

UNIVERSIDAD DE MURCIA FACULTAD DE LETRAS

Análisis y Evolución de las Playas de la Región de Murcia (1956-2013)

D. Antonio Daniel Ibarra Marinas 2016



Análisis y evolución de las playas de la Región de Murcia (1956-2013)

Antonio Daniel Ibarra Marinas Licenciado en Geografía

Memoria presentada para optar al grado de Doctor

Murcia, 2016



D. Francisco Belmonte Serrato, Doctor de universidad del Departamento de Geografía de la Universidad de Murcia,

AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada "Análisis y evolución de las playas de la Región de Murcia (1956-2013)", realizada por D. Antonio Daniel Ibarra Marinas, bajo mi dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 15 de Junio de 2016

Agradecimientos

La elaboración de una tesis trasciende al documento. Por este motivo debo agradecer los conocimientos adquiridos y el apoyo mostrado por mi director, Francisco Belmonte Serrato. Sin la confianza prestada por él y por María Asunción Romero, no habría podido llevar a cabo esta investigación.

Igualmente debo mostrar mi agradecimiento a los profesores del Departamento de Geografía de la Universidad de Murcia, en especial la ayuda prestada por Francisco Gomariz Castillo, imprescindible a la hora de solventar dudas, a Gustavo Alfonso Ballesteros Pelegrín, su apoyo en todo momento siempre me ha dado confianza.

En el día a día no me he encontrado solo en ningún momento, por este motivo quiero agradecer a mis compañeros del Laboratorio de Geografía Física de la Universidad de Murcia, Carlos Martínez Hernández, Alberto Martínez Salvador, Jose Rubio Iborra y Miguel Ángel Sánchez Sánchez, la ayuda prestada y los momentos compartidos. Ha sido un lujo haber contado con la ayuda de las alumnas internas del Grado de Geografía, Mari Carmen Romero López y Touria Dawahidi, que han entregado horas en el laboratorio por mí.

Debo mencionar las facilidades mostradas por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria. Agradezco la ayuda prestada por Pablo Fraile Jurado, de la Universidad de Sevilla, Augusto Pérez Alberti, de la Universidade de Santiago de Compostela, Miquel Mir Gual, de la Universitat de les Illes Balears, Emilia Guisado Pintado, de la Universidad Pablo Olavide de Sevilla, Javier Benavente de la Universidad de Cádiz y Jesús Martínez Frías de la Universidad Complutense de Madrid a Mauricio Schwarz y por supuesto a mi padre Antonio Ibarra Vasco, sus conocimientos de ingeniería me ayudaron a entender muchas cosas.

También me gustaría agradecer la paciencia y el apoyo mostrado al resto de mis amigos, a mi familia y a mi miska Gosia Miecielica.



ÍNDICE

F	Página
Resumen	. 7
Summary	8
Lista de acrónimos y símbolos	9
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 La importancia de las áreas costeras	15
1.2 Estructura de la tesis	16
1.3 Antecedentes y justificación	. 17
1.4 Objetivos	. 23
CAPITULO 2. MARCO CONCEPTUAL	25
2.1 Clasificación de las costas	27
2.2 Escalas espacio-temporales	27
2.2.1 Cambios a corto plazo	28
2.2.2 Cambios a medio plazo	29
2.2.4 Cambios a largo plazo	29
2.2.3 Cambios episódicos	29
2.3 Zonificación del litoral	30
2.3.1 Perfil de playa	30
2.3.2 Células de sedimentos litorales	32
2.3.3 Distribución de los sedimentos en las playas	32
2.3.4 Clasificación de las playas según su estado morfodinámico	33
2.3.4.1 Playas disipativas	33
2.3.4.2 Playas reflectantes	34
2.3.4.3 Playas intermedias	34
2.3.5 Tipos de rompientes de olas asociados	35

	Página
2.4 Transporte de sedimentos en las playas	. 38
2.4.1 Fuente de alimentación de sedimentos	. 38
2.4.2 Zona litoral activa	38
2.4.2.1 Subsistema marino	. 38
2.4.2.1 Subsistema eólico	. 39
2.5 Erosión costera	. 41
2.5.1 Componentes espacio-temporales de la erosión costera	44
2.5.2. Agentes de la erosión costera	. 45
2.5.2.1 Oleaje	. 45
2.5.2.2 Mareas	. 47
2.5.2.3 Surge Storms	. 48
2.6 Cambios de origen antrópico en el litoral y erosión costera	. 48
2.6.1 Obras marítimas	. 51
2.6.2 Degradación de los sistemas dunares	. 53
2.6.3 Degradación de la Posidonia oceánica	. 54
2.6.4 Cambios en las cuencas litorales	55
2.6.5 Cambio climático	58
2.7 Mitigación de los procesos erosivos en la costa	. 59
2.7.1 Actuaciones flexibles	59
2.7.2 Actuaciones rígidas	59
2.8 Gestión Integrada de Zonas Costeras (GIZC)	60
CAPITULO 3. ÁREA DE ESTUDIO	63
3.1 Medio físico	65
3.1.1 Características físicas del litoral de la Región de Murcia	65

	Página
3.1.1.1 Climatología del litoral de la Región de Murcia	. 70
3.1.1.2 Características generales de la dinámica litoral de la Región de Murcia	78
3.1.2 El litoral septentrional	81
3.1.2.1 El Mar Menor	81
3.1.2.2 La Manga del Mar Menor	84
3.1.3 El litoral meridional	85
3.1.3.1 El litoral de las sierras de Cartagena	85
3.1.3.2 Ensenada de Mazarrón	87
3.1.3.3 Litoral de las ramblas de Villalba, Pastrana y Ramonete	90
3.1.3.4 Marina de Cope y litoral de Águilas	92
3.1.4 Medio natural del litoral de la Región de Murcia	93
3.2 Medio socioeconómico	99
3.2.1. Poblamiento del litoral de la Región de Murcia	99
3.2.1.1 Área del Mar Menor	101
3.2.1.2 Cartagena	103
3.2.1.3 Mazarrón	105
3.2.1.4 Águilas	108
3.2.2 El turismo en el litoral de la Región de Murcia	110
3.3 GIZC en la Región de Murcia	112
3.3.1 Gestión Integrada del litoral del Mar Menor. CAMP Mar Menor, 2003	112
3.3.2 Grupo de Acción Local de la Pesca de Murcia, GALPEMUR	113
CAPITULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS	115
4.1 Cálculo de transporte longitudinal de sedimentos	117

	Página
4.6.1 Modelo del CERC	119
4.6.2 Modelo de Kamphuis	119
4.2 Cálculo de los estados morfodinámicos (EM) de las playas	120
4.3 Digitalización de la línea de costa	121
4.4 Tasas de cambio de la línea de costa	122
4.5 Definición de cuencas litorales	123
4.6 Digitalización de las ramblas litorales	124
4.7 Cálculo de profundidades activas	125
4.8 Cartografía de la zonificación de los perfiles de playa	126
4.8.1 Análisis de las obras para la defensa de litoral	127
4.9 Sedimentos aportados por la <i>Posidonia oceánica</i>	129
4.10 Cambios en los usos del suelo	130
4.11 Modelos estadísticos de cálculo de erosión	133
4.12 Cambios en el nivel del mar por efecto del cambio climático	135
CAPITULO 5. RESULTADOS	141
5.1. Definición de los sistemas litorales	143
5.2 Transporte longitudinal anual de sedimentos	146
5.3 Estados Modales de las playas de la Región de Murcia	154
5.4 Erosión costera	162
5.4.1 Sistema litoral norte	163
5.4.2 Sistema litoral de La Manga del Mar Menor	171
5.4.3 Sistema litoral Cabo de Palos-Cartagena	178
5.4.4 Sistema litoral Cartagena-Cabo Tiñoso	186
5.4.5 Sistema litoral de la Ensenada de Mazarrón	190

	Página
5.4.5.1 Playas situadas al este del Puerto de Mazarrón	192
5.4.5.2 Playas situadas al oeste del Puerto de Mazarrón	200
5.4.6 Sistema litoral de las ramblas de Villalba Pastrana y Ramonete	204
5.4.7 Sistema litoral de la Marina de Cope	211
5.4.8 Sistema litoral de Águilas	218
5.4.8.1 Playas situadas al este de Águilas	220
5.4.8.2 Playas urbanas de Águilas	223
5.4.8.3 Playas situadas al oeste de Águilas	226
5.5 Cambios en los usos del suelo	229
5.5.1 Efectos del turismo en el litoral norte y La Manga del Mar Menor	229
5.5.1.1 Impacto sobre las dunas del sistema litoral norte	229
5.5.1.2 Efecto de la urbanización de La Manga del Mar Menor	230
5.5.2 Cambios en los usos del suelo en las cuencas litorales de la Sierra de Cartagena-La Unión	233
5.5.3 Cambios en los usos del suelo en las cuencas meridionales de la Región de Murcia	235
5.5.3.1 Periodo 1956-1981	235
5.5.3.2. Periodo 1981-2013	235
5.6. Usos del suelo y erosión en las playas. Modelos estadísticos	243
5.6.1 Modelos de regresión simple	243
5.6.2 Modelos de regresión lineal múltiple	246
5.7 Aportes de sedimentos producidos por la Posidonia oceánica	250
5.8 Expectativas de subida del nivel del mar en el litoral de la Región de Murcia	252
CAPITULO 6. DISCUSIÓN	255

	Página
CAPITULO 7. CONCLUSIONES	259
CAPITULO 8. REFERENCIAS	263
Índice de tablas y figuras	305
ANEXOS	313

Resumen

Este trabajo ha desarrollado una metodología para el análisis de la dinámica litoral de las áreas costeras mediterráneas y el impacto que las actividades humanas pueden tener sobre ella.

El área litoral del sureste de la Región de Murcia ha experimentado importantes transformaciones desde mediados del siglo pasado. La evolución de la cobertura está principalmente relacionada con la evolución de los usos del suelo de una agricultura tradicional a una moderna. El análisis de los usos del suelo muestra importantes cambios con grandes diferencias espaciales y temporales. La mayor parte de la alimentación de las playas de la Región de Murcia procede de los aportes de las ramblas, por lo que los cambios en las cuencas asociadas a las áreas litorales tienen implicaciones directas en la costa.

Se han aplicado técnicas fotogramétricas para cuantificar la evolución de la línea de costa de la Región de Murcia. De esta manera se han podido comparar las tendencias, se han utilizado las áreas de las playas comprendidas entre el municipio de Águilas y el de San Pedro del Pinatar.

Una vez cuantificados la evolución tanto de los usos del suelo y las playas asociadas a las cuencas litorales, se han aplicado métodos estadísticos para el análisis del impacto de los cambios de origen antrópico.

Por otro lado, se han estudiado los estados morfodinámicos de las playas y se han definido las profundidades activas con el fin de analizar el impacto de las obras marítimas en el transporte de sedimentos. Esta parte del trabajo se ha completado con modelos de volúmenes de transporte longitudinal de material a lo largo de la costa.

Para obtener una aproximación del impacto del Cambio Climático sobre el nivel del mar, se ha aplicado un modelo regional para tres escenarios futuros.

Los resultados muestran que factores de origen antrópico, como los cambios usos del suelo de las cuencas litorales y las obras marítimas, influyen de manera directa en los cambios en la evolución de las playas.

Summary

This thesis has developed a methodology for analyzing the seaboard dynamics of the Mediterranean coastal areas and the impact that human activities can have on it.

The coastal area of South-Eastern Murcia has undergone major changes since the middle of the last century. The evolution of coverage is mainly related to the evolution of the land use from traditional to modern agriculture. The analysis of land use shows major changes with large spatial and temporal differences. Most of the food from the beaches of Murcia comes from the contributions of the ephemeral channels called "ramblas", so that changes in the watersheds associated with coastal areas have direct implications on the coast.

Photogrammetric techniques have been applied to quantify the evolution of the coastline of the Region of Murcia. Thus, it has been possible to compare trends, the areas of beaches used have been those that lay between the municipalities of Águilas and of San Pedro del Pinatar.

Once having quantified the evolution of both land use and the beaches associated to the coastal basins, statistical methods have been applied in order to analyze the impact of changes of anthropogenic origin.

On the other hand, the morphodynamic states of the beaches have been studied and the active depths have been defined in order to analyze the impact of maritime works in the transport of sediments. This part of the work has been completed using models of volumes of longitudinal transport of the material along the coast.

To achieve an estimate of the impact of climate change on the sea level, a regional model for three future scenarios has been implemented.

Results show that anthropogenic factors such as changes in land use on the

coastal basins and maritime works, have a direct influence on the changes in

the evolution of the beaches.

Lista de acrónimos y símbolos

AG: uso del suelo de láminas de agua

B: longitud de dique exento

BLS: barra longitudinal y seno

BMVE: bajamar media viva equinoccial

BPR: barra y playa rítmica

BSh: clima de estepa semiárido cálido según Köppen-Geiger

BSk: clima de estepa semiárido frío según Köppen-Geiger

BTCR: barra transversal y rip

 c_0 : celeridad de la ola en aguas profundas

CEOTMA: Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente

CEPYC: Centro de Estudios de Puertos y Costas

CERC: Coastal Engineering Research Center

D: estado modal disipativo

D₅₀: mediana del tamaño de grano

DGC: Dirección General de Costas

d_l: profundidad litoral

d_s: profundidad de shoal

9

EM: Estados Morfodinámicos de las playas

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

FO: uso del suelo forestal

FR: uso del suelo de frutal de regadío

FS: uso del suelo de frutal de secano

GALPEMUR: Grupo de Acción Local de la Pesca de Murcia

GIZC: Gestión Integrada de Zonas Costeras

H₁₂: altura de ola significante excedida doce horas al año en régimen medio

H_s: altura de ola significante

 H_{s0} : altura significante de la ola en aguas profundas

HWL: High Water Line

IMIDA: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario

IV: uso del suelo de invernadero o cultivo bajo plásticos

 K_r : Coeficiente de refracción

LIC: Lugar de Importancia Comunitaria

LIG: Lugar de Interés Geológico

MCO: Mínimos Cuadrados Ordinarios

MDE: Modelo Digital de Elevaciones

MHW: Mean High Water

MTN: Mapa Topográfico Nacional

NASA: National Aeronautics and Space Administration.

NMMG: Nivel Medio del Mar Global

NMML: Nivel Medio del Mar Local

OSTM: Ocean Surface Topography Mission

PMVE: pleamar media viva equinoccial

QTC: Quester Tangent Corporation

R: estado modal reflectante

RCP: Representative Concentration Pathway

REF: uso del suelo de reforestaciones

ROM: Recomendaciones para Obras Marítimas o portuarias

S: distancia del dique exento a la costa

 S_c : transporte de arena en m^3/s

SCIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation

SIG: Sistemas de Información Geográfica

SMC: Sistema de Modelado Costero

T: periodo del oleaje

TA: uso del suelo de tierra arable

TB: terraza bajamar

 T_z : periodo medio

URB: uso del suelo urbano

USACE: United States Army Corps of Engineers

WMS: Web Map Services

ZEPA: Zona Especial de Protección de Aves

ZEPIM: Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo

Δ: Tasa de cambio

 θ_b : Ángulo de los contornos de la profundidad y la cresta de la ola en la zona de rompientes

 μ : viscosidad dinámica del agua

 ho_s : densidad del sedimento

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La importancia de las zonas costeras

Las zonas costeras están situadas entre tres sistemas que son responsables de su formación: la atmósfera, el mar y la tierra. La interacción de estos tres sistemas hacen del litoral un sistema extremadamente dinámico, en el que se dan transferencias de material (Davidson-Arnott, 2010).

El litoral constituye uno de los ambientes más frágiles del hábitat terrestre donde se producen importantes problemas (Merlotto y Bértola, 2008), debido a las relaciones que se dan entre sus componentes naturales y socioeconómicos. La alta productividad de sus recursos (Kay y Alder, 1999), ha sido uno de los factores por el que en las áreas litorales se desarrollaron algunas de las primeras ciudades. Actualmente, una gran proporción de la población mundial se concentra en la zona costera, la mayor parte de las mayores ciudades del planeta están situadas en este ambiente. Además de que la densidad más alta de población se encuentra a menos de 5 km de la costa (Small y Nicholls, 2003). Se espera que la población residente en las grandes ciudades costeras, se incremente un 25 % en el año 2050 (Aerts et al., 2015). El atractivo de estas áreas está relacionado con el desarrollo de actividades muy específicas como la pesca, el transporte, la recreación, eliminación de residuos, refrigeración y agua potable. Por otro lado, el litoral es potencialmente una fuente de energías renovables (Tweddle, 2014), Las áreas costeras equivalen al 8% de la superficie terrestre, en cambio suponen el 25% de la productividad global (Kay y Alder, 1999). Muchas de estas actividades suponen una amenaza ambiental para los sistemas costeros debido a que la ocupación de la franja litoral se ha visto sujeta a usos contrapuestos (Lechuga 2002). Los cambios experimentados en la costa pueden romper el equilibrio de esta al alterar cualquiera de los diferentes factores que lo sostienen. La concepción de este ambiente como un área ilimitada de recursos (De Álava y Panario 1996) ha llevado a que se alcance un punto de transformaciones, que dificulte evitar la pérdida definitiva de los servicios ambientales de estos ecosistemas.

Las actividades ligadas a la costa son especialmente importantes en el Mediterráneo, que ha sido ocupado desde la antigüedad, siendo un mar clave en la historia de muchas civilizaciones.

España cuenta con cerca de 10.000 km de costa, donde el turismo de zonas litorales es una de las actividades industriales más importantes y rentables en todo el mundo (Klein *et al*, 2004), En torno al 50% de los turistas extranjeros y españoles tienen como destino principal la oferta de sol y playa de las costas peninsulares e insulares españolas (Belmonte Serrato *et al.*, 2011). La longitud de la costa en la Región de Murcia es de 274 km, incluyendo el Mar Menor, una laguna interior de agua salada.

1.2 Estructura de la tesis

En el presente apartado (Capítulo 1 Introducción) se presenta el trabajo y, principalmente, se exponen una serie de antecedentes de estudios relacionados con la dinámica litoral. El capítulo incluye los objetivos generales y específicos de la tesis.

El capítulo 2, Marco conceptual. Se dedica al análisis de los conceptos previos a la investigación. Es necesario este capítulo dada la gran cantidad de conceptos que se han de manejar para el desarrollo de este trabajo, especialmente los relacionados con la erosión costera.

En el Capitulo 3. Área de estudio: se ofrece una descripción de las características del litoral de la Región de Murcia. Esta sección comienza con las características del medio físico, fundamentales para esta tesis. Posteriormente, con la intención de terminar de justificar la importancia del litoral, se han desarrollado las características del medio socio-económico.

El Capítulo 4. Material y Métodos está dedicado a la descripción de los métodos y fuentes de información que han servido a la realización del trabajo. En primer lugar, se han presentado los métodos utilizados en el análisis de los cambios a corto plazo, relacionados con el transporte de sedimentos a lo largo del año y los estados modales. A partir de ahí se ha presentado la metodología relacionada con los cambios a largo plazo, indispensables en el análisis de la erosión costera.

Capitulo 5. Resultados: el capitulo expone los datos obtenidos a lo largo de la realización del trabajo. Se ha tratado, en la medida de lo posible seguir el orden de la metodología.

Capitulo 6. Discusión: en este capítulo se han tratado de comparar tanto los métodos empleados, como los resultados con trabajos similares. El objetivo de esta tesis, no ha sido sólo obtener resultados a nivel regional, por lo que resulta interesante relacionar los resultados con los de otros trabajos en áreas diferentes.

Capitulo 7. Conclusiones: en esta parte se señalan, de forma resumida, los aspectos más importantes obtenidos a partir del proceso del trabajo.

Capítulo 8. Referencias bibliográficas: la última sección de este trabajo en este recoge las fuentes de información citadas.

1.3 Antecedentes y justificación

Debido a la complejidad de la costa, el interés científico por ella se ha desarrollado desde multitud de puntos de vista y a través de diferentes disciplinas. La investigación de los procesos costeros como tal se inició en el siglo XIX con algunas publicaciones de Darwin sobre islas barrera y arrecifes. Como fuentes de investigación los libros de D.W Johnson (Johnson, 1919 y 1925) a cerca de las costas de los Estados Unidos, proporcionan importantes enfoques anteriores a los años 50, pero es a partir de mediados del S.XX cunado los estudios de los procesos costeros crecen rápidamente.

Hasta finales de la década de los 50, los conocimientos científicos que se tenían sobre las playas eran empíricos, basados en las observaciones realizadas por físicos y geólogos. En esa época, y gracias al trabajo de algunos ingenieros de costas (Bruun, 1954; Silverter, 1960; Dean, 1977), se propusieron formulaciones empíricas que permitían una primera aproximación a las formas de equilibrio (Medina $et\ al.$, 2001). Destaca la aportación del número de Iribarren I_r (Iribarren y Norales, 1949), parámetro adimensional que se utiliza para modelar varios efectos del oleaje en las playas y las estructuras costeras.

En los años 50 destaca la primera edición del libro de Cuchlaine King, Beaches and Coast (King, 1959) y en la siguiente década los de Willard Bascom (1964) y las traducciones de literatura soviética (Zenkovitch, 1967).

A partir de los años 70, los procesos costeros son analizados desde una gran variedad de perspectivas. El U.S. Army Corps of Engineers lanzó el Coastal Engineering Manual sobre los procesos físicos que actúan en la dinámica litoral, especialmente sobre olas y transporte de sedimentos y aplicaciones en ingeniería. La última edición del manual se publicó en 1984. La publicación de Jack Davies Geographical Variation in Coastal Development (Davies, 1972) de carácter multidisciplinar, en el que establece las relaciones entre los procesos costeros, su evolución y el clima. A finales de esta década, se establecieron los principios básicos de los procesos que gobiernan la morfodinámica (Bowen, 1969; Longuet Higgins 1970), con el descubrimiento de los flujos medios asociados al oleaje que alcanza a una playa.

La investigación de la dinámica litoral cobra especial importancia a partir de la década de los 80 del Siglo XX. Los estudios abarcan la geomorfología (Pethick, 1984), el medio ambiente costero (Carter, 1988). Hallermeier (1981), modeliza las profundidades activas. Entre los libros destacan: *Coastal Sedimentary Environments* (Davis, 1984), en el que se realiza un análisis de la sedimentación en estuarios y deltas, y *Coastal Environment* (Carter, 1988).

A partir de los años 90, el uso de la fotogrametría tiene gran importancia (Anders, 1991) McLahan y Hesp entre otros, aunque estas ya eran comunes en los años 80 (Dolan *et al.*, 1980). En Australia, con los estudio de Short (1999). En Japón y los países costeros de Europa existe también una importante tradición en cuanto al estudio del fenómeno de la erosión costera (Horikawa, 1988; Charlier y De Meyer, 1998; Silvestre y Hsu, 1993). A lo largo de la última década del S.XX, Turner publica varios artículos relacionados con las características del sedimento de las playas (1995) y con Nielsen (1997), sobre la saturación de estos, debido a la infiltración. Masselink y Turner (1998) han realizado multitud de estudios relacionados con las playas sus sedimentos y sus respuestas a las mareas (1993). Los datos socioeconómicos son incluidos para los análisis de vulnerabilidad (Gornitz, 1990).

Existen bastantes libros relacionados principalmente con los procesos geomorfológicos en los años 90: Coastal Evolution (Woodroffe, 1994) y Coastal Geomorphology (Bird, 2000) en los que se abordan cambios de línea de costa en todo el mundo; Trenhaile (1997); Beach Processes and Sedimentation (Komar, 1998) que realiza un análisis geológico de las playas; Moore (1982) establece relaciones empíricas entre los estados de equilibrio de las playas y el tamaño de sedimento y Wellinga (1983) añade a esas relaciones el efecto de la altura de ola significante. Andrew Short en Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics (Short, 1999a) analiza multitud de cuestiones relativas a la geografía costera. Coast: Form, Process and Evolution (Woodroffe, 2002) se analiza la geomorfología costera. El análisis de las relaciones entre la geomorfología y la dinámica litoral es ampliamente estudiado, además, por autores como Tsuquo Sunamura y Alan Trenhaile que analizan las costas rocosas en dos libros que comparten título: Geomorphology of Rocky Coast (Trenhaile, 1987), (Sunamura, 1992); Beaches and Dunes of developed, relaciona las costas dunares y la acción del hombre analizando los cambios que produce la acción antrópica en ellas (Nordstrom, 2000); la aplicación en ingeniería se puede encontrar en libros como Introduction to Coastal Engineering (kamphuis, 2000) y los libros An Introduction to Coastal Geomorphology (Pethick, 1984), Coastal Dynamics and Landforms (Trenhaile, 1997), Introduction to Coastal Processes and Geomorphology (Masselink y Hughes, 2003) y Beaches and Coasts (Davis y Fitzgerald, 2004) establecen mediante contenidos asequibles una introducción a los procesos litorales.

A partir del año 2000, Elizabeth H. Boak y Ian L. Turner (2005) estudian la determinación y la precisión de la línea de costa, entre las herramientas utilizadas se incluyen sensores, vídeos y fotografías aéreas. En la actualidad existen diferentes trabajos relacionados con los procesos costeros. La temática es muy diversa: oleaje (Didenkulova, 2006), Van Rijn relaciona los indicadores de la erosión (2010), Miller y Dean (2004) los modelos de la línea de costa. La importancia del cambio climático, se ve reflejada en muchos estudios de autores como Rahmstor que realiza aproximaciones del nivel del mar según distintos escenarios; Titus y Anderson (2009), que calculan la sensibilidad de

los cambios del nivel del mar en la costa o Aerts (2014), que evalúa la resiliencia de las ciudades de las áreas litorales.

Las revistas relacionadas con los procesos costeros son herramientas imprescindibles. La mayor parte de las revistas están disponibles en línea ofreciendo incluso números relativamente antiguos. *Journal of Coastal Research* ofrece una gran cantidad de publicaciones relacionadas con la física, la biología, la geología marina y la gestión de las costas. Los estudios publicados en esta revista analizan costas de todo el mundo. *Marine Geology, Continental Shelf Research, Coastal Engineering y Journal of Estuarine, Coastal and Shelf Science, Marine Geology, Continental Shelf Research, Coastal Engineering, Coastal of Estuarine, Coastal and Shelf Science y Landforms son también importantes revistas científicas relacionadas con la dinámica costera. <i>Geomorphology, Earth Surface Processes, Progress in Physical Geography, Annual Review of Fluid Mechanics y Annual Review of Earth and Planetary* publican frecuentemente trabajos sobre dinámica litoral.

Algunos hechos han influido en el interés de los procesos costeros en España, particularmente en los relacionados con la erosión. El Delta del Ebro comenzó a estar afectado por la disminución de aporte sedimentario desde principios de los 70, por la construcción de varios embalses. Ya desde esa década cabe destacar las publicaciones de Eulalia Sanjaume.

A finales de los años 80 se recogen trabajos relacionados con el nivel del mar (Pardo Pascual, 1989).

En los años 90 se desarrollan nuevas herramientas que van a facilitar los estudios costeros. Ojeda Zujar (1988) fue uno de los pioneros en aplicar la teledetección a los estudios de dinámica litoral. Entre los trabajos de sedimentación y perfiles, destacan Jiménez y Sánchez-Arcilla (1993) y posteriormente Bernabéu (1999) que, desarrollando los modelos de Inman (1993), estudia la relación del equilibrio y los perfiles de playa. La geomorfología de la costa está también representada en varios artículos (Pérez Alberti y Blanco-Chao, 1996; Anfuso *et al*, 2001).

En las últimas décadas, las publicaciones han aumentado de manera similar a los enfoques, cada vez más originales. La geomorfología costera se aplica a la arqueología (Blanco-Chao *et al.*, 2015), se analiza la erosión costera desde la vulnerabilidad (Domínguez *et al.*, 2007) y los aportes que pueden retener las fanerógamas mediterráneas (Gracia y Duarte, 2001).

Los trabajos relacionados con la línea de costa son muy variados. Pérez Alberti ha realizado diferentes trabajos en los que analiza las costas rocosas de Galicia (Pérez Alberti, 2013).

Los problemas de erosión del Delta del Ebro, son analizados por varios autores Fatorić y Chelleri (2012) analizan los problemas de erosión costera, relacionándolos con el cambio climático y su influencia en la salinización de las tierras de cultivo.

Actualmente existen muchas líneas de investigación abiertas. Las imágenes digitales han mejorado y son acompañadas por otras técnicas (Sánchez-Tembleque, 2015). El estudio de los eventos marinos históricos (Alonso Villalobos *et al.*, 2015) y la geología marina (Rodríguez Vidal,) los estudios geomorfológicos del cuaternario (Zazo *et al.*, 2005) o los relacionados con la sedimentación en las playas de distinta pendiente (Anfuso, 2005).

Existen muchos trabajos sobre los campos dunares, las técnicas de análisis para la relación playa-duna (Pardo Pascual *et al.*, 2005). En el estudio de las dunas destacan las publicaciones de Miquel Mir Gual en las que analiza, entre otras cosas, la fragmentación de las costas arenosas (Mir-Gual *et al.*, 2011) y los fenómenos de *blowout* en los campos dunares (Mir-Gual *et al.*, 2012).

La Gestión Integral de Zonas Costeras es uno de los temas más recurrentes relacionados con la dinámica litoral, ya que integra una visión pluridisciplinar con el objetivo de establecer estrategias, que es abordado por diferentes autores en el Mediterráneo (Malvárez *et al.*, 2015).

Dentro del modelado costero, en España destacan varios investigadores como Raúl Medina, que además ha realizado multitud de estudios de planificación, morfodinámica y modelización (Medina y Méndez, 2006) y Martínez Sánchez,

que estudia la evolución de la costa a partir del equilibrio de playas (Martínez Sánchez, 2013).

En relación al estudio de la morfodinámica, basada en el estudio de parámetros relacionados con el oleaje y los sedimentos de las playas, hay que subrayar el trabajo de Emilia Guisado Pintado y Gonzalo Malvárez García (2015) que han realizado trabajos muy relevantes con modelos de propagación de oleaje (Guisado Pintado *et al.*, 2013).

Entre los congresos relacionados con el litoral en España, destacan las Jornadas de Geomorfología Litoral donde se presentan trabajos que promueven una visión integrada de los procesos marinos, costeros y terrestres relacionados con la geomorfología litoral y que favorecen el intercambio de conocimiento. La última edición se celebró en Marbella (Málaga) y fue la 8ª de esta reunión anual. Este congreso aborda temas como la oceanografía, la morfología litoral procesos litorales, los acantilados, los campos eólicos dunares, las playas, los estuarios, las técnicas para la investigación costera, las respuestas por el ascenso del nivel del mar, las modificaciones antrópicas en el litoral, el patrimonio costero y la gestión del ámbito costero.

La Región de Murcia, y en general, el sureste de la Península Ibérica, es una de las áreas con menos trabajos de dinámica litoral y erosión costera disponibles. Relacionados con la costa de Almería, se encuentran los trabajos de Alfonso Viciana Martínez-Lage (2001) analiza la erosión costera desde los años 50 hasta el final del S.XX, el de Espinosa Montero y Rodríguez Santalla (2009), un análisis de la línea de costa de un sector litoral de la provincia y los relacionados con la evolución de la geomorfología costera (Dabrio *et al.*, 1984). Aragonés Pomares (2015) recoge en su tesis los procesos litorales de Alicante y Valencia.

Los trabajos relacionados con la dinámica litoral comienzan en la década de los 70, destaca el trabajo del litoral del Puerto de Mazarrón de (Sanjaume y Rossello, 1975). A partir de los años 80, se publican diferentes trabajos sobre el Mar Menor, estos estudios comienzan con el análisis y la descripción de la geomorfología litoral contemplados en la tesis de Lillo Carpio (1979), titulada

"Geomorfología litoral del Mar Menor y del Bajo Segura". Esta tesis recoge aspectos geológicos, climáticos, hidrológicos y antrópicos. En ella, destaca el análisis de la formación de la manga. Lillo Carpio, es el investigador con más trabajos relacionados con geomorfología costera de la Región de Murcia. La Ensenada de Mazarrón es una de las áreas de estudio más recurrentes, dentro del litoral de la Región de Murcia (Dabrio et al., 1981). También lo es el Mar Menor: De Arévalo (1988) analiza el intercambio de agua entre la laguna y el Mediterráneo. El interés por la laguna da lugar a diferentes trabajos entre los que destacan el de Mas Hernández (1996), enfocado en los aspectos biológicos del Mar Menor, realiza una amplia descripción de su formación, López Castejón y Gilabert Cervera (2012) realizan estudios de nivel del mar en el litoral mediterráneo de La Manga. Los trabajos más recientes de erosión costera de la Región de Murcia son los realizados en el área del Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar (Ballesteros Pelegrín, 2013) y los relacionados con el efecto de los cambios de los usos del suelo agrícola, de las cuencas de las ramblas que aportan sedimentos al litoral (Belmonte Serrato et al., 2011; 2013).

1.4 Objetivos

Objetivo general

El objetivo principal de este trabajo es analizar los elementos que intervienen en la dinámica litoral de las áreas mediterráneas semiáridas, sobre todo partiendo de la hipótesis de que la relación de los factores de origen antrópico, tanto los usos del suelo de las cuencas litorales como las obras marítimas, influyen de manera directa con los cambios en la evolución de las playas.

Objetivos específicos

- Calcular la erosión-acreción de las playas de la región de Murcia en el periodo 1956-2013.
- Definir una metodología para la cartografía de las profundidades activas donde se produce el transporte litoral de los sedimentos.

- Comparar el funcionamiento de los diferentes sistemas del área de estudio.
- Clasificar las playas de la Región de Murcia según el transporte de sedimentos y su estado morfodinámico.
- Analizar las posibles tendencias de los cambios locales en el nivel del mar, y
- Establecer una metodología para la aproximación de los volúmenes de sedimento aportados por la *Posidonia oceánica* a las playas mediterráneas.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Clasificación de las costas

La primera y más sencilla clasificación divide las costas entre rocosas y arenosas. Los cambios en las costas rocosas son muy lentos a escala temporal humana, mientras que las costas arenosas (playas) cambian con gran facilidad. Las playas son acumulaciones de sedimentos no consolidados en zonas costeras sujetas a la acumulación y a la erosión por el efecto de de olas y las corrientes (Hattersley y Foster, 1968).

Otra sencilla forma de clasificación está relacionada con los cambios en los niveles anteriores del nivel del mar. De esta manera, una costa emergente es una costa que ha experimentado un descenso del nivel por efectos relacionados con el cambio de nivel del mar global o elevaciones locales y un litoral sumergido es aquel en el que el nivel del mar ha aumentado, por causa de cambios globales del nivel del mar, subsidencia local o equilibrios isostáticos.

Según la estructura geológica, una costa es concordante cuando las bandas de diferentes tipos de rocas se disponen de forma paralela y la tendencia de la erosión es la formación de Cabos y bahías, según el grado de resistencia. En cambio, en las costas discordantes la disposición es perpendicular. Rías y fiordos son algunas de las formas de relieve propios de este tipo de costas.

2.2 Escalas espacio-temporales

El estudio de los procesos costeros, requiere explicar los diferentes tipos de formas y comprender sus factores y mecanismos (Bird, 2000), que se estudian a diferentes escalas temporales (Figura 2.1). La determinación del tamaño de la escala temporal y espacial depende de los intereses que se persigan y de los procesos que intervengan, ya que un mismo fenómeno puede actuar de diferente forma en un proceso en función de la escala a la que se mida. Los agentes cuya escala de acción es pequeña respecto a la escala de estudio, se consideran como ruido y tendrán un efecto residual en el proceso (Sánchez-Arcilla, 1994). Cuando la escala de los agentes y los procesos es similar y están relacionados con la escala de estudio, se producirá la interacción

dinámica, y los agentes se verán incluidos, actuando como componentes de los procesos. Por último, cuando la escala de estudio es menor que la del proceso este actuará como una condición de contorno (Jiménez y Sánchez-Arcilla, 1993).

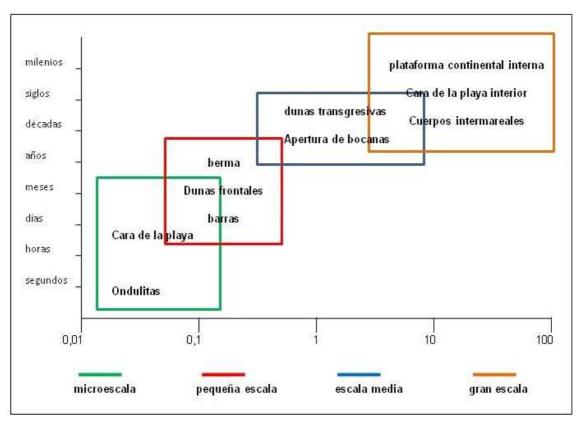


Figura 2.1 Caracterización espacio-temporal de las escalas de cambio en la geomorfología costera. Fuente: elaboración propia a partir de Cowell y Thorn (1994).

Conocer la escala de los cambios que ocurren en la costa es cada vez más importante para manejar los recursos costeros de una manera sostenible (Woodroffe, 2002). Para ello, existen distintos dominios espacio-temporales (micro, meso y macro) que hacen referencia a la prevalencia de determinados grupos de procesos de interacción en cada escala, siendo los principales responsables de los cambios que en ellas se producen (Wright y Thom, 1977; Wright et al., 1985).

2.2.1 Cambios a corto plazo

El dominio *micro* se refiere a los procesos cuya duración oscila entre unas pocas horas (Lippmann y Holman, 1990) y algunos meses actuando sobre ámbitos espaciales muy determinados (una playa –o parte de ella—, unas

dunas, un acantilado, etc.). Los cambios se experimentan en las zonas más activas, siendo el viento y el oleaje los agentes dominantes. Los ciclos de verano e invierno y las tormentas son factores naturales que producen cambios en la línea de costa a corto plazo. Se han observado ciclos estaciónales tanto en los balances sedimentarios como en la morfología de las playas, y ciclos menores originados por tormentas episódicas que se superponen a los anteriores (Isla 1990).

2.2.2 Cambios a medio plazo

Los cambios afectan a tramos costeros con una escala espacial que puede medirse en kilómetros y una escala temporal de varios años. Los agentes principales son el oleaje y el aporte sedimentario de los cauces (ríos, ramblas y barrancos). El dominio *meso* se establece para periodos temporales que oscilan entre algunos meses y algún siglo y espacialmente queda referido a áreas bastante amplias. Dentro de ellas se establecen ya flujos de energía y de materia. Este dominio puede quedar definido por las células sedimentarias litorales.

2.2.3 Cambios a largo plazo

Por lo que respecta a su escala espacial, el dominio macro no solo abarcará a las distintas unidades sedimentariamente conectadas por los procesos costeros, sino que se abrirá a ámbitos regionales mucho más amplios y, en algunos casos, tenderá a fenómenos de escala global. Dentro de este dominio se incluirían todos los trabajos referidos a la evolución cuaternaria de la costa (Pardo y Santjaume, 2001). Los agentes que producen los procesos varían desde el aporte de sedimentos por parte de ríos, hasta las variaciones del nivel del mar (Bruun, 1962).

2.2.4 Cambios episódicos

Jiménez *et al.* (1993), establece un dominio más de jerarquización, los cambios episódicos, originados durante la acción de agentes altamente energéticos, con un periodo de retorno largo y que provocan alguna transformación. Por la

naturaleza aleatoria de los agentes que intervienen, estos cambios no tienen una escala temporal definida.

Los cambios en la línea de costa están afectados por multitud de procesos complejos de operación en diversas escalas de espacio y tiempo (Miller y Dean, 2004). Los cambios estacionales pueden estudiarse en escalas de años, mientras que un enfoque de décadas será útil para estudios de erosión costera.

2.3 Zonificación del litoral

2.3.1 Perfil de playa

La zonificación permite la diferenciación espacial de áreas geográficas. Se basa en la definición de criterios desde distintas perspectivas, una herramienta útil para la planificación de espacios. En el litoral ha sido utilizada desde distintas perspectivas, como en la Gestión Integral de Zonas Costeras o la capacidad de carga turística, así como en las propuestas de áreas marinas protegidas. (Varghesea *et al*, 2008).

El perfil de playa (Figura. 2.2) se puede clasificar de la siguiente forma (Komar, 1998):

- Backshore: se trata de la zona de perfil de la playa ubicada entre la pendiente del foreshore hasta el punto en donde se asienta la vegetación o existe un cambio fisiográfico como la presencia de dunas o un acantilado. En condiciones normales es seco, aunque se puede exponer al oleaje en casos extremos.
- Beachface: se desarrolla a lo largo del perfil de la pendiente bajo la primera berma.
- Foreshore: parte de la playa que se encuentra entre los límites de las mareas bajas y las altas. Puede coincidir con el *beachface* o bien contener algo de la porción plana del perfil de playa.
- Berm (Berma): depósito de sedimento situado en la playa que presenta una sección triangular que comienza en la pendiente del beach face que a partir de

la zona superior, desciende suavemente hacia tierra o queda coronada por una forma plana conocida como *berm top* .

- *Inshore*: la zona de perfil de playa situada entre el foreshore y la zona de rompiente.
- Offshore: zona del perfil que se extiende mar adentro desde la zona de rompiente, al límite de la plataforma continental.
- Scarp (Escarpe): corte casi vertical en el perfil, producido por la erosión. Su altura tiene generalmente más de un metro. El escarpe puede ser el tope del beachface. Escarpes más antiguos se pueden encontrar en la berma, correspondientes a otras fechas.
- Shoreline: la orilla, es la intersección entre el agua y la tierra.
- Nearshore es la zona ocupada por los sistemas de barras y surcos. Cuando no hay barras presentes, el nivel de base del oleaje se convierte en el límite inferior. Se pueden distinguir tres perfiles: Breakerzone (Zona de ruptura): La sección en la que el oleaje llega desde el offshore y con la proximidad del fondo, comienza a perder estabilidad y romper; Surf Zone (Zona de surf): área en la que el oleaje avanzan hacia la playa formando un resalte (bore) en el frente de ola; Swash Zone (Zona de derrame): La zona del nearshore donde, tras la rotura de la ola, el agua asciende por el beachface (run-up) y posteriormente retrocede hacia el mar por el efecto de la gravedad (backwash).

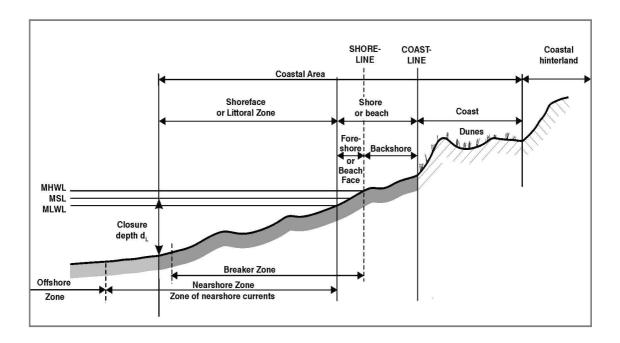


Figura 2.2 Zonificación del litoral. Fuente: Coastal Engineering Research Center (1994).

2.3.2 Células de sedimentos litorales

Son unidades espaciales donde los procesos físicos son relativamente independientes de los de las zonas adyacentes. Cada célula contiene unas fuentes sedimentarias determinadas, que pueden ser áreas donde los sedimentos se mueven mediante los procesos litorales o reservas de sedimentos (playas y estuarios). La independencia de estas unidades entre sí, permite solucionar los problemas de la erosión, aunque se hace necesario contar con otros factores para la predicción y evaluación de la futura evolución del litoral.

Existen tres tipos de corrientes que transportan los sedimentos en las células litorales y que se dan a lo largo de casi toda la longitud de la playa. (Del Moral y Berenguer, 1980). Las corrientes *inshore*, *longshore* y *longshore*. Las corrientes *inshore* o protocorrientes de aproximación (Martínez Martínez, 1996) desplazan el agua, desde la zona de rompientes a la orilla. Las corrientes *offshore* (resaca) se corresponden con el flujo de retorno del agua hacia la zona de rompientes desde la costa, debido a la evacuación de la masa de agua sobrante, tras su empuje contra la costa, por lo que este movimiento desaparece en la zona de rompientes. Las corrientes tipo *longshore* (corrientes de deriva) son aquellas que desplazan volúmenes de agua entre la zona de rompientes y la orilla. Si no intervienen singularidades dinámicas, las causas de estas corrientes están en la integración de corrientes inshore y offshore.

2.3.3 Distribución de los sedimentos en las playas

Las playas se pueden clasificar según los sedimentos que las componen. En este sentido, el tamaño de grano es la forma más sencilla para hacerlo (Bluck, 1967). Sin embargo, en una misma playa se pueden encontrar diferentes tamaños de sedimento, dependiendo del flujo líquido del fondo. Los tamaños gruesos suelen encontrarse cerca de la zona de rotura, debido al fuerte movimiento de las masas de agua que se dan en esta zona. Los materiales más finos se encuentran en las mayores profundidades.

2.3.4 Clasificación de las playas según su estado morfodinámico

Wright y Short (1984) definieron un modelo de estados morfodinámicos o estados modales de playa, en el que presentan el concepto de "firma dinámica del proceso" correspondiente a cada estado de playa, según la dinámica de la zona de rompientes. Los estados modales implican las formas que presentan los sedimentos y su interacción con la hidrodinámica. En este sentido Wright y Short clasificaron los diferentes tipos de movimientos del agua sobre el fondo en cuatro categorías principales:

- 1. Flujos oscilatorios debidos al oleaje incidente, con periodos entre 1 y 25 segundos y que incluye las oscilaciones capaces de poner sedimento en suspensión en la banda de frecuencias del oleaje incidente en aguas profundas.
- 2. Flujos oscilatorios o casi-oscilatorios subarmónicos, debidos a ondas estacionarias y ondas de borde, con una frecuencia del orden de la mitad de la del oleaje incidente.
- 3. Corriente neta debida disipación de energía del oleaje. Corrientes longitudinales producidas por el oleaje, corrientes de retorno y corrientes *feeder*, de alimentación.
- 4. Corrientes de origen independiente del oleaje: corrientes de marea y corrientes generadas por viento local.

2.3.4.1 Playas disipativas

Tiene una morfología prácticamente bidimensional, con un perfil muy tendido, análogo al perfil "de temporal o de invierno" que se describe en las playas con variación estacional. Aparecen en el perfil una o varias barras longitudinales, paralelas a la línea de costa y separadas por senos poco marcados (Vidal *et al.*, 1995). El oleaje en estas playas presenta roturas en descrestamientos (Vidal *et al.*, 1995) y la energía se disipa a lo largo del perfil.

2.3.4.2 Playas reflectantes

Sistemas reflectantes se caracterizan por, pendientes pronunciadas, bermas bien desarrolladas y cúspides (Wright *et al.*, 1979), Frecuentemente aparecen formas arenadas altamente rítmicas en el talud. Debido a la pendiente de las playas reflectantes, Este estado modal se encuentra en el extremo opuesto al de las playas disipativas. La rotura del oleaje se producen en voluta, colapso o en oscilación, las olas rompen cerca de la costa, sobre el frente de playa, cuya pendiente es más pronunciada. El frente de playa suele contener, aunque no siempre (Vidal *et al.*, 1995), tamaños de grano más gruesos que la playa sumergida. Debajo del talud de playa, existe la posibilidad de que se desarrolle un escalón pronunciado, compuesto de material grueso, debajo del talud de la playa que incrementa con el tamaño de la ola.

2.3.4.3 Playas intermedias

Existen cuatro estados modales intermedios entre los sistemas disipativos y los reflectantes. Las playas intermedias son más complejas y presentan una gran variabilidad en función del oleaje.

a) Playa con barra longitudinal

El estado de playa con barra longitudinal (*Longshore Bar-trough o LBT*). Es el estado modal intermedio más cercano al disipativo, pero posee un *run-up* mucho más importante. Este estado tiene al menos una barra longitudinal de perfil asimétrico, con mayor pendiente, donde se produce la rotura del oleaje. El oleaje se recompone al pasar la barra, debido al incremento de la profundidad en el seno, para después romper de nuevo sobre el frente de playa De este modo, aparecen dos zonas de rompientes paralelas y estrechas. El frente de playa tiene mayor pendiente y al hacerse algo más reflectante, provoca un cambio en el tipo de rotura del oleaje, pasando este a ser de tipo *surging* o colapso. En el frente de playa es frecuente la presencia de cusps. Este tipo de playas poseen baja variabilidad longitudinal.

b) Barra y playa rítmica

Este estado presenta ondulaciones más o menos periódicas espacialmente, las barras que también poseen estas ondulaciones, separadas por salientes hacia el frente de playa son denominadas *crescentic bars*. Aunque de pequeño volumen, en este estado comienzan a ser evidentes los *rip currents*, dando lugar a la aparición de sistemas circulatorios rítmicos a lo largo de la playa y entre esta y la barra. La barra y el frente de playa suele estar separados por una distancia menor que en el caso del estado anterior.

Cuando el oleaje incide de forma oblicua, las celdas circulatorias pierden su carácter simétrico y se genera una corriente longitudinal a lo largo de la playa, con lo que las barras pueden tomar cierto desarrollo transversal.

c) Estado de playa con barras transversales y rips

En este estado el desarrollo transversal de las barras y el frente de playa, hace que los salientes opuestos lleguen a unirse, formando una especie de puente entre el frente de playa y la barra, lo que hace que este estado sea el de mayor desarrollo tridimensional. Estas "barras transversales" de perfil disipativo, alternan con perfiles más reflectantes, que canalizan los *rip currents*, ya más intensos, convirtiéndolos en el elemento característico de este. Por su parte, el extremo exterior de la barra se encuentra más cerca del frente de playa que en los estados anteriores.

d) Estado de playa con terraza de bajamar

La barra y el frente de playa se acercan en este estado modal, apareciendo en muchos tramos unidos. Estos tramos quedan separados por depresiones alargadas, donde pueden aparecer *rip currents* de baja intensidad.

2.3.5 Tipos de rompientes de olas asociados

Generalmente se acepta que existen tres tipos de rompientes de oleaje: spilling, plunging y surging.

 Rotura de tipo spilling (Figura 2.3): se da en situaciones de oleaje peraltado, en las que las olas se propagan sobre playas de escasa pendiente, de manera que las crestas de las olas se van haciendo gradualmente más agudas debido a que la onda es más pronunciada, hasta que, debido a la inestabilidad, se derraman por la pendiente frontal de la ola.

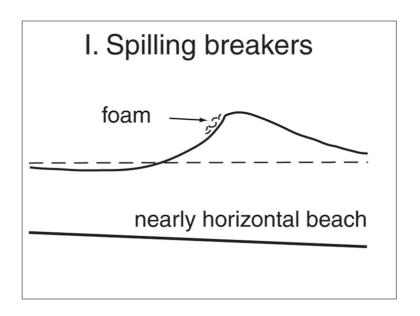


Figura 2.3 Rotura de tipo *spillling*, sobre playas de escasa pendiente. La espuma (*foam*) *desciende* por el frente de ola. Fuente: Komar (1998).

• Rotura de tipo plunging (Figura 2.4): se produce cuando el fondo del océano es escarpado o existen cambios acusados en la batimetría. La cresta de la ola se vuelve mucho más erguida que en las olas de tipo spilling. Tras tomar cierta verticalidad la cresta se riza sobre si misma y cae rápidamente sobre el frente de la onda, liberando gran parte de la energía en el impacto y produciendo una gran turbulencia y entrada de aire que, al comprimirse, produce el característico sonido de las olas. Si una ola de tipo plunging no es paralela a la playa, la sección de la onda que alcanza aguas poco profundas romperá antes, y la sección de rotura se moverá lateralmente a través de la cara de la ola de manera continua, formando el "tubo" buscado por los surfistas. Si la ola es paralela a la playa la rotura se efectuará a lo largo de su longitud a la vez.

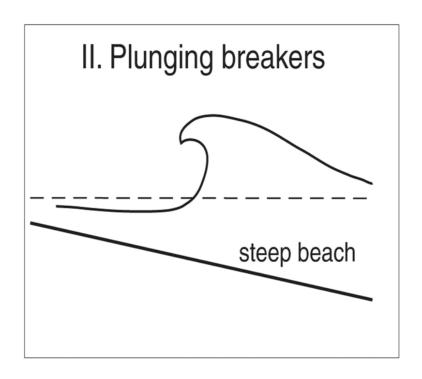


Figura 2.4 Rotura de tipo plunging en playa con pendiente pronunciada. Fuente: Komar (1998).

 Rotura de tipo surging (Figura 2.5): son comunes en playas reflectantes con pendientes pronunciadas. Se caracterizan por la desaparición de la cresta de la ola. La cara frontal se mantiene relativamente lisa, con poca espuma o burbujas, debido al rápido movimiento de la base de la ola por la pendiente. Parte de la energía de estas olas es reflejada al mar.

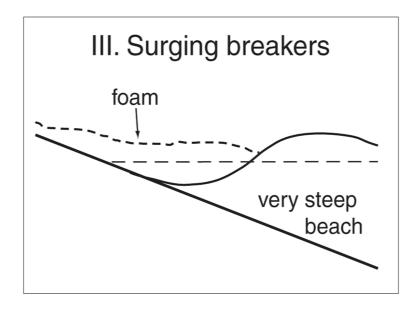


Figura 2.5 Rotura de tipo *surging* en playa de pendiente muy pronunciada. Fuente: Komar (1998).

2.4 Transporte de sedimentos en las playas

2.4.1 Fuente de alimentación de sedimentos

Los cauces, debido a la importante remoción del suelo que registran en sus cuencas y a la gran cantidad de sedimentos que transportan, constituyen uno de los factores más importantes en la regulación del litoral. En ambientes semiáridos del Mediterráneo, el papel de alimentación corresponde, en muchos casos, a las ramblas, que aportan sedimentos exclusivamente en periodos de avenida (López Bermúdez y Gomariz Castillo, 2006).

2.4.2 Zona litoral activa

Las playas, están constituidas por dos subsistemas: uno marino, modelado por la acción de las olas y otro terrestre regido principalmente por la acción del viento. Los dos componentes interactúan en una única unidad geomórfica llamada "zona litoral activa". Esta zona constituye una interfase entre el océano y el continente. En él existe un transporte continuo de sedimentos, que puede determinar su equilibrio (McGwynne y MacLachlan, 1992), por lo que la zona litoral activa (el litoral costero) se puede considerar como la interfase física entre la tierra y el agua (Dolan *et al.*, 1980; Boak y Turner, 2005).

2.4.2.1 Subsistema marino

Los cambios morfológicos de las playas son el resultado de la circulación de los fluidos y los patrones de interacción y retroalimentación entre la topografía y batimetría de la zona por medio del transporte sedimentario (Wright y Thom, 1977; Cowell y Thom, 1994; Wright, 1995; Short, 1999b). La interacción del oleaje permite la existencia de dos perfiles separados por el punto de rotura del oleaje donde se inicia el efecto del oleaje sobre el fondo (Iribarren, 1954).

El movimiento de la arena a lo largo de la costa es debido a la acción de las olas de las corrientes y de la disponibilidad de sedimentos (Saravanan y Chandrasekar, 2010). El transporte litoral longitudinal depende de la dirección y la intensidad del oleaje. Para que una playa sea estable la cantidad de material entrante debe ser igual a la que sale de ella. Si no existe equilibrio, la

diferencia se acumula en la playa, o bien se erosiona. Además existe un desplazamiento perpendicular a la orilla. Los sedimentos pueden emigrar desde el límite superior de la playa seca hasta el límite inferior de la playa sumergida, conociéndose a este con el nombre de profundidad de cierre (Hallermeier, 1981), afectando a zonas más profundas y elevadas del perfil cuanto mayor sea la intensidad del oleaje incidente. Al movimiento de sedimentos a lo largo del perfil de playa se le conoce con el nombre de transporte litoral transversal.

Existen dos estados extremos de playa: bonanza y temporal. Ambos perfiles se dan cíclicamente. Las playas se erosionan durante las tormentas y vuelven a regenerarse durante las aguas mansas o *swells*. Durante una tormenta se establece un mar confuso dentro de la zona de rompientes y las olas se dirigen a la playa con intervalos regulares desde diferentes direcciones (Silvester, 1959). La pendiente de la playa se satura rápidamente, disminuye la percolación del agua que llega desde el mar y se intensifica el flujo de retorno. En oleajes con cierta intensidad, los sedimentos emigran a zonas más profundas del perfil, pudiendo formar barras que aumentan la distancia entre la rotura del oleaje y la costa, protegiendo a esta de las olas y las corrientes (Vidal *et al.*, 1995). En este tipo de perfil, la anchura de playa seca es menor. Tras el periodo de temporales, el oleaje va devolviendo la arena depositada en los fondos de la playa sumergida a la playa seca para conformar una playa de periodo de bonanza.

Los cambios de perfiles de temporal a bonanza permiten un equilibrio y una defensa muy eficaz de la costa, pero es muy sensible a las interferencias que pueda sufrir el movimiento del material. La invasión o alteración de la franja litoral obstaculiza la dinámica natural de oscilación del perfil transversal de las playas, rompiendo, por tanto, su equilibrio.

2.4.2.2 Subsistema eólico

Las dunas litorales son formas eólicas que se desarrollan en costas donde existe suficiente sedimento suelto, disponible para ser transportado tierra

adentro por los vientos (Figura 2.6). Estas acumulaciones constituyen una reserva de sedimento para la playa (Roig-Munar *et al.*, 2012).



Figura 2.6 Dunas en la Península de Hel (Polonia).

En playas disipativas, el viento sufre menos perturbaciones que en las playas con perfiles reflectivos, una pendiente menor genera flujos de viento mas efectivos para el transporte de arenas. Las dunas evolucionan por pulsos (Cooper, 1958) en los que los períodos de actividad y avance dunar se intercalan con fases de estabilización. Estos están determinados por las variaciones eustáticas, climáticas y el levantamiento cortical (levantamiento epirogénico tectónico). La edad de las dunas se puede determinar por medio de sus características morfológicas y sedimentológicas (Figura 2.7).

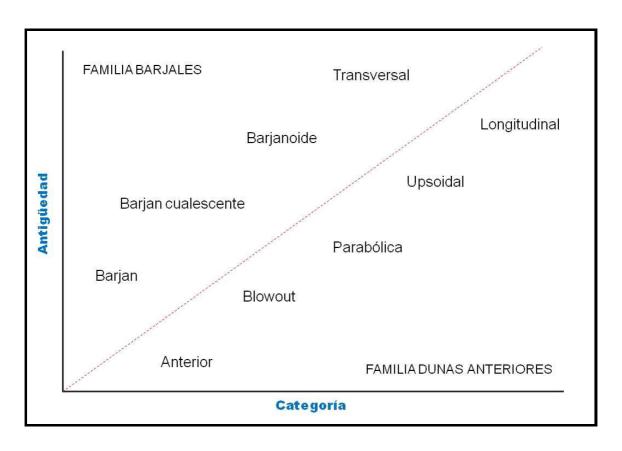


Figura 2.7 Evolución del *continuum* dunar. Fuente: Araya Vergara (1987)

2.5 Erosión costera

La erosión costera es uno de los mayores problemas del litoral. Alrededor del 20% de las costas del mundo son arenosas y están respaldadas por crestas de playa, dunas, arena u otro terreno sedimentario. Más del 70% de las playas ha sufrido erosión neta desde las últimas décadas del S. XX (Viles y Spencer, 1995).

La erosión costera es la modificación de la línea de costa (retroceso) preexistente que implica pérdida de sedimentos (Pardo, 1991; Viciana, 1998; Ojeda, 2000) situación en la que se encuentra el 70 % de las playas de la Tierra (Hegde, 2010) Las playas no son elementos aislados, forman parte de sistemas litorales, unidades fisiográficas bien definidas en las que el transporte transversal de sedimentos es independiente. Los límites de un sistema litoral quedan bien definidos longitudinalmente: (i) por accidentes topográficos con entidad suficiente para interrumpir la dinámica de transporte litoral hacia el mar, (ii) por la profundidad en la que el oleaje mantiene su capacidad de movimiento

de sedimentos (profundidad de cierre máxima) y (iii) hacia tierra se extiende a aquellas zonas que, sin estar dentro de la acción dinámica de los agentes marinos, actúa directamente aportando sedimentos al sistema, como son las cuencas de los ríos y ramblas (Belmonte Serrato et al., 2009). Para determinar si un sistema litoral está afectado por un proceso erosivo o sedimentario es necesario conocer si su balance sedimentario se encuentra en equilibrio o desequilibrio (Belmonte Serrato et al., 2011) este equilibrio se basa en el mantenimiento de entradas y salidas de sedimentos procedentes de aportes de cauces, erosión de acantilados e intercambios dunares por acción eólica, aportes procedentes de la deriva litoral.

No se deben confundir la erosión costera con los estados cíclicos de la playa, en periodos de tormentas la playa posee un perfil de invierno (Figura. 2.8), en el que la zona seca es menor debido a una ligera subida del nivel del mar, unida a una mayor energía por parte del oleaje que favorece la erosión de la parte más alta de la playa, depositando sedimentos en una zona sublitoral.



Figura 2.8 Perfil de invierno de la Playa de Cabezo de la Pelea.

Estos procesos están ligados a fenómenos extremos de baja frecuencia (Ojeda Zújar, 2000) y gran parte de los sedimentos vuelven al sistema litoral cuando pasa el evento y cambian las condiciones hidrodinámicas modelando el perfil de verano que muestra una menor superficie de playa sumergida.

Existe la posibilidad de encontrar zonas de un sistema litoral afectado por la erosión donde no se dé retranqueo de la línea de costa hacia el interior. Esto puede estar provocado por lo que se conoce como "onda erosiva" situación en la que los sedimentos de un tramo de litoral se acumulan en otros tramos evitando que estos muestren signos de erosión.

La erosión generalizada se produce cuando el tramo de costa en proceso de erosión ocupa prácticamente todo el sistema litoral, pero cuando la erosión parcial solo afecta a una zona de la playa, esta puede ser una señal de desequilibrio del sistema o el inicio de una erosión generalizada.

La Comisión Europea (2005) alerta de que el 20% del litoral comunitario se ve gravemente afectado por la erosión reciente de las costas. La regresión de la línea de costa alcanza valores de entre 0.5 y 2 metros al año y entre las causas más destacadas se encuentran las actividades humanas inapropiadas. En España la degradación afecta al 11.5% del litoral. Según el informe de 2005, Andalucía, Cataluña, Comunidad Valenciana, Islas Baleares y Cantabria, poseen un grado elevado de erosión, mientras que en Galicia, Asturias, País Vasco y Murcia el grado es moderado.

La región costera mediterránea alberga una población de 154 millones de personas (un tercio de toda la población de los países ribereños del Mediterráneo), a lo largo de aproximadamente 46.000 kilómetros de costas. De ellas, el 54% son costas rocosas y el 46% restante sedimentarias (Sanó *et al.*, 2011). En estas últimas se incluyen ecosistemas frágiles, como playas, dunas, lagunas y deltas (UNEP / MAP / Plan Azul, 2009).

Prácticamente todas las costas de la ribera mediterránea, al menos las de España, Francia, Italia y Grecia, se encuentran en erosión (EUROSION, 2005) Hasta hace unos años, la única solución utilizada para solventar el problema

planteado fue la alimentación artificial de playas mediante árido tomado de zonas de préstamo (Hamm *et al.*, 2002).

