiental.
  - Control de las propiedades de las fachadas (relacionado con el punto anterior) para controlar el intercambio térmico con el exterior obteniendo un ahorro de energía (carpinterías con doubles vidrios).
  - Colectores solares con un sistema convencional de soporte para el calentamiento de agua.
  - Sistemas de ahorro de agua (grifos y duchas monomando, limitadores de caudal, cisternas de doble descarga...) e instalaciones energéticas de alta eficiencia.
  - Sistemas de tratamiento de residuos orgánicos para compostaje.
  - Reserva de espacios específicos para recogida selectiva de residuos.
  - Uso de la domótica con el fin de automatizar la gestión de un edificio y evitar un consumo excesivo.
4. **Mantenimiento:** reducción de las acciones correctivas que suelen implicar un mayor consumo de recursos y que generan un volumen importante de residuos. Revisiones periódicas de los elementos estructurales, fachadas e instalaciones.
5. **Desmantelamiento:** uso de técnicas de deconstrucción y desmontaje minimizando los impactos desde un punto de vista ambiental que generan los derribos masivos.

### **a) Materiales de construcción alternativos**

Como se ha comentado en el apartado anterior, en la fase de elección de materiales para la construcción de un edificio sostenible se ha de cuidar la procedencia de los materiales procurando que sean locales y que cumplan una serie de condiciones que garanticen la eco-eficiencia (ciclo cerrado de los materiales, propiedades térmicas y acústicas, mínima emisión de gases nocivos en su fabricación y puesta en obra...). En las dos últimas décadas han ido surgiendo y afianzando poco a poco una serie de materiales alternativos con unos resultados muy satisfactorios a continuación se muestran y analizan someramente:

1. **Fardos de paja:** como paja se considera el tallo seco de los cereales (trigo, centeno, cebada, avena, mijo...) o de plantas fibrosas (lino, cáñamo, arroz). Es un



material que la naturaleza produce y se encuentra disponible en muchas partes. La eliminación de la paja no crea problemas y al final de la vida útil de una construcción o el sobrante de una obra se puede usar como abono en jardines o cultivos.

Tienen muchas cualidades y posibilidades, son recomendados como excelentes materiales de construcción pero tienen que ser protegidos de las humedades, del fuego y de los insectos. Pueden ser empleados para crear estructuras duraderas, seguras y firmes. Son de gran rendimiento de energía, seguros para el medio ambiente, fáciles para trabajar, baratos y estéticos. Los fardos de paja son térmicamente eficaces y conservan la energía con aislamientos mejores que los de las construcciones convencionales, dependiendo del tipo de paja y del grosor de la pared. Además, la masa obtenida al enlucir la pared de fardos puede ayudar a incrementar el rendimiento térmico del sistema de paredes. Las paredes de fardos de paja permiten instalar un sistema de refrigeración y calefacción menor que en las viviendas convencionales por el aumento de aislamiento.

Para sacar un mayor rendimiento de las altamente eficaces paredes de un edificio de fardos, la construcción debería incluir un ático o tejado bien aislado, un buen perímetro de cimientos aislado, ventanas y puertas aisladas, un sellado hermético para minimizar las corrientes, y una ventilación óptima que se consigue enyesando y pintando las paredes con un acabado transpirable.

En contraste con la madera usada para construir, la paja puede crecer en menos de un año en un sistema de producción completamente sostenible. Si la cosecha de paja es recogida del mismo campo todos los años puede que se necesite abonar la tierra o alternar con otro tipo de cultivo. También se puede cultivar paja en tierras salinas o de poca calidad.

Pruebas llevadas a cabo por Ghailene Bou-Mi demostraron que paredes de fardos de tres cuerdas sin enlucido eran fuertes y resistían bien cargas laterales y verticales. La primera parte de su estudio midió la fuerza de compresión de fardos individuales, mostrando un comportamiento excelente en el caso de fardos de tres cuerdas (58x116 cm) probados en situación horizontal. Se registró un cambio en la resistencia de los fardos a unos 322.9 kN por fardo, o 478.8 kPa. Se consideró que ese era el punto de ruptura, aunque no se rompió ninguna de las cuerdas del fardo. La disminución de los fardos en el punto de ruptura era del 50% de su

tamaño original, y los fardos recuperaban la mayor parte de su tamaño original después de retirar el peso lo que denota su comportamiento elástico.

Los resultados obtenidos de las pruebas con fardos de paja de tres cuerdas situados en vertical (40.6 cm de ancho) fueron menos impresionantes. Los fardos demostraron mucha menos resistencia en esa posición.

Los resultados indican que los fardos usados en posición vertical son mucho más apropiados como relleno en estructuras no de carga o pequeñas estructuras de carga. Usados en vertical, los fardos proporcionan un área de pared mayor utilizando el mismo número de fardos y ocupan menos espacio de suelo. También tienen un valor de aislamiento más grande por centímetro en esa orientación.

Existen diferentes técnicas para la construcción de una casa de paja, desde el uso de balas de paja autoportantes, que aguantan el peso del tejado, a las construcciones portantes, en las que hay una estructura de madera, hormigón o metal que sujeta el tejado y las balas de paja sirven únicamente como muros aislantes o utilizando las balas de paja como ladrillos unidos con mortero de cemento o cal.



**Figura V.3:** Construcción de una casa con balas de paja en muros con estructura de madera en Mallorca (Fuente: [www.casasdepaja.org](http://www.casasdepaja.org)).



**Figura V.4:** Construcción de una casa con balas de paja en muros con estructura de madera en Mallorca (Fuente: [www.casasdepaja.org](http://www.casasdepaja.org)).

Recientemente ha surgido un nuevo método, denominado “Sistema de placas de paja a la cal” de Ismael Caballero. Se trata de un revolucionario método en el cual se sumergen las balas de paja en una bañera, excavada en la tierra a pie de obra, en un baño de cal viva y en fresco se colocan en la pared. Finalmente el muro se funde en un solo bloque cuando la cal se seca, unida por el mortero que luce las paredes por dentro y por fuera. Así es seguro que no entrarán ratones ni bichos y se pueden construir varios pisos sin estructuras añadidas.

La construcción con fardos de paja es de especial valor en lugares sísmicamente activos. Los fardos de paja pueden ser fácilmente reforzados con madera, bambú o mallas si a esto añadimos sus propiedades intrínsecas de flexibilidad y resistencia, la hace ideal para el diseño sísmico siempre que las conexiones entre el sistema de paredes de fardos, el tejado y los cimientos sean adecuadas. Las paredes de fardos pueden absorber mucha de la fuerza del terremoto en vez de transferirla al tejado como en las estructuras construidas de forma convencional. Una capa de yeso (reforzada con alambre) añade resistencia a esos edificios.

2. **Adobe:** es uno de los materiales de construcción más antiguos y de uso más difundido. Se elabora con una mezcla de un 20% de arcilla y un 80% de arena y agua, se introduce en moldes, y luego se deja secar al sol por lo general unos 25 a 30 días. Para evitar que se agriete al secar lo más normal es que se le añada paja a la masa aunque también se le puede añadir cualquier otra sustancia fibrosa natural que sirva como refuerzo. Las dimensiones normalmente son de unos 6x15x30 cm. El uso de unidades de barro secadas al sol data desde 8000 a.C. El

uso de adobe es muy común en algunas de las regiones más propensas a desastres del mundo, tradicionalmente a lo largo de América Latina, África, el subcontinente de India y otras partes de Asia, el Oriente Medio y el Sur de Europa.

El adobe cuenta con un gran número de ventajas, los materiales de los que están compuesto se encuentra fácilmente en cualquier parte del mundo y son accesibles para todas las poblaciones debido a su mínimo coste económico, muy beneficioso para comunidades locales pobres. A parte de las económicas el adobe también posee ventajas ecológicas por el bajo consumo de energía que exige este tipo de edificaciones, y de confort, pues las casa de adobe tienen una gran inercia térmica, sirve de regulador de la temperatura interna, son mucho más frescas en verano y cálidas en invierno por lo que casi no precisan de utilización de energía en su climatización aumentando considerablemente su eco-eficiencia.

Una ventaja adicional del adobe, es que permite modificar fácilmente la construcción una vez realizada, derruir un muro o ampliar la vivienda con una nueva dependencia, provoca menos problemas que la construcción habitual, pues el adobe se pueden reciclar in situ en los muros de la nueva obra y el resto se transforma en tierra que se incorpora al suelo, dejando un mínimo de residuos. Además no hay excesiva dificultad para insertar en las paredes existentes las instalaciones de nuevos servicios de agua y luz, con lo que el mantenimiento e incorporación de nuevas redes de luz, agua o comunicaciones, se resuelven en este tipo de construcciones de forma más sencilla y con menos gasto.

Pese a que encontramos edificaciones en adobe de varios pisos, el adobe, por su peso, no es material conveniente para la construcción en altura, pero resulta muy adecuado para viviendas de dos plantas sobre rasante, como pueden ser las viviendas tipo chalets. Tampoco se debe usar este material en zonas de clima muy húmedo, tanto en lo referente a una abundante pluviometría, como a sitios caracterizados por tener de forma habitual, un alto índice de humedad ambiental.

El sistema estructural más usado en viviendas de adobe de una planta es el de construir muros autoportantes en el que los ladrillos soportan directamente el peso de los elementos que descansan sobre él. Con esta técnica se utiliza refuerzos de madera en puertas y ventanas normalmente de formas rectangulares. Si se quiere construir edificios más altos es necesario construir una estructura de madera u otro material más resistente encargando al adobe la única función de aislar.

También es común la disposición de los ladrillos en arco para la consecución de las ventanas o puertas.



**Figura V.5:** Construcción de una vivienda en adobe (Fuente: [www.solidearth.co.nz](http://www.solidearth.co.nz)).



**Figura V.6:** Casa realizada en adobe (Fuente: [fineartamerica.com](http://fineartamerica.com)).

La gran desventaja es que las estructuras de adobe son vulnerables a los efectos de fenómenos naturales tales como terremotos, lluvias e inundaciones. La construcción tradicional de adobe tiene una respuesta muy mala ante los movimientos sísmicos, sufriendo daño estructural severo o llegando al colapso, causando con ello pérdidas significativas en términos de vida humana y daño material.

La deficiencia sísmica de la construcción de adobe se debe al elevado peso de la estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil. Durante terremotos severos, estas estructuras desarrollan elevados niveles de esfuerzos que son incapaces de resistir y por ello fallan violentamente. Tanto daño material como considerables pérdidas humanas han ocurrido en áreas donde este material se ha usado. No obstante se puede mejorar el comportamiento sísmico de estas construcciones siguiendo una serie de pautas para a la hora de seleccionar el suelo adecuado y la adición de aditivos, la tipología constructiva de la vivienda y el uso de técnicas constructivas mejoradas mediante refuerzos (Ver Apéndice II: Construcción de adobe sismoresistente).

3. **Tapial:** consiste en el mismo material que el adobe pero que en vez de ser puesto en obra en forma de ladrillos secados previamente al sol se ejecuta directamente en masa con encofrados, al igual que el hormigón, con una compactación tras su vertido. Para un mejor comportamiento mecánico puede ser reforzado con madera, bambú o incluso acero. Se pueden conseguir formas muy diversas con fines estéticos siendo común los elementos curvos, arcos y bóvedas.



**Figura V.7:** Casa realizada mediante la técnica constructiva del tapial (Fuente: [www.cienladrillos.com](http://www.cienladrillos.com)).

Es normal el uso combinado del adobe y del tapial, utilizando el tapial en la parte baja de las viviendas y adobe en la parte superior por la dificultad de subir el material.

Debido a que el tapial tiende a absorber agua, a menudo es conveniente disponerlo sobre un basamento de material hidrófugo, normalmente piedra, para evitar la degradación rápida en esa zona clave para la estabilidad.

**4. Adobe con otros aditivos:** existen distintos materiales en la naturaleza que pueden ser usados para mejorar algunas características del adobe. Estos son:

- Con cáscaras de maíz o arroz: estos elementos naturales proporcionan una mejora del comportamiento estructural gracias a la fricción que proporciona en el interior del adobe. No obstante se debe tener cuidado de no añadir demasiadas fibras orgánicas que ocasionarían un debilitamiento del adobe, la dosificación adecuada es del 4% en volumen.
- Con cenizas de madera: la ceniza de madera dura, usualmente es rica en carbonato de calcio y tiene propiedades estabilizadoras, pero no siempre es adecuada para suelos arcillosos. Algunas cenizas incluso pueden ser dañinas para el suelo. Más efectivo parece ser añadir de 5 a 10% (por volumen) de cenizas blancas finas, de madera dura completamente quemada con lo que se mejora la resistencia a la compresión en seco. Las cenizas no mejoran la resistencia al agua.
- Con excremento animal: el estiércol es el estabilizador más común, valioso principalmente por su efecto reforzador (debido a las partículas fibrosas) y característica de repeler los insectos. No se mejora significativamente la resistencia al agua, y se reduce la resistencia a la compresión. El estiércol de caballo o camello son alternativas menos empleadas. La orina de caballo como sustituto del agua de mezclado elimina efectivamente el agrietamiento y mejora la resistencia a la erosión. Se obtienen mejores resultados añadiendo cal. A pesar de sus ventajas estos materiales tienen poca aceptación social en las mayorías de las regiones, mientras que en otras, principalmente en áreas rurales de Asia y África, son materiales tradicionales bien aceptados.
- Sangre fresca de toro: combinado con cal puede reducir enormemente el agrietamiento, sin embargo, también tiene poca aceptación social.
- Piel y pelo animal: empleado usualmente como refuerzo de adobe pero no tan eficaz como otros elementos comentados anteriormente.

**5. Superadobe (o bolsas de tierra):** se trata de una técnica que aúna los materiales constructivos tradicionales, arcilla y arena, con un sistema que satisface las deficiencias del adobe antiguo. Consiste en bolsas fabricadas de distintos materiales, pero que deben ser resistentes a rayos ultra-violeta del sol para evitar su degradación, rellenas de tierra natural del entorno de la construcción. Las bolsas pueden ser de muy distintas longitudes dependiendo del lugar que ocupe el saco en la vivienda y son dispuestas una sobre otra sucesivamente



consiguiendo la autocompactación con una sujeción de un alambre espinado entre las distintas capas con el objetivo de aumentar la fricción entre bolsas.

Debida a la gran adaptación a distintas formas que poseen las bolsas y en la búsqueda de la autocompactación de los sacos, la forma típica de una construcción en superadobe es de un edificio de planta circular con arcos y bóvedas autocompactantes. Estas formas tienen la gran ventaja de poseer un excelente comportamiento sísmico que junto con las deformaciones que son capaces de absorber los sacos hacen de esta técnica muy apropiada en zonas con alta actividad sísmica. Si a esta cualidad se le añade que su forma aerodinámica las hace idóneas ante huracanes e inundaciones y su fácil construcción en poco tiempo con poca mano de obra especializada se entiende que esta técnica se utilice en campos de refugiados por catástrofes naturales.



**Figura V.8:** Fase de construcción de una casa en superadobe (Fuente: [www.calearth.com](http://www.calearth.com)).





**Figura V.9:** Casa realizada en superadobe (Fuente: [www.laconfuencia.com](http://www.laconfuencia.com)).

Comparten las mismas propiedades aislantes que el adobe al emplear el mismo material base. Si se construye una vivienda definitiva, por lo general más grande que una temporal, se debe poner una ligera cimentación realizada con materiales locales, arena natural recubierta de escoria. En las paredes se aplica un recubrimiento con algún tipo de cal o yeso para aumentar capacidad aislante y resistente, también se ha realizado recubrimientos con restos de papel mezclado con cemento portland. Si por el contrario se trata de viviendas temporales en campos de refugiados o cualquier otra situación similar, la tierra puede devolverse fácilmente de donde se ha obtenido sin un mayor impacto ambiental y las bolsas y alambres reutilizar para posteriores viviendas.

El gran inconveniente del superadobe es la limitación por estabilidad de la altura de las casas, no pudiendo sobrepasar un piso sobre rasante.

6. **Bloques de tierra comprimida:** esta técnica constructiva es considerada como la evolución de la construcción en adobe, se trata de ladrillos de tierra cruda con bajo contenido de agua comprimidos bajo prensas manuales o mecánicas que le proporciona una mayor resistencia. El suelo requerido no debe tener ningún resto orgánico y ha contener alrededor de un 25% de arcilla y un 6% de agua. A diferencia que con el adobe no es necesario tanto tiempo de curado por la poca cantidad de agua que necesita.

Los bloques de tierra prensados pueden ser producidos en obra y se pueden utilizar inmediatamente después de fabricarlos, continuando el curado y ganando

resistencia después que estén colocados. Existen prensas mecánicas lo suficientemente pequeñas para utilizarlas manualmente. El tamaño de los bloques se puede variar fácilmente según el diseño deseado y al material se le puede dar la forma deseada.



**Figura 10.** Creación de bloques de tierra comprimida (Fuente: [www.http://thenauhaus.com](http://thenauhaus.com)).

Los bloques de tierra pueden ser estabilizados o no. Los bloques estabilizado tienen mejores propiedades mecánicas y llevan cemento o cal incorporados, son más costosos, necesitan un poco más de agua para la hidratación del estabilizante.

Para diseñar paredes estructurales utilizando cualquier tipo de bloque de tierra se ha de tener en cuenta la altura y el grosor de la pared, el tamaño del bloque la masa y el estilo deseado. La relación altura-grosor debe ser adecuado para la estabilidad. Su comportamiento estructural es igual que el adobe, se fabrican muros autoportantes que soportan el peso que gravita por encima de él, no obstante se pueden construir viviendas de mayor altura gracias a sus mejoradas propiedades mecánicas.



**Figura 11.** Construcción de una casa de bloques de tierra comprimida (Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)).

Al estar compuestos del mismo material que el adobe los bloques de tierra comprimida comparten las mismas ventajas: material disponible en cualquier lugar del planeta, con poca necesidad de transporte, una construcción con mínimo impacto ambiental y es fácilmente reciclable. También tienen las mismas propiedades térmicas y acústicas, para obtener dichas condiciones los muros de bloques de tierra necesitan 30 cm de grosor como mínimo.

La gran desventaja de esta técnica, al igual que el adobe, es su comportamiento sísmico, que a pesar de sus mejoradas características estructurales, sigue siendo vulnerable a los sismos, no obstante, como sucede con el adobe si se cuida la tipología constructiva de la vivienda y se usan determinadas técnicas constructivas mejora su comportamiento sísmico.

7. **Arcilla aligerada con paja:** consiste en un material compuesto por una mezcla viscosa de arcilla con agua a la que se le agrega gran cantidad de paja (o serrín) hasta conseguir cierta consistencia necesaria para que sea puesta en obra con un encofrado y compactándola tras verterla. Dicho material es muy parecido al adobe pero con una proporción de paja mucho mayor.

El objetivo de esta técnica constructiva es la sustitución de la típica mampostería con la que se construyen los muros de un edificio por esta mezcla natural y de nulo impacto ambiental con unas excelentes propiedades de aislante térmico y gran eficiencia energética.

Los muros contruidos de esta manera no tienen función estructural sólo se encargan de la labor de aislar y separar los distintas habitaciones de una vivienda entre ella y con el exterior. No es necesario un gran grosor para conseguir las propiedades aislantes deseadas. La función estructural se destina a la estructura de madera, bambú u hormigón, así que la altura que pueda alcanzar una vivienda con muros de arcilla aligerada con paja dependerá del diseño de la estructura del edificio. Tras la puesta en obra se debe aplicar una capa de yeso de tierra para la protección los muros.



**Figura 12.** Puesta en obra de arcilla aligerada con paja (Fuente: [www.ecoaldeas.com](http://www.ecoaldeas.com)).



**Figura 13.** Casa realizada con arcilla aligerada con paja (Fuente: [www.ecoaldeas.com](http://www.ecoaldeas.com)).



Aunque no tenga comportamiento estructural, es destacable el hecho de que los muros contruidos con arcilla aligerada resisten bien los movimientos sísmicos por su elasticidad antes de romperse.

## **b) Cimentaciones sostenibles**

La cimentación de un edificio es el conjunto de elementos estructurales encargados de transmitir las cargas de la superestructura al terreno de manera que los pueda soportar. En función de las características mecánicas del suelo sobre el que se construye y la altura del edificio, la cimentación será de tipo superficial o profunda, prefiriéndose siempre que sea posible la superficial al ser la más fácil de ejecutar y menos costosa. La práctica totalidad de cimentaciones usadas en la actualidad están contruidas con hormigón gracias al excelente comportamiento estructural que ofrece este material, el amplio conocimiento de su comportamiento que nos ayuda a realizar un eficiente diseño y la enorme gama de materiales y su disponibilidad.

Los conceptos de sostenibilidad aplicada a una cimentación son los mismos que los vistos en el inicio de este punto para edificación con la diferencia de que durante la vida útil de una cimentación no se consumen recursos. Teniendo en cuenta todo lo visto anteriormente se puede resumir que para que una cimentación se considere sostenible se deben emplear materiales de poco impacto ambiental y de ciclo cerrado y el uso de técnicas que no afecten al medio ambiente. El hormigón está compuesto principalmente de cemento y áridos. El cemento es un material que se obtiene tras una intensa transformación industrial de la caliza en altos hornos que producen un gran impacto ambiental y muchas emisiones a la atmósfera, además los áridos provienen de canteras que también tienen un gran impacto ambiental.

Debido a la importante labor de las cimentaciones y la necesidad de unas características estructurales muy buenas, es difícil encontrar materiales alternativos para sustituir las técnicas usadas en la actualidad. A continuación se comentan las técnicas alternativas y buenas prácticas recomendadas para hacer de una cimentación lo más sostenible posible:

- **Cimentaciones superficiales**

Son aquellas que se apoyan directamente sobre las capas más superiores del suelo (previo vertido de una capa de hormigón en masa sobre el suelo). Suelen componerse de zapatas de hormigón situadas bajo los pilares de los edificios o en el caso más extremo, de una

losa de cimentación extendida sobre el terreno. Las zapatas pueden arriostrarse entre ella para conseguir un mejor comportamiento. Las cimentaciones superficiales se usan cuando el suelo tiene una cierta capacidad portante y la construcción no es muy elevada, edificios de hasta 2 plantas, para construcciones de mayor altura se tendría que pasar a utilizar cimentaciones superficiales de mayor extensión como una losa de cimentación. Las técnicas alternativas usadas son:

1. **Bloques de faswall:** es un material apropiado tanto para la cimentación de un edificio de pocas plantas como para la construcción de la superestructura del mismo. Son bloques creados con un 85% de serrín proveniente de madera reciclada y un 15% de cemento. Tiene muy buenas propiedades acústicas y térmicas, muy buen aislante y es impermeable siendo muy apropiado para climas húmedos. Gracias a sus excelentes propiedades estructurales también es apropiado para la construcción de viviendas aparte de para cimentaciones.



**Figura V.14:** Vista en detalle de bloques de faswall (Fuente: <http://skeptweaver.wordpress.com>).



**Figura V.15:** Construcción de una vivienda con faswall (Fuente: [www.faswall.com](http://www.faswall.com)).

2. **Rastra** (espuma de hormigón aislante): está compuesto por un 85% de poliestireno y un 15% de cemento. Es parecido al faswall pero con mejor comportamiento estructural, mejor aislamiento y eficiencia energética. Se puede reforzar con hormigón y acero. Al igual que el faswall se usa para cimentaciones y para la construcción de la estructura del edificio.



**Figura V.16:** Construcción en rastra (Fuente: <http://tile-tec.com>).

3. **Cimentación con piedra:** usado para edificios de pocas plantas, una o dos. Se usan piedras labradas o naturales o incluso trozos de hormigón reciclado a los que se les añade cemento y cal. Se ha de realizar sobre una capa de hormigón en masa o una capa de 40 cm de arena compactada. Posteriormente se añade el cemento. En zonas sísmicas se ha de reforzar con acero o con una malla de acero.

4. **Cimentación con tierra comprimida:** colocación de un suelo muy bien graduado en un encofrado perdido en donde es compactado. Debe ser revestido de laminas aislantes de agua y colocar unos drenes de grava en la base para evitar el contacto con agua ya que es muy vulnerable y perdería sus características mecánicas. También puede ser reforzado con mallas de acero para un mejor comportamiento sísmico.

- **Cimentaciones profundas**

La sustitución de estos elementos por otros más sostenibles es sumamente difícil debido a la gran carga que pueden llegar a soportar esta parte estructural, sobretodo en edificios de gran altura. Las pocas alternativas al tradicional hormigón son:

1. **Madera sostenible:** uso de madera reciclada o proveniente de “bosques sostenibles” con la acreditación de FSC (Forest Stewardship Council), Rainforest Alliance o Smartwood Program.

El uso de la madera para pilotes se remonta a muchos años atrás. Actualmente representa el mejor método de cimentación en relación a su bajo coste, facilidad de transporte, manipulación, durabilidad y capacidad de carga (en el aeropuerto de J. F. Kennedy se utilizaron pilotes de madera con una capacidad portante de 30 Tn). Son especialmente apropiados en terrenos con nivel freático alto con estratos de arenas, arcillas blandas o suelos orgánicos, terrenos de aluvión en donde los pilotes trabajan gracias al rozamiento del fuste del pilote (pilotes flotantes), terrenos granulares y suelos ácidos o alcalinos.

Cuando se colocan bajo el nivel freático sin ningún tratamiento su duración es ilimitada. Son virtualmente inmunes a la degradación, debido a la ausencia de oxígeno. La madera de albura es una excepción que sólo puede ser degradada, pero muy lentamente, por bacterias anaeróbicas.

Los pilotes utilizados en obras marinas tienen una problemática particular, especialmente en regiones cálidas debido tanto a la acción de los xilófagos marinos (los Teredos y la Limnoria), como a los golpes que sufren en las maniobras de atraque de los barcos. Los pilotes tratados en profundidad utilizados en agua del mar, tienen una duración estimada de 25 a 50 años dependiendo de la zona geográfica.



2. **Bambú:** el bambú es uno de materiales naturales que tiene mejores características constructivas. Posee una excelente resistencia a tracción y una buena resistencia a compresión que es como trabaja normalmente mientras que su resistencia a cortante no es demasiado buena. Crece en zonas cálidas y húmedas en donde es muy usado gracias a su ligereza, flexibilidad y buena resistencia. Las cañas huecas de bambú se rellenan con fibras de coco y hilo de yute enrollado en un tejido de yute. Las perforaciones en la caña permiten escurrir el agua del suelo y de esa forma secar el suelo y mejorar su capacidad.



**Figura V.17:** Casa de bambú (Fuente: <http://homeinteriorandexteriorideas.com>).

Su uso en cimentaciones suele ser armando otros materiales, naturales o no, puede ser puntual bajo pilares en zapatas o corrida como armadura de una zapata corrida o una losa. Ha sido utilizado para mejorar la capacidad portante de terrenos blandos y comprimibles y reducir el asiento.

Gracias a su gran flexibilidad lo hacen apropiado en zonas sísmicas.

Actualmente no se usan otras técnicas en sustitución de los pilotes de hormigón salvo algún uso de perfiles de acero provenientes de vías ferroviarias desmanteladas. La sociedad y la construcción que se desarrolla en la actualidad tienen una gran dependencia del hormigón, ya que es un material muy difícil de sustituir por sus excelentes características resistentes y gracias a que por su gran conocimiento de comportamiento es utilizado en construcciones llevadas al extremo que serían prácticamente imposible de realizarse con cualquier otro material. El hormigón está compuesto por cemento, áridos y distintos aditivos para conseguir unas propiedades determinadas, a toda esta mezcla finalmente se le añade agua para dar una

consistencia viscosa. Pero el hormigón es un material con gran impacto ambiental en su producción, sobretodo la producción del cemento. A continuación se exponen algunos conceptos de lo que la industria del hormigón representa a nivel mundial y actuaciones que se pueden llevar a cabo para hacerlo más sostenible.

- **Hormigón sostenible**

El cemento se obtiene de la pulverización de piedras calizas o arcilla calentadas en hornos giratorios a unos 1400 °C. Para conseguir esta temperatura se consume una gran cantidad de combustible que produce muchas emisiones de CO<sub>2</sub>. Como resultado de esta calcinación se producen otros residuos que no son fáciles de asimilar para la biosfera. Se estima que la producción anual de cemento es de 1,6 billones de toneladas que ocasionan aproximadamente el 7% de la carga total de CO<sub>2</sub> en la atmosfera. La producción de 1 Tn de cemento portland requiere aproximadamente 4GJ de energía y en su fabricación se libera aproximadamente 1 Tn de CO<sub>2</sub>. Las grandes cantidades de extracción de materias primas de arcilla y caliza, y el combustible como el carbón, a menudo desembocan en una deforestación extensiva y pérdida del suelo.

El hormigón común contiene aproximadamente un 12% de cemento y 80% de agregados en masa. Esto significa que globalmente, para hacer el hormigón, se están consumiendo arena, grava, y roca triturada a una velocidad de 10 a 11 billones de toneladas por año. Las operaciones de extracción, procesado, y transporte que involucran tales cantidades de agregados consumen a su vez, cantidades considerables de energía que producen más emisiones a la atmosfera, a las que hay que añadir las producidas por las maquinaria de transporte y puesta en obra. A todo esto hay que añadir las grandes cantidades de agua que se emplean para el proceso industrial y su puesta en obra.

Además de los tres componentes primarios, esto es, cemento, agregados, y agua, se incorporan numerosos aditivos químicos y minerales a las mezclas de hormigón. Ellos también representan enormes entradas de energía y materiales en el producto final.

Conscientes de lo que la industria cementera representaba en la sociedad y el gran impacto que tiene sobre el medio ambiente se creó la CSI (Cement Sustainability Initiative), un esfuerzo conjunto de las 18 mayores productores de cemento del mundo (entre las que se encuentran dos cementeras españolas) que representan el 40% de la producción mundial. Han realizado distintos informes de cómo actuar y de las medidas a tomar para hacer el cemento más sostenible. Un resumen de sus líneas de actuación y propuestas son:

- Propósito de la CSI:
  1. Saber lo que significa un desarrollo sostenible en la industria del cemento.
  2. Identificar acciones y facilitar el camino que las cementeras pueden tomar para un desarrollo sostenible.
  3. Proporcionar un marco de trabajo para otras cementeras.
  4. Crear el contenido y contexto para el compromiso de más interesados.
- Actividades:
  1. **Gestión de CO<sub>2</sub> y las emisiones de SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> mediante la monitorización y realización de informes:** esta realizado con el objetivo de ser una guía para las cementeras para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> con el objetivo de realizar informes para verificar que las emisiones de gases invernaderos cumplen con las normativas. El método de cálculo que propone es compatible con las últimas guías internacionales de estimación de emisiones.

En este punto se establece como las fuentes de emisión de gases invernaderos en la producción de cemento:

- CO<sub>2</sub> de la calcinación de las materias primas.
- CO<sub>2</sub> del carbón orgánico de las materias primas.
- CO<sub>2</sub> de los combustibles de los hornos.
- CO<sub>2</sub> de otros combustibles como los de los vehículos para el transporte de material o de calentamiento de las habitaciones de la planta para hacerlas habitables.
- CO<sub>2</sub> que contienen las aguas residuales se usan en algunos hornos.
- CO<sub>2</sub> emitido por las fuentes que generan la energía eléctrica necesaria para que la planta funcione.

Todos los puntos anteriores menos el último son considerados emisiones directas ya que se realizan directamente en la planta cementera, mientras que el último es producido fuera. Teniendo en cuenta las fuentes de emisiones el informe establece el método de cálculo de emisiones.

**2. Uso responsable de combustibles y materias primas:** en este informe se definen una guía para la selección y uso de combustibles y materias primas en la industria cementera bajo los principios de desarrollo sostenible. Establece los siguientes cuatro elementos como la contribución que esta industria puede hacer:

- a. Gestionando recursos: incrementando la eficiencia con la que se usan la energía y los materiales. Fomentar los principios de un ciclo cerrado de materias primas (evitar los residuos, reutilizar, reciclar, valorizar, y eliminar).
- b. Proteger el ecosistema: interviniendo para reducir la huella del que deja el hombre en el medio ambiente a la hora de explotar canteras y la degradación del ecosistema.
- c. Reducir la contaminación: minimizar la concentración de sustancias contaminantes en aire, suelo y agua.
- d. Promover la calidad de vida: produciendo cemento de alta calidad, para todo tipo de construcciones que sean más duraderos y disminuya el gasto de cemento, seguridad y salud de los empleados y ayudar a las comunidades locales con la creación de empleos para satisfacer sus necesidades económicas.

Para la elección de combustibles alternativos que reemplacen los combustibles fósiles se busca materias con alto valor calorífico, los más usados son (ordenados de mayor a menor uso):

- Carne, huesos y grasa animal.
- Residuos urbanos.
- Neumáticos.
- Aceites usados.
- Disolventes y otros.
- Plásticos.
- Papel, cartón, madera.
- Serrín impregnado.

- Otros líquidos provenientes de combustibles.
- Carbón líquido y residuos destilados.
- Fangos de aguas negras.
- Coque (derivado del carbón).
- Derivados de combustibles.
- Residuos comprimidos.
- Residuos agrícolas y orgánicos.

Y para la búsqueda de materias primas alternativas es necesario que sean materiales ricos en calcio, silicio, aluminio y hierro. En el informe se proponen:

- Escorias de altos hornos.
- Cenizas volantes
- Sub-productos del yeso.
- Otros: escorias manufacturadas de acero, escorias no ferrosas, desechos, fangos...

En cuanto a la sostenibilidad en la labores de fabricación introducen el términos de eco-eficiencia, es decir, producir más con menos recursos. Se proponen las siguientes vías de actuación:

- Optimización de los procesos de producción.
- Fomento de la reutilización y recuperación de las materias primas usadas.
- Eco-innovación: aplicación de los nuevos conocimientos y avances tecnológicos para mitigar los impactos y mejorar la eficiencia.

**3. Impactos sobre el terreno y comunidades locales:** una planta cementera es un elemento externo que se implanta en un punto en concreto y puede llegar a afectar a la sociedad que le rodea de manera muy importante. En el siguiente punto se ampliará la información sobre cómo una nueva construcción puede ayudar al desarrollo de una sociedad. En el informe de la CSI se separan los efectos que se producen en:

- Impactos directos sobre los sistemas sociales y naturales como resultado directo del proyecto.
- Impactos indirectos sobre los sistemas sociales y naturales que pueden ser secundarios o consecuencia de otros efectos, incluyendo los impactos biofísicos que pueden llevar a impactos sociales secundarios y viceversa.
- Impactos acumulativos en el tiempo y en el espacio sobre los sistemas sociales y naturales.

El informe también establece los criterios a tener en cuenta durante cada momento de la vida de una planta para realizar su evaluación de impacto ambiental con perspectiva más sostenible.

## **2. Sostenibilidad en La Manga**

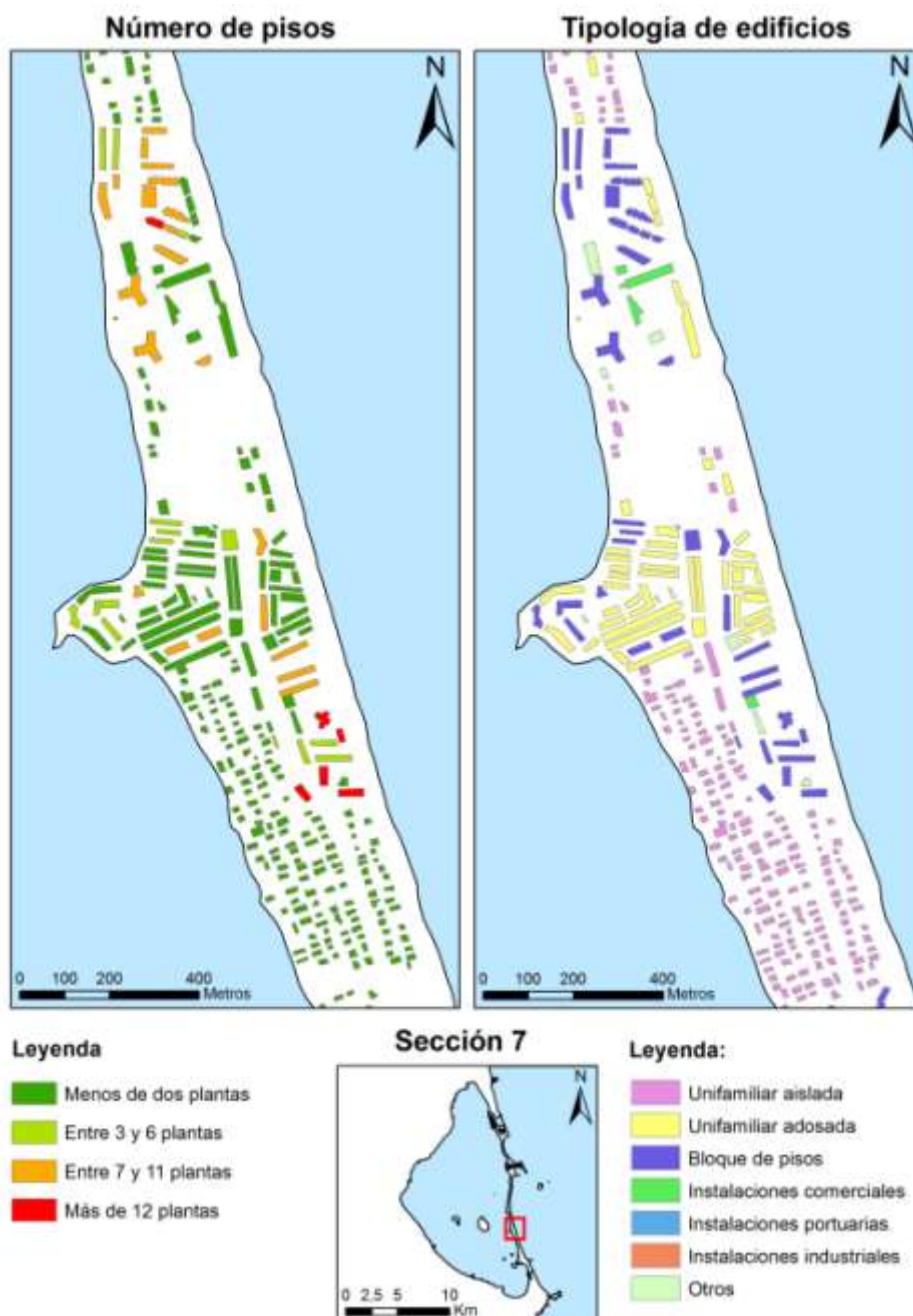
Al analizar los puntos vistos que deben cumplir un planeamiento y una edificación sostenible, comprobamos a simple vista que ninguno de ellos se tienen en cuenta a la hora del desarrollo urbanístico de La Manga del Menor.

Hay que tener en cuenta que en los años 70, que es cuando comienza el “boom” turístico de La Manga, no estaba presente el término de sostenibilidad, solo se quería construir para satisfacer unas aspiraciones económicas sin importar cómo esas acciones podían afectar al futuro. Con este objetivo se han ido construyendo gran cantidad de enormes bloques de hormigón en la parte central y sur del cordón litoral creando un efecto muro en paralelo a la costa. Ya se ha visto con anterioridad el enorme impacto ambiental que tiene el hormigón, en su producción, transporte y fin de vida útil.

Si analizamos el tipo de construcción que hay en La Manga podemos observar que en la parte norte abundan las casas unifamiliares de planta pequeña de no más de dos plantas, la mayoría de solo una planta. Cuanto más nos vamos acercando al sur, van apareciendo construcciones que ocupan más superficie o más altas, en definitiva con una mayor densidad de ocupación. Son características las construcciones de viviendas adosadas de dos plantas y la aparición de bloques de pisos de hasta nueve pisos. Finalmente si nos fijamos en la parte sur, encontramos los edificios de mayor altura de has 20 plantas, gracias a que esta es la parte volcánica y las características del terreno lo hacen posible. No obstante, durante todo el cordón hay varias agrupaciones de viviendas unifamiliares de poca altura.

A continuación se muestra una imagen de las alturas de las edificaciones de La Manga y su tipología. El resto de información de las viviendas del cordón usada se muestra en el Apéndice III: Imágenes de construcciones de La Manga reclasificadas según número de pisos y tipología.

. La información se ha tomado del Instituto de Información Geográfica y se han reclasificado los edificios según alturas y tipos de viviendas.



**Figura V.18:** Una de las once imágenes realizadas que muestran la altura de edificación y tipología (Elaboración propia).

Los datos obtenidos de la superficie ocupada por cada tipo de edificio, según altura y uso, se muestran en las tablas siguientes con sus respectivas gráficas. Para el cálculo aproximado del volumen edificado se ha considerado una altura por planta de 3 metros, 0 números de pisos indica que solo hay planta baja.

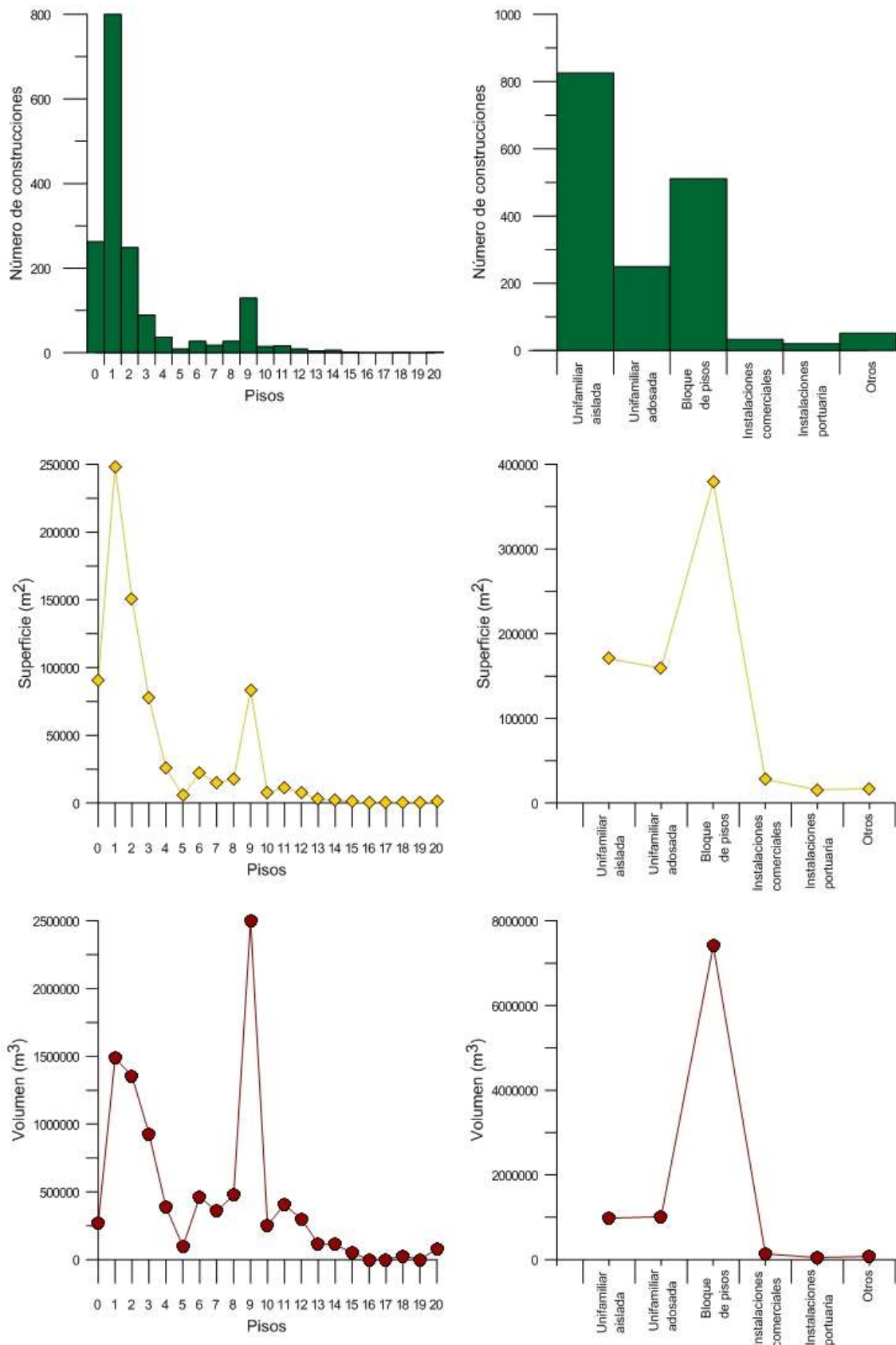
Número de pisos	Número de construcciones	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Media	
				Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
0	263	90.372,27	271.116,81	343,62	1.030,86
1	800	248.144,57	1.488.867,42	310,18	1.861,08
2	249	150.299,63	1.352.696,67	603,61	5.432,52
3	89	77.413,64	928.963,68	869,82	10.437,79
4	37	25.937,06	389.055,90	701,00	10.515,02
5	9	5.472,14	98.498,52	608,02	10.944,28
6	27	21.946,41	460.874,61	812,83	17.069,43
7	18	14.885,09	357.242,16	826,95	19.846,79
8	27	17.615,91	475.629,57	652,44	17.615,91
9	129	83.243,97	2.497.319,10	645,30	19.359,06
10	15	7.719,14	254.731,62	514,61	16.982,11
11	16	11.233,84	404.418,24	702,12	25.276,14
12	9	7.679,82	299.512,98	853,31	33.279,22
13	5	2.754,98	115.709,16	551,00	23.141,83
14	6	2.468,81	111.096,45	411,47	18.516,08
15	2	1.043,73	50.099,04	521,87	25.049,52
16	0	0	0	-	-
17	0	0	0	-	-
18	1	461,12	26.283,84	461,12	26.283,84
19	0	0	0	-	-
20	2	1.265,70	79.739,10	632,85	39.869,55

**Tabla V.1:** Superficie y volumen de las construcciones según altura (Elaboración propia).

Tipología edificatoria	Número de construcciones	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Media	
				Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Unifamiliar aislada	826	170.649,06	976.758,45	206,60	1.182,52
Unifamiliar adosada	249	159.203,71	1.015.186,56	639,37	4.077,05
Bloque de pisos	511	378.897,02	7.408.602,06	741,48	14.498,24
Instal. comerciales	33	27.851,18	134.438,31	843,98	4.073,89
Instal. portuaria	20	15.858,84	47.576,52	792,94	2.378,83
Otros	51	16.880,37	75.798,72	330,99	1.486,25

**Tabla V.2:** Superficie y volumen de las construcciones según tipología (Elaboración propia).





**Figura V.19:** Representación gráfica de las tablas anteriores relacionando viviendas construidas, superficie de las viviendas y volumen de las construcciones con edificios de cada tipo y su tipología (Elaboración propia).