2.5.1 Componentes espacio-temporales de la erosión costera

Para analizar si existe o no erosión costera (Peña Olivas, 2008), se puede tener en cuenta el siguiente esquema espacio-temporal:

1.- En el tiempo

- a.- Cíclica
- b.- Onda erosiva
- c.- Continua o constante

2.- En el espacio

- a.- Generalizada (sistema litoral)
 - Falta de sedimento
 - Alteraciones del medio
 - Cambio en los agentes
- b.- Parcial
 - 1.- Desequilibrio del sistema litoral
 - Cambio en la morfología
 - a.- Barreras transporte longitudinal
 - b.- Barreras transporte transversal
 - Cambio de los agentes
 - Incidentes climáticos

2.- Inicio de erosión generalizada

- Falta de sedimento
- Alteraciones del medio
- Cambio en los agentes

2.5.2 Agentes de la erosión costera

2.5.2.1 Oleaje

El oleaje es el agente climático marino con mayor capacidad de acción sobre la costa y se define como la alteración producida en la superficie del mar por la actuación continuada del viento sobre un área marítima, durante un cierto periodo de tiempo en la que se generan ondas con periodos entre 1 y 30 segundos (Figura. 2.9).

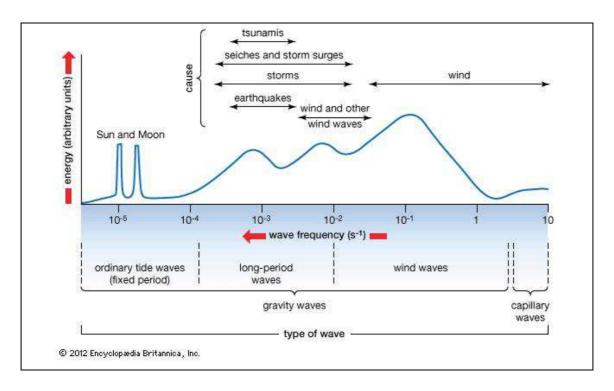


Figura 2.9 Tipos de olas y niveles de energía. Fuente: Encyclopædia Británica.

Como agente de la erosión costera su acción es muy importante ya que genera corrientes longitudinales a lo largo de la costa y transversales que hacen

emigrar a los sedimentos desde el límite superior de la playa seca hasta el límite inferior de la playa sumergida, (profundidad de cierre).

El oleaje está condicionado por el fetch, la velocidad del viento y su duración (Bourassa *et al.*, 2001; Huang, 1999). El fetch se determina por el parámetro "longitud del fetch" que se define, de forma simplificada, como la longitud del área de generación, en la dirección media del viento generador (Martínez Martínez, 1996).

Tipos de oleaje de vientos

Los oleajes se pueden clasificar fácilmente por su periodo, dentro de las olas de gravedad y atendiendo a la zona de generación del viento que lo forma, el oleaje se puede clasificar como *sea*, o mar de viento, que es el que se produce en la zona de generación. Se trata de un oleaje muy desordenado con pequeños frentes en distintas direcciones, entre las que predomina la del viento. En cambio el *swell*, o mar de fondo se da fuera de la zona de generación, con olas de diferentes periodos, que viajan en la misma dirección, aunque se suelen abrir lateralmente unos 15°.

Tsunamis

Los tsunamis son series de olas con una gran longitud de onda, causadas por el desplazamiento de un gran volumen de agua. Los terremotos, las erupciones volcánicas y otras explosiones submarinas. Aunque el mas conocido de la Península es el que tuvo lugar en 1755, asociado al terremoto de Lisboa, según los registros del National Geophysical Data Center / World Data Service (2015), los tsunamis pueden afectar preferentemente las costas del levante español y las islas Baleares, debido a dos áreas de terremotos, la zona más cercana a la costa de Túnez y el mar de Alborán, donde se produjo el Big-95 hace 11.500 años (Figura. 2.10), provocado por un deslizamiento de tierra de 26 km³ cerca de las Islas Columbretes (Bernet *et al.*, 1999; Canals *et al.*, 2004); el tsunami de Almería en el año 1522 (Reicherter y Becker-Heidmann, 2009), o mas recientemente el ocurrido el 14 de febrero de 2004 que provocó olas con una altura de 14 m a 100 km de la costa de Menorca (Didenkulova *et al.*, 2006). A

pesar de su magnitud, el carácter imprevisto de estos eventos hace que sean difíciles de registrar (Lechuga, 2006).

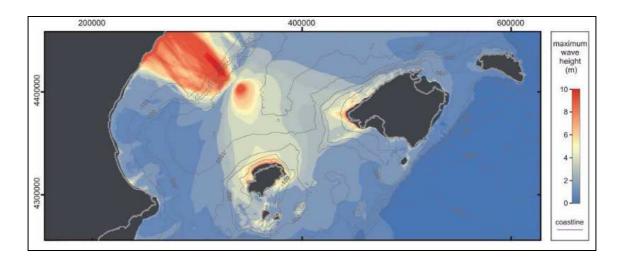


Figura 2.10 Altura de ola máxima durante el BIG-95 Fuente: Iglesias et al. (2012).

2.5.2.2 Mareas

Las mareas son el paso de una onda de gran tamaño por las cuencas oceánicas. Se caracterizan por una elevación y caída rítmicas del nivel del mar durante un período de varias horas y son las olas oceánicas de mayor longitud. Las mareas se forman por la atracción de la tierra y su hidrosfera por cuerpos celestes. En las costas controlan la posición y amplitud de la zona de acción del oleaje y la circulación de masas de agua.

La diferencia entre el mayor (pleamar) y el menor nivel de las aguas (bajamar) en medio día se denomina rango semidiurno. Este rango varía en un ciclo de dos semanas. Las mareas se pueden clasificar según la diferencia entre la pleamar y la bajamar, lo que se denomina carrera de marea (Figura 2.11). El rango micromareal se da cuando la carrera de marea es menor de 2 metros, en el rango mesomareal la carrera de marea se encuentra entre los 2 metros y los 4 metros y en las costas de rango macromareal es mayor de 4 metros.

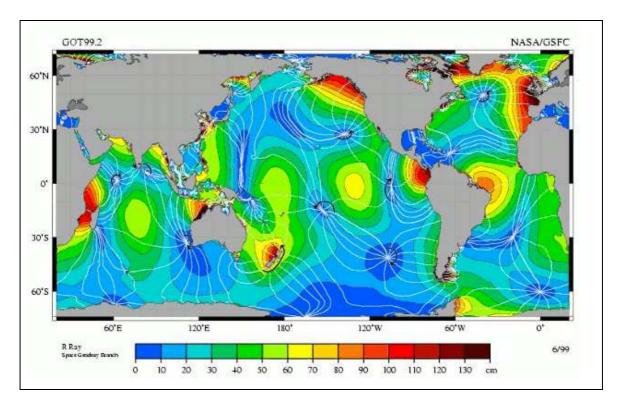


Figura 2.11 Distribución de las carreras de marea lunares. Fuente: NASA TOPEX/Posidon.

2.5.2.3. Surge storms

Las tormentas asociadas a un aumento del nivel del mar (*surge storms*), producen importantes pérdidas de arena en la playa, trasladando el sedimento a zonas profundas. Cuando las condiciones mejoran las olas suelen transportar el sedimento hacia la playa, reconstruyéndose el perfil inicial.

2.6 Cambios de origen antrópico en el litoral y erosión costera

La evolución de una zona costera varía temporalmente, de forma natural, como resultado de factores que pueden ser divididos en grupos interdependientes (Codignotto, 1997) factores geológicos, factores propios del océano (olas, corrientes y mareas), factores ligados a las oscilaciones del nivel del mar de orden global (cambio climático) y de orden local (tectónica y vulcanismo) y factores propios del sector de costa, como la acción eólica, la hidrología y la acción antrópica. En efecto, el crecimiento demográfico ejerce una fuerte presión sobre la costa (Hinrichsen, 1998). Las actividades humanas pueden cambiar el litoral de manera rápida y a veces irreversible.

Las <u>obras costeras</u> deben tener en cuenta las células litorales, de manera que afecten lo menos posible a los procesos naturales, que mantienen la cantidad de sedimento dentro del sistema (Proyecto Eurosion, 2004). También hay que tener en cuenta que las obras del litoral reciben los efectos del oleaje durante los temporales (Huang, 1999; Massel, 1996) por lo que también pueden servir de protección.

La aplicación de revestimientos en zonas con retroceso costero rompe el equilibrio natural verano/invierno, lo que además de impedir el crecimiento de la playa en verano, al impermeabilizar la zona de swash, no permite la erosión de la parte alta de la playa en invierno, evitando la formación de la barra de sedimento que actúa de despensa en la zona de transición al *shoreface*, o zona de transición entre el interlitoral y la planta continental. En este caso, la estima del transporte longitudinal y transversal presenta incertidumbres para el clima actual (Sánchez-Arcilla *et al.* 2001), que se acrecentaran para futuros escenarios climáticos.

La <u>degradación de las praderas de Posidonia</u> oceánica o la retirada de los ribazones por cuestiones estéticas desprotege a la playa de la acción del oleaje incluso hace que se pierda una importante cantidad de sedimento incluido y mezclado con la propia planta, debido a la forma en que se produce el transporte (Brown et al. 1990). Por otro lado, la maquinaria pesada con la que esta acción se lleva a cabo puede dañar el *foredune* (Roig i Munar, 2001). También la presencia de fanerógamas como la *Posidonia oceánica* o la *Cymodocea nodosa*, situadas en profundidades que van desde 0,5 m hasta los 30 m en condiciones de aguas limpias en el Mediterráneo (Duarte et al., 1998), hacen que disminuya la energía de los temporales que actúan sobre el litoral (Elginoz et al., 2011) y mejora la estabilidad de los fondos marinos (Aragonés Pomares, 2015).

Los <u>cambios en la Hidrología y en los usos del suelo de las cuencas litorales</u> está fuertemente relacionada con la erosión costera, debido a que existe una fuerte conexión entre los procesos de erosión de la cuenca y el aporte sedimentario de los ambientes marinos y costeros (Stallery y Phillips 2011) Una de las mayores causas que provocan la erosión de las playas es la

disminución en el suministro de sedimentos a una costa, debido a la regulación de los ríos que suministran el material. Las obras de regulación del río pueden ser la construcción de presas para el riego y la producción de energía, o la profundización de los canales de navegación y la extracción de arena. Un ejemplo muy claro es la erosión que provocó la captura de los sedimentos del río Nilo por la construcción de la gran presa de Asuán, en la década de 1960. La reducción del caudal y la construcción de una primera presa dieron lugar a una tasa de erosión de 42 m/año que aumentó hasta los 129 m/año en 1971, tras la construcción de la Gran Presa de Asuan (Smith y Abdel-Hader, 1988).

Las perspectivas de futuro, con un previsible incremento de la población afectada por la erosión, requieren medidas relacionadas con la ordenación del uso del suelo (del Río et al., 2015).

Los usos costeros son las actividades que tienen lugar en la zona costera en las que se utilizan y explotan los recursos en dichas zonas. En este punto conviene hacer una distinción con los "usos en la costa", los cuales se referirían a actividades que se realizan en la zona costera pero que su desarrollo no requiere de las características de ésta (Valdemoro García *et al.*, 2005). Las costas son especialmente sensibles a las actividades humanas, cuyos impactos generan graves consecuencias, es por ello que el estudio de los usos del suelo resulta necesario como métodos de análisis.

Existe una estrecha relación entre la erodabilidad y el impacto antrópico, debido a las alteraciones topográficas que provocan tanto en movimientos en masa de laderas, como pérdidas de suelo (Pelacani *et al.*, 2006a y 2006b). Uno de los impactos más fuertes de las actividades humanas en las cuencas litorales mediterráneas es el provocado por la agricultura. Sólo la preparación del terreno para la agricultura en pendiente ya implica alteraciones fuertes, no sólo en la cobertura vegetal (Slattery y Phillips, 2011), sino también en la topografía, la estabilidad del sustrato y la pérdida de suelo.

Los territorios más vulnerables a los cambios de uso de suelo son aquellos en los que el clima se caracteriza por la escasez de precipitaciones o en los que estas se dan de forma irregular de manera esporádica e intensa (Rodolfi 2006),

por lo que aceleran considerablemente la erosión del suelo. Algunos estudios de cambios de cobertura en las cuencas litorales han llegado a la conclusión de que la implicación de estas transformaciones afectan a las playas, a las dunas (Soto Bäuerle *et al.*, 2011), incluso al equilibrio ambiental de las praderas submarinas y los corales (Restrepo *et al.*, 2006).

En el ámbito mediterráneo se han dado procesos de cambio de usos del suelo a gran escala (Ruiz Sinoga y Martínez Murillo, 2012; Martínez Hernández y Cánovas García, 2016). Algunas de las características de estos cambios son la perdida de cultivos tradicionales a costa de usos agrícolas intensivos (Belmonte Serrato *et al.*, 2011) y la rápida expansión de las zonas urbanas en las áreas turísticas mediterráneas que se ha realizado, ya a partir de los años 80 (Ferré Bueno y Ruiz Sinoga, 1986), a costa de los cultivos tradicionales principalmente. Las áreas urbanas también presentan diferentes problemas ambientales cuando su crecimiento es descontrolado (OCDE, 1993).

En la Región de Murcia se dan dos factores que favorecen la erosión del suelo la precipitación la alta erosividad y la energía de los episodios de tormenta (Ruiz Sinoga y Romero Díaz, 2015), en las áreas litorales el desarrollo de usos urbanos e invernaderos hace que el primero de estos factores sea nulo, por lo que durante las precipitaciones, no se produce erosión debido al sellado del suelo y por tanto los aportes de las ramblas a las playas disminuyen.

2.6.1 Obras marítimas

Los principales factores antrópicos que intervienen en la evolución de la línea de costa son las obras de ingeniería realizadas en la costa, como los puertos, que suponen una barrera al paso de sedimentos y la división de las playas continuas mediante presas, espigones, diques y canales artificiales (Di Stefano, et al 2013),

Las obras marítimas son estructuras que interrumpen o modifican el transporte litoral, por lo que son elementos con gran capacidad para alterar la dinámica litoral. La construcción de obras marítimas de protección, a pesar de seguir siendo una medida correctora válida, tienen un impacto cuanto menos

paisajístico. Por otro lado, estas infraestructuras requieren cálculos complejos sensibles a variaciones, por lo que su respuesta puede no ser adecuada en el futuro debido al efecto climático que afecta a la subida del nivel del mar. Las obras de defensa costera se pueden clasificar según su situación relativa a la línea de costa en:

a) Obras de protección del litoral

La misión de este subgrupo de obras marítimas exteriores es mantener o modificar la línea de costa. La clasificación de las obras de defensa puede estar sujeta a diferentes criterios, el efecto de la estructura en el oleaje (clasificación energético-funcional), la deformabilidad de la estructura de protección, la posición de la estructura respecto a la línea de costa y la metodología del cálculo. Estas estructuras incluyen diques, revestimientos, mamparos y escolleras.

- Obras que facilitan la discontinuidad de la línea de costa.

Se trata de estructuras situadas perpendicularmente a la costa. Los espigones son utilizados frecuentemente en las desembocaduras como soporte en la diferencia batimétrica entre el perfil de la playa y el canal, lo que puede ocasionar cambios en las comunidades bentónicas (Hernández-Vega *et al.*, 2003).

- Diques exentos

Los diques exentos son obras marítimas cuya principal misión es proteger un tramo de costa del oleaje. La acción sobre la dinámica litoral de arrecifes, barras o islas próximas a la orilla son la inspiración de estas estructuras artificiales (Bricio Garberí *et al*, 2010). La principal diferencia con los espigones es que no es necesaria su conexión física con la playa. Este tipo de obras tratan de evitar las pérdidas de sedimento mediante alteraciones en dinámica, por lo que la respuesta de la costa tras la construcción de un dique exento es muy sensible a las variaciones temporales de los agentes actuantes (Wamsley *et al.*, 2003). Los diques tienen la capacidad de disminuir, suprimir o acumular el material sedimentario, cambiando la tendencia erosiva de una playa. Si la cantidad de material depositado es suficiente, tendrá lugar la formación de una

punta de arena, saliente o hemitómbolo (Suárez Bores, 1978) que puede llegar a desarrollarse hasta alcanzar la estructura y formar un tómbolo.

- Puertos

Los puertos son las grandes estructuras de protección del litoral y, por tanto, las más complejas. Su misión es la de proteger la navegación y las embarcaciones. Una de las interferencias que provocan los puertos es el bloqueo de transporte de sedimentos de la deriva litoral, lo que provoca el déficit y por tanto, la erosión a sotavento a lo largo de la costa adyacente.

- Regeneración de playas

El objetivo de la regeneración de playas es recuperar la superficie de la playa primitiva (Viciana Martínez-Lage, 1994). Dado que es clave para el turismo la regeneración de playas es una de las actuaciones más comunes en el litoral mediterráneo (Obiol Menero, 2003). El material utilizado para la remodelación y construcción de playas artificiales puede ser de procedencia terrestre obtenido de yacimientos naturales o de canteras, o de procedencia marítima derivada de préstamos marinos disponibles al efecto o de la extracción de dársenas de áreas próximas. Al contener menor cantidad de material fino, mejor graduación, color, aspecto y forma de los granos, este material resulta más adecuado que el de procedencia terrestre (París Solas, Wibbelink, y Basabe Criado, 1995). La regeneración de playas es una buena solución para el uso sostenible del recurso litoral, pero, la complejidad de este medio aconseja que estos proyectos prevean los posibles efectos adversos (Canteras et al., 1995) En 2015, el Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente recibió una dotación de 21,5 millones de euros (B.O.E., 2015), para obras de reparación por temporales.

2.6.2 Degradación de los sistemas Dunares

Los sistemas dunares sufren numerosos impactos antrópicos, la mayoría están relacionados con la construcción de áreas urbanas (Nordstrom *et al.*, 2011). Que en el caso Mediterráneo español, está relacionada con el *boom* inmobiliario de residencias turísticas. En muchos casos los impactos negativos tienen su origen en una mala gestión de las prácticas de conservación de las

playas (Roig i Munar *et al.*, 2012), que destruyen las especies vegetales que dan estabilidad a los sedimentos o que emplean maquinaria pesada para la limpieza.

2.6.3 Degradación de la Posidonia oceánica

En el Mediterráneo el deterioro de las praderas de posidonia es otro factor antrópico importante. La Posidonia oceánica es una de las escasas especies fanerógamas que se han adaptado a la vida en el mar. Esta especie, endémica del Mar Mediterráneo, habita preferentemente sobre sustrato blando y no suele encontrarse en profundidades superiores a los 30-40 m debido a las necesidades de luz solar. La Posidonia oceánica constituye estructuras vegetales de crecimiento lento y se caracteriza por tener raíces, rizomas y hojas de unas dimensiones entre 0,8 y 1,5 cm de ancho por 80 y 120 cm de largo, crecen en haces de hojas y cada individuo puede llegar a tener hasta varios centenares de hojas por m² (Roig y Munar, 2001). Su desarrollo horizontal sobre el sustrato es tal, que da lugar a praderas que pueden ocupar decenas de km². La Posidonia oceánica se distribuye por todo el litoral mediterráneo, siendo más frecuente en playas arenosas. En España ocupa una superficie de 2.800 km² (Duarte y Kirkman, 2001). Las praderas de Posidonia oceánica conforman el tipo de hábitat prioritario, según la Directiva de Hábitats, 1120* Posidon Oceanicae.

Al margen del cobijo y de la fuente de alimentación que ofrecen las praderas a la fauna marina, y de la gran capacidad para capturar el CO2 atmosférico (Marbá *et al.*, 2015). Las praderas submarinas tienen un papel muy activo en la dinámica litoral, tanto por la protección que ofrecen a la costa, como por el aporte de sedimentos. Mar adentro, las hojas hacen precipitar los sedimentos, a continuación los rizomas y raíces retienen estos sedimentos y los incorporan al sustrato, de tal manera que el fondo se va elevando progresivamente. Estas acumulaciones amortiguan el efecto del oleaje, ya que al disminuir la profundidad el oleaje rompe en una zona más alejada de la línea de costa. Por otro lado, Las praderas dispuestas de forma paralela a la línea de costa permiten retener la arena de los bancos sumergidos, impidiendo que esta se desplace perpendicularmente hacia zonas más profundas lo que favorece el

mantenimiento del litoral arenoso (Scoffin, 1970; Hemminga et al. 1990; Roig i Munar, 2001). La pérdida de hojas de la posidonia oceánica sucede en otoño, estación que coincide con la época de temporales, alrededor del 70% de las pérdidas (Medina et al., 2001) quedan depositadas entre la zona de praderas sumergida y el límite de la zona de swash (Rodríguez-Perea et al., 2002) una vez allí, y dependiendo del transporte por la acción del oleaje, entre el 10-25% de las hojas se acumulan en la playa. Debido a la naturaleza micromareal de las playas mediterráneas (Vidal et al., 1995) la acumulación de hojas muertas en la playa forma una berma vegetal (Roig i Munar y Martín Prieto, 2005). Estas acumulaciones contribuyen al mantenimiento de la línea de costa reduciendo la fuerza de oleaje (Fonseca y Fisher, 1986) y favoreciendo los procesos de sedimentación frente a los erosivos (Hemminga y Nieuwenhuize, 1991). Las praderas mejoran la estabilidad de sedimentos (Gacia y Duarte, Además, la hojarasca acumulada aporta arena a partir de los 2001). esqueletos de sílice y carbonato de los epífitos muertos que crecían sobre ellas, aportando arena de gran calidad a las playas. Por otro lado, las hojas transportadas playa adentro pueden actuar como cebadores (Rodríguez Perea, 2000) para la formación de dunas. Todo esto hace que las praderas de Posidonia oceánica favorezcan la formación y mantenimiento del litoral arenoso, y por tanto de las playas, convirtiéndose en una fuente importante de sedimentos para la playa, en muchos casos el principal (Jaume y Fornos, 1992).

2.6.4 Cambios en las cuencas litorales

Existen otros factores menos visibles, asociados a las fuentes de suministro de las playas. La costa representa el elemento de conexión entre los medios terrestre y marinos, de forma que cualquier cambio que ocurra en alguno de ellos repercutirá de forma necesaria en la franja costera (Anders y Byrnes 1991), en este sentido, la regulación de ríos o los cambios en los usos del suelos de las cuencas de drenaje, que afectan al volumen de sedimentos que llegan a la costa, constituyendo una de las causas principales de la erosión de las playas.

La alimentación fluvial constituye el 95% del sedimento que entra en el océano (Walling, 2006), aunque hay que tener en cuenta que los sedimentos que más influye en el sector litoral, es la fracción arena o superior, transportada como carga de fondo que es muy difícil de cuantificar (Jiménez y Sánchez-Arcilla, 1997) y que las relaciones entre escorrentía y sedimentos no son lineales.

Además de los cambios efectuados sobre los cauces, los cambios de usos del suelo de las cuencas asociadas a la costa pueden disminuir significativamente el aporte de sedimentos. Entre las acciones humanas que han influenciado el proceso erosivo se ha considerado a la urbanización y excesiva fijación de médanos frontales (Bertoncello 1992, Juárez e Isla 1999; Merlotto y Bértola, 2009) y los cambios de usos agrícolas.

En las zonas áridas y semiáridas los sistemas de drenaje están constituidos en su mayor parte por cauces temporales que fluyen intermitentemente (Boulton y Suter, 1986) El término "rambla" hace referencia geomorfológicamente a cauces anchos y de sustrato pedregoso, e hidrológicamente, a cursos efímeros que sólo vehiculan agua como resultado de intensas precipitaciones en su cuenca de drenaje (Mateu, 1989). El término rambla puede hacer referencia a varios tipos de cauces (Gómez *et al*, 2002), pudiendo encontrar:

- 1. Cauces anchos y de sustrato pedregoso, que solo transportan agua durante unos pocos días al año como resultado de intensas precipitaciones.
- 2. Cauces que transportan agua permanentemente, pero sometidas a acusadas fluctuaciones de nivel, espaciales o temporales.
- 3. Cauces que transportan agua de forma temporal, quedándose secos durante los meses de estiaje.
- 4. Cauces que transportan agua de forma especialmente intermitente, con tramos que pueden ser permanentes y tramos temporales. (Suárez y Vidal-Abarca, 1993)

En las costas del sureste de España las ramblas tienen una especial importancia en la aportación de sedimentos a las playas, la remoción del suelo

que registran en sus cuencas y, en consecuencia, la gran cantidad de sedimentos que aportan en periodos de avenida, hacen que las ramblas sean uno de los factores más importantes en la regulación del litoral en el Mediterráneo (López Bermúdez y Gomariz Castillo, 2006). Las lluvias copiosas e intensas, suelen originar avenidas de tipo *flash-flood* (Suárez *et al.*, 2010) y, al contrario que los ríos, las ramblas no transportan sedimentos de forma continua. Las ramblas de los terrenos semiáridos del Sureste peninsular funcionan de forma intermitente a través de sucesos hidrológicos discretos en el tiempo. Largos periodos de cauce seco son interrumpidos por avenidas, en ocasiones extraordinarias (López Bermúdez *et al.*, 2000).

El Mediterráneo cada vez dispone de menos arena para aportar a la costa y mantener las playas; las pérdidas de arena causadas por los temporales no se pueden ya recuperar naturalmente y las playas retroceden y aumentan su pendiente. Además, un temporal con menos materia en suspensión y playas de más pendiente supone un oleaje con más energía que rompe más cerca de la costa y, por tanto, con mayor capacidad de destrucción (Burriel de Orueta, 2001)

Los principales problemas de la erosión costera están provocados por la ocupación y transformación de las cuencas próximas al litoral. La causa principal del retroceso general a que están sometidas las playas en España, se debe a que el volumen de sedimento que aportan los ríos es cada vez más escaso. Esta situación se explica, sobre todo, por la extraordinaria regulación de los ríos, mediante embalses que actúan como barrera al transporte de sedimento hacia la línea de costa (Sánchez-Arcilla *et al.*, 1997), aunque también intervienen otras causas relacionadas con la protección de los suelos y lucha contra la erosión, como las repoblaciones forestales, que disminuyen tanto la cantidad de sedimentos transportados por los ríos, como el caudal de los mismos. Podría decirse que las medidas de lucha contra la erosión en el interior contribuyen a la erosión del litoral.

2.6.5 Cambio climático

El cambio climático acelera la erosión costera debido al aumento del nivel del mar y el aumento de las tormentas a nivel mundial. Desde los años 90 el aumento del nivel del mar para la zona sur del Mediterráneo, es de unos 2.5 mm/año (Vargas-Yáñez et al., 2010), lo que provoca, en algunas playas, un retroceso significativo de la línea de costa. La cobertura vegetal y los usos de los suelos son aspectos condicionados por el cambio climático (Cendrero et al., 2005) modificando los aportes de sedimentos que llegan al litoral.

A pesar de que los últimos 11.000 años (Holoceno) corresponden a un periodo cálido se han sucedido eventos fríos denominados Eventos Bond (Bond *et al.*, 1999) de corta duración (en torno a 100-200 años) con una periodicidad de mil a dos mil años.

Los cambios en el nivel del mar pueden ser cíclicos, debidos a parámetros orbitales de 900 años de periodo de ciclo (Loutre *et al.* 1992), oscilaciones del sistema formado por el océano y la atmósfera con ciclos en torno a los 1.500 años (Bond *et al.* 1999), cambios en la actividad con periodos de 2.500 años (Stuiver y Reimer 1993) y fluctuaciones en la circulación termohalina en el Atlántico Norte que pueden provocar ciclos variables de entre 550 y 1.000 años (Chapman y Shackleton 2000). Esta variabilidad parece tener un carácter global y con toda seguridad afecta al clima del Atlántico Norte (Arz *et al.* 2001).

Dentro de los escenarios climáticos futuros, la región mediterránea (Giorgi y Lionello, 2008) y especialmente el sur de España se configuran como una de las áreas de mayor incertidumbre (Ruiz Sinoga *et al.*, 2015).

Además de la erosión de la línea costera la subida del nivel del mar provoca graves efectos como la intrusión de agua salada que se traduce en una mayor pérdida de tierra habitable y cultivable provocando daños en los ecosistemas (Fatorić y Chelleri, 2012).

Los escenarios de cambio climático en el sur de la Península Ibérica prevén el incremento de las temperaturas máximas y mínimas, así como la reducción de la pluviometría (Brunet *et al.*, 2008), que implicaría la reducción de aportes,

aunque, por otro lado, a pesar del incremento del número de días sin precipitación, aumenta la probabilidad de precipitaciones extremas superiores a 30 mm día. (Ruiz-Sinoga et al., 2015).

Desde la ingeniería se puede afrontar estos cambios desde tres perspectivas diferentes (Peña Olivas, 2008).

- Reducción de aportes de sedimentos a las playas
- Cambio del clima marítimo
- Cambio del nivel medio del nivel del mar

2.7 Mitigación de los procesos erosivos en la costa

2.7.1 Actuaciones flexibles

Existen dos tipos de actuaciones flexibles. En las primeras, las medidas se realizan sin intervenir las edificaciones situadas más allá del *backshore*. De esta manera la alimentación de playas por medio de áridos, permite ganar superficie al mar, pero, además de requerir grandes volúmenes de arena, exige estructuras de apoyo que pueden desestabilizar el sistema. El segundo tipo de actuaciones flexibles no considera el cambio de la línea de costa, por lo que obliga a encajar el perfil hacia el interior de manera que requiere generalmente la intervención sobre edificaciones situadas en la zona de servidumbre de protección.

El objetivo de la regeneración de playas es recuperar la superficie de la playa primitiva (Viciana Martínez-Lage, 1994). Dado que es clave para el turismo, la regeneración de playas es una de las actuaciones más comunes en el litoral mediterráneo (Obiol Menero, 2003). La regeneración de playas es una buena solución hacia el uso sostenible del recurso litoral, pero la complejidad de este medio, aconseja que estos proyectos prevean los posibles efectos adversos (Canteras et al., 1995)

2.7.2 Actuaciones rígidas

Las actuaciones rígidas son las relacionadas con la construcción de diques, muros de escollera, modificando el sistema de la playa. Uno de los problemas

que presentan este tipo de medidas es la baja cota de cimentación de las infraestructuras y que esta se realiza sobre materiales sueltos, por lo que exigen un mantenimiento continuo.

2.8 Gestión Integrada de Zonas Costeras

El concepto de Gestión Integrada de Zonas Costeras (GIZC) puede definirse como la herramienta para la conservación y el desarrollo del litoral, que optimiza el uso de los recursos tratando de satisfacer los intereses de todos los agentes implicados, dentro de un marco jurídico y normativo preciso. La GIZC, permite la inclusión de las cuencas dentro de la ordenación territorial.

Antecedentes en Europa

En Francia se creó en un establecimiento público administrativo del Estado *Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres*, que comenzó a funcionar a partir de 1975. A pesar de sus limitadas competencias, (se centra en adquirir terrenos frágiles o fijar su "vocación de uso") se trata de un éxito de gestión (Tros-de-llarduya Fernández, 2008).

El Protocolo sobre GIZC del Mediterráneo (2008) fue ratificado por la UE en 2010, por las Partes Firmantes del Convenio de Barcelona. Este protocolo decisivo en la historia del Plan de Acción del Mediterráneo (UNEP, 2015), es un proyecto elaborado dentro del Marco de la Política Pesquera Común en 2002, para la conservación y la explotación sostenible de la pesca en el Mar Mediterráneo. Su publicación establece un área geográfica denominada zona costera, variable en sus límites interiores, que establece cada parte y el mar territorial hacia el exterior. Dentro de este protocolo, los objetivos de la GIZC son:

- La planificación de las actividades, garantizando el mantenimiento del medio ambiente
- La preservación de las zonas costeras
- El uso sostenible de los recursos naturales

- La preservación de la integridad del ecosistema, su paisaje y su geomorfología
- La reducción y la prevención de los riesgos naturales y el cambio climático
- Garantizar la coherencia de la toma de decisiones públicas y privadas que puedan afectar a la zona.

Integración en la GIZC

La integración en la GIZC se produce entre los niveles que la componen con 5 tipos de integración (Cicin-Sain, 1993): (i) con los sectores que operan dentro de las actividades humanas; (ii) con los componentes que conforman el entorno físico (tierra y agua); (iii) con los niveles de gobierno a nivel local, regional y nacional; (iv) con los propios estados a nivel supranacional; y (v) entre todas las disciplinas, es decir todos los medios de conocimientos científicos, culturales, tradicionales, políticos y locales.

Debido a la diversidad de la naturaleza y características de los ambientes costeros en el mundo, no es posible crear un marco común para todas las áreas costeras (Thia-Eng, 1993), aunque es posible establecer una metodología (Figura 2.12), que se convierte en un proceso de adaptación continuo.

La definición de las escalas de actuación de las variables en la gestión, depende de las disciplinas desde las que se aborda.

La GIZC se define en el Protocolo relativo a la Gestión Integrada de las Zonas Costeras del Mediterráneo como un proceso dinámico de gestión y uso sostenible, que tiene en cuenta simultáneamente la fragilidad de los ecosistemas y los paisajes costeros, la diversidad de las actividades y los usos, sus interacciones, la orientación marítima de determinados usos y determinadas actividades, así como sus repercusiones a la vez sobre la parte marina que terrestre (Giordano, *et al.*, 2015).

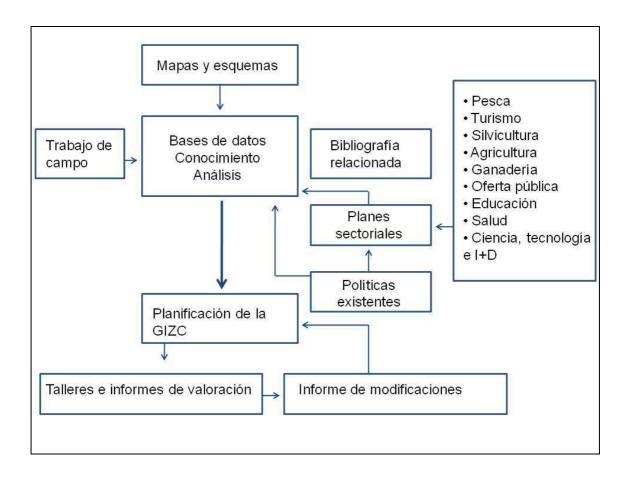


Figura 2.12 Ejemplo de metodología para la planificación de la GIZC. Fuente: elaboración propia a partir de Ramesh y Vel (2011).

El principal reto de la GIZC es armonizar los usos y recursos con la conservación de los valores naturales de la costa (Cortés Macías *et al.*, 2010), para lo que el conocimiento del espacio y sus relaciones es imprescindible. GIZC debe contar con la posibilidad de gestionar y representar la información existente a través de datos espaciales de forma común, con el fin de entender las interacciones entre las actividades humanas y los ecosistemas uniendo el conocimiento científico y la gestión del territorio (Malvárez *et al.*, 2015), lo que presenta un interesante campo de trabajo para los Geógrafos.

Los primeros enfoques de la Gestión Integral de Zonas Costeras tienen su origen en los años 60 con la Ley de Costas de los Estados Unidos. A partir de este momento, tanto gobiernos nacionales como organizaciones internacionales, han llevado a cabo importantes esfuerzos para alcanzar un desarrollo sostenible e integrado de la costa (Malvárez et al., 2015).

3. ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Medio físico

3.1.1 Características físicas generales del litoral de la Región de Murcia

La Región de Murcia se encuentra al sureste de la Península Ibérica, formando parte de la costa mediterránea. Su litoral (Figura 3.1) se extiende desde la playa de El Mojón al norte, que limita con la provincia de Alicante, hasta Punta Parda en el suroeste, límite con la provincia de Almería, sumando 258 km de costa mediterránea que representan algo mas del 3% del litoral español, a los que hay que añadir los 73 km de costa del Mar Menor.

Desde el punto de vista geológico, la Región de Murcia se incluye en el dominio litológico-estructural de las Cordilleras Béticas. En la zona litoral afloran tres complejos tectónicos pertenecientes a las Zonas Internas de esta cordillera, diferenciados por el grado de metamorfismo regional alpino experimentado (Martín-Algarra, 2004): Maláguide (formado por calizas, dolomías y areniscas), Alpujárride (calizas, dolomías, micaesquistos y rocas volcánicas) y Nevado-Filábride (esquistos, pizarras y cuarcitas). Entre los relieves montañosos asociados a estas unidades aparecen una serie de depresiones y llanuras costeras, donde se acumulan materiales neógenos (margas, arcillas, areniscas y conglomerados) y mantos aluviales cuaternarios (limos, arcillas y gravas).

Desde el punto de vista geomorfológico, en el litoral murciano se pueden diferenciar tres grandes sectores: dos mediterráneos y el *lagoon* del Mar Menor. Existe un contraste entre el sector septentrional y meridional del litoral de la Región de Murcia que también se refleja en la plataforma continental. Desde Cabo de Palos hacia el sur su anchura es reducida (entre 6 y 10 km), por el contrario, desde Cabo de Palos hacia el norte es una plataforma bien desarrollada y que se ensancha hasta un máximo de 32 km.

- Sector septentrional

Al norte de el Cabo de Palos, y hasta el límite Septentrional, la orientación de la costa es norte-sur, está constituido por el sistema isla barrera-lagoon de La Manga del Mar Menor, caracterizado por la presencia de playas arenosas continuas y anchas, así como el complejo dunar del Parque Regional de las

Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar (Cavero, 1988; Bardají *et al.*, 2011). La Manga del Mar Menor se presenta como un sobrepuesto somero arenoso formado por el transporte litoral, sobre un sustrato litológico (Lillo Carpio, 1978). El escaso desarrollo del *foredune* en la mayor parte del litoral de la Región de Murcia ha condicionado el desarrollo de dunas. Existen tres lugares con presencia de campos dunares, el Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar, La Manga del Mar Menor y el Parque Regional de Calblanque, todos situados en la parte más oriental de la costa de la Región de Murcia.

- Sector meridional

El sector meridional, desde Punta Parda hasta Cabo de Palos, posee una compleja estructura geológica que se encuentra principalmente condicionada por las estribaciones orientales de los sistemas béticos que se manifiestan con la presencia de numerosas sierras cercanas a la costa con una orientación SW-NE, hasta sumergirse en el saliente del Cabo de Palos. Este relieve ha conformado una singular orografía caracterizada por una serie de valles, corredores y depresiones intermedias, tanto litorales como prelitorales, que determinan una franja costera muy compartimentada por cuencas litorales con cauces efímeros, sistemas propios en todo el sureste de la Península Ibérica (Mateu, 1982), en los que la circulación hídrica sólo ocurre en condiciones de precipitaciones con gran intensidad o magnitud. El sector meridional, puede ser dividido a su vez, en dos partes:

- a. Al oeste entre Cabo de Palos y Cabo Tiñoso, y con directriz oeste-este, se caracteriza por una alternancia de sistemas de rambla-delta y calas, separadas por acantilados.
- Desde Cabo Tiñoso a Punta Parda, con directriz noreste-suroeste, aunque cuenta con calas y playas encajadas, está caracterizado por la presencia de playas más extensas y abiertas al oleaje.

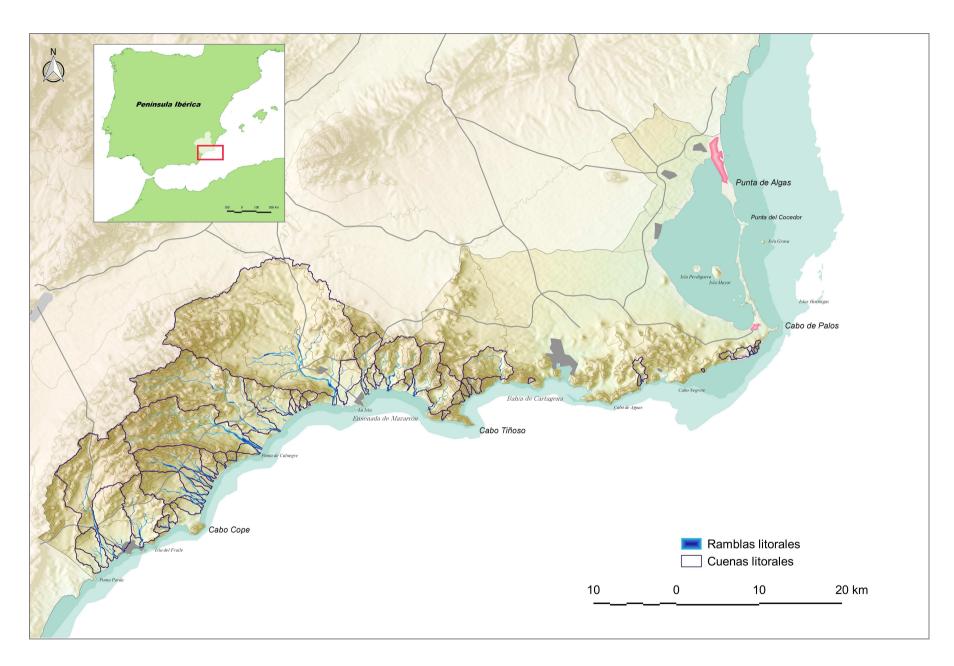


Figura 3.1 Área litoral de la Región de Murcia.

El 26,19% (67,6 km) de la costa corresponden a acantilado alto (de más de 20 m de altura), el 11,82% (11,82 km) es acantilado medio (entre 2 y 20 m de altura), el 6,55% (16,9 km) es costa rocosa baja (menos de 2 m de altura) y el 32,62% (84,2 km) son playas (Ibarra Marinas *et al.*, 2015) (Figura 3.2).

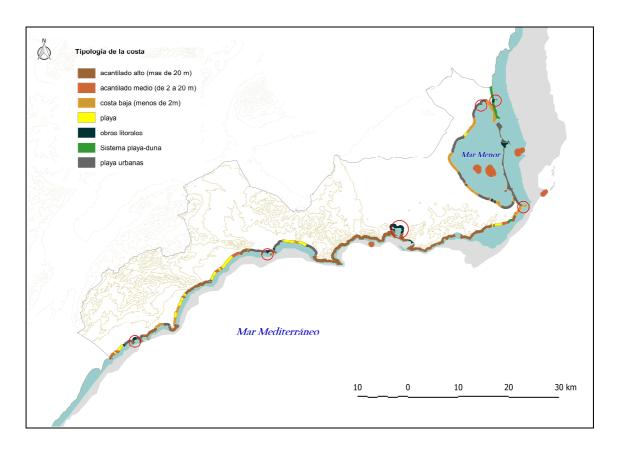


Figura 3.2 Tipología de la costa de la Región de Murcia.

Los fondos marinos son las porciones de tierra que quedan bajo las aguas del mar. En el litoral de la Región de Murcia existen 4 tipos de fondos marinos bien diferenciados (Figura 3.3):

- Fondos de arena: materiales de tamaño medio (entre 0,05 y 2 mm)
 erosionados transportados por el viento, por la dinámica litoral.
- Fondos de fango: Limos y arcilla. Son poco frecuentes ya que debido a su pequeño tamaño (0,05 mm o menor) una vez traspasan la profundidad shoal es difícil que retornen a las zonas someras.
- Fondos de grava: Materiales de tamaño grueso (mas de 2 mm) que se forman cerca de las formaciones rocosas.

 Fondos rocosos: fondos de naturaleza geológica constituidos por afloramientos.

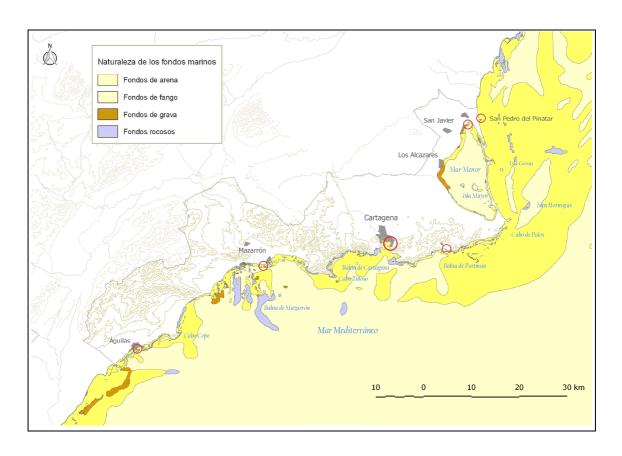


Figura 3.3 Fondos marinos del litoral de la Región de Murcia.

Las diferencias entre el tamaño de los materiales de los fondos marinos del litoral de la Región de Murcia están relacionadas con la batimetría y el tipo de costa del que proceden. En el norte los fondos están compuestos principalmente por materiales arenosos, debido a que la anchura de la plataforma permite el transporte mar adentro, en el resto de la Región, la escasa plataforma hace que destaque la presencia de limos a poca distancia de la costa. En las zonas del litoral próximas a la costa y cercanas a la desembocadura de las ramblas aumenta la presencia de materiales más gruesos. Los fondos rocosos están relacionados con relieves fallados, aunque pueden aflorar de forma aislada. En la costa cercana a Portmán se acumulan 33 millones de m³ de estériles mineros ricos en metales pesados, procedentes del vertido de estériles mineros directamente al mar y el arrastre por las ramblas de la erosión en los pantanos mineros (García Charton y Marcos, 2005).

3.1.1.1 Climatología del litoral de la Región de Murcia

El clima de la Región de Murcia presenta una temperatura media anual en torno a los 20º C. Las condiciones de aridez del litoral son intensas y generalizadas. El Mar Mediterráneo y la proximidad de las costas norteafricanas provocan que buena parte de las advecciones mediterráneas no transporten tanta humedad como las que acceden al norte de las sierras béticas, debido a la menor longitud de recorrido marítimo. Además, el Sureste de la Península Ibérica está muy resguardado de cualquier precipitación de origen atlántico, por lo que las precipitaciones medias anuales no suelen superar los 300 mm con largos periodos secos y escaso número de días Iluviosos (Geiger, 1973; Conesa García y Alonso Sarria, 2006) presentando un régimen pluviométrico marcadamente irregular. La Región de Murcia es, junto con el bajo Guadalquivir, Málaga y Almería, el área peninsular con más horas de sol al año. Los valores del litoral oscilan entre las 365 horas en el mes de agosto y 174 horas en diciembre en San Javier (Conesa García y Alonso Sarria, 2006). De cara al futuro, la evolución de la temperatura media anual muestra una tendencia a la subida de las temperaturas y una reducción de las precipitaciones en la Región de Murcia. Los escenarios presentan un aumento de las temperaturas en torno a 0,5°C para el año 2050 que implicaría una readaptación del escenario biogeográfico (Quereda Sala et al., 2004).

El sector costero del área de estudio está incluido en el territorio limitado por la isoterma de los 18°C y la isoyeta de 300 mm (Lillo Carpio, 1984), aunque en ocasiones tienen lugar lluvias de alta intensidad (Romero Díaz y Maurandi Guirado, 2000), que coinciden con las épocas en las que las ramblas llevan un importante caudal. Las ramblas del SE peninsular poseen unos diez días de circulación hídrica anual (Geiger, 1973) concentrados principalmente en otoño, en respuesta a las precipitaciones.

La temperatura media anual de la zona del sector septentrional de la costa de la Región de Murcia es de 17,1 °C, con inviernos suaves (enero, 10,6 °C; diciembre, 11,3 °C), la temperatura media de verano es de 28 °C. Las mínimas oscilan entre los 7 y 18 °.

La dinámica climática de la Región de Murcia, provoca situaciones de tiempo generadoras de gran inestabilidad. Las grandes crecidas de los cursos de agua van unidas a periodos de lluvias largas e intensas (López-Bermudez et al., 1979) y, sobre todo, a episodios de alta intensidad, corta duración y una distribución espacio-temporal extremadamente variable (Llasat, 2001; Beguería et al., 2009) Las inundaciones en las zonas semiáridas, a pesar de su poca frecuencia, pueden tener grandes efectos geomorfológicos de erosión y sedimentación (Hooke y Mant, 2000) debido a su alta energía.

Existen pequeñas diferencias entre los municipios del litoral (Tabla 3.1). En términos generales, las temperaturas ascienden y las precipitaciones descienden hacia el este.

Tabla 3.1 Climas de los municipios litorales de la Región de Murcia.

Municipio	Temperatura media anual	Precipitación anual	Tipo Köppen- Geiger
San Pedro del Pinatar	18,2 °C	299 mm	BSh
San Javier	18,2 °C	303 mm	BSh
La Unión	17,8 °C	313 mm	BSk
Cartagena	18,2 °C	296 mm	BSh
Mazarrón	17,9 °C	287 mm	BSk
Águilas	18,1 °C	266 mm	BSh

San Pedro del Pinatar está dominado por un clima de estepa local (Figura 3.4) que se puede clasificar como BSh por el sistema Köppen-Geiger La temperatura media anual se encuentra en torno a los 18,2 °C con 299 mm de precipitación. La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 51 mm y la amplitud térmica de las temperaturas medias anuales varía 15,1 °C.

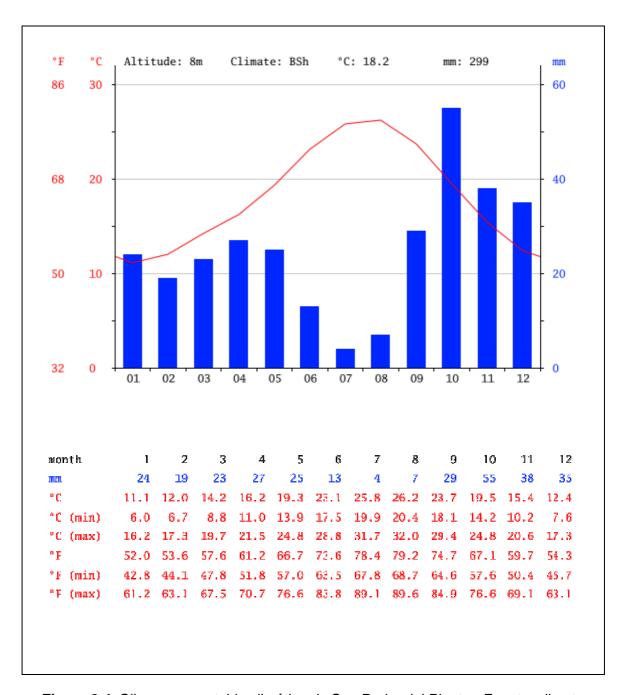


Figura 3.4 Climograma y tabla climática de San Pedro del Pinatar. Fuente: climatedata.org

Con 4 mm, julio es el mes mas seco de San Javier (Figura 3.5). Mientras que en el mes de octubre se dan las mayores precipitaciones del año que alcanzan 54 mm. La temperatura media anual es de 18,2 °C, con unas precipitaciones anuales en torno a los 303 mm. El mes más caluroso del año es agosto con un promedio de 26.1 °C y las temperaturas mas bajas se dan a mediados del mes de enero con medias de 11.0 °C.

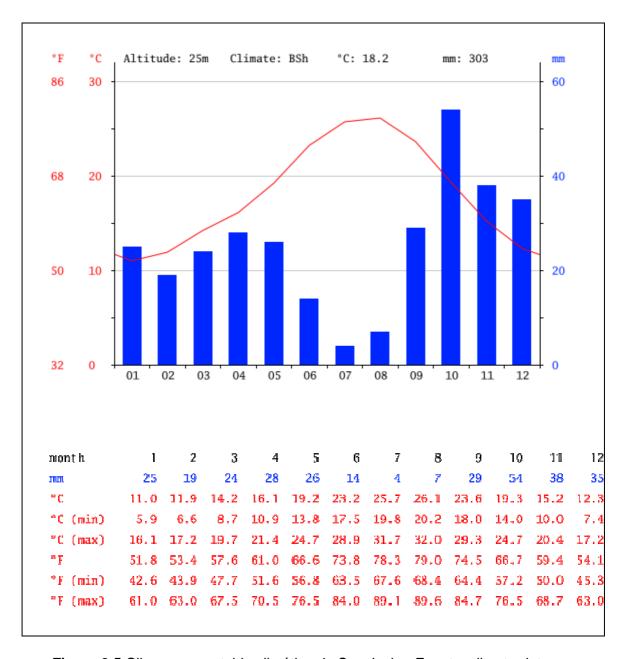


Figura 3.5 Climograma y tabla climática de San Javier. Fuente: climate-data.org

El clima de La Unión se clasifica como BSk (Figura 3.6). La temperatura media anual es de 17,8 °C con 313 mm de precipitación anual. El mes más seco es julio, con 4 mm, y octubre el más lluvioso con 52 mm. Con un promedio de 25,7 °C el mes más caluroso del año es agosto y las temperaturas medias más frías se dan en enero, con 10,7 °C. La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el más lluvioso es de 48 mm y la variación de las temperaturas medias varían 15,0 °C anualmente.

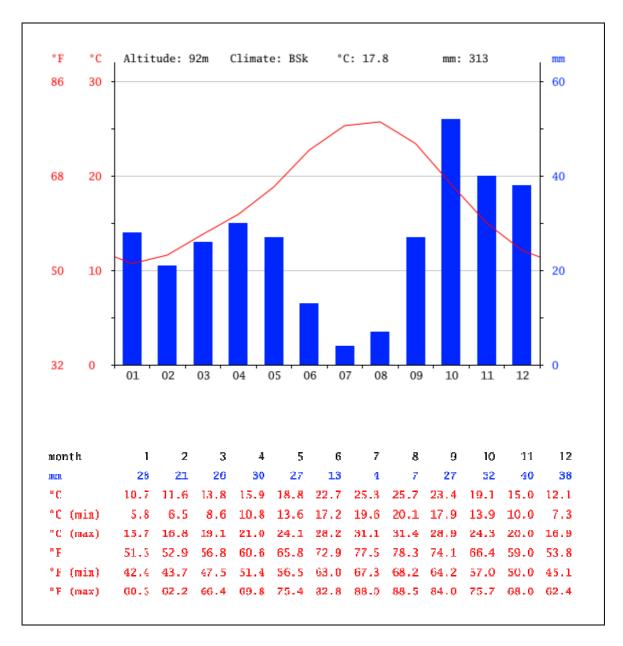


Figura 3.6 Climograma y tabla climática de La Unión. Fuente: climate-data.org

El clima de Cartagena (Figura 3.7) está clasificado como BSh. La temperatura media anual se sitúa en torno a los 18,2 °C y las precipitaciones anuales apenas alcanzan 296 mm. El mes más seco es julio, con 3 mm y octubre el más lluvioso con 49 mm. El mes mas frío es enero con 11 °C, en agosto la temperatura media es de 26 °C. La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 46 mm. Las temperaturas medias tienen una variación anual de 15,0 °C.

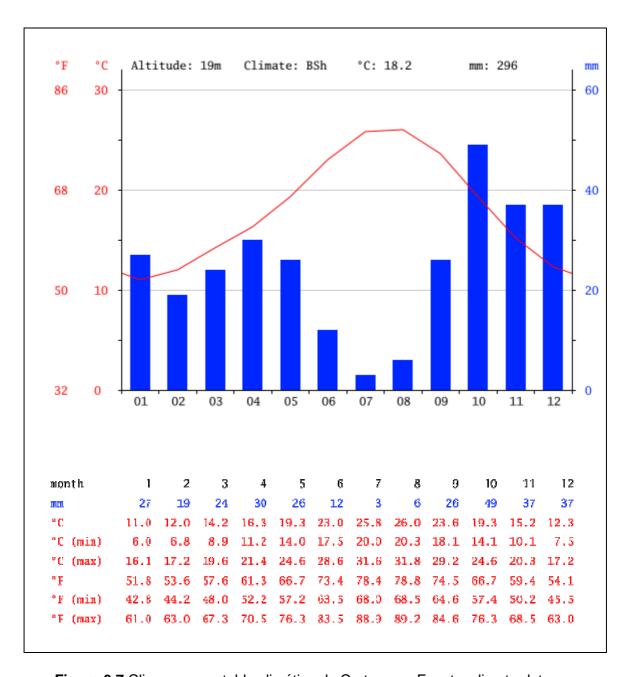


Figura 3.7 Climograma y tabla climática de Cartagena. Fuente: climate-data.org

El clima de Mazarrón se corresponde al BSk (Figura 3.8). Las temperaturas medias anuales se sitúan en los 17,9 °C con unas precipitaciones de 287 mm anuales. Agosto es el mes mas seco con 3 mm. Los 45 mm de media de octubre hacen que este sea el mes más húmedo. Agosto con 26,0 °C y enero con 10,0 °C son los meses en los que se dan las mayores y menores temperaturas medias respectivamente. La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 42 mm. Las temperaturas medias varían durante el año 15.3 °C.

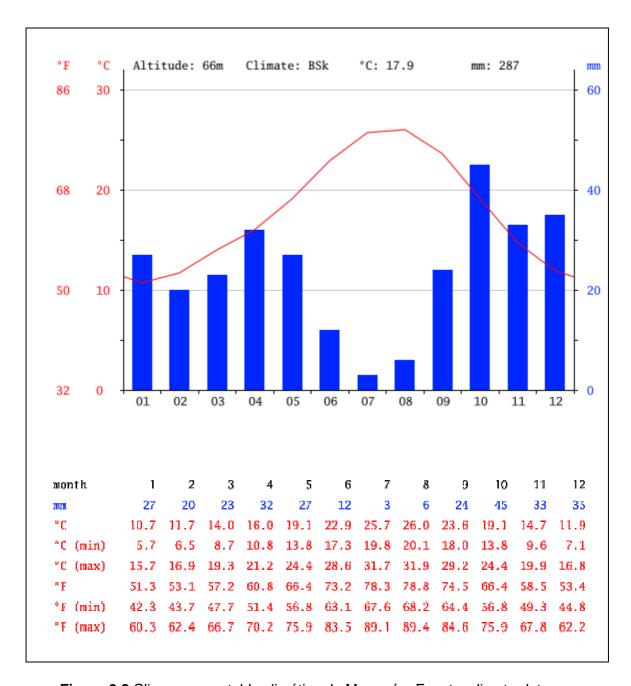


Figura 3.8 Climograma y tabla climática de Mazarrón. Fuente: climate-data.org

Águilas posee un clima de estepa local clasificado como BSh (Figura 3.9). La temperatura media anual se encuentra en torno a los 18,1 °C. Los escasos 266 mm de precipitación le convierten en el clima mas seco del litoral de la Región de Murcia, en el mes mas seco, agosto las precipitaciones están en torno a los 2 mm mientras que octubre, el mas lluvioso, apenas alcanza los 45 mm. La amplitud térmica de las temperaturas medias anuales varía 15,0 °C y la diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 39 mm.

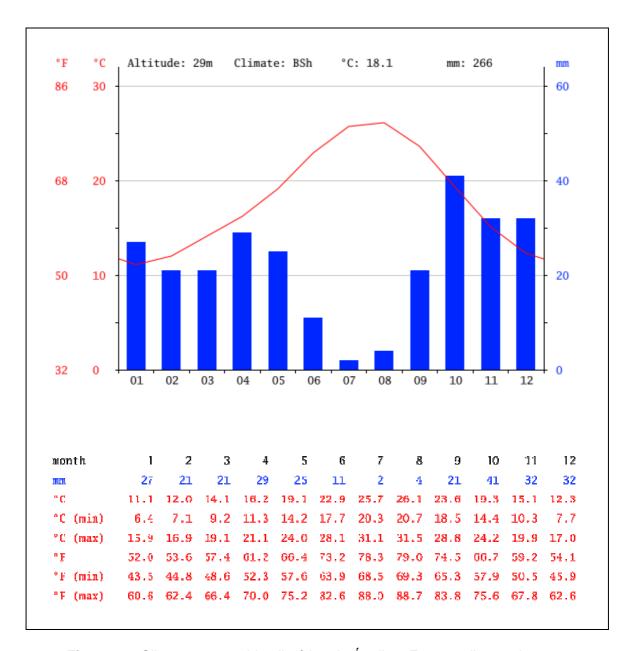


Figura 3.9 Climograma y tabla climática de Águilas. Fuente: climate-data.org

A pesar de que las temperaturas son similares, el litoral de la Región de Murcia presenta diferencias climáticas en cuanto a precipitaciones y horas de sol. Las primeras aumentan hacia el oeste, siendo los municipios situados al este los más secos, debido a su situación a sotavento de las sierras litorales. Contrastan los 303 mm anuales de San Javier con los 266 mm de Águilas. En cuanto a la clasificación climática de Köppen, los climas se sitúan dentro de los climas esteparios.

3.1.1.2 Características generales de la dinámica del litoral de la Región de Murcia

- Régimen mareal:

Según el método ROM 03-91, para Oleaje y Atlas de Clima Marítimo en el Litoral español (Dirección General de Puertos, 1992). El litoral de la Región de Murcia se encuentra ubicado en las zonas VII_a , al norte de Cabo de Palos y V_b en el resto del litoral de la región (Figura 3.10).

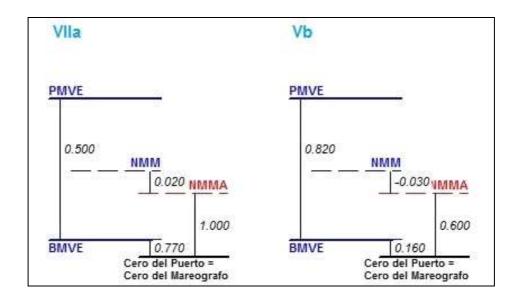


Figura 3.10 Niveles de referencia para la zona VIIa y Vb.

Las playas de la Región de Murcia, poseen una carrera de marea inferior a 2 m por lo que se trata de playas micromareales (Davies, 1964) los valores de las diferencias entre la pleamar media viva equinoccial (PMVE) y la bajamar media viva equinoccial (BMVE) son 0,500 m y 0,820 m respectivamente, aunque en el Mediterráneo las mareas varían temporalmente. El valor de la PMVE se ha calculado como la media de los niveles máximos de 50 años. Las mareas del litoral de la Región de Murcia presentan una amplitud decreciente hacia el este, al incrementarse la distancia con el océano atlántico.

-Vientos

Los vientos del primer cuadrante son los predominantes en la Región, seguidos de los del tercer cuadrante. Los más conocidos son el Lebeche (SW) y el Levante (E).

- Batimetría

La batimetría regional está condicionada por la situación del litoral, en el extremo oriental de las cordilleras béticas. Se pueden diferenciar dos áreas con diferente pendiente. Desde el límite de la región con Alicante al Cabo de Palos, presenta una batimetría muy tendida que contrasta con la acusada pendiente del litoral meridional. El Mar Menor posee una profundidad máxima de 7m y su batimetría es prácticamente llana.

Al norte de Cabo de Palos la plataforma alcanza 32 km en los esculls del Mojón. Al sur de Cabo de Palos la plataforma se estrecha hasta algo más de 10 km frente a las playas de Calblanque.

La plataforma continental del litoral sur de Murcia es reducida, su anchura varía entre los 7 km en Puntas de Calnegre, y los 2'5 km en Cabo Tiñoso. El borde de la plataforma se encuentra entre los 100 y 200 m de profundidad, según la zona. Presenta importantes diferencias de pendiente de unos fondos a otros, junto con numerosas elevaciones rocosas que en algunos casos se elevan por encima de la superficie del mar y dan lugar a islas, islotes, esculls o chapas, configuran una topografía superficial de la plataforma de nuestro litoral nada homogénea. El talud continental es estrecho y su continuidad se rompe por una serie de cañones submarinos de fuerte pendiente. A partir del talud se extiende la llanura abisal argelino-balear.

- Oleaje

Las redes de boyas de Puertos del Estado (Ministerio de Fomento) proporcionan valiosa información sobre la dinámica del oleaje, vientos y niveles del mar. El oleaje que modela las playas de la Región de Murcia es de baja energía. En casi todas las áreas domina el oleaje procedente del Este. Los sentidos de la deriva litoral más frecuentes son de norte a sur y de este a oeste. La dinámica litoral de la Región de Murcia cumple unas pautas generales en cuanto a las alturas de ola y periodo asociado. Las mayores diferencias se encuentran entre el litoral norte y sur, siendo el punto de inflexión Cabo de Palos. Las boyas de registros más próximas a la costa de la Región de Murcia (Figura 3.11) son las SIMAR 2077094, frente a San Pedro del

Pinatar; La boya de Cabo de Palos; la SIMAR 207089, frente a Cabo Cope y la SIMAR 2073090, frente a Cartagena.

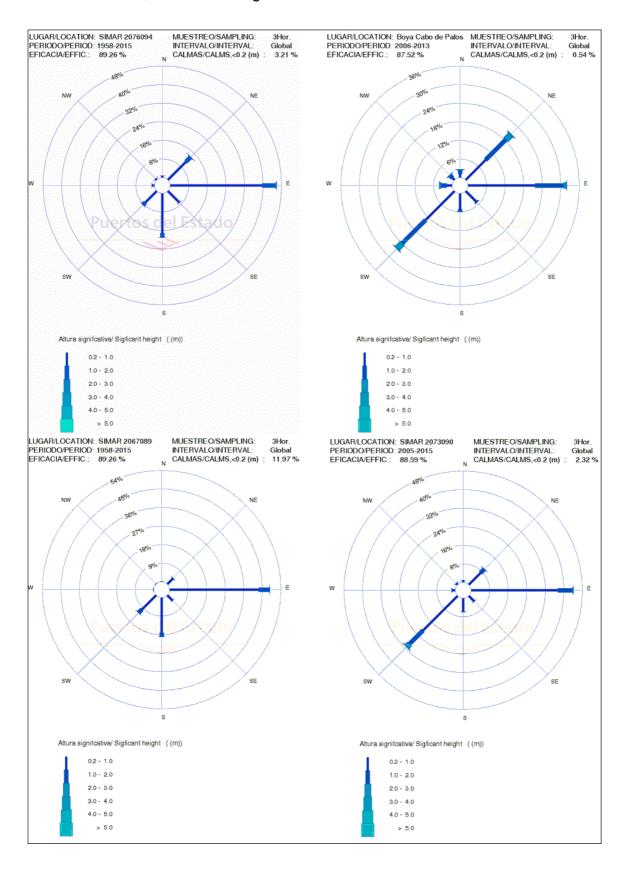


Figura 3.11 Boyas de distribución del oleaje. Fuente: Puertos del Estado.

3.1.2 El litoral Septentrional

3.1.2.1 El mar Menor

El Mar Menor es una laguna costera (*lagoon*) con una superficie de 135 km², con una anchura máxima de 10 km y una longitud de 22 km. Su profundidad máxima es de menos de 7 m, mientras que la media oscila entre los 4 y 5 m. Actualmente el intercambio de agua entre el Mediterráneo y el Mar Menor es posible por los canales de Las Encañizadas, El Estacio y Marchamalo (López Castejón & Gilabert Cervera, 2012). Los fondos del Mar Menor son fundamentalmente blandos (fangos), siendo escasos los fondos de arena y roca. La laguna representa el 90% de los humedales y láminas de agua de la Región de Murcia y su importancia es vital para el desarrollo de espacios naturales y sus ecosistemas en el sureste peninsular (Pérez-Cutillas, 2013).

El litoral del Mar Menor está ubicado en el área conocida como el *Campo de Cartagena*, una llanura cuaternaria con una suave pendiente hacia el este. Este espacio está rodeado por las Sierras de Cartagena, Carrascoy-El Valle y Columbares, formaciones de mediana altitud que presentan fuertes pendientes. Además de las sierras, los hitos montañosos, denominados *"cabezos"* destacan en la llanura. Los cabezos están considerados lugares de interés geológico (LIG). Los más importantes son el Cabezo Gordo, que además posee un yacimiento paleoantropológico de primer orden con restos neandertales, la Sima de las Palomas, y la mayor elevación en las inmediaciones del Mar menor: el Cabezo del Carmolí, una estructura de origen volcánico. La red de drenaje está formada por ramblas que desembocan en el Mar Menor, las principales son las de Los Alcázares, Miranda, Beal, Albujón, Carrasquilla y Siete Higueras.

El Mar Menor se terminó de formar en el Cuaternario (Mas, 1994), después de una serie de cambios en el nivel del mar que tuvieron lugar durante el Tortoniense (Figura 3.12), y que provocaron la inundación por el mar de una cubeta sedimentaria en la que intervinieron el glacioeustatismo y la actividad tectónica, hasta aislar la antigua bahía mediterránea, integrándola en la actual laguna.

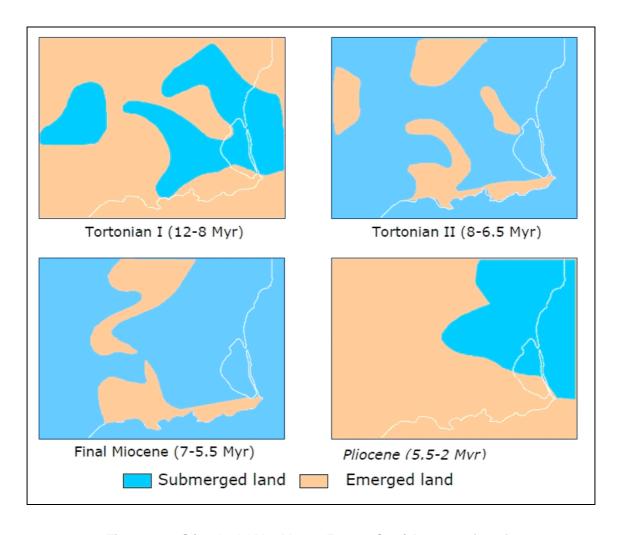


Figura 3.12 Génesis del Mar Menor. Fuente: Serrá Raventos (2006).

Con el tiempo las corrientes fueron arrastrando y acumulando arena en los islotes volcánicos hasta formar La Manga, una restinga arenosa apoyada sobre un sustrato rocoso (Lillo Carpio, 1977). El sistema de compresión Cuaternario contribuyó al desplazamiento hacia la tierra de las barreras de arena que encierran el Mar Menor. (Díaz del Río, 1990).

Los volcanes submarinos formaron las islas Grosa, Mayor, Perdiguera, Ciervo, Sujeto y Redonda. En tierra también emergió el Monte Carmolí. La dinámica litoral del Mar Menor (Figura 3.13) sigue el sentido contrario a las agujas del reloj, salvo en el norte de la laguna.

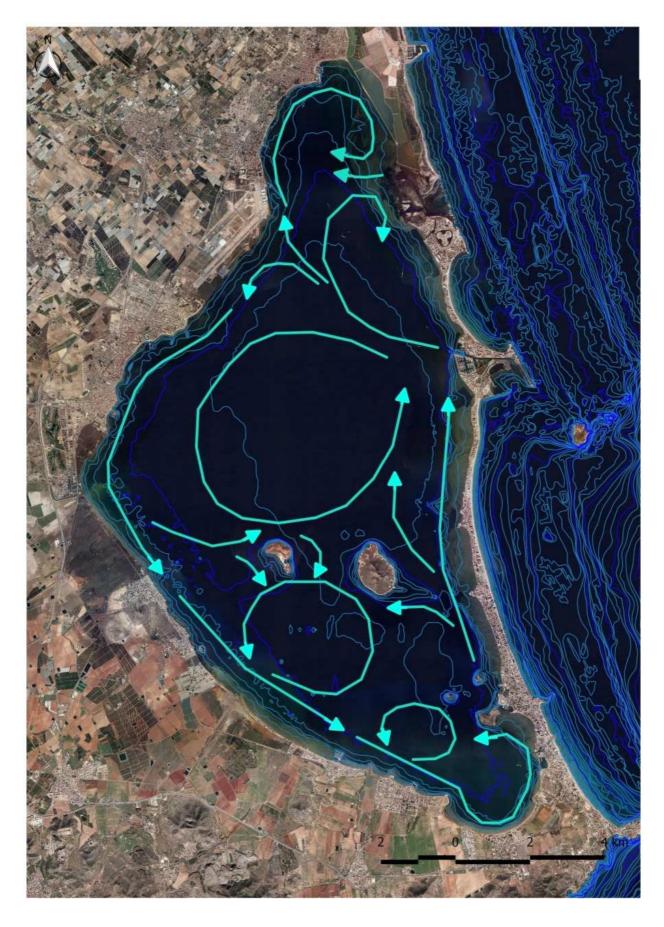


Figura 3.13 Batimetría y corrientes del Mar Menor.

3.1.2.2 La Manga del Mar Menor

La Manga se presenta como un sobrepuesto somero arenoso determinado por el oleaje y los aportes de las corrientes sobre un sustrato litológico (Lillo Carpio, 1978), que se extiende desde el flanco noroeste de Cabo Palos, con el comienzo de la costa acantilada pliocuaternaria, hasta El Mojón, situado al norte del litoral de la Región de Murcia, separando el lagoon del Mar Menor del Mar Mediterráneo. Posee una longitud de 20 km y una anchura que varía entre los 120 m en Matas Gordas y algo más de 1 km en los extremos norte y sur.

La sedimentación del sustrato arenoso se llevó a cabo de forma paralela a la formación del Mar Menor durante el cuaternario, apoyándose en los esquistos paleozoicos, rocas volcánicas y areniscas miocénicas. Hasta la formación de La Manga, en la bahía previa a la formación del Mar Menor, el desplazamiento de los sedimentos por parte de la dinámica litoral, se vio reducida por la presencia de rocas que surgieron tras una serie de erupciones volcánicas que formaron islas. Estas fueron reteniendo las arenas procedentes de las ramblas litorales y finalmente formaron la barra. El transporte longitudinal y el transversal, fue en ocasiones simultáneo, provocado por la acción del oleaje, sobre una plataforma con una batimetría de pendiente suave.

La fachada mediterránea del Norte de la Manga, presenta una costa llana, sin accidentes destacables, en la que la acumulación de arenas ha dado lugar a la formación de dunas y algunos enclaves de costa baja rocosa, los *Escull*, localizados en la zona de Las Encañizadas, paso original de comunicación entre el Mar Mediterráneo y el Mar Menor, hasta la apertura, de golas artificiales que tuvieron en principio fines pesqueros. Según Gerónimo Hurtado, En el año 1584 existían 12 golas (Ferrándiz Araujo, 1976). Actualmente existen 5 golas: Marchamalo (único canal totalmente artificial), Charco, La Torre, el Ventorrillo y el Estacio producto del dragado, en los años 70 de una gola anterior, este último ha contribuido al descenso de temperatura y la salinidad del Mar Menor al aumentar la entrada de agua desde el Mar Mediterráneo.

Al sur de La Manga del Mar Menor cabe destacar el área de las Amoladeras donde existen playas fósiles de diferente antigüedad.

Pese a la teórica protección de su medio ambiente el Mar Menor sufre en la actualidad una gran presión antrópica, acelerada por los residuos procedentes de la agricultura que causan la degradación de este tipo de sistemas (Barnes, 1980; Romero Díaz y García Fernández, 2007).

- Sistemas dunares

La actividad de los frecuentes vientos de Levante ha desarrollado este sistema dunar, que es el mas importantes de la Región de Murcia y uno de los más valiosos del sureste de la Península Ibérica (Barjadí *et al.*, 2011). Los sistemas dunares del litoral septentrional del Mar Menor han ido desapareciendo debido a la proliferación de residenciales a partir de las últimas dos décadas del S.XX. Las áreas con sistemas dunares más desarrolladas son la Playa del Mojón, las playas de la Llana y en menor medida la Ensenada del Esparto y las Amoladeras. Aunque todos estos sistemas se encuentran en estado de regresión.

3.1.3 El litoral meridional

Al oeste de Cabo Tiñoso, el litoral se caracteriza por la presencia de un conjunto de ramblas de cuencas que drenan el mar Mediterráneo, a pesar de tratarse de unidades de drenaje elementales y estar escasamente desarrolladas, sus fuertes pendientes les confieren un índice de torrencialidad alto (Boulton y Suter, 1986; García Lorenzo, 2010), en épocas de crecida.

3.1.3.1 El litoral de las sierras de Cartagena

Se trata de una costa con un relieve muy accidentado y pocas playas arenosas, casi siempre protegidas por los relieves, salvo la zona de Calblanque, de playas más abiertas. La morfología litoral de Calblanque es muy variada, ya que presenta sistemas de dunas, paleodunas, saladares, charcas salineras, acantilados y arenales. Al oeste de Cabo de Palos la playa de Calnegre, que cierra una depresión, que fue aprovechada para la ubicación de las salinas del Rasal y que tiene su origen en una antigua laguna situada entre un cordón dunar (actualmente fósil) y las sierras de Cartagena.

Al oeste de la Bahía de Cartagena destaca la presencia de calas e islotes como la Isla de las Palomas (Figura 3.14) y la ausencia de playas de gran superficie.



Figura 3.14 Isla de las Palomas, al oeste de la Bahía de Cartagena.

Ramblas de la Bahía de Cartagena

Las ramblas del área de Cartagena (desde Cabo de Palos hasta Cabo Tiñoso), poseen una longitud relativamente corta con una elevada pendiente. Estos factores aumentan la erosividad de sus cauces y la capacidad de transporte, las cuencas asociadas a estos barrancos y ramblas además de tener un tamaño reducido están muy bien definidas. Entre los cauces cuyos aportes alimentan las playas mediterráneas destacan los situados al este, las ramblas del Arenque, Portmán y El Gorguel. Estas ramblas, de formas redondeadas, están limitadas al sector sureste de la ciudad y puerto de Cartagena, alimentadas al sur por la Sierra de la Fausilla y al norte, por el cerro de la Campana, cerro de la Albolaga y Cabezo de la Porpuz.

La cuenca asociada a la Rambla del Cañarete posee una extensión de 72 km² siendo la mayor entre el Cabo de Palos y la Sierra de Almagrera. El sistema consta de dos cauces principales (Pérez Morales, 2008). El área está

dominada por el Atalayón de Chuecos que, con 826 m, es el punto más elevado y alejado de la costa.

En el oeste las ramblas y barrancos litorales están menos desarrollados (Figura 3.15), aunque destacan la rambla de Benipila, que atraviesa la ciudad de Cartagena, la Rambla del Portús, continuación de la Rambla del Cabezo Negro y el Barranco de la Muela.



Figura 3.15 Ramblas del sector occidental de la Bahía de Cartagena.

3.1.3.2 Ensenada de Mazarrón

La Ensenada de Mazarrón se extiende al oeste de Cabo Tiñoso hasta el núcleo del Puerto de Mazarrón. El litoral se caracteriza por la presencia de un conjunto de cuencas, cuyas ramblas drenan el mar Mediterráneo, entre las que destaca por su extensión la rambla de las Moreras. A pesar de tratarse de unidades de drenaje elementales y estar escasamente desarrolladas (Boulton y Suter, 1986; García Lorenzo, 2010), sus pendientes les confieren un índice de torrencialidad alto en épocas de crecida. Las sierras que rodean la ensenada se disponen de manera oblicua a la línea de costa y constituyen la divisoria de aguas de las

cuencas que se formaron tras una serie de transgresiones marinas en la que el nivel del mar llegó a subir 120 m. La morfología actual de la costa se formó a partir de la última glaciación cuaternaria (Figura 3.16) (Dabrio, 1981). En la actualidad, parte de los sustratos marinos han quedado expuestos formando acantilados. La línea actual se formo a partir de la distribución de material erosionado (Figura 3.17) procedente de las ramblas litorales a lo largo de la costa original.



Figura 3.16 Evolución paleográfica hipotética del Puerto de Mazarrón desde hace 8.000 años (arriba) hasta la actualidad, transgresión flandriense. Fuente: Elaboración propia a partir de Dabrio (1981).

Cuenca de la Rambla de las Moreras

La cuenca de la Rambla de las Moreras es la mayor del área de estudio (284 km²). Los materiales que la componen proceden de la sedimentación margo-arcillosa y areniscosa procedente de la regresión marina y de la posterior transgresión pliocena (Pérez Morales, 2007). Esta rambla cuenta con una densa red de drenaje. Los principales cauces de la compleja red de la Rambla de las Moreras son las ramblas del Reventón, de la Majada, Atalaya y el Coto por la derecha y las ramblas de la Fuente de la Pinilla, Yeseras, Algarrobo y Rincones. La geometría de esta red es palmeada asimétrica y al contrario que en el resto de las cuencas del litoral sur su perímetro es de forma redonda-ovoide. La cuenca posee una jerarquización progresiva de los cursos y en las crecidas aumenta su caudal a medida que discurre aguas abajo. La rambla de las moreras tiene, por estos motivos, un potencial alto de riesgo de avenidas.



Figura 3.17. Cuenca y principales cauces de la rambla de las Moreras.

La distribución de los sedimentos, se realizó por el efecto de oleajes guiados por jaloques (vientos del sureste) y lebeches (vientos del suroeste), en un primer momento el transporte formó barras de arena (restingas) que aislaban del mar pequeñas lagunas costeras, que antes de su desecación fueron utilizadas para la explotación de salinas. Las islas litorales completaron la actual disposición de la costa, provocando la refracción del oleaje, la formación de tómbolos y la definición del litoral actual.

Los agentes erosivos han modelado los depósitos de carbonatos marinos depositados durante el Terciario, como es el caso de las Gredas de Bolnuevo (Figura 3.18), declarado Lugar de Interés Geológico de la Región de Murcia.



Figura 3.18 Gredas de Bolnuevo. Fotografía: cortesía del Ayuntamiento de Mazarrón.

3.1.3.3 Litoral de las ramblas de Villalba, Pastrana y Ramonete

Este sector está repartido entre los municipios de Mazarrón y Lorca y se caracteriza por la presencia de un conjunto de cuencas por las que discurren las ramblas de Villalba, Pastrana y Ramonete, las cuales, a pesar de tratarse de unidades de drenaje elementales y estar escasamente desarrolladas, poseen un elevado índice de torrencialidad (Boulton y Suter, 1986; García

Lorenzo, 2010), en épocas de crecida. Se trata de una costa poco accidentada, con playas de pendientes fuertes formadas por materiales principalmente gruesos, procedente de las ramblas, salvo en el caso de la Playa de Percheles (Figura 3.19) con sedimentos más finos procedentes de un campo dunar.

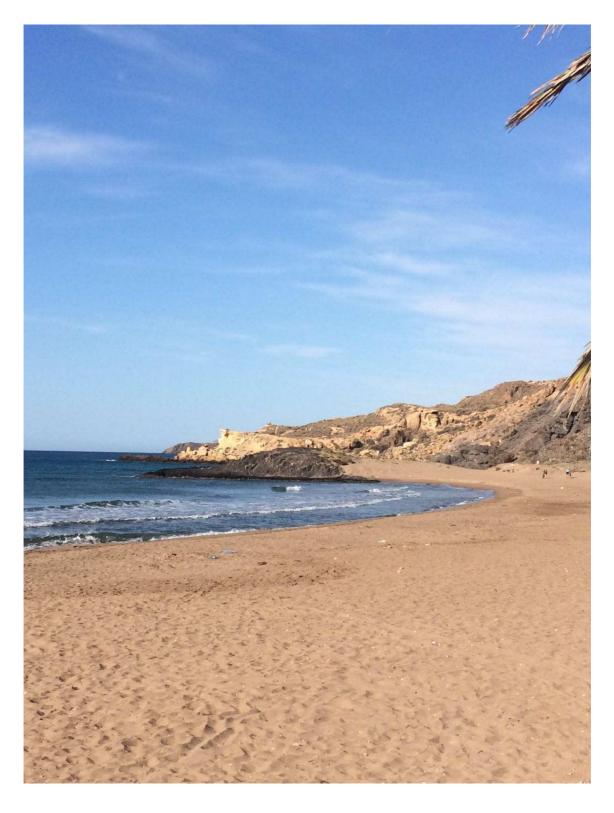


Figura 3.19 Playa de Percheles.

Las cuencas de las ramblas están constituidas por materiales terciarios y cuaternarios y se encuentran limitadas al norte por la Sierra de Almenara, Sierra de las Moreras, formada por las unidades de Talayón y Los Llanos y la Sierra de las Herrerías. Al este, nuevamente por la Sierra de Almenara y al Sur por el Lomo de Bas, formado por materiales metamórficos (pizarras, cuarcitas y micaesquistos) que han dado nombre a la Punta de Calnegre (Romero Díaz y Belmonte Serrato, 2002). La unidad de Ramonete separa las cuencas de las ramblas y está compuesta fundamentalmente por filitas coloreadas y cuarcitas, presentando en la parte superior esquistos y yesos.

El cauce principal de la Rambla de Villalba se desarrolla al sur de la Sierra de las Moreras, donde se encuentra su cabecera a 180 m sobre el nivel del mar, pierde desnivel al tomar contacto con una superficie neógena (Pérez Morales, 2008) hasta llegar al mar. La rambla de Pastrana desarrolla sus 23 km recogiendo los cauces de pequeñas subcuencas formadas por barrancos, hasta su desembocadura en la playa de las Chapas. La cuenca de Ramonete está situada al sur del sector, contiene dos cauces que discurren de manera casi paralela hasta unirse formando un único cauce (rambla de Ramonete) a 2 km de la desembocadura entre las playas de Parazuelos y Puntas de Calnegre.

3.1.3.4. Marina de Cope y litoral de Águilas

Los límites de la Marina de Cope, Cabo Cope, al Sur y Puntas de Calnegre, al Norte, se encuentran incluidos en los municipios de Lorca y Águilas. Las cuencas están limitadas por los relieves de Lomo Bas, Sierra de Bas, Sierra de la Cuesta de Gos, Cerro de la Peña Rubia, Barranco de los Lobos, Loma de los Peñones, Barranco del Carvajal y el Cocón de Cabo Cope, y cuentan con un área de 68,5 km².

A pesar de guardar ciertas similitudes con el área de las ramblas de Villalba, Pastrana y Ramonete las cuencas, los accidentes geográficos de su litoral y las playas de la Marina de Cope tienen aspectos diferenciados. Los relieves permiten la existencia de un mayor número de divisorias de aguas, al margen de las sierras litorales, por lo que las cuencas de las ramblas litorales son más

numerosas y más estrechas. Las mismas estructuras de relieve favorecen la presencia de un gran número de playas encajadas en la costa.

Las ramblas discurren sobre un glacis elevado sobre el nivel marino actual (Belmonte Serrato *et al.*, 2011), dando lugar, en algunas áreas, a una costa acantilada de entre 1 y 5 m con elevada presencia de playas fósiles.

El litoral de Águilas continúa hacia el sur del Cabo de Cope, hasta el límite con Almería, una costa accidentada por cabos, promontorios e islotes, como la Isla del Fraile. Las Cuencas de las ramblas litorales son más anchas que las de Marina de Cope y de menor longitud que las ramblas de Villalba, Pastrana y Ramonete, a excepción de la rambla de Mengano, cuya amplia cuenca se estrecha varios kilómetros antes de su desembocadura. También destaca la importancia de las ramblas del Charco (Figura 3.20) y de las Culebras, ambas desembocan en el núcleo de población de Águilas, la primera en la Playa de las Colonias y la segunda en la Playa de las Delicias.



Figura 3.20 Rambla del Cañarete en su desembocadura en playa de las Colonias.

3.1.4. Medio natural del litoral de la Región de Murcia

El litoral de la Región de Murcia cuenta con una enorme variedad ambiental (Figura 3.21). Cabe destacar los siguientes espacios protegidos:

Espacios protegidos por convenios internacionales

Ramsar y ZEPIM

Parte del área litoral de la Región de Murcia está incluido en dos Convenios Internacionales: la Lista de Humedales de Importancia Internacional del Convenio Ramsar (Lagunas de Las Moreras y Entorno del Mar Menor) y en aplicación del protocolo sobre Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo, elaborado en el Convenio de Barcelona, se declara en 2001 la ZEPIM del Mar Menor (Ballesteros Pelegrín, 2014a).

Espacios protegidos por la Unión Europea

LIC y ZEPA

Según la directiva 92/43/CEE de la Unión Europea. Los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) son zonas de Europa designadas de interés comunitario por su potencial contribución a restaurar el hábitat natural, incluyendo los ecosistemas y la biodiversidad de fauna y flora silvestres. Estos lugares, seleccionados por los diferentes estados miembros en base a estudios científicos, pasan a formar parte de las Zonas Especiales de Conservación, que se integrarán en la Red Natura 2000.

ZEPA ES0000175 y LIC ES0000175, Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar. Situado en el norte del litoral de la Región de Murcia, dentro del municipio de San Pedro del Pinatar. Se trata de un complejo de humedales formado principalmente por extensas superficies destinadas a la explotación salinera y sistemas ecológicos adyacentes de gran interés (Ballesteros Pelegrín, 2014b), la presencia de especies de aves de interés hicieron que fuese declarado como ZEPA en 1998 (Ballesteros Pelegrín, 2013). Cuenta con una extensión de 496 ha.

ZEPA ES0000260 Mar Menor. Designado ZEPA en 2001 con una superficie de protección de de 14.526,56 ha. El Mar Menor está declarado también como LIC ES6200006 y contiene los espacios abiertos e islas del Mar Menor (LIC ES6200030), una serie de parajes protegidos con una superficie de 15.0000

ha que además posee una gran relevancia y presión turística (Cebrián Abellán, 2004)

ZEPA ES0000200, Isla Grosa. Está situada en el Mediterráneo, frente a La Manga del Mar Menor, dentro del municipio de San Javier. Como otras islas del área del Mar Menor es de origen volcánico, ocupa una superficie de 17,5 ha y forma parte del LIC ES6200007 Islas e Islotes del Mediterráneo (Robledano y Calvín-Calvo, 2003).

ZEPA ES0000199, LIC ES6200025 Sierra de la Fausilla. Esta sierra se encuentra al sur de la Región de Murcia, dentro del término municipal de Cartagena situada al este de la ciudad en el entorno de la bahía de Escombreras (Lillo Carpio y Rodríguez Estrella, 1996). Tiene una superficie de 791 ha.

LIC ES6200031, Cabo Cope, LIC ES6200035, Sierra de Almenara y ZEPA ES0000261, Almenara-Moreras-Cabo Cope. Sierra litoral acantilada situada en el municipio de Cartagena. En él destaca la vegetación halófila y comunidades vegetales de gran biomasa como el bosque de taray (Belmonte Serrato *et al.*, 2013). La ZEPA que se solapa al LIC es un sistema de sierras perteneciente a los municipios de Mazarrón, Lorca y Águilas. La superficie total de la ZEPA es de 22.350 ha que incluyen el LIC ES620024, Cabezo de Roldan. Hacia el sur el litoral está compuesto por acantilados y calas, donde el Lugar de Importancia Comunitaria Medio Marino (código ES6200048) le da continuidad.

ZEPA ES0000264, La Muela-Cabo Tiñoso. Situada en el municipio de Cartagena. Cuenta con una superficie de 10.925,40 ha.

LIC ES6200040, Cabezo del Pericón. Situado al norte de la Sierra de la Muela-Cabo Tiñoso.

LIC ES6200012, Calnegre. Se extiende por la vertiente costera de Lomo de Bas con una costa acantilada media y pequeñas calas.

LIC ES6200011, Sierra de las Moreras. Se trata de un frente costero de acantilados bajos, playas y calas. Posee gran variedad de comunidades

vegetales Entre las poblaciones de fauna destaca la presencia de tortuga mora (*Testudo graeca*).

LIC ES6200010, Cuatro Calas. Es un criptohumedal litoral situado en el extremo meridional del litoral regional, en el límite con la provincia de Almería. El área presenta una notable vegetación halófila y termófila.

LIC ES6200001, Calblanque, Monte de la Ceniza y Peña del Águila. Se trata de un aérea con gran variedad geológica que incluye zona de playas, arenales, dunas, paleodunas, acantilados y calas. Además posee una gran diversidad ambiental y ecológica, con lagunas litorales y áreas subestépicas (Cebrián Abellán, 2004).

LIC ES6200010, Franja litoral sumergida de la Región de Murcia. La integran tres áreas del litoral de la región e incluye parte de la Reserva Marina de Cabo de Palos-Islas Hormigas. Es un área de vital importancia debido a las praderas de *Posidonia oceánica*.

LIC ES6200048, Valles sumergidos del Escarpe de Mazarrón. Se caracteriza por la inclusión de hábitats relacionados con las praderas de *Posidonia oceanica*. La fauna de este espacio marino destaca por la presencia de delfín mular (*Tursiops truncatus*) y tortuga boba (*Caretta caretta*).

LIC ES620007, Islas e Islotes del Litoral Mediterráneo. Incluye 11 islas e islotes del litoral mediterráneo de la Región de Murcia y que incluye las islas del Fraile; Cueva de Lobos ZEPA ES0000270 (28,26 ha); Isla de Adentro; Isla Plana; Isla de las Palomas, ZEPA ES0000271, islote rocoso de 12 ha, Isla de la Torrosa, isla de Escombreras; Isla de la Hormiga y el Hormigón, incluidas en la ZEPA ES0000256, Islas hormigas; Isla Grosa (17,5 ha) e Islote del Farallón. Entre las comunidades de fauna destacan especialmente las poblaciones de aves marinas

ZEPA ES0000536, Lagunas de las Moreras. Ubicada en el municipio de Mazarrón y. Son tres lagunas situadas en el cauce de la rambla de Las Moreras. Además de ser declarado Humedal de Importancia Internacional (Sitio Ramsar) en 2011, es ZEPA desde el año 2014, entre las especies que

habitan las lagunas destaca la malvasía (*Oxyura leucocephala*) La ZEPA Sustenta de una manera regular el 1% de los individuos de esta especie (Ballesteros Pelegrín, 2014c). Las lagunas ocupan una superficie de 58,6 hectáreas.

ZEPA ES0000536, Espacio Marino Tabarca-Cabo de Palos. Comprende las aguas de la plataforma continental, entre el Cabo de Palos y la Isla de Tabarca (Alicante), hasta la isobata de 50 m. Incluye las aguas contiguas a la Isla Grosa (Murcia), Islas Hormigas (Murcia) y a la isla de Tabarca. Tiene una gran importancia como área de alimentación de aves marinas, algunas con poblaciones nidificantes. La superficie cuenta con 1260,68 km² entre las provincias de Alicante y Murcia.

ZEPA ES0000507, Espacio Marino de los Islotes Litorales de Murcia y Almería. Comprende el área marina adyacente a la isla de Terreros (Almería) y de las Palomas (Murcia). La superficie de este espacio marino es de 123,35 km² distribuidos entre las provincias de Almería y Murcia.

Nivel estatal: La Reserva Marina de Cabo de Palos

Creada en 1995, de forma rectangular, cuenta con una superficie de 18,98 km² Se trata de un área de elevada biodiversidad, en la que están descritas 13 biocenosis (Calvín-Calvo, 2003). La reserva está formada por bajos y pequeñas islas que dan continuidad hacia el noreste al relieve de Cabo de Palos.

Existen dos zonas de protección. Una menor de reserva integral, en la que están prohibidas todas las actividades y otra mayor, en la que se permiten ciertas actividades con restricciones y que rodea la reserva integral. Los fondos marinos de la reserva constituyen uno de los más importantes destinos de buceo del continente europeo. Además en el Bajo de la Campana se desarrollan desde hace años importantes prospecciones arqueológicas.

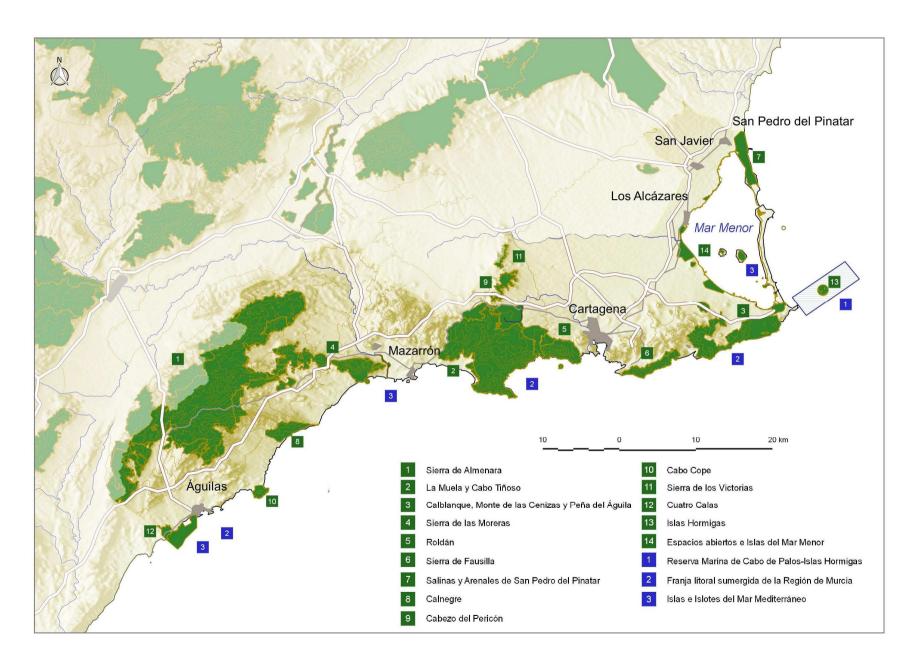


Figura 3.21 Red Natura 2000 del litoral de la Región de Murcia.

3.2. Medio socio-económico

3.2.1. Poblamiento del litoral de la Región de Murcia

El litoral mediterráneo de la Región de Murcia se encuentra dividido entre los municipios de San Pedro del Pinatar, San Javier, Cartagena, La Unión, Mazarrón, Lorca y Águilas (Figura 3.22). Los municipios de Los Alcázares y Torre-Pacheco cuentan con costas en el Mar Menor. Se puede decir que existen cuatro áreas de concentración de la población:

- Área de San Pedro del Pinatar San Javier: formado por estos núcleos y las pedanías de ambos municipios, Santiago de la Ribera (San Javier) y Lo Pagán (San Pedro del Pinatar)
- Área de Cartagena: el foco de población más fuerte, formado por la ciudad y sus pedanías y barrios.
- Área de Mazarrón: formado por dos núcleos con una población similar,
 pertenecientes a la misma pedanía (Mazarrón y Puerto de Mazarrón) y
 otros núcleos menores, como Bolnuevo e Isla Plana.
- Área de Águilas: formada por Águilas y otras pedanías del municipio entre las que destaca Calabardina.

El dinamismo económico de las zonas de nuevos regadíos, unido al desarrollo turístico del Campo de Cartagena, Mar Menor y fachada meridional ha experimentado en los últimos decenios importantes crecimientos de población. Tomando como base 100 el año 1996, y teniendo en cuenta que el crecimiento medio regional en 2005 fue de 121,7%, destaca la población de Los Alcázares que se duplicó (un 222,9%), Mazarrón creció un 179% y superan el 150% San Javier y Fuente Álamo. El 144% San Pedro del Pinatar, 140% el de Águilas y el 134% Torre Pacheco también están por encima de la media regional (Gómez Fayren, 2007).

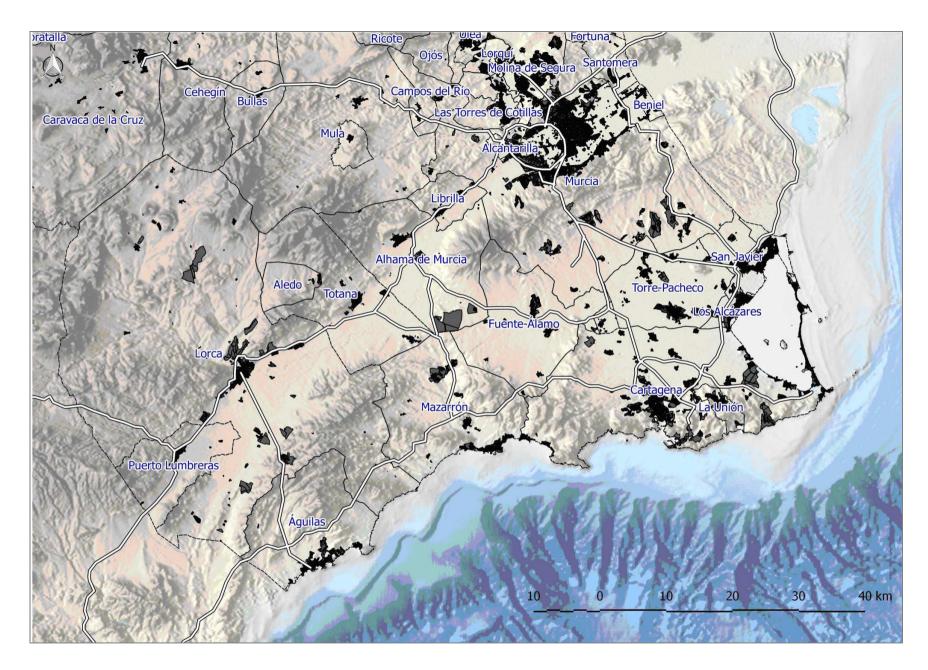


Figura 3.22 Núcleos y municipios en el litoral de la Región de Murcia.

3.2.1.1 Área del Mar Menor

El Mar Menor estuvo habitado al menos desde el neolítico. Sus habitantes establecieron pequeños establecimientos con economía de subsistencia, como las Amoladeras, Monte Blanco y algo más alejado en la costa mediterránea, Calblangue (Martín Camino y Roldán Bernal, 1995). El único asentamiento que llega al Bronce Final es el de Cala del Pino aunque posteriormente desapareció. A pesar de que no se conocen asentamientos relacionados con el comercio marítimo en la fachada mediterránea del área del Mar Menor, se han encontrado cerámicas de la época romana en Los Esculls de la Encañizada que pudieron pertenecer a un fondeadero. En la costa del Mar Menor, en la localidad de Los Nietos (Cartagena) se ha documentado un poblado ibero amurallado del S.V a. E. y una necrópolis (García Cano, 1990) relacionados con la extracción de mineral de la Sierra Minera y con su comercio por vía marítima. Entre los yacimientos de esta época destaca el Bajo de la Campana situado junto a la Isla Grosa que dispone de vestigios de época fenicio-púnica (Ruiz Cabrero y Mederos Martín, 2004) y posteriores. Este yacimiento subacuático deriva de la existencia de un bajo que resultaba un peligro para la navegación al emerger súbitamente en una zona de 24 m de profundidad ha supuesto que en sus inmediaciones naufragaran numerosos barcos (Polzer y Pinedo, 2009).

Los principales núcleos de población del Mar Menor (Figura 3.23) son San Pedro del Pinatar, con asentamientos definitivos en el siglo XVIII, San Javier, constituido como municipio independiente, tras su segregación del municipio de Murcia en 1836 y Los Alcazares, que poblado por romanos y árabes constituye el núcleo más antiguo del Mar Menor, aunque es el municipio más reciente.

Las principales actividades que se desarrollan en el entorno del Mar Menor están relacionadas con el turismo.

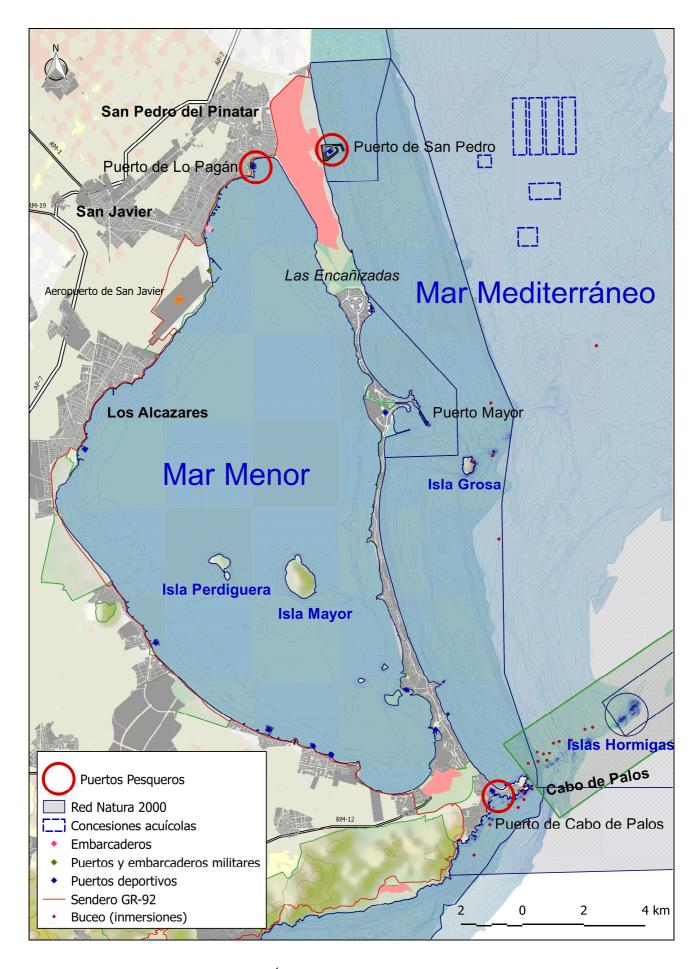


Figura 3.23 Área litoral del Mar Menor

3.2.1.2 Cartagena

El municipio de Cartagena (Figura 3.24) cuenta con 218.528 habitantes, (2014) repartidos en un área de 558,08 km².

Cartagena es la ciudad más importante del litoral de la Región de Murcia. Fue fundada, con el nombre de Qart Hadasht, hacia el año 227 a. de C. por el general cartaginés Asdrúbal. Tras la Segunda Guerra Púnica pasó a ser parte de Roma. Tras la caída del Imperio romano de Occidente, Cartagena fue conquistada por el emperador bizantino Justiniano I. A partir de este momento la ciudad va a entrar en un periodo de decadencia. Durante el dominio árabe la ciudad experimentó una recuperación con el crecimiento del puerto de Cartagena y de los enclaves costeros del litoral de Murcia, debido principalmente a la vocación mediterránea del emir independiente de Murcia Ibn Mardanish en el tercer cuarto del siglo XII (Molina López, 1986). Debido al desarrollo de la minería la ciudad creció durante el siglo XIX. En la actualidad, su historia conforma una amplia oferta turística gracias a la conservación y reconstrucción de su patrimonio.

El municipio de Cartagena está dividido en 24 diputaciones, de las que 10 de ellas forman el área urbana de Cartagena que, en el año 2012 contaba con una población de 169.751 habitantes, las 14 restantes forman parte del área periurbana con 48.493 habitantes.

La principal actividad desarrollada en litoral de las sierras de Cartagena y La Unión ha sido la minería hasta su finalización en 1991 (García García, 2009).

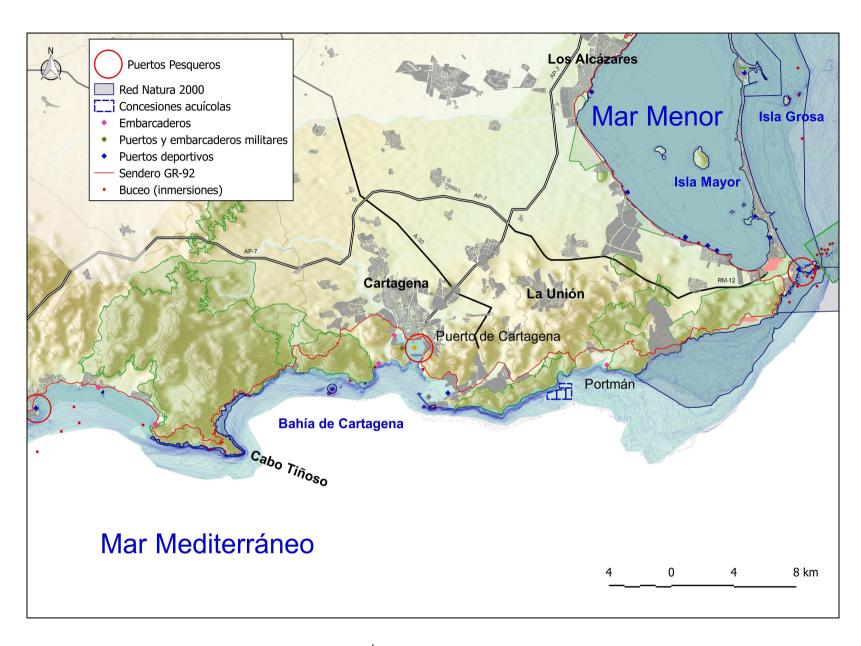


Figura 3.24 Área litoral de Cartagena y La Unión.

3.2.1.3 Mazarrón

Mazarrón cuenta con 32.150 habitantes y 318,7 km², (Figura 3.25) cuenta con dos núcleos de población principales de más de 10.000 habitantes (Mazarrón y Puerto de Mazarrón) y uno secundario (El Saladillo) con 6.000 habitantes. El resto de la población se distribuye de manera dispersa y sólo la pedanía de Ifre-Cañada de Gallego supera los 1.000 habitantes. Sin embargo, desde el punto de vista urbano, también se pueden destacar los núcleos urbanos de Bolnuevo, en la pedanía de Las Moreras, y el resort de Camposol, ubicado en la pedanía de El Saladillo.

A pesar de que este espacio ha sido habitado de forma continúa desde la Edad del Bronce, los procesos de urbanización más importantes se han desarrollado a lo largo del siglo pasado y el presente. Al contrario que el trazado del núcleo de Mazarrón, el crecimiento urbano del Puerto de Mazarrón ha sido complejo a lo largo de la historia. El Puerto fue un lugar de cierta relevancia para fenicios y romanos, su importancia estaba conectada a su situación geográfica marítima. Además de ser el punto de partida del transporte de metales, parte del área hoy edificada estaba ocupada por explotaciones salineras que aprovechaban un pequeño *lagoon* que existía. Después sus pobladores iniciaron una etapa de alejamiento del litoral (Lillo Carpio, 1984), por causa de la insalubridad de la zona.

El crecimiento urbano del Puerto de Mazarrón tiene su punto de partida a finales de la Edad Moderna, debido a la actividad desarrollada por la Marina Mercante. Más tarde, la pesca, la reconversión de gran parte del terreno en explotaciones salineras y sobre todo la fiebre minera de finales del S.XIX (Roselló y Santjaume, 1975) pasaron a ser los principales motores económicos de las irregulares fases de crecimiento urbano, junto con otras actividades tradicionales como la artesanía (Kruiderink, 1967).

Durante el S.XX la evolución urbana del municipio, especialmente en el Puerto de Mazarrón, está compuesta por tres fases demográficas influenciadas por la actividad económica predominante en cada momento, fundamentalmente la del sector turístico en la última de ellas. La primera etapa comienza en la primera

década del siglo, en la que el municipio pierde población de manera continua, pasando de casi 25.000 habitantes a 10.000 al entrar en la década de 1950, esta fase está relacionada con la decadencia de la minería. La segunda etapa se corresponde con una relativa estabilidad que finaliza en 1970, coincidiendo con la importancia que cobra el turismo en el mediterráneo y que da lugar a la tercera etapa. La desaparición de las salinas del Puerto de Mazarrón, permite el crecimiento de nuevas edificaciones (Figura 3.26) y la evolución de la población pasa a ser positiva en el conjunto del municipio, especialmente a partir de 1980. Es a partir de este momento cuando el litoral asume un proceso de urbanización, provocado por el uso intensivo del suelo agrícola (Ibarra et al., 2014) y la sustitución turística orientada hacia la segunda residencia. En las últimas décadas del S.XX la urbanización del Puerto de Mazarrón es un proceso notable (ver figura 3.25).



Figura 3.25 Superposición del viario urbano sobre fotografía aérea de 1956. En violeta la superficie ocupada por las salinas en esa fecha.

La relevancia del turismo consiguió el desarrollo del trazado de otros núcleos situados en la ensenada, como Bolnuevo, situado al oeste del Puerto, y El Alamillo, localizado en el este.

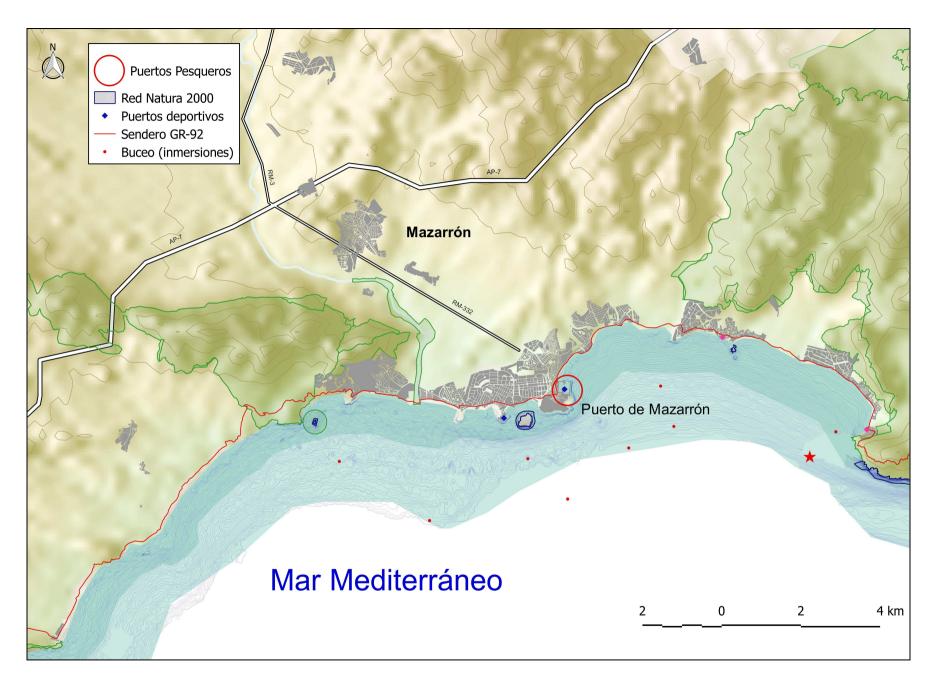


Figura 3.26 Área litoral de Mazarrón.

Desde el siglo VII a. C. se tienen evidencias de puertos comerciales fenicios en la costa de Águilas. Los primeros asentamientos conocidos en el entorno de la ciudad de Águilas se remontan a época romana. Existe la posibilidad de que la ubicación actual corresponda a la ciudad romana de Urci (Casado Baena, 2007). La importancia de Águilas aumentó a partir de la caída de la Cartagena púnica en el año 209 a. C. en el centro urbano se han hallado enterramientos, termas, tumbas, factorías residencias y otras edificaciones, y en la Marina de Cope aún se perfila perfectamente un pequeño embarcadero cortado a pico en la roca como zona costera estratégica para la salida del mineral y evidencias de actividad relacionada con la pesca (Hernández y Pujante, 2008). En la Isla del Fraile existió una factoría de garum, una salsa de pescado de precio elevado (Killgrove y Tykot, 2011), que la clase alta de la sociedad romana utilizaba como condimento. A partir del siglo VI el territorio es abandonado. A partir de la Edad Media el litoral de Águilas se fortaleció con numerosas torres que vigilaban y defendían la costa, entre esas torres destacaba la Torre de San Juan que fue destruida por los berberíscos en el S. XVII. La actual ciudad nace a finales del siglo XVIII, con el fin de dar salida al mar a los productos hortofrutícolas de la vega de Lorca. En esta época se construye el Castillo de San Juan de las Águilas, un fuerte militar que sustituía la Torre de San Juan. En el año 1834 Águilas deja de depender administrativamente de Lorca para constituir el municipio actual (Figura 3.27).

Tras un periodo en el que las actividades principales fueron la minería y las actividades agrícolas tradicionales, la economía de Águilas ha evolucionado hacia las mismas actividades que el resto de municipios del sureste de la península, la agricultura intensiva y el turismo. En la actualidad Águilas cuenta con cerca de 35.000 habitantes, de los cuales 32.000 residen en el núcleo principal del municipio.

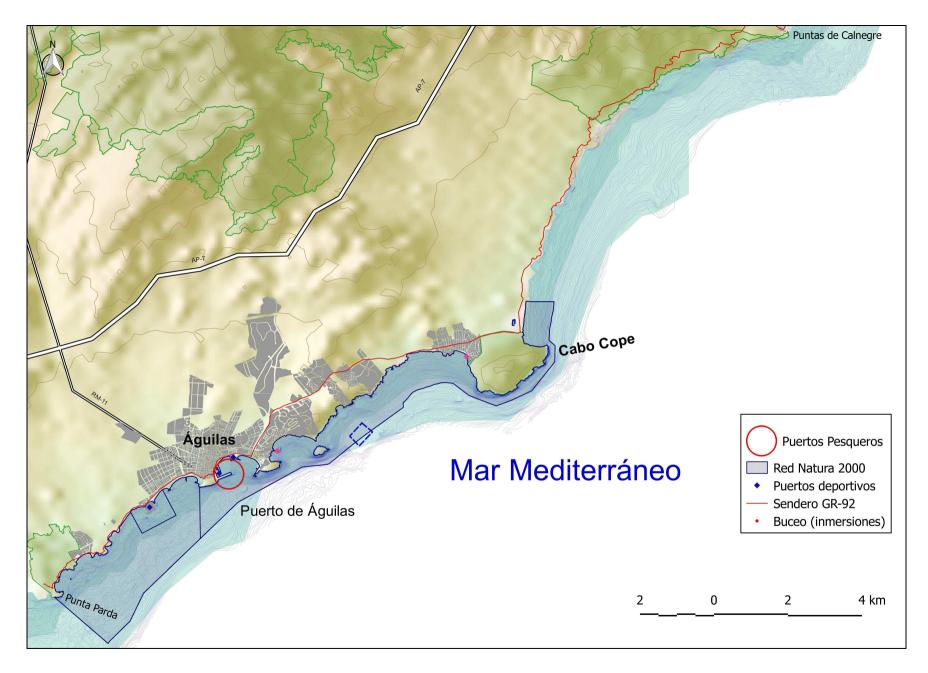


Figura 3.27 Área litoral de Águilas.

3.2.2 El turismo en el litoral de la Región de Murcia

El turismo litoral en España se inicia en los años 60, aunque en la Región de Murcia no lo hace de manera tan significativa (Serrano, 2007), en la actualidad la afluencia de viajeros a la Región de Murcia supera el 50% de ocupación máxima en los meses de julio y agosto, esta ocupación está ligada al turismo por excelencia de la Región de Murcia, el de sol y playa (Millán Escriche, 2012) que se ha fundamentado básicamente en la demanda de un espacio físico, cuya localización tiene un marcado predominio litoral. Dentro de la importancia del turismo litoral de la Región de Murcia hay que destacar el área del Mar Menor, destino turístico por excelencia, los cuatro municipios con litoral en la laguna representan en el total regional el 50,3% de la oferta de plazas hoteleras y el 83,1% y 64,5% de las plazas en apartamentos y campings respectivamente. La mayor parte del turismo del litoral se desarrolla en el área del Mar Menor y Cartagena (Figura 3.28).

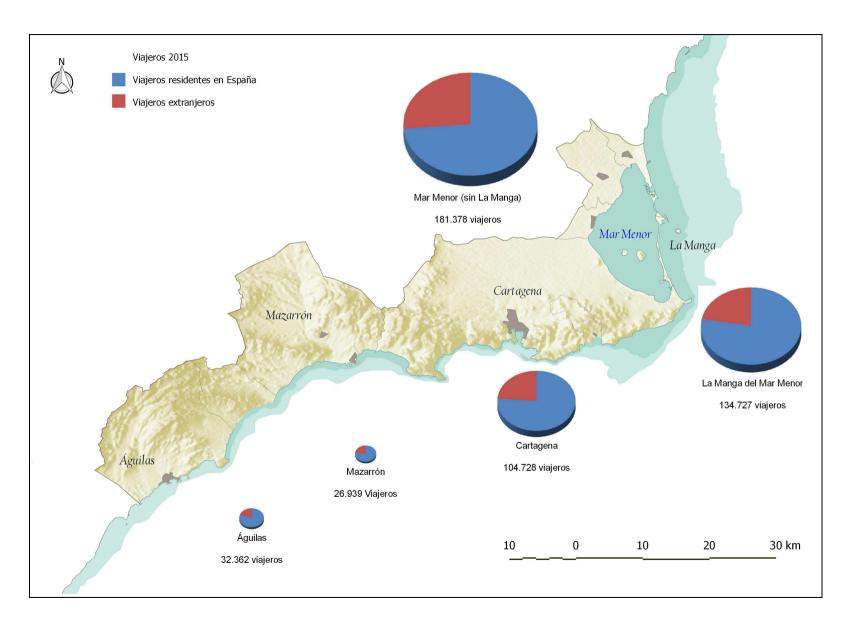


Figura 3.28 Turismo en el litoral de la Región de Murcia según procedencia. Datos facilitados por Murcia Turística.

Por ejemplo, se estima que en el área del Parque Natural de las Salinas de San Pedro del Pinatar la afluencia de visitantes está en torno a los 200.000 anuales (Ballesteros *et al.*, 2001). Según el Instituto de Turismo de la Región de Murcia, en el año 2014, se realizaron un total de 1.735.937 pernoctaciones en el litoral de la Región de Murcia, de los que 785.406 correspondieron a La Manga, destino principal del litoral regional, que presenta un marco físico óptimo para un turismo de sol y deporte náutico (Espejo Marín, 2011). El resto del Mar Menor, recibió 561.65 pernoctaciones, 231.858 correspondieron a la ciudad de Cartagena, 75.233 a Mazarrón y 75.057 a Águilas.

3.3 Gestión Integrada de Zonas Costeras en la Región de Murcia

3.3.1 Gestión Integrada del Litoral del Mar Menor. CAMP Mar Menor, 2003.

Hasta la elaboración del CAMP Mar Menor en el año 2003, no se habían llevado a cabo iniciativas relacionadas con los principios de la GIZC en la Región de Murcia. Los antecedentes más parecidos en cuanto a ordenación del litoral comienzan con un trabajo encargado por la Diputación Provincial en el año 1981 denominado "Gestión, explotación y conservación de los recursos del litoral de la Región de Murcia" que sigue las pautas marcadas por la Carta Europea del Litoral de 1981.

En 1985 el CEOTMA (Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio ambiente) publica el "Estudio de Ordenación Territorial de la Zona del Mar Menor y su Entorno". El trabajo, además de analizar el sistema natural, las relaciones sociales y económicas y las infraestructuras, establece una serie de criterios de reorganización urbanística.

La Ley regional 3/1987, de Protección y Armonización de Usos del Mar Menor, seguía las directrices del estudio del CEOTMA y destacaba la singularidad espacial del Mar Menor. La ley contaba con cuatro instrumentos:

- Directrices de Ordenación Territorial: para establecer un marco físico a la Ordenación del Territorio del Mar Menor.

- Plan de Saneamiento del Mar Menor: que tenía como objetivo reducir la contaminación.
- Plan de Armonización de Usos del Mar Menor: que planteaba la protección de de los ecosistemas de la laguna litoral.
- Plan de Ordenación y Protección del Litoral del Mar Menor: enfocado hacia el establecimiento de medidas de protección de la franja afectada por el desarrollo urbano.

La Ley 1/2001 del Suelo de la Región de Murcia derogó la Protección y Armonización de Usos del Mar Menor.

La elaboración de un Programa de de Gestión de Áreas Costeras en el Mar Menor se acordó en la reunión del Bureau del Plan de Acción para el Mediterráneo, celebrada en Mónaco, en octubre de 2002. El Programa de Gestión Integrada del Litoral del Mar Menor y su Zona de Influencia planteó tres marcos de acción.

- Marcos de acción horizontales y de apoyo al proyecto:
 - 1. Participación, información y comunicación
 - 2. Formación
- Marco de acción aplicable a todo el ámbito del proyecto:
 - 1. Plan Integral para el Desarrollo Sostenible del Mar Menor y su zona de Influencia.

3.3.2 Grupo de Acción Local de la Pesca de Murcia GALPEMUR

La Consejería de Agricultura y Agua, por medio de la Dirección General de Ganadería y Pesca, promovieron la creación del Grupo de Acción Local Pesquero de la Región de Murcia, que podrá beneficiarse de las opciones ofertadas por el nuevo Fondo Europeo Marítimo Pesquero, durante el período 2014-2020. Este Grupo de Acción Local (GALPEMUR), está formado por representantes de las cofradías de pesca, ayuntamientos costeros de San Pedro del Pinatar, San Javier, Los Alcázares, Cartagena, Mazarrón y Águilas, asociaciones de acuicultores además de otras de carácter económico y social implicadas en el medio litoral.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Para el estudio de la dinámica litoral de la Región de Murcia se ha propuesto una metodología aplicable, en la medida de lo posible a otras zonas litorales, especialmente de ámbito mediterráneo.

En primer lugar se han analizado los cambios a medio plazo, teniendo en cuenta las variaciones mensuales a lo largo del año, por medio del estudio de los estados morfodinámicos de las playas y el transporte longitudinal anual de sedimentos. Para el estudio de la erosión costera se ha empleado una metodología con un enfoque a largo plazo (décadas). Se han cuantificado los cambios de erosión-acreción de las playas y los cambios en los usos del suelo del litoral. Para hacer una aproximación de la evolución en las próximas décadas se ha estudiado la futura variación del nivel del mar, teniendo en cuenta posibles escenarios de cambio climático.

4.1 Calculo de transporte longitudinal de sedimentos.

Los modelos de cálculo de sedimentos a lo largo de la costa requieren unos parámetros de entrada, como el tamaño de la arena, datos del oleaje y pendiente de la playa. Estos modelos permiten estimar el transporte en cualquier punto a lo largo de la playa (Eversole y Fletcher, 2002). El Sistema de Modelado Costero (SMC), un software desarrollado por el Instituto Hidráulico de Cantabria, permite el cálculo longitudinal por medio de los modelos CERC (1984) y Kamphuis (2000).

Toma de muestras y tamizado de arena.

Uno de los problemas que presenta el cálculo del transporte de sedimentos a lo largo de una playa es obtener el tamaño de grano máximo de la mediana de la muestra D_{50} , debido a que a lo largo de la playa hay diferencias en la distribución del tamaño de los sedimentos.

La distribución de los tamaños es muy variable a lo largo del perfil transversal desde la base de las dunas hasta la línea de costa (Bascom, 1959). Los granos más grandes se encuentran generalmente mar adentro de la zona de

backwash/surf. La zona de la cresta de la berma de verano también puede contener material grueso debido al run-up. El material más fino se encuentra en la zona de dunas debido al transporte eólico y en la zona de mar adentro según nos alejamos de la zona de rompientes. En resumen, el tamaño de grano varía dependiendo de la ubicación de las muestras (Stauble *et al.*, 1984), por lo que se hace necesario obtener muestras de diferentes zonas del perfil.