Ya se ha visto anteriormente como esta construcción masiva en hormigón no comparte ningún aspecto de sostenibilidad, hecho que es agravado en un entorno tan delicado como es una laguna litoral debido a las afecciones medio ambientales.

Toda esta enorme ocupación del terreno tiene un impacto ambiental directo, que ha sido visto en el capítulo I. Caracterización del medio físico. Mar Menor. A lo largo de todos estos años la laguna del Mar Menor ha sufrido una gran degradación ambiental consecuencia de varias acciones antrópicas en el entorno:

- La sobrepoblación de La Manga y de las costas interiores de la laguna litoral genera una enorme cantidad de vertidos en el Mar Menor que modifican profundamente las características naturales la laguna (temperatura del agua, contenido de metales, contenido en nutrientes, salinidad...). Esto afecta directamente al ecosistema del entorno y a su biodiversidad ya que hace imposible la vida de algunas especies autóctonas y favorecen el rápido crecimiento de unas pocas.
- Los efectos del punto anterior se ven ayudados por los efectos producidos por la estabilización de las golas, hecho que ha cambiado la tasa de renovación del agua de la laguna y las actuaciones en la costa, tanto en las interiores de la laguna como en las del cordón, mediante la construcción descontrolada de puertos y espigones alterando la dinámica litoral que favorece a unas zonas de costa específicas en detrimento de otras.
- Un efecto ambiental indirecto que es consecuencia del desarrollo urbanístico de La Manga es la gran cantidad de recursos (energéticos, agua, materia primas...) que se han usado y se siguen usando para el desarrollo de la vida normal de La Manga con su consecuente emisión de CO<sub>2</sub>. A esto hay que añadir el aspecto comentado en el último punto del capítulo I sobre infraestructuras en el Campo del Mar Menor, de un sistema de transporte basado en el automóvil privado con la gran emisión de CO<sub>2</sub> que esto conlleva.

Estos tres puntos además de la consecuente degradación ambiental también tiene el inconveniente de la disminución de la calidad de vida en La Manga.

Se puede concluir con la afirmación de que el masivo desarrollo urbanístico que se ha realizado en La Manga del Mar Menor no cumple ningún criterio sostenibilista, tanto por los materiales usados en la construcción, la distribución de las construcciones, la gestión de recursos y la gestión ambiental del entorno. No solo no asegura una buena calidad de vida y ambiental para las futuras generaciones, sino que ya en la actualidad, estos aspectos se han visto considerablemente mermados.

Ante el incipiente estado de desarrollo del cordón de Nador, hay que ser conscientes de los errores cometidos en el Mar Menor para no repetirlos. Se ha de tener cuidado ya que se ha propuesto un modelo de desarrollo turístico de lujo propicio a la construcción de grandes complejos. A continuación se analizará la propuesta de utilización de materiales alternativos sostenibles en Nador.

### 3. Sostenibilidad en Nador. Matriz de contribución

Con el fin de ver de manera simplificada toda la información del punto anterior se muestra a continuación una matriz de contribuciones de cómo las distintas técnicas y materiales comentados afectan a los objetivos sostenibles que se buscan, todo ello teniendo en cuenta su aplicación en Nador.

Para la valoración de la disponibilidad de los distintos materiales observamos, en el caso del adobe, la distribución mundial de la arquitectura en adobe que se ha realizado a lo largo de la historia.

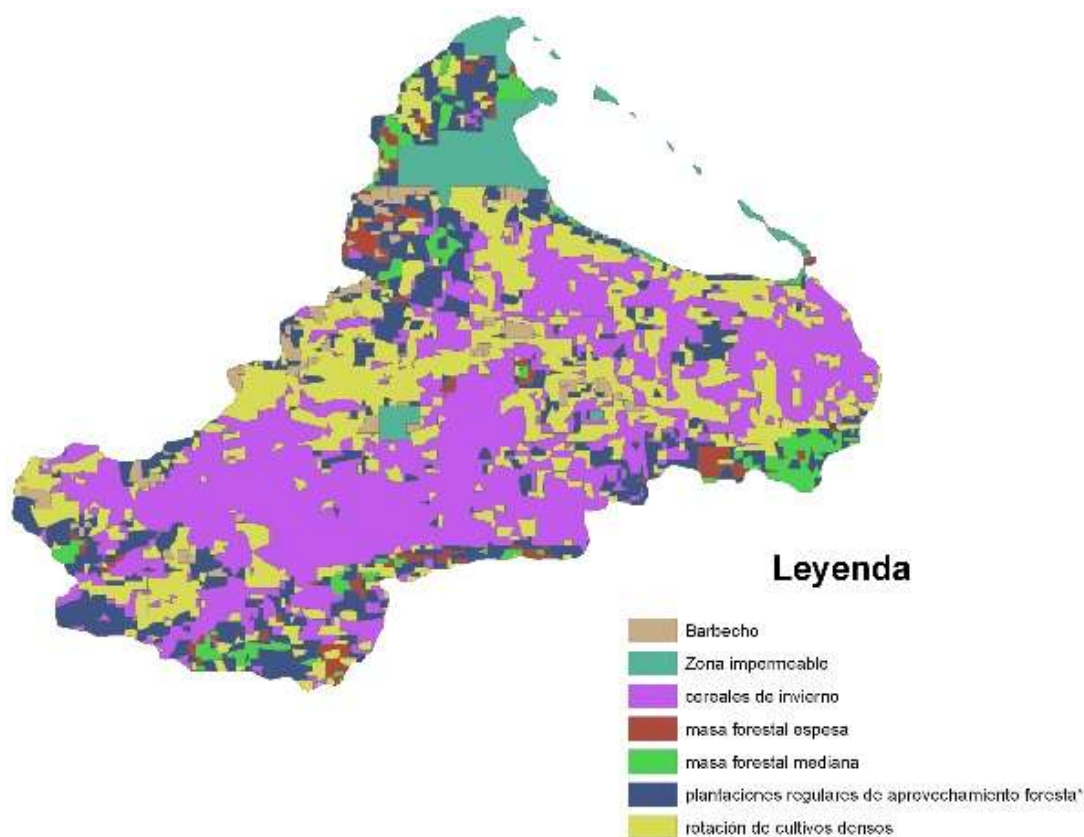


**Figura V.20:** Distribución mundial de la arquitectura realizada en adobe (Se Sensi, 2003).

		Disponibilidad en Nador	Emisión de CO <sub>2</sub>	Material de ciclo cerrado	Eficiencia energética			Comportamiento en ambientes húmedos y salinos	Comportamiento sísmico
					Posibilidad de luz natural	Calentamiento pasivo	Aislamiento acústico		
Materiales de construcción sostenibles	Fardos de paja	++	++	++	+	++	++	+(*)	+(*)
	Adobe	++	++	++	+	++	++	0	-(*)
	Tapial	++	++	++	+	++	++	0	-(*)
	Superadobe	+	++	++	+	++	++	++(*)	++
	Bloques de tierra comprimida	+	++	++	+	++	++	0	0(*)
	Arcilla aligerada con paja	++	++	++	++	++	++	0	+
Materiales para cimentación sostenible	Bloques de faswall	+	+	-	+	+	+	+	+
	Rastra	0	+	-	+	+	+	+	+
	Piedra	+	++	++				+	0(*)
	Tierra comprimida	++	++	++				-	-(*)
	Madera	0	++	++				+	+
	Bambú	--	++	++				+	++

**Tabla V.3:** Matriz de contribución que relaciona las características sostenibles deseables con los materiales vistos anteriormente (clasificando desde ++, como muy apropiado o idóneo a --, como incompatible y (\*) nivel conseguido mediante mejora con diversas técnicas constructivas) (Elaboración propia).

En la siguiente imagen se muestra la distribución de los distintos usos del suelo de donde podemos obtener la información para la disponibilidad para el resto de materiales.



**Figura V.21:** Usos del suelo en la cuenca de la laguna de Nador (Teresa López Montero, PFC).

En la vista en conjunto de todas las propiedades observamos como la mayor restricción de uso la impone el comportamiento sísmico al tratarse de zona de alta actividad y, en menor, medida la agresividad del medio húmedo y salino.

También es destacable el hecho de que al analizar los materiales destinados a la cimentación, ya que son necesarios materiales de mejores características estructurales, su disponibilidad es menor y su impacto ambiental es mayor al componerse de cemento (faswalll y rastra) que suponen una mayor emisión de CO<sub>2</sub> en producción y puesta en obra, generación de residuos y dificultad de eliminación al final de su vida útil.

El material que mejores resultados presenta es la construcción mediante fardos de paja con cimentación en faswall o rastra por ser viviendas de no más de dos plantas. La construcción en adobe o tapial también es una opción bastante viable si se disponen las medidas adecuadas para corregir su deficiente comportamiento a los movimientos sísmicos (ver Apéndice II), además cuenta con la ventaja de la identificación de las comunidades locales

con este tipo de viviendas al ser el material más usado desde el inicio de su historia para la construcción. Lo mismo ocurriría con la madera, también usada tradicionalmente por pequeñas comunidades locales dedicadas a la pesca, sería un material a tener en cuenta siempre que no sea para construir gran cantidad de viviendas por su dificultad para conseguir madera adecuada en la zona.

Un caso especial en la laguna de Nador es la presencia de la especie vegetal de *Phragmites communis* que es una especie de junco de gran densidad que puede ser usado en la construcción para el refuerzo estructural y mejora de comportamiento sísmico de diversos materiales alternativos como el adobe o el tapial.

Al final del capítulo II se comentó la intención de urbanizar el cordón para su explotación como centro turístico nacional e internacional. Con el desarrollo de estas actuaciones se corre un grave peligro de seguir los mismos pasos que en el Mar Menor, por lo que se ha de tener cuidado de gestionar adecuadamente los recursos de la zona para no saturar su capacidad con la consecuente degradación ambiental. En especial con la sobrepoblación del cordón y con los excesivos vertidos que alteran gravemente las condiciones naturales de la laguna, su flora y fauna.

Desde el punto de vista de la construcción, las casas de una o dos plantas es aconsejable realizarla con los materiales que han resultado más favorables en la matriz: los fardos de paja (autoportante, con estructura en madera o con otro material de mejores características, todo dependiendo de su altura), y el adobe o tapial (mejorando su comportamiento sísmico).

Si se quisiera construir viviendas de mayor altura habría que pasar a técnicas constructivas basadas en hormigón (con cemento lo más sostenible posible) y cimentaciones también en hormigón o en madera. Con esta tipología, mucho menos sostenible, el coste se incrementaría y se deberían de obtener los productos fuera del área desaprovechando la oportunidad de desarrollo social local y perdiendo la conciencia de la sociedad con la arquitectura tradicional en adobe.

## VI) Desarrollo humano

---

Para el desarrollo de este punto se va a seguir la información de Reed, B. Coates, S. y Parry-Jones, S. en Infrastructure for all (2007)

### 1. ¿Para qué y quién son las infraestructuras?

#### a) Qué se entiende por infraestructura

Las infraestructuras públicas que la sociedad construye se pueden agrupar en infraestructuras de transporte (red de carreteras, red ferroviaria, puertos y aeropuertos), infraestructuras hidráulicas (presas, embalses, canales, encauzamientos de ríos, redes de abastecimiento y saneamiento...), instalaciones energéticas, edificaciones y diversas instalaciones urbanas (parques, plazas, playas y zonas de influencia costera...). Todas estas infraestructuras son construidas por diversas razones.

- Soportar una actividad económica.
- Proteger o mejorar el medio ambiente
- Mejorar las condiciones de vida satisfaciendo las necesidades de la sociedad.
- Como gesto político.

#### • Los usos de las infraestructuras

Las infraestructuras están destinadas a satisfacer las necesidades de la sociedad pero como la sociedad no es un ente homogéneo, el uso de las infraestructuras no es un aspecto neutral. Hombres y mujeres, ricos y pobres, alto y bajo estatus social, población capacitada y discapacitada, todos los sectores de la población usan estas instalaciones de distinta manera debido a sus trabajos, recursos y oportunidades. El trabajo puede ser comercial, doméstico, comunitario o personal. Evaluar los impactos potenciales y trabajar con las comunidades del entorno local para el desarrollo de soluciones adecuadas debería ser una práctica usual para los ingenieros a la hora de proyectar tanto como la seguridad y la durabilidad de las construcciones. Algunos ejemplos del impacto que algunas infraestructuras tiene sobre

hombres y mujeres se muestran a continuación e ilustran los típicos ejemplos que los ingenieros deberían tener en cuenta cuando realizan los proyectos:

- **Mejora de las redes de transporte.**

Las mejoras en las redes de transporte no solo aumentan a pequeña y gran escala las actividades comerciales sino que también pueden proporcionar servicios adicionales a una población. La facilidad para acceder a servicios médicos o lugares de comercio son mejoras que pueden beneficiar a mujeres que tienen menos oportunidades de viajar, haciendo, de este modo, más fáciles las actividades domésticas. Mejorar las comunicaciones también puede reducir el precio de los bienes para el beneficio de las cuentas del hogar. El acceso a combustible más barato reduce también la carga de leña que deben soportar las mujeres en algunas sociedades. Buenas conexiones en el transporte puede reducir el precio de la comida y hacer su abastecimiento más fácil. También se mejoran las actividades comunitarias haciendo más fácil para hombres y mujeres asistir a encuentros y a votar en elecciones. La reducción de los tiempos de viaje permite a las mujeres ir a distintos mercados, tener un trabajo o realizar servicios públicos a parte de las labores domésticas. Una ruta que optimice largas distancias puede circunvalar pequeñas ciudades reduciendo de esta forma las oportunidades de la gente pobre de beneficiarse de los negocios de paso y del acceso al transporte.

Un buen diseño de carreteras también tiene una dimensión personal. Las mejoras en las carreteras incrementan la velocidad del tráfico rodado, sobretodo de camiones y autobuses lo que puede llevar a un aumento de heridos por accidentes de tráfico. Mujeres y niños son los peatones más probables en una sociedad poco desarrollada así que la atención a las necesidades de dichos peatones puede reducir los accidentes a este sector de la sociedad.

- **Instalaciones agrícolas**

En muchos países todavía hoy hay una clara diferencia entre la agricultura con un fin comercial y claramente masculino y la más fragmentada y pobre función doméstica de la mujer en la casa. Los esquemas de riego pueden tener un oculto enfoque masculino ya que abastecen de agua a las grandes asociaciones comerciales de agricultores antes que a los pobres con una ocupación de tierra precaria y un crecimiento de producción a escala más pequeña. Por otro lado, el riego normalmente incrementa las oportunidades de trabajo para los pobres sin tierra, especialmente mujeres, que a menudo desarrollan papeles tradicionales en el matrimonio. El incremento de la seguridad de comida, así como estaciones de cosecha más



extensas y los precios más bajos de los alimentos debido a los sistemas de irrigación pueden beneficiar directamente a familias enteras.

El abastecimiento de agua podría ser realizado mediante puntos de abastecimiento de agua cerca de las pequeñas asociaciones de agricultores para reducir la carga de transporte de agua además de incrementar la producción de los cultivos. Las infraestructuras de riego también pueden ser integradas en el desarrollo de otras infraestructuras como los drenajes de carreteras o los desagües en los tratamientos de agua, todo esto podría dar facilidades de irrigación.

Por otro lado, las infraestructuras de riego no solo son usadas para agricultura. El agua puede ser recogida para uso doméstico o para actividades personales como aseo o para piscinas entre otros muchos usos. Es necesario que el desarrollo de estas infraestructuras consideren las implicaciones en estos usos para evitar algunos problemas sanitarios como la malaria.

- **Agua, sanidad e higiene**

El agua es un recurso indispensable para actividades económicas a pequeña y gran escala y el acceso a ella estimula la economía. Es especialmente importante en trabajos típicamente desarrollados por las mujeres como la preparación de comidas, lavandería y asistencia sanitaria. Las grandes empresas pueden controlar sus propios sistemas de suministros pero las pequeñas empresas dependen de los sistemas públicos. El vertido de aguas utilizadas por pequeñas y grandes empresas tiene un impacto sobre el medio ambiente pero el sector más pobre de la población es el que sufrirá más debido a sus reducidas opciones sobre dónde vivir, dónde cosechar sus alimentos y de dónde obtener el agua.

La gestión de los abastecimientos de agua en el hogar es una de las áreas más claras donde las infraestructuras tienen un impacto de género ya que son las mujeres las encargadas de ir a recoger el agua necesaria para la familia y a las labores que llevan asociadas comentados en el apartado anterior. El tiempo y el esfuerzo empleado en coger el agua y las enfermedades causadas por la mala gestión del agua están bien documentados y los daños de estos dos impactos recaen, en su mayoría, sobre el sector femenino de la sociedad.

Mejorar la sanidad y las prácticas higiénicas influye directamente sobre las mujeres mediante la reducción de las enfermedades y de los beneficios personales para las mujeres. A menudo la falta de acceso a agua y de los servicios sanitarios es debido a la baja prioridad dada por la comunidad a este tema, como es el caso de los líderes masculinos más ricos que

no han tenido un contacto directo con los problemas asociados a la falta de un suministro de agua adecuado. Para dar a este tema su adecuada importancia es necesario hacer partícipe al sector femenino de la sociedad en la toma de decisiones.

### **b) ¿Qué es sociedad?**

La sociología, como ciencia que es, asocia su objeto de estudio, los individuos de la sociedad, es decir, las personas, en grupos según características comunes de la misma forma que lo hacen otro tipo de ciencias en sus respectivas materias, así podemos encontrar distintas clasificaciones según sexo, raza, cultura, estatus social... La geología, por ejemplo, agrupa las rocas (sedimentarias, ígneas, metamórficas...) según características propias de composición química, dureza, color, textura... Los ingenieros, cuando diseñan un proyecto determinado, siempre deben realizar una investigación geológica, de campo y de laboratorio, para averiguar sobre qué tipo de roca se va a trabajar y sus características con el fin de obtener la solución más acorde con las características propias de las rocas afectadas. ¿Se debería desarrollar también un adecuado reconocimiento de la sociedad local identificando sus necesidades a la hora de realizar un proyecto?

La sociedad está compuesta de individuos en los que podemos reconocer que grupos coherentes de gente tienen necesidades y perspectivas similares. Algunas categorías son mutuamente excluyentes (hombre o mujer), otras pueden ser subgrupos de una categoría mayor (niños se incluyen dentro de hombres) y otras se pueden solapar (pobres incluyen a hombres y mujeres). Es difícil determinar las preferencias personales y los aspectos que conciernen más ampliamente a todo un grupo. Tareas como esta requieren conocimiento y habilidades especiales para identificar y evaluar las verdaderas “demandas” de la sociedad (similar a como un ingeniero geotécnico se encarga de realizar ensayos in situ).

Las sociedades son muy complejas y no se pueden considerar las necesidades de cada individuo por separado. Sin embargo pueden realizarse algunas simplificaciones. A la hora de diseñar, los ingenieros suelen tomar las situaciones más desfavorables para establecer los parámetros clave de diseño, estas situaciones pueden ser condiciones de carga lo más adversas posibles, periodos de retorno de flujos o características de resistencia de materiales. Estos escenarios dependen del riesgo que conllevan, así un periodo de retorno de 5 años o un índice de flujo puede ser sustituido por un drenaje de carretera pero una avenida de 100 años de retorno puede ser sustituido por un embalse. Dichos parámetros deben ser relevantes y fácilmente cuantificables. Aproximaciones similares permiten cubrir los escenarios más desfavorables mediante parámetros sociales.

- **Fortalezas y debilidades**

Los distintos grupos sociales tienen características diferentes que son físicas y sociales, algunos tienen ventajas sobre otros y viceversa. La fortaleza física es un claro ejemplo cuando comparamos el grupo de hombres adultos con el de mujeres y niños. Algunos grupos tienen un nivel social más alto que otros y normalmente hay diferencias políticas, legales, religiosas, económicas y culturales en una comunidad dada. Los grupos así como la escala de las diferencias varían entre las distintas sociedades. Los grupos con menos ventajas son los llamados socialmente excluidos, discriminados, vulnerables o marginados, son los que tienen menos acceso al poder político, oportunidades económicas y otros aspectos tales como educación o protección legal. Estas desigualdades se ven reforzadas mutuamente, la falta de educación lleva a tener menos oportunidades económicas, un bajo nivel económico lleva a una sanidad deficiente y un bajo nivel social reduce la influencia económica.

Un análisis coste-beneficio del proyecto de una infraestructura admite que se dará impactos positivos y negativos, sin embargo, estos análisis no siempre tienen en cuenta que los grupos de gente que sufren los costes no son siempre los que se aprovechan de sus beneficios.

- **Barreras para el uso de infraestructuras**

Algunos grupos de población pueden ser excluidos en el proceso de toma de decisiones o imposibilitar el acceso a recursos y servicios públicos por varias razones. Típicas barreras podrían ser:

- Sociales (culturales, religiosas, legales)
- Financieras (falta de dinero, sueldos bajos, falta de acceso a créditos)
- Humanas (nivel de educación más bajo, diferentes niveles de sanidad)
- Físicas (estructuras diseñadas solo para un grupo de población específico)

Los ingenieros pueden pensar que su trabajo es neutral en todos estos aspectos, no importa si hombres o mujeres, ricos o pobres... usan las infraestructuras o servicios, sus necesidades son las mismas. Esto puede ser cierto para algunos temas técnicos como la resistencia del hormigón, pero es claramente falso para algunas diferencias biológicas y sociales. Un ejemplo anteriormente citado es la carga de la recogida de agua, la cual es predominantemente asumida por las mujeres de familias pobres en muchos países. Hay otras

áreas con aspectos relacionados con recursos de agua, sanidad, irrigación, energía, construcción o transporte que pueden impactar de forma diferente en las vidas de hombres y mujeres y pueden ser dirigidos por los ingenieros de forma distinta.