Para el cálculo de las profundidades activas se han tomado muestras de varias playas de la Región de Murcia ubicadas en diferentes sistemas litorales a partir de ellas y mediante el tamizado, se han calculado los valores D_{50} , datos de entrada en el SMC.

Hay que tener en cuenta que los datos de transporte de sedimentos de los modelos de CERC y Kamphuis pueden no dar resultados satisfactorios (Córdova-López y Torres-Hugues, 2011) debido a la universalización de las fórmulas generales calibradas con mediciones de laboratorio y prototipo, y a las continuas variaciones batimétricas.

Principales parámetros del oleaje

Para aplicar los modelos de transporte de sedimentos es necesario conocer algunos parámetros del oleaje como la altura de ola significante (H_s) y el periodo del oleaje (T). La altura significante es un parámetro geométrico-estadístico del oleaje (Dirección General de Puertos). Se calcula a partir de discretizar un registro de oleaje en olas individuales, según el Método de Paso por Cero. Se define como la media aritmética de las alturas de ola, del tercio de olas más altas del registro. El periodo medio representa la media aritmética de los periodos de todas las olas individuales. El periodo pico es el periodo en el que la densidad espectral alcanza su máximo valor (pico). (Dirección General de Puertos).

4.6.1 Modelo del CERC

Fue desarrollado por el CERC (Coastal Engineering Research Center) del USACE (United States Army Corps of Engineers) en 1984 y depende de coeficientes empíricos. Está basado en que la ola que se aproxima desde el océano genera transporte de sedimentos longitudinal. Esto indica una correlación entre la tasa de transporte longitudinal y el flujo de energía en el borde exterior de la zona de rompientes.

La fórmula del modelo CERC es:

$$S_c = A \cdot H_{s0}^2 \cdot c_0 \cdot K_r^2 \cdot \sin \theta_b \cdot \cos \theta_b$$

Donde: S_c es el transporte de arena en m^3/s ; A es un coeficiente dependiente del tipo de playa; c_0 , la celeridad de la ola en aguas profundas en m/s; θ_b , el ángulo entre los contornos de la profundidad y la cresta de la ola en la zona de rompientes; H_{s0} , la altura de ola significativa en aguas profundas en m, y K_r es el coeficiente de refracción.

4.6.2 Modelo de Kamphuis

El modelo de Kamphuis es una variante de la fórmula del CERC obtenida en un estudio canadiense de sedimentos costeros, en ella incluye los efectos del periodo de la ola, conocido como esbeltez de la ola (Kamphuis, 1991; Córdova-López y Torres-Hugues, 2011), la pendiente de la playa y el diámetro del grano.

En el modelo de Kamphuis, la tasa de transporte longitudinal de sedimento se puede expresar como:

$$Q_s = \int (H, T, h, \rho, \mu, g, x, y, z, t, \rho_{s,} D)$$

Donde: Q_s es la tasa de transporte de sedimento, expresada en kg/s; H la altura de ola; T el período de la ola; h la profundidad; p la densidad del agua; p la viscosidad dinámica del agua; p Aceleración debida a la gravedad; p p son direcciones; p es tiempo; p la densidad del sedimento y p el diámetro del sedimento, que ha sido calculado mediante el tamizador a partir de las muestras obtenidas.

4.2 Cálculo de los estados morfodinámicos (EM) de las playas

La morfología de las playas de la Región de Murcia (micromareales) en un instante determinado, es una función de las características de su sedimento, de las condiciones del oleaje, y del estado previo de la playa. Sin embargo, a largo plazo, la playa tenderá a mostrar un estado modal o más frecuente (Vidal *et al.*, 1995) y las variaciones del oleaje harán oscilar la morfología de la playa. El programa de Pre-proceso de oleaje (Odín), del Sistema de Modelado Costero, permite determinar los estados morfodinámicos de evolución de una playa, antes y después de una determinada actuación, en el medio y el largo plazo, a través de una relación del tamaño de su grano y el oleaje que incide en ella. El parámetro que controla este estado se define como:

$$EM = \frac{H_s}{\omega T_p}$$

Donde: EM es el parámetro de estado morfológico, H_s es la altura de ola significante; ω es la velocidad de caída del grano y T_p el periodo del pico (periodo de las olas de mayor energía). Dependiendo del valor de EM, las playas pueden clasificarse morfodinámicamente en reflectantes, terraza de bajamar, barra

transversal y corriente de retorno, barra y playa rítmicas, barra longitudinal y seno y playa disipativa (Wright y Short, 1984).

Se han seleccionado algunas playas que poseen comportamientos diferentes, para cada una de ellas el valor obtenido de EM se traduce de

- EM ≤2.0 Reflectante
- 2.0 < EM ≤ 2.75 Terraza de bajamar
- 2.75 < EM ≤3.3 Barra transversal y corriente de retorno
- 3.3 < EM ≤ 4.1 Barra y playa rítmica
- 4.1 < EM ≤5.0 Barra longitudinal y seno
- 5.0 < EM Disipativa

4.3 Digitalización de la línea de costa

La línea de costa puede definirse como la interfaz entre agua y tierra (Dolan *et al.*, 1980) este indicador de posición *coastal proxy* es muy utilizado en estudios de evolución costera (Boak y Turner, 2005). Sin embargo su digitalización presenta una gran complejidad y requiere el desarrollo de una técnica sólida, especialmente en las playas arenosas debido a su variabilidad natural (Pajak y Leatherman, 2002). Algunos de los indicadores más utilizados son los siguientes (Casal *et al.*, 2010): *High Water Line* (HWL), la línea de marea más alta alcanzada en pleamar; *Mean High Water* (MHW) Determinado por la intersección del perfil de la costa con una la media de la altura de la marea alta; la línea obtenida a partir del procesado de imágenes con indicadores obtenidos a partir de métodos estadísticos. Uno de los métodos más utilizados interpreta visualmente el indicador HWL como la línea que representa el límite húmedo/seco. En este trabajo se ha utilizado como indicador la diferencia de coloración que marca el límite húmedo/seco producido por el flujo de agua, conocido como límite superior instantáneo (Dolan *et al.*, 1980; Overton *et al.*, 1999).

Para llevar a cabo la digitalización de la línea de costa ha sido necesario desarrollar una técnica sólida que permita la detección de las características

elegidas dentro de las fuentes de datos utilizadas. Un indicador de la línea de costa es una característica que se utiliza como *proxy* (Boak y Turner, 2005). Para la correcta digitalización de la línea de costa es recomendable una escala menor que 1:20.000 (Moore, 2000), aunque para lograr una escala de detalle es recomendable una digitalización a 1:2.500 (Ojeda Zújar *et al.*, 2013). La pendiente de las playas estudiadas unido a su naturaleza micromareal (Vidal *et al.*, 1995) facilita su elaboración y disminuye la posibilidad de errores, pero hay que tener en cuenta que la línea de costa resultante de este criterio es una aproximación sujeta a variaciones de interpretación, especialmente cuando se digitaliza de forma manual en fotografías aéreas (Moore et al, 2006). Tras la digitalización de dos líneas de costa es fácil convertir el espacio erosionado o acumulado en un polígono y extraer su superficie para elaborar tasas (Ojeda Zújar *et al.* 2002).

4.4 Tasas de cambio de la línea de costa

La digitalización de las líneas de costa va a permitir calcular las tasas de cambio entre diferentes periodos (Dolan *et al*, 1991). Las tasas permiten conocer los comportamientos de la costa en el pasado e incluso su proyección- hacia el futuro (Crowell y Leatherman, 2000).

Para calcular las tasas de variación de la línea de costa a partir de los datos obtenidos se aplican diversos métodos estadísticos, como la tasa de punto final, la media de las tasas, la tasa de regresión lineal, o la tasa de jackknife (Dolan *et al.*, 1991; Morton *et al.*, 2004; Genz *et al.*, 2007)

Las ventajas e inconvenientes de cada método han sido analizados por Del Río Rodríguez y Gracia Prieto (2008):

• La tasa de punto final (*end-point rate*) consiste en considerar únicamente la línea de costa más antigua y la más reciente, y dividir la distancia entre ellas por el número de años transcurridos. Se trata del método más sencillo, ampliamente utilizado en los estudios costeros tradicionales, aunque tiene la desventaja de no incluir la información de las líneas de costa intermedias.

- La media de las tasas (*average of rates*) consiste en calcular una tasa de punto final para cada par de datos disponible, y promediar todas las tasas resultantes. Este método tiene las ventajas de considerar toda la información existente y de ser sensible a cambios sustanciales en la tendencia evolutiva, por lo que en cierta medida filtra la variabilidad a corto plazo.
- Para calcular la tasa de regresión lineal (*linear regression rate*) se realiza un ajuste de todos los datos, calculando una recta de regresión cuya pendiente representa la tasa de variación. Las principales ventajas de este método son la utilización de todos los datos, su sencillez de aplicación y la robusta base estadística en la que se apoya, razones por las cuales es el método más utilizado en la actualidad.
- Por último, la tasa por estimación herramental (*jackknifing*) consiste en realizar una regresión lineal iterativa, en la que se calculan rectas de ajuste para todas las combinaciones posibles de los datos, dejando fuera un dato distinto cada vez, las rectas de regresión representa la tasa de cambio. Las ventajas del método son similares a las de la regresión lineal, además de verse menos afectado por los valores atípicos.

Los métodos de tasa de regresión lineal y tasa de punto final son los más utilizados en los estudios costeros actuales (Forbes *et al.* 2004; Dawson y Smithers, 2010; Baptista *et al.*, 2014; Jin *et al.*, 2015).

4.5 Definición de cuencas litorales

El objetivo en esta parte de la metodología ha sido obtener los diferentes límites de las cuencas de las ramblas y la dirección de los flujos. Para ello, se ha dispuesto del raster de elevaciones obtenido a partir de los datos Lidar del litoral de la Región de Murcia (Figura 4.1), y del SIG libre GRASS. Para la dirección se ha utilizado llamado algoritmo D-8 (O´Callaghan y Mark, 1984; Tarboton 1997) La operación se ha realizado mediante el modulo *r.watershed*, que permite realizar un análisis a partir de unos parámetros dados. El módulo *r.watershed* de GRASS

utiliza un procedimiento de umbral de área drenada para determinar qué celdillas del MDE (Modelo Digital de Elevaciones) constituyen un cauce y cuáles no. El módulo elimina las depresiones del MDE y asigna direcciones a las áreas llanas resultantes, de forma que el flujo salga del área por el punto con menor elevación (Alonso Sarría, 2004; Quiñonero y Sarría, 2007; Neteler y Mitasova, 2008).

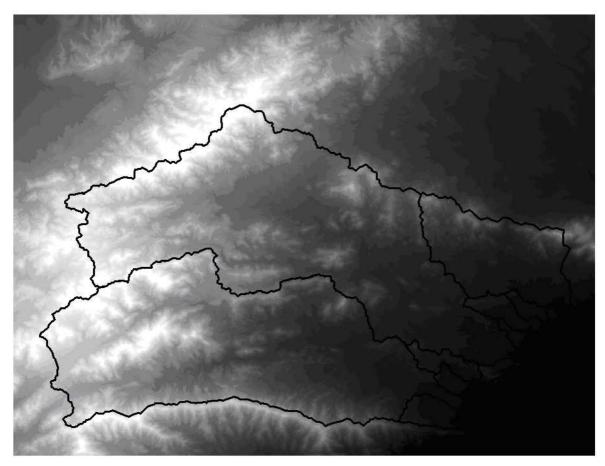


Figura 4.1 Datos del Modelo Digital de Elevaciones en la zona de las Ramblas de Villalba, Pastrana y Ramonete.

4.6 Digitalización de las ramblas litorales

La obtención de las áreas de drenaje está condicionada por la litología y los distintos usos del suelo (Dietrich y Dunne, 1993). Debido a la alta resolución permitida (Castillo Montoya *et al.*, 2012), la digitalización manual de los cauces ha sido la técnica empleada debido a la ausencia de MDE de los años 1956 y 1981. Para ello, se han empleado las herramientas de edición de QGIS, sobre las

fotografías aéreas de los distintos años y con el apoyo de la imagen digital del mapa topográfico nacional y el MDE.

4.7 Cálculo de profundidades activas

El cálculo de las profundidades activas ha permitido la división de la costa en sistemas litorales, entre los cuales existe un intercambio de sedimentos inapreciable.

La profundidad de cierre o *shoal* (d_s) es aquella en la cual existe un transporte transversal de sedimentos significativo debido al efecto del oleaje (Hallermeier, 1983). La "profundidad litoral" (d_i) es aquélla próxima a la de rotura del oleaje, hasta la que se produce transporte longitudinal de sedimentos. Por último offshore, (d_{off}), es la profundidad próxima al punto neutro o punto de *Cornaglia* (Bricio Garberí, 2009) hasta la que se considera que puede existir movimiento de arena o actividad por efecto ondulatorio, pero en magnitud despreciable. Para calcular dichas profundidades se utiliza el concepto de H_{12} , esta es la altura de ola significante que solamente es superada o excedida doce horas al año en régimen medio.

Existen varios métodos para el cálculo de la profundidad litoral. Hallermeier (1983) la definió como:

$$d_l = 1,75 \cdot H_{12} - 57,90 \cdot \frac{H_{12}^2}{g \cdot T_z^2}$$

Mediante el uso de datos de campo, Birkemeier (1985) corrigió la fórmula de Hallermeier, obteniendo:

$$d_l = 2,28 \cdot H_{12} - 68,50 \cdot \frac{{H_{12}}^2}{g \cdot {T_z}^2}$$

Donde: d_l es la profundidad litoral en m; H_{12} la altura de ola significante en m; g, la aceleración de la gravedad en m/s² y T_z el periodo medio.

A partir de la profundidad litoral es posible calcular la profundidad de cierre:

$$d_s = 3.50 \cdot d_l$$

4.8 Cartografía de la zonificación de los perfiles de playa

El cálculo de las profundidades activas nos va a permitir cartografiar la zona de paso de los sedimentos en las áreas de puertos, conociendo la batimetría. Se ha dispuesto de la batimetría de la Región de Murcia (Figura 4.2) contenida en archivos *shapefile*, que permite tratar los datos en el SIG. La resolución de los datos de profundidad de las isobatas es de 1m.

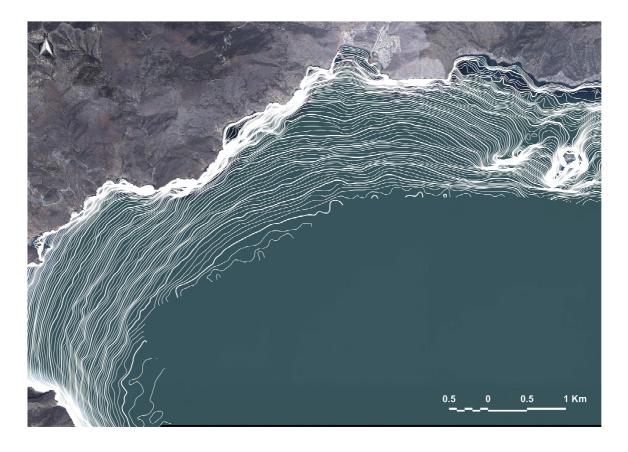


Figura 4.2 Batimetría de la Región de Murcia.

Los datos batimétricos han sido obtenidos a través del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Poseen una cobertura del 90% y están realizados por la empresa HIDTMA mediante un sistema de sonda Sonar de Barrido Lateral y discriminador de señal tipo *Quester Tangent Corporation* (QTC), para las zonas mas profundas y sonda monohaz para las zonas mas someras, los datos obtenidos con las sondas fueron posteriormente georreferenciados por medio de un GPS diferencial El oleaje ha sido corregido mediante un giroscopio y un dispositivo de compensación. Se han tenido en cuenta los valores de las mareas.

La sonda obtuvo una media de 30 a 40 puntos por m² en las zonas profundas y entre 80 y 100 puntos en las zonas más someras.

4.8.1 Análisis de las obras para la defensa de litoral

Se ha estudiado el impacto de las obras litorales en la costa mediterránea de la Región de Murcia, los puertos (Tabla 4.1), embarcaderos, espigones y rompeolas.

Tabla 4.1 Puertos mediterráneos de la Región de Murcia.

Infraestructura	Dique de abrigo (m)	Abrigo (m ²)
Puerto de San Pedro del Pinatar	720	980.500
Puerto Mayor (San Javier)		600.000
Puerto de Cabo de Palos	0	14.000
Puerto de Cartagena	730	1.300.000
Puerto de Cartagena (Escombreras)	2.500	1.700.000
Puerto de Mazarrón	370	64.000
Puerto Deportivo de Mazarrón	350	13.000
Puerto Deportivo de Águilas	170	9.500
Puerto de Águilas	375	54.000
Puerto de Juan Montiel (Águilas)	560	35.000

Para analizar el funcionamiento de las obras de litoral se han digitalizado las obras en los periodos 1956 y 2013 para el estudio de su evolución. En el caso del dique exento de Águilas, y con el objetivo de analizar si la acumulación de sedimentos en la sombra de la infraestructura es suficiente para generar formas típicas de las barreras, se ha empleado el método de Ming y Chiew (2000):

$$\frac{B}{S} > 1,25 \rightarrow T\'{o}mbolo$$

$$\frac{B}{S} < 1,25 \rightarrow Hemit\'ombolo$$

Donde: *B* es la longitud del dique exento y *S* la distancia del dique exento a la costa original. Existen otros valores para la proporción, según otros autores. Hsu y Silvester (1990) fijan en *B/S* > 1,33 la formación de tómbolos. Estos parámetros determinan la formación de tómbolos y hemitómbolos (Figura 4.3).

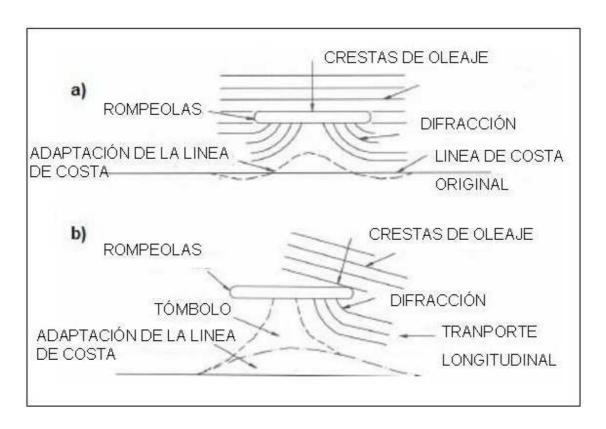


Figura 4.3 Respuesta de la línea de orilla ante diques exentos en el caso de un oleaje normal (a) y oblicuo (b) a la costa (Chasten et al., 1993).

Este método solo se ha aplicado a diques exentos aislados, para el cálculo de la respuesta de la costa ante grupos de diques exentos, es necesario conocer la altura de ola en el área de resguardo. Existen modelos geométricos (Dean, 1978),

aunque no se adaptan a los grupos de diques exentos de las costas españolas (Bricio et al, 2010).

Para el análisis de los grupos de diques exentos en las playas del Puerto y del Rihuete, se ha usado la fórmula de Dally y Pope (1986) que no tiene en cuenta la distancia entre los diques y simplemente establece el límite tómbolo/hemitómbolo en el cociente B/S en 1,5 para el conjunto de diques y en 2 para diques aislados. También se ha utilizado la relación propuesta por Suh y Dalrymple (1987):

$$\frac{B}{S} > 2 \frac{d_{(d)}}{B} \rightarrow t6mbolo$$

Donde: $d_{(d)}$ es la distancia entre los rompeolas.

4.9 Sedimentos aportados por la Posidonia oceánica

Para el tratamiento de los datos de las praderas de *Posidonia oceánica* se ha utilizado el software libre QGIS, los datos en formato shapefile han sido obtenidos a través del Geocatálogo de la Región de Murcia. Los aportes de una pradera a la costa de un subsistema difícilmente podrían ser transportados hasta otra "célula" litoral, una vez alcanzada la orilla. Una vez definidos los subsistemas litorales se han definido las áreas de Posidonia oceánica correspondientes a cada sistema y se ha calculado la producción anual de materia seca utilizando una tasa anual aproximada. La tasa de producción de carbonato cálcico, sedimento ligado a las playas biogénicas, es de aproximadamente 75 g C m⁻² año⁻¹ (Canals y Ballesteros, 1997), mientras que la retención de sedimentos alcanza algo menos de 1 kg de materia seca por m² al año.

129

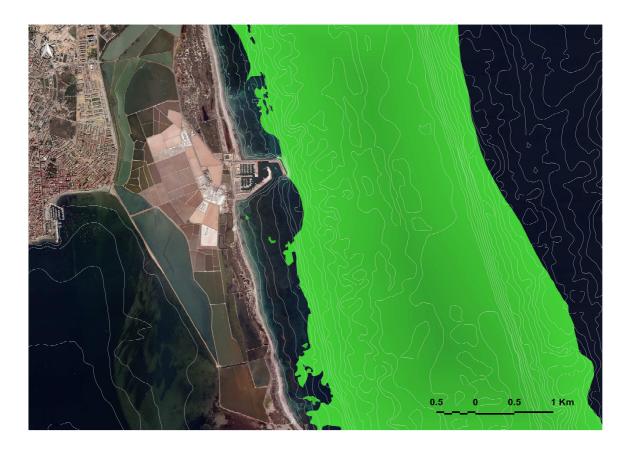


Figura 4.4 Shapefile de Posidonia oceánica de la Región de Murcia.

4.10 Cambios en los usos del suelo

El método que se ha utilizado para el análisis de los usos del suelo, siguiendo el ejemplo de otros trabajos, se ha basado en la identificación de los cambios en las componentes espacial y temática (Rosete *et al.*, 2009; Vales *et al.*, 2010) y en la representación de los procesos espacio-temporales con el fin de expresar las diferencias entre distintos momentos temporales para las distintas unidades (Gutiérrez y Gould, 2000).

La digitalización se ha llevado a cabo en una escala no superior a 1:5.000, mediante la que se han delimitado las distintas coberturas y usos del suelo correspondientes a los tres periodos (1956, 1981 y 2013), la fotointerpretación ha sido apoyada con el Mapa Topográfico disponible en el Web Map Service de IMIDA (Figura 4.5).



Figura 4.5 Ejemplo del Mapa Topográfico Nacional utilizado como apoyo a la fotointerpretación.

Se han identificado las coberturas que definen los diferentes usos del suelo para cada año de estudio. Las características de la fotointerpretación han sido las siguientes:

- La unidad de trabajo es el polígono, que es la unidad espacial del terreno que presenta una cobertura homogénea.
- El modelo de datos para las coberturas solo reconoce el polígono como entidad con geometría propia. En el caso del viario se han utilizado polilíneas.
- Las coberturas se clasifican en
- Tierras arables
- Frutales de secano (árboles con un marco de plantación superior a 5x5 m)
- Frutales de regadío (árboles con un marco de plantación inferior a 5x5 m)
- Invernaderos

- Láminas de agua (balsas de riego y otras superficies de agua)
- Zonas urbanas
- Zonas forestales
- Reforestaciones
- Otros usos (monte bajo, matorral principalmente)
- Se han obtenido dos niveles de viarios: autovías y carreteras.

La digitalización no permite precisar entre tierras arables de regadío y de secano, pero la identificación de cultivos leñosos de regadío se puede realizar mediante la clasificación de estos por el marco de plantación del cultivo (distancia entre árboles) y su disposición. En secano, sobre todo en secanos con escasas precipitaciones, los marcos de plantación son amplios, entre 8 y 10 metros (entre 100 y 180 árboles por hectárea) y generalmente plantados a tresbolillo, que permite un mejor aprovechamiento de la poca humedad del suelo. En regadío, al no existir competencia por el agua, se puede aumentar mucho la densidad de plantación, que dependiendo de los frutales y la variedad se planta con marcos rectangulares de 7X7 o 6X6 (de 200 a 240 árboles por hectárea), o en líneas de 7X6 o 6X5 (de 277 a 333 árboles por hectárea) (Ibarra Marinas *et al.*, 2016) Los invernaderos son fácilmente identificables. La clasificación "otros usos" recoge principalmente monte bajo y matorral, además de viarios principales y caminos de huerta.

Después de definir y obtener los usos, existen varios modelos de tasa de cambio para calcular la evolución de la cobertura, en este trabajo se ha utilizado la tasa de cambio de la FAO (1996) para cada año.

$$\delta n = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^{1/n} - 1$$

Donde δ = Tasa de cambio, S1 = Superficie en la fecha 1, S2 = Superficie en la fecha 2 y n = Número de años entre las diferentes fechas. El valor absoluto máximo de las tasas es 1.

4.11 Modelos estadísticos de cálculo de erosión

Para completar el peso de cada factor en la erosión acreción de las playas se han realizado regresiones simples entre la variación de la superficie de las playas y cada una de las variables relacionadas. Las playas que han recibido aportes de arena artificiales (Tabla 4.2.) no se han incluido en el modelo.

Tabla 4.2 Actuaciones llevadas a cabo en las playas del área de estudio.

Municipio	año	Tipo de actuación	Ámbito	Procedencia de la arena
Cartagena	1994	Alimentación de arenas y ejecución de dique sumergido en Playas de Calnegre y Hacienda Dos Mares	Mediterráneo	Marina
	1981	Regeneración de la Playa de Los Nietos	Mar Menor	Marina
	1983	Regeneración de la Playa de Cala Cortina	Mediterráneo	Terrestre
	1985	Regeneración de la Playa de Punta Brava (Los Urrutias)	Mar Menor	Marina
	1995	Corrección de diques y alimentación de arena en la Playa de Los Urrutias	Mediterráneo	Marina
	1995	Acondicionamiento y mejora de la Playa de La Azohía	Mediterráneo	Terrestre
La Unión	1987	Regeneración de la Playa del Lastre	Mediterráneo	Terrestre
Mazarrón	1984	Regeneración de la Playa del Rihuete	Mediterráneo	Marina
	1994	Recarga de arena en la Playa del Rihuete	Mediterráneo	Marina
Águilas	1981	Ampliación y regeneración de la Playa de Poniente de Águilas	Mediterráneo	Terrestre
	2002	Remodelación de la Playa de Poniente	Mediterráneo	Terrestre
	1994	Dique-arrecife prolongación de la Playa de Poniente	Mediterráneo	Terrestre
	1985	Regeneración de la Playa de Las Delicias	Mediterráneo	Terrestre

También se ha construido un modelo para cada periodo del estudio (1956-1981 y 1981-2013) por medio de una regresión lineal múltiple y el cálculo de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO). En el modelo, las variables dependientes son las áreas de playa emergida en verano, como variables dependientes se han seleccionado los factores que pueden influir en el aumento/disminución de superficie, y se ha asignado cada playa a una o varias cuencas, teniendo en cuenta el transporte de sedimento por la deriva dentro de cada subsistema litoral.

Los factores de los que se dispone de datos para las tres fechas son los siguientes:

- a) Área de las cuencas asociadas a cada playa
- b) Longitud máxima de la cuenca
- c) Área de las ramblas asociadas a cada playa
- d) Cada uno de los usos del suelo:
 - a. Tierras arables
 - b. Frutales de secano (árboles con un marco de plantación superior a 5x5 m)
 - c. Frutales de regadío (árboles con un marco de plantación inferior a 5 m)
 - d. Invernaderos
 - e. Láminas de agua (balsas de riego y otras superficies de agua)
 - f. Zonas urbanas
 - g. Zonas forestales
 - h. Reforestaciones
 - i. Otros usos (monte bajo, matorral principalmente)
- e) Ausencia/presencia de autovía que corta parte de las subcuencas litorales
- f) Altura de ola significante
- g) Periodo del oleaje

Para el resto de las variables empleadas, al no disponer de datos, se ha asumido que no ha habido cambios entre los periodos:

- h) Pendiente de la playa
- i) Pendiente de las cuencas

- j) Estados morfodinámicos (representados como variables discretas)
- k) Anchura media de la Pradera de posidonia
- I) Tipos de suelo

4.12 Cambios en el nivel del mar por efecto del cambio climático

El aumento del nivel del mar esta relacionado con la fusión del hielo en la Antártida y Groenlandia por aumento de las temperaturas y, en menor medida, por el efecto en la dilatación del agua al aumentar su temperatura y el efecto de la disminución de la presión atmosférica en superficie también por el aumento de la temperatura. El fenómeno de Cambio Climático no es constante y hay que tener en cuenta que este fenómeno tiende a acelerarse por encima de las tendencias (Ding et al., 2001, Stocker et al., 2013, Fraile Jurado et al., 2014).

La evolución del nivel medio del mar es una variable fundamental que explica numerosos procesos físicos de la Tierra (Fraile Jurado *et al.*, 2014) que intervienen en procesos como la intensidad de los temporales (Pugh, 1996) y la erosión costera (Brunn, 1954b). En España existen pocos trabajos relacionados con cambios regionales, aunque hay que subrayar los realizados por Titus y Narayanan (1995) y más recientemente por Fraile Jurado (2011, 2012 y 2014).

En un clima cambiante, el aumento del nivel global del mar, tendrá cambios en los patrones en la trayectoria de las tormentas y tempestades, este hecho unido al aumento de la densidad de población y las presiones sobre la zona costera, supone el aumento del futuros riesgos de impactos de las tormentas costeras (Brown *et al.*, 2016).

La *Ocean Surface Topography Mission* (OSTM)/Jason-2 es una misión internacional de satélites de medición de la altura de la superficie que han permitido comprobar el aumento del nivel global mar (Figura 4.6).

La serie de satélites Jason permiten el cálculo de las variaciones en la altura de la superficie del mar y estos datos, revelan variaciones climáticas globales.

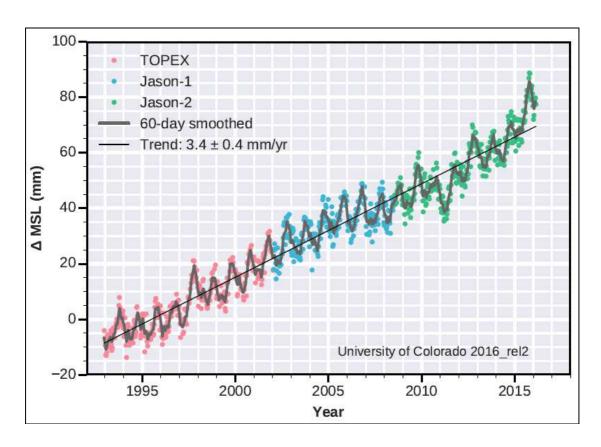


Figura 4.6 Serie de Nivel Medio del Mar Global tomada por los satélites TOPEX/Poseidon, JASON-1 y JASON-2. Fuente: University of Colorado.

Para la elaboración de las proyecciones de cambio climático se han utilizado los siguientes tipos de datos:

- 1.- Imágenes de altimetría (Figura 4.7) por satélite procedentes de los satélites Topex / Poseidon, Jason-1 y Jason-2, estas series representan nivel medio del mar local (NMML).
- 2.- Serie temporal del nivel medio del mar a nivel global del CSIRO (Figura 4.8), elaborada por Church y White (2011), que representa el nivel medio del mar global (NMMG).
 - 3.- Modelo Digital de Terreno y MTN disponible en el WMS de IMIDA.

El método consiste en la extrapolación hacia el futuro de la relación entre los registros recientes de niveles del mar y una serie temporal global integrada por registros mareógrafos del planeta, mediante una regresión lineal, entre la serie NMMG y la dependiente NMML.

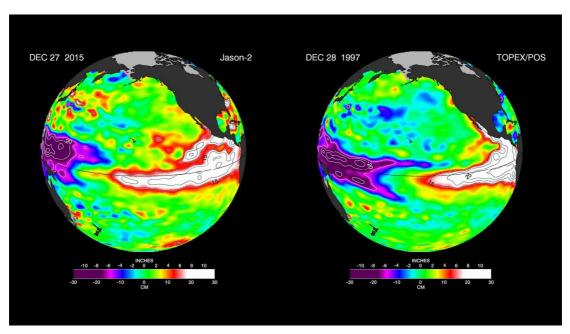


Figura 4.7 Datos de nivel de mar de dos fechas, obtenidos por medio del Satélite Jason-2. Fuente: Jet Propulsión Laboratory (2015)

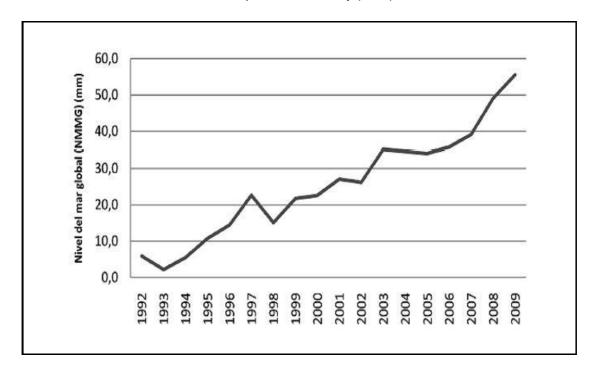


Figura 4.8 Serie temporal del nivel medio del mar global en el periodo 1992-2009. Modificado a partir de Church y White (2011).

Las series de cambios regionales utilizadas corresponden a las celdillas próximas a los municipios de Águilas (Figura 4.9), Mazarrón (Figura 4.10) y San Pedro del Pinatar (Figura 4.11).

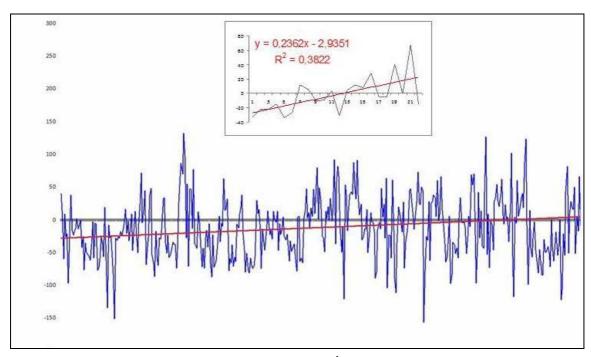


Figura 4.9 Serie temporal del nivel medio del mar en Águilas en el periodo 1992-2015. Fuente: elaboración propia a partir de datos de JASON.

La serie de Águilas con R²=0,3822 es la que mejor se ajusta. Hay que considerar algunos problemas del cálculo de las tendencias por medio de satélites: el tamaño de la celdilla (1º x 1º) es demasiado grande para este tipo de cálculos (Fraile Jurado, 2011).

Los puntos de las series de Mazarrón y San Pedro del Pinatar no se ajustan demasiado bien a la línea de tendencia. Una de las causas puede ser el efecto del ruido provocado por las zonas terrestres próximas al mar, lo que se conoce como *píxel mixto* (Fraile Jurado, 2011), es decir que la misma celdilla comparte valores marítimos y terrestres de altura.

Por este motivo se ha empleado una celdilla que con una distancia suficiente a la costa, permita establecer un modelo regional a toda la zona.

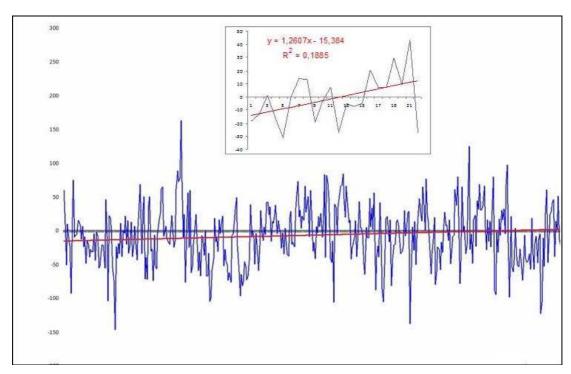


Figura 4.10 Serie temporal del nivel medio del mar en Mazarrón en el periodo 1992-2015. Fuente: elaboración propia a partir de datos de JASON.

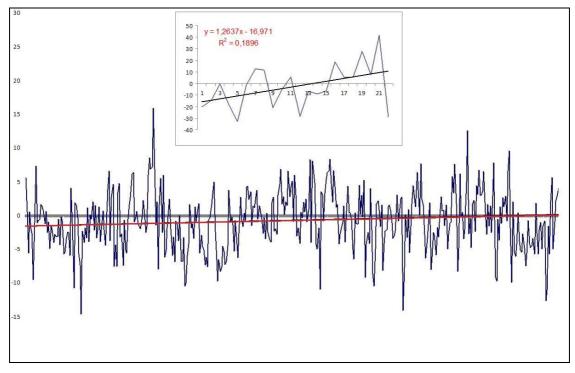


Figura 4.11 Serie temporal del nivel medio del mar en San Pedro del Pinatar en el periodo 1992-2015.

Esta serie se ha obtenido mediante el cálculo de las medias de varias celdillas adyacentes de la serie de satélites TOPEX/Poseidon, Jason-1 y Jason-2.

Una vez obtenida la recta de regresión lineal es posible aproximar los cambios regionales de nivel del mar, sustituyendo los valores de los cambios globales de los escenarios de cambio climático. Para el análisis del litoral de la Región de Murcia se han utilizado tres de los escenarios *Representative Concentration Pathway* (RCP): RCP2.6 (Van Vuuren *et al.*, 2007), RCP4.5 (Clarke et al., 2007) y RCP8.5 (Riahi et al., 2007), siendo el RCP2.6 el mas conservador y el RCP8.5 el modelo que representa las subidas a nivel global mas altas, en torno a los 60 cm para el periodo 2080-2100.

5. RESULTADOS

5.1 Definición de los sistemas litorales

La definición de los sistemas litorales se ha realizado teniendo en cuenta los pasos cerrados, o más estrechos, por los que en teoría sería difícil el paso de sedimento. Ha sido necesario el cálculo de las variables necesarias (ANEXO I - pag. 315) de Hallermeier y Birkemeier. Los límites de los sistemas litorales en la Región de Murcia (Figura 5.1) se pueden considerar de la siguiente forma:

- Sistema litoral norte: del límite provincial Alicante-Murcia a canal de Las Encañizadas (8,7 km)
- Sistema litoral de La Manga del Mar Menor: del canal de Las Encañizadas a Cabo de Palos (22,4 km)
- Sistema litoral Cabo de Palos-Cartagena: de Cabo de Palos al Puerto de Cartagena (51 km)
- 4. Sistema litoral Cartagena-Cabo Tiñoso: del Puerto de Cartagena a Cabo Tiñoso (51,9 km)
- Sistema Litoral de la Ensenada de Mazarrón: Comprende la Ensenada de Mazarrón a la que se han incluido las playas urbanas del Puerto de Mazarrón, hasta Bolnuevo (33,7 km)
- Sistema litoral de las ramblas de Villalba Pastrana y Ramonete: de Punta Cueva de Lobos a Puntas de Calnegre (14,3 km)
- 7. Sistema litoral de Cabo Cope: de Puntas de Calnegre a Cabo Cope (22,2 km)
- 8. Sistema Litoral de Águilas: de Cabo Cope al límite provincial Murcia-Almería (33 km)

Hay que tener en cuenta que esta división puede presentar algunos inconvenientes. Existen tramos de costa con cierta independencia y la división se ha establecido siguiendo los accidentes geográficos de origen natural, por lo que no se han tenido en cuenta las obras costeras. Por otro lado, la batimetría puede presentar cambios importantes a lo largo del tiempo, lo que supone variaciones en la profundidad litoral y por tanto en los límites de los sistemas litorales.

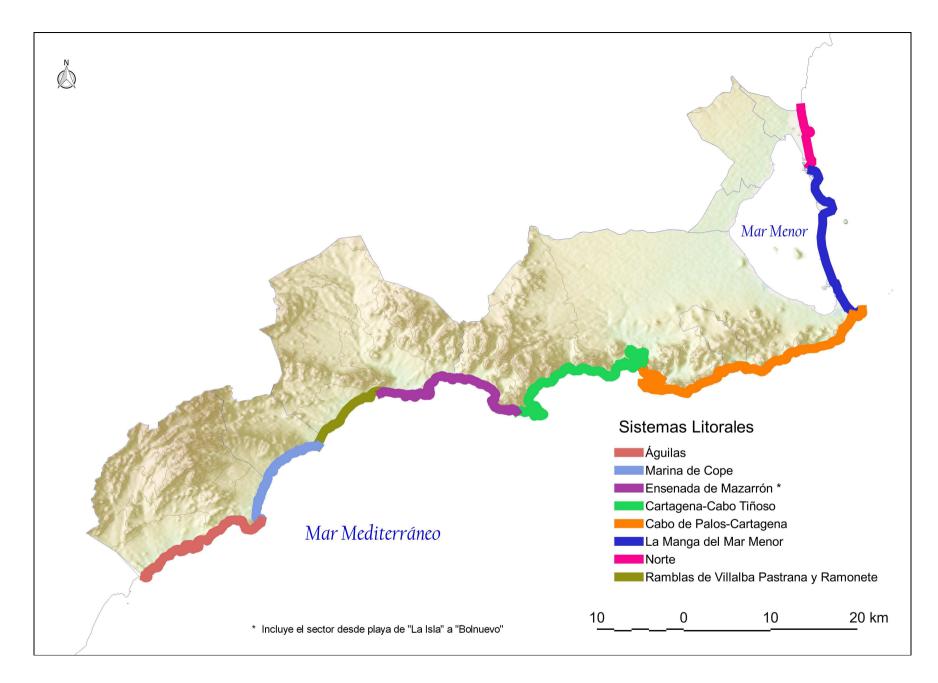


Figura 5.1 Sistemas litorales de la Región de Murcia.

La probabilidad más alta del oleaje y el ángulo de llegada a la costa. Además de los registros facilitados por Puertos del Estado, se han generado las probabilidades de dirección del oleaje y Hs para profundidades indefinidas a partir de las observaciones del Módulo Odín del SMC (Figura 5.2). Las direcciones más representativas son de norte a sur en el área litoral septentrional y de este a oeste en el sector meridional, aunque la dirección de la deriva es variable, especialmente en el sector sur.

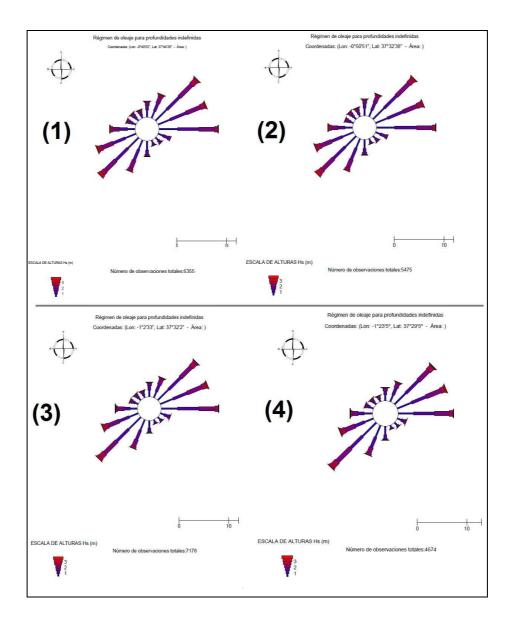


Figura 5.2 Rosas de oleaje para profundidades indefinidas frente a La Manga del Mar Menor (1) Cabo de Palos-Cartagena (2) Mazarrón (3) y Águilas (4).

5.2 Transporte longitudinal anual de sedimentos

El modelaje de transporte es complejo ya que requiere asumir parámetros que no siempre se cumplen en la realidad. En el litoral sur del Mediterráneo murciano, donde los sedimentos están ligados al aporte de las ramblas y donde la plataforma es tan abrupta estos modelos pueden ser discutibles.

Las playas con anchura y pendiente reducida, presentan un mayor grado de vulnerabilidad. En este sentido las playas situadas en el área comprendida entre el límite regional norte y Cabo de Palos perderían superficies importantes. Las playas confinadas poseen también una vulnerabilidad alta, por lo que las playas urbanas encajadas en diques podrían reducirse por el efecto de los temporales.

El cálculo directo mediante el uso de ecuaciones de correlación entre transporte de sedimentos y el flujo de energía de los oleajes predominantes, mediante la aplicación de modelos numéricos de evolución, determina la tasa de transporte de sedimentos.

El método CERC y el método de Kamphuis permiten establecer una aproximación en el transporte de sedimentos total en la zona de rompientes, aunque existen diferencias en la forma en que cada uno toma en cuenta los parámetros que intervienen en el proceso. A pesar de que existen grandes diferencias entre el modelo del CERC y el modelo de Kamphuis, las estimaciones mensuales resultan útiles para conocer los meses con mayor transporte sedimentario.

La playa de El Mojón (Figura 5.3) posee un transporte longitudinal neto de 1.096.029,30 m³/año, dirección norte-sur, según el método del CERC y es notablemente más bajo en el modelo de Kamphuis (Figura 5.4), con 238.271,09 m³/año. Los valores negativos en los meses de verano indican que el transporte de los sedimentos cambia el sentido estacionalmente, sin embargo, el transporte en sentido contrario a la deriva litoral general es relativamente bajo. En el mes de julio el transporte es prácticamente nulo.



Figura 5.3 Playa del Mojón, San Pedro del Pinatar.

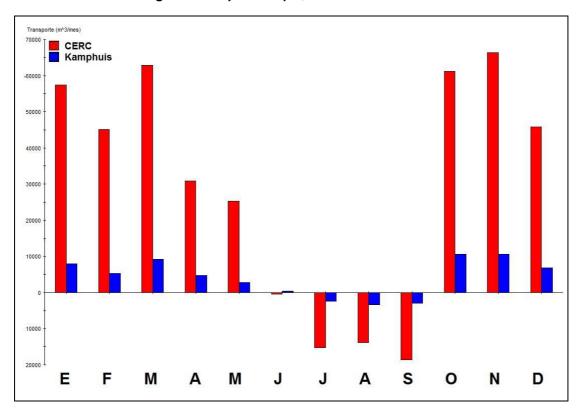


Figura 5.4 Transporte mensual de sedimentos en la playa de El Mojón

El volumen total de sedimentos anual de la Ensenada del Esparto CERC 3.046.918 m³/año y Kamphuis 49.697 m³/año (Figura 5.5).

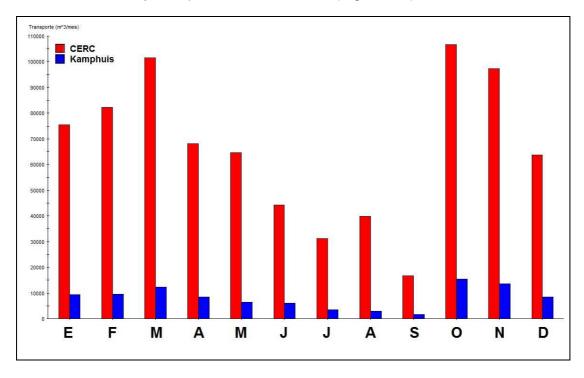


Figura 5.5 Transporte mensual de sedimentos en la playa de la Ensenada del Esparto.

Aunque las diferencias entre los dos modelos suelen ser considerablemente grandes, las diferencias encontradas entre los dos modelos, en el Sistema Litoral Norte y en la Ensenada del Esparto, son las más altas del área de estudio. Por un lado, como se ha indicado en la metodología, el modelo del CERC utiliza como datos de entrada las características de la ola y el perfil de la costa, por lo que está diseñado para playas largas y estrechas. En estos casos las diferencias a lo largo de la costa en la altura de la ola que rompe son pequeñas. El modelo de Kamphuis incluye entre los datos de entrada los relacionados con el tamaño del grano y es válido para playas sin rompeolas hacia fuera de la orilla.

Las playas de El Mojón y La Llana poseen estructuras litológicas en profundidades cercanas a la de cierre que han podido influir en el resultado. Aunque en el caso de la playa de la Ensenada del Esparto no existen las complicaciones que pueden ocasionar las barreras sumergidas. Los resultados muestran un gran transporte potencial en los meses de octubre y marzo, a partir de este mes el transporte cae,

lo que puede sugerir una recuperación lenta de la playa seca de la ensenada, tras los temporales de los meses de primavera.

En La Manga del Mar Menor hay que resaltar el caso de la playa de La Gaviota. En este sector de la Manga, los valores mensuales del modelo del CERC 664.521,52 m³/año son más bajos que los de Kamphuis 1973057,64 m³/año (Figura 5.6).

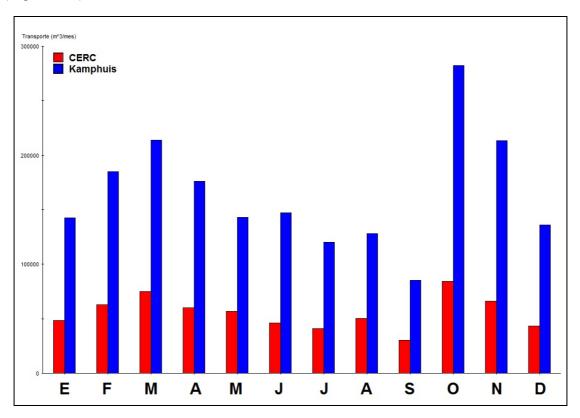


Figura 5.6 transporte mensual de sedimentos en la playa de la Gaviota (La Manga).

En la playa de Calblanque los valores Kamphuis con 247.319,14 m³/año y CERC, 1.251.246 m³/año (Figura 5.7). Se observan dos niveles de volumen transportado, el primero en los meses de verano, en los que el transporte longitudinal es bajo, con máximos potenciales en torno a los 40.000 m³/año, según el modelo del CERC; el segundo comprende los meses entre octubre y mayo, en los que la erosión será mayor, esta diferencia podría significar una recuperación lenta del perfil.

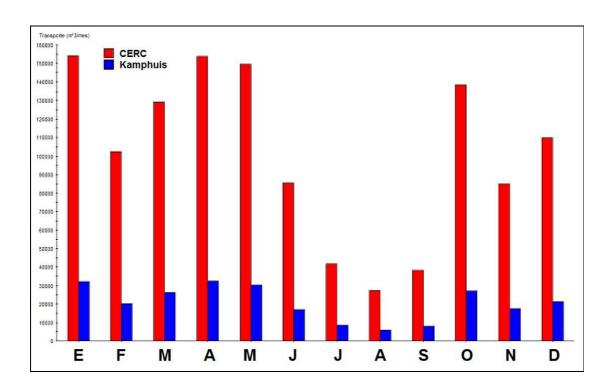


Figura 5.7 Transporte mensual de sedimentos en la playa de Calblanque.

La Playa de El Mojón (Mazarrón) posee un sedimento en el que se combinan arena y bolos. La playa se encuentra en un entorno semiurbano, encajada por salientes rocosos. El volumen de sedimento transportado es de 1.315.851,97 m³/año (Figura 5.8), aplicando el modelo CERC, que se reducen a 307.718,68 m³/año con el modelo de Kamphuis. En el caso de esta playa se observa una enorme diferencia entre el sedimento transportado durante los periodos de tormentas y el periodo de recuperación, a lo largo del verano. Aunque la playa de Bolnuevo se encuentra encajada entre salientes rocosos, es una playa mucho más abierta y expuesta al oleaje, que la anterior. En cambio, el transporte neto de sedimentos es similar al de la playa de El Mojón de Mazarrón (Figura 5.9), el resultado es algo más bajo según el método del CERC, con 1.278.957,28 m³/año y algo más alto, 329.356,95 m³/año, según el modelo de Kamphuis.

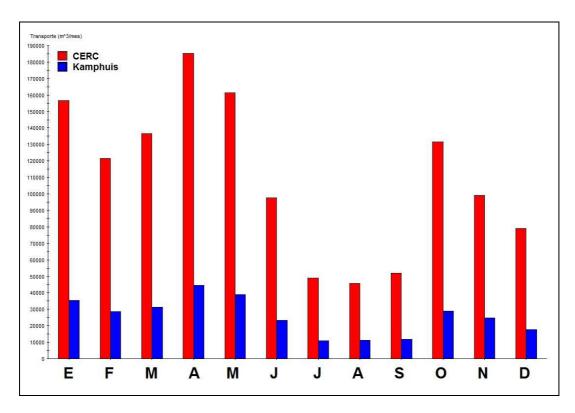


Figura 5.8 Transporte mensual de sedimentos en la playa de El Mojón (Mazarrón).

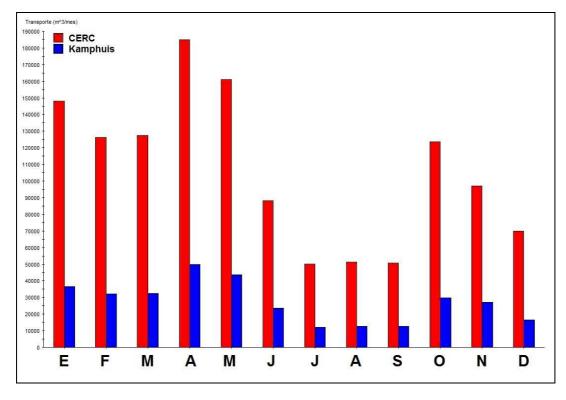


Figura 5.9 Transporte mensual de sedimentos en la playa de Bolnuevo.

En diciembre el transporte es pobre, en cambio asciende bruscamente en enero hasta alcanzar máximos en los meses de primavera, que suelen coincidir con temporales.

Las playas que reciben aportes de las ramblas de Pastrana, Villalba y Ramonete, se caracterizan por un tamaño de grano grueso. En la playa de Puntas de Calnegre, 1,11 mm. El D_{50} de Parazuelos es de 0,97 mm. 1.039.652,56 m³/año y Kamphuis 271370,95 m³/año (Figura 5.10). Con un sentido del transporte suroeste-noreste es contrario a la tendencia general de las playas meridionales de la Región de Murcia.

El transporte neto es mayor en los meses de verano y apenas alcanza los 25.000 m³/año en el mes de enero.

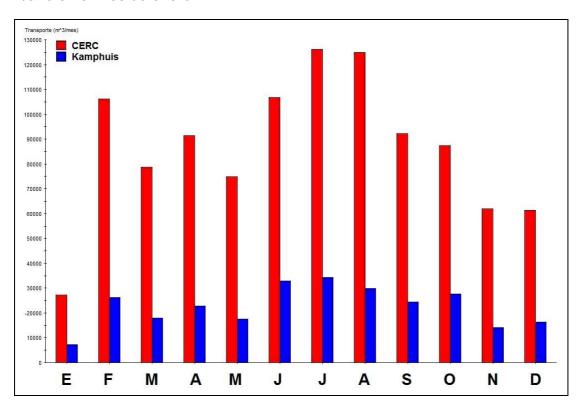


Figura 5.10 Transporte mensual de sedimentos en la playa de Parazuelos.

La playa de Rambla Elena es representativa de las situadas en el Sistema Litoral de Cabo Cope. El transporte de sedimentos es relativamente bajo 823.037,32 m³/año, según el modelo del CERC y 227.765,36 m³/año en el de Kamphuis (Figura 5.11). Las calas situadas en este sistema poseen un intercambio de

sedimentos reducido por la pendiente alta de sus playas y por los accidentes geográficos (acantilados medios, rasas y playas fósiles) que las separan.

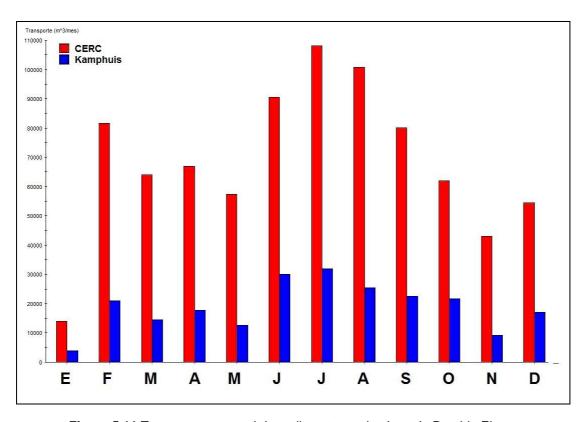


Figura 5.11 Transporte mensual de sedimentos en la playa de Rambla Elena.

Se han obtenido unos valores de 1.063.463,91 m³/año, mediante el modelo CERC y 215.965,07 m³/año por medio del modelo de Kamphuis, en la playa urbana de la Casica Verde (Águilas). El transporte es bajo en los meses de temporal y crece en los meses de verano (Figura 5.12), lo que permite una recuperación rápida, debido al aumento en el transporte longitudinal de sedimento en los periodos posteriores a los temporales.

Destaca el bajo transporte que se da durante el mes de diciembre, con subida brusca en enero y máximos en abril, mes en el que el transporte longitudinal neto supera los 175.000 m³ en el modelo del CERC y que contrasta con los 25.000 m³ del mes de junio.

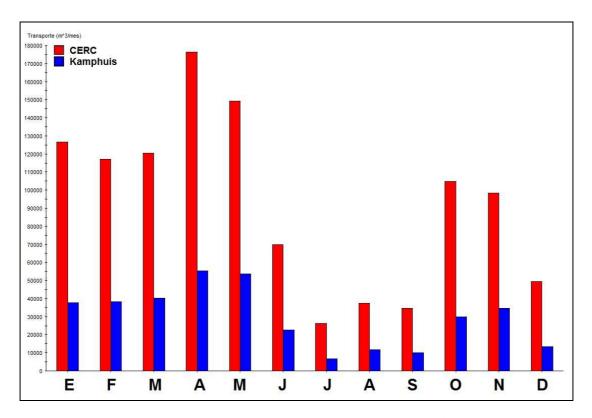


Figura 5.12 Transporte mensual de sedimentos en la playa de Casica Verde

5.3 Estados Modales de las playas de la Región de Murcia

En general las pendientes y el tamaño fino del grano hacen que las playas de los sistemas litorales Norte y La Manga del Mar Menor, posean una tendencia disipativa. Aunque la escasa carrera de la marea del litoral de la Región de Murcia, hace que la tendencia de las playas sea disipativa, el tamaño grueso de las arenas de algunas de ellas, hace que las pendientes en la zona de swash sea más acusada y se den de forma frecuente playas reflectantes y de estados morfodinámicos intermedios (ANEXO I – pág. 317).

En este apartado se presentan gráficos de probabilidad de ocurrencia de estados modales asociados a playas representativas de la Región de Murcia. Las opciones son el R (reflectante) y D (disipativo), situados en los extremos en del gráfico y los estados intermedios, TB (Terraza de bajamar), BTCR (barra transversal y rip), BPR (barra y playa rítmica) y BLS (barra longitudinal y seno).

Las playas de La Llana reciben la mayor parte del oleaje del noreste y del este. La tercera dirección más probable está situada entre estas dos. Las playas son claramente disipativas (Figura 5.13), con un 90 % de posibilidades. Aunque existe menos de un 5% de que estas playas posean un estado modal de playa con barra longitudinal y seno, este suele darse en verano, poco desarrollado. Los datos del SMC, teniendo en cuenta el nº de Iribarren indican una rotura del oleaje en descrestamiento en la que se producen olas de tipo *bore*. Propia de las playas mediterráneas, la carrera de la marea es micromareal de 0,2 m (Figura 5.14).

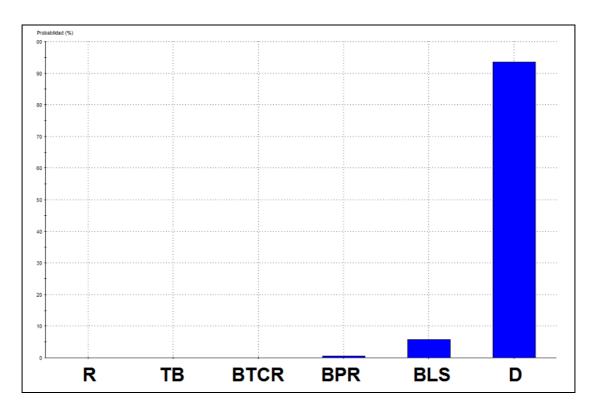


Figura 5.13 Probabilidad de los estados modales de la playa de la Barraca Quemada.

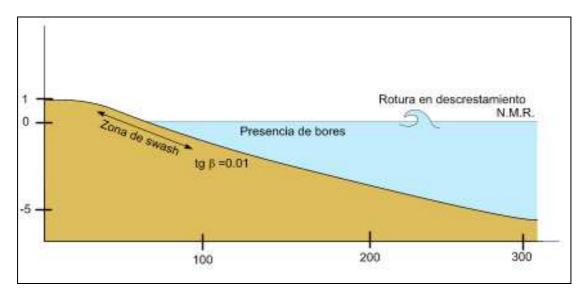


Figura 5.14 Modelo de perfil de las playas disipativas del norte de la Región de Murcia

Como sucede en las playas de La Llana, en la playa de la Ensenada del Esparto (Figura 5.15) se caracteriza por la escasa probabilidad de los estados intermedios, con pequeñas diferencias entre los perfiles de invierno y verano. El tamaño que presenta la arena recogida durante el muestreo, coincide con los datos de Ecocartografía, se trata de un sedimento fino con un D_{50} de 0,3 mm. La bahía tiene una batimetría suave que posibilita un estado modal disipativo muy claro en el que se suelen apreciar, al menos, dos roturas de oleaje (Figura 5.16).



Figura 5.15 Playa de la Ensenada del Esparto.

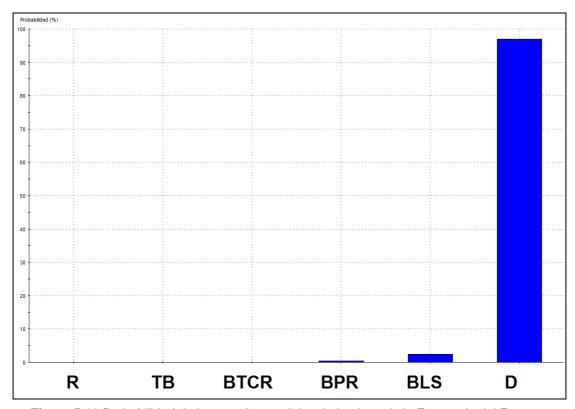


Figura 5.16 Probabilidad de los estados modales de la playa de la Ensenada del Esparto.

En el ámbito de La Manga del Mar Menor, existen casos aislados. Pese a que a partir de los 350 m de distancia a la orilla se suaviza, la playa de la Gaviota posee una batimetría bastante más pronunciada que las playas anteriores. Con casi el 50% de las probabilidades, se puede decir que la playa posee un perfil disipativo (Figura 5.17), aunque puede tener variaciones hacia estados intermedios, incluso existe una mínima posibilidad de contar perfil reflectivo. En este caso, el mayor tamaño de grano hace que la playa pierda probabilidades de tener un estado de barra longitudinal y seno a favor del estado de barra y playa rítmica. Aún así, a pesar de la variedad de opciones, el estado disipativo es el más probable, no sólo anualmente, si no el análisis mensual de las morfologías.

Pese a la tendencia disipativa, la probabilidad de los estados intermedios es bastante alta, en especial el estado BPR (*Playa y barra rítmica*) que alcanza el 30% y, en menor medida, (Barra longitudinal y seno), que supera el 15% de los estados morfodinámicos posibles. Estos estados, unidos a la exposición de la

playa al oleaje y a la ausencia de apoyos en sustratos rocosos o diques implican grandes cambios entre los perfiles de invierno y verano.