A la hora del conocimiento de las necesidades de una sociedad para el desarrollo de una infraestructura, los grupos menos fuertes tendrán una voz más débil en la toma de decisiones y menos acceso al producto terminado debido a su falta de dinero, educación y nivel social. La población socialmente excluida pueden ser miembros de distintos grupos culturales, tribales, religiosos... pero existen dos indicadores comunes, salud y género. En la mayoría de las sociedades los ricos y hombres tendrán un nivel social mayor que las mujeres pobres. Si una infraestructura es construida para que los más desfavorecidos puedan usarla, entonces debería ser accesible al resto de la sociedad que tiene menos obstáculos que superar, sin embargo, si el nivel de servicio resultante es mínimo, sectores de la población no estarán dispuestos a pagar por su uso. A menudo hay necesidades que son satisfechas con distintas opciones de tecnología según se adapte mejor a los diferentes grupos de usuarios.

- **Hombres y mujeres**

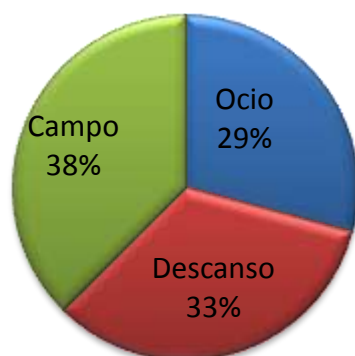
Algunos grupos en los que la población puede dividirse tienen diferencias físicas obvias como lo son entre hombres y mujeres, jóvenes y viejos, capacitados y discapacitados, pero hay otros grupos que tienen características menos evidentes estos factores son los socio-económicos, tales como clase, casta, salud, religión... Las diferencias entre hombres y mujeres también pueden caer en este grupo, mientras que existen obvias diferencias físicas entre hombre y mujeres son evidentes, otras diferencias son definidas por la sociedad, los hombres son los encargados trabajar para sacar adelante a la familia, mientras que las mujeres se ocupan de las labores domésticas. Estas diferencias son impuestas por la sociedad y varían según el lugar y la época en la que nos encontremos. Para distinguir estas diferencias impuestas por la sociedad de las diferencias biológicas los sociólogos usan el término género mejor que sexo.

### c) El trabajo de los hombres y el trabajo de las mujeres

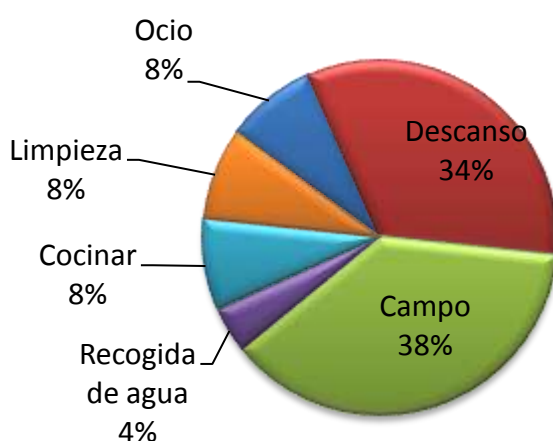
- Evaluación de la ocupación

Las investigaciones realizadas muestran como las mujeres tienen una jornada laboral con más horas de trabajo que la de los hombres. Reducir la carga laboral de las mujeres realizando la recogida de agua más fácil, por ejemplo, no está unido a la creación de tiempo libre para otras actividades generadoras de ingresos pero si corrige el balance entre trabajo de hombres y mujeres, reduce la carga de ellas en la sociedad y mejora su salud. En la figura 1 se muestra el balance de dichos trabajos en un país del tercer mundo.

a)



b)



**Figura VI.1:** Distribución de una típica jornada laboral según sexo en un país del tercer mundo. a) Hombres; b) Mujeres (Elaboración propia).

Un análisis de este tipo depende de cómo se defina la palabra trabajo. Un ingeniero que no tenga en cuenta de las desigualdades sociales puede asumir y pasar por alto una información importante. Así como un geólogo tiene un método específico para evaluar una situación geológica, los científicos sociales han desarrollado sus propios procedimientos y herramientas para evaluar una situación social. Un diagrama de sectores circulares como el mostrado anteriormente es más fácil que uno de barras para comprender la distribución de las labores de los distintos sexos y su distribución.

- **Definición de tareas**

Las labores desempeñadas pueden clasificarse como productivas, domésticas, comunitarias y personales. Las mujeres normalmente se ocupan de las tareas relacionadas más con el hogar mientras que los hombres dan mayor prioridad a los temas relacionados con el exterior del hogar.

A menudo los hombres contribuyen con la economía mediante salarios y puestos formales de trabajo de tipo comercial. Estas actividades suelen requerir una educación mínima y/o específica adquirida mediante un sistema escolar o mediante la práctica. Las mujeres realizan un trabajo similar, pero es frecuente que sea a tiempo partido realizado en el hogar más que en un lugar de trabajo y no suele estar pagado. Un agricultor (hombre) que hace crecer sus productos, se alimenta de ellos y vende el resto, contribuye en la economía y es recompensado por ello, en cambio, una mujer que prepara la comida para el consumo en su casa y no vende el producto no es considerado de la misma manera. Los trabajos pagados desempeñados por las mujeres son a tiempo-partido en su mayor parte para que se ajusten bien a sus otras actividades domésticas y no son considerados importantes en sus vidas laborales, en su nivel social, ni tampoco en su nivel de salarios. En trabajos formales, una mujer, es menos probable que ocupe una posición de responsabilidad y más probable que realice un trabajo mal pagado que no requiera una cualificación específica. Si nos fijamos en la definición típica de desarrollo económico como el valor de los bienes y servicios producidos dentro de las fronteras de un país, se puede deducir que la mayoría de los trabajos realizados por las mujeres son excluidos, por lo que se trata de un área dominada por el género masculino donde cualquier cambio en el sector comercial puede tener un importante impacto sobre los hombres.

Tanto hombres como mujeres tienen labores tanto domésticas como productivas. Estas actividades no generan ingresos. Los trabajos domésticos incluyen cocinar, limpiar, cuidado de los niños, enfermos y personas mayores y gestión de los gastos domésticos. Estos trabajos son importantes para la vida normal de un hogar y son realizados normalmente por mujeres.

Los hogares más acomodados pueden afrontar planes de ahorro y accesos a otros recursos para reducir los gastos. Los hombres suelen desempeñar tareas domésticas en menor medida en labores de construcción y mantenimiento del hogar físico y en aspectos como la seguridad. Estas labores domésticas son transmitidas de madres a hijas así como de padre a hijos.

Las distintas personas de una familia también tienen un papel comunitario, dentro de una familia la mujer es madre, hija o hermana, con responsabilidades definidas hacia el resto de miembros de la familia. Si nos fijamos en la comunidad en general, el trabajo de las mujeres dentro y alrededor del hogar establece uniones con vecinos que favorecen la cohesión social. Algunos de estos entramados sociales son evidentes pero otros no se ven a simple vista desde el exterior. Por ejemplo, conversaciones sobre temas sociales a menudo tienen lugar alrededor del punto local de abastecimiento de agua, podrían parecer conversaciones sin importancia pero es una importante parte de la creación y mantenimiento de lazos comunitarios. El trabajo social de los hombres, tales como un consejo local, es normalmente más reconocido públicamente y las discusiones tienen lugar en las plazas centrales de manera formal. El trabajo comunitario puede ser retribuido y considerado como servicio público como el servicio de policía o de bomberos típicamente masculino o, por el contrario, enfermera para las mujeres.

- **Infraestructuras para hombres e infraestructuras para mujeres**

El análisis realizado de los papeles desempeñados por hombres y mujeres en la sociedad puede ser extendido con el objetivo de saber de qué manera son usadas las infraestructuras. La población usa las infraestructuras de distintas formas, un conductor de camión de larga distancia y un comerciante local de pequeña escala usan la misma carretera pero con diferentes tiempos de trayectos y frecuencias. El diseño de una carretera sólo para las necesidades del conductor de camiones no tiene porque satisfacer las necesidades del comerciante local por lo que no beneficia a la sociedad por completo, con los costes que podría acarrear. Si la mayoría de conductores son hombres y los comerciantes locales a pequeña escala son mujeres, entonces el análisis toma otra dimensión.

Las infraestructuras pueden ser usadas por hombres y mujeres para mejorar su vida comercial, doméstica, social y personal. La forma en que se construyen también puede tener un impacto en sus vidas, este impacto puede ser comercial, tanto hombres como mujeres son contratados para diseñar y construir la infraestructura obteniendo ingresos, aptitudes y experiencia. El diseño y la construcción siempre han tendido a ser vistas como unas

actividades dominadas por los hombres, aunque las mujeres a veces están involucradas en temas de menor importancia, tales como el transporte de materiales.

Como las mujeres son las principales interesadas en las mejoras de los sistemas de abastecimiento de agua, siempre se ha hecho una llamada para su participación en el desarrollo de proyecto de agua. Dicha participación confiere una mezcla de experiencia, responsabilidad pública, sentido del trabajo y experiencia en la toma de decisiones que facilita a las mujeres el desarrollo de otros papeles comunitarios y comerciales. De este modo, los abastecimientos de agua pueden ser un catalizador para otros aspectos a parte de la mejora de la salud o la reducción del trabajo, la participación en el diseño y el proceso constructivo facilitan un proyecto participativo teniendo un impacto indirecto en la vida comercial.

Los análisis socio-económicos muestran como las desigualdades de oportunidades entre hombres y mujeres se dan en temas tales como educación, representación política, derechos y nivel económico. El análisis de los impactos del desarrollo de las infraestructuras sobre la comunidad requiere de planificadores que evidencien el uso de las infraestructuras por hombres y mujeres, para ello es necesario que los sociólogos trabajen con los ingenieros para el análisis de los modelos de transporte, actividad agrícola o el uso de agua realizado por hombres, mujeres y niños.

## **2. ¿Por qué dirigir las necesidades de hombres y mujeres?**

### **a) ¿Un tema de ingeniería?**

Para algunos ingenieros el corregir desigualdades sociales y mejorar el estado de la mujer en la sociedad es responsabilidad de otros. Su cualificación profesional y su experiencia los prepara para diseñar y construir unas infraestructuras con el fin de satisfacer unos términos fijados por el cliente. Los aspectos sociales son relegados a los políticos, los ingenieros civiles se centran en las estructuras físicas necesarias para cumplir los objetivos especificados por otros.

La ingeniería actual tiene que reconocer la conexión entre los aspectos físicos y los sociales del desarrollo de una infraestructura y la manera en que la aceptación de los usuarios influye en el éxito de un proyecto de ingeniería. El cliente de hoy abarca a toda la comunidad



afectada por la mejora de una infraestructura y encontrar sus necesidades debe ser una parte del objetivo del proyecto. Los proyectos participativos se están convirtiendo en una práctica normal en el desarrollo de programas y son considerados como el inicio a la igualdad y la sostenibilidad.

Existen diversas razones por las que dirigir las necesidades de los diferentes grupos de la sociedad cuando se provee de infraestructuras, estas varían desde teorías económicas hasta temas como la consideración de los derechos humanos.

### **b) Efectividad y eficiencia**

Si el propósito de una infraestructura pública es el uso de la sociedad, entonces debería ser útil y conveniente para todos los individuos de la sociedad, si se ofrece un servicio solo a una porción del grupo se realizará un uso ineficiente de los recursos. La construcción de una infraestructura para ser poco usada o para que se deteriore pronto porque no puede ser mantenida (debido a falta de habilidades, fondos o motivación) se convierte en un claro desperdicio de tiempo, esfuerzo y recursos.

Involucrar a los futuros usuarios tiene impactos prácticos, la gente local conoce mejor donde están los recursos naturales como áridos y piedras para adecuadas para la construcción, también pueden facilitar información histórica como rangos de flujos o esquemas de inundación. Algunas veces este conocimiento solo lo tienen pequeños grupos, así que si se quiere conocer la realidad, por ejemplo de un manantial, se debe preguntar a la gente que lo visita para la recogida de agua cada día.

### **c) Derechos y política**

El hecho de ignorar las necesidades de los grupos de la sociedad es también un tema de los derechos humanos, no se debe negar el acceso a los servicios públicos ofertados sólo por el hecho de ser pobre o mujer. La política nacional e internacional ha sido redactada para asegurar que los derechos de los grupos más vulnerables sean respetados sus miembros tratados de forma equitativa.

- **Igualdad**

Hombres y mujeres realizan distintos trabajos con distintas necesidades y prioridades, a menudo relacionados con sus papeles tradicionales comentados anteriormente. También existen otras diferencias sociales:

- Diferentes niveles de acceso a recursos, que van desde la educación hasta las infraestructuras.
- Diferentes niveles de autoridad e influencia a nivel de gobierno formal e informal.
- Diferente estado legal y protección de la ley.

Estas desigualdades llegan a ser más extremas a medida que lo es la pobreza de la sociedad. Las hijas de familias pobres tienen bastante más difícil acceder a la educación que sus hermanos, pero esta discriminación es marcadamente menor en hogares más acomodados.

Al tratar de temas relacionados con la igualdad no quiere decir que todo el mundo tiene que actuar de la misma forma pero sí que, hombres y mujeres, ricos y pobres deben ser iguales en términos de:

- Oportunidades (misma retribución por mismo trabajo e igual acceso a recursos y educación).
- Participación y voz en procesos de tomas de decisiones tanto formales como informales.
- Ante la ley.

La legislación de los derechos humanos generalmente está basada en la premisa de que se le debe dar a los hombres y mujeres acceso a los recursos y una vida en sociedad donde sean libres de tomar sus propias elecciones sobre cómo desean guiar sus vidas. A la hora de dirigir las desigualdades, cuando realizamos medidas absolutas tales como riqueza, sanidad, educación, desigualdades entre hombres y mujeres o ricos y pobres, son indicadores de la forma de vida normal de una sociedad, el desarrollo de una infraestructura puede conllevar aspectos positivos y negativos sobre dichas desigualdades y lo que se debería intentar es aumentar los efectos positivos y disminuir y si es posible eliminar los negativos.

#### **d) Por qué mujeres**

La política de género y los derechos humanos están desarrollando razones económicas, prácticas y sociales de la utilización específica de mujeres pero a menudo se pierden en la retórica y dan rodeos a las cuestiones principales.

Hay muchos grupos desfavorecidos en la sociedad, como los discriminados por sexo, nivel social, raza, religión, sexualidad o capacidad física. Incluso al agrupar a la población de esta manera se ignora el hecho de que mujeres ricas no pueden ser excluidas pero hombres pobres discapacitados lo son. Sin embargo, el realizar las infraestructuras de forma que satisfagan las necesidades individuales normalmente no es práctico y de todas formas se pueden disimular los intereses compartidos por distintos grupos.

Las mujeres son la mitad de la sociedad así que el atender a sus necesidades debería ser indispensable solo por el aspecto numérico. Al excluir a la mitad de la población del uso de una infraestructura porque haya sido diseñada solo para la otra mitad es un mal diseño del producto que dará pobres retornos de inversión. Además hay que considerar en el diseño de las instalaciones sanitarias que son las mujeres las que requieren una mayor privacidad y las usuarias mayoritarias de determinados servicios sanitarios por su menstruación y la posibilidad de quedar embarazadas. También se debe tener en cuenta que la proporción de mujeres puede ser mucho mayor en determinadas áreas tales como los campos de refugiados a zonas donde los hombres son inmigrantes que se mueven en busca de trabajo.

Por diversas razones las mujeres y niñas jóvenes de las familias tienen sus papeles bien definidos en el seno de la familia como es la responsabilidad de la recogida de agua así como del cuidado de los miembros de la familia cuando caen enfermos o son mayores. Es claro que un adecuado sistema de abastecimiento de agua tendrá un mayor impacto sus vidas que en el resto de la sociedad. Diseñar dichos sistemas con mujeres garantiza que se satisfarán sus necesidades y al introducirlas en su gestión y mantenimiento asegurará que la gente cuidará de los sistemas y que tendrán un interés personal en mantenerlo en funcionamiento. El servicio solo prosperará si proporciona un producto que la sociedad esté necesitando y esté dispuesta a pagar. Como las mujeres son las principales responsables del abastecimiento de agua para el hogar, ellas serán el principal grupo interesado en mantenerlo funcionando y cubrir sus necesidades, si no proporciona un adecuado servicio el interés se desperdicia.

No solo aspectos físicos deben ser considerados, factores económicos y sociales han sido ignorados en el pasado. Los pobres son a menudo excluidos porque tienen poca influencia económica o política. Una alta proporción de gente pobre son mujeres y ellas frecuentemente tienen menos influencia que sus maridos en la sociedad, las cabezas de familias femeninas

tienden a ser particularmente pobres y vulnerables. Los proyectos de reducción de pobreza necesitan asegurar que las necesidades de las mujeres pobres son correctamente dirigidas si tienen un impacto sobre ellas. Si un proyecto quiere abarcar a toda la sociedad tiene que tener especial cuidado con los más pobres y asegurar que los más excluidos tengan acceso.

Como se ha comentado anteriormente, las mujeres normalmente son las responsables de la economía del hogar, produciendo, comprando y preparando la comida, cuidando de los niños, de las personas mayores y enfermos. Estas responsabilidades con el hogar se traducen en un mayor trabajo de las mujeres que de los hombres ya que después de trabajar con ellos en el campo tienen que realizar las labores domésticas. Al mejorar la vida de las mujeres, su salud y su economía tendrán un impacto no solo sobre ellas directamente sino también sobre el hogar. Al mejorar sus condiciones de vida se favorecerá directamente las suyas y las del mundo que las rodea.

Tantas tareas a realizar por las mujeres puede conllevar a que no les quede tiempo o energía para participar en otras actividades que les gustaría. Incluso si fueran pagadas por realizar estas tareas adicionales todavía tendría que llevar a cabo todo el resto de sus tareas domésticas o relegar su trabajo en el hogar en sus hijas en detrimento de su asistencia escolar.

### **e) Por qué no hombres**

El género masculino necesita reconocer y entender las funciones de la mujer para así poder trabajar juntos para mejorar desigualdades. Anteriormente se ha comentado como la familia entera y, por tanto, los hombres obtienen beneficios de las mejoras en una infraestructuras incluso si no están directamente involucrados, por ejemplo de la mejora de la sanidad y la reducción de las enfermedades en las mejoras realizadas en un sistema de abastecimiento de agua o la mejora de la accesibilidad de las mujeres a comerciantes, es algo que favorece a toda la comunidad y todos deberían ser preparados para contribuir igualmente.

Incluso cuando los beneficios del desarrollo afectan a la sociedad como un todo, algunos grupos pueden considerar que la pérdida de una relativa ventaja respecto otros grupos pesa más que la mejora total en su vida normal. La influencia de estos grupos previamente privados de representación en el proceso de toma de decisiones debe ser tratada con cuidado en caso de que se puedan convertir en grupos poderosos que se opongan a determinados cambios. Esta es la razón por la que las necesidades físicas y socio-económicas de las mujeres han sido ignoradas en el pasado debido a la relativa influencia de los hombres y mujeres a nivel político y de proyecto.

Debido a las pasadas perspectivas abandonadas de las mujeres puede haber aspectos que se traten imparcialmente con dicho nuevo enfoque o mentalidad, pero esto no debe llevar a una exclusión de los hombres o a centrarse únicamente en temas de género olvidando otros grupos vulnerables tales como los más pobres o los políticamente marginados.

Palabras como propietario de una infraestructura (privado o público), proyectistas y diseñadores, constructores, beneficiarios (como toda persona que se beneficie pasivamente de un proyecto sin su participación directa en su realización) o sociedad pueden ser términos “ciegos” al aspecto de género por los intereses que todos estos individuos, agrupados de esta forma, tienen en común. Por ejemplo, los granjeros pueden cubrir un solo grupo pero las necesidades de granjero comercial (normalmente masculino) que cultiva para la venta serán diferentes de las necesidades de un granjero (normalmente femenina) que cultiva para el uso doméstico. De una forma similar el grupo “mujeres” puede no reflejar las necesidades de viudas o niñas, además, dentro del hogar, las esposas pueden estar bajo el mando de su suegra. Las comunidades se forman alrededor de intereses comunes, las personas se pueden considerar a ellos mismos pertenecientes a varias comunidades al mismo tiempo, basadas en localización, creencias comunes o tareas compartidas. El cabeza del hogar puede no estar al cargo de las labores domésticas como la recogida de agua, comida o combustible. La cabeza del hogar femenina tiene diferentes necesidades que el masculino y son a menudo indicadores de pobreza.

Un análisis de la sociedad mediante grupos tomados desde el punto de vista más extremo situará a cada individuo en un grupo. Los ingenieros suelen agrupar según distintos atributos para facilitar el análisis de distintos elementos que intervengan en un diseño de una infraestructura. Acuíferos, regímenes de flujo en ríos y tipos de rocas tienen sus propias características individuales pero pueden ser clasificados por permeabilidad, variación estacional o dureza. Género y estado económico son medidas significantes medidas del estado social de las personas, un análisis acorde a estos parámetros nos proporcionara una comprensión inicial de las diferentes comunidades.

Muchos de los papeles desarrollados por las mujeres no son fijos y pueden variar entre culturas distintas y en el tiempo. Se debe tener en cuenta, a la hora de diseñar una infraestructura, las labores que realizan las mujeres y las actividades en las que están implicadas directa o indirectamente para no perder la oportunidad de cambio, la mejora de las condiciones de la mujer y el beneficio de la comunidad entera, de hecho cualquier proyecto afecta en mayor o menor medida al medio que le rodea y a su sociedad. La construcción de una infraestructura también cambia las prácticas culturales de la sociedad modificando quién hace qué y cómo se realizan las actividades. Sin darnos cuenta, estos cambios pueden afectar

adversamente a diferentes sectores de la sociedad, los ingenieros necesitan ser conscientes de esto y tomar medidas para evitar estos impactos negativos y mejorar activamente la manera de ganarse la vida de todos los miembros de la sociedad, especialmente de los que menos posibilidades tienen de influir o mitigar estos cambios.

En la asignación de los papeles de cada miembro de la sociedad, la pregunta de: ¿quién hace qué?, debería de ir seguida de: ¿por qué ellos? La justificación más típica es recurrir a la tradición y la cultura pero esto no es una razón válida. Los ingenieros pueden cambiar la cultura al construir una carretera o un hospital. Una conciencia social y un respeto por las tradiciones no deberían perpetuar las discriminaciones. Unos cambios drásticos en la estructura social o en las infraestructuras físicas que afectan a una comunidad pueden tener el poder tanto de dañar como de ayudar a la sociedad. Los ingenieros y los sociólogos necesitan darse cuenta de que sus actuaciones a corto plazo pueden tendrán consecuencias a largo plazo.

### **3. Para el uso y conveniencia de la sociedad**

La calidad en el diseño de una obra de ingeniería depende directamente de los datos sobre los que se basa, esto es así tanto para los aspectos socio-económicos como para los geológicos, hidráulicos y meteorológicos. Cada sociedad es diferente y los ingenieros pueden adaptar las infraestructuras para satisfacer las necesidades de los distintos grupos sociales siempre y cuando dichos grupos y necesidades hayan sido convenientemente definidos. El enfoque normal es:

- Recopilación de información sobre los distintos usos que se les da a las infraestructuras por los distintos grupos sociales (llamada en alguna ocasión información disgregada).
- Análisis de la información.
- Actuaciones según las conclusiones del análisis de la información.

En un programa de participación global, cada una de las anteriores fases es realizada bajo la implicación más o menos directa de los distintos afectados, esto no quiere decir que disminuya la influencia del papel de experto de los ingenieros. La sostenibilidad de un proyecto dependerá del grado en que se involucren las distintas partes a las que afecta la infraestructura y el proceso participativo desarrollado, dicha participación no se debe menospreciar. Se ha de motivar a la sociedad para que dediquen tiempo y energía en el desarrollo de los proyectos y

poder mostrarles que esto será beneficioso para sus intereses propios. La manera en que la información se reparta a los distintos grupos es importante y algunas prácticas de motivación personal deben ser aplicadas para aumentar el entusiasmo por la participación.

Para todo esto es necesario una recogida de información sobre las distintas partes a las que afecta la infraestructura y su posterior análisis haciendo notar que existirán diferencias de una comunidad a otra y en el seno de una misma comunidad.

### **a) Medición de desigualdades**

Algunos de los indicadores sociales que han sido utilizados en el pasado han sido rudimentarios y no medían con exactitud el impacto que una infraestructura puede tener sobre las vidas de los distintos grupos sociales, por ejemplo:

- El número de hombres y mujeres que forman el órgano de dirección, esto es fácil de medir pero, ¿realmente tiene dicho órgano autoridad sobre todas las decisiones que influyen en el desarrollo de la infraestructura?, ¿tienen las mujeres del órgano capacidad de influir en la toma de decisiones o están bajo la influencia de los hombres?, ¿quién representa a los pobres?
- La implicación de las mujeres en la construcción. El trabajo voluntario es más probable que sea realizado por mujeres pobres más que por hombres pobres. El trabajo voluntario puede añadir una carga extra a las mujeres, las cuales no tienen tiempo suficiente.
- El número de mujeres ingenieras que participan en el proyecto. Aunque las mujeres pueden tener un mejor acceso a los grupos de mujeres que los hombres y pueden tener una implicación mayor con algún otro tema que les concierne a ellas, esto no significa que ellas sean más conscientes o capaces de responder a aspectos de género ya que han recibido los mismos conocimientos que sus compañeros ingenieros.
- El ahorro de tiempo o el incremento de beneficio económico para las mujeres. Si el tiempo ahorrado es utilizado para realizar otros trabajos o el dinero ganado se utiliza para gastos del hogar, la posición de la mujer es posible que no varíe en relación con el hombre.

El número de mujeres del órgano de dirección de un proyecto o las mujeres ingenieras que participan, solo son medidas de algún método que puede ser usado para asegurar un proyecto de ingeniería equitativo, pero las herramientas usadas para la obtención de dichos datos o el tipo de información que se obtiene no es lo más importante, sino el impacto que

dichas medidas puedan tener. La longitud de una instalación de tuberías en un proyecto solo tiene un impacto si el agua llega a los usuarios, el número de mujeres directivas solo tendrá un impacto si pueden influir en la toma de decisiones de manera que aporten decisiones valiosas y significativas para el proyecto en su conjunto y estos resultados mejoren el servicio ofrecido. Los impactos pueden ser económicos (reducir el coste del agua), físicos (mejorar las comunicaciones de una zona), medio ambientales (reducir la contaminación) o personales (mejorar la sanidad) y todos ellos pueden tener impactos sociales.

Los indicadores técnicos pueden incluir la cantidad de agua recogida, la mejora realizada en la calidad del agua mediante prácticas higiénicas, mejora de la sanidad, reducción de tiempo y distancia en la recogida de agua... Estos indicadores pueden ser disgregados o ver quién está recogiendo el agua o quién paga las tarifas de un servicio. Todo esto es información usada por ingenieros para juzgar el éxito de un proyecto de infraestructura. Es importante que si los aspectos s de igualdad son tenidos en cuenta por los ingenieros, los indicadores usados para medir el impacto de un proyecto relacionen primero los rendimientos físicos para luego considerar el efecto que estos pueden tener sobre las distintas partes de la sociedad. Los indicadores deben representar la igualdad de oportunidad, no igualdad de resultados.

- **Consulta y participación**

El hecho de responder a cuestiones simples, como las de una encuesta, solo proporciona una información limitada que no refleja fielmente la opinión de la sociedad y sus prioridades. Para descubrir lo aspectos que realmente son importantes para la sociedad es necesario preguntarles directamente por sus opiniones y hacerles ver que todo lo que aporten se va a tener en cuenta a la hora de la toma de decisiones y que es el mecanismo mediante el cual se les va a involucrar en dicho proceso de decisión y por tanto su participación.

La participación puede darse de distintas formas, a continuación se muestra distintos tipos ordenados de menor a mayor grado de representación de la comunidad en la toma de decisiones:

- **Coacción:** la comunidad es manipulada y dirigida por los poderosos o no tienen poder sobre el proceso de decisión.
- **Consentimiento pasivo:** la comunidad es informada e involucrada en el proceso pero no tienen un control o poder real sobre las decisiones últimas.



- Consulta: se pregunta a la sociedad y se le dan distintas opciones pero otros toman la decisión final variando el grado de atención que se les presta a lo que aportan.
- Cooperación: se realiza el proceso de toma de decisiones en colaboración entre la sociedad y los agentes externos.
- Acción colectiva o “co-aprendizaje”: los agentes externos mantienen las decisiones tomadas por la comunidad.

La participación en un proyecto no solo proporciona información importante, sino que también puede hacerse que la comunidad se sienta identificada con el proyecto y sentir como suyo el diseño. Un sentido de la propiedad sólo puede ser creado mediante la participación de todos los afectados actuales o potenciales en el ciclo de construcción y vida del proyecto., todo individuo que pueda ser afectado por la obra desde cualquier punto de vista tiene derecho de ser involucrado. La participación es más que un simple acto voluntario de contribución con tiempo, esfuerzo o dinero, los beneficiarios no deben tener un papel pasivo, es decir, solo aceptar lo que les ofrezcan, sino que la participación significa identificar sus necesidades y diseñar en función de acuerdo con ellas, dando voz a los usuarios y distintas opciones.

La forma en que la participación tiene lugar dependerá del tipo de proyecto. La acción colectiva requiere ingenieros y directores de proyecto para apoyar el proceso de toma de decisión más que para guiarlo. Esto conlleva aceptar que la obra no sólo es propiedad del gobierno o la ONG que supervisa el proyecto.

Es necesario tener en cuenta que la consulta a todos los integrantes de una comunidad puede no ser viable, por esto deben de identificarse grupos representativos para dar una idea adecuada del rango de puntos de vista y de opiniones. Si se consigue que todos los grupos de las distintas partes interesadas estén representadas puede llevar a:

- Mejora de la eficiencia mediante la maximización del uso de las habilidades locales y su conocimiento.
- Un proyecto que satisfará todas las necesidades de los usuarios.
- Un gran sentido de la propiedad.
- Incrementa la motivación para el mantenimiento de la infraestructura una vez haya sido construida y puesta en funcionamiento.
- Mejora la transparencia y la responsabilidad (menos oportunidades de corrupción).

Los ingenieros y diseñadores deben ser flexibles en su acercamiento al desarrollo del proyecto estar preparados a escuchar la explicación del programa o responder a preguntas. Algunas estrategias específicas tienen que ser adoptadas para asegurar que tanto hombres como mujeres son escuchados, por ejemplo, averiguar cómo la información llega a las mujeres, niveles más bajos de alfabetización puede significar que un cartel en un centro de salud no sea tan efectivo como la comunicación oral directa con grupos de mujeres.

- **Participantes del proyecto**

En un diseño, los ingenieros identifican los factores que afectarán al resultado del proyecto, desde previsiones económicas y financieras, hasta las condiciones del terreno o los recursos físicos. Para una investigación “in situ”, los geólogos primero examinarán los mapas geológicos para después realizar una visita al lugar en cuestión y finalmente, una vez que el plan ha sido desarrollado suficientemente, llevar a cabo la investigación “in situ” con las distintas técnicas de campo que se hayan considerado oportunas gracias a la información obtenida en las fases anteriores. Esta información en el campo continuará en las distintas fases de diseño y construcción, aumentando el volumen de información y su grado de detalle.

Una actividad sociedad-económica paralela se propone analizar la sociedad que es afectada por el desarrollo de un proyecto, diferenciando quienes son los más cercanos y cuáles son sus intereses. Esto es necesario que se realice en la etapa más temprana del diseño desarrollándose en distintas fases en las que progresivamente se va aumentando el detalle de la información. Para empezar se usará información disponible con facilidad, como censos e informes previos. El siguiente paso será la visita de la zona y ponerse en contacto con representantes de los distintos grupos. Y por último, la realización de investigaciones más detalladas, usando los distintos métodos con los que los sociólogos cuentan, con cuyos datos se podrá continuar con el diseño y construcción del proyecto.

El término “usuario” normalmente no refleja a todo el mundo que es afectado por un proyecto, para ello hemos utilizado el término “afectado”, que es cualquier persona o grupo que pueden ser directa o indirectamente afectados por el desarrollo de un proyecto, tanto positiva como negativamente. Esto incluye a los usuarios, que son los afectados primarios, como a los afectados secundarios que se componen de:

- Todos aquellos que están preparados para beneficiarse del proyecto.
- Gente que podría no beneficiarse directamente o que incluso no les favorezca el proyecto.

- ONGs o grupos de la comunidad tales como asociación de granjeros, uniones de comerciantes, grupos de mujeres o grupos de usuarios de agua.
- Secciones gubernamentales y agencias, así como su personal.
- Empresas del sector público y privado y su personal.
- Productores privados, artesanos locales y empresarios.
- Accionistas, consultores y contratistas con su personal.
- Asociaciones profesionales (como la de ingenieros, por ejemplo).
- Profesores de colegios, líderes religiosos y medios de comunicación (conocidos en alguna ocasión como agentes de cambios).
- Representantes políticos.
- Defensores políticos, sociales o medio ambientales.

Todos estos afectados deben estar involucrados en la vida del proyecto, en caso contrario se podrían dar problemas muy diversos según la parte a la que afecte. La participación puede parecer un coste demasiado elevado pero la no-participación puede suponer un coste muchísimo mayor, existe un paralelismo a lo que ocurre con las investigaciones “in situ”, las cuales, además de ser caras, parecen que aportan datos innecesarios o repetitivos pero en la mayoría de los casos indispensables para conocer la verdadera naturaleza del medio y su futuro comportamiento y por tanto básicos para el diseño y la construcción de una infraestructura.

## **b) Elementos de análisis**

En un análisis de una estructura de ingeniería se consideran distintos factores como la resistencia estructural bajo un sistema de cargas, el ancho de grieta, la deformación una vez puesta en servicio, el coste... Para un análisis sociológico también se necesitan una serie de parámetros que acumulen la información necesaria para representar la sociedad, Algunos de dichos parámetros variarán en un nivel individual pero otros serán comunes a un mismo grupo.

Los sociólogos han tendido a analizar la sociedad de dos distintas maneras:

- Considerando que la sociedad en su conjunto está dividida en grupos y la estructuración de los grupos determina cómo se comporta la sociedad (estructuralismo).
- Considerando a cada persona individualmente, con su pertenencia a algún grupo artificial, siendo irrelevante para su ámbito de vida (constructivismo).

Un análisis basado solo en la división en hombres y mujeres es una aproximación estructuralista que bajo algunas condiciones conduce a la omisión de información importante y que dificulta una mejor distinción de la realidad por lo que inevitablemente se produce una evaluación incorrecta, al asumir, por ejemplo, que unas pocas mujeres representan a toda la comunidad femenina. Un punto de vista alternativo considerando individuos por separado puede ignorar problemas compartidos de un grupo en particular (tales como el acceso a la educación de niñas). Las prácticas modernas tienden a combinar las dos aproximaciones (estructuración), reconociendo que cada persona es un individuo, pero podrá compartir características con distintos grupos según su situación, de este modo un individuo puede ser un ama de casa, granjera, madre, mujer y pobre.

Los análisis a menudo requieren varias etapas sucesivas. Una rápida valoración lleva a reconocer los grupos mayoritarios a grandes rasgos (ricos/pobres, hombres/mujeres...) pero un análisis en más profundidad nos desvelará las características especiales de los grupos menos evidentes (viudas, granjeros sin tierras...).

Los ingenieros se basan en gran cantidad de factores para la toma de decisiones, por ejemplo, el análisis de los recursos de agua se basa en la cantidad y calidad del agua y la variación a corto y largo plazo de estos factores que a su vez dependen de otros parámetros más técnicos. De la misma forma los sociólogos usan una serie de herramientas que en su conjunto sirve para caracterizar una sociedad. A continuación se mencionan algunas de dichas herramientas.

- **Condición y posición**

Darse cuenta de para qué usan sus herramientas los sociólogos y qué es lo que miden facilitaría el trabajo de los ingenieros en un equipo multidisciplinar compuesto por dichos tipos de expertos con el fin de analizar la sociedad donde desarrollar un proyecto. La entera comprensión de los factores sociales y técnicos que son evaluados facilitará al grupo de trabajo a que se complementen las labores de cada uno recíprocamente.

La sociedad no sólo está definida por lo que ellos hacen, sino que también se ha de tener en cuenta la condición de su salud personal, poder adquisitivo y habilidades. Esto puede dar información sobre necesidades materiales (trabajo, cobijo, agua, educación...). También se evalúa donde se sitúa cada miembro o grupo dentro de la sociedad, por ejemplo, la posición social y económica de las mujeres respecto a la de los hombres. ¿Cuáles son sus niveles de sueldos? ¿Tienen iguales oportunidades de educación y empleo? ¿Son sujeto de violencia?

¿Se les permite participar en la toma de decisiones? El proceso de evaluación debería permitir establecer a cada miembro de la sociedad en un grupo absoluto y relativo de hombres o mujeres. Las condiciones de los distintos grupos son los síntomas de cómo una sociedad comparte sus recursos e indica la posición social de los miembros de cada grupo.

- **Tipos de trabajos**

Cuando se mira a una comunidad, la gente será clasificada según una serie de aspectos entre los se incluirán actividades productivas, domésticas, comunitarias y personales. Dichos valores pueden ser medidos de distintas maneras, tales como status social, nivel de sueldos o nivel de educación. Los individuos no tendrán un único papel sino que pueden tener varias funciones como granjero, marido y anciano.

- **División del trabajo**

Las personas que realizan cada actividad pueden variar, algunas pueden ser realizadas predominantemente por hombres y otras por mujeres. De la misma forma pueden compartir los trabajos por igual o que se realice la división estacionalmente.

- **Acceso y control a recursos**

La persona que realiza una determinada tarea necesita el acceso a distintos recursos, de esta forma, los granjeros necesitarán tierra, semillas, fertilizantes, herramientas y agua. Un acceso restringido a dichos recursos puede reducir considerablemente su efectividad, el pueblo no sólo necesita el acceso a los recursos sino que también necesitan controlarlos. Si los recursos son controlados por otros, los individuos o grupos son dependientes de los propietarios y serán vulnerables a sus acciones. En estos recursos se incluyen los activos financieros, naturales, físicos, sociales y humanos y pueden ser compartidos por hombres y mujeres o ricos y pobres.

- **Factores de influencia y cambio**

Las personas no viven asiladas, un amplio escenario influye en sus vidas. Los factores externos incluyen la economía, el medio ambiente, la cultura, la religión y la política. Estos pueden cambiar a lo largo del tiempo (moda o tendencias) estacionalmente o repentinamente. Algunos son difícilmente influenciados como el clima, el crecimiento poblacional o la religión, mientras que otros son redirigidos más fácilmente mediante las reformas institucionales,

participación en el sector privado o mediante aspectos legales o culturales. El sector de la población más vulnerable a los cambios de los factores externos son los pobres.

- **Potencial para la transformación**

El proceso de desarrollo no es estático, es importante y provechoso fijarse en la historia de la sociedad y de su potencial de cambio. Para evaluar cómo las personas más cercanas pueden ser involucradas en un proyecto de ingeniería es útil observar la participación de las personas en otras actividades, pueden verse beneficiados de forma pasiva o tener un papel activo en el desarrollo de la actividad asociada. El potencial depende de la condición y posición de los poderosos y de los menos poderosos. Pueden surgir conflictos si la transformación afecta a los intereses de las personas.

La recopilación de información sobre la condición y la posición de los individuos y grupos dentro de la sociedad afectada, y las observaciones sobre el potencial de cambio de la sociedad debería afectar al diseño y a la construcción del proyecto, tanto en el aspecto social, como en el económico y el técnico. Un reto emergente es la forma en cómo un ingeniero responde a la información socio-económica y las transformaciones sociales planeadas y cuáles son las acciones que pueden ser tomadas.

- **La responsabilidad del ingeniero**

Los ingenieros no solo tienen una labor técnica en el desarrollo de un proyecto, respondiendo de forma detallada a las cuestiones técnicas, sino que también tienen que desarrollar un papel dentro de un equipo de trabajo, en un ámbito de trabajo más amplio que el puramente técnico y muchas veces son parte de la sociedad en donde se desarrolla el proyecto. Los dos elementos del análisis social que proporcionan la información que los ingenieros pueden utilizar para su comprensión son la condición y la posición de hombres y mujeres pobres en una sociedad. Estas cuestiones pueden ser vistas desde dos puntos de vista:

- Las soluciones prácticas pueden reducir las cargas del trabajo de la mujer, mejorar las condiciones de vida e incrementar el acceso a los recursos.
- Unas medidas estratégicas a largo plazo pueden ser diseñadas para dar a hombres y mujeres, ricos y pobres, oportunidades igualitarias a acceder a una aceptable posición en la sociedad.

La labor principal de los ingenieros siempre ha sido proporcionar repuestas prácticas a las necesidades de una sociedad, poseen las habilidades requeridas realizar esta labor, aunque en el pasado las necesidades físicas de la sociedad no fueron analizadas teniendo en cuenta las especiales necesidades de los socialmente excluidos. Las respuestas prácticas para satisfacer estas necesidades de los sectores más pobres de la sociedad variarán de las tradicionales en dos aspectos:

- El producto será diferente, con tecnologías más sostenibles y con detalles de diseño destinadas a cubrir las necesidades físicas y sociales de hombres y mujeres pobres.
- El proceso será diferente, con una mayor participación de hombres y mujeres en el desarrollo e implementación de la infraestructura.

Los ingenieros necesitan una comprensión de unos aspectos estratégicos de forma que puedan:

- Asegurar que la infraestructura no hará que la situación social de algún grupo socialmente excluido empeore (por ejemplo, enfocando un proyecto de irrigación a hombres, provocando de esta manera que las mujeres pierdan una oportunidad de generación de ingresos). Las nuevas infraestructuras cambiarán la sociedad y los ingenieros tienen la responsabilidad de que los costes y beneficios que conlleve serán repartidos equitativamente.
- Trabajar con científicos sociales para dirigir los problemas de exclusión social. Los proyectos de infraestructuras basados en la mejora de las condiciones físicas pueden evolucionar, con un cambio del punto de vista, desde una respuesta práctica a una acción estratégica, proporcionando un “punto de entrada” para otros profesionales. Un ejemplo típico es la aplicación en un proyecto de abastecimiento de agua que puede ser extendido a la mejora de la salud o aprendizaje de actividades generadoras de ingresos.
- Mostrar prácticas de trabajo comprometidas con la sociedad, por ejemplo, mediante el comportamiento de una organización de ingenieros.

La división entre respuestas prácticas y estratégicas es confusa. Para las mejoras prácticas en las vidas de las personas se requiere que ellos lo estén esperando y que sean capaces de usar los nuevos servicios. Las mujeres no solo necesitan un aprendizaje para el mantenimiento de bombas de agua, también necesitan ser animadas y apoyadas de manera que tengan la confianza necesaria para asistir a las enseñanzas y entonces realizar sus tareas. Las acciones estratégicas, tales como el incremento de la educación de las niñas, sólo pueden ser conseguidas si algunas de las cargas prácticas, como la recogida de agua, son reducidas

mediantes las anteriores respuestas prácticas, de manera que puedan beneficiarse de estas oportunidades. Las dos respuestas necesitan realizarse en conjunto, aunque a diferente escala de tiempo y punto de vista.

- **Responsabilidad social**

Los ingenieros pueden adaptar su trabajo para satisfacer las distintas necesidades de la sociedad y asegurar que los aspectos prácticos de su trabajo ayuden a todos los sectores de la sociedad, sin embargo, el proporcionar infraestructuras que concuerden con las necesidades de los grupos más vulnerables puede no ser suficiente si las cuestiones culturales limitan su acceso a las mismas. Aunque la realización práctica de los proyectos puede incrementar el bienestar de la sociedad, se puede pasar por alto las oportunidades de fortalecer otros aspectos importantes como el estado social o la oportunidad de empleo.

Trabajar para provocar un cambio estratégico en la posición social de los grupos socialmente excluidos es un reto, aunque las habilidades requeridas y la escala de tiempo necesaria podría parecer que no concuerdan con el desarrollo normal de un proyecto, existen contribuciones que los ingenieros pueden hacer:

- No dañar. Los ingenieros deben darse cuenta del estado social de los distintos grupos en una comunidad y no deben empeorar su acceso a las infraestructuras u otros recursos.
- Evitar una exclusión permanente. Centrarse solo en las labores domésticas de las mujeres como la recogida de agua, puede significar que los hombres no puedan tomar parte en tales labores en un futuro.
- Ser conscientes de quién es el cliente, el que pone el dinero o el usuario. Ser consciente de para qué se realiza el proyecto, un proyecto de construcción a largo o corto plazo.
- Comunicación con la comunidad de la forma apropiada, lengua, lugar y tiempo que pueden variar según los grupos de una sociedad.
- Investigar cuales son las barreras para el acceso a el abastecimiento de agua, combustible, sanidad o vivienda. La inversión realizada en el proyecto será desperdiciada si no puede ser aprovechada debido a otros factores sociales.



- Trabajar con otros especialistas para promover una mayor igualdad en la sociedad. Los ingenieros necesitarán entender los objetivos sociales y ser flexibles en la respuesta de cualquier factor socio-económico.
- Asegurar unas buenas prácticas de empleo dentro de su propia organización.

# Apéndice I: Nociones de calentamiento/enfriamiento pasivo

---

Los ingredientes de una estructura solar bien construida incluyen una fachada aislante, masa térmica, orientación este-oeste, una forma del edificio apropiada para un ambiente determinado, buen emplazamiento de las ventanas, y un beneficio solar directo, que tiene lugar a través de cristalerías orientadas al sur. Así, se puede conseguir una casa que se caliente y enfríe por sí misma. Los diseños de calefacción solar intentan atrapar y almacenar la energía térmica de la luz solar directa. El enfriamiento pasivo evita en la medida de lo posible la radiación solar o minimiza sus efectos a través de sombreado o la generación de corrientes de convección de aire de ventilación.