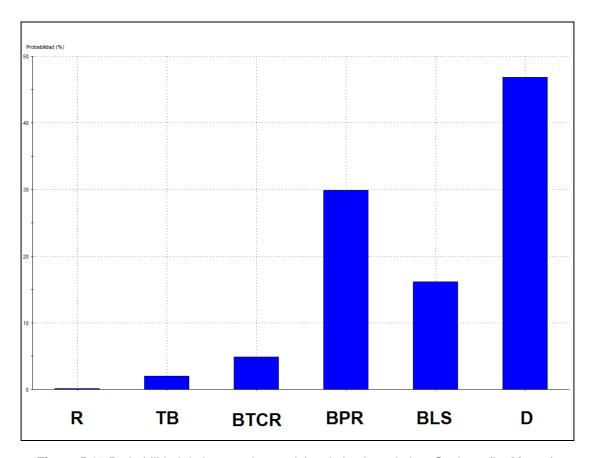


Figura 5.17 Probabilidad de los estados modales de la playa de Las Gaviotas (La Manga).

La playa del Mojón (Mazarrón) es un ejemplo de playa con estados modales intermedios (Figura 5.18). Existe más de un 40% de posibilidades de formar perfiles de tipo TB (Terraza de bajamar) en la que la barra se ha unido al frente de playa. Es posible que en algunos puntos se formen canales en zonas de la playa donde la barra no se ha unido completamente. En este estado intermedio, la terraza tiene un comportamiento disipativo, mientras el talud es reflectante.

En el estado BTCR (Barra Transversal y *Rip*) se forman barras transversales longitudinalmente con zonas de mayor profundidad, las primeras son disipativas y las zonas profundas reflectantes. Estas formas se generan por la energía de corrientes de retorno fuertes. Por último, en la playa de El Mojón pueden aparecer

otros estados intermedios como los expuestos en la playa de las Gaviotas, pero raramente el modo disipativo.

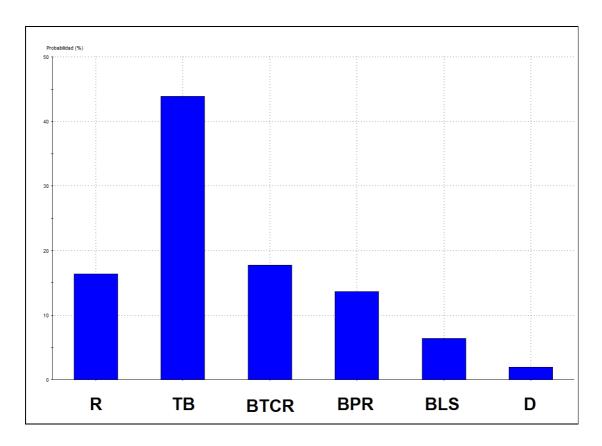


Figura 5.18 Probabilidad de los estados modales de la playa de la playa del Mojón (Mazarrón).

La playa de Bolnuevo es un ejemplo de playa reflectante (Figura 5.19) caracterizada por una pendiente acusada y un tamaño de grano muy variable, en el que predominan las arenas gruesas, el D_{50} es de 1 mm según las muestras recogidas y 0,9 según el estudio de Ecocartografía. El único estado posible, además del reflectante, cuya probabilidad supera el 85%, es el TB (Terraza bajamar) con un 10%.

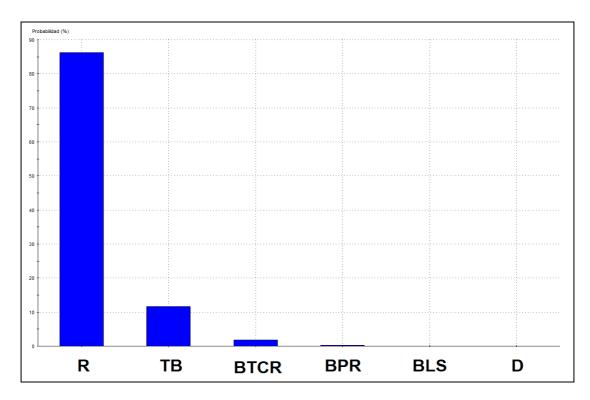


Figura 5.19 Probabilidad de los estados modales de la playa de la playa de Bolnuevo.

La playa de Parazuelos está formada por una combinación de cantos con arena gruesa. A excepción de la playa de Percheles, las situadas en la desembocadura de las ramblas de Villalba, Pastrana y Ramonete poseen unos sedimentos compuestos por materiales gruesos muy variables, cuyo D_{50} supera 1 mm, unidos a una pendiente fuerte. La combinación de estos elementos impide prácticamente los estados modales intermedios (Figura 5.20).

La playa de Rambla Elena presenta un tamaño de grano que se puede considerar grueso, con un diámetro D_{50} de 0,70 mm. Este diámetro unido a la elevada pendiente en la zona de *swash* hace que el estado dominante sea reflectante (Figura 5.21). A pesar de esa tendencia, mensualmente existen probabilidades de todos los estados intermedios, por lo que las diferencias entre los perfiles de tormenta y verano pueden darse de forma frecuente. La probabilidad de TB (Terraza bajamar), que casi alcanza el 30% es relativamente alta. El resto de los estados intermedios son posibles pero poco probables, debido al diámetro de los granos de arena gruesa.

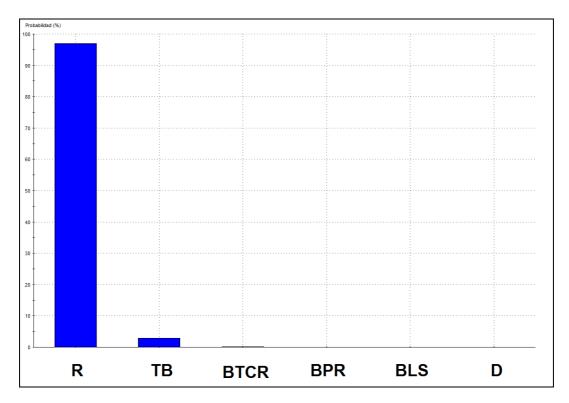


Figura 5.20 Probabilidad de los estados modales de la playa de la playa de Parazuelos.

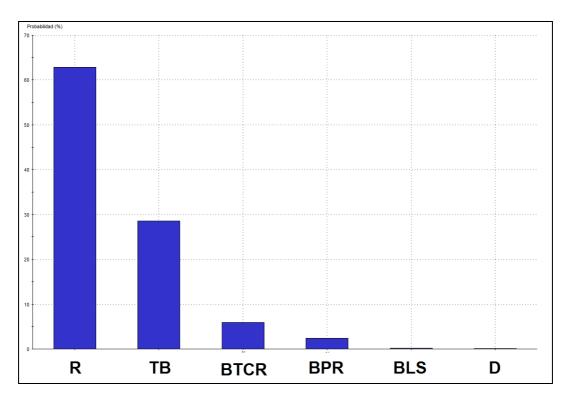


Figura 5.21 Probabilidad de los estados modales de la playa de la playa de Rambla Elena.

En las visitas de campo se pueden observar la formación de pequeños *cusps* en la orilla (Figura 5.22), Formas de arena frecuente en playas reflectantes, con forma de medialuna que rodea una depresión. El material más grueso se presenta en la zona elevada. El origen de los cusps está relacionado con la acción del flujo y reflujo de las olas al romper directamente en la playa.



Figura 5.22 Cusps en la playa de Rambla Elena.

5.4. Erosión costera

Los datos obtenidos a través de los transectos en el periodo 1956-2013 muestran una tendencia erosiva de la mayor parte del litoral de la Región de Murcia (Figura 5.23). En líneas generales todos los sistemas litorales están afectados por la erosión. El Sistema Litoral Cabo de Palos-Cartagena es el tramo menos afectado.

Las playas urbanas de los municipios de Águilas y Mazarrón han sido restauradas por medio de actuaciones.

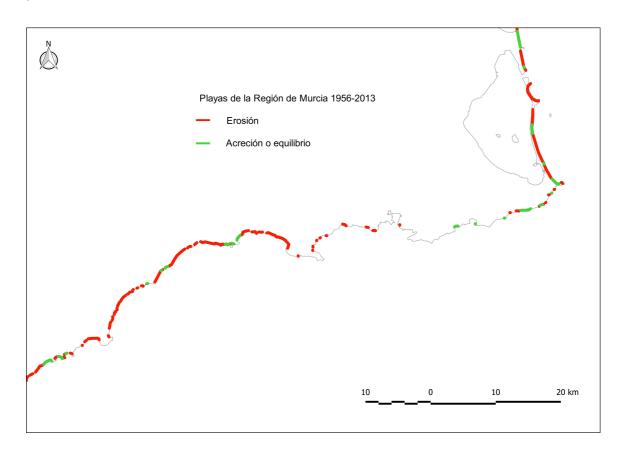


Figura 5.23 Tramos de erosión del litoral de la Región de Murcia.

5.4.1 Sistema litoral norte

A pesar de la división artificial que supone el Puerto de San Pedro del Pinatar, el sistema litoral norte se ha limitado en su zona septentrional por el límite provincial Murcia-Alicante y al sur con Las Encañizadas donde se ubica el principal canal de intercambio de aguas entre el Mar Menor y el Mar Mediterráneo. Se trata de un tramo costero de playas de arena blanca y fina que forman parte de sistemas duna-playa en regresión debido principalmente a la ocupación del espacio por áreas urbanas (Figura 5.24).

El tramo costero situado en el extremo norte del sistema, posee unas características muy diferentes respecto al resto del litoral de la Región de Murcia.

Además de la extensa plataforma y la suave pendiente, mucho menor que en el resto de la costa regional, carece de ramblas litorales desarrolladas, que aporten sedimentos a las playas. La ampliación del puerto de San Pedro del Pinatar disminuye el paso de sedimentos desde el norte del sistema hasta el sur, aunque el principal problema de las playas puede estar relacionado con la destrucción de las dunas, el puerto impide la circulación del sedimento desde la playa de la Torre Derribada hasta las playas de La Llana.

El análisis global de los transectos del sistema (Figura 5.25) indica la situación erosiva durante el periodo 1956-1981, que se ha ido incrementando en las décadas correspondientes al segundo periodo.

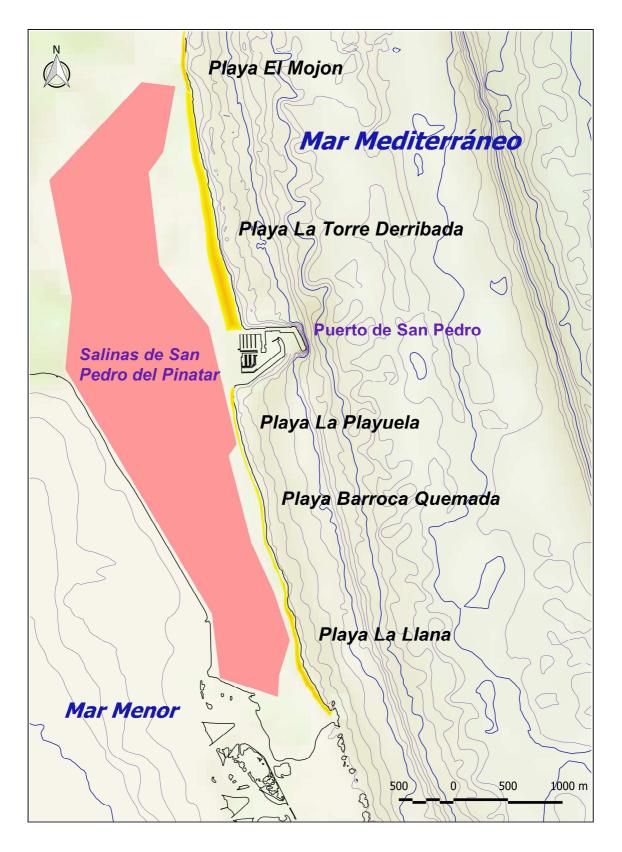


Figura 5.24 Sistema litoral norte.

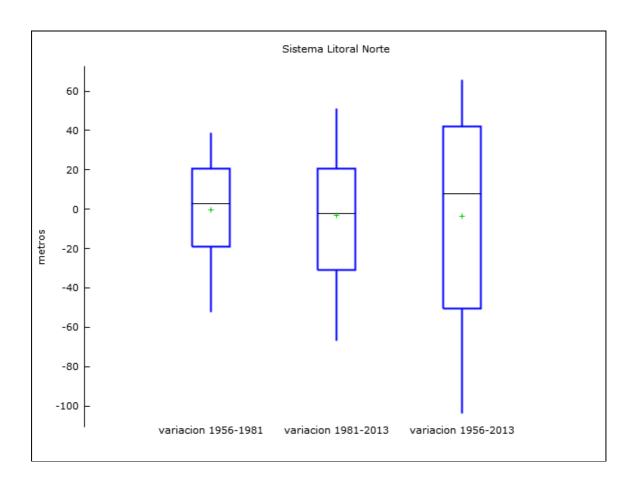


Figura 5.25 Gráficos de caja de los transectos del Sistema Litoral Norte.

La Playa de El Mojón se sitúa al norte del sistema, parte de esta playa se encuentra repartida entre el municipio alicantino de El Pilar de la Horadada (Comunidad Valenciana) y el de San Pedro del Pinatar (Región de Murcia). El área de El Mojón apenas experimenta cambios entre 1956 y 1981 (Tabla 5.1) comenzando este periodo con 223,22 ha y finalizándolo con una superficie de 225,74 ha en 1981, que significa una acreción 10 m²/año (Tabla 5.2). A partir de ese momento la tasa pasa a ser negativa (-97 m²/año) y en el año 2013 la playa cuenta con 194,60 ha. En el periodo de estudio la tasa total es de -50,19 m²/año. Existen diferencias significativas entre los extremos de la Playa de El Mojón (Figura 5.26). Mientras la zona situada al norte de la playa ha seguido una tendencia erosiva, de hasta 30 m, la zona situada al sur ha conseguido ganar en torno a 10 m de anchura.

Tabla 5.1 Variación de superficie de las playas del norte de la Región de Murcia.

Playas	Área 1956 (m²)	Área 1981 (m²)	Área 2013 (m²)	Variación 1956-1981 (m²)	Variación 1981-2013 (m²)	Total variación (m²)
Playa de El Mojón	22.322	22.574	19.461	252	-3.113	-2.861
Torre Derribada	101.915	152.271	204.228	50.356	51.958	102.314
Playas de la Llana	203.704	141.341	85.906	-62.363	-55.434	-117.797

Tabla 5.2 Tasas de cambio de las playas del norte de la Región de Murcia.

Playas	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa total (m²/año)
Playa de El Mojón	10	-97	-50
Torre Derribada	2.014	1.624	1.795
Playas de la Llana	-2.495	-1.732	-2.067

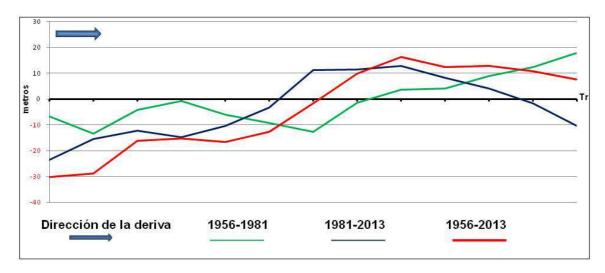


Figura 5.26 Transectos de la Playa del Mojón para los años 1956, 1981 y 2013.

Esta erosión diferencial está relacionada con la desaparición de la mayor parte de las dunas situadas en los 300 m del sector norte de la playa. Actualmente las dunas se encuentran representadas únicamente por un cordón de dunas embrionarias.

El análisis de las profundidades activas de las playas de la zona del Puerto de San Pedro del Pinatar (Figura 5.27), muestra cómo, debido a la batimetría tendida de la fachada este de la costa de la Región de Murcia, las distancias entre la línea de costa, la profundidad litoral y el límite del *shoal* son amplias. La distancia de la orilla con la profundidad shoal cuenta con un máximo de 4 km. Los sedimentos

pueden circular longitudinalmente por un "canal" de 600 m de anchura en algunos sectores de las playas.

A pesar de la amplia zonificación, es evidente el efecto negativo del puerto en las Playas de la Llana, situadas al sur, debido a la longitud del dique de Levante. Hay que tener en cuenta que la ampliación del puerto (dique de levante) intensifica la erosión del conjunto de playas situadas a sotamar (playas de La Llana) y dunas.

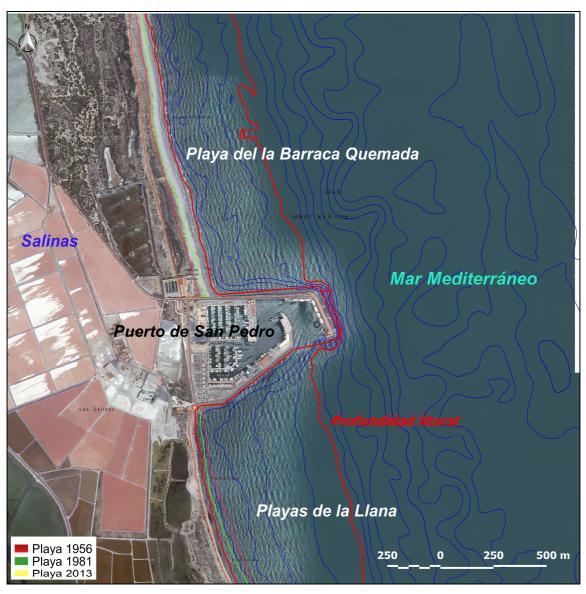


Figura 5.27 Situación del Puerto de San Pedro del Pinatar respecto a las playas de la Barraca Quemada y de la Llana.

La Playa de la Torre derribada encuentra en el dique principal del puerto un apoyo, como se puede apreciar en los últimos transectos siguiendo la deriva litoral. Esta playa parte con 101,915 ha en el año 1956. La playa ha aumentado su área en 10,231 ha de manera continua en el periodo 1956-2013, lo que supone un 50% más que la superficie inicial. La tasa de ganancia en ese periodo es con 1.795 m²/año, la más alta de la Región de Murcia. Al menos desde 1956, la playa de la Torre Derribada no ha sufrido erosión alguna. En el periodo 1956-1981 la tasa fue de 2.014 m²/año, mientras que en el periodo 1981-2013 la acreción fue de 1.624 m²/año. Los mayores incrementos en la anchura se sitúan en el sur, zona donde la playa se encaja con el puerto (Figura 5.28).

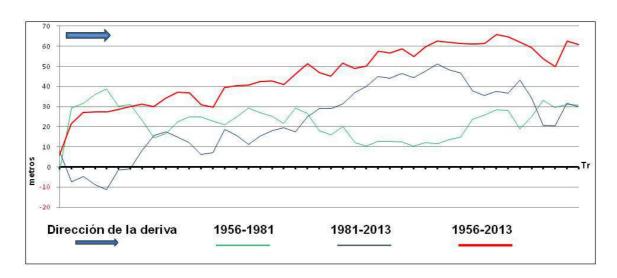


Figura 5.28 Transectos de la Playa de la Torre derribada para los años 1956, 1981 y 2013.

En cambio, a las playas situadas a sotamar del Puerto de San Pedro del Pinatar, La Playuela, La Barraca Quemada y Punta de Algas, conocidas como la Playa de la Llana han sufrido una preocupante erosión. La pérdida de playa en el periodo 1956-2013 ha sido con 117.797 m² la mayor del litoral murciano.

Los primeros transectos en dirección norte-sur, muestran claramente el efecto sombra que ha ocasionado el puerto con pérdidas de anchura dramáticas que alcanzan los 100 m (Figura 5.29). Estas playas pierden 2.077 m²/año. Los 15,124 ha de 1956 se reducen a 9,322 ha en 2013, siendo la Playa de las Salinas y la Playa de la Barraca Quemada las más deficitarias. Esta situación erosiva crónica

afecta a los valores ambientales de la zona, debido a la presencia de sistemas dunares (Figura 5.30).

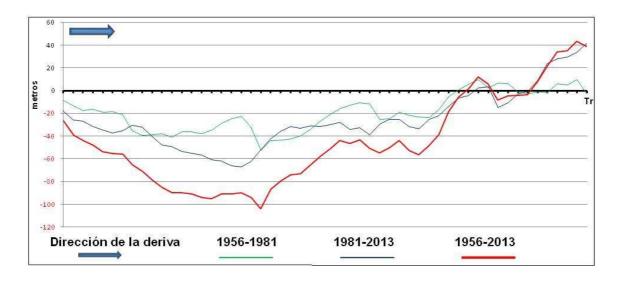


Figura 5.29 Transectos de las playas de la Playuela, Barraca Quemada y Punta de Algas para los años 1956, 1981 y 2013.



Figura 5.30 Sistema dunar de la playa de Barraca Quemada, una de las playas de La Llana.

5.4.2 Sistema litoral de La Manga del Mar Menor

El sistema se sitúa entre Las Encañizadas y Cabo de Palos (Figura 5.29), aunque cuenta con una reciente discontinuidad debido a la construcción del *Puerto Mayor*.

El conjunto de las playas de Pudrimel y Ensenada del Esparto, situadas en el extremo septentrional de La Manga del Mar Menor, han experimentado la mayor pérdida de superficie. Con 151,240 m² en el año 1956 (Tabla 5.3) y una tasa de pérdida de -1.171 m²/año en los siguientes 25 años (Tabla 5.4), la superficie 1981, es de 12.971 m². La tasa en el periodo 1981-2013 es de -899 m²/año y en el año 2013 se reduce a 93.219 m² de extensión. Estas playas se encuentran encajadas entre dos accidentes geográficos, la Punta del Pudrimel y la Punta del Cocedor, este último accidente y el escaso oleaje procedente del sur evitan las posibles interferencias que podría causar la cercanía del Puerto Mayor. La tasa total de cambio es de 1.018 m²/año durante los 67 años estudiados. La erosión que han experimentado estas playas está relacionada con la desaparición de las dunas, debido al proceso de urbanización que se repite con más o menos intensidad a lo largo de la restinga.

Tabla 5.3 Variación de superficie de las playas de La Manga del Mar Menor.

Playas	Área 1956 (m²)	Área 1981 (m²)	Área 2013 (m²)	Variación 1956- 1981 (m²)	Variación 1981- 2013 (m²)	Total variación (m²)
Pudrimel-Ensenada del E.	151.241	121.97 2	93.219	-29.269	-28753	-58.022
El Estacio a Calnegre	337.154	275.48 5	315.40 9	-61.669	39.924	-21.745
Playa Galua	57570	33.27	36.967	-23.743	3.140	-20.603
Marchamalo a Levante	135271	83.86	118.97 9	-52.185	35.893	-16.292

Tabla 5.4 Tasas de cambio de las playas de La Manga del Mar Menor.

Playas	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa total (m²/año)
Pudrimel-Ensenada del Esparto	-1.171	-899	-1.018
El Estacio a Calnegre	-2.467	1.248	-381
Playa Galua	-950	98	-361
Marchamalo a Levante	-2.087	1.122	-286

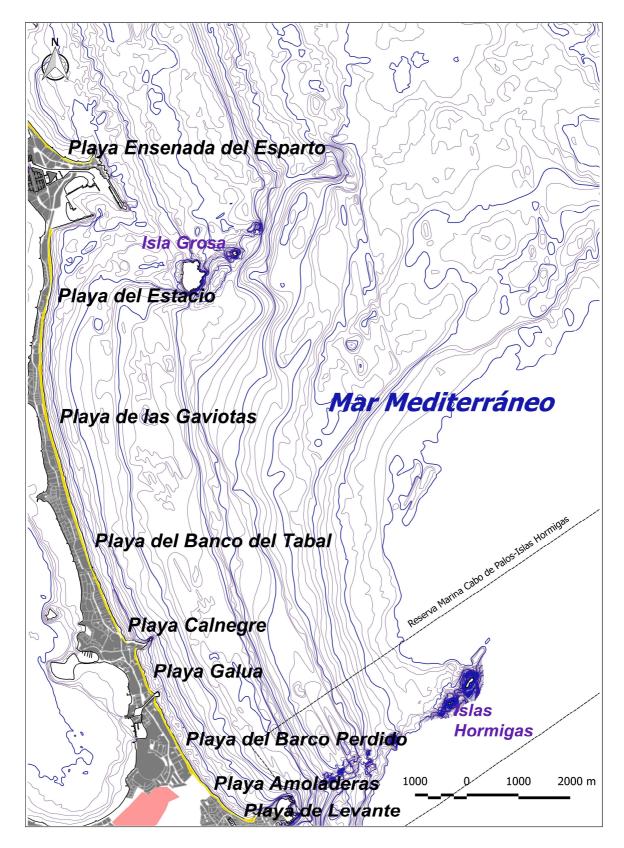


Figura 5.31 Sistema litoral de La Manga del Mar Menor.

En líneas generales el sistema ha experimentado las mayores pérdidas en el periodo 1956-1981 (Figura 5.32). El periodo de estabilidad de 1981-2013, no ha sido suficiente para restablecer la situación inicial, por lo que, en conjunto, la situación del sistema es erosiva.

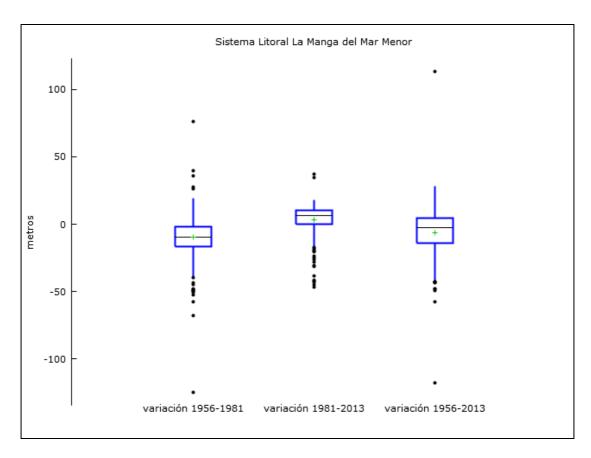


Figura 5.32 Gráficos de caja de los transectos del Sistema de La Manga del Mar Menor.

El Puerto de Tomas Maestre es la mayor obra que interactúa con la dinámica litoral afectando a las playas de la Región de Murcia. En su conjunto, supone más de un millón de m² ganados al mar, tanto al Mediterráneo, como al Mar Menor (Figura 5.33) La obra ha tenido una especial repercusión en las playas situadas al sur, Playa El Estacio, Playa de Levante, Playa El Pedrucho, Playa Banco del Tabal y Playa de Calnegre. La dinámica está condicionada por la refracción del oleaje ejercida por la Isla Grosa y el puerto. Al sur del dique de poniente se hace patente el efecto sombra del puerto sobre los primeros 600 m de la playa del Pudrimel.

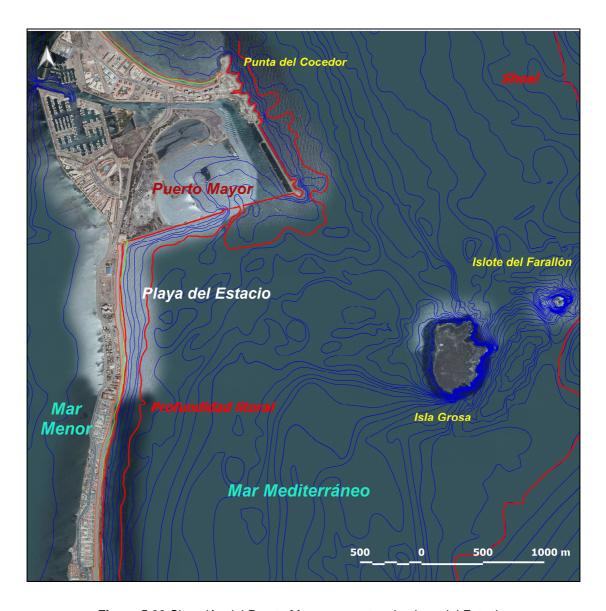


Figura 5.33 Situación del Puerto Mayor respecto a la playa del Estacio.

Las playas situadas en la Ensenada del Esparto no se han visto afectadas por el puerto, sin embargo cuentan con una erosión significativa en el sector norte (Figura 5.34), debido a la desecación de las charcas salinas que significó una reubicación de la costa y la pérdida de los cordones dunares próximos.

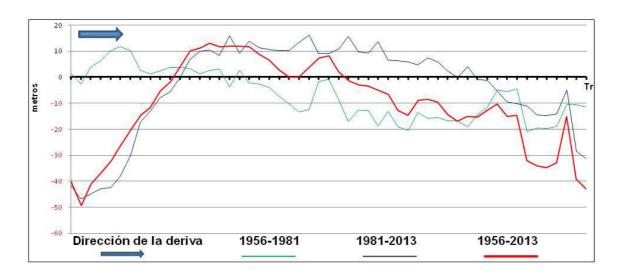


Figura 5.34 Transectos de las playas de Pudrimel y Ensenada del Esparto para los años 1956, 1981 y 2013.

En algunas zonas de la playa la pérdida de anchura está en torno a los 40 m con máximos de 50 m. Analizando el área de las playas de El Estacio, Levante y El Pedrucho tienen una tasa de erosión de 898 m²/año entre 1981 y 2013, lo que se traduce en una pérdida de 21.744 m² de playa en ese periodo. En el gráfico de transectos (Figura. 5.35) se aprecia como el puerto impide el paso de los sedimentos procedentes del Norte, cortando la deriva litoral. Al sur de la zona afectada por el efecto sombra del puerto, se aprecian sectores en equilibrio. Sin embargo el conjunto de las playas está sumido en un proceso erosivo, paliado parcialmente por las actuaciones artificiales en el cordón a principios de los años 80. Además este aparente equilibrio desaparece en los tramos meridionales, donde las pérdidas de anchura superan frecuentemente los 20 m.

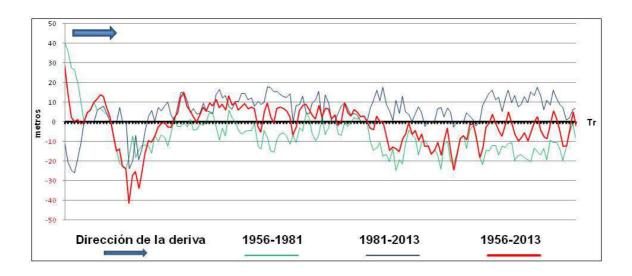


Figura 5.35 Transectos de las playas del Estacio, El Pedrucho, Tiro del Pichón, Bellavista. Snipe, Hacienda dos Mares y Calnegre para los años 1956, 1981 y 2013.

La Playa Galúa evoluciona de manera erosiva en el periodo 1956-1981. La superficie inicial de 57.570 m² de 1956, pierde cerca de la mitad de su superficie 23.743 m² en 25 años, la tasa de este periodo es de -950 m²/año. En el siguiente periodo se da una recuperación. La tasa de cambio pasa a ser positiva (98 m²/año) aunque insuficiente para recuperar el estado inicial y la superficie de Playa Galúa en el año 2013 es de 36.967 m². Las pérdidas en la anchura inicial superan los 20 m (Figura 5.36)

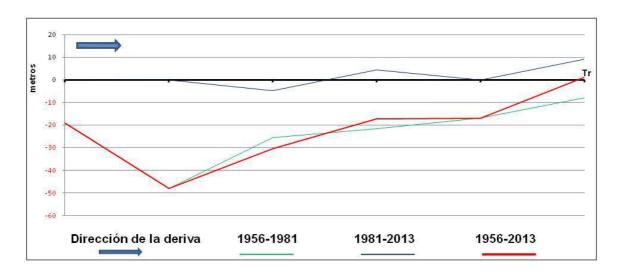


Figura 5.36 Transectos de las playa Galúa para los años 1956, 1981 y 2013.

Pese a que las tasas de Playa Galúa son similares al resto de las tasas de las playas meridionales de La Manga, los cambios que ha experimentado son más elevados porcentualmente y suponen la pérdida de casi la mitad de la superficie de la playa desde 1956.

Las playas de Marchamalo, Barco Perdido, Amoladeras y Levante situadas en el extremo sur del litoral mediterráneo de La Manga del Mar Menor, han experimentado una erosión más acentuada en el primer periodo de estudio, este hecho se debe al acondicionamiento y regeneración de las playas con arena marina en 1983 llevado a cabo por la D.G.C. Las pérdidas de anchura superan los 20 m (Figura 5.37) y se incrementan hacia el sur donde alcanzan 40 m en algunos sectores con un máximo de más de 50 m.

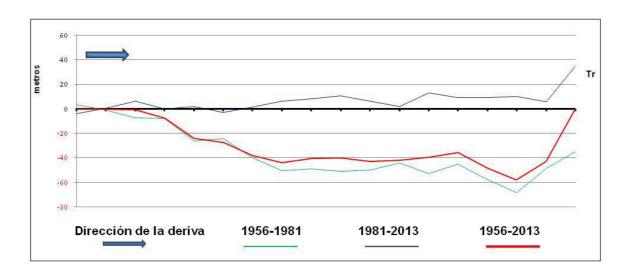


Figura 5.37 Transectos de las playas de Marchamalo, Barco Perdido, Amoladeras y Levante para los años 1956, 1981 y 2013.

El conjunto disponía de una superficie de 135.271 m² en el año 1956, con una tasa erosiva de -2.087 m²/año hasta 1981, año en el que el sistema contaba con una superficie de arena de 83.086 m². La recuperación durante el periodo 1981-2013 ha sido notable, con una tasa de 1.122 m²/año, hasta alcanzar los 118.979 m² en el año 2013.

5.4.3 Sistema litoral Cabo de Palos-Cartagena

Debido a la presencia de acantilados (Figura 5.38), se trata de una costa muy compartimentada en pequeñas calas, a pesar de la existencia de playas relativamente extensas como la playa Negrete, playa Larga o la playa de Calblanque, que superan el medio km.



Figura 5.38 Cabo de Palos desde los acantilados situados al oeste de Cala Reona.

Otra de las características de la zona es la escasa presencia de áreas urbanas litorales, limitadas al área urbana de Cabo de Palos y recientemente a Cala Reona (Figura 5.39). En líneas generales se puede decir que las calas y playas de este sector se encuentran en equilibrio (Figura 5.40). Las únicas variaciones totales negativas corresponden a calas aisladas, como Cala Fría, próxima a Cabo de Palos con una pérdida desde 1956 de 47 m² de playa (Tabla 5.5) o Cala Reona, cuya variación hasta 1981 de -17 m², se ve acelerada a partir de ese año de tal forma que las pérdidas en el segundo periodo representan casi un tercio de la superficie original.

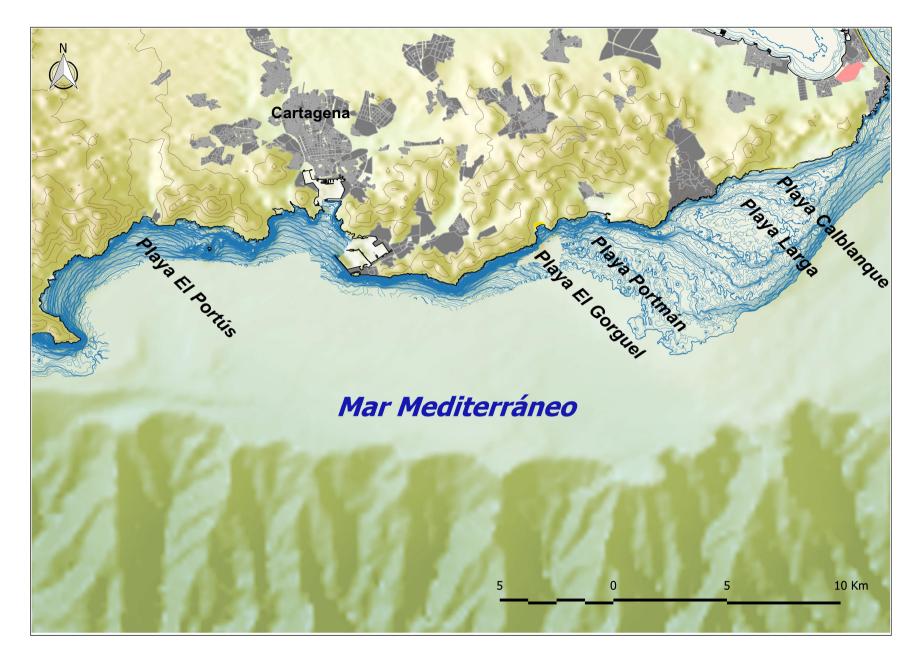


Figura 5.39 Sistema litoral de Cabo de Palos-Cartagena.

Otra cala que cuenta con enormes pérdidas en ese periodo es la de Las Mulas que, tras un periodo de equilibrio, pierde, a partir de 1981 510 m² de área que suponen más de la mitad de la superficie inicial y una tasa de pérdida de 16 m²/año entre 1981 y 2013 (Tabla 5.6)

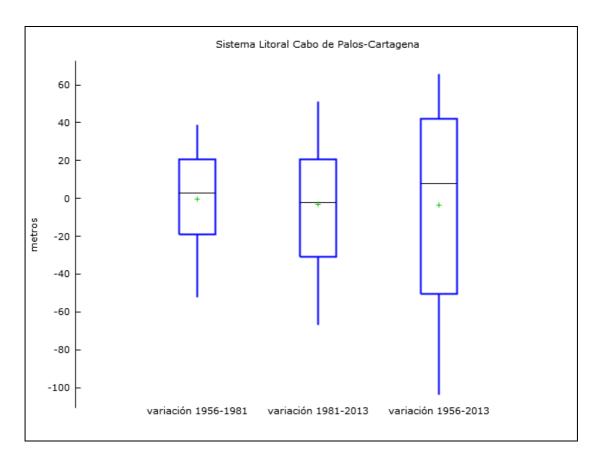


Figura 5.40 Gráficos de caja de los transectos del Sistema Litoral Cabo de Palos- Cartagena.

Tabla 5.5 Variación de superficie de las playas del sector Cabo de Palos-Cartagena.

Playas	Área 1956 (m²)	Área 1981 (m²)	Área 2013 (m²)	Variación 1956-1981 (m²)	Variación 1981-2013 (m²)	Total variación (m²)
Cabo Falcón	606	533	626	-73	93	20
Cala Fría	1.329	1.348	1.281	19	-67	-47
Cala Flores	915	580	884	-336	305	-31
Playa del Descargador	350	565	427	214	-137	77
El Descargador	1.284	1.205	1.756	-79	551	472
Cala Reona	3.757	3.741	2.702	-17	-1039	-1056
Cala de los Dentones	3.119	3.018	3.042	-101	25	-76
Cala Arturo	2.302	2.254	3.168	-49	914	866
Calblanque	10.396	10.225	11.938	-171	1.714	1.542
Playa Larga-Las Cañas	22.892	30.319	30.221	7.427	-98	7.329
Playa Negrete	9.455	17.582	22.281	8.127	46.99	12.827
Parreño 1	3.868	4.189	4.377	321	188	509
Parreño 2	3.691	3.398	2.855	-293	-543	-836
Parreño 3	641	574	550	-68	-23	-91
Parreño 4	1.007	1.119	921	112	-198	-86
Las Mulas	870	851	341	-18	-510	-529
Playa de El Gorguel	28.754	57.605	76.984	28.850	19.380	48.230
Cala Cortina	2.219	2.219	2452	0	232	232

Tabla 5.6 Tasas de cambio del sector Cabo de Palos-Cartagena.

Playas	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa periodo 2 (m²/año)	Tasa total (m²/año)
Cabo Falcón	-3	3	0
Cala Fría	1	-2	-1
Cala Flores	-13	10	-1
Playa del Descargador	9	-4	1
El Descargador	-3	17	8
Cala Reona	-1	-32	-19
Cala de los Dentones	-4	1	-1
Cala Arturo	-2	29	15
Calblanque	-7	54	27
Playa Larga-Las Cañas	297	-3	129
Playa Negrete	325	147	225
Parreño 1	13	6	9
Parreño 2	-12	-17	-15
Parreño 3	-3	-1	-2
Parreño 4	4	-6	-2
Las Mulas	-1	-16	-9
Playa de El Gorguel	1.154	606	846
Cala Cortina	0	7	4

La acreción del sistema es evidente. La playa de El Gorguel ha aumentado en un 157 % su superficie, Cala Arturo un 38% y El Descargador un 37%, las ramblas y barrancos de esta área litoral dirigen los sedimentos procedentes de la Sierra de Cartagena-La Unión hacia las playas, por cauces cortos, pero de gran pendiente. Parte de los sedimentos procede de la erosión de los acantilados.

La playa de El Gorguel, situada al oeste de este sistema litoral, próxima al núcleo urbano de Cartagena, ha experimentado un crecimiento continuo desde 1956. Desde ese año, en el que contaba con una superficie de 28.754 m², hasta 1981 la playa sumó una media de 28.850 m² cada año. La acreción a partir de la década de 1980 desacelera, pero continúa siendo significativa, con una tasa de 606 m²/año y alcanza 76.984 m² en 2013, que suponen más del doble de la superficie inicial.

La playa de El Gorguel es la playa de la Región de Murcia que más ha aumentado su superficie desde 1956 (Figura 5.41). El aporte natural de sedimentos se produce a través de la Rambla del Arenque que, además de contar con una pendiente que aumenta su capacidad erosiva, recoge los aportes procedentes de las antiguas minas. La playa dispone además de otra fuente de materiales situada al oeste de la playa, un barranco que se ensancha a medida que se aproxima a la playa.

La anchura máxima ganada por la playa de El Gorguel supera los 120 m en el periodo 1956-2013 (Figura 5.42).

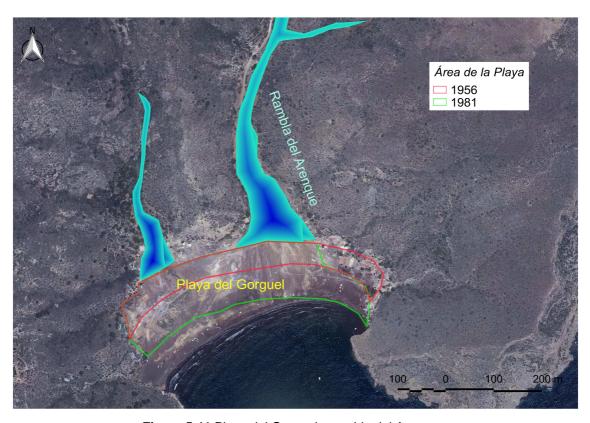


Figura 5.41 Playa del Gorguel y rambla del Arenque.

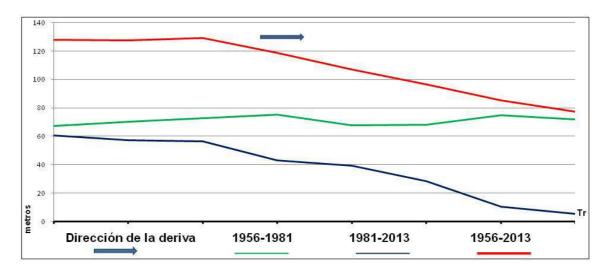


Figura 5.42 Transectos de la Playa de El Gorgel para los años 1956, 1981 y 2013.

En Portmán, los vertidos directos al mar de estériles procedentes del lavado de mineral, efectuados por la empresa minera Peñarroya entre 1958 y 1990, supuso la colmatación de la Bahía (Figura 5. 43), ocasionando uno de los mayores desastres ecológicos del Mediterráneo. Los vertidos han supuesto la colmatación

de 704.927 m² de la bahía, el antiguo puerto de Portmán se encuentra tierra adentro, a una distancia mínima de 300 m de la actual línea de costa.



Figura 5.43 Colmatación de la Bahía de Portmán.

La playa de Calblanque, situada al este de Cabo de Palos (5.44) posee una alimentación compuesta por cuatro barrancos, dos de los cuales desaguan directamente en la playa y otros dos, situado en el sector oriental, con desembocaduras en Cala Arturo y Cala Magre. Los cauces presentan una pendiente fuerte que se suaviza en los últimos 200 m de su recorrido. La fracturación de las rocas aguas arriba se ve favorecida por los fenómenos gravitacionales y constituyen la principal fuente de aportes realizados por la hidrología.

Esta playa ha experimentado una evolución de relativa estabilidad en su superficie en el periodo 1956-1981. Con 10.396 m^2 en el año 1956 y una tasa de perdida leve de -6 m^2 /año en los siguientes 25 años, siendo la superficie en 1981, de

10.225 m², similar a la de la década de los 50. Los transectos (Figura 5.45) muestran una ganancia de 10 m de anchura en la playa.



Figura 5.45 Línea de costa de la playa de Calblanque.

La tasa en el periodo 1981-2013 es positiva con 53,55 m²/año y en el año 2013 la playa ha aumentado su superficie contando con 11.938 m² de extensión. La tasa total de cambio es de 27 m²/año durante los 67 años estudiados.

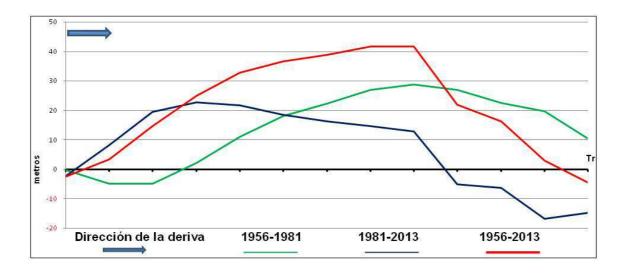


Figura 5.45 Transectos de la Playa de Calblanque para los años 1956, 1981 y 2013.

La variación de los transectos de playa Larga (5.46) muestra una variación en la distribución de los sedimentos entre los dos periodos de estudio. El sector situado al este de la playa se ha erosionado durante el primer periodo y muestra una recuperación a partir de 1981, en cambio el sector occidental de la playa ha experimentado un retroceso a partir de ese mismo año. En términos generales la playa permanece en equilibrio a lo largo de todo el periodo de estudio.

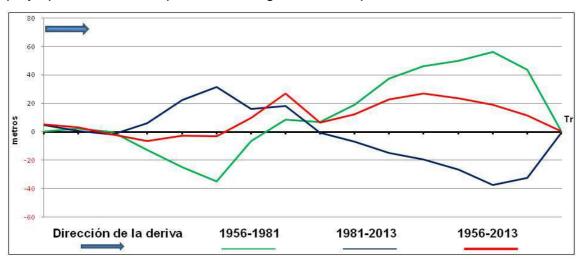


Figura 5.46Transectos de Playa Larga, años 1956, 1981 y 2013.

5.4.4 Sistema litoral Cartagena-Cabo Tiñoso

El área comprendida entre el Puerto de Cartagena y Cabo Tiñoso presenta algunas similitudes con el sistema litoral situado al este del puerto. Se trata de un área con relieves próximos a la costa, presencia de acantilados y calas, con escasa urbanización. Aunque presenta menor número de cuencas, estas tienen, como en la sierra de Cartagena-La Unión, un reducido tamaño y elevadas pendientes que aumentan su energía erosiva.

Sin embargo, las playas situadas en este sector presentan algunas diferencias, por un lado no existen playas extensas y la evolución de su superficie indica una situación erosiva. Únicamente las calas con menor superficie han experimentado cambios positivos. La Parajola, próxima al dique de la Algameca, compuesta por sedimentos procedentes de la erosión de los acantilados y Cala Cerrada (Figura 5.47), alimentada por un barranco, situada en el mismo Cabo Tiñoso, fuera del

sistema litoral y protegida del oleaje. Ambas cuentan con una variación de apenas 37 y 38 m² respectivamente (Tabla 5.7) y unas tasas interanuales de 1 m²/año (Tabla 5.8), correspondientes a un estado de equilibrio.

Los procesos de erosión de las playas de este sistema son complejos y aunque la erosión es generalizada (Figura 5.48), no todas las calas pasan por las mismas situaciones en los mismos espacios temporales. Cala Aguilar parte de una situación erosiva en el periodo 1956-1981, aunque posteriormente recupera un tercio de las pérdidas de ese primer periodo. La situación es similar en playa Morena, aunque sin ganancias en el periodo 1981-2013. En cambio, la cala Pozo de la Avispa, sufre una erosión fuerte, con una tasa de cambio de -67 m²/año en una superficie inicial de 3.553 en 1981, después de un periodo de acreción. Las mayores pérdidas en relación a la superficie total sitúan esta cala en la situación más crítica del sistema, las pérdidas totales suponen el 56% de su superficie inicial, seguida de playa Morena con el 49% y la Cala del Gatillo cuya erosión representa el 30% de la superficie de arena en 1956.



Figura 5.47 Imagen aérea de Cala Cerrada.

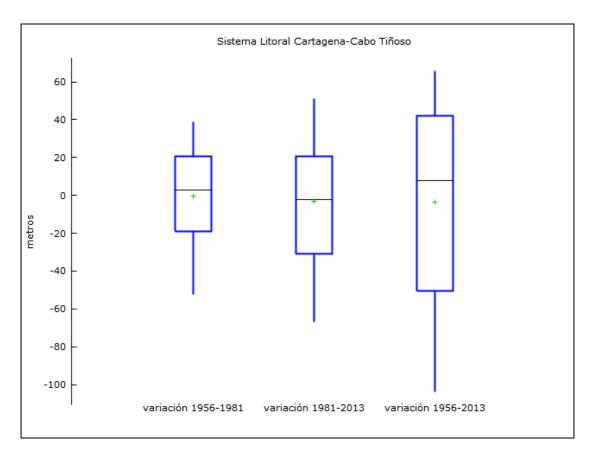


Figura 5.48 Gráficos de caja de la variación de los transectos del Sistema Cartagena-Cabo Tiñoso.

El análisis de los transectos en "Fatares 1" (Figura 5.49) muestra una disminución en la anchura de hasta 7 m, aproximadamente una cuarta parte de su anchura máxima original.

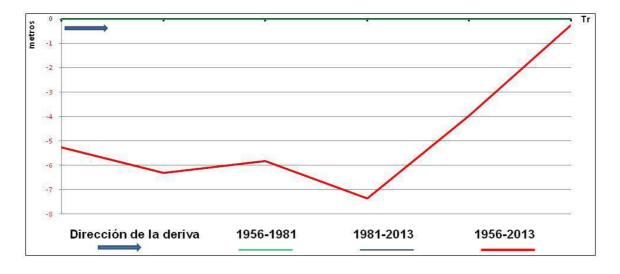


Figura 5.49. Transectos de playa de Fatares para los años 1956, 1981 y 2013.

La playa de Fatares es una de las que ha sufrido un proceso erosivo exclusivamente en el segundo de los periodos, para el estudio de las áreas se ha dividido la playa en dos áreas, debido a la discontinuidad que presenta ("Fatares 1" y "Fatares 2"). La disminución de áreas y las tasas son similares en ambos sectores.

Tabla 5.7 Variación de superficie de las playas del Sistema Litoral Cartagena-Cabo Tiñoso.

Playas	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa total (m²/año)
La Parajola	0	1	1
Cala del Gatillo	0	-40	-23
La Muela-Cabo Tiñoso	0	-14	-8
Fatares 1	0	-32	-18
Fatares 2	0	-27	-15
Playa Morena	-178	-4	-81
Cala Aguilar	-66	17	-20
Cala El Bolete Grande	-14	0	-6
Cala Pozo de la Avispa	12	-67	-32
Cala Salitrona	0	-13	-7
Cala Cerrada	2	0	1

Tabla 5.8 Tasas de cambio de las playas del Sistema Litoral Cartagena-Cabo Tiñoso.

Playas	Área 1956 (m²)	Área 1981 (m²)	Área 2013 (m²)	Variación 1956-1981 (m²)	Variación 1981-2013 (m²)	Total variación (m²)
La Parajola	872	872	909	0	37	37
Cala del Gatillo	4.306	4.306	3.022	0	-1.284	-1.284
La Muela-Cabo Tiñoso	2.884	2.884	2.431	0	-453	-453
Fatares 1	4.283	4.283	3.272	0	-1.012	-1.012
Fatares 2	3.660	3.660	2.811	0	-849	-849
Playa Morena	9.276	4.816	4.674	-4.459	-142	-4.602
Cala Aguilar	5.134	3.472	4.017	-1.662	545	-1.117
Cala El Bolete Grande	3.052	2.708	2.702	-344	-6	-349
Cala Pozo de la Avispa	3.253	3.553	1.416	299	-2.136	-1.837
Cala Salitrona	1.770	1.770	1.352	0	-418	-418
Cala Cerrada	1.189	1.240	1.227	51	-13	38

5.4.5 Sistema litoral de la Ensenada de Mazarrón

La Ensenada de Mazarrón (Figuras 5.50 y 5.51) se extiende desde La Azohía, al oeste de Cabo Tiñoso hasta el núcleo urbano del Puerto de Mazarrón. Las playas están caracterizadas por la presencia de bolos y arenas gruesas en el sector oriental, hasta la desembocadura de la rambla de Valdelentisco, al oeste de la ensenada el material es más fino, salvo en la playa de El Gachero debido a los aportes que deposita la rambla de los Lorentes en este lugar.

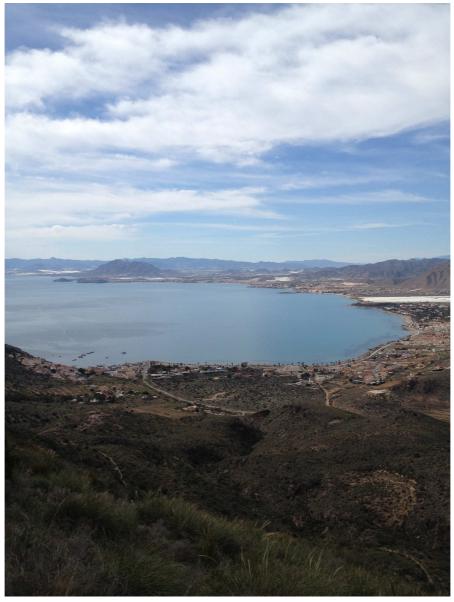


Figura 5.50 Ensenada de Mazarrón desde La Azohía.

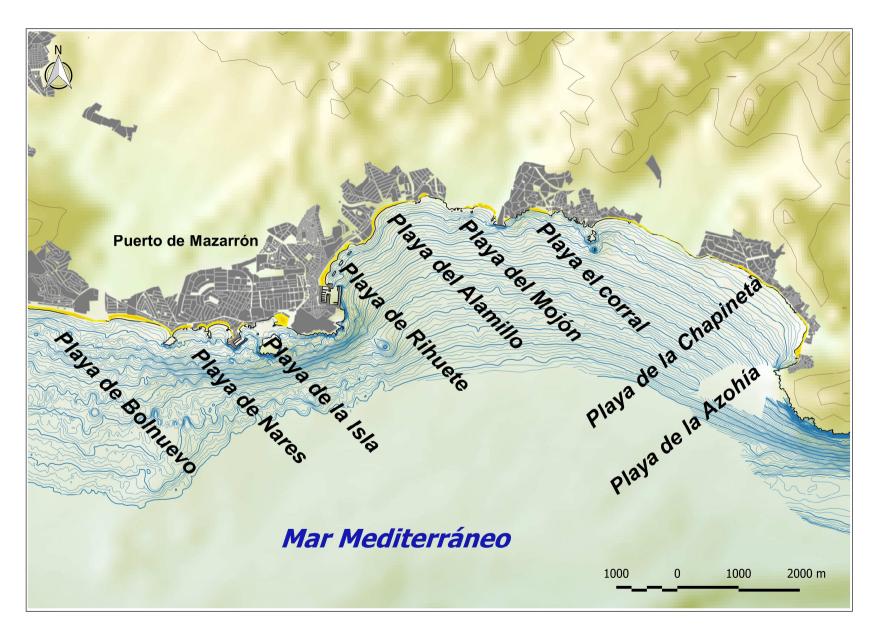


Figura 5.51 Sistema litoral de la Ensenada de Mazarrón.

La costa de la Ensenada de Mazarrón ha experimentado una recuperación en el periodo 1981-2013, que no ha sido suficiente para compensar las pérdidas de arena del periodo 1956-1981 (Figura 5.52).

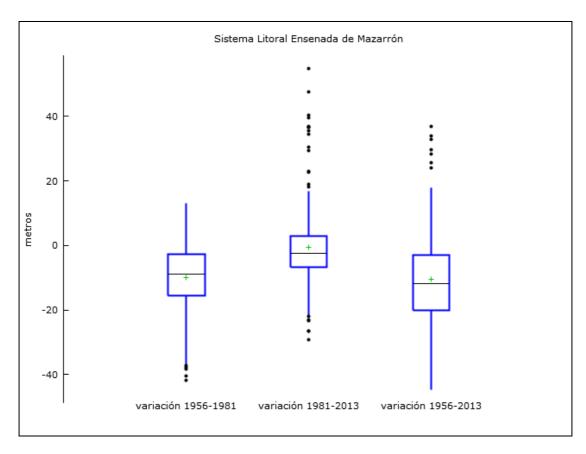


Figura 5.52 Gráficos de caja de la variación de los transectos del Sistema Litoral Ensenada de Mazarrón.

5.4.5.1 Playas situadas al este del Puerto de Mazarrón

Excluyendo las playas urbanas del núcleo del Puerto de Mazarrón, desde la playa de La Azohía (Figura 5.53) hasta la playa del Alamillo, se presenta una situación erosiva generalizada, en la que se observa una recuperación en el periodo 1981-2013.

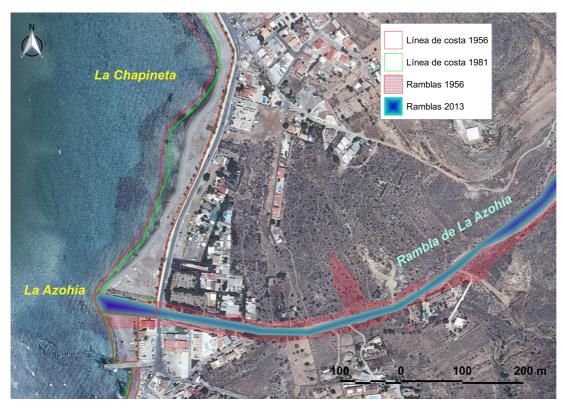


Figura 5.53 Líneas de costa de la playa de La Azohía.

Las pérdidas de superficie en las playas de la Azohía y de La Chapineta son evidentes, con erosión en ambos periodos y una pérdida total de 14.618 m² (Tabla 5.9) y reducciones máximas de anchura de cerca de 35 m (Figura 5.54).

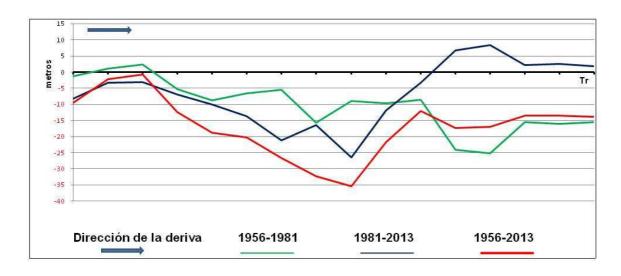


Figura 5.54 Transectos de Playa de La Azohía y La Chapineta para los años 1956, 1981 y 2013.

El conjunto, ha perdido casi el doble de superficie en el primer periodo, donde la tasa alcanza una variación de -362 m²/año (Tabla 5.10). La D.G.C. acondicionó estas playas en 1995, mediante el aporte de arena de procedencia terrestre.

Tabla 5.9 Variación de superficie de las playas del Sistema Litoral de la Ensenada de Mazarrón.

Playas	Área 1956 (m²)	Área 1981 (m²)	Área 2013 (m²)	Variación 1956- 1981 (m²)	Variación 1981-2013 (m²)	Total variación (m²)
La Azohía-Chapineta	41.907	32.856	27.288	-9.051	-5.568	-14.618
Isla Plana a La Chapineta	11.2194	64.897	55.246	-47.297	-9.650	-56.947
Cala del Contrabando	1.163	1.009	986	-154	-23	-177
El Corral	14.403	11.272	11.048	-3.131	-224	-3.355
El Cabezo del Mojón	1.778	1.871	2.670	93	799	892
El Mojón	29.536	21.706	23.376	-7.830	1.670	-6.160
Playa Negra	10.713	9.942	5.949	-770	-3.993	-4.764
Gachero-El Alamillo	51.404	36.206	34.256	-15.199	-1.950	-17.149

Tabla 5.10 Tasas de cambio de las playas del Sistema Litoral de la Ensenada de Mazarrón.

Playas	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa periodo 2 (m²/año)	Tasa total (m²/año)
La Azohía-Chapineta	-362	-174	-256
Isla Plana a La Chapineta	-1.892	-302	-999
Cala del Contrabando	-6	-1	-3
El Corral	-125	-7	-59
El Cabezo del Mojón	4	25	16
El Mojón	-313	52	-108
Playa Negra	-31	-125	-84
Gachero-El Alamillo	-608	-61	-301

El motivo de la fragmentación en el análisis de la playa de la Chapineta ha sido la discontinuidad, y es en su sector occidental donde el sistema litoral de la ensenada ha sufrido mayor erosión, llegando a superar los 40 m de pérdida de anchura (Figura 5.55).

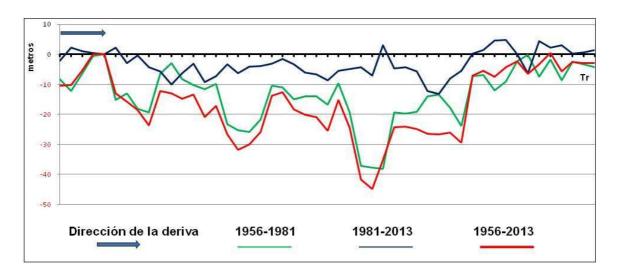


Figura 5.55 Transectos de las playas de Isla Plana, La Calera, San Ginés y La Chapineta para los años 1956, 1981 y 2013.

Este tramo une las playas de San Ginés, La Calera, donde se encuentra la desembocadura de la rambla de El Canar, responsable del suministro de sedimentos, e Isla Plana. La variación supone -56.947 m² de pérdida continua desde 1956, con una tasa de -999 m²/año, que a pesar de la dimensión inicial es bastante alta, dado que el conjunto reduce su superficie a la mitad entre 1956 y 2013.

La playa del Corral se encuentra encajada en una serie de acantilados bajos. Su situación ha pasado de un proceso de erosión con pérdidas de más de 10 m de anchura en el periodo 1956-1981 (Figura 5.56) a un periodo de aparente estabilidad desde 1981, su sedimento procede de los aportes de la rambla de Valdelentisco.

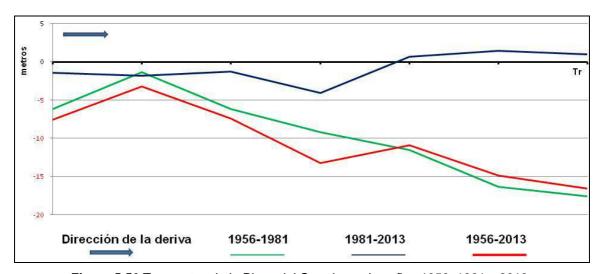


Figura 5.56 Transectos de la Playa del Corral para los años 1956, 1981 y 2013.

La playa de El Mojón (no confundir con la playa de San Pedro del Pinatar) está localizada en el sector oriental del municipio de Mazarrón. Su morfología es similar a la de la playa del Corral, ubicada entre acantilados bajos, dependiente de la rambla de Valdelentisco, cuenta además con dunas fósiles. La evolución también es parecida (Figura 5.57)

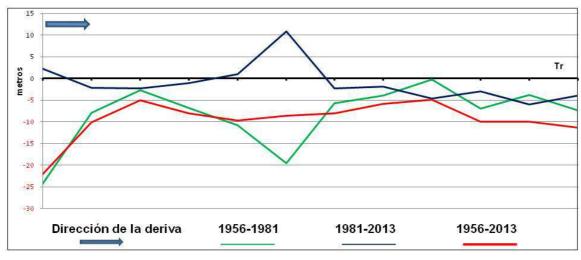


Figura 5.57 Transectos de la Playa del Mojón (Mazarrón) para los años 1956, 1981 y 2013.