- **Fachada aislante**

Cuanto mejor sea el aislamiento de los muros, tejado, cimientos, suelo, puertas y ventanas, menor será el escape de calor y frío del interior al exterior de la casa.

A menudo, es difícil aislar bien puertas y ventanas que suelen ser las zonas de la casa con mayor pérdida o ganancia de calor. Una estructura bien aislada y sellada, con pocas o ninguna abertura, conservará eficazmente el frío o el calor dentro del edificio.

Las aberturas por ventanas para tener luz y ventilación disminuirán la cantidad de calor conservada, pero pueden hacer que aumente el calor, una fuente gratuita de calefacción. Además, la ganancia de calor puede limitarse durante los meses de verano si la casa está adecuadamente orientada favoreciendo el enfriamiento pasivo al funcionar con los movimientos cíclicos naturales del sol, recibiendo luz solar en invierno produciendo un calentamiento pasivo y excluyendo la fuerte luz solar del verano con métodos de sombreado para ayudar a un enfriamiento pasivo.

- **Buena orientación solar**

Idealmente, una casa debería estar orientada hacia el sur verdadero, no al magnético, pero una casa que esté a 15° al este o al oeste del sur verdadero todavía podrá recibir el 90% del sol disponible.

Cualquier brújula buena o mapa basta para determinar cuál es el verdadero sur para un emplazamiento concreto. También valdrá utilizar la estrella del norte para representar el polo opuesto al sur verdadero. Si la casa es rectangular hay que alinear la parte más larga del rectángulo con el eje este-oeste.

- **Colocación de las ventanas**

El objetivo es conseguir el máximo de calor y aumento de luz en los meses de invierno y un mínimo de aumento de calor en los meses de verano, al mismo tiempo que una buena ventilación y vistas.

En una casa debidamente orientada, las ventanas que dan al sur permiten que el sol entre en la casa durante el invierno, y, por la diferencia de la trayectoria solar en el verano, habrá menos luz solar directa durante la estación cálida. Las ventanas orientadas al norte no tendrán aumento directo de sol ni en invierno ni en verano. Las ventanas orientadas al este siempre recibirán sol por las mañanas, lo que puede ser muy efectivo para calentar la casa temprano por la mañana durante el invierno. Las ventanas orientadas al oeste siempre tendrán sol por las tardes, lo que es poco deseable durante el verano. Los tragaluces en lo alto dejarán que haya calor y luz durante todo el día, todo el año.

- **Cristaleras orientadas al sur**

En diseños solares, las cristaleras orientadas al sur son el principal elemento generador de calor. Cuanto mayor sea la superficie de cristal orientada al sur, más ganancia de calor habrá, sin embargo, cuanto más cristal haya, menos aislamiento se obtendrá y por tanto la capacidad de la casa para conservar el calor también se verá reducida, incrementando así la cantidad de pérdida de calor por la noche y durante las horas en las que no hay ganancia solar, y aumentando la cantidad de calor que entra durante el verano.

En climas fríos, con bajos niveles de sol invernal, es mejor tener un área mínima de cristal orientado al sur, un 4 a un 10% del total de superficie de la casa, con tanto aislamiento como sea posible en los muros para poder confiar más en la retención de calor de los muros aislados que en la acumulación de calor.

Por otro lado, en climas fríos con una gran cantidad de sol disponible, es más efectivo incrementa la cantidad de cristaleras orientadas al sur, y confiar más en grandes cantidades de calor acumulado que en un alto aislamiento.

En climas más cálidos, los edificios están diseñados para mantener fuera la energía solar y el calor del aire. Se dispondrá siempre en busca del enfriamiento pasivo, normalmente funcionará mejor los niveles más bajos de cristalerías (de un 4 a un 10%) orientadas al sur, minimizando la acumulación de calor no deseada. La ganancia de calor externa también puede ser minimizada por un buen aislamiento, la reducción del tamaño de las ventanas y el uso de materiales reflectantes en las paredes y el techo.

- **Masa térmica interior**

La masa térmica del interior de un edificio puede almacenar calor o frío y después soltarlo lentamente. Es necesaria para prevenir el recalentamiento diurno de la estructura y para estabilizar su temperatura ambiente por las noches y periodos de tiempo nublado, cuanto más masa haya, más estable será la temperatura interior. También, cuanto más directo llegue el sol a la masa térmica, mayor será la ganancia de calor. Si se quiere un enfriamiento pasivo habrá que buscar lo contrario, evitar la entrada de sol, conservándose el frío.

Las paredes interiores de las casas a menudo se construyen con madera, pero si se construyen con materiales de albañilería, como roca o adobe, pueden proporcionar una excelente masa, especialmente esas paredes interiores que reciben directamente el sol.

El agua es uno de los mejores materiales térmicos. El agua tiene una alta capacidad calorífica, es decir, puede conservar mucho calor (o frío) antes de soltarlo al aire de alrededor. Era corriente, en los primeros edificios solares, ver bidones de 55 galones llenos de agua y pintados de negro para almacenar ganancia solar. Se pueden fabricar paredes de agua o asientos con metal e incorporarlos en el muro sur de un edificio o situarlos cerca de una estufa de leña. El almacenaje de agua tiene la desventaja de posibles escapes.

Aunque su capacidad calorífica es menor que la del agua, también puede usarse piedra para conseguir masa térmica. Una forma fácil de crear una pared es con cestas de alambre de gran calibre llenas de roca. Podrían servir como tabiques o divisiones y también podrían ser utilizadas para refrigerar en verano si se preparase el agua de manera que gotease por las rocas.

- **Cristal de aislamiento**

El cristal de doble hoja o las ventanas con aislamiento minimizan la pérdida de calor a través de esas aberturas y tienen muchas ventajas en todos los climas excepto en los más templados.

Cuanto más grande sea el espacio entre las hojas, mayor será el valor de aislamiento. Sin embargo, si el espacio entre las hojas es demasiado grande (alrededor de 2.5 cm) dejará que fluya el aire y, más que aislar, conducirá calor. También creará un efecto de sombra, ya que una hoja de cristal da sombra a la otra, reduciendo la ganancia solar. Técnicas apropiadas para un enfriamiento pasivo.

- **Aleros solares y persianas**

Un alero (ligera prolongación del tejado) bien situado se convierte en un excelente elemento para proporcionar tanto calentamiento como enfriamiento pasivo. Da sombra a las ventanas orientadas al sur durante el verano, y permite que entre la luz del sol cuando el sol está bajo durante el invierno. Generalmente, en los climas más fríos, un alero de esas características debería ser más estrecho para permitir que el sol entre a principios de otoño y avanzada la primavera, mientras que, en climas más cálidos, el alero puede extenderse más hacia el exterior, y así, eliminar la ganancia solar al principio de la primavera y retrasar su entrada hasta avanzado el otoño.

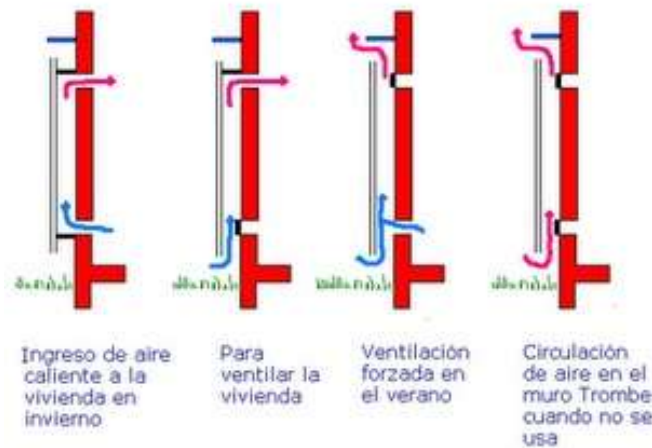
Aleros portátiles y móviles y persianas permitirán un mayor control y flexibilidad que los aleros permanentes.

Las ventanas orientadas al este y al oeste necesitan tener sombra en el verano. Las persianas situadas verticalmente son mucho más apropiadas para este propósito que los aleros. Se pueden usar enrejados con espaldera o parras, entre otras cosas, como arbustos y árboles de hoja caduca. Es importante tener sombra no sólo donde entra la ganancia solar a través de las ventanas, ya que las áreas no sombreadas alrededor del perímetro de la casa también pueden reflejar mucho calor al interior del edificio.

- **Ganancia indirecta**

Se puede conseguir ganancia de calor también a través de un invernadero en la parte sur del edificio desde el que puede distribuirse el calor al resto de la casa.

También pueden utilizarse paredes trombe o muro de acumulación que son, básicamente, cristaleras montadas sobre una pared de algún material oscuro con un pequeño espacio entre la cristalera y la pared. Estos sistemas tienen muchas funciones según la disposición de las conexiones con la vivienda, un esquema de los usos que se le dan se muestran a continuación:

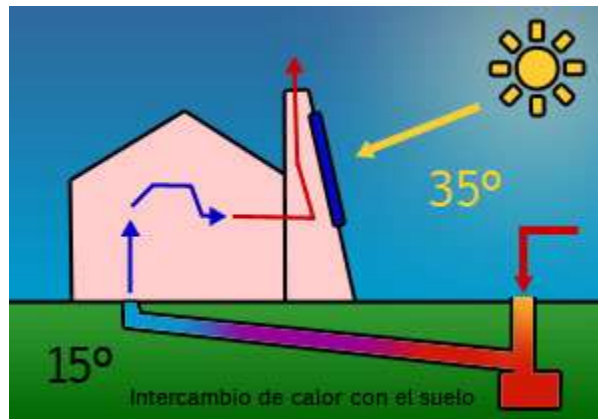


**Figura AI.1:** Esquema de los usos de un muro trombe (Fuente: [www.empresaeficiente.com](http://www.empresaeficiente.com)).

- **Ventilación**

La utilización de las corrientes de aire de un edificio es un punto clave para conseguir un enfriamiento pasivo, es necesario prever una adecuada ventilación nocturna que barra la mayor superficie interna evitando la acumulación de calor diurno. Con este objetivo se aplica el concepto de ventilación cruzada o transversal. Esto implica favorecer una ventilación que de estar abiertas las ventanas y puertas interiores de los locales barra de forma lo más homogénea posible todos los locales de un edificio o vivienda. Muchos autores proponen esta técnica como un método de enfriamiento pasivo ideal en zonas climáticas templadas cálidas húmedas a tropicales húmedas. Esta ventilación puede mejorarse significativamente con la instalación de una chimenea solar.

Una chimenea solar consiste en una chimenea de un material que atraiga y contenga el calor, situada únicamente en el tejado o si se quiere mejorar su funcionamiento en toda la fachada que reciba más luz solar. Al calentarse el aire, fluye por convección hacia el exterior creando una corriente de aire en la casa que la refresca. Para mejorar su rendimiento se puede disponer de una conducción que introduzca aire fresco por el suelo de la vivienda desde el suelo exterior situado a la sombra.



**Figura AI.2:** Esquema de funcionamiento de una chimenea solar ([www.ambientum.com](http://www.ambientum.com)).

Durante el día la ventilación debe ser mínima evitando la introducción de aire caliente en la vivienda reduciendo el calentamiento, al estar más frescos los muros y techos tomarán calor corporal dando sensación de frescura.

En climas muy cálidos los edificios se diseñan para capturar y para encauzar los vientos existentes, particularmente los que provienen de fuentes cercanas de humedad como lagos o bosques. Muchas de estas estrategias valiosas son empleadas de cierta manera por la arquitectura tradicional de regiones cálidas como es la utilización del captador de viento, elemento ya presente en la civilización persa que se sigue usando a día de hoy.

## Apéndice II: Construcción de adobe sismoresistente

---

La deficiencia sísmica de la construcción de adobe se debe al elevado peso de la estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil. Durante terremotos severos estas estructuras desarrollan niveles elevados de esfuerzos, que son incapaces de resistir fallando violentamente.

Los modos típicos de fallo durante terremotos son agrietamiento y desintegración de paredes, separación de paredes en las esquinas y separación de los techos de las paredes, lo que en la mayoría de casos, lleva al colapso.



**Figura AII.1:** Agrietamiento y separación en muro de adobe, terremoto de 1997 en Jabalpur, India (M. Blondet, G-Villar García M., S. Brzev, 2003).



**Figura AII.2:** Colapso de muro de adobe, terremoto de 2001 en El Salvador (M. Blondet, G-Villar García M., S. Brzev, 2003).



Los factores clave para el comportamiento sísmico mejorado de la construcción de adobe son:

- a) Realización del adobe.
- b) Geometría y distribución resistente.
- c) Técnicas constructivas sismoresistentes.

### **a) Realización del adobe**

Con el fin de proporcionar la mayor resistencia posible al adobe y disminuir las reacciones adversas en su curado se recomiendan las siguientes actuaciones a la hora de la selección de la tierra adecuada y la elaboración del adobe, dichas recomendaciones son aconsejables para todo tipo de adobe, no solo para el sismoresistente:

- No todos los suelos sirven para hacer adobe. No son recomendables terrenos agrícolas ya que su alto contenido de materia orgánica reduce la resistencia en su proceso de descomposición. Si no se cuenta con otra cantera, se recomienda retirar la capa superficial aproximadamente una altura de 60 cm.
- Las proporciones ideales en un suelo para realizar adobe son entre un 55% y un 70% de arena, entre un 10% y un 20% de arcilla y entre un 15% y un 25% de limo. Si un ladrillo de adobe se desmenuza fácilmente cuando está seco quiere decir que tiene exceso de arena, mientras que si se rajan indican que tienen demasiada arcilla.
- El ensayo de resistencia seca: con el suelo elegido hacer por lo menos tres bolitas de barro de aproximadamente 2 cm de diámetro. Una vez se han secado (después de por lo menos 24 horas), aplastar cada bolita entre el dedo pulgar e índice. Si ninguna de las bolitas se rompe, el suelo contiene suficiente arcilla como para ser usado en la construcción de adobe, siempre que se controle la microfisuración del mortero debida a la contracción por secado. Si algunas de las bolitas pueden ser aplastadas, el suelo no es adecuado, ya que carece de la cantidad suficiente de arcilla y debería ser descartado.
- Ensayo del rollo: es una alternativa para elegir el suelo en el campo. Usando ambas manos, hacer un pequeño rollito de barro. Si la longitud sin romperse del rollito producido está entre 5 y 15 cm, el suelo es adecuado. Si el rollito se rompe con menos de 5 cm, el suelo no debe ser usado. Si la longitud sin romperse del rollito es mayor de 15 cm, se debe añadir arena gruesa.

- Adición de paja: especialmente al preparar el mortero, añadir al barro la máxima cantidad de paja posible que permita una adecuada trabajabilidad. Si no se dispone de paja, realizar el ensayo de control de microfisuración explicado a continuación.
- Ensayo de control de microfisuración: hacer dos o más uniones de ladrillos de adobe con mortero. Después de 48 horas de secado en la sombra, los ladrillos se separan cuidadosamente y se examina el mortero. Si el mortero no muestra fisuración visible, el suelo es adecuado para la construcción de adobe. Cuando la fisuración es notoria y abundante se debe usar arena gruesa (de 0.5 a 5 mm de tamaño aproximadamente) como aditivo para controlar la microfisuración debido a la contracción por secado.
- Adición de arena gruesa; la proporción más adecuada de arena gruesa se determina realizando el ensayo de control de microfisuración con por lo menos 8 muestras usando morteros con diferentes proporciones de suelo y arena gruesa. Se recomienda que las proporciones de arena gruesa varíen entre la ausencia de arena hasta un tercio en volumen. La muestra con la mínima cantidad de arena que no muestra microfisuración visible al ser abierto luego de 48 horas de haber sido fabricado, indica la proporción suelo-arena gruesa que se deberá usar en la construcción de adobe.
- En los sitios en los que se dispongan de tuna o cactus el agua usada para la elaboración del adobe debe de haber estado 3 días en reposo con trozos de dichas plantas ya que sueltan una resina que sirve para proteger al adobe de las lluvias.
- La altura de un ladrillo no debe ser menor de 8 cm y el largo y la altura deben tener una relación de 4 a 1. Son aconsejables las medidas de 40x40x10 cm para adobes completos y 30x19x10 cm para medios adobes (los usados en esquinas).
- Humedecer las unidades de adobe antes de ser asentadas. Todas las caras que estarán en contacto con el mortero deberían ser humedecidas superficialmente salpicando agua para disminuir la retracción del mortero en el fraguado.
- “Dormido” del barro: almacenar el barro durante uno o dos días antes de la fabricación de las unidades de adobe o del mortero permite una mayor integración y distribución del agua entre las partículas de arcilla, logrando de esta manera activar sus propiedades cohesivas.

## **b) Geometría y distribución resistente**

Uno de los principios esenciales de la construcción de adobe sismoresistente es el uso de distribuciones en planta compactas y tipo caja que soporten mejor los esfuerzos sísmicos. Las recomendaciones principales se resumen a continuación:

- Construir casas de sólo un piso.
- Usar un techo liviano y aislado en lugar de un techo de tierra pesado y compacto.
- Disponer la distribución de muros para proveer soporte mutuo por medio de muros transversales, en intervalos regulares en ambas direcciones o usar contrafuertes.
- Mantener los vanos de los muros pequeños y bien distribuidos.
- Construir sobre una cimentación firme.

Los muros son los principales elementos portantes en una edificación de adobe. Algunas recomendaciones empíricas relacionadas a la construcción de muros resistentes a los terremotos son las siguientes:

- La altura del muro no debería exceder ocho veces el espesor del muro en su base y en ningún caso debería ser mayor que 3.5 m.
- La longitud sin arriostres de un muro entre muros transversales no debería exceder de 10 veces el espesor del muro, con un máximo de 7 m.
- Los vanos no deberían exceder de un tercio de la longitud total del muro.
- Ningún vano debería tener un ancho superior a 1.2 m.
- Proveer muros de 1.2 m de longitud mínima entre vanos.

### **c) Técnicas constructivas sismoresistentes**

- **Uso de Refuerzo Horizontal y Vertical**

Se trata del equivalente armado usado en el hormigón armado. El refuerzo puede hacerse con cualquier material dúctil, incluyendo: caña, bambú, junco, parra, sogá, madera, malla de gallinero, malla de púas o barras de acero. El refuerzo vertical ayuda a mantener la integridad del muro fijándolo a la cimentación y a la viga collar dando cierta capacidad de absorber deformaciones. Resiste la flexión perpendicular al plano y el cortante. El refuerzo horizontal ayuda a transmitir la flexión y las fuerzas de inercia en los muros transversales (perpendiculares al plano de la sollicitación) hacia los muros que resisten el cortante (coplanares con la sollicitación), también restringe los esfuerzos de corte entre muros adyacentes y minimiza la propagación de las fisuras verticales. El refuerzo vertical y horizontal

debería estar unido entre sí y a los otros elementos estructurales (cimentación, viga collar, techo) por medio de hilo de nylon. Esta unión provee una matriz estable, que es de por sí más fuerte que sus componentes individuales. La colocación del refuerzo debe ser cuidadosamente planificada y las unidades deben ser fabricadas tomando provisiones especiales en cuanto a sus dimensiones.



**Figura AII.3:** Puesta en obra de adobe reforzado con caña interconectada con hilos de nylon  
(M. Blondet, G-Villar García M., S. Brzev, 2003).

En 1992, la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú, realizó el ensayo de someter, a un simulador de sismos, ocho modelos a escala natural de una edificación consistente en una habitación de un piso. Los resultados de estos ensayos han demostrado que el refuerzo horizontal y vertical de caña, combinado con una sólida viga collar, pueden prevenir la separación de los muros en las esquinas debido a un sismo severo y de esta manera pueden mantener la integridad estructural aun después que los muros estén muy dañados. Se probó que el refuerzo resultó muy efectivo en prevenir el colapso de las edificaciones durante los ensayos.

- **Uso de mallas**

Estas mallas realizadas de distintos materiales naturales o sintéticos tienen el mismo funcionamiento que los refuerzos horizontales y verticales vistos anteriormente, pero en vez de ir en el interior de los muros de adobe, van recubriendo el exterior de los muros, tanto por dentro como por fuera de la vivienda.

Los muros reforzados con estas mallas absorben mejor los esfuerzos sísmicos dando más rigidez y resistencia a todo el muro. Las mallas van unidas regularmente a toda la superficie del muro mediante distintas interconexiones introducidas en el interior del mortero de unión entre

los ladrillos de adobe. Con el fin de transmitir y repartir todos los esfuerzos a toda la estructura de la casa, en especial a la más resistente, también deben ir unidas a la cimentación (figura 23) y a la viga collar formando de una matriz que trabaja conjuntamente, de la misma manera que el refuerzo horizontal y vertical.



**Figura AII.4:** Detalle de la continuidad de la malla de refuerzo entre la cimentación y un muro en adobe (J. Kuroiva et al, 2007).

Las mallas pueden ser realizadas de malla natural de caña, juncos o bambú interconectados con cuerdas naturales (figura AII.5), de malla electrosoldada (figura AII.6) o con malla de polímero (figura AII.7).



**Figura AII.5:** Vivienda en adobe con refuerzo mediante cañas en interior y exterior (J. Kuroiva et al, 2007).



**Figura AII.6:** Puesta en obra de malla electrosoldada (J. Kuroiva et al, 2007).



**Figura AII.7:** Construcción en adobe con refuerzo de malla de polímero (J. Kuroiva et al, 2007).

- **Uso de contrafuertes y pilastras**

El uso de contrafuertes y pilastras en las partes críticas de una estructura aumenta la estabilidad y el esfuerzo resistente. Los contrafuertes actúan como soportes que pueden prevenir el volteo del muro hacia adentro o hacia fuera. Los contrafuertes y las pilastras también mejoran la integración de los muros que convergen en las esquinas. Las secciones críticas incluyen:

- Esquinas, donde las pilastras toman la forma de muros cruzados.



**Figura AII.8:** Pilastra en muro de adobe en El Salvador (M. Blondet, G-Villar García M., S. Brzev, 2003).

- Ubicaciones intermedias en muros largos, donde los contrafuertes toman la forma de muros perpendiculares de arriostre que son integrados a la estructura del muro.

- **Viga collar**

Una viga collar amarra los muros formando una estructura tipo caja, es uno de los componentes esenciales para la resistencia ante terremotos de la construcción de albañilería portante. Para asegurar el buen comportamiento sísmico de una edificación de adobe, se debe colocar una viga collar continua como un cinturón. La viga collar debe ser fuerte, continua y muy bien amarrada a los muros y debe recibir y soportar el techo. La viga collar puede ser construida de madera o de hormigón. El uso de conectores de madera entre el dintel y la viga collar es práctica muy efectiva ante movimientos sísmicos como demostraron unos ensayos realizados en la PUCP.



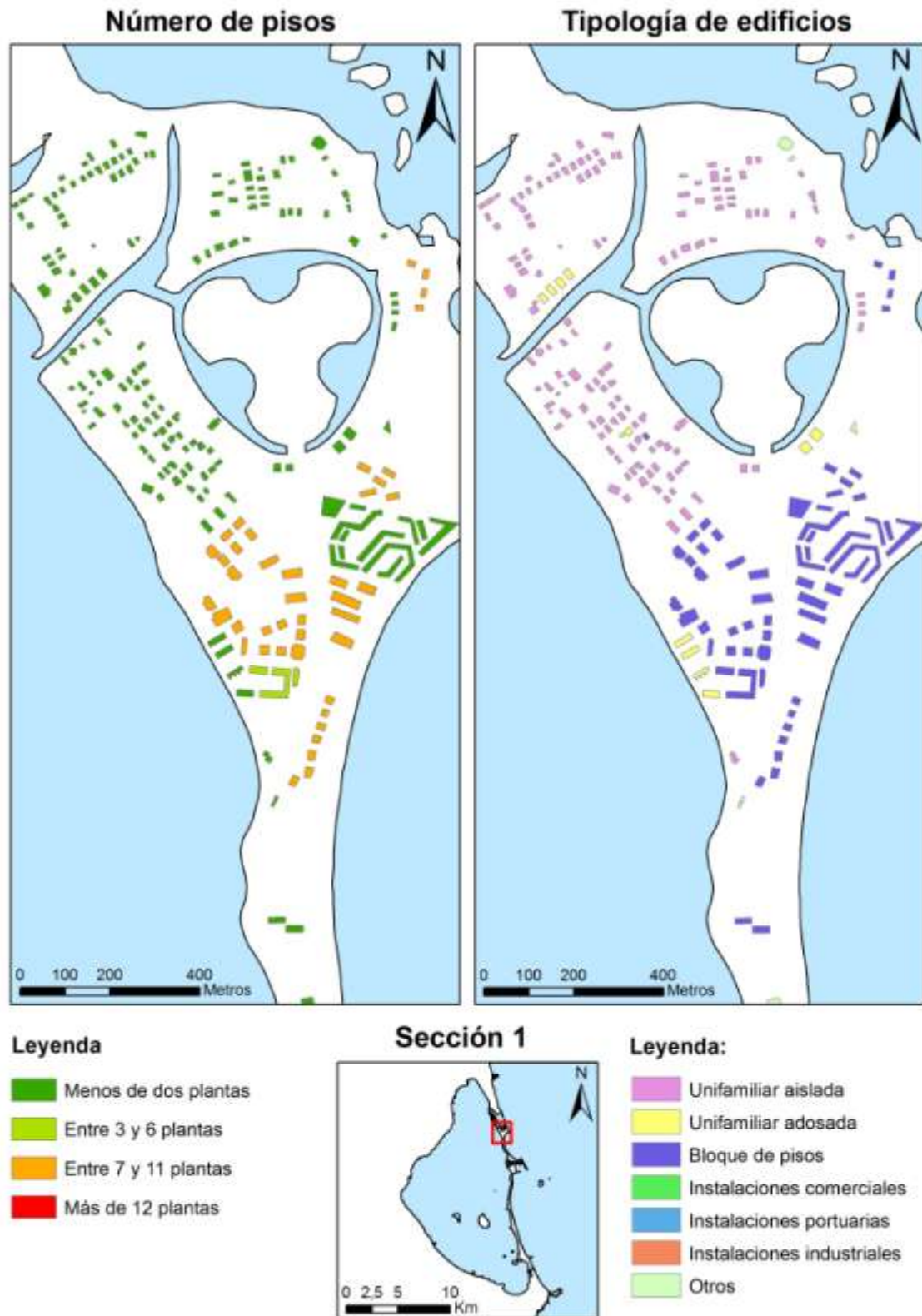


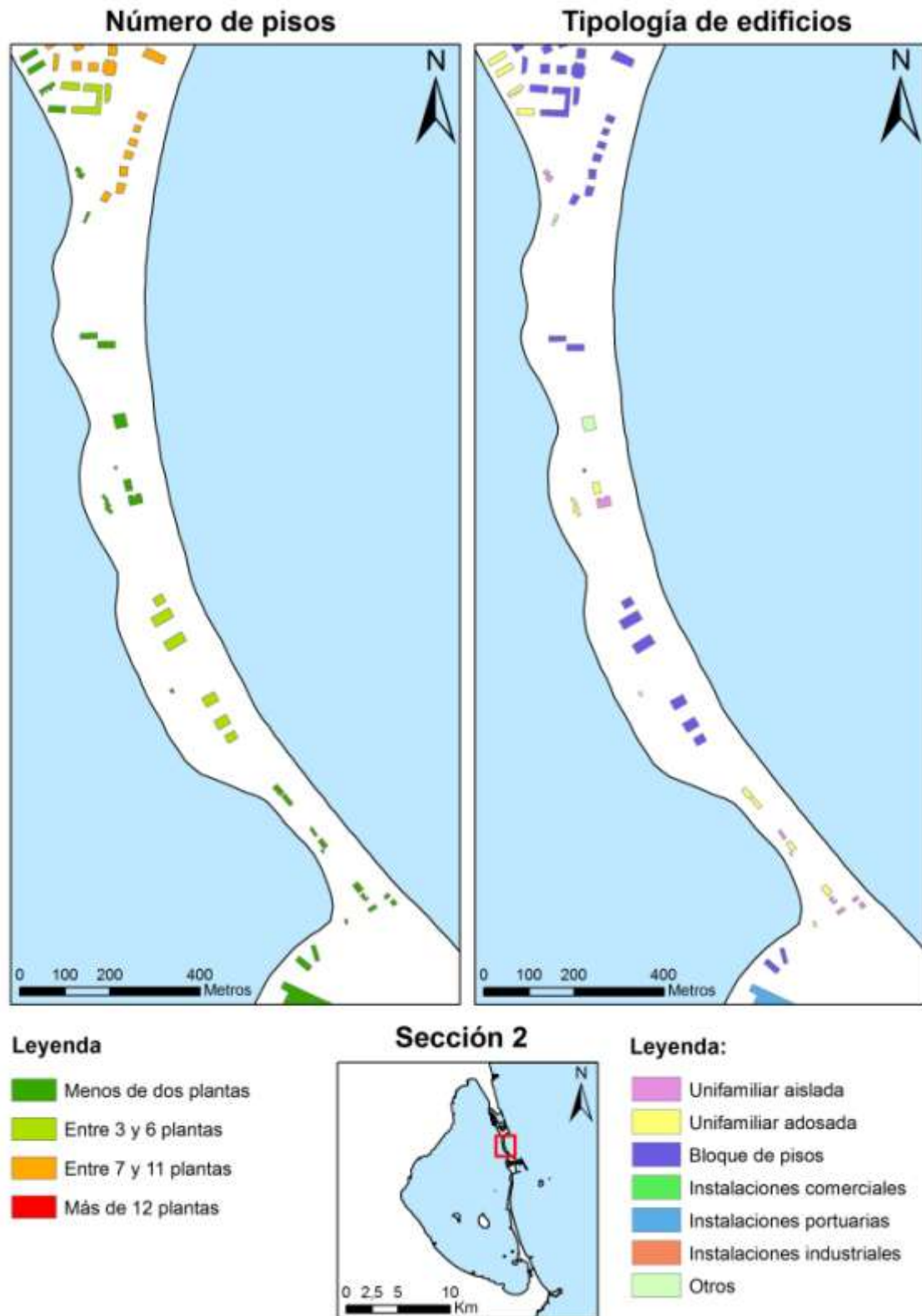
**Figura AII.9:** Ejecución de una viga collar en una construcción de adobe (Fuente: [www.  
http://imageshack.us](http://imageshack.us)).

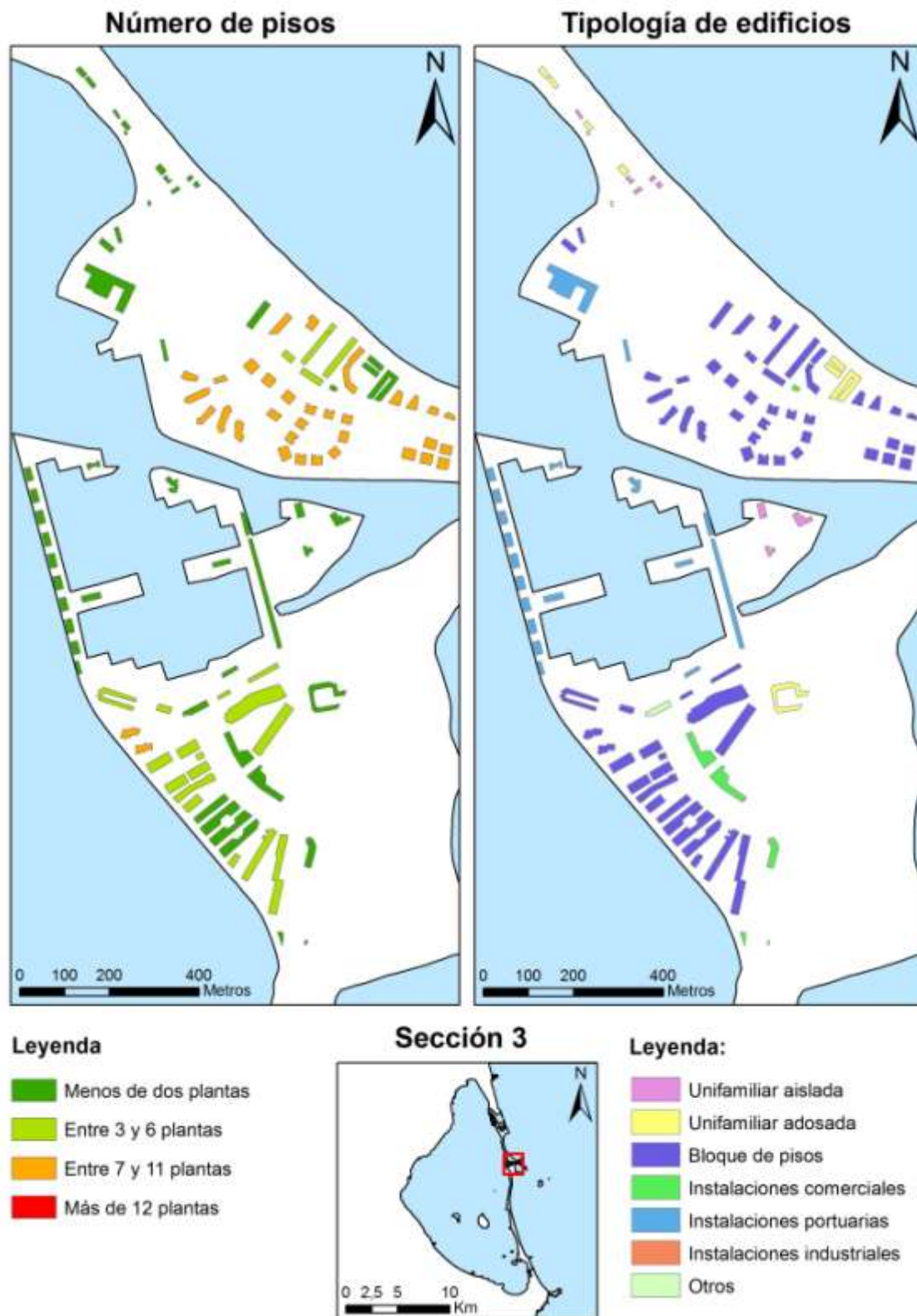


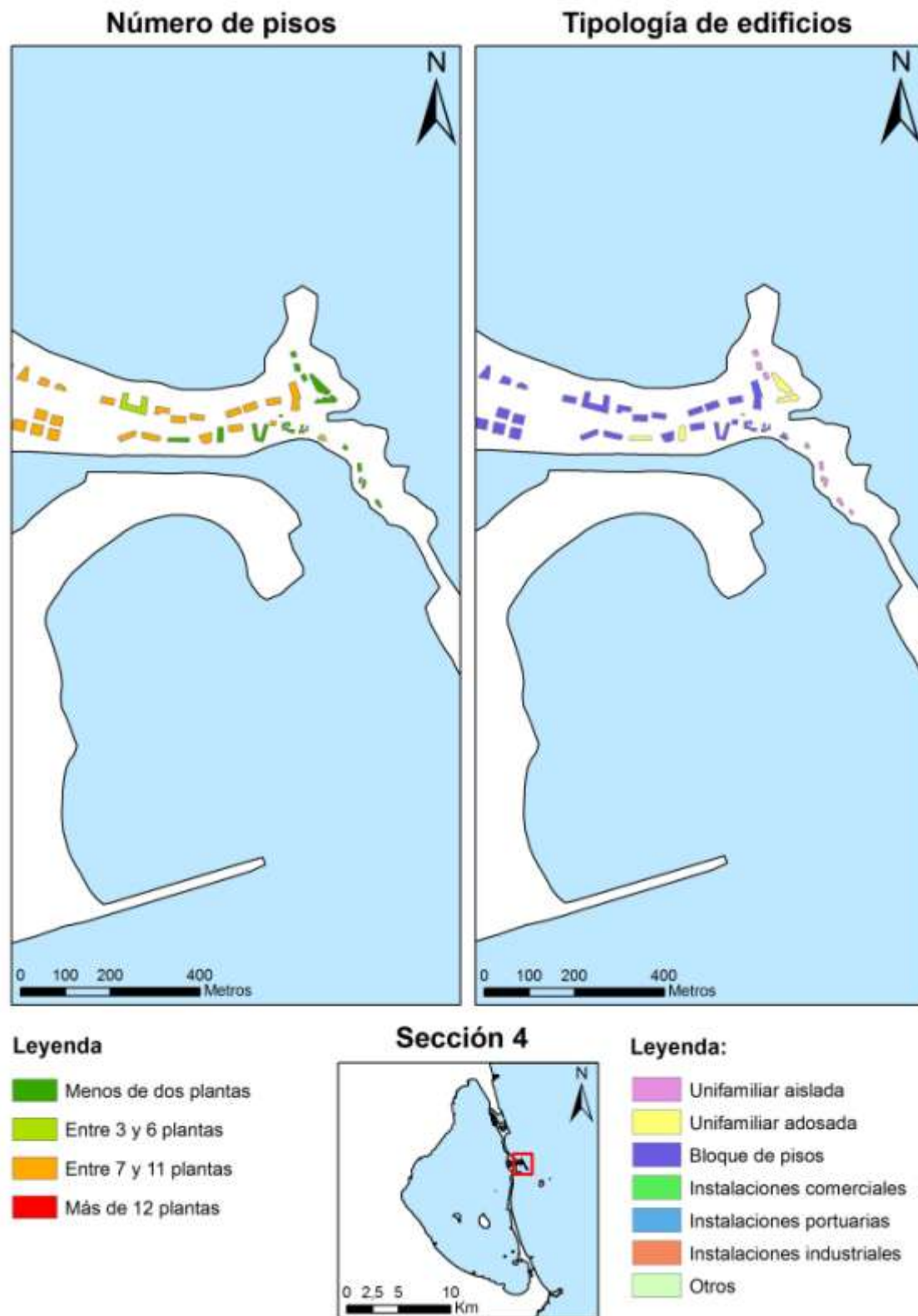
## Apéndice III: Imágenes de construcciones de La Manga reclasificadas según número de pisos y tipología.