Tras un periodo de erosión la playa muestra una recuperación y cuenta con una tasa positiva desde 1981, a pesar de que las pérdidas netas ocurridas desde 1956 sean negativas.

Las playas de El Gachero y de El Alamillo son playas erosivas dependientes de la rambla de Los Lorentes, que desemboca en el sector correspondiente a El Gachero. Anteriormente una rambla de menor tamaño situada al este del sistema efectuaba aportes al conjunto, pero actualmente está sellada por usos agrícolas (invernaderos principalmente) y urbanos. Las playas han retrocedido de manera drástica en el periodo 1956-1981, la pérdida de la anchura es superior a 10 m (ver figura 5.58) en la mayor parte de las playas y especialmente en las desembocaduras de las ramblas, por lo que la erosión está relacionada con una drástica disminución del aporte de sedimentos durante las avenidas.

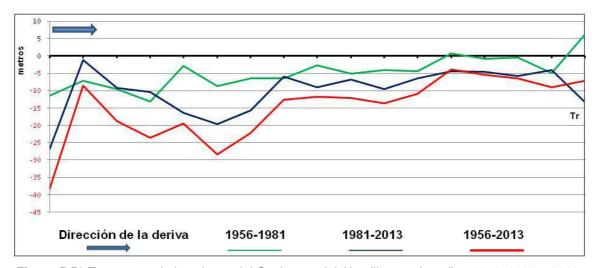


Figura 5.58 Transectos de las playas del Gachero y del Alamillo para los años 1956, 1981 y 2013.

Las playas urbanas de El Puerto y de El Rihuete, en el Puerto de Mazarrón, presentan continuidad en su sedimento y un comportamiento que permite tratarlas como una única playa (Figura 5.59). A escasa profundidad se sitúan diques exentos que protegen la playa del oleaje. Además de los cambios en el paseo marítimo que modificaron su aspecto inicial, las playas fueron regeneradas por la Dirección General de Costas (DGC) en los años 1984 y 1994 con aportes de arena marina. Los tres diques se corresponden con los *Nº46*, *Nº47* y *Nº48* del inventario del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC), poseen unas longitudes de 85 m (dique NE) y 92 m (central y SO) y actúan de forma conjunta con una separación entre ellos de 120 m (Tabla 5.11).

La relación propuesta por Dally y Pope (1986) se cumple, ya que los cocientes entra los parámetros B y S son 0,78 en el dique N^o 46 y 0,71 para los diques N^o 47 y N^o 48 y, por tanto, al no superar la razón de 1,5, no se desarrollan hasta formar tómbolos.

Al aplicar la relación de Suh y Dalrymple (1987) Las razones entre B/S resultan menores al doble de la relación $d_{(d)}$ / B, 2,8 para el dique N^046 y 2,61 para los diques N^047 y N^048

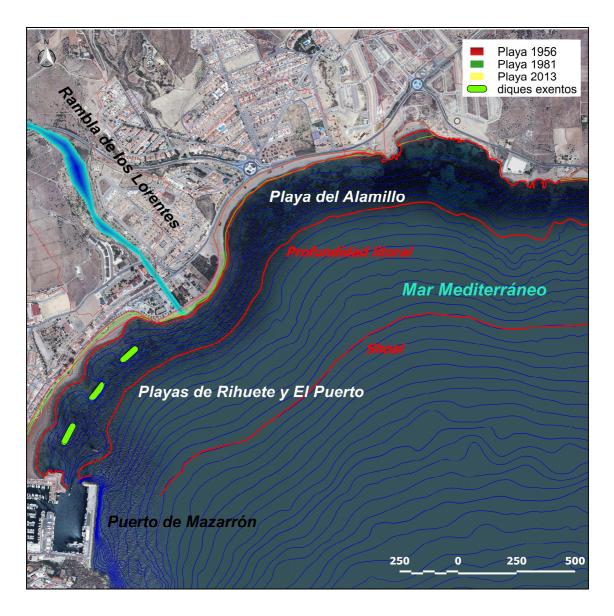


Figura 5.59 Profundidades activas, líneas de costa y diques exentos de las playas de El Puerto y del Alamillo.

A pesar de no formar tómbolos, debido a la refracción del oleaje estos rompeolas forman hemitómbolos poco desarrollados que, además de ganar metros al mar y frenar el efecto del oleaje permiten el paso del sedimento a lo largo de la playa al no disminuir ni cortar el área entre la profundidad litoral y la orilla. En el análisis de los transectos (Figura 5.60) se observan con claridad las zonas de acreción generadas por los rompeolas y como la playa ha pasado de un estado erosivo al comportamiento de equilibrio actual.

Tabla 5.11 Características geométricas de los diques exentos de Mazarrón. B representa la longitud; S, la distancia a la costa original (1981) y $d_{(d)}$ la distancia al dique más cercano.

Dique	nº	B (m)	S (m)	d _(d) (m)	B/S (m)
Mazarrón	46	85	109	120	0,78
Mazarrón	47	92	130	120	0,71
Mazarrón	48	92	130	120	0,71

La playa de Rihuete-El Puerto parte con 24.078 m² en el año 1956, en situación erosiva, con una tasa de cambio de -404 m²/año, la superficie de las playas se redujo hasta 13.987 m². Tras haber ganado terreno al mar a partir de la remodelación, el área cuenta 37.274 m².

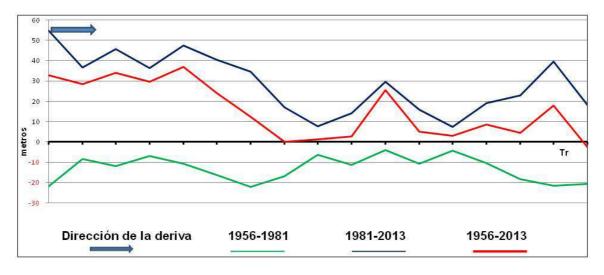


Figura 5.60 Transectos de las playas del Rihuete y del Puerto para los años 1956, 1981 y 2013.

5.4.5.2 Playas situadas al oeste del Puerto de Mazarrón

Con un transporte de sedimentos independiente de la deriva de la ensenada, las playas situadas a sotamar del puerto de Mazarrón no se ven afectadas en el transporte de sedimentos por la obra, ya que, en cualquier caso, estos no pasarían de la Punta de los Aviones a 300 m al sur del puerto.

La playa de la Isla (Figura 5.61) ha experimentado una redistribución de los sedimentos, debido al desarrollo de una flecha causada por la acumulación de material sobrante de la minería (*gacheros*) a lo largo del siglo XIX, que disminuye el paso de los sedimentos procedentes del este.



Figura 5.61 Líneas de costa de la playa de La Isla.

La deriva litoral, por el contrario, redistribuyó el sedimento y el área de la playa de La Isla, próxima a la playa de la Ermita, se erosionó por completo, a consecuencia de la construcción del Puerto Deportivo de Mazarrón, que disminuye el escaso transporte desde el sector occidental. La Isla de Adentro (también llamada Isla de "Paco"), resguarda la playa de la Isla y la playa de la Ermita de los temporales, por lo que el proceso de recuperación será lento.

La playa de Bahía (Figura 5.62), contigua a la playa de la Isla, es una playa encajada que se encuentra en una situación de acreción. La acreción es mayor en el sector occidental, en el que se ha formado un tómbolo por la refracción del oleaje, debido a la presencia de un antiguo islote que separaba la playa de Bahía de la de La Pava (el Cabezo del Gavilan). Su desarrollo ha permitido la acumulación de sedimentos en esa zona y la ampliación de su anchura en 10 m en gran parte de la playa.

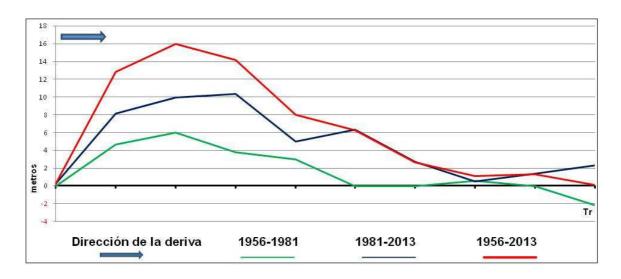


Figura 5.62 Transectos de las Playa de Bahía para los años 1956, 1981 y 2013.

La rambla de Las Moreras (Figura 5.63) separa y alimenta las playas de El Castellar, situada al este de la desembocadura y la playa de Bolnuevo localizada en el sector occidental. La rambla es trágicamente recordada por la tragedia de 1989 en el antiguo Camping de Bolnuevo, en la que dos personas fallecieron debido a una avenida y 600 personas fueron evacuadas.

Bolnuevo y El Castellar son playas relativamente largas, con 1,5 km y 1 km de longitud respectivamente. Ambas playas han experimentado un proceso erosivo

en el periodo 1956-1981 (Figura 5.64). Las playas de Bolnuevo y El Castellar son las playas urbanas de Mazarrón más afectadas por la erosión (Tabla 6.12) Las tasas para ese periodo son -420 m²/año en la playa de El Castellar, y -882 m²/año en Bolnuevo (Tabla 6.13). Aunque en el periodo 1981-2013 se produce una desaceleración de la erosión, en conjunto las pérdidas suponen el 19% y el 30% de la superficie inicial.



Figura 5.63 Desembocadura de la Rambla de las Moreras en la Playa de Bolnuevo.

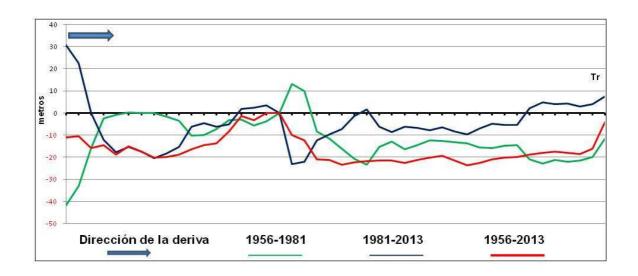


Figura 5.64 Transectos de las Playa de El Castellar y Bolnuevo para los años 1956, 1981 y 2013.

Tabla 5.12 Variación de superficie de las playas urbanas de Mazarrón.

Playas	Área 1956 (m²)	Área 1981 (m²)	Área 2013 (m²)	Variación 1956-1981 (m²)	Variación 1981-2013 (m²)	Total variación (m²)
La Ermita	2.957	2.600	3.575	-357	975	618
Bahía (tramo 1)	631	472	628	-160	156	-3
Bahía	16.825	6.412	5.988	-10.413	-424	-10.838
La Pava	6.268	6.412	5.988	144	-424	-280
Nares	13.747	54.473	52.178	40.726	-2.295	38.431
El Castellar	64.967	54.473	52.178	-10.494	-2.295	-12.788
Bolnuevo	82.887	60.846	57.880	-22.042	-2.966	-25.007

Tabla 5.13 Tasas de cambio de las playas urbanas de Mazarrón.

Playas	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa total (m²/año)
La Ermita	-14	30	11
Bahía (tramo 1)	-6	5	0
Bahía	-417	-13	-190
La Pava	6	-13	-5
Nares	1.629	-72	674
El Castellar	-420	-72	-224
Bolnuevo	-882	-93	-439

5.4.6 Sistema litoral de las ramblas de Villalba Pastrana y Ramonete

Se han incluido en este sistema litoral una serie de calas encajadas en acantilados altos y medios, compuestos por sedimentos marinos de la última trasgresión (Figura 5.65). Aunque el sistema queda definido por las tres ramblas (Figura 5.6), Los aportes que reciben están relacionados también con la erosión de los acantilados. Su situación, al oeste de Mazarrón, hace que se las conozca popularmente como las "Calas de Bolnuevo".

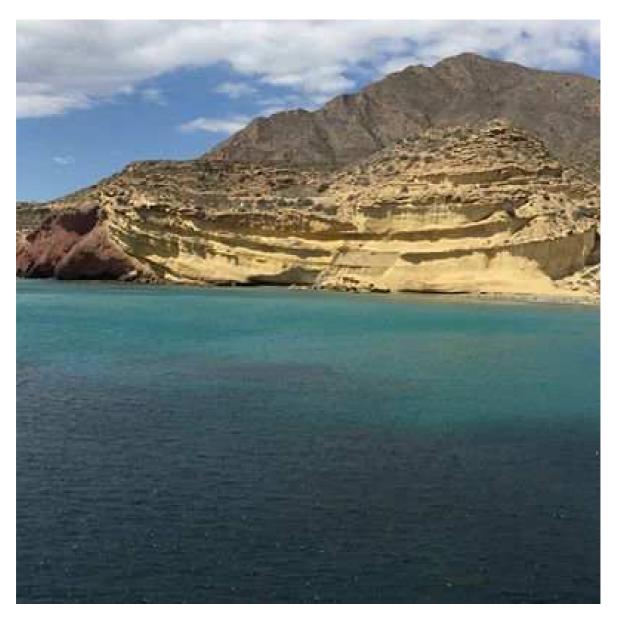


Figura 5.65 Acantilados formados por la erosión de fondos marinos cuaternarios.

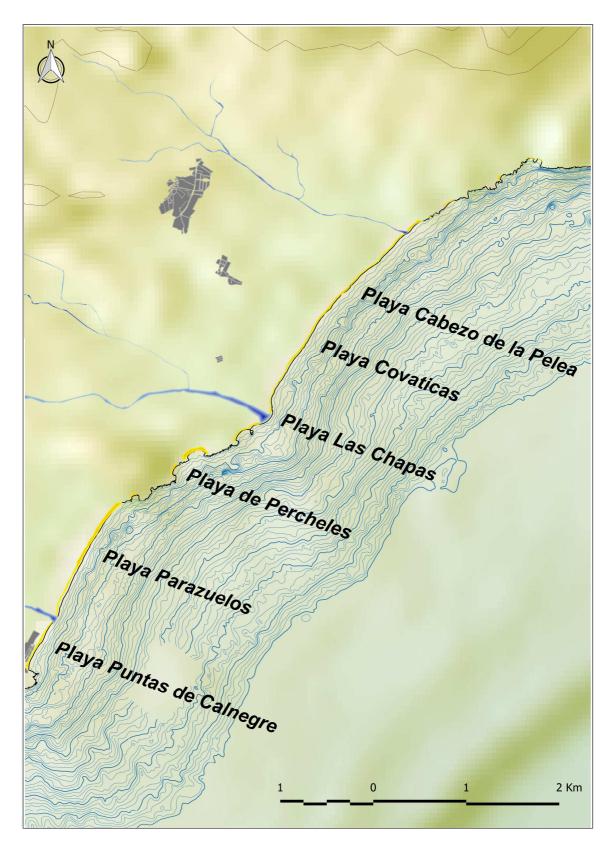


Figura 5.66 Sistema litoral de las ramblas de Villalba, Pastrana y Ramonete

Los procesos erosivos del tramo han sido constantes desde 1956 hasta la actualidad (Figura 5.67). La variación media de los transectos supera los 20 m de retranqueo.

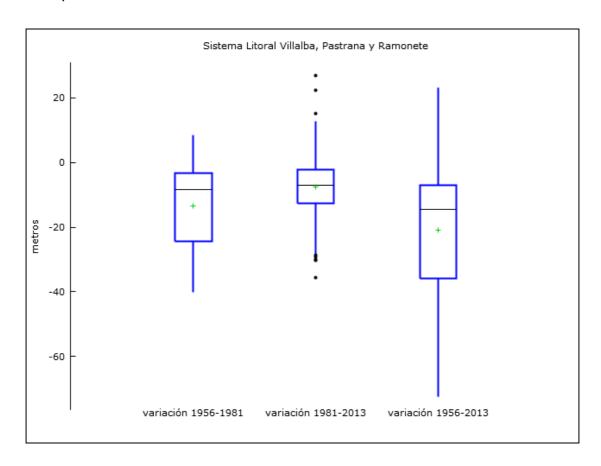


Figura 5.67 Gráficos de caja de la variación de los transectos del Sistema Litoral Villalba, Pastrana y Ramonete.

Mientras las playas cuyos aportes proceden de las tres ramblas litorales principales, han sido las más afectadas por procesos erosivos, las playas encajadas en calas se corresponden con tasas de erosión más bajas. Sólo las mayores playas correspondientes a las calas de Bolnuevo (playa Hondo del Fondo y playa de La Puñeta) superan los 2.000 m² (Tabla 5.14), al estar más expuestas a los temporales y recibir pocos aportes, han perdido prácticamente la mitad de la superficie. Las tasas de cambio indican una erosión proporcional al tamaño de las calas y constante a lo largo del periodo de estudio (Tabla 5.15).

Tabla 5.14 Variación de superficie de las calas de Bolnuevo.

Playas	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa total (m²/año)
Playa del Rincón	-15	3	-5
Playa del Rincón 2	-12	7	-1
Playa de Cueva de Lobos	-21	-9	-14
Playa de La Puñeta	-90	32	-22
Playa de Grúa	-7	0	-3
Playa Cala Leño	-21	2	-8
Playa del Barranco Ancho	-23	-5	-13
Playa Hondo del Fondo	-22	-27	-25

Tabla 5.15 Tasas de cambio de las calas de Bolnuevo.

Playas	Área 1956 (m²)	Área 1981 (m²)	Área 2013 (m²)	Variación 1956-1981 (m²)	Variación 1981-2013 (m²)	Total variación (m²)
Playa del Rincón	1.161	782	874	-379	92	-287
Playa del Rincón 2	1.931	1.623	1.858	-308	235	-73
Playa de Cueva de Lobos	1.957	1.442	1.153	-515	-288	-804
Playa de La Puñeta	2.891	637	1.659	-2.253	1.021	-1.232
Playa de Grúa	696	518	513	-178	-5	-183
Cala Leño	1.239	726	803	-513	77	-436
Playa del Barranco Ancho	1.868	1.294	1.149	-574	-145	-719
Playa Hondo del Fondo	2.998	2.446	1.576	-552	-870	-1.422

La erosión de la playa de Las Cobaticas ha sido constante, tres transectos registran pérdidas de 74 m entre los años 1956 y 2013 (Figura 5.68). Las pérdidas son mucho más evidentes al sur de la desembocadura de las ramblas de Villalba y Ramonete, lo que explica que la erosión está relacionada con la disminución de aportes en época de crecidas. La variación de la superficie de este conjunto de playas desde 1956 es de -92.397 m², con una tasa de pérdida (1956-2013) de -1.621 m²/año.

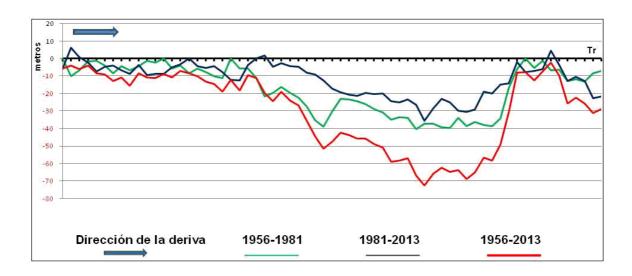


Figura 5.68 Transectos de la Playa de Las Cobaticas para los años 1956, 1981 y 2013.

Las playas de Percheles y Las Minas son independientes del sistema de ramblas litorales. Estas playas, junto con la de Negrete son las únicas que han aumentado su superficie en el sistema litoral (Figura 5.69).

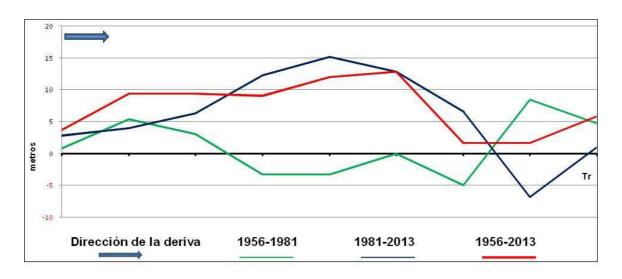


Figura 5.69 Transectos de las playas de Percheles y las Minas para los años 1956, 1981 y 2013.

La playa de percheles aumenta su superficie principalmente en el periodo 1981-2013, la anchura máxima ganada está en torno a los 10 m.

Además de la independencia de los aportes de las ramblas, su sistema dunar y los accidentes geográficos que protegen estas playas de los temporales (Figura 5.70)

han constituido los principales agentes que han influido de manera diferente al resto del sistema litoral.

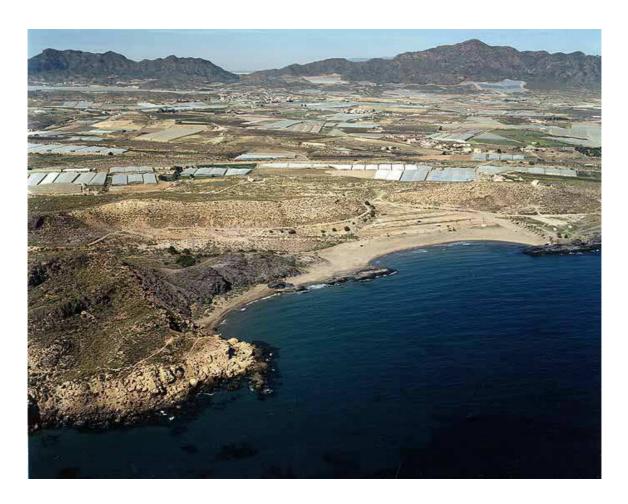


Figura 5.70 Vista aérea de la playa de Percheles. Fuente: MAGRAMA.

De la misma forma que en la playa de Las Cobaticas, las playas de Calnegre y Parazuelos se han reducido drásticamente, con pérdida de anchura de hasta 40 m al norte de la rambla del Ramontete (Figura 5.71). La dinámica litoral predominante, con dirección norte-sur ha impedido la recuperación de arena tras los temporales. Al sur de la rambla las pérdidas son menores, pero significativas. La variación total en el periodo 1956-2013 es de -43.130 m² (Tabla 5.16), lo que supone la mitad de la superficie de las playas. Las tasas de cambio han pasado de 1.170 m²/año en el periodo 1956-1981 a 434 m²/año entre los años 1981-2013 (Tabla 5.17), aunque esa disminución de las pérdidas está relacionada en parte con la falta de sedimento.

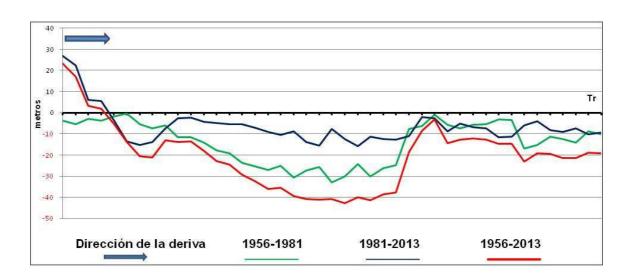


Figura 5.71 Transectos de las playas de Calnegre y Parazuelos para los años 1956, 1981 y 2013.

Tabla 5.16 Variación de superficie de las playas del Sistema Litoral de Sistema litoral de las ramblas de Villalba Pastrana y Ramonete.

Playas	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa total (m²/año)
Cabezo de la Pelea a Ballenato	-2.163	-1.198	-1.621
Playa de Percheles	5	69	41
Playa Las Minas	28	-10	7
Playa del Palomarico	-59	5	-23
Puntas de Calnegre-Parazuelos	-1.170	-434	-757
Playa Calnegre	16	21	19

Tabla 5.17 Tasas de cambio de las playas del Sistema Litoral de Sistema litoral de las ramblas de Villalba Pastrana y Ramonete.

Playas	Área 1956 (m²)	Área 1981 (m²)	Área 2013 (m²)	Variación 1956-1981 (m²)	Variación 1981-2013 (m²)	Total variación (m²)
Cabezo de la Pelea a Ballenato	14.1336	87.269	48.939	-54.067	-38.330	-92.397
Playa de Percheles	10.595	10.728	12.929	133	2.201	2.334
Playa de las Minas	1.869	2.558	2.240	689	-317	372
Playa del Palomarico	3.001	1.514	1.671	-1.487	157	-1.330
P. Calnegre-Parazuelos	92.506	63.267	49.376	-29.239	-13.891	-43.130
Playa Negrete	4.789	5.183	5.865	394	681	1.076

5.4.7 Sistema litoral de la Marina de Cope

La costa de la Marina de Cope está segmentada por acantilados bajos formados a partir de la erosión de playas fósiles (Figura 5.72).



Figura 5.72 Playas fósiles en la Marina de Cope.

Las playas de este sector han estado expuestas a una situación erosiva significativa durante el primer periodo (Figura 5.73), en el que la media de las pérdidas se aproxima a los 20 m de anchura. Estas décadas se corresponde con los cambios más profundos en los usos agrícolas de las cuencas litorales. Las playas situadas en esta área están formadas por el material procedente de las ramblas y barrancos que drenan una serie de subcuencas (Figura 5.74) que, a pesar de su escaso desarrollo suponen la fuente principal de sedimentos del sistema.

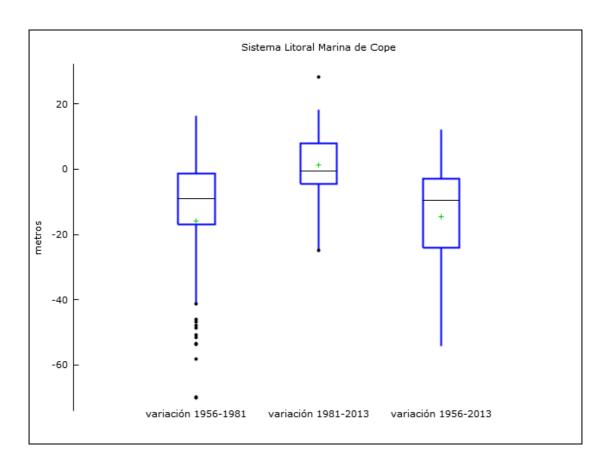


Figura 5.73 Gráficos de caja de la variación de los transectos del Sistema Litoral Marina de Cope.

La mayor parte de las playas presenta un tamaño relativamente pequeño, con excepciones como playa Larga, playa de Rambla Elena, El Rafal y El Saladar que superan los 15.000 m² (Tabla 5.18). Todas las playas presentan un retroceso en la línea de costa, a excepción de El Siscar, aunque las tasas varían dependiendo de las playas y los periodos (Tabla 5.19).

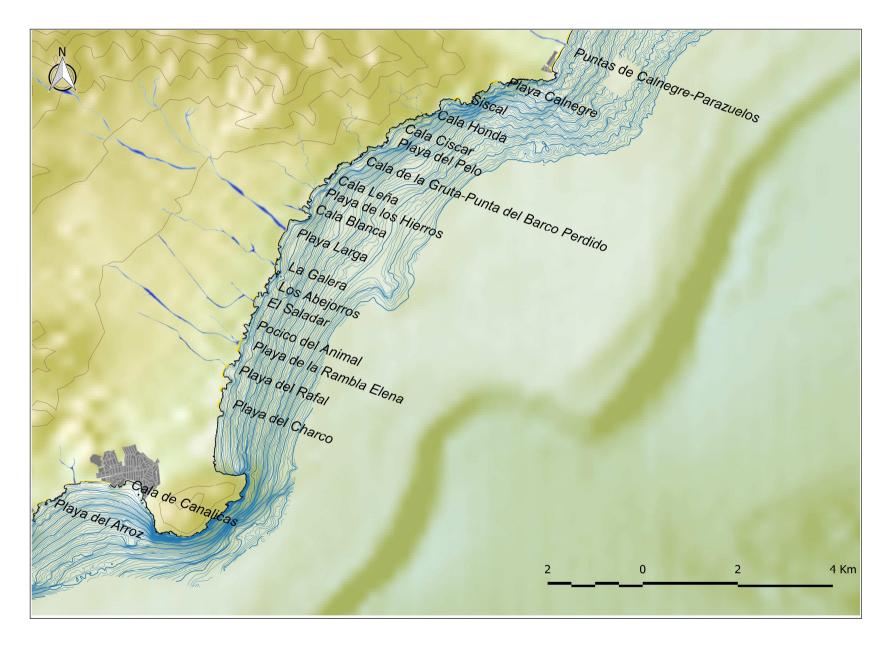


Figura 5.74 Sistema litoral de la Marina de Cope.

Tabla 5.18 Tasas de cambio de las playas del Sistema Litoral de la Marina de Cope.

Playas	Área 1956 (m²)	Área 1981 (m²)	Área 2013 (m²)	Variación 1956-1981 (m²)	Variación 1981-2013 (m²)	Total variación (m²)
Baño de las Mujeres	1.517	1.191	1.369	-326	178	-148
San Pedro	526	238	319	-289	81	-208
Siscal	4.761	4.815	4.937	54	122	177
Cala Honda	2.769	2.396	2.118	-373	-279	-652
Cala Ciscar	2.189	1.660	1.337	-529	-323	-852
Cala del Ciscar 2	1.116	1.159	829	42	-330	-288
Playa Junquera	793	610	493	-183	-116	-300
C. de la Gruta-P. Barco Perdido	2.878	2.253	2.109	-625	-144	-769
Cala Leña	1.108	882	656	-226	-226	-452
Playa de los Hierros	11.88 3	8.301	4.038	-3.583	-4.263	-7.845
Cala Blanca	4.022	2.213	1.863	-1.810	-349	-2.159
Playa Larga	21.23 0	15.094	3.874	-6.135	-11.221	-17.356
La Galera	8.066	5.435	4.621	-2.632	-813	-3.445
Los Abejorros	5.316	1.501	2.144	-3.815	643	-3.172
Pozo de Huertas	2.085	574	669	-1.511	95	-1.416
El Saladar	15.60 1	3.223	7.030	-12.377	3.806	-8.571
Pocico del Animal	1.598	1.273	1.585	-325	311	-13
Playa de la Rambla Elena	19.70 0	5.208	11.97 6	-14.491	6.767	-7.724
Playa del Rafal	19.99 6	3.865	8.988	-16.131	5.122	-11.008
El Charco	4.910	4.124	4.481	-786	357	-429
Playa del Charco	5.451	4.960	4.878	-492	-81	-573
Ensenada de la Fuente	1.144	608	545	-536	-63	-599
Ensenada de la Fuente 2	2.678	1.057	758	-1.621	-299	-1.920

Tabla 5.19 Variación de superficie del Sistema Litoral de la Marina de Cope.

Playas	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa total (m²/año)
Baño de las Mujeres	-13	6	-3
San Pedro	-12	3	-4
Siscal	2	4	3
Cala Honda	-15	-9	-11
Cala Ciscar	-21	-10	-15
Cala del Ciscar 2	2	-10	-5
Playa Junquera	-7	-4	-5
Cala de la Gruta-Punta Barco Perdido	-25	-4	-13
Cala Leña	-9	-7	-8
Playa de los Hierros	-143	-133	-138
Cala Blanca	-72	-11	-38
Playa Larga	-245	-351	-304
La Galera	-105	-25	-60
Los Abejorros	-153	20	-56
Pozo de Huertas	-60	3	-25
El Saladar	-495	119	-150
Pocico del Animal	-13	10	0
Playa de la Rambla Elena	-580	211	-136
Playa del Rafal	-645	160	-193
El Charco	-31	11	-8
Playa del Charco	-20	-3	-10
Playa de la Ensenada de la Fuente	-21	-2	-11
Playa de la Ensenada de la Fuente 2	-65	-9	-34

La playa de los Hierros está relacionada con la rambla del Cantal, en el periodo 1956-1981 se observa un retranqueo mínimo de 15 m (5.75).

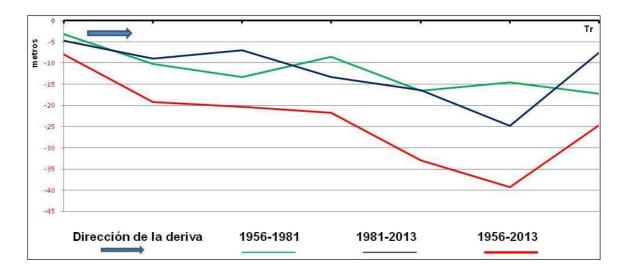


Figura 5.75 Transectos de la Playa de los Hierros, 1956, 1981 y 2013.

La erosión está relacionada con la falta de aportes de la rambla. El ritmo de erosión es similar durante los periodos 1956-1981 y 1981-2013, con tasas de cambio de -133 y -143 $\rm m^2/a\tilde{n}o$.

La situación erosiva de la playa de la Galera es apreciable en el primer periodo de estudio.

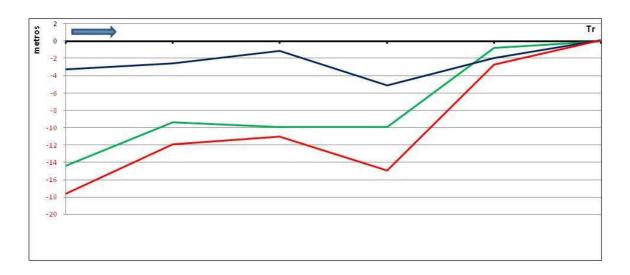


Figura 5.76 Transectos de la Playa de la Galera 1956, 1981 y 2013.

A partir de 1981 la playa parece mantener un equilibrio. La erosión sufrida es mayor en los dos tercios situados al norte, más de 10 m de pérdida de anchura por la presencia del islote de La Chapa de los Pájaros que forma un hemitómbolo en el sur de la playa, reteniendo parte del sedimento.

La playa de El Rafal ha sufrido la situación de retranqueo más fuerte del sistema (Figura 5.77).

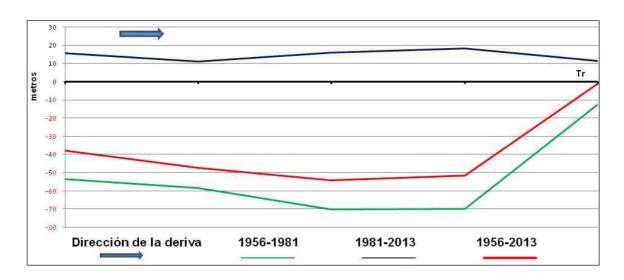


Figura 5.77 Transectos de la Playa del Rafal, años 1956, 1981 y 2013.

Se observan perdidas de cerca de 70 m de anchura en el periodo 1956-1981. En el segundo periodo la playa ha recuperado parte de los sedimentos, pero las pérdidas totales suponen más de la mitad de la superficie de la playa original.

El resto de las playas del sistema han sufrido un retranqueo significativo. Destaca la playa de Rambla Elena, drenada por la rambla del mismo nombre (Figura 5.78), en la que la recuperación del segundo periodo, con una tasa de 211 m²/año no evita una variación negativa de 7.724 m², que suponen más de un tercio de su superficie inicial.

El Saladar es la playa que más superficie ha perdido porcentualmente. En el periodo 1956-1981 desaparece el 80 % de la playa, con un ritmo de -495 m²/año.



Figura 5.78 Desembocadura de rambla Elena en la playa del mismo nombre.

La recuperación durante el segundo periodo, en el que la tasa de cambio es de 119m²/año, ha permitido la recuperación de 3.806 m² de playa. Los cambios sufridos por la rambla de la que proceden los aportes de esta playa son más evidentes en el primer periodo, en el que la ocupación agrícola se intensifica.

5.4.8 Sistema litoral de Águilas

Se trata de un litoral muy compartimentado (Figura 5.79), con playas con escasa presión antrópica directa, combinadas con la presencia de las playas urbanas de Águilas. Como en la mayor parte del litoral meridional, el sistema está alimentado por ramblas litorales. Las cuencas cuentan con superficies variadas, las situadas al este, próximas a Cabo Cope, poseen una extensión menor. Situada al oeste, la rambla del Cañarete ha sido la responsable de la mayor parte de los aportes de sedimento que forma las playas situadas al oeste del núcleo urbano de Águilas. La construcción del Puerto de Juan Montiel, ubicado entre la desembocadura de la rambla y las playas meridionales ha cortado significativamente el paso de la deriva litoral.

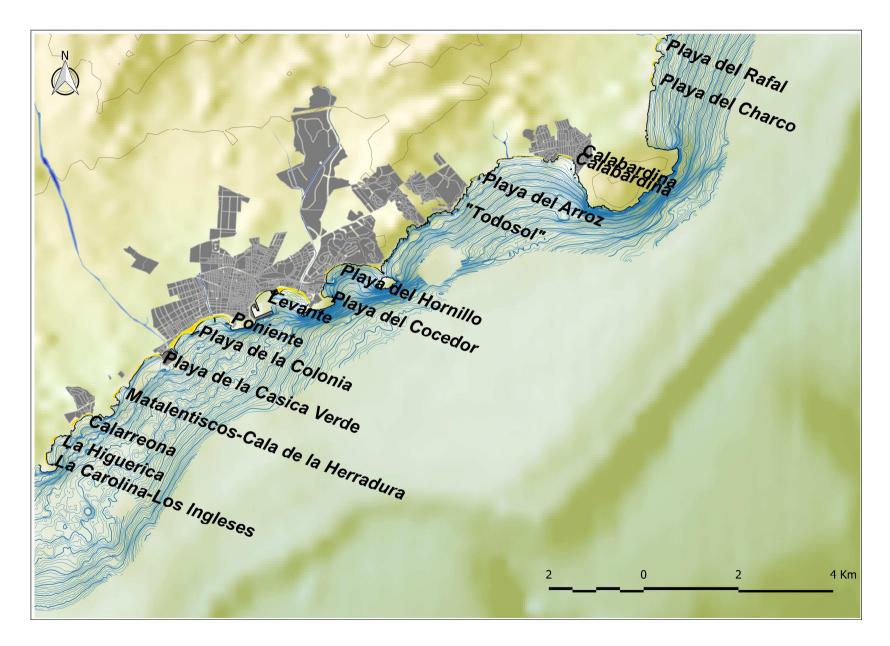


Figura 5.79 Sistema Litoral de Águilas.

En líneas generales, el sistema tiende a la estabilidad. Sin embargo un análisis del conjunto de transectos del litoral en este sector (Figura 5.80) ofrece diferencias significativas en el comportamiento de las playas, en especial entre las playas urbanas, con obras y aportes artificiales y las playas seminaturales afectadas por la escasez de aportes sedimentarios.

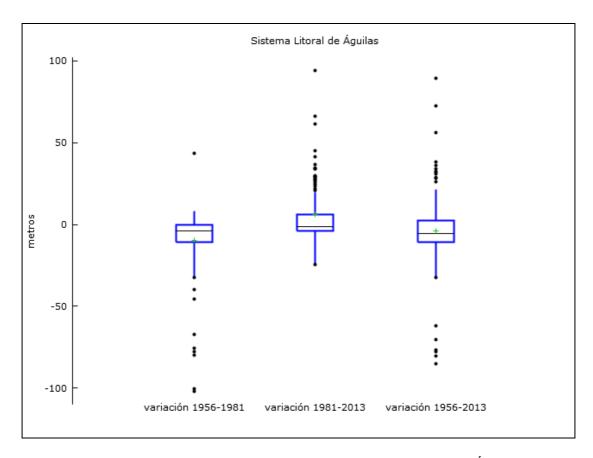


Figura 5.80 Gráficos de caja de los transectos del Sistema Litoral de Águilas.

5.4.8.1 Playas situadas al este de Águilas

La playa de Calabardina se ubica al sur de Cabo Cope. El retranqueo experimentado ha sido relativamente leve, con pérdidas de achura máxima de 10 m (Figura 5.81), pero continúo.

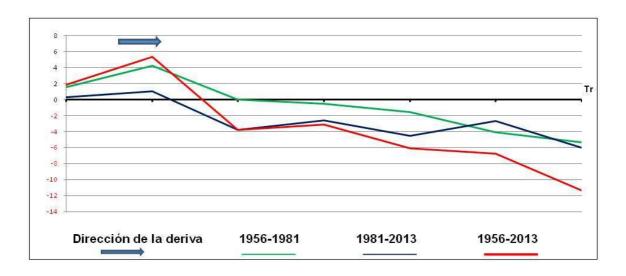


Figura 5.81 Transectos de la Playa de Calabardina para los años 1956, 1981 y 2013.

Las pérdidas de superficie suponen el 22% de su superficie inicial (Tabla 5.20). Su erosión comienza en el periodo 1956-1981, décadas en la que se transforma en una playa urbana. La erosión aumenta en el periodo 1981-2013, la tasa de cambio del periodo anterior (20 m²/año), aumenta pasando a ser de 50 m² anuales (Tabla 5.21).

La playa de la Cola cuenta con una longitud de casi 1 km. Las pérdidas de arena desde 1956 suponen el 50% de la superficie inicial, las mayores pérdidas se corresponden con el sector occidental de la playa (Figura 5.82), donde el sedimento tiende a encajarse en una serie de lomas que la separan de la playa del Arroz. Las pérdidas durante el periodo 1981-2013 superan el 60% del total. La principal causa de la erosión es la desaparición de una pequeña rambla cuya desembocadura se encontraba en el tercio occidental de la playa de La Cola, debido a los cambios producidos en los usos del suelo.

El resto de las playas situadas en este tramo costero sufren una erosión continua desde 1956, siendo la playa del Arroz el caso más significativo, con una pérdida equivalente al 60% de su superficie inicial.

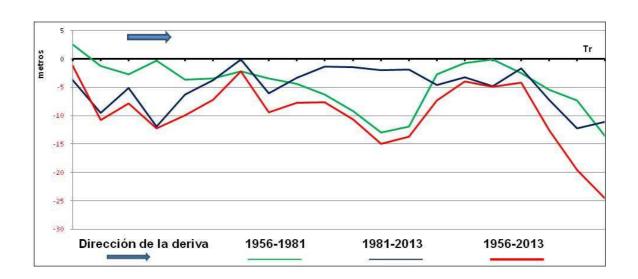


Figura 5.82 Transectos de la Playa de la Cola para los años 1956, 1981 y 2013.

Tabla 5.20 Variación de superficie de las playas situadas al este del núcleo de Águilas.

Playas	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa total (m²/año)
Calabardina 1	-20	-50	-37
Calabardina 2	0	-3	-2
Calabardina 3	10	2	5
Playa de la Cola	-171	-189	-181
Playa del Pino	-1	-4	-3
Playa del Arroz	-182	-26	-94
Todosol	-3	-7	-5

Tabla 5.21 Tasas de cambio de las playas situadas al este del núcleo de Águilas.

Playas	Área 1956 (m²)	Área 1981 (m²)	Área 2013 (m²)	Variación 1956-1981 (m²)	Variación 1981-2013 (m²)	Total variación (m²)
Calabardina 1	9.682	9.173	7.581	-509	-1.592	-2.101
Calabardina 2	582	582	487	0	-95	-95
Calabardina 3	712	951	1.007	239	56	295
Playa de la Cola	21.535	17.248	11.204	-4.286	-6.045	-10.331
Playa del Pino	1.345	1.311	1.198	-35	-112	-147
Playa del Arroz	8.695	4.145	3.323	-4.550	-821	-5.372
Todosol	1.113	1.040	810	-73	-230	-303

5.4.8.2 Playas urbanas de Águilas

La playa de El Hornillo está situada en el extremo oriental del núcleo urbano de Águilas. La playa se encuentra encajada en acantilados de altura media. El oleaje que recibe está condicionado por la presencia al noreste de la Isla del Fraile; el Embarcadero de El Hornillo, una estructura que avanza casi 200 m mar adentro, inaugurado a principios del s. XX y la propia Bahía de El Hornillo (Figura 5.83). La playa ha pasado de una situación erosiva a una de acreción en el segundo periodo de estudio (Figura 5.84). Con una tasa de cambio total de -9 m²/año, que ha pasado de -42 m²/año en el periodo 1956 a 16 m²/año entre los años 1981 y 2013 (Tabla 5.20).



Figura 5.83 Situación de la playa de El Hornillo en la Bahía homónima.

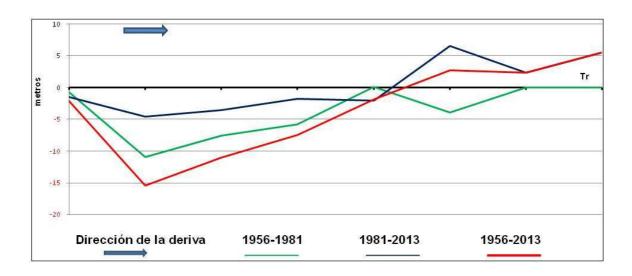


Figura 5.84 Transectos de las Playa de El Hornillo para los años 1956, 1981 y 2013.

Las playas de Poniente y La Colonia están situadas en el centro del núcleo urbano de Águilas. Se trata de playas bastante artificializadas, formadas a partir de remodelaciones y ampliaciones con aportes de arena de origen terrestre efectuadas por la DGC en los años 1981, 1985, 1994 y 2002. La actuación realizada en 1994 incluyó la instalación de un dique exento aislado (*Nº49* del CEPYC), de 210 m de longitud (Tabla 5.22).

Tabla 5.22 Características geométricas del dique exento de Águilas. B representa la longitud; S, la distancia a la costa original (1981) y $d_{(d)}$ la distancia al dique más cercano.

Dique	nº	В	S	d(d)	B/S
Águilas	49	210	130	aislado	1,65

La relación B/S del dique de Águilas sugiere que la estructura debería formar un tómbolo según las fórmulas tanto de Ming y Chiew (2000), como la de Hsu y Silvester (1990), sin embargo la refracción provocada por el rompeolas forma un hemitómbolo bastante desarrollado (Figuras 5.85 y 5.86). Es posible que las razones empleadas no tengan validez en el Mediterráneo. Los aportes de arena y la estructura explican, junto a su encaje mediante diques, el crecimiento de la playa de La Colonia a lo largo del periodo 1981-2013, con un incremento de 53.207 m² y una tasa de cambio de 1.663 m²/año.

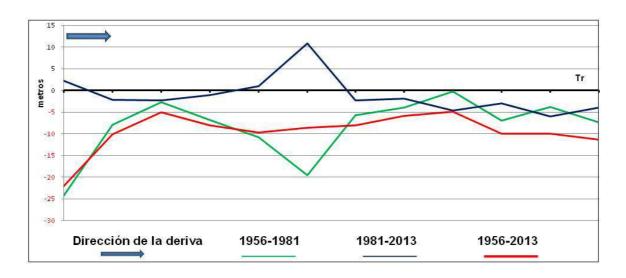


Figura 5.85 Transectos de las Playa de de la Colonia para los años 1956, 1981 y 2013.

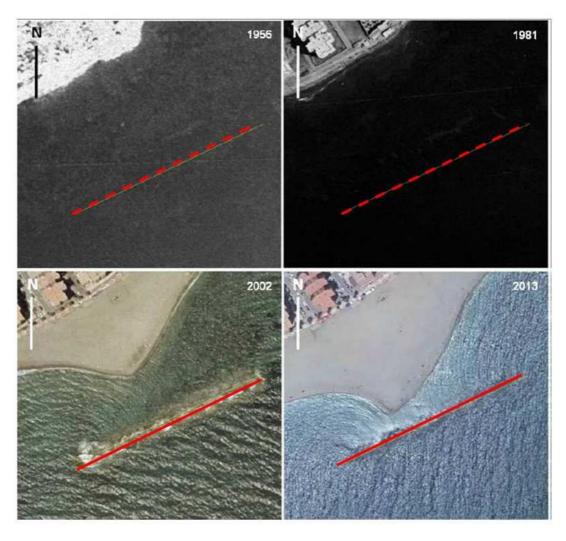


Figura 5.86 Evolución del Hemitómbolo de la Playa de la Colonia (Águilas).

5.4.8.3 Playas situadas al oeste de Águilas

El análisis de los transectos de Cañada del Negro y Matalentisco evidencia dos situaciones erosivas. Las pérdidas coinciden con la transformación de las cuencas de drenaje próximas a la playa. La playa de Cañada del Negro perdió la mitad de la superficie inicial en el periodo 1956-1981. En la playa de Matalentisco las pérdidas totales legan a 24.365 m² (Tabla 5.23) y suponen la pérdida del 80% del área con la que contaba en 1956. Las tasas de erosión más altas se dan en el periodo 1956-1981, las pérdidas de área de playa son de -1.060 m²/año (Tabla 5.24). La distribución espacial de la erosión de esta playa (Figura 5.87) está condicionada por la protección sobre la acción del oleaje generada por una barra sumergida, que ha conseguido disminuir su energía en un sector de la playa cambiando la dirección de propagación de las olas y su altura.

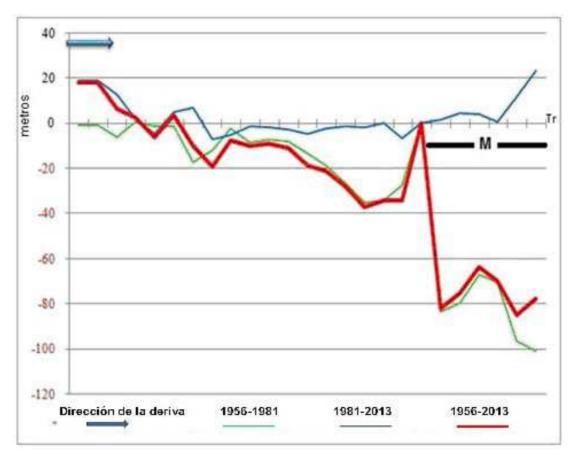


Figura 5.87 Transectos de las playas de Cañada del Negro y Matalentisco (M) para los años 1956, 1981 y 2013.

El problema que puede generar este tipo de estructuras es que, pese a mitigar la acción erosiva del oleaje y evitar la salida de sedimentos durante los temporales, los sedimentos capaces de atravesar la formación sumergida tienen pocas probabilidades de volver a formar parte de la playa, sobre todo una vez superada la profundidad shoal. En este caso la acción de la barra ha sido positiva dado que los transectos relacionados con ella han sufrido en torno a 10 m menos de pérdida de anchura de playa. Los depósitos de sombra han formado, en esta zona de la playa, un pequeño hemitómbolo causado por el encuentro de dos corrientes opuestas.

La alimentación de la playas de Calarreona (no confundir con la homónima en el municipio de Cartagena), La Higuerica y La Carolina corresponde a una cuenca en la que no se aprecia un cauce principal desde 1956 y en la que la ocupación agrícola resulta muy evidente a partir de 1981. Este conjunto de playas poseen estados intermedios, entre disipativos y reflectivos. La playa de Calarreona se sitúa en el sumidero de la cuenca. Se trata de una playa en la que la presión de las urbanizaciones ha crecido a partir de 1981, motivo por el que muestra un comportamiento erosivo desde este año hasta la actualidad (Figura 5.88), tras un primer periodo en equilibrio.

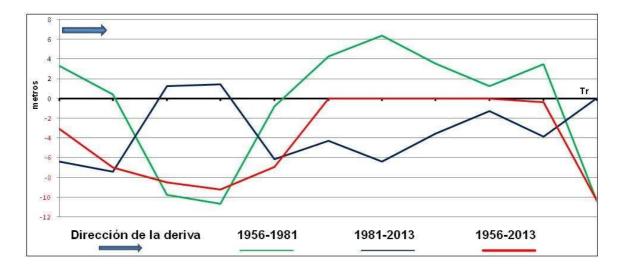


Figura 5.88 Transectos de la Playa de Calarreona para los años 1956, 1981 y 2013.

Tabla 5.23 Variación de superficie de las playas del norte de la Región de Murcia.

Playas	Tasa periodo 1 (m²/año)	Tasa periodo 2 (m²/año)	Tasa total (m²/año)
Playa Amarilla	16	-6	3
Playa del Hornillo	-42	16	-9
Playa del Cocedor	-44	-17	-29
Playa de las Delicias	-149	739	349
Playa del Cocedor	-44	-17	-29
Levante	-182	-12	-86
Playa de la Colonia	-98	1.663	891
Cañada del Negro	-357	-39	-179
Playa de la Casica Verde	-73	19	-21
Playa de Matalentisco	-1.060	67	-427
Cala de la Cueva de las Palomas	-25	3	-9
Calarreona	-4	-55	-33
La Carolina-Los Ingleses	-26	5	-9

Tabla 5.24 Tasas de cambio de las playas del Sistema Litoral de Águilas.

Playas	Área 1956 (m²)	Área 1981 (m²)	Área 2013 (m²)	Variación 1956-1981 (m²)	Variación 1981-2013 (m²)	Total variación (m²)
Playa Amarilla	3.870	4.260	4.055	389	-205	185
Playa del Hornillo	6.712	5.653	6.173	-1.059	520	-539
Playa del Cocedor	4.955	3.867	3.324	-1.088	-544	-1.632
Playa de las Delicias	14.43 2	10.710	34.34 2	-3.723	23.632	19.910
Playa del Cocedor	4.955	3.867	3.324	-1.088	-544	-1.632
Levante	7.931	3.383	3.003	-4.548	-380	-4.928
Playa de la Colonia	13.41 9	10.973	64.18 0	-2.446	53.207	50.761
Cañada del Negro	18.11 0	9.174	7.931	-8.936	-1.243	-10.179
Playa de la Casica Verde	9.242	7.415	8.017	-1.827	602	-1.225
Playa de Matalentisco	32.96 5	6.467	8.600	-26.498	2.133	-24.365
Cala de la C. de las Palomas	1.717	1.099	1.181	-618	82	-536
Calarreona	16.39 6	16.307	14.53 6	-89	-1.771	-1.860
La Carolina-Los Ingleses	6.015	5.368	5.515	-648	147	-501

5.5 CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO

5.5.1 Efectos del turismo en el sistema litoral Norte y La Manga del Mar Menor

5.5.1.1. Impacto sobre las dunas del sistema litoral norte

Las dunas del Sistema Litoral Norte se encuentran en un proceso de degradación debido fundamentalmente a varios factores:

- La expansión de áreas urbanas en la playa de El Mojón.
- La pérdida de anchura la las playas de La Llana, que facilita la destrucción del foredune durante los temporales.
- La desaparición de la vegetación del primer cordón dunar, lo que ha provocado la formación de *blowouts* (Figura 5.89).
- La afluencia de visitantes ha desarrollado sendas artificiales en el interior del sistema dunar que aumentan la erosión (Figura 5.90).

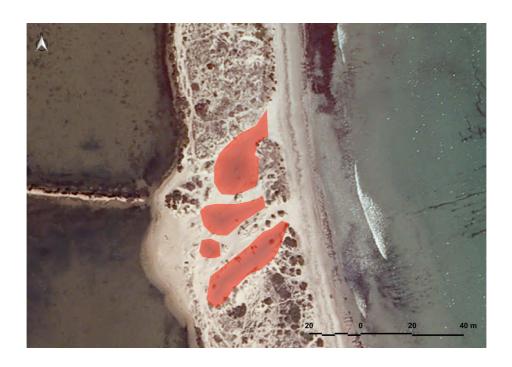


Figura 5.89 Ejemplo de blowouts en la playa de la Barraca Quemada.



Figura 5.90 Ejemplo de senderos en las playas de La Llana.

El área afectada por los senderos afecta a 59.000 m² y está ubicada en la zona más próxima al acceso principal de las playas, situado junto al dique de poniente del Puerto de San Pedro del Pinatar.

5.5.1.2. Efecto de la urbanización de La Manga del Mar Menor

En la actualidad el núcleo urbano de La Manga concentra una población residente de 3.000 habitantes que se multiplican en el periodo estival hasta superar los 200.000. La evolución urbana de La Manga del Mar Menor ha sido imparable, principalmente desde la década de 1970, fecha a partir de la cual se construyeron más de 4.000 viviendas. La Manga del Mar Menor era un territorio prácticamente virgen en 1956 (Figura 5.91), las zonas urbanas del cordón en el año 1956 se limitaban a algún edificio aislado, como el de las Encañizadas, que ocupaban una superficie de poco más de 1,8 ha.



Figura 5.91 Aspecto de La Manga del Mar Menor en 1957 y en la actualidad. Imágenes cedidas por el Archivo Municipal de Cartagena.

En el periodo comprendido entre este año y 1981, La Manga fue rápidamente desnaturalizada, alcanzando las 300 ha de ara urbana (Figura 5.92). Esto supuso el sellado del suelo y la destrucción de los sistemas dunares de gran parte del territorio. La tasa de crecimiento de 12 ha/año resulta engañosa, ya que la mayor parte de las edificaciones datan de la última década de este periodo. En el siguiente periodo, el comprendido entre 1981-2013, el ritmo de construcción se desacelera, las áreas urbanas experimentan un incremento de 216 ha con una tasa de 6,6 ha/año, de esta manera se completa la práctica urbanización de La Manga del Mar Menor y la pérdida de la mayor parte de las dunas, que pudieron ocupar la mayor parte del territorio.

En la actualidad existen pocos vestigios del paisaje original: las dunas situadas en el Parque Natural de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar, las dunas móviles de las Almoladeras en el S y los cordones dunares discontinuos presentes en la Ensenada del Esparto y la Playa del Estacio. La expansión de las áreas urbanas que ha afectado a los sistemas dunares ha sido una de las causas de la erosión costera de las playas de la vertiente mediterránea de La Manga.

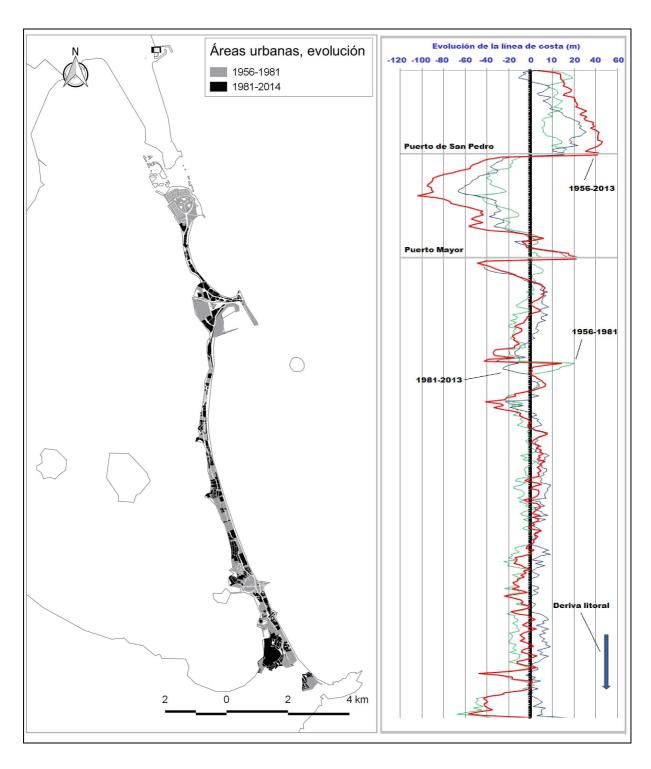


Figura 5.92 Evolución de las áreas urbanas y de la línea de costa de La Manga del Mar Menor.

5.5.2 Cambios en los usos del suelo en las cuencas litorales de la Sierra de Cartagena-La Unión

Las cuencas litorales de esta área presentan una extensión escasa en comparación con las cuencas situadas hacia el oeste (Figura 5.93). La evolución de los usos, que se corresponde con el Sistema Litoral Cabo de Palos-Cartagena, es mucho menos compleja que en los cambios en el litoral meridional, debido principalmente, a la elevada pendiente ha reducido el desarrollo agrícola del área. La actividad más característica de esta área ha sido la minería, que después de un periodo de declive se reactivó hasta los años 80 pero, incluso en este sentido, se trata de un área que presenta un dinamismo mucho menor que el resto de la Sierra de Cartagena-La Unión.

Los usos agrícolas presentes en las cuencas en 1956 consistían en algunas tierras arables aguas arriba de la Rambla del Arenque, parcelas en el núcleo de Cobaticas con menos de 1 ha de extensión y algo más de 3 ha cerca de la playa de Cala Arturo. En 1981 la tierra arable aumenta hasta alcanzar las 30 ha, pero conservando las ubicaciones originales. En este periodo se extienden 15 ha de nuevas superficies forestales. La situación en 2013 se presenta con un abandono de 6 ha de tierras arables y un aumento de 3 ha de superficie forestal, además del deterioro de las áreas urbanas debido al cese de la actividad minera.

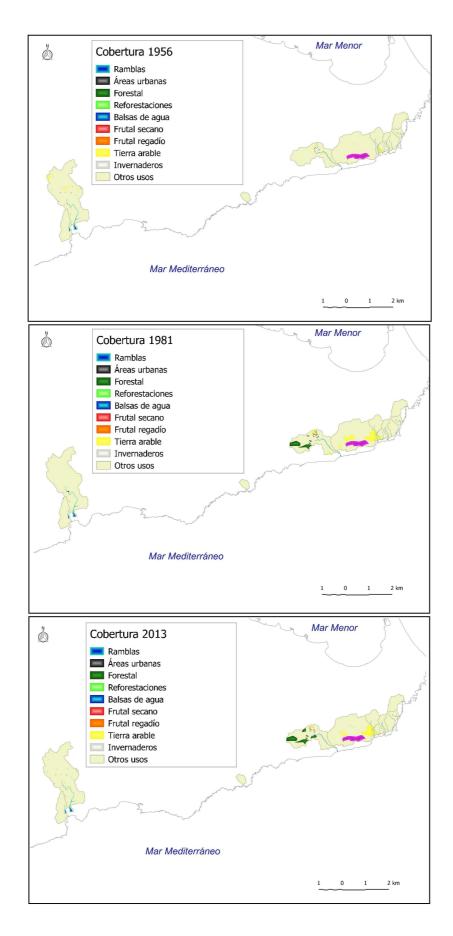


Figura 5.93 Evolución de los usos del suelo de las cuencas litorales de la Sierra de Cartagena.

5.5.3 Cambios en los usos del suelo en las cuencas meridionales de la Región de Murcia

5.5.3.1 Periodo 1956-1981

El primer periodo de estudio se caracteriza principalmente por la reducción de los usos originales (Figura 5.94) de monte bajo y matorral en favor de los usos antrópicos, principalmente agrícolas (Figura 5.95). De ellos el uso de frutales de secano es el único que muestra una tendencia regresiva. Estos cambios están motivados por un cambio fundamental en la orientación de la agricultura tradicional, representada precisamente por los frutales de secano, hacia una agricultura de mercado. El aumento de la tierra arable alcanza 5.282 ha en este periodo y cuenta en 1981 con 11.327 ha, si bien no se ha podido diferenciar por medio de la fotointerpretación si las nuevas superficies de este uso corresponden a regadío o secano. Uno de los usos de regadío más fácilmente identificables son los invernaderos. Inexistentes en 1956, alcanzan al final del periodo las 519 ha. El aumento de las balsas de riego, que pasan de 34 ha en 1956 a 104 ha en 1981, es otra evidencia del cambio de orientación agrícola del sur del litoral de la Región de Murcia.

Las áreas urbanas aumentan tímidamente debido al inicio de la actividad turística que experimenta el Mediterráneo a partir de la década de los 70. Las 95 ha de 1956 asciendan a 300 ha en 1981, en gran parte ligado al *boom* inmobiliario de los años 70. Los usos forestales aumentan considerablemente en este periodo multiplicándose por 5 y alcanzando en 1981 las 836 ha. La red de transportes no experimenta grandes cambios en este periodo pasando de los 352 km de 1956 a 400 km en 1981.