---

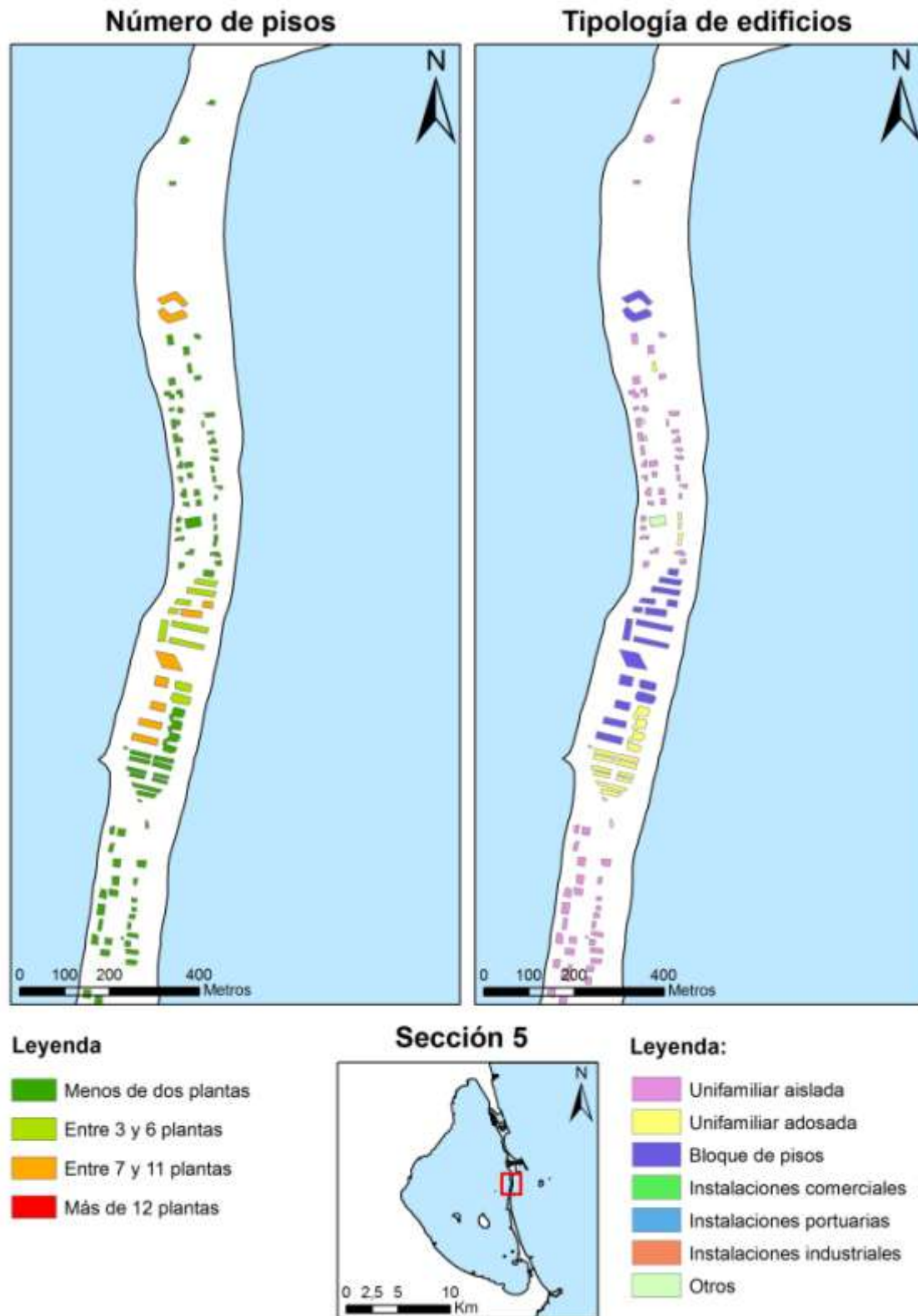


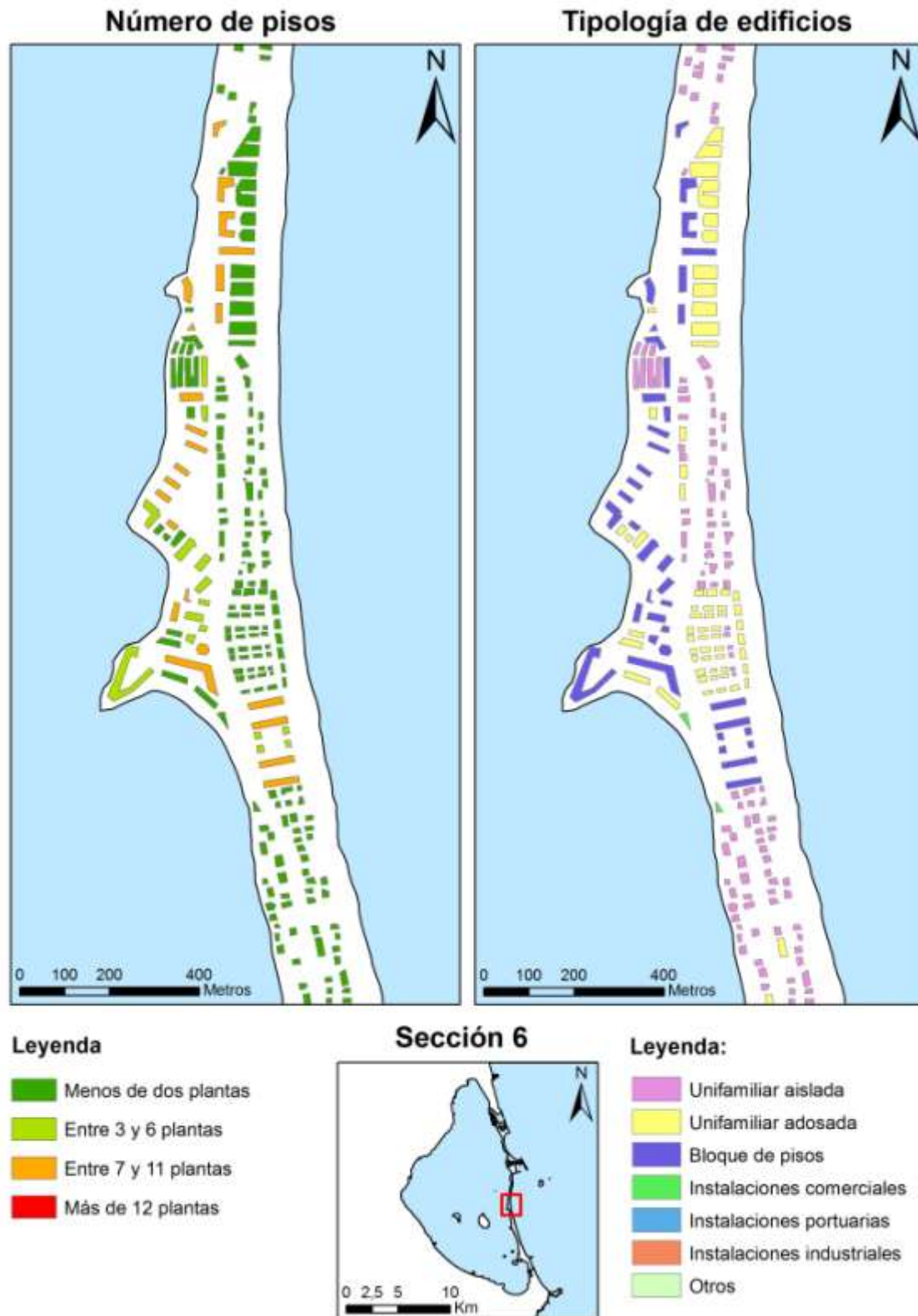


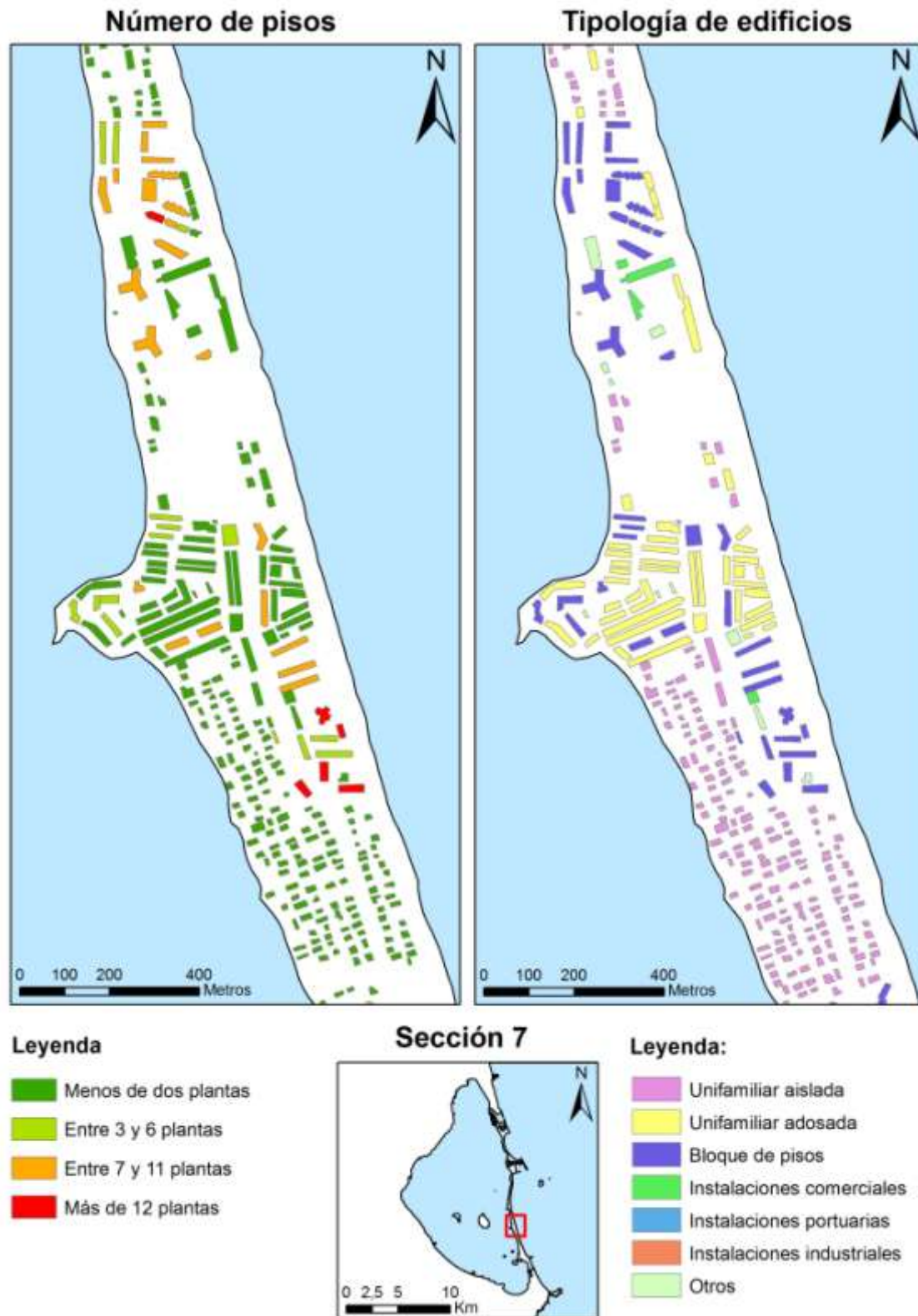




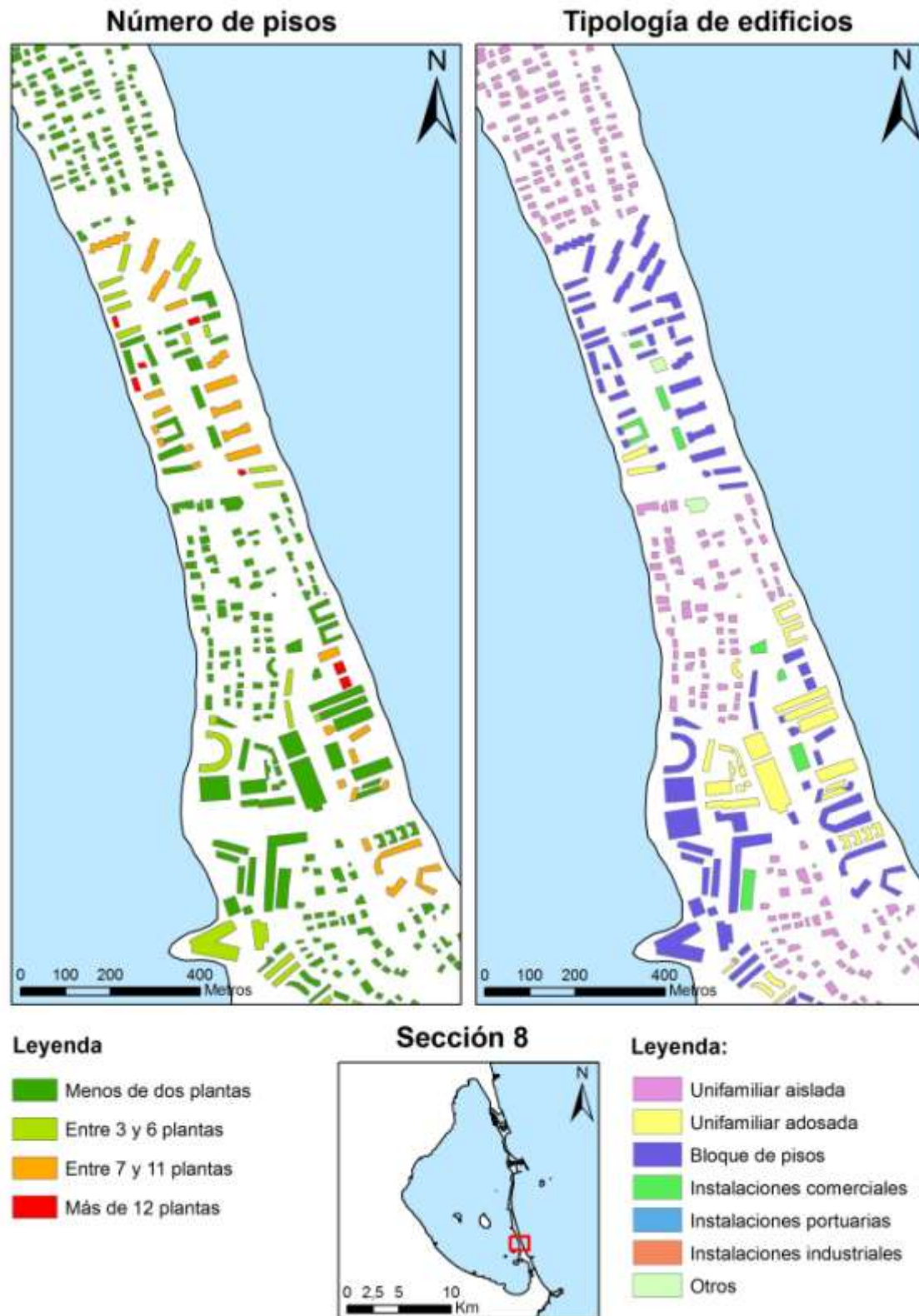


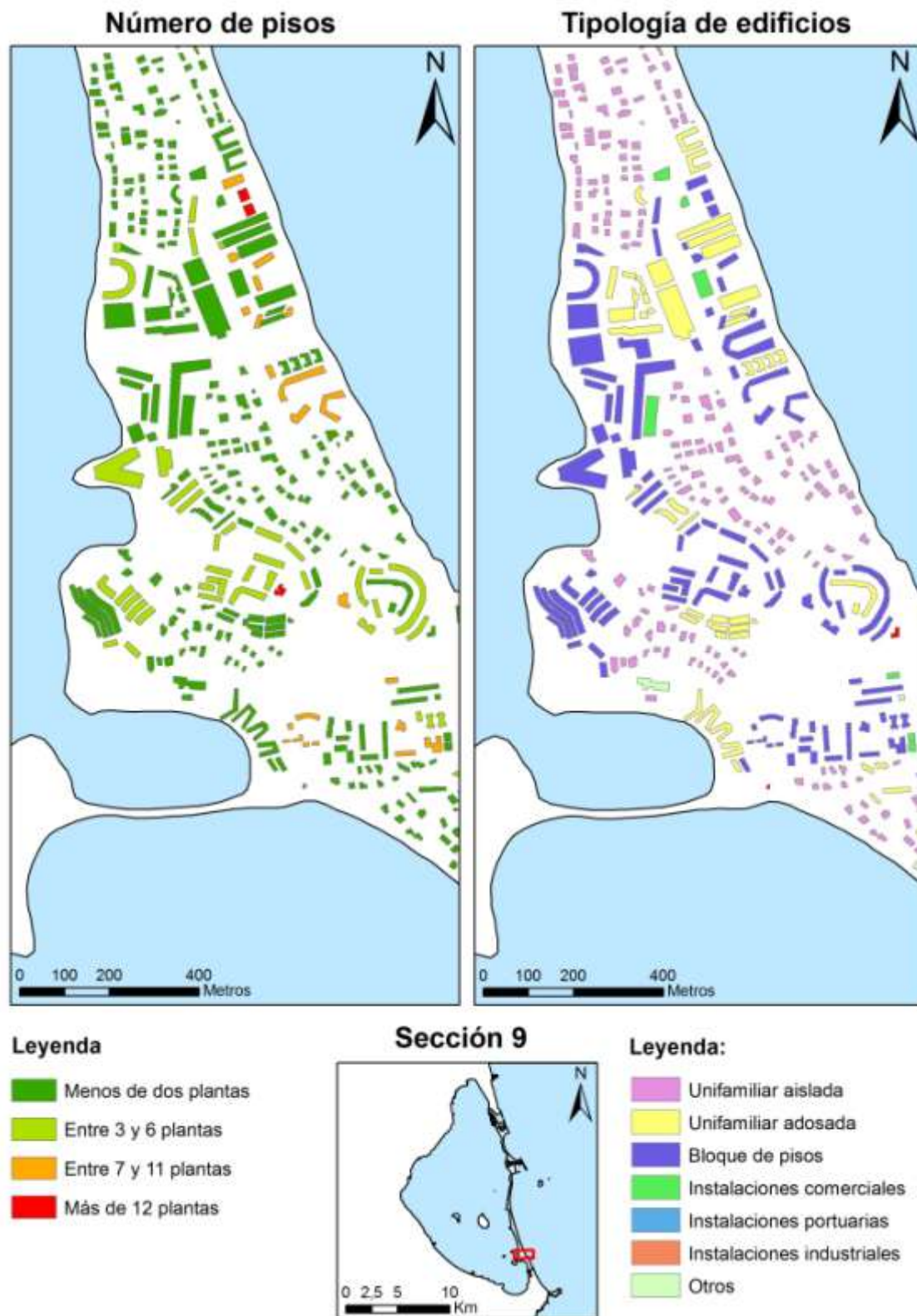






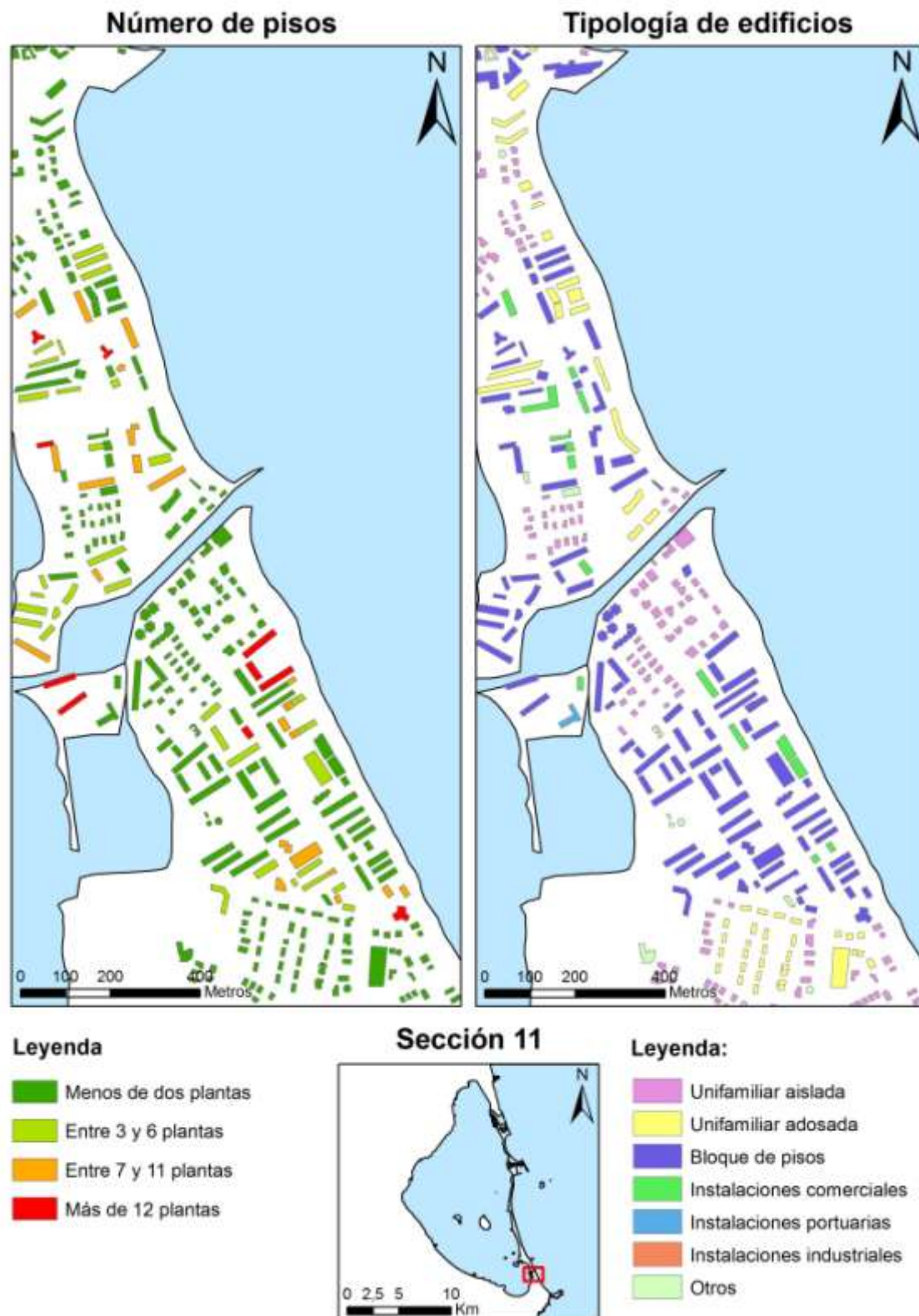












# Bibliografía

---

- **Referencia a publicaciones:**

Constantino Martínez Gallur, Miguel Esteve Selma, Mercedes Lloréns Pascual de Riquelme (2003). Los recursos naturales de la Región de Murcia: un análisis interdisciplinar. Universidad de Murcia. 236-416. ISBN: 84-8371-368-3.

Tomás Rodríguez Estrella (2009): El Mar Menor, estado actual del conocimiento científico. Capítulo II: El Mar Menor: Geología y sus relaciones con las aguas subterráneas del continente. Instituto Euromediterráneo del Agua. 51-80. ISBN: 978-84-936326-8-7.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2007): Primera aproximación para la concertación de un programa de acción en el área del Mar Menor. Diagnóstico previo de afecciones al Dominio Público y el Patrimonio Natural

Humberto da Cruz, M. Martínez Palao. J. Guirao Sánchez, A. M. Rodríguez Días-Regañón, I. Pérez Ibarra, L. de Entrambasaguas Monsell, F. Giménez Casaldueiro, P. Cartagena Rocamora, A. López Hernández (2003): Programa de Gestión Integrada del Litoral del Mar Menor y su zona de influencia, Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. 51-62.

Martín j. Lillo Carpio (1978): Geomorfología litoral del Mar Menor. 1-39.

Mas Hernández, (1996): El Mar Menor: Relaciones, diferencias y afinidades entre la laguna costera y el Mar Mediterráneo adyacente. Instituto Español de Oceanografía 7. ISBN: 84-491-0192-1

R. Aragón, J. Jimenez-Martínez, J.L García-Aróstegui, J. Hornero (2010): El Mar Menor, estado actual de conocimiento científico. Capítulo III: Hidrogeología y recursos hídricos subterráneos en el Campo de Cartagena – Mar Menor. Instituto Euromediterráneo del Agua. 83-105. ISBN: 978-84-936326-8-7.

Lázaro Marín Guirao, Augusto Cesar, Amaldo Marín, Ruben Vita (2005): Assessment of sediment metal contamination in the Mar Menor coastal lagoon (SE Spain): Metal distribution, toxicity, bioaccumulation and benthic community structure, Universidad Autónoma de Baja California, Mexico. 413-428

A. Pérez-Ruzafa, C. Marcos, I. M. Pérez-Ruzafa, J. D. Ros (1987: Evolución de las características ambientales y de los poblamientos del Mar Menor (Murcia, SE de España)

Juan Miguel Soria García, María Sahunquillo Llinares (2009): Lagunas litorales, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. ISBN: 978-84-491-0911-9.

J. Martínez, M.T. Pardo, F. Carreño, F. Robledano, M.A. Esteve: Deliverable D3: Synthesis Report – The Mar Menor Site. 1-12.

Khattabi, A. : Adaptation aux Changements Climatiques au Maroc. Projet ACCMA. Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé.

Mohamed Dakki, M. (2003) : Diagnostic Pour L'aménagement Des Zones Humides Du Nord-Est Du Maroc: 2. Sebkha Bou Areg (Lagune De Nador). Proyecto MedWetCoast.

F. Díaz del Olmo y F. Borja Barrera (1993): Ciclo Sotaniense-Rharbiense (Pleistoceno Superior-Holoceno). Secuencias comparadas entre el SW de España y el NE de Marruecos. Geogaceta, 14.

Amini T., Khattabi A., Ezzahiri M., Zine El Abidine A. (2008): Cartographie des groupements végétaux des sites : lagune de Nador, commune de Beni Chiker et commune de Boudinar. Projet ACCMA. Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé.

Amini T., Khattabi A. et Ezzahiri M.: Vulnérabilité des groupements végétaux de la lagune de Nador à l'élévation du niveau de la mer. Projet ACCMA. Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé.

Marchica Med (2007): Projet de développement de la lagune de Marchica.

Fisheries and Aquaculture Department (1991): Workshop on Lagoon Management, Nador – Morocco.

Khattabi A., Ezzahiri M., Rifai N., El Anzi R., Naji H., Soumaa A., Et Fernandez P. (2007): Analyse de la situation actuelle de la zone côtière de Nador: Milieu biophysique. Projet CAP Nador.

Mahjoubi R., Kamel S., El Moumni B., Noack Y., Parron C. (2003): Nature, origine et répartition de la phase argileuse de la lagune de Nador (Maroc Nord Oriental).

Ruiz F., Abad M., Olías M., Galán E., González I., Aguilá E., Hamoumi N., Pulido I., Cantano M. (2006): The present environmental scenario of the Nador Lagoon (Morocco). Environmental Research 102 (2006) 215–229.

Orbi A., Hilmi K., Idrissi J.L., Zizah S.: Lagoon Ecosystem Study Trough Two Cases: Oualidia (Atlantic) And Nador (Mediterranean) Morocco. Institut National de Recherche Halieutique, Casablanca, Morocco.

Elisabet Viladomíu (2003): ¿En qué consiste la edificación sostenible? Criterios constructivos y ambientales, Institut Cerdà.

Luis Antonio Lázaro: Bioconstrucción con pacas de paja, fundación ECOTOPIA.

María Figols González: Estudio e investigación sobre casas rurales de tierras.

Teresa López Montero (2010): Modelado de dinámica de dos lagunas litorales mediterráneas y propuesta de estrategias de gestión y mejora de su calidad ambiental, Universidad de Granada.

Marial Blonder, Gladys Villa García M., Svetlana Brzev (2003): Construcciones de adobe resistentes a los terremotos: Tutor, Pontifica Universidad Católica del Perú, British Columbia Institute of Technology.

Johnny Castro Patiño, Florian Krueger, Lucía Rocío Ramos Cuba (2009): Manual de Construcciones Sismorresistentes en Adobe Tecnología de Geomalla, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.

J. Kuroiva et al. (2007): Manual para la construcción de viviendas sismoresistentes, Ministerio Británico para el Desarrollo internacional

Reed, B. Coates, S. and Parry-Jones, S. (2007): Infrastructure for all: meeting the needs of both men and women in development projects : a practical guide for engineers, technicians and project managers. Loughborough, UK, WEDC. ISBN 978 1 84380 109 2

- **Información adicional:**

Instituto Nacional de Estadística: [www.ine.es](http://www.ine.es)

Instituto Geológico y Minero de España: [www.igme.es/internet/default.asp](http://www.igme.es/internet/default.asp)

Infraestructura de Datos Espaciales de Referencia de la Región de Murcia:  
[www.cartomur.com](http://www.cartomur.com)

Infraestructura de Datos Espaciales de España: [www.idee.es](http://www.idee.es)

Centro Regional de Estadística de Murcia: [www.carm.es/econet/](http://www.carm.es/econet/)

Puertos del Estado: [www.puertos.es](http://www.puertos.es)

Instituto Geográfico Nacional: [www.02.ign.es/ign/main/index.do](http://www.02.ign.es/ign/main/index.do)

[www.geoiberia.com](http://www.geoiberia.com)

[www.murciaturistica.es](http://www.murciaturistica.es)

Comunidad de regantes del Campo del Mar Menor: [www.crccar.org](http://www.crccar.org)

[www.sostenibilidad.com](http://www.sostenibilidad.com)

[www.sostenibilidad-es.org](http://www.sostenibilidad-es.org)

[portalsostenibilidad.upc.edu](http://portalsostenibilidad.upc.edu)

[www.ecoaldea.com](http://www.ecoaldea.com)

<http://calearth.org>

<http://www.adobebuilder.com>

<http://www.institutotierraycal.org>

<http://www.cienladrillos.com>

Cement Sustainability Initiative: [www.wbcscement.org](http://www.wbcscement.org)

[www.greenhomebuilding.com](http://www.greenhomebuilding.com)

[www.construmatica.com](http://www.construmatica.com)

[www.solidearth.co.nz](http://www.solidearth.co.nz)

[www.fineartamerica.com](http://www.fineartamerica.com)

[www.laconfuencia.com](http://www.laconfuencia.com)

<http://skepweaver.wordpress.com>

[www.faswall.com](http://www.faswall.com)

<http://homeinteriorandexteriorideas.com>

[www.solidearth.co.nz](http://www.solidearth.co.nz)

[www.fineartamerica.com](http://www.fineartamerica.com)



[www.laconfuencia.com](http://www.laconfuencia.com)

[www.empresaeficiente.com](http://www.empresaeficiente.com)

[www.ambientum.com](http://www.ambientum.com)

<http://imageshack.us>