5.5.3.2. Periodo 1981-2013

En el segundo periodo la disminución de los usos de monte bajo y matorral se desacelera. Otros usos que pierden superficie son los frutales de secano y las tierras arables, que habían experimentado una evolución positiva en la etapa

anterior (Figura 5.96). Las pérdidas de este uso alcanzan las 2.261 ha en 2013, lo que supone la pérdida del 43% del incremento experimentado entre 1956 y 1981. El aumento de la superficie de invernaderos compensa las pérdidas de estos usos, pasando de 519 ha al inicio del periodo a 3.409 ha en 2013. El frutal de regadío identificado en este periodo alcanza las 6.137 ha en 2013, multiplicando la superficie de 1981 por 8, a costa del espacio anteriormente ocupado por la agricultura tradicional. La superficie de balsas de riego se multiplica por 12 a lo largo del periodo.

Los usos forestales aumentan recolonizando los terrenos con pendientes elevadas, menos favorables para la agricultura moderna. Las reforestaciones sustituyen en este periodo los espacios de cultivos abandonados alejados de la costa, pasando de 836 a 1.001 ha entre los años 1981 y 2013.

Las áreas urbanas se incrementan en el segundo periodo a un gran ritmo hasta alcanzar las 1.300 ha observadas en las cuencas litorales. La intensidad de este aumento crece al disminuir la distancia a la costa. Este incremento en la superficie residencial es responsable de la pérdida de 230 ha de superficie de tierra arable. El uso urbano se extiende principalmente por las áreas ocupadas por el monte bajo, que debido a esta transformación pierde 874 ha. El crecimiento de las actividades es paralelo al de la red viaria, que alcanza los 581 km en 2013, aunque para las cuencas el hecho más significativo es la construcción de la autovía AP-7 que al dividir las cuencas originales, disminuye la escorrentía.

La matriz de cambios (Tabla 5.25) permite la comparación entre los usos de suelo de 1956 y 2013. En este caso, contiene las variaciones entre tierra arable (TA), frutal regadío (FR), frutal secano (FS), invernadero (IV), láminas de agua (AG), zona urbana (ZU), forestal (FO), reforestaciones (REF) y otros usos. El cruce de datos representa las transformaciones de las coberturas a lo largo del periodo de estudio. La suma de las filas y columnas representa las hectáreas totales de cada cobertura en el año 1956 y 2013, respectivamente. La lectura de los valores en el sentido de las columnas indica el cambio de cobertura de suelo ocurrido entre

1956 y 2013. Las celdas situadas en la diagonal de la matriz contienen la superficie de aquellas áreas que no experimentaron cambios durante el período. La matriz de transición muestra la transferencia de cambios entre usos en hectáreas Para su elaboración se han agrupado los usos reforestación y forestal en un solo uso (forestales), así como los usos invernaderos y frutal de regadío, contenidos en el uso regadíos, Sólo se incluyen los porcentajes mayores a 1%. En el periodo 1956-2013, 2.036 ha de tierra arable no experimentan cambios, lo que supone el 33,4 % de la superficie en 1956, en cambio, el 18% de este uso evoluciona hacia regadíos en el periodo 1956-2013, de esta manera, 509,68 ha de tierra arable se transforman en frutales de regadío y 645,11 ha se corresponden con invernaderos. Un 43% de este uso pasa a la cobertura "otros usos", este hecho evidencia un proceso de abandono de tierras de cultivo. El uso de frutales de regadío que, como se ha comentado experimenta un crecimiento muy importante en el periodo de estudio, gana terreno, sobre todo, al monte bajo y matorral recibiendo de esta cobertura 1.258,59 ha. La evolución de la agricultura tradicional a la de mercado está representada en las 247,92 ha de frutal de regadío y las 353,24 ha de invernadero procedentes de la transición de las superficies de frutales de secano. Parte de este uso tradicional (18,9%) permanece en 2013. El 69,5% de la superficie forestal de 1956, 110,37 ha, permanece como tal en 2013. El incremento de este uso procede principalmente del monte bajo y el matorral, que aporta 845,21 ha a bosque mediterráneo y 311,93 ha a nuevas reforestaciones. En su evolución 1956-2013 las nuevas áreas urbanas proceden de todos los usos, salvo los invernaderos, y usos forestales. Las zonas urbanas de 1956 son las que menos transferencias hacen hacia otros usos, el 88% de la superficie construida permanece en 2013. No obstante, hay una parte que se pierde. El 11% pasa a la cobertura "otros usos", esta transferencia ésta motivada por la construcción de autovías y por el abandono y posterior ruina de edificaciones en las zonas más alejadas de la costa.

Tabla 5.25 Matriz de cambios de usos del suelo de las cuencas del litoral meridional de la Región de Murcia.

					2013					
Uso 1956	ТА	FR	FS	IV	AWR	URB	FO	REF	Otros usos	Total 2013
ТА	2.036,16	11,88	353,25	0	0,83	1,51	0	0	6.540,67	8.944,30
FR	509,68	7,15	247,92	0	0,08	0,53	0	0	1.258,59	2.023,95
FS	0,33	2,12	912,84	0	0,08	0,37	0,02	0	1.812,17	2.727,93
IV	645,11	3,97	353,24	0	0,11	0,44	0	0	2.389,02	3.391,89
AG	25,63	0	15,5	0	0,34	0,08	0	0	259,11	300,66
URB	229,96	1,95	89,78	0	1,59	79	0	0	942,92	1.266,24
FO	24,65	0	10,75	0	0,02	0	110,37	0	845,21	990,99
REF	0	0	1,53	0	0	0	0	0	311,93	313,47
Otros	2.623,13	48,48	2.851,38	0	14,08	7,84	48,53	0	45.330,66	51.003,06
Total 1956	6.094,65	75,54	4.836,20	0	17,13	89,77	158,92	0	59.690,28	70.962,49

El incremento de las balsas no se desarrollan donde se situaban las antiguas superficies de agua. Las balsas de 2013 requieren mayor espacio y esto hace que se abandonen el 82,2% de la superficie de sus antiguas ubicaciones., por lo que la cobertura "otros usos" transfiere 259,11 ha a este uso.

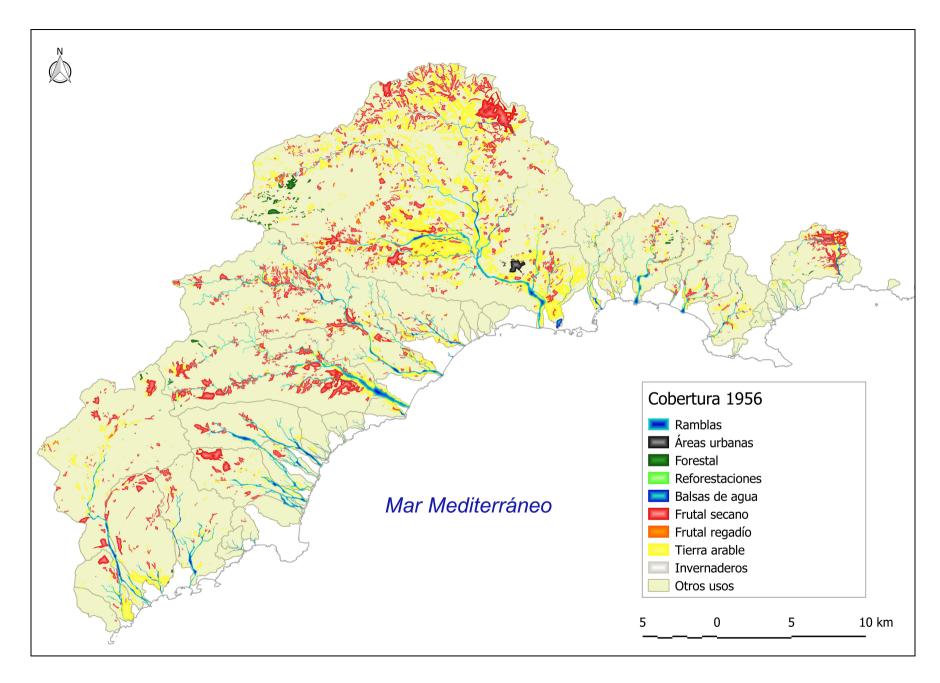


Figura 5.94 Usos del suelo de las cuencas meridionales de la Región de Murcia en1956.

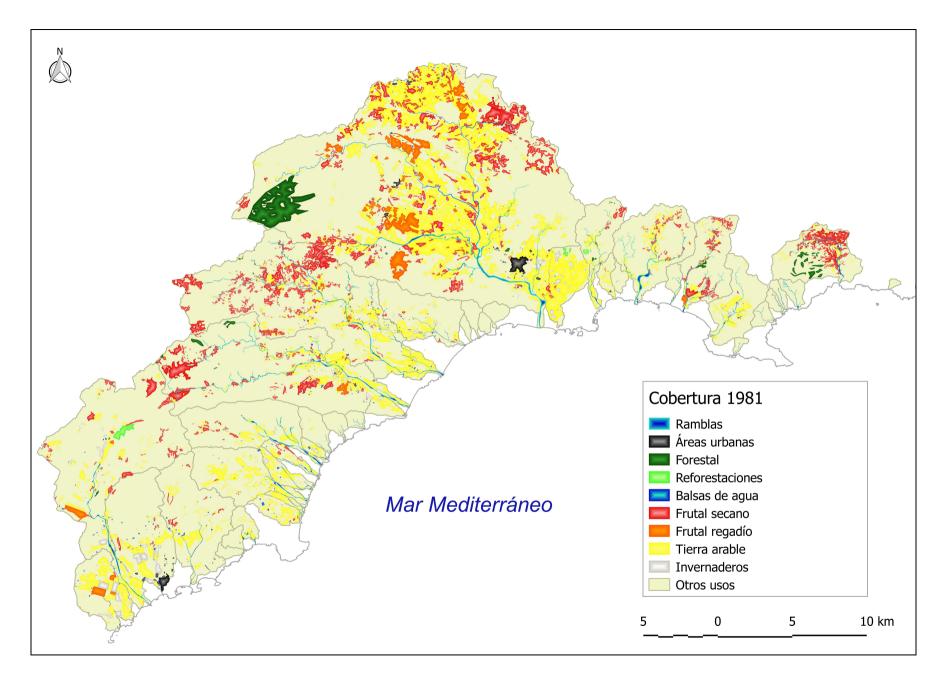


Figura 5.95 Usos del suelo de las cuencas meridionales de la Región de Murcia en1981.

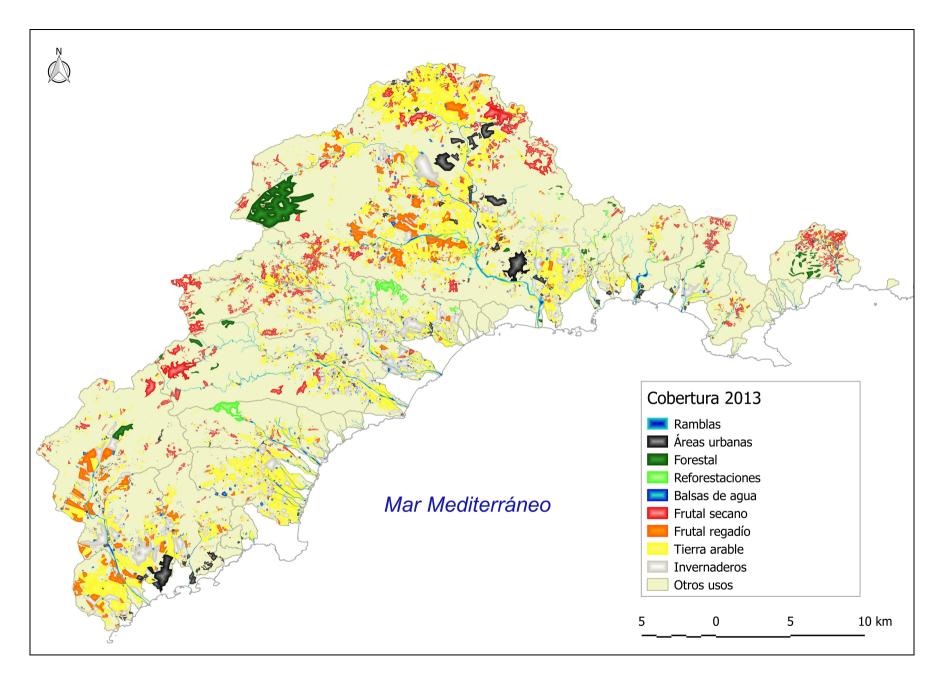


Figura 5.96 Usos del suelo de las cuencas meridionales de la Región de Murcia en 2013.

5.6 Usos del suelo y erosión en las playas. Modelos estadísticos

El análisis estadístico se ha realizado con las playas asociadas a cuencas, por lo que se han excluido las playas situadas en los sistemas litorales Norte y La Manga del Mar Menor y, para evitar ruido, se han excluido las playas urbanas así como las alteradas debido a regeneraciones de arena o que estén afectadas directamente por estructuras marítimas. Las variables dependientes empleadas han sido las variaciones en la superficie de las playas en los periodos 1956 -1981 y 1981-2013 (ANEXO II – pág. 322).

Como variables independientes se han utilizado las variaciones de cada uso de suelo para cada uno de los dos periodos de los que se dispone información.

5.6.1 Modelos de regresión simple

Tierra arable

Durante el periodo 1956-1981 el uso tierra arable muestra un coeficiente positivo, respecto a la variación de las playas. El escaso desarrollo de las raíces permite que el suelo sea fácilmente erosionable Durante el periodo 1981-2013 la tierra arable se transforma en un uso intensivo en el que las raíces protegen el suelo. Este, además, se allana para su óptimo aprovechamiento y ocupa los lechos de las ramblas reduciendo su energía erosiva.

Frutal secano

En el periodo 1956-1981 el uso de frutal de secano favorece la erosión, para el periodo 1981-2013 los resultados son opuestos, aunque la relación entre la erosión costera y este uso se puede considerar nula. Los frutales de secano requieren una preparación del terreno que implica la eliminación de la vegetación original y favorece la pérdida de suelo, además el marco de las plantaciones es lo suficientemente amplio como para aumentar la erosión. Sin embargo, muchos cultivos tradicionales se han ubicado, durante el periodo 1956-1981 en los cauces de ramblas y barrancos, disminuyendo la energía potencial del agua durante las

crecidas. Durante este periodo se han aterrazado las pendientes de las laderas, disminuyendo los aportes.

Frutal regadío

El frutal de regadío es un uso ligado a la agricultura intensiva. La disponibilidad de riego permite reducir el marco de plantación de los cultivos, que no suele superar los 5 m. Las superficies de plantación pueden mantener las pendientes, gracias al uso del riego localizado (goteo).

Invernaderos

Los invernaderos son los usos más fácilmente detectables en las cuencas litorales (Figura 5.97). Tanto en el periodo 1956 como en el 2013 muestra un coeficiente negativo, respecto a la variación de las playas, lo que parece indicar que el aumento de superficie de invernaderos favorece ha favorecido la erosión de las playas. Los invernaderos, han invadido los cauces de las ramblas y constituyen un uso de sellado de suelo.

Balsas de agua

El coeficiente de las balsas de agua respecto a la variación de las playas es negativo, por lo que también indica que su aumento favorece la erosión de las mismas. Las balsas retienen el agua de las lluvias e implican el sellado del suelo. Además su presencia está relacionada con los usos intensivos (invernaderos y frutales de regadío, principalmente) que favorecen la erosión costera al impedir la pérdida de suelo.

Forestal

El uso forestal es negativo en ambos periodos. Los árboles presentan raíces muy desarrolladas en este uso, que disminuyen significativamente la pérdida de suelo. En el mediterráneo las superficies forestales suelen organizarse en las laderas mediante el aterrazamiento de sus pendientes, que disminuye la energía de la

escorrentía. Por otro lado, los árboles captan por interceptación gran parte del agua de lluvia, reduciendo el agua que llega al suelo entre un 20 y Un 30%. (Belmonte Serrato, *et al*, 2013). Por otro lado, este uso puede permitir el desarrollo de sotobosque mediterráneo que aumenta aún más la pérdida de lluvia por interceptación y, en consecuencia la escorrentía, y disminuye la pérdida de suelo y, por tanto, los sedimentos arrastrados hacia el mar.



Figura 5.97 Superficie ocupada por invernaderos en la cuenca de la Rambla de Villalba.

Reforestaciones

El coeficiente de la reforestación es de signo positivo durante el primer periodo, con la forestación muy poco desarrollada, pero cambia de signo en el segundo periodo, con los árboles en fase de madurez y un comportamiento similar al uso forestal.

Áreas urbanas

Las áreas urbanas implican el sellado de los suelos y, en la mayoría de los casos la disminución de las pendientes. Por otro lado el alcantarillado recoge una gran

cantidad de agua evitando el transporte de sedimentos hacia las ramblas litorales. Los signos de los coeficientes para los dos periodos son negativos.

Ramblas

El coeficiente de la variación de la superficie de las ramblas posee un signo positivo en ambos periodos. Entre 1956 y 2013 es el factor más significativo que explica la erosión de las playas de la Región de Murcia, sólo esta variable explica el 13% del proceso en ese periodo.

5.6.2 Modelos de regresión lineal múltiple

Periodo 1956-1981

Los resultados obtenidos en el siguiente modelo para los cambios de las áreas de las playas durante el segundo periodo, utiliza las siguientes variables (Tabla 5.26):

fs_1 representa la variación 1956-1981 de "frutal regadío"

iv_1 representa la variación 1956-1981 de "invernaderos"

fo_1 representa la variación 1956-1981 de "forestal"

ref_1 representa la variación 1956-1981 de "reforestaciones"

Tabla 5.26 Modelo MCO para el periodo 1981-2013. Modelo MCO. Variable dependiente: variación del área de playa 1981-203

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
const	-1298.76	1224.53	-1.0606	0.2920	
Fs_1	-0.00661798	0.00189463	-3.4930	0.0008	***
Iv_1	-0.0278474	0.010859	-2.5645	0.0122	**
Fo_1	0.00650544	0.00346506	1.8774	0.0640	*
Ref_1	0.287684	0.0715656	4.0199	0.0001	***
Tamaño de la cuenca	-0.000290274	8.95436e-05	-3.2417	0.0017	***

Media de la vble. dep.	-3461.946	D.T. de la vble. dep.	12025.23
Suma de cuad. residuos	8.31e+09	D.T. de la regresión	10067.96
R-cuadrado	0.339321	R-cuadrado corregido	0.299036
F(5, 82)	8.422956	Valor p (de F)	1.82e-06
Log-verosimilitud	-932.8654	Criterio de Akaike	1877.731
Criterio de Schwarz	1892.595	Crit. de Hannan-Quinn	1883.719

Periodo 1981-2013

Los resultados obtenidos en el siguiente modelo para los cambios de las áreas de las playas durante el segundo periodo, utiliza las variables "reforestación" y "frutal regadío" (Tabla 5.27):

ref_2 representa la variación 1981-2013 del uso "reforestaciones"

ta_2 representa la variación 1981-2013 del uso "tierra arable"

Tabla 5.27 Modelo MCO para el periodo 1981-2013. Modelo MCO. Variable dependiente: variación del área de playa 1981-203

const Variación Ta_2	Coeficiente 328.147 0.00104105	<i>Desv. Típica</i> 402.503 0.000201161	Estadístico t 0.8153 5.1752	Valor p 0.4173 <0.0001	***
Variación Ref_2	-0.0955621	0.0103209	-9.2591	< 0.0001	***
Tamaño de la cuenca	-0.00011387	3.19023e-05	-3.5694	0.0006	***
Media de la vble. dep Suma de cuad. residu			de la vble. dep. de la regresión	5327 3468	
R-cuadrado	0.590	795 R-cu a	adrado corregio	do 0.570	6005
F(3, 83)	39.94	416 Valor	p (de F)	4.47	e-16
Log-verosimilitud	-830.5	898 Criter	io de Akaike	1669	.180
Criterio de Schwarz	1679.	043 Crit. c	de Hannan-Quin	n 1673	.151

En el modelo del periodo 1956-1981 los usos agrícolas tienen un impacto negativo en la acreción de arena. Los usos forestales en cambio tienen un impacto positivo, este hecho se puede explicar por la práctica ausencia de este tipo de usos en este periodo. El tamaño de la cuenca está relacionado con una pendiente menor e implica menor energía durante las avenidas. Además en las cuencas más extensas

favorecen los usos agrícolas y los cambios de origen antrópico tienen mayor dinamismo.

Los resultados del modelo del periodo 1981-2013 se ajustan mas (R-cuadrado corregido = 0,57). La variable tierra arable afecta de forma positiva a la acreción de la superficie de las playas. El uso "reforestación" y el tamaño de la cuenca favorece la erosión. El tamaño de la cuenca vuelve a favorecer la erosión.

Tipos de suelo

Se ha realizado un modelo de regresión lineal múltiple, mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios, en el que la variable dependiente es la evolución de las áreas de las playas desde 1956 hasta 1981 y las variables dependientes las áreas que ocupan los tipos de suelos de cada cuenca asociada (Tabla 5.28).

Los tipos de suelo han sido fluvisoles, litosoles, regosoles xerosoles y solonchaks. La variable xerosoles fue omitida por contar con un *valor p* alto.

Se ha asumido que la tipología de los suelos no ha sufrido cambios desde 1956, a pesar de que los datos fueron recopilados en 2002.

Tabla 5.28 Modelo MCO para el periodo 1956-1981 (suelos).

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
const	-2318.76	1222.88	-1.8961	0.0614	*
Fluvisoles	-0.00485806	0.00249415	-1.9478	0.0548	*
Litosoles	-0.0011465	0.000237865	-4.8199	< 0.0001	***
Regosoles	0.00104032	0.000334625	3.1089	0.0026	***
Solonchanks	0.0580335	0.0151453	3.8318	0.0002	***
Media de la vble. de	ep. –3461	.946 [D.T. de la vble. de	p. 12	2025.23
Suma de cuad. resid	luos 8.79e	+09 I	D.T. de la regresió	n 10	0290.27
R-cuadrado	0.301	405 R	-cuadrado corregi	do 0.	267738
F(4, 83)	8.952	475	Valor p (de F)	4	.63e-06
Log-verosimilitud	l –935.3	3207	Criterio de Akaike	e 18	380.641
Criterio de Schwa	rz 1893.	028 C	rit. de Hannan-Qu	inn 18	385.632

Los resultados muestran que los tipos de suelo explican la evolución de las áreas de las playas (R-cuadrado corregido = 0,26). La presencia de fluvisoles y litosoles en las cuencas favorece el retranqueo de las playas. Aunque en el caso de los fluvisoles el valor p es el más alto (0,548). Regosoles y solonchaks están relacionados con el aumento de la superficie de playa.

Se ha tratado de construir el mismo modelo para el periodo 1981-2013, es decir conservando las variables independientes del modelo anterior, pero utilizando la variación de las áreas de las playas durante el periodo siguiente. Los resultados muestran que, en este caso el modelo no resulta válido (Tabla 5.29).

Tabla 5.29 Modelo MCO para el periodo 1981-2013 (suelos).

	Coefi	ciente	Desv.	Típica	Estadístico t	Valor p)
const	-431	.023	624	.812	-0.6898	0.4922	<u>)</u>
Fluvisoles	-0.001	44795	0.001	00195	-1.4451	0.1522	<u>)</u>
Litosoles	0.0001	56474	0.000	37424	1.1386	0.2582	<u>}</u>
Regosoles	-7.353	04e-05	0.000	34463	-0.5468	0.5860)
Solonchanks	0.001	34588	0.007	44475	0.1808	0.8570)
Xerosoles	7.2728	38e-05	6.039	99e-05	1.2041	0.2320)
Media de la vble. o Suma de cuad. res R-cuadrado	•	-650.5 2.20e-	+09		O.T. de la vble. O.T. de la regre	sión 5	298.276 180.904 .043815
F(5, 82)		1.797		K-	cuadrado corr Valor p (de F	•	.122487
Log-verosimilitu Criterio de Schwa		-874.4 1775.6	001		Criterio de Aka it. de Hannan-	nike 1	760.800 766.789

El valor p de las variables independientes resultan excesivamente altas, por lo que durante el segundo periodo los tipos de suelo no explican la variación de las áreas de las playas.

Los cambios en los usos del suelo pueden explicar esta pérdida de relación entre la cobertura natural y la erosión costera entre los dos periodos.

5.7 Aportes de sedimentos producidos por la Posidonia oceánica

La anchura de las praderas muestra enormes diferencias dependiendo de la batimetría del sistema litoral (Figura 5.98). Cuando la pendiente de esta es mayor, más cerca de la orilla está el límite en el que la planta puede recibir la luz solar. Los sistemas litorales situados al norte de Cabo de Palos (Sistema Litoral Norte y Sistema Litoral de La Manga del Mar Menor) poseen una batimetría menos pronunciada que el resto de la región que hace que entre los dos (menos de 30 km de costa), sumen el 59% de las praderas de Posidonia oceánica de la Región de Murcia. En el Sistema norte la Posidonia oceánica genera unos aportes máximos aproximados de 402.159 kg anuales, mientras que los resultados del Sistema Litoral de La Manga del Mar Menor son de 270.309 kg al año (Tabla 5.30).

El Sistema litoral Cabo de Palos-Cartagena posee una plataforma relativamente ancha debido a la distancia de la línea de costa con el escarpe de Mazarrón, la anchura alcanza los 3 km frente a la Playa de Calblanque. Las praderas generarían un máximo de 210.916 kg anuales en este sector, esto representa el 44% del total de los aportes de arena por parte de la Posidonia oceánica en el litoral de la Región de Murcia. Hay que tener en cuenta que este litoral es, en conjunto, el menos afectado por la pérdida de superficie de playa.

Tabla 5.30 Aproximación del máximo aporte sedimentario realizado por las praderas de Posidonia.

Sistema litoral	kg/año
3. Cabo de Palos - Cartagena	210.915,85
4. Cartagena - Cabo Tiñoso	13.006,70
5. Ensenada de Mazarrón	54.294,65
6. Ramblas de Pastrana Villalba y Ramonete	53.586,56
7. Marina de Cope	57.780,40
8. Águilas	87.544,66

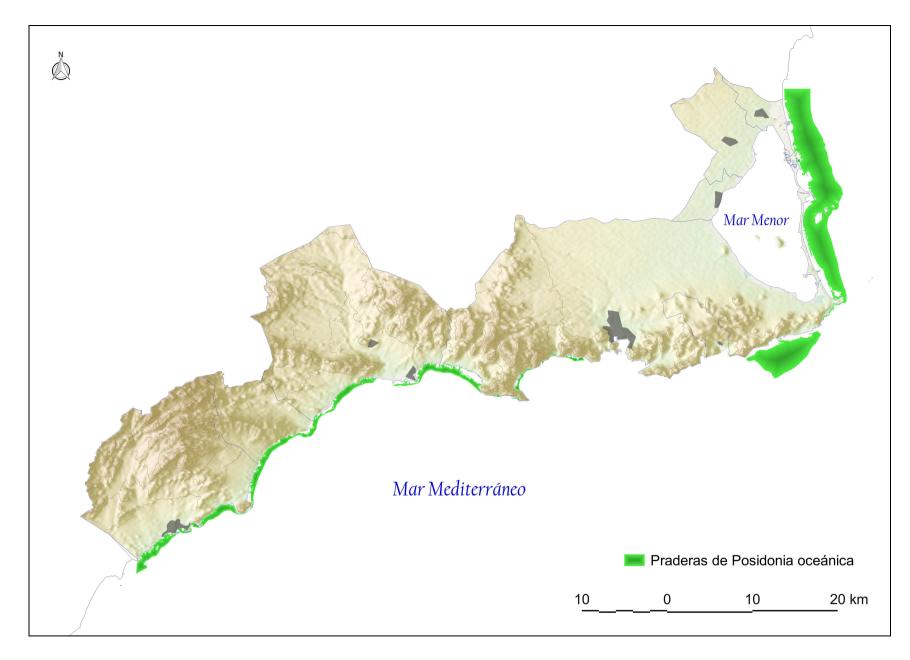


Figura 5.98 Praderas de Posidonia oceánica en el litoral de la Región de Murcia.

5.8 Expectativas de subida del nivel del mar en el litoral de la Región de Murcia y posibles efectos en las playas.

Para el cálculo del nivel del mar se ha utilizado la serie temporal de registros próximos a la costa durante el periodo 1992-2015 (Figura 5.99), procedentes de la serie de satélites JASON. De las series de datos disponibles, se ha utilizado la que mejor se ajustaba a la serie de datos de Nivel del Mar Global, procedentes del mismo satélite

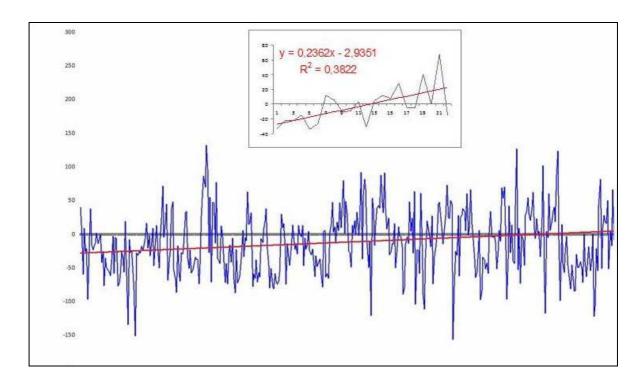


Figura 5.99 Serie temporal del nivel medio del mar en la Región de Murcia en el periodo 1992-2015. Fuente: elaboración propia a partir de datos de JASON.

Se ha descartado la serie de Church y White debido a la ausencia de datos procedentes de mareógrafos de la Región de Murcia suficientes y debido al ajuste de los datos de las series. Los resultados de aumento del nivel del mar muestran subidas de entre 0,27 en el escenario RCP2.6 0,32 m en el escenario RCP4.5 y 0,47 m en el escenario RCP8.5 en el litoral de la Región de Murcia (Tabla 5.31).

Tabla 5.31 Serie temporal del nivel medio del mar en el área próxima al litoral sur de la Región de Murcia 1992-2015. Fuente: elaboración propia a partir de datos de JASON.

Escenario de subida del nivel del Mar	Expectativa litoral de la Región de Murcia (cm)	Subida global (cm)
RCP2.6	26,59	40
RCP4.5	31,63	47
RCP8.5	43,15	63

Las playas con anchura y pendiente reducida, presentan un mayor grado de vulnerabilidad Figura (5.100). En este sentido las playas situados en el área comprendida entre el límite regional norte y Cabo de Palos perderían superficies importantes. Las playas confinadas poseen también una vulnerabilidad alta, por lo que las playas urbanas encajadas en diques podrían reducirse por el efecto de los temporales.

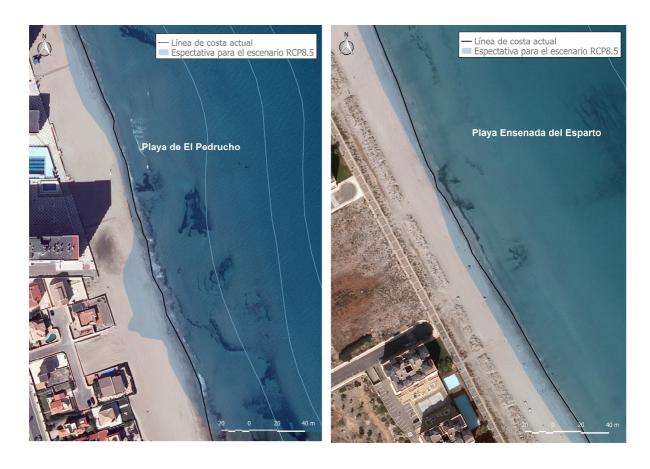


Figura 5.100 Expectativa del retroceso de la línea de costa para el escenario RCP8.5 en las playas de El Pedrucho y Ensenada del Esparto.

6. DISCUSIÓN

En el estudio de los estados morfodinámicos de las playas de la Región de Murcia, no se ha encontrado una relación significativa entre la tipología de las playas y la resistencia a la erosión costera. Resultados de un trabajo relacionado con este aspecto, realizado por la Universidad de Cádiz, indican que las playas con estados modales disipativos poseen una resistencia mayor a los procesos erosivos (Benavente *et al.*, 2002).

El cálculo del transporte longitudinal de sedimentos presenta muchos problemas debido a los frecuentes cambios batimétricos y a las variables que son tomadas en cuenta. El modelo de mayor aplicación en ingeniería de costas, a nivel mundial, es el de CERC (Molina Flórez *et al.*, 2014), que ha sido aplicado en este trabajo junto con el de Kamphuis, por medio del software SMC. Las diferencias entre los resultados de volúmenes transportados han sido muy elevadas, no así las tendencias entre ambos modelos.

Los cambios en los usos del suelo alteran la hidrología de las cuencas litorales, principales responsables de los aportes sedimentarios de las playas. De las alteraciones que pueden sufrir las playas, los cambios en el medio terrestre asociado están conectados a las actividades antrópicas en el litoral. Entre los factores relacionados con el cambio de la línea de costa, estudiados por Anders y Byrnes (1991), se encuentran la acción humana y las variaciones en los aportes de sedimentos. Los resultados que relacionan cambios en la cobertura con la modificación de playas y dunas en las cuencas litorales de Chile Central, llegan a esta conclusión, (Soto Bäuerle et al., 2011) y ponen de manifiesto que la afección puede llegar a los sistemas dunares. Un trabajo realizado en la cuenca de La Magdalena, en Colombia (Restrepo et al., 2006) relaciona también los flujos procedentes de las cuencas de los ríos, con el deterioro ambiental de las praderas submarinas y los corales. En el sureste ibérico los aportes del Río Almanzora, en la provincia de Almería, se han visto reducidos, disminuyendo el aporte y provocando la erosión de las playas asociadas. Los cambios producidos en mares cerrados son fácilmente degradados por cambios en la hidrología, como muestran los trabajos en ríos mediterráneos de Cognetti (1999) o la European Environment Agency (2000), en este último, se pone de manifiesto que las tasas de erosión costera aumentan debido a los cambios en los usos agrícolas, la construcción de presas, el incremento de las infraestructuras turísticas y urbanizaciones.

La mayor parte de los trabajos que fijan su atención en la evolución de la línea de costa en ambientes mediterráneos, muestran la implicación de los procesos humanos en la erosión costera (UNEP, 2005). En el Mediterráneo español los procesos erosivos por causa antrópica son frecuentes, como muestran los estudios realizados en el humedal de Cabanes-Torreblanca en Castellón (Carmona González et al., 2014). Los resultados obtenidos en el análisis de las playas de la Marina de Cope (Belmonte Serrato et al., 2012), además de mostrar las mismas tendencias erosivas que las expuestas en este trabajo, establece una relación entre la agricultura, los cambios en los usos del suelo, la disminución de los aportes procedentes de las ramblas litorales y el retranqueo de la línea de costa.

Los resultados de cambio del nivel del mar han sido obtenidos por medio de los altímetros de los satélites. Sin embargo, los datos procedentes de mareógrafos reflejan, además de los factores marinos, otros de vital de importancia relacionados (Fraile Jurado 2011), por lo que las expectativas presentadas son discutibles. En cualquier caso las predicciones presentadas coinciden con las elaboradas por el IPCC, que prevé que un aumento de 25 a 61 cm del nivel del mar a finales de siglo. Además la subida del nivel del mar se agravará debido a los problemas de subsidencia local, no recogidos en el modelo, algunos de ellos de origen antrópico (Benavente *et al.*, 2009).

Este trabajo plantea la necesidad de abordar los problemas del litoral, especialmente los relacionados con la erosión costera, desde un punto de vista integrado y a largo plazo, teniendo presente las cuencas como unidades de estudio a la hora de abordar cuestiones relacionadas con el litoral.

7. CONCLUSIONES

Las playas de la Región de Murcia presentan una gran variedad de estados modales. En el litoral norte predominan los estados morfodinámicos disipativos e intermedios, debido a la presencia de sedimentos de menor diámetro, mientras que en el litoral sur, caracterizado por una batimetría mas pronunciada, son frecuentes las playas reflectantes e intermedias.

Los modelos de transporte longitudinal anual de sedimentos presentan grandes diferencias en los volúmenes de sedimento, pero muestran unas tendencias mensuales similares.

La mayor parte de los sistemas litorales de la Región de Murcia muestran tendencias erosivas en puntos concretos. En general las áreas mas afectadas por el retranqueo de la línea de costa se sitúan entre el límite entre la Región de Murcia y Cabo de Palos (Sistemas Litorales Norte y La Manga del Mar Menor) y entre Cabo Tiñoso y el límite regional con Andalucía (sistemas litorales de la Ensenada de Mazarrón; ramblas de Villalba, Pastrana y Ramonete; Marina de cope y Águilas). La costa situada entre Cabo de Palos y la Bahía de Cartagena es afectada por la erosión.

Existe una relación entre los cambios en los usos del suelo y la erosión costera. En el litoral sur la evolución de la agricultura tradicional a la moderna ha disminuido los aportes de materiales a las ramblas que constituyen la principal fuente de sedimentos de las playas. La ocupación de las ramblas litorales por estos usos también ha reducido notablemente su capacidad de transporte. En La Manga del Mar Menor, los procesos de urbanización han sellado la mayor parte de las dunas, impidiendo el funcionamiento de los sistemas playa-duna.

Las obras litorales han tenido una repercusión muy fuerte en la dinámica litoral. En las playas urbanas de Mazarrón y Águilas, la refracción del oleaje provocada por los diques exentos ha incrementado la superficie de las playas. Los puertos han cortado el transporte longitudinal de sedimentos. De esta manera se ha producido una acreción en las playas situadas a barlomar a expensas de las playas situadas a sotamar, que han sido afectadas por la erosión costera.

La Región de Murcia presenta una importante superficie de praderas de *Posidonia oceánica*, que tiene un papel fundamental en la dinámica litoral. Las áreas más prolíficas de esta fanerógama se encuentran en los sistemas litorales Norte, La Manga del Mar Menor y Cabo de Palos-Cartagena.

Las expectativas de cambio del nivel del mar por efecto del Cambio Climático presentan una gran incertidumbre, dependiendo de los escenarios. En la región de Murcia las áreas mas afectadas se sitúan entre el límite de la Comunidad Valenciana y Cabo de Palos, debido a la escasa pendiente que presentan las playas. La presencia de áreas urbanas aumenta el grado de vulnerabilidad de La Manga del Mar Menor.

El trabajo desarrollado en esta tesis deja abiertas varias líneas de investigación que pueden plantearse a partir de los resultados obtenidos:

- Métodos de valoración ambiental del impacto de la erosión costera sobre el medio natural.
- Elaboración de índices de calidad de las playas que tengan en cuenta su estado erosivo.
- Medidas y recomendaciones desde una visión multidisciplinar e integrada para una correcta planificación de las áreas costeras.
- La aplicación de modelos de predicción de tendencias para conocer la posible evolución de la línea de costa.

8. REFERENCIAS

- Aerts, J., Wouter Botzen, W.J, Emanuel K., Lin, N., de Moel, H., Michel-Kerjan,
 E.O. (2014). Evaluating Flood Resilience Strategies for Coastal Megacities. Science, 344, 473-475.
- Allan J.C., Komar P.D., Priest G.R. (2003). Shoreline variability on the high-energy Oregon coast and its usefulness in erosion–hazard assessments. *Journal of Coastal Research*. Special Issue 38, 83–105.
- Alonso Sarría, F. (2004). SIG aplicados al análisis y cartografía de riesgos climáticos. Métodos y Técnicas de Análisis de Riesgos Climáticos. II Curso de Verano de la Asociación Española de Climatología. 70 pp.
- Alonso Villalobos, C., Gracia Prieto, F., Rodríguez Polo, S., Martín Puertas, C.M. (2015). El registro de eventos energéticos en la bahía de Cádiz durante épocas históricas. Revista de la Sociedad Española de Geomorfología y Asociación Española para el Estudio del Cuaternario, 29, 1-2.
- Anders, F.J. y Byrnes, M.R. (1991). Accuracy of shoreline change rates as determined from maps and aerial photographs. *Shore and Beach*, 59, 17-26.
- Anfuso, G., Benavente, J. y Gracia, F.J. (2001). Morphodynamic response of nourished beaches in SW Spain. *Journal of Coastal Conservation*. 7, 71-80.
- Anfuso, G. (2005). Sediment-activation depth values for gentle and steep beaches. *Marine Geology*, 220(1-4): 101-112.
- Aragonés Pomares, L. (2015). *Procesos litorales de Alicante y Valencia*. (Tesis Doctoral). Escola Politècnica Superior. Universitat d'Alacant.
- Araya-Vergara, J.F. (1987). The evolution of modern coastal dune systems in Central Chile. In: Gardiner V. Ed: *International Geomorphology* 1986 Part II. J.Wiley& Sons Ltd., Chichester: pp.1231-1239.

- Arévalo, L. (1988). El Mar Menor como sistema forzado por el Mediterráneo.

 Control hidráulico y agentes fuerza. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 5(1): 63-95.
- Arz H.W., Gerhardt S., Pätzold J. y Röhl U. (2001). Millennial-scale changes of surface— and deep-water flow in the western tropical Atlantic linked to Northern Hemisphere highlatitude climate during the Holocene. *Geology*, 29, 239-242.
- Ballesteros Pelegrín, G. (2013). Aspectos económicos, sociales y ambientales relacionados con la gestión y conservación del Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar. (Tesis Doctoral Inédita). Departamento de Geografía (Universidad de Murcia).
- Ballesteros Pelegrín, G.A. (2014a). Afluencia de visitantes en el Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar (Murcia). Papers de Turisme, 55, 24-42.
- Ballesteros Pelegrín, G.A. (2014b). Evaluación de la gestión en el Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar (Murcia). *Investigaciones Geográficas*, 62, 41 56.
- Ballesteros Pelegrín, G.A. (2014c). La depuración de agua y la sostenibilidad ambiental: Las lagunas de Campotéjar y Moreras (Murcia, S.E. España). *Observatorio Medioambiental* 17, 209-225.
- Baptista, P., Coelho, C., Pereira, C., Bernardes, C., Veloso-Gomes, F. (2014).
 Beach morphology and shoreline evolution: Monitoring and modelling medium-term responses (Portuguese NW coast study site). Coastal Engineering, 84, 23-37.
- Bardají, T., Zazo, C., Lario, J., Goy, J.L., Cabero, A., Dabrio, C.J. and Silva, P.G. (2011): Las dunas costeras del Presente y Último Interglaciar en Málaga, Almería y Murcia. En: Sanjaume, E. y Gracia, F.J. (eds.), Las dunas en España. Sociedad Española de Geomorfología, Cádiz, 331-357.

- Barragán, J.M. (2004). Las áreas litorales de España: del aná- lisis geográfico a la gestión integrada. Ariel, Barcelona, 214 pp.
- Barnes, R. (1980). Coastal Lagoons. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 106 pp.
- Bascom, W.N. (1959). The relationship between sand size and beach-face slope. *American Geophysical Union Transactions*, 32(6): 886-874.
- Bascom, W. (1964). Waves and Beaches: the Dynamics of the Ocean Surface.

 Anchor Books, Garden City, 267 pp.
- Beddington, J.R.B., Agnew, J. y Clark C.W. (2007). Current Problems in the Management of Marine Fisheries. *Science*, 316, 1713-1716.
- Beguería, S., Vicente-Serrano, S., López-Moreno, J.I., García Ruiz, J.M. (2009). Annual and seasonal mapping of peak intensity, magnitude and duration of extreme precipitation events across a climatic gradient, northeast Spain. *International Journal of Climatology*, 29, 1759-1779.
- Belmonte Serrato, F., Rupérez Tirado, E., Moreno Brotóns, J. y Romero Díaz, A. (2011). Erosión de playas en el sistema litoral de Martina de Cope (Murcia), por la disminucenión de aportes derivada de la ocupación agrícola de las ramblas. En: Montoya, I., Rodríguez, I. y Sánchez, M.J. (Eds.): *Avances en Geomorfología Litoral*. Tarragona, 155-158.
- Belmonte Serrato, F., Romero Díaz, M. A., y Ruiz Sinoga, J.-D. (2013). Retroceso de la línea de costa en playas del sur de la Región de Murcia. *Scripta Nova: Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, 17, 425-462.
- Belmonte Serrato, F., Romero Díaz, M. A., Andrade Límas, E. (2013). Experiencias de interceptación de la lluvia por la vegetación en la Región de Murcia. En: F. Belmonte Serrato y A. Romero Díaz, (Coord.). Interceptación de la lluvia por la vegetación en España. Instituto Euromediterráneo del Agua. 123-145. Murcia.

- Benavente, J., Del Río, L., Anfuso, G., Gracia, F.J. and Reyes, J.L. (2002). Utility of Morphodynamic Characterisation in the Prediction of Beach Damage by Storms. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 36, 56-64.
- Benavente, J., Del Río, L. y Gracia, F.J. (2009). *Riesgos litorales. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17(3): 277-283
- Bernabeu, A. M. (1999). Desarrollo, validación y aplicaciones de un modelo general de perfil de equilibrio en playas. (Tesis Doctoral). Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Cantabria. Santander.
- Bernet, S.; Canals, M.; Alonso, B.; Loubrieu, B.; Cochonat, P. The BIG-95 and CALMAR 97 shipboard parties, 1999. Recent slope failures and mass-movements in the NW Mediterranean Sea. En: Ollier, G.; Cochonat, P.; Mendes, L. (Eds.), Seafloor Characterization/Mapping Including Swath Bathymetry, Side-Scan Sonar And Geophysical Surveys. Third Eurpean Marine Science and Technology Conference. Session Report. EU, Lisboa, 111-126.
- Bertoncello R. (1992). Configuración socio-espacial de los balnearios del Partido de la Costa (Provincia de Buenos Aires). *Territorio*, 5, 18-55.
- Bird, E., (2000). *Coastal Geomorphology. An Introduction*, 1st edition. John Wiley & Sons, LTD, England, 322 pp.
- Blanco-Chao, R., Costa Casais, M., Rey García, J.M., F. y Vilaseco Vazquez X.I. (2015): Erosión costera en yacimientos arqueológicos: Guidorio Areoso, Ría de Arousa, Galicia. *Geo-Temas*, 15, 1-4.
- Bluck, B. J., (1967). Sedimentation of beach gravels Examples from South Wales. *Journal of Sedimentary Petrology*, 37(1): 128-557.
- Boak, E.H. y I.L. Turner. (2005). Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 21(4): 688–703.

- Boersma, P.D. y Parrish, J.K. (1999). Limiting abuse: Marine protected areas, a limited solution. *Ecological Economics*, 31, 287-304.
- Boletín Oficial del Estado (2015): Real Decreto Ley /2015, de 6 de Marzo, por el que se adoptan medidas urgentes para reparar los daños causados por las inundaciones y otros efectos de los temporales de lluvia, nieve y viento acaecidos en los meses de enero, febrero y marzo de 2015 aprobado por el Real Decreto Legislativo 5/2015, de 12 de abril. Boletín Oficial del Estado, 7 de Marzo de 2015, 57, pp. 20670-20679.
- Bond G., Showers W., Elliot M., Evans M., Lotti R., Hadjas I., Bonani G. y Johnson S. (1999). The North Atlantic's 1-2 kyr climate rhythm: Relation to Heinrich events Dansgaard/Oeschger Cycles and the Little Ice Age. En: Clark P.U. (ed). *Mechanisms of global climate change at millennial time scales: American Geophysical Union Monograph*, 112, 385-394.
- Boulton A.J., Suter, P.J. (1986). Ecology of temporary streams. An Australian perspective. En: *Limnology In Australia* (Deckker, P. y Williams, W.D. eds.) 31, 3-327. CSIROJ Dr. Junk. Melbourne.
- Bowen, A.J. (1969). Rip currents I. Theoretical investigations. *Journal Geophysical Research*, 74: 5467-5478.
- Bourassa, M. A., Vincent, D.G., Wood, W.L. (2001). A sea state parameterization with nonarbitrary wave age applicable to low and moderate wind speeds. *Journal of physical Oceanography*, 31, 2840-2851.
- Bricio Garberí, L. (2009): Comportamiento funcional y ambiental de los diques exentos de baja cota de coronación y su importancia en la ingeniería de costas. (Tesis doctoral Inédita). E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- Bricio Garberí, L., Negro Valdecantos, V., Díez González, J.J., y López Gutiérrez, J.S. (2010). Diseño funcional y ambiental de diques exentos de baja cota de coronación. *Ingeniería civil*, 158, 53-61.

- Brown, A.C. y McLachlan, A. (1990). Ecology of sandy shores. Elseiver, 328 pp.
- Brown A.C.y McLachlan, A. (2006). *The Ecology of Sandy Shores*, 2nd Edition. Academic Press. 392 pp.
- Brown, J.M., Ciavola, P., Masselink, G., McCall, R., y Plater, A.J. (2016). Monitoring and modelling to guide coastal adaptation to extreme storm events in a changing climate, *Natural Hazards Earth System Science*, 16, 463-467..
- Brunet, M., Casado, M., Castro, M., Galán, P., López, J., Martín, J., Pastor, A.,
 Petisco, E., Ramos, P., Ribalaygua, J., Rodríguez, E., Sanz, I. y Torres,
 L. (2008). Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España. Technical report, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Bruun, P. (1954). Coast erosion and the development of beach profiles. Beach Erosion Board, Technical Memorandum, No 44.
- Bruun, P. (1954b). Migrating sand waves or sand humps, with special reference to investigations carried out on the Danish North Sea Coast. *Coastal Engineering Proceedings*, 1, 5-21.
- Bruun, P. (1962). Sea-level rise as a cause of shore erosión. *Journal of Waterways and Harbours Division*, 88, WW1, 1, 17-130.
- Burriel de Orueta, E. (2001) Cuando el mar saca sus escrituras. Lecciones del temporal marÍtimo. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*. Vol. 1, 333.
- Calvín-Calvo, J.C. (2003). Fondos marinos de Murcia: tipos, paisajes, flora y fauna, estado de la conservación y mejores inmersiones. Calvín-Calvo, J.C. (Ed.), Murcia. 301 pp.
- Canals, M., y Ballesteros, E. (1997). Production of carbonate particles by phytobenthic communities on the Mallorca-Menorca shelf, northwestern Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research*, II, 44, 611-629.

- Canals, M.; Lastras, G., Urgeles, R; De Batist, M.; Calafata, A. M.; Casamora, J.L. (2004): Characterisation of the recent BIG'95 debris flow deposit on the Ebro margin, Western Mediterranean Sea, after a variety of seismic reflection data. *Marine Geology*, 213(1-4): 235–255.
- Canteras, J. C., Pérez Urrestarazu, L., Cantera, E., Soler, M., y Carralimos, C.
 I. (1995). Impacto ambiental de regeneración de playas: la playa de poniente (Gijón). *Ingeniería del agua*, 2(5): 223-243.
- Carmona González, P., Ruiz Pérez, J.M., Ibañez Solaz, M. (2014). Erosión costera y cambio ambiental en el humedal de Cabanes-Torreblanca (Castelló). Datos para una gestión sostenible. *Boletín de la A.G.E.*, 166, 161-180.
- Carter, R. W. G. (1988). Coastal Environments. Academic Press, 617 pp.
- Casado Baena, M. (2007). Localización de la Antigua Ciudad de Urci y delimitación de la Frontera Interprovincial entre las Provincias Bética y Tarraconense en Tiempos de Tolomeo. *Gerión*, 25(1): 391-400.
- Castillo Montoya, E., Belmonte Serrato, F., Andrade Limas, E. (2012). Uso de herramientas SIG en la identificación y valoración de cambios en cauces de ramblas costeras (Murcia, España). *Papeles de Geografía*, 55-56, 25-35.
- Castro, C. (1985). Reseña del estado actual de conocimiento de las dunas litorales en Chile. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 28, 13-32.
- Cavero, L. (1988): El Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar. Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua de la Comunidad de Murcia. Murcia, 125 pp.
- Casal, G., Sánchez-Carnero, N., Freire, J. (2010). Generación de una línea de costa digital de Galicia (NW España) a gran escala, utilizando fotointerpretación y segmentación dinámica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 53, 7-9.

- Cebrián Abellán, A. (2011). El turismo de naturaleza en murcia: la región de los cien humedales. *Cuadernos de Turismo*, 27, 183-204.
- Cendrero, A., Sánchez Arcilla, A., Zazo, C., Bardají, T., Dabrio, C.J., Goy, J.L.,
 Jiménez, C., Mösso, J., Rivas, V., Salas, J.P., Sierra, J.P., Valdemoro,
 H. (2005). Impactos sobre las zonas costeras. En: (Moreno, J.M. Coord.)
 Evaluación Preliminar Impacto sobre el Cambio Climático en España.
 Ministerio de Medio Ambiente, España.
- Chapman M.R. y Shackleton N.J. (2000). Evidence of 550-year and 1000 year cyclities in North Atlantic circulat on patterns during the Holocene. *The Holocene*, 10: 287-291.
- Chasten, M.A., Rosati, J.D., McCormick, J.W. y Randall, R.E. (1993).

 Engineering Desing Guidance for Detached Breakwaters as Shoreline
 Stabilization Structures. Technical. Report CERC-93-19. Vicksburg
 (Mississippi): U.S. Army Engineering Waterways Experiment Station,
 Coastal Engineering Research Center.
- Church, J.A. y White, N.J. (2011). Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. *Surveys in Geophysics*, 32 (4-5): 585-602.
- Cicin-Sain, B. (1993). Sustainable Development and Integrated Coastal Management. *Ocean and Coastal Management*, 21, 11-43.
- Clarke, L., J. Edmonds, H. Jacoby, H. Pitcher, J. Reilly, R. Richels, (2007). Scenarios of Greenhouse Gas Emissions and Atmospheric Concentrations. Sub-report 2.1A of Synthesis and Assessment Product 2.1 by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. Department of Energy, Office of Biological & Environmental Research, Washington, 7 DC., USA, 154 pp.
- Coastal Engineering Research Center (1984) *Shore Protection Manual (SPM)*.

 USACE, U.S. Army Coastal Engineering Research Center.

- Codignotto, J. (1997). Geomorfología y dinámica costera. *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros*, 1: 89-105.
- Cognetti, G. y Maltagliati, F. (1999). Biodiversity and adaptive mechanisms in brackish water fauna. *Marine Pollution Bulletin*, 40(1): 7-14.
- Comisión Europea. (1999). Lecciones del programa de demostración de la Comisión Europea sobre la gestión integrada de las zonas costeras (GIZC). Luxemburgo: Publicaciones Oficiales de las Comunidades.
- Comisión Europea. (2005). *Vivir con la erosión costera en Europa: Sedimentos y espacio para la sostenibilidad. Resultados del estudio EUROSION.* Pat Doody, M. Ferreira, S. Lombardo, I. Lucius, R. Misdorp, H. Niesing, A. Salman, M. Smallegange, J. Serra Raventós, E. Roca, P. Fernández Bautista, C. Pérez (Eds.). Holanda. 41 pp.
- Cooper W.S. (1958). Coastal Sand Dunes of Oregon and Washington.

 Geological Society of America. Memoir 72. New York, 169 pp
- Conesa García, C. y Alonso Sarría, F. (2006). El Clima de la Región de Murcia. En Conesa García, C. (Ed.), *El Físico de la Región de Murcia*. Cap. 3. Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia. Murcia, pp. 95-127.
- Cortés Macías, R., Navarro Jurado, E., Ruiz Sinoga, J.D., Delgado Peña, J.J. y Remond Noa, R. (2010). Manejo integrado costero en Cuba, la ensenada sibarimar. *Baética*, 32, 45-65.
- Cowell, P.J., y B.G. Thom, (1994). Morphodynamics of coastal evolution, p .33-86. In: R.W.G. Carter and C.D. Woodroffe (eds). *Coastal Evolution. Late Quaternary shoreline morphodynamics*, 1st edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Crowell, M. y Leatherman, S.P. editors. (1999). Coastal Erosion Mapping and Management. *Journal of Coastal Research*. Special Issue 28. Page 196.

- Da Fontoura Klein, A.H. y de Menezes, J.T. (2000). Beach morphodinamics and probilesequencefor a headland bay coast. *Journalof coastal Research*, 17(4): 812-835.
- Dabrio, C., Goy, J.L. y Zazo, C. (1984). Dinámica Litoral y Ambientes Sedimentarios en el Golfo de Almería desde el Tirreniense a la Actualidad. I Congreso Español de Geología. Tomo I. 507-522.
- Dabrio, C.J. y Polo Camacho, M.D. (1981). Dinámica litoral y evolución costera del puerto de Mazarrón (Murcia). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección geológica, 79, 225-234.
- Dally, W.R. y Pope, J. (1986). *Detached breakwaters for shore protection. Technical Report CERC-86-1.* Vicksburg (Mississippi): U.S. Army Corps of Engineers; Waterways Experiment Station.
- Davidson-Arnott, R. (2010). *An Introduction to Coastal Processes and Geomorphology.* Cambridge University Press. 442 pp.
- Davies, J.L. (1964). A Morphogenic Approach to World Shorelines. Zeitschrift für Geomorphology. Mortensen Sonderheft, 8, 127-142.
- Davies, J.L. (1972). *Geographical Variation in Coastal Development*. Oliver & Boyd, Edinburgh, 2nd edn. 204 pp.
- Davis, R.A., Jr. (1984). *Coastal Sedimentary Environments*, 2nd ed., Springer, Berlin, 716 pp.
- Davis, R.A., Jr. y FitzGerald, D.M. (2004). *Beaches and Coasts.* Blackwell, Oxford, 419 pp.
- Dawson, J.L. y Smithers, S.G. (2010). Shoreline and beach volume change between 1967 and 2007 at Raine Island, Great Barrier Reef, Australia. *Global and Planetary Change*,72, 141-154.

- De Álava, D. y Panario D. (1996) La Costa Atlántica: ecosistemas perdidos y el nacimiento de un monte de pinos y acacias. En: *Almanaque Banco de Seguros del Estado.* Montevideo. 44-51 pp.
- Dean, R.G. (1978). Diffraction calculation of shoreline planforms. *Proceedings International Conference on Coastal Engineering*, 115, 1903-1917.
- Del Moral, R. y Berenguer, J. (1980). *Planificación y Explotación de Puertos. Ingeniería Oceanográfica de Costas.* Tomo I. M.O.P.U. C.E.E.O.P. Madrid.
- Del Río Rodríguez L. y Gracia Prieto F.J. (2012) Fotointerpretación aplicada al análisis dinámico de la línea de costa. En: *Jornadas Técnicas "Las nuevas técnicas de información geográfica al servicio de la gestión de zonas costeras: Análisis de la evolución de playas y dunas"* (Valencia) J.E. Pardo Pascual, L.A. Ruiz Fernández, Luis Ángel (eds.). pp. 12-17.
- Del Río, L., Benavente, J., Gracia, F.J. y Chica, J.A. (2015). Riesgos de erosión en la costa de Cádiz: gestión actual y perspectivas futuras. *Geo-Temas*, 15: 149-152.
- Di Stefano, A., De Pietro, R., Monaco, C., Zanini, A. (2013). Anthropogenic influence on coastal evolution: A case history from the Catania Gulf shoreline (eastern Sicily, Italy). *Ocean & Coastal Management*, 80, 133-148.
- Díaz del Río, V. (1990). Estudio ecológico del Mar Menor. Geología (proyecto nº 1005 Medio Marino). Instituto Español de Oceanografía.
- Didenkulova, I.I., Slunyaev, A.V., Pelinovsky, E.N. y Kharif, C. (2006). Freak waves in 2005. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6, 1007-1015.
- Dietrich W.E. y Dunne, T. (1993). The channel head, En: Beven K. y Kirby M.J. (Eds.), *Channel Network Hydrology*, J. Wiley and Sons, p. 175-219.

- Dirección General de Puertos, (1992). ROM 0.3-91. Oleaje Anejo I. Clima Marítimo en el Litoral Español. MOPT, Centro de Publicaciones de Secretaría General Técnica M-4792-1992, Madrid.
- Ding, Y.D.J.G., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., y Johnson, C.A., (2001) *Climate change 2001: the scientific basis*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Dolan, R., Hayden B.P., May, P. y May S.K. (1980). The reliability of shoreline change measurements from aerial photographs. *Shore and Beach*, 48(4): 22–29.
- Dolan R, Fenster MS, Holme SJ. (1991). Temporal analysis of shoreline recession and accretion. *Journal of Coastal Research*, 7: 723–744.
- Domínguez Garrido, L. Gracia Prieto, F.J., y Anfuso, G. (2004). Tasas de avance/retroceso de la línea de costa mediante morfometría fotogramétrica en el sector Sanlúcar de Barrameda Rota (provincia de Cádiz). *Rev. Soc. Geol. España*, 17(1-2): 71-86.
- Dominguez, L., Gracia Prieto, F.J. y Anfuso Melfi, G. (2007). Evaluación de la vulnerabilidad del litoral noroeste de la provincia de Cádiz frente a la erosion. *Territoris*, 7, 99-113.
- Doukakis, E. (2007). Influence of the accuracy of the air photographs of the shoreline change rate. 4th International Conference Recent Problems. En: Geodesy And Related Fields With International Importance. Sofia, Bulgaria.
- Duarte, C. y Kirkman, H. (2001). Methods for the measurament of seagrass abundante and depth distribution. *Global Seagrass Research Methods*, En: Short, F. T. and Coles, R. G. (Eds.) Elseiver Science.
- EEA, (2000). *Environmental signals 2000*. European Environment Agency, Copenhagen.

- El-Ashry M.T. (1977). Air photography and coastal problems. *Benchmark Papers in Geology*, 38: 427.
- Esparza Alaminos, O. (2010). Estudio de la pesca artesanal en el entorno de la Reserva Marina de Cabo de Palos-Islas Hormigas. estrategias de pesca, efecto de la protección y propuestas para la gestión. (Tesis Doctoral Inédita). Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia.
- Espejo Marín, C. (2011). Innovación para la competitividad turística en La Manga del Mar Menor (Murcia). *Cuadernos de turismo,* 27, 321-340.
- Espinosa Montero, V. y Rodríguez Santalla, I. (2009). Evolución costera del tramo comprendido entre San Juan de los Terreros y Palayas de Vera. Revista de la Sociedad Geológica de España, 22(1-2): 3-12.
- Eversole, D y Fletcher, C.H. (2002) Longshore Sediment Transport Rates on a Reef-Fronted Beach: Field Data and Empirical Models Kaanapali Beach, Hawaii. *Journal of Coastal Research*, 19(3): 649-663.
- FAO. (1996) Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Roma. FAO forestry paper 130. 152 pp.
- Fatorić, S. y Chelleri, L. (2012). Vulnerability to the effects of climate change and adaptation: The case of the Spanish Ebro Delta. *Ocean Coastal Management*, 60, 1-10.
- Ferrándiz Araujo C. (1976). La encañizada de Calnegre en la Manga del Mar Menor y su formación en el siglo XVIII. *Murgetana*, 45, 87-101.
- Ferre Bueno, E. y Ruiz Sinoga, J.D. (1986). Algunos aspectos del impacto del turismo en la Costa del Sol occidental: El caso de Marbella. *Baética*, 9, 57-74.
- Fonseca, M.S. y Fisher, J. (1986). A comparison of canopi friction and sediment movement between four species of seegrass with reference to their ecology and restoration. *Marine Ecology Progress*, 29, 15-22.

- Forbes, D.L., Parkes G.S., Manson G.K. y Ketch L.A. (2004). Storms and shoreline retreat in the southern Gulf of St. Lawrence. *Marine Geology*, 210, 169-204.
- Fraile Jurado, P. (2011). Análisis de las problemáticas asociadas a la espacialización, evolución y representación de niveles del Mar presentes y Futuros en Andalucía. (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla.
- Fraile Jurado, P. y Ojeda Zujar, P. (2012). The importance of the vertical accuracy of digital elevation models in gauging inundation by sea level rise along the Valdelagrana beach and marshes (Bay of Cádiz, SW Spain). *Geo-Marine Letters*, 33(2): 225-230.
- Fraile Jurado, P, Sánchez Rodríguez, E., Fernández Díaz, M y Pita López, M.F. (2014). Estimación del comportamiento futuro del nivel del mar en las Islas Canarias. Estimación del comportamiento futuro del nivel del mar en las Islas Canarias a partir del análisis de registros recientes. *Geographicalia*, 66, 79-98.
- Gallego, J., Ley Vega, C. y Vidal, C. (2007). *Manual de restauración de dunas costeras. Procesos físicos*, pp. 36.
- García Lorenzo, R. (2010). Peligrosidad de las aguas de avenidas en los cruces de carreteras con ramblas. Estudio aplicado a la franja costera meridional de la Región de Murcia. (Tesis doctoral). Universidad de Murcia.
- Geiger, F. (1973). El sureste español y los problemas de la aridez. *Revista de Geografía*, 7(1-2): 167-209.
- Genz, A.S.; Fletcher, C.H.; Dunn, R.A.; Frazer, L.N. y Rooney, J. (2007). The predictive accuracy of shoreline change rate methods and alongshore beach variation on Maui, Hawai. *Journal of Coastal Research*, 23(1): 87-105.

- Giorgi, F. y Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63, 90-104.
- G.I.O.C (2001). Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. Manual de usuario del SMC (Sistema de Modelado Costero versión 3.0). Universidad de Cantabria. España.
- Gacia E. y Duarte C.M. (2001). Sediment Retention by a Mediterranean Posidonia oceanica Meadow: The Balance between Deposition and Resuspension. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52, 505–514.
- García Cano C., (1990). Notas sobre la necrópolis ibérica de los Nietos. Verdolay, 2, 161–171.
- Giordano, A., Navas, F. y Malvarez, G. (2015). Herramienta para medir el cambio en el medio. *Geo-Temas*, 15, 181-184.
- Gomariz Castillo, F., Moreno Brotons, J., Cánovas García, F. y Alonso Sarría, F. (2009). Implantación de un Sistema de Información Geográfica basado en software libre para el estudio de recursos hídricos y procesos hidrológicos. *III Jornadas de SIG libre*, SIGTEIII, Gerona.
- Gómez, R., Hurtado,I., Vidal-Abarca, M.R., Suárez, M.L. (2002). Las ramblas de la Región de Murcia: Valores naturales, paisajísticos y medidas para su conservación. En: III Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua.(Comunicaciones). Universidad Pablo Olavide. Sevilla. pp. 416-423.
- Gómez Fayren, J. (2007): La Población. In A. Romero Díaz y F. Alonso Sarría (coord.). *Atlas Global de la Región de Murcia. Murcia.* La Verdad CMM S.A., p. 146-155.
- Gómez Pazo, A. y Pérez Alberti, A. (2015). Clasificación mediante SIG de los tipos de costa de las Illas Cíes, Ría de Vigo. *Geo-Temas*, 15, 185-187.
- Gornitz V. (1990). Vulnerability of the East Coast, USA to future sea level rise. *Journal of Coastal Research*. Special Issue 9(1): 201-237.

- Guisado-Pintado, E. y G. Malvárez, G. (2015). El rol de las tormentas en la evolución morfodinámica del Delta del río Vélez: Costa del Sol, Málaga. *Geo-Temas*, 15, 189-192.
- Guisado Pintado, E., Malvárez García, G y Navas F. (2013). Morphodynamic Environments of the Costa del Sol, Spain. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 65, 500-505.
- Guisado Pintado, E. y Malvárez García, G. C. (2015). El estado morfodinámico de las playas a través de modelización numérica de propagación y asomeramiento del oleaje: el frente litoral de Doñana. Geofocus, 15, 163-180.
- Gutiérrez, J. y Gould M. (2000). SIG: Sistemas de información geográfica. Editorial Síntesis. Madrid, España.
- Hallermeier, R.J. (1981): A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate. Coastal Engineering, 4: 253-277.
- Hanson, H., Brampton, A., Capobianco, M., Dette, H.H., Hamm, L., Laustrup,
 C., Lechuga, A., Spanhoff, R. (2002). Beach nourishment projects,
 practices, and objectives: a European overview. Coastal Engineering, 47,
 81-111.
- Hamm, L., Capobianco, M., Dette, H.H., Lechuga, A., Spanhoff, R., Stive,M.J.F. (2002). A summary of European experience with shore nourishment. Coastal Engineering. 47, 237-264.
- Hattersley, R.T., Foster D.N. (1968). Problems of beach erosion and some solutions. Australian Civil Engineering. Vol 9.
- Hegde, A. V. 2010. Coastal erosion and mitigation methods Global state of art. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*. 39(4): 521-530.
- Hemminga, M.A. y Nieuwenhuize J. (1990): Seagrass Wrack-induced Dune formation on a tropical coast. Estuarine. *Coastal and shelf Science* 31, 499-502.

- Hemminga, M.A. y Nieuwenhuize J. (1991): Transport, deposition and in situ decay of seagrasses in a tropical mudflat area (Banc d'Arguin, Mauritania). *Netherlands Journal of Sea Research*, 27(2):183-190.
- Hernández García, J.D. y Pujante Martínez, A. (2008). Un taller de forja y restos de una domus altoimperial, almacenes y vertedero tardorromanos en la excavación en calle Mercado 4 con calle Severo Montalvo de Águilas, Murcia. *Memorias de Arqueología de la Región de Murcia*, 15, 305-322.
- Hernández-Vega, S., Junoy, J., y Castellanos, C. (2003). Cambios bentónicos en la ría de Foz (Lugo) (noroeste de España) tras la construcción de un espigón. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*, 19, 205-218.
- Hesp, P. (1999). The Beach Backshore and Beyond. In: Short, A. ed. *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. J. Wiley & Sons Ltd: 145-169.
- Hinrichsen, D. (1998). Coastal Waters of the World. Trends, Threats, and Strategies. Island Press, 275 p.
- Hooke, J.M. y Mant, J.M. (2000). Geomorphological impacts of a flood event on ephemeral channels in SE Spain. *Geomorphology*, 34(3-4): 163-180.
- Hsu, J.R. y Silvester R. (1990). Accretion behind single offshore breakwater. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE* (16):3 362-380.
- Huang, N. (1999) "A view of coastal wave modeling: the physical and mathematical problems" en Huang N.et al. 1999 "Advances in coastal and ocean engineering" Vol 4. World Scientific Publishing Ltd.
- Ibarra Marinas, D., Martínez Salvador, A., Conesa Garcia C. y Belmonte Serrato, F. (2014). Estimación de evaporación en balsas de riego mediante el empleo de técnicas de teledetección. Estudio aplicado a la vertiente litoral sur de la Región de Murcia. En: XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Alicante.

- Ibarra Marinas, A.D., Belmonte Serrato, F., Gomariz Castillo, F. y Pérez Cutillas, P. (2015): Evolución de la línea de costa en la Región de Murcia (1956-2013). *Geo-Temas*, 15, 33-36.
- Ibarra Marinas, A.D., Belmonte Serrato, F., Rubio Iborra, J. (2016): El impacto territorial del uso agrícola y turístico del litoral: evolución de los cambios de uso del suelo en las cuencas litorales del sur de la Región de Murcia (1956-2013). *Boletín de la A.G.E.*, 72 (en prensa)
- Iglesias Cerdeira, O., Lastras Membrive, G., Canals Artigas, M., Olabarrieta Lizaso, M., González Rodríguez, E.M. Aniel-Quiroga Zorrilla, Í., Otero, L., Durán Gallego, R., Amblàs Novellas, D., Casamor Bermúdez, J.L., Tahchi, E., Tinti, S. y De Mol, B. (2012) The BIG'95 Submarine Landslide–Generated Tsunami: A Numerical Simulation. *The Journal of Geology*,120(1): 31-48.
- Iribarren, C.R. y Norales, C. (1949). "Protection des ports", Proceedings XVIIth International Navigation Congress, Section II, Communication 4, Lisbon, pp. 31-80.
- Iribarren, C.R. (1954): Proyecto de regeneración de las playas de Cartagena de Indias, Colombia.
- Inman, D.L., Elwany, M. H. y Jenkins, S. A. (1993). Shorerise and bar-berm profiles on ocean beaches. *Journal of Geophysical Research*, 98(c10): 18181-18199.
- Isla F.I. 1990. Tendencias litorales y transversales de transporte en playas y boca de marea: Mar Chiquita, Buenos Aires. Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, *Petrología y Sedimentología*, 21, 75–87.
- IPCC (2013): «Climate Change 2013: The Physical Science Basis».

 Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex

- and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1.535 pp.
- Jackson, J.B., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J.A., Hughes, T.P., Kidwell, S., Lange, C.B., Lenihan, H.S., Pandolfi, J.M., Peterson, C.H., Steneck, R.S., Tegner, M.J. y Warner, R.R. (2001). Historical overfishing and the recent collapse of Coastal ecosystems. *Science*, 293, 629-638.
- Jaume, C. Y Fornós, J. (1992). Composició i textura dels sediments de platja del litoral mallorquí. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 35, 93-111.
- Jiménez, J.A.; Sánchez-Arcilla, A. y Stive, M.J.F. (1993). Discussion on Prediction of storm/normal beach profiles. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 119(4): 466-468.
- Jiménez J.A. y Sánchez-Arcilla A. (1993). Medium-term coastal response at the Ebro delta Spain. *Marine Geology*, 114, 105-118.
- Jin, D., Hoagland, P., Au D.K., Qiu J. (2015). Shoreline change, seawalls, and coastal property values. *Ocean & Coastal Management*, 114, 185-193.
- Johnson, D. W. (1919). *Shore Processes and Shoreline Development*. Prentice Hall, New York, 584 pp.
- Johnson, D. W. (1925). *The New England-Acadian Shoreline*. Wiley, New York, 608 pp.
- Juárez, V., Isla, F.I. (1999). Evolución histórica del núcleo urbano de Villa Gesell. *Revista Geográfica*, 125, 49–60.
- Kamphuis, J.W. (1991) Alongshore Sediment Transport Rate. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 117, 624-640.

- Kay, R., y Alder J. (2005). *Coastal Planning and Management*. London, E & FN Spon. 400 pp.
- Killgrove, K y Tykot, R.H. (2013). Food for Rome: A stable isotope investigation of diet in the Imperial period (1st–3rd centuries AD). *Journal of Anthropological Archaeology*, 32(1): 28-38.
- King, C. A. M. (1959). Beaches and Coasts. Arnold, New York, 403 pp.
- Klein, Y.L., Osleeb, J.P., y Viola, M.R. (2004). Tourism generated earnings in the coastal zone: a regional analysis. *Journal of Coastal Research*, 20(4): 1080-1088.
- Komar, P.D. 1998. Beach Processes and Sedimentation. 2nd edn., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 544 pp.
- Kruiderink, A. (1967). Algunos aspectos de la pesca mediterránea en España. Estudios Geográficos, 106, 89-113.
- Lechuga, A. (2002). El uso del espacio litoral: Infraestructuras y playas. En: I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y medio Ambiente. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 415-424. Madrid.
- Lechuga, A. (2006). Were freak waves involved in the sinking of the Tanker "Prestige"?. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6, 973–978.
- Leatherman S.P. (1993). *Remote sensing applied to coastal change analysis*. Gurney. Foster. Parkinson (ed.) Global Change Atlas.
- Lillo Carpio, M.J. (1977). El litoral del Mar Menor: sector septentrional. *Saitabi:* revista de la Facultat de Geografia i Història, 27, 261-268.
- Lillo Carpio, M.J. (1978). Geomorfología litoral del Mar Menor. *Papeles del Departamento de Geografía*, 8, 9-48.
- Lillo Carpio, M.J. (1979). *Geomorfología del litoral del Mar Menor y del Bajo Segura.* (Tesis Doctoral). Universidad de Valencia.

- Lillo Carpio, M. (1984). Características geomorfológicas y actividad humana tradicional en la Ensenada de Mazarrón (Murcia) Cuadernos de Geografía. 35: 129-152.
- Lillo Carpio M. (1986). Consideraciones paleogeográficas y geomorfológicos del litoral del Sureste durante el cuaternario. Estado de la cuestión. El medio natural. En: *Historia de Cartagena*, vol. I. Ed. Mediterráneo, Murcia, 118-128.
- Lillo Carpio, M., Rodríguez Estrella, T. (1996). Aspectos sobre la geomorfología del Valle y Ensenada de Escombreras (Murcia). *Papeles de Geografía*, 23-24, 193-210.
- Lippmann, T.C. y Holmann, R.A. (1990). The spatial and temporal variability of sand bar morphology. *Journal of Geophysical Research*, 95(11): 11575-11590.
- Llasat, M.C. (2001). An objective classification of rainfall events on the basis of their convective features: application to rainfall intensity in the northeast of Spain. *International Journal of Climatology*, 21, 1385–1400.
- Longuet-Higgins, M. S. (1970). Longshore currents generated by obliquely incident sea waves. *Journal Geophysical Research*, 75, 6778-6790.
- Lopez-Bermudez, F., Navarro Hervás, F., Montaner Salas, M.A., Blázquez Calvo, F., Cebrian Egea, A., Cerecuela Martínez, J., Fernández Pérez C., Gómez López, L., Olmos Alcazar, T., Pellicer Fernández J., Valcarcel Alcázar, M. (1979). Inundaciones catastróficas, precipitaciones torrenciales y erosión en la provincia de Murcia. *Papeles de Geografía*, 8 49-91.
- López Bermúdez, F., Conesa García, C., Alonso Sarría, F. y Belmonte Serrato, F. (2000). La cuenca experimental de Rambla Salada (Murcia) investigaciones hidrogeomorfológicas. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 26, 95-112.

- López Bermúdez F. y Gomariz Castillo, F. (2006). Las ramblas, agentes reguladores del litoral mediterráneo ibérico. El ejemplo de la rambla de las Moreras. En Mateu, J.F. y Sanjaume, E. (Eds.) *Geomorfologia litoral i quaternari*. Valencia, Universidad de Valencia, pp. 245-257.
- López Castejón, F., y Gilabert Cervera, J. (2012). Estudio de las variaciones del nivel del mar frente a La Manga del Mar Menor en el SE español. En IV Jornadas de introducción a la investigación de la UPCT, 5: 123-125.
- Córdova-López, L.F. y Torres-Hugues, R. (2011). Modelo matemático para la determinación del transporte longitudinal para playas del Caribe. *Tecnología y Ciencias del Agua*, II(3) 127-140.
- Loutre M.F., Berger, A., Bretagnon P. y Blanc, P.L. (1992). Astronomical frequencies for climate research at the decadal to century time scale. *Climate Dynamics*, 7, 181-194.
- Malvárez, G., Pintado, E., Navas, F., & Giordano, A. (2015). Spatial data and its importance for the implementation of UNEP MAP ICZM Protocol for the Mediterranean. *Journal of Coastal Conservation*, 19(5): 633-641.
- Martín-Algarra, A. (coord.) (2004): Zonas Internas Béticas. En: *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.), SGE-IGME, Madrid, 395-437.
- Martín Camino M., Roldán Bernal B., (1995). Informe de la excavación de urgencia en el Cerro de Calnegre (Cala del Pino, La Manga del Mar Menor). Año 1987. *Memorias de Arqueología (Murcia)*, 3, 100–108.
- Martínez Martínez, J. (1996). *Procesos y efectos geodinámicos marinos-costeros*. Las Palmas de Gran Canaria: Shell España. 214 pp.
- Martínez Hernández, C., Cánovas García, F. (2016): Identificación de áreas abandonadas en la Región de Murcia. En A. Romero Díaz (Coord.) Abandono de cultivos en la Región de Murcia. Consecuencias Ecogeomorfológicas. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. Murcia pp. 63-84

- Martínez Sanchez, J. (2013). Evolución de la línea de costa a partir del equilibrio dinámico del perfil de playa. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria.
- Marbá, N., Duarte C.M., Holmer M., Martínez R., Basterretxea G., Orfica A., Jordi A. y Tintoré J. (2002): Assessing the effectiveness of protection on Posidonia oceanica populations in the Cabrera National Park (Spain). *Environmental Conservation*, 29, 509-518.
- Marbá, N., Arias-Ortiz, A., Masqué, P., Kendrick, G.A., Mazarrasa, I., Bastyan, G.R., Garcia-Orellana, J. y Duarte, C.M. (2015): Impact of seagrass loss and subsequent revegetation on carbon sequestration and stocks. *Journal of Ecology*, 103: 296–302.
- Massel, S.R. (1996). Ocean Surface Waves: Their physics and Predictions. advanced Series On Ocean Engineering – Volume 11 Edit. World Scientific 491 pp.
- Masselink, G y Short, A.D. (1993). The effect of tidal range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, 9(3): 785-800.
- Masselink, G. y Hughes, M. G. (2003). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. Edward Arnold, London, 354 pp.
- Masselink, G., Scott, T., Poate, T., Russell, P., Davidson, M., and Conley, D. (2016). The extreme 2013/2014 winter storms: hydrodynamic forcing and coastal response along the southwest coast of Englandland. *Earth Surface Processes Landforms*, 41, 378–391.
- Mateu, J.F. (1974). La Rambla de la Viuda. Clima e hidrología. *Cuadernos de Geografía*, 15, 47-68.

- Mateu, J.F. (1989). Ríos y ramblas mediterráneas. En: *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*, 133-150. Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante.
- Mas J. (1994). El Mar Menor: Relaciones, diferencias y afinidades entre la Laguna costera y el Mar Mediterráneo adyacente. (Tesis Doctoral) Universidad Autónoma de Madrid.
- McGwynne, L., McLachlan, A. (1992). *Ecology and Management of Sandy Coasts. Institute for Coastal Research*, UPE, South Africa, Report, 30, 83 pp.
- Medina R., Vidal, C., González, M., Bernabeu, A.M., Gallofré, J. (2001).

 Modelado de la morfodinámica de playas por medio de formulaciones de "Equilibrio". *Física de la Tierra*, 13, 95-117.
- Medina R. y Méndez, F.J. (2006). Inundación costera originada por la dinámica marina. Ingeniería y territorio, 74, 68-75.
- Merlotto A., Bértola. G.R. (2008). Evolución urbana y su influencia en la erosión costera en el balneario Parque Mar Chiquita, Argentina. Papeles de Geografía, 47-48, 143-158.
- Merlotto, A., Bértola, G.R. (2009). Evolución de la línea de costa en el Balneario Parque Mar Chiquita, Argentina. *Ciencias Marinas*, 35(3): 271–286.
- Millán Escriche, M. (2012). Turismos de interior en la Región de Murcia. Una aproximación al turismo rural y al enoturismo. *Polígonos: Revista de geografía*, 23, 87-112.
- Miller, J.K. y Dean, R.G. (2004). A simple new shoreline model. Coastal Engineering 51, 531–556.
- Ming, D. y Chiew Y.M. (2000). Shoreline changes behind detached breakwater. Journal of Waterways, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE, 126(2): 63-70.

- Mir-Gual M, Pons GX (2011). Coast sandy strip fragmentation of a protected zone in the N of Mallorca (Western Mediterranean). *Journal of Coastal Research*, Special Issue 64(1): 1367-1371.
- Mir-Gual, M., Pons, G.X., Martín-Prieto, J.A., Roig-Munar, F.X. Rodríguez-Perea, A. (2012). Geomorphological and ecological features of blowouts in a western Mediterranean coastal dune complex: a case study of the Es Comú de Muro beach-dune system on the island of Mallorca, Spain. *Geo-Marine Letters*, 33(2-3): 1-15.
- Molina Florez, L.G., Osorio Árias, A.F., Otero Díaz L.J. (2014). Capacidad de transporte potencial longitudinal de sedimentos a escala intraanual en Punta Yarumal, delta del Río Turbom Golfo de Urabá, a partir de la simulación de un clima marítimo. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 43(2): 213-248.
- Molina López, E. (1986): *Aproximación al estudio de la Cartagena islámica, Historia de Cartagena 5*, Ediciones Mediterráneo, Murcia, pp. 195-318.
- Montaner Salas, M.E. (1991) Recursos y demandas de agua en el territorio de Mazarrón-Águilas. Murcia: Consejería de Política Territorial, Obras Públicas y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. 374 p.
- Moore, B.D. (1982). Beach profile evolution in response to changes in water level and wave height. M.S. thesis, University of Delaware, Newark, DE.
- Moore, L.J. (2000). Shoreline mapping techniques . *Journal of Coastal Research*. 16(1): 111-124.
- Moore, L.J., Giggs, G.B. (2002). Long-Term Cliff Retreat and Erosion Hotspots
 Along the Central Shores of the Monterrey Bay National Marine
 Sanctuary. *Marine Geology*, 181. 265-283.
- Morton, R.A.; Miller, T.A. y Moore, L.J. (2004). *Nacional assessment of shoreline change: Part 1 Historical shoreline changes and associated*

- coastal land loss along the US Gulf of Mexico. USGS Open-File Report, 1043. 45 pp.
- Moss, R.H., J.A. Edmons,K. A. Hibbard, M. R. Manning, S. K. Rose, D. P. van Vuuren, T. R. Carter, S. Emori, M. Kainuma, T. Kram, G. A. Meehl, J. F. B. Mitchell, N. Nakicenovic, K. Riahi, S. J. Smith, R. J. Stouffer, A. M. Thomson, J. P. Weyant y T. J. Wilbanks (2010) The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463, 747-755.
- Neteler, M Mitasova, H. (2008). *Open Source GIS: A GRASS GIS* Approach. Springer. New York. 406 pp.
- NOAA (2010). Coastal Zone Management Act Performance Measurement System: Contextual Indicators Manual. 38 pp.
- Nordstrom, K.F. (2000). *Beaches and Dunes of Developed Coasts.* Cambridge University Press, Cambridge, 338 pp.
- Nordstrom K.F., Jackson N.L., Kraus N.C., Kana T.W., Bearce R., Bocamazo L.M., Young D.R., De Butts H.A. (2011) Enhancing geomorphic and biologic functions and values on backshores and dunes of developed shores: a review of opportunities and constraints. *Environmental Conservation*, 38, 288–302.
- OCDE, (1993). *Gestión de Zonas Costeras. Políticas Integradas.* Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, París. 203 p.
- O'Callaghan J.F. y Mark D.M. (1984). The estraction of drainage networks from digital elevation data. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 28, 323-344.
- Ojeda Zújar, J. (1988): Aplicaciones de la Teledetección espacial al estudio de la dinámica litoral (Huelva): Geomorfología y Ordenación Litoral. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

- Ojeda Zújar, J. (2000). Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuesta. *Boletín de la A.G.E.*, 30,103-118.
- Ojeda, J., Borgniet, L., Pérez-Romero, A.M., Loder, J.F. (2002). Monitoring morphological changes along the coast of Huelva (SW Spain) using soft-copy photogrammetry and GIS. *Journal of Coastal Conservation*. 8, 69-76.
- Obiol Menero, E. M. (2003). La regeneración de playas como factor clave del avance del turismo valenciano. *Cuadernos de geografía*, 73: 121-146.
- Overton, M.F.; Grenier, R.R.; Judge, E.K. y Fisher, J.S. (1999). Identification and analysis of coastal erosion and hazard areas: Dare and Brunswick Counties, North Carolina. *Journal of Coastal Research*, Special Issue, 28, 69-84.
- Pajak, M.J., Leatherman, S.P. (2002). The high water line as shoreline indicator. *Journal of Coastal Research*, 18, 329–337.
- PAP/RAC (2007): Protocolo relativo a la Gestión Integrada de las Zonas Costeras del Mediterráneo. 22 pp.
- Pardo Pascual, J.E. (1989). Oscil.lacions del nivel marí del Mediterrani occidental a partir de les dades dels mareògrafs. *Cuadernos de Geografía*, 49, 107-126.
- Pardo Pascual, J.E. (1991). La erosión antrópica en el litoral valenciano. Ed. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Obres Publiques, Urbanisme i Transports. Valencia.
- Pardo Pascual, J.E y Santjaume, E. (2001). Análisis multiescalar de la evolución costera. *Cuadernos de Geografía* 69-70, 95-126.
- Pardo-Pascual, J.E., García Asenjo, L. Palomar-Vázquez, J. y Garrigues Talens, P. (2005). New methods and tools to analyze beach-dune system evolution using a real-time kinematic global position System and

- Geographic Information Systems. *Journal of Coastal Research*, Special Issue, 49, 34-39.
- París Solas, C., Wibbelink, H., y Basabe Criado, J. M. (1995). Construcción de playas: Experiencias en España. *Ingeniería del agua*, 2(5): 167-180.
- Pauly, D., Christensen, V., Guenette, S., Pitcher, T.J., Sumaila, R., Walters, C.J., Watson, R. y Zeller, D., (2002). Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418: 689-695.
- Pelacani, S., Ungaro, F., Lombardi, L. y Rodolfi, G. (2006a) Applicazione di techiche geostatistiche e GIS per la caratterizzazione dei suoli e della loro erodabilita. In: Rodolfi, G. Water erosion in mediterranean environment: direct and indirect assessment in test areas and catchments. Genova: Ministero dell Università e Della Ricerca Progetti di Rilevante Interesse Nazionale.
- Pelacani, S., Lombardi, L., Maerker, M. y Rodolfi, G. (2006b). Caratterizzazione dei processi geomorfici di versante nel bacino del torrente orme (Toscana Centrale) sulla base delle unita di risposta erosiva ERU. Genova: Ministero dell Università e Della Ricerca Progetti di Rilevante Interesse Nazionale.
- Peña Oliva, J.M. 2008. ¿Qué es erosión costera? Cimbra, 380, 6-17.
- Perez-Alberti, A., Pirés A., Freitas, L., Chamine, H. (2013). Shoreline change mapping along the coast of Galicia, Spain. *Proceedings of the ICE-Maritime Engineering* 166 (3): 125-144
- Perez-Cutillas, P. (2013). Modelización de propiedades físicas del suelo a escala regional. Casos de estudio en el Sureste Ibérico. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. Murcia.
- Pérez Morales, A. (2008). Riesgos de inundación y políticas sobre el territorio en el sur de la Región de Murcia. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.

- Pethick, J. (1984). *An Introduction to Coastal Geomorphology,* Edward Arnold, London, 260 pp.
- Polzer, M.E., Pinedo, J. (2009). Bajo de la Campana 2009: phoenician shipwreck excavation. *INA Annual, Institute of Nautical Archaeology*, 3, 3-14.
- Pope, J. y Dean, J.L. (1986). Development of design criteria for segmented breakwaters. En: American Society of Civil Engineers (ASCE).

 Proceedings of the 20th International Conference on 75 Coastal Engineering, November 1986, Taipei, 2144-2158.
- Procaccini, G y Mazzella L. (1998). Population genetic structure and gene flow in the seagrass Posidonia oceanica assessed using microsatellite analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 169, 133-141.
- Programa EUROSION. (2004) Development of a Guideline Document on Strategical Environment Assessment (SEA) and Coastal Erosion. Final report. Noviembre de 2004.
- Quiñonero Rubio, J.M. y Alonso Sarría, F. (2007). Modelización de la dinámica hidrológica y erosiva en barrancos de la cuenca del río Quípar (sureste de España) con GRASS. *GeoFocus*, 7, 188-215.
- Ramesh D.A. y Vel A.S. (2011). Methodology of Integrated Coastal Zone Management Plan Preparation. Case Study of Andaman Islands, India. *Journal of Environmental Protection*, 2, 750-760.
- Rahmstorf, S., (2007). A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. Science, 315(5810): 368-370.
- Rapport, D.J., Böhm, G., Buckingham, D., Cairns, J., Costanza,, R., Karr, J.R., de Kruijf, H.A.M., Levins, R., McMichael, A.J., Nielsen, O. & Whitford, W.G. (1985). Ecosystem Health: The Concept, the ISEH, and the Important Tasks Ahead. *Ecosystem Health*, 5(2): 82-90.

- Reicherter, K. y Becker-Heidmann, P. (2009). Tsunami deposits in the western Mediterranean: remains of the 1522 Almería earthquake? *Geological Society*, 316, 217-235.
- Restrepo, J.D., Zapata, P., Díaz, J.M., Garzón-Ferreira, J. y García, C.B. (2006). Fluvial fluxes into the Caribbean Sea and their impact on coastal ecosystems: The Magdalena River, Colombia. *Global and Planetary Change*, 50, 33-49.
- Riahi, K., Gruebler, A. y Nakicenovic N. (2007). Scenarios of long-term socioeconomic and environmental development under climate stabilization. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(7): 887-935.
- Robledano, F. y Calvín, J.C. (Dir.). (2003). Estudios básicos y Proyecto del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (P.O.R.N.) del Espacio Natural Islas e Islotes del Litoral Mediterráneo y su Franja Litoral Sumergida. Memoria Fase II Estudios Básicos. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia.
- Rodolfi, G. (2006). Erosione hídrica del suolo in ambiente mediterraneo: valutazione diretta e indirecta in aree Campione e Bacini idrografici.

 Genova: Ministero dell Universita e Della Ricerca Progetti di Rilevante Interesse Nazionale.
- Rodríguez-Perea, A.J., Servera, J., y Martín-Prieto, J.A. (2000). *Alternatives a la dependència de les platges de les Balears de la regeneració artificial continuada", Informe Metadona.* Col.lecció Pedagogia Ambiental no. 10. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca. 108 pp.
- Roig i Munar, F.X. (2000): Analisis de la capacidad de carga de los espacios litorales de la isla de Menorca. En: *Turismo y transformaciones urbanas en el siglo XXI*. Fernández Gutierrez (Eds.)
- Roig i Munar, F.X. (2001). El conocimiento de la posidonia oceánica y sus funciones ecológicas como herramienta de gestión litoral. la realización

- de encuestas a los usuarios de playas y calas de la isla de Menorca. Papeles de Geografía, 34, 271-280.
- Roig i Munar, F.X., Martín Prieto, J.A., Rodríguez Perez, A., Pons, G.X., Gelabert, B., Mir Gual, M. (2012). Risk assessment of beach-dune system erosion: Management impacts on the Balearic Islands. *Journal of Coastal Research*, 28(6): 1488-1499.
- Roig i Munar F.X., Martín-Prieto, J.A., Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X., Gelabert, B. y Mir-Gual M. (2013). Beaches of Ibiza and Formentera (Balearic Islands): a classification based on their environmental features, tourism use and management. *Journal of Coastal Research*, 65, 1850-1855.
- Romero Díaz, A., Belmonte Serrato, F. (2002). Los paisajes geomorfológicos de la Región de Murcia como recurso turístico. *Cuadernos de Turismo*, 9, 103-122.
- Romero Díaz, A., Maurandi Guirado, A. (2000). Las inundaciones en la Cuenca del Segura en las dos últimas décadas del siglo XX. Actuaciones de prevención. *Serie Geográfica*, 9, 93-120.
- Romero Díaz, A., García Fernández, G. (2007). Contaminación por erosión eólica e hídrica de las áreas limítrofes a la antigua zona minera de La Unión Cartagena. *Revista Murciana de Antropología*, 15, 77-96.
- Rosello Verger, V.M. y Sanjaume Saumell, E. (1975). El litoral del Puerto de Mazarrón. *Cuadernos de Geografía*, 16, 1-21.
- Rosete Vergés, F.A., Pérez Damián, J.L. y Bocco, G.Bgu (2009). Contribución al análisis del cambio de uso del suelo y vegetación (1978-2000) en la Península de Baja California, México. *Investigación Ambiental*, 1(1): 70-82.

- Ruiz Cabrero, L.A. y Mederos Martín, A. (2004). El pecio fenicio del Bajo de la Campana (Murcia, España) y el comercio del marfil norteafricano. Zephyrus: Revista de prehistoria y arqueología, 57, 263-281.
- Ruiz Sinoga, J.D., Martínez Murillo, J.F. (2012). Respuesta eco-hidrológica de los suelos en campos abandonados (Sur de España). Cuadernos de Investigación Geográfica, 38, 31-51.
- Ruiz Sinoga J.D., Romero Diaz, A., Martínez Murillo, J.F., y Gabarrón Galeote M.A. (2015). Incidencia de la dinámica pluviométrica en la degradación del suelo. Sur de España. *Boletín de la A.G.E.*, 68, 177-204.
- Ruiz Sinoga J.D., Romero Diaz, A. (2015). Assessment of soil erosion through different experimental methods in the Region of Murcia (South-East Spain). In book: Monitoring and Modelling Dynamic Environments, Chapter: Assessment of soil erosion through different experimental methods in the Region of Murcia (Southeast Spain), Publisher: Wiley-Blakwell, Editors: Alan P. Dykes, Mark Mulligan and John Wainwright, pp. 11-44.
- Samaras, A.G., Karambas T.V. y Archetti R. (2015). Simulation of tsunami generation, propagation and coastal inundation in the Eastern Mediterranean. *Ocean Science*, 11, 643-655.
- Sánchez-Arcilla, A. (1994). Ingenieria de playas (I): conceptos de morfología costera. *Ingeniería del Agua*, 1(2): 98-114.
- Sánchez-Arcilla, A., Jiménez, J.A., Gelonch, G., Nieto Romeral, J. (1997). El problema erosivo en el Delta del Ebro. *Revista de Obras Publicas*, 3.368, 23-32.
- Sánchez-Arcilla, A., Jiménez, J., Valdemoro, H., Gracia, V., and Galofré, J. (2001). Sensitivity Analysis of Longshore Sediment Transport Rate Estimations in a Highly Eroding Coast, The Montroig Beach (Tarragona, Spain). Coastal Dynamics '01, 112-121.

- Sánchez-Tembleque, F. (2015). Medición con láser e imagen digital de superficies de sedimentos en un laboratorio de hidráulica. Tesis Doctoral. Departamento de Métodos Matemáticos e de Representación. Universidade da Coruña.
- Sanjaume Saumell, E., Rosselló i Verger, V.M. (1975). El litoral el puerto Mazarrón (Murcia). *Saitabi*, 25, 155-176.
- Sanó, M., Jiménez, J.A., Medina, R., Stanica, A., Sanchez-Arcilla, A., Trumbic, I. (2011). The role of coastal setbacks in the context of coastal erosion and climate change. *Ocean & Coastal Management*, 54, 943-950.
- Saravanan, S y Cahndrasekar, N. (2010). Potential littoral sediment transport along the coast of South Eastern Coast of India. *Earth Science Research Journal*, 14 (2): 153-160.
- Shand, R.D., Bailey, D.G. (1999). A review of net offshore bar migration with photographic illustrations from Wanganui, New Zealand. *Journal of Coastal Research*, 15, 365–378.
- Schrope M. (2001). Biologists urge US to build marine reserves. *Nature*, 409, 971.
- Scoffin, T.P. (1970). The trampping and binding of subdital carbonate sediments by marine vegetation in Bimini Lagoon, Bahamas. *Journal of Sedimentary Petrology*, 40, 249-273.
- Serra-Raventós J. (2007). Mar Menor (Spain). Eurosion Case Study.
- Serrano, J.M. (2007). El turismo residencial en la región de Murcia frente a los nuevos retos. *Cuadernos de Turismo*, 19, 198-216.
- Shallowitz, A.L. (1964). Shoreline and sea boundaries. VI. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey, U.S. Governemnt Printing Office, Washington D.C., 420 pp.

- Short, A. y Hesp, P. (1982). Wave, beach and dune interactions in Southeastern Australia. *Marine Geology*, 48, 259-284.
- Short, A. D. (ed.) (1999a). *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. Wiley, Chichester, 379 pp.
- Short, A.D., (1999b). Beach Systems: Definition and Global Perspective, p. 120. In: A.D. Short. (ed). Handbook of Beach and Shoreface
 Morphodynamics, 1st edition, John Wiley & Sons Ltd., West Sussex.
- Silvester, R. (1959). Engineering aspects of Coastal Sediment Movement..

 Proc. ASCE. *Jorn Waterways and Harbours Div.* 85. WW3
- Slattery, M.C. y Phillips, J.D. (2011). Control on sediment delivery in coastal plain rivers. *Journal of environmental Management*, 92, 284-289.
- Small, C., y Nicholls, R.J. (2003). A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research*, 19(3): 584-599.
- Smith, S.E. y Abdel-Kader, A. (1988). Coastal Erosion along the Egyptian Delta. *Journal of Coastal Research*, 4(2): 245-255.
- Soto Bäuerle M.A., Arriagada J., Castro Correa C.P, Maerker M. y Rodolfi G. (2011). Relación entre el cambio de uso del suelo en la cuenca del Aconcagua y su litoral arenoso correlativo. Chile central. *Revista de Geografía Norte Grande*, 50, 187-202
- Stafford D.B. Langfelder J. (1971). Air photo survey for coastal erosion. *Photogrametric Engineering*, 6. 556-575.
- Stauble, D., Hansen, M. y Blake, W., (1984). An assessment of beach nourishment sediment characteristics. *Coastal Engineering Proceedings*, 1(19): 1471-1487.
- Stuiver M. y Reimer P.J. (1993). Extended C-14 data base and revised Calib 3.0 age calibration program. *Radiocarbon*, 35, 215-230.

- Stumpf, R., Morgan, K., Peterson, R., Krohn, M.D. y Sallenger, A.H. (1999).

 Mapping Impacts of Hurricanes Fran and Bertha on the North Carolina

 Coast. *Coastal Sediments*, 99, 1826-1835.
- Suárez, M.L. y Vidal-Abarca, M.R. (1993). Las ramblas mediterráneas.
 Paisajes. En: Regeneración de la cubierta vegetal. Actas V Aula de Ecología; Las Ramblas Mediterráneas. Actas VI Aula de Ecología.
 Cueto, M; A. Pallarés (Coord.). Instituto de Estudios Almerienses.
 Diputación de Almería. 117-123. España.
- Suárez M. L., Vidal-Abarca, M. R., Navarro I., Gómez R., López Bermúdez, F. (2010). Los arroyos de Baja California Sur (México): caracterización ambiental y aplicación de un índice de estado de alteración (IAR). Revista Cuaternario y geomorfología, 24(1-2): 63-77.
- Suh K. y Dalrymple R.A. (1987). Offshore breakwaters in laboratory and field. *Journal of Waterways, Coastal and Ocean Engineering*, 113(2): 105-121.
- Sunamura, T. (1992). *Geomorphology of Rocky Coasts*. Wiley, Chichester, 302 pp.
- Tarboton, D.G. (1997). A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *Water Resources Research*, 33(2): 309-319.
- Thia-Eng, C. (1993). Essential Elements of Integrated Coastal Zone Management. *Ocean and Coastal Management*, 21, 81-108.
- Titus J.G. (2009). Coastal sensitivity to sea level rise: a focus in the Mid-Atlantic Region. Washington: US Climate Change Program. (USCCP).
- Titus, J.G. y Anderson, K.E. (2009). *Coastal sensitivity to sea-level rise: A focus on the Mid-Atlantic region*. Washington: Government Printing Office.
- Trenhaile, A.S. (1987). *The Geomorphology of Rock Coasts.* Oxford University Press, Oxford, 384 pp.

- Trenhaile, A.S. (1997). *Coastal Dynamics and Landforms*. Oxford, Clarendon Press, 366pp.
- Tros-de-llarduya Fernández, M. (2008). El reto de la gestión integrada de las zonas costeras (GIZC) en la Unión Europea. *Boletín de la A.G.E.*, 47, 143-156.
- Turker, U. y Kabdasli, M.S. (2006). The effects of sediment characteristics and wave height on shape-parameter for representing equilibrium beach profiles. *Ocean Engineering*, 33(2): 281-291.
- Turner y Nielsen, P. (1997). Rapid water table fluctuations within the beach face: Implications for swash zone sediment mobility? *Coastal Engineering*, 32(1): 45-59.
- Turner, I.L., (1995). Simulating the influence of groundwater seepage on sediment transported by the sweep of the swash zone across macro-tidal beaches. *Marine Geology*, 125(1): 153-174.
- Turner, I.L. y Masselink, G., (1998). Swash infiltration-exfiltration and sediment transport. *Journal of Geophysical Research: Oceans* (1978–2012), 103(C13): 30813-30824.
- Tweddle, J.F., Marengo, I., Gray L., Kelly, C. y Shucksmith, R. (2014). Developing regional locational guidance for wave and tidal energy in the Shetland Islands. *Marine Policy*, 50, 53-66.
- UNEP/MAP/BP/RAC. (2005). A sustainable future for the Mediterranean. United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, Blue Plan Regional Activity Centre, Vallbone.
- UNEP/MAP/BP/RAC. (2009). State of the Environment and Development in the Mediterranean. UNEP/MAP-Plan Bleu, Athens.
- Unión Europea. Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora

- silvestres. Diario Oficial de la Unión Europea L 206, de 22 de julio de 1992 pp 7-50.
- Valdemoro García, H. (2005). La influencia de la morfodinámica en los usos y recursos costeros. Tesis Doctoral. Universitat Politecnica de Catalunya.
- Vales, J.J., Carpintero, I.R., Granado, L., Méndez, E., Montoya, G., Pino, I., Prieto, R., Giménez de Azcárate, F., Cáceres, F. y Moreira, J.M. (2010). Producción de ortofotos históricas para la generación de bases de datos temáticas. Cartografía de usos y coberturas del suelo. REDIAM. En: Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos. Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. pp.370-384.
- Van Rijn, L. (2010). Description of coastal state indicators in Concepts and Science for Coastal Erosion Management (Conscience) Project.

 Deliverable D9, 11 p.
- Van Vuuren, D., M. den Elzen, P. Lucas, B. Eickhout, B. Strengers, B. van Ruijven, S. Wonink, R. van Houdt, (2007). Stabilizing greenhouse gas concentrations at low levels: an assessment of reduction strategies and costs. *Climatic Change*, 81, 119–159.
- Vargas Yáñez, M., García Martínez, M.C., Moya Ruiz, F., Tel, E., Parrilla, G., Plaza, F., Lavín, A. y Garcia M.J. (2011). *Cambio Climático en el Mediterráneo Español.* Segunda edición actualizada. Instituto Español de Oceanografía.
- Varghesea, K.L., Ganeshb, S., Manic, M., Anilkumar, P.P., Murthy, R. y Subramaniam, B.R. (2008). Identifying critical variables for coastal profiling in ICZM planning - A systems approach. *Ocean & Coastal Management*, 51, 73-94.

- Vellinga, P. 1983. *Predictive computational model for beach and dune erosion during storm surges*. Proc. Coastal Structures'83, Specialty Conference, ASCE, pp. 806-819.
- Viciana Martínez-Lage, A. (1994). La regeneración de las playas como adecuación del marco turístico en el espacio almeriense Desarrollo regional y crisis del turismo en Andalucía. Actas del simposio hispanofrancés: Almería 25-29 de junio, 1991 (pp. 201-219).
- Viciana Martínez-Lage, A. (1998). La erosión antrópica en las acumulaciones sedimentarias del litoral almeriense. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Vidal, C., Losada, M.A., Medina, R. y Losada, L. (1995). Modelos morfodinámicos de las playas. *Ingeniería del Agua*, 2, 55-74.
- Viles, H. and Spencer, T. (1995). Coastal problems: geomorphology, ecology and society at the coast. London: Edward Arnold
- Walling, D.E. (2006). Human impact on land ocean sediment by the world's rivers. *Geomorphology*, 79 (3-4): 192-216.
- Wamsley, T., Kraus, N.C. y Hanson, H. (2003). Shoreline response to breakwaters with time-dependent wave-transmission. In: *Proceedings of the International Conference on Coastal Sediments* 2003 (St. Petersburg, Florida, ASCE), pp. 593–605.
- Woodroffe, C.D. (2002). Coasts: Form, Process and Evolution. Cambridge University Press, Cambridge, 623 pp.
- Wright, L.D., y Thom, B.G. 1977. Coastal depositional landforms, a morphodynamic approach. *Progress in Physical Geography*, 1, 412-459.
- Wright, L.D., J., B.G Thom, B.G., Bradshaw, M.P. y Cowell, P. (1979). Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia. *Marine Geology*, 32(1-2): 105-140.

- Wright, L.D. and Short, A.D., (1984). Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: a Synthesis. *Marine Geology*, 56, 93-118.
- Wright, L.D., Short, A.D. y Green, M.O. (1985). Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: An empirical predictive model. *Marine Geology*, 62, 339-364.
- Wright, L.D., (1995). *Morphodynamics of Inner Continental Shelves*, 1st. edition, CRC Press, Inc., Boca Raton, 241 pp.
- Zazo, Z., Mercier, N., Silva, P.G., Dabrio, C.J., Goy, J.L., Roquero, E., Soler, V., Borja, F., Lario, J., Polo, D., Luque, L. (2005). Landscape evolution and geodynamic controls in the Gulf of Cadiz (Huelva coast, SW Spain) during the Late Quaternary. *Geomorphology*, 68: 269–290
- Zenkovitch, V. P. 1967. *Processes of Coastal Development, Oliver and Boyd*, Edinburgh, 738 pp.

Referencias web

ClimateData.org (2016). http://www.en.climate-data.org

Encyclopædia Británica (2008). http://www.global.britannica.com/science/wave-water

Guía de Playas. Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, Magrama (2015). http://www.magrama.gob.es/es/costas/servicios/guia-playas/

Jet Propulsión Laboratory (2015). http://www.jpl.nasa.gov/

National Geophysical Data Center / World Data Service (NGDC/WDS): Significant Earthquake Database. National Geophysical Data Center, NOAA. (2015). https://www.ngdc.noaa.gov

TOPEX/Posidon: Revealing Hidden Tidal Energy U.S. National Aeronautics and Space Administration (2007). http://svs.gsfc.nasa.gov/stories/topex/tides.html

Índice de tablas y figuras

Tablas

			Página
3	1	Climas de los municipios litorales de la Región de Murcia.	71
4	1	Puertos mediterráneos de la Región de Murcia.	127
4	2	Actuaciones llevadas a cabo en las playas del área de estudio.	133
5	1	Variación de superficie de las playas del norte de la Región de Murcia.	167
5	2	Tasas de cambio de las playas del norte de la Región de Murcia.	167
5	3	Variación de superficie de las playas de La Manga del Mar Menor.	171
5	4	Tasas de cambio de las playas del litoral de La Manga del Mar Menor	171
5	5	Variación de superficie de las playas del sector Cabo de Palos-Cartagena.	181
5	6	Tasas de cambio del sector Cabo de Palos-Cartagena.	181
5	7	Variación de superficie de las playas del Sistema Litoral Cartagena-Cabo Tiñoso.	189
5	8	Tasas de cambio de las playas del Sistema Litoral Cartagena-Cabo Tiñoso.	189
5	9	Variación de superficie de las playas del Sistema Litoral de la Ensenada de Mazarrón.	194
5	10	Tasas de cambio de las playas del Sistema Litoral de la Ensenada de Mazarrón.	194
5	11	Características geométricas de los diques exentos de Mazarrón.	199
5	12	Variación de superficie de las playas urbanas de Mazarrón.	203
5	13	Tasas de cambio de las playas urbanas de Mazarrón.	203
5	14	Variación de superficie de las calas de Bolnuevo.	207
5	15	Tasas de cambio de las calas de Bolnuevo.	207
5	16	Variación de superficie de las playas del Sistema Litoral de Sistema litoral de las ramblas de Villalba Pastrana y Ramonete.	210
5	17	Tasas de cambio de las playas del Sistema Litoral de Sistema litoral de las ramblas de Villalba Pastrana y Ramonete.	210
5	18	Tasas de cambio de las playas del Sistema Litoral de la Marina de Cope.	214
5	19	Variación de superficie del Sistema Litoral de la Marina de Cope.	215
5	20	Variación de superficie de las playas situadas al este del núcleo de Águilas.	222

			Página
5	21	Tasas de cambio de las playas situadas al este del núcleo de Águilas.	222
5	22	Características geométricas del dique exento de Águilas.	224
5	23	Variación de superficie de las playas del norte de la Región de Murcia.	228
5	24	Tasas de cambio de las playas del Sistema Litoral de Águilas.	228
5	25	Matriz de cambios de usos del suelo de las cuencas del litoral meridional de la Región de Murcia.	238
5	26	Modelo MCO para el periodo 1956-1981 (usos)	246
5	27	Modelo MCO para el periodo 1981-2013 (usos).	247
5	28	Modelo MCO para el periodo 1956-1981 (suelos).	248
5	29	Modelo MCO para el periodo 1981-2013 (suelos).	249
5	30	Aproximación del máximo aporte sedimentario realizado por las praderas de Posidonia.	250
5	31	Serie temporal del nivel medio del mar en el área próxima al litoral sur de la Región de Murcia 1992-2015.	253

Figuras

			Página
2	1	Caracterización espacio-temporal de las escalas de cambio en la geomorfología costera. A partir de Cowell y Thorn (1994).	28
2	2	Zonificación del litoral. Coastal Engineering Research Center (1994).	31
2	3	Rotura de tipo <i>spillling</i> , sobre playas de escasa pendiente. La espuma (<i>foam</i>) desciende por el frente de ola (Komar, 1998).	36
2	4	Rotura de tipo <i>plunging</i> en playa con pendiente pronunciada (Komar, 1998).	37
2	5	Rotura de tipo surging en playa de pendiente muy pronunciada (Komar, 1998)	37
2	6	Dunas en la Península de Hel (Polonia)	40
2	7	Evolución del <i>continuum</i> dunar. (Araya Vergara, 1987)	41
2	8	Perfil de invierno de la Playa de Cabezo de la Pelea.	42
2	9	Tipos de, olas y niveles de energía. Fuente: Encyclopædia Británica.	45
2	10	Altura de ola máxima durante el BIG-95 (Iglesias et al., 2012).	47
2	11	Distribución de las carreras de marea lunares. Fuente: NASA TOPEX/Posidon.	48
2	12	Ejemplo de metodología para la planificación de la GIZC a partir de Ramesh y Vel (2011).	62
3	1	Área litoral de la Región de Murcia.	67
3	2	Tipología de la costa de la Región de Murcia.	66
3	3	Fondos marinos del litoral de la Región de Murcia.	69
3	4	Climograma y tabla climática de San Pedro del Pinatar. Fuente: climate-data.org	72
3	5	Climograma y tabla climática de San Javier. Fuente: climate-data.org	73
3	6	Climograma y tabla climática de La Unión. Fuente: climate-data.org	74
3	7	Climograma y tabla climática de Cartagena. Fuente: climate-data.org	75
3	8	Climograma y tabla climática de Mazarrón. Fuente: climate-data.org	76
3	9	Climograma y tabla climática de Águilas. Fuente: climate-data.org	77
3	10	Niveles de referencia para la zona VIIa y Vb.	78
3	11	Boyas de distribución del oleaje. Fuente: Puertos del Estado.	80
3	12	Génesis del Mar Menor. (Serrá Raventos, 2006)	82
3	13	Ratimetría y corrientes del Mar Menor	81

			Página
3	14	Isla de las Palomas, al oeste de la Bahía de Cartagena.	86
3	15	Ramblas del sector occidental de la Bahía de Cartagena	87
3	16	Evolución paleográfica hipotética del Puerto de Mazarrón desde hace 8.000 años (arriba) hasta la actualidad, transgresión flandriense. A partir de Dabrio (1981).	88
3	17	Cuenca y principales cauces de la rambla de las Moreras.	89
3	18	Gredas de Bolnuevo. Fotografía: cortesía del Ayuntamiento de Mazarrón.	90
3	19	Playa de Percheles.	91
3	20	Rambla del Charco en su desembocadura en la Playa de las Colonias.	93
3	21	Red Natura 2000 del litoral de la Región de Murcia.	98
3	22	Núcleos y municipios en el litoral de la Región de Murcia.	100
3	23	Área litoral del Mar Menor.	102
3	24	Área litoral de Cartagena y La Unión.	104
3	25	Superposición del viario urbano sobre fotografía aérea de 1956. En violeta la superficie ocupada por las salinas en esa fecha.	106
3	26	Área litoral de Mazarrón.	107
3	27	Área litoral de Águila.	109
3	28	Turismo en el litoral de la Región de Murcia según procedencia.	111
4	1	Datos del Modelo Digital de Elevaciones en la zona de las Ramblas de Villalba, Pastrana y Ramonete.	124
4	2	Batimetría de la Región de Murcia.	126
4	3	Respuesta de la línea de orilla ante diques exentos en el caso de un oleaje normal (a) y oblicuo (b) a la costa (Chasten et al., 1993).	128
4	4	Shapefile de Posidonia oceánica de la Región de Murcia.	130
4	5	Mapa Topográfico Nacional utilizado como apoyo a la fotointerpretación.	131
4	6	Serie de Nivel Medio del Mar Global tomada por los satélites TOPEX/Poseidon, JASON-1 y JASON-2. Fuente: University of Colorado.	136
4	7	Datos de nivel de mar de dos fechas, obtenidos por medio del Satélite Jason-2. Fuente: Jet Propulsión Laboratory (2015).	137
4	8	Serie temporal del nivel medio del mar global en el periodo 1992-2009. Modificado a partir de Church y White (2011).	137
4	9	Serie temporal del nivel medio del mar en Águilas en el periodo 1992-2015 a partir de datos de JASON.	138
4	10	Serie temporal del nivel medio del mar en Mazarrón en el periodo 1992-2015 a partir de datos de JASON.	139
4	11	Serie temporal del nivel medio del mar en San Pedro del Pinatar en el periodo 1992-2015. A partir de datos de JASON.	139

			Página		
5	1	Sistemas litorales de la Región de Murcia	144		
5	2	Rosas de oleaje para profundidades indefinidas frente a La Manga del Mar Menor (1) Cabo de Palos-Cartagena (2) Mazarrón (3) y Águilas (4).	145		
5	3	Playa del Mojón, San Pedro del Pinatar.	147		
5	4	Transporte mensual de sedimentos en la playa de El Mojón.			
5	5	Transporte mensual de sedimentos en la playa de la Ensenada del Esparto.	148		
5	6	Transporte mensual de sedimentos en la playa de la Gaviota (La Manga).	149		
5	7	Transporte mensual de sedimentos en la playa de Calblanque.	150		
5	8	Transporte mensual de sedimentos en la playa de El Mojón (Mazarrón).	151		
5	9	Transporte mensual de sedimentos en la playa de Bolnuevo.	151		
5	10	Transporte mensual de sedimentos en la playa de Parazuelos.	152		
5	11	Transporte mensual de sedimentos en la playa de Rambla Elena.	153		
5	11	Transporte mensual de sedimentos en la playa de Casica Verde	154		
5	13	Probabilidad de los estados modales de la playa de la Barraca Quemada.	155		
5	14	Modelo de perfil de las playas disipativas del norte de la Región de Murcia.	156		
5	15	Playa de la Ensenada del Esparto.	156		
5	16	Probabilidad de los estados modales de la playa de la Ensenada del Esparto.	157		
5	17	Probabilidad de los estados modales de la playa de la playa de Las Gaviotas (La Manga).	158		
5	18	Probabilidad de los estados modales de la playa de la playa del Mojón (Mazarrón).	159		
5	19	Probabilidad de los estados modales de la playa de la playa de Bolnuevo.	160		
5	20	Probabilidad de los estados modales de la playa de la playa de Parazuelos.	161		
5	21	Probabilidad de los estados modales de la playa de la playa de Rambla Elena	161		
5	22	Cusps en la playa de Rambla Elena.	162		
5	23	Tramos de erosión del litoral de la Región de Murcia.	163		
5	24	Sistema litoral norte.	165		
5	25	Gráficos de caja de los transectos del Sistema Litoral Norte.	166		
5	26	Transectos de la Playa del Mojón para los años 1956, 1981 y 2013.	167		

			Página
5	27	Situación del Puerto de San Pedro del Pinatar respecto a las playas de la Barraca Quemada y de la Llana.	168
5	28	Transectos de la Playa de la Torre Derribada para los años 1956, 1981 y 2013.	169
5	29	Transectos de las playas de la Playuela, Barraca Quemada y Punta de Algas para los años 1956, 1981 y 2013	170
5	30	Sistema dunar de la playa de "Barraca Quemada", una de las playas de "La Llana".	170
5	31	Sistema litoral de La Manga del Mar Menor.	172
5	32	Gráficos de caja de los transectos del Sistema de La Manga del Mar Menor.	173
5	33	Situación del Puerto Mayor respecto a la playa del Estacio.	174
5	34	Transectos de las playas de Pudrimel y Ensenada del Esparto para los años 1956, 1981 y 2013	175
5	35	Transectos de las playas del Estacio, El Pedrucho, Tiro del Pichón, Bellavista. Snipe, Hacienda dos Mares y Calnegre para los años 1956, 1981 y 2013	176
5	36	Transectos de la playa Galúa para los años 1956, 1981 y 2013.	176
5	37	Transectos de las playas de Marchamalo, Barco Perdido, Amoladeras y Levante para los años 1956, 1981 y 2013.	177
5	38	Cabo de Palos desde los acantilados situados al oeste de Cala Reona.	178
5	39	Sistema litoral de Cabo de Palos-Cartagena.	179
5	40	Gráficos de caja de los transectos del Sistema Litoral Cabo de Palos- Cartagena.	180
5	41	Playa del Gorguel y rambla del Arenque	183
5	42	Transectos de la Playa de El Gorgel para los años 1956, 1981 y 2013.	183
5	43	Colmatación de la Bahía de Portmán.	184
5	44	Transectos de la Playa de Calblanque para los años 1956, 1981 y 2013.	185
5	45	Línea de costa de la playa de Calblanque	185
5	46	Transectos de Playa Larga, años 1956, 1981 y 2013.	186
5	47	Cala Cerrada.	187
5	48	Gráficos de caja de la variación de los transectos del Sistema Cartagena-Cabo Tiñoso.	188
5	49	Transectos de playa de "Fatares" (1) para los años 1956, 1981 y 2013.	189
5	50	Ensenada de Mazarrón desde La Azohía.	191
5	51	Sistema litoral de la Ensenada de Mazarrón.	192
5	52	Gráfico de cajas de la variación de los transectos del Sistema Litoral de la Ensenada de Mazarrón	193

			Página
5	53	Líneas de costa de la playa de La Azohía.	193
5	54	Transectos de Playa de La Azohía y La Chapineta para los años 1956, 1981 y 2013.	193
5	55	Transectos de las playas de Isla Plana, La Calera, San Ginés y La Chapineta para los años 1956, 1981 y 2013.	195
5	56	Transectos de la Playa del Corral para los años 1956, 1981 y 2013.	196
5	57	Transectos de la Playa del Mojón (Mazarrón) para los años 1956, 1981 y 2013.	196
5	58	Transectos de las playas del Gachero y del Alamillo para los años 1956, 1981 y 2013.	197
5	59	Profundidades activas y diques exentos de las playas de El Puerto y del Rihuete.	198
5	60	Transectos de las playas del Rihuete y del Puerto para los años 1956, 1981 y 2013.	199
5	61	Líneas de costa de la playa de La Isla.	200
5	62	Transectos de las Playa de Bahía para los años 1956, 1981 y 2013.	201
5	63	Desembocadura de la Rambla de las Moreras en la Playa de Bolnuevo	202
5	64	Transectos de las Playa de El Castellar y Bolnuevo para los años 1956, 1981 y 2013.	203
5	65	Acantilados formados por la erosión de fondos marinos cuaternarios.	204
5	66	Sistema litoral de las ramblas de Villalba, Pastrana y Ramonete.	205
5	67	Gráficos de caja de la variación de los transectos del Sistema Litoral Villalba, Pastrana y Ramonete.	206
5	68	Transectos de la Playa de Cobaticas para los años 1956, 1981 y 2013.	208
5	69	Transectos de las playas de Percheles y las Minas para los años 1956, 1981 y 2013.	208
5	70	Vista aérea de la playa de Percheles	209
5	71	Transectos de las playas de Calnegre y Parazuelos para los años 1956, 1981 y 2013.	210
5	72	Playas fósiles en la Marina de Cope.	211
5	73	Gráficos de caja de la variación de los transectos del Sistema Litoral Marina de Cope.	212
5	74	Sistema Litoral de la Marina de Cope.	213
5	75	Transectos de la Playa de los Hierros para los años 1956, 1981 y 2013.	216
5	76	Transectos de la Playa de la Galera para los años 1956, 1981 y 2013.	216
5	77	Transectos de la Playa del Rafal para los años 1956, 1981 y 2013.	217
5	78	Desembocadura de rambla Elena en la playa del mismo nombre.	218

			Página			
5	79	Sistema Litoral de Águilas.	219			
5	80	Gráficos de caja de los transectos del Sistema Litoral de Águilas.	219			
5	81	Transectos de la Playa de Calabardina para los años 1956, 1981 y 2013.				
5	82	Transectos de la Playa de la Cola para los años 1956, 1981 y 2013.				
5	83	Situación de la playa de "El Hornillo" en la Bahía homónima.	223			
5	84	Transectos de las Playa del Hornillo para los años 1956, 1981 y 2013.	224			
5	85	Transectos de las Playa de de la Colonia para los años 1956, 1981 y 2013.	225			
5	86	Evolución del Hemitómbolo de la Playa de la Colonia (Águilas).	225			
5	87	Transectos de las playas de Cañada del Negro y Matalentisco (M) para los años 1956,	226			
5	88	1981 y 2013 Transectos de la Playa de Calarreona para los años 1956, 1981 y 2013.				
5	89	Ejemplo de blowouts en la playa de la "Barraca Quemada".				
5	90	Ejemplo de senderos en las playas de "La Llana".				
5	91	Aspecto de La Manga del Mar Menor en 1957 y en la actualidad.	231			
5	92	Evolución de las áreas urbanas y de la línea de costa de La Manga del Mar Menor.	232			
5	93	Evolución de los usos del suelo de las cuencas litorales de la Sierra de Cartagena-La Unión.	234			
5	94	Usos del suelo de las cuencas meridionales de la Región de Murcia en1956.	240			
5	95	Usos del suelo de las cuencas meridionales de la Región de Murcia en1981.	241			
5	96	Usos del suelo de las cuencas meridionales de la Región de Murcia en 2013.	242			
5	97	Superficie ocupada por invernaderos en la cuenca de la Rambla de Villalba.	244			
5	98	Praderas de Posidonia oceánica en el litoral de la Región de Murcia	251			
5	99	Serie temporal del nivel medio del mar en la Región de Murcia en el periodo 1992-2015. A partir de datos de JASON.	252			
5	100	Expectativa del retroceso de la línea de costa para el escenario RCP8.5 en las playas de El Pedrucho y Ensenada del Esparto.	254			

ANEXOS

ANEXO I: Sedimentos y Estados Morfodinámicos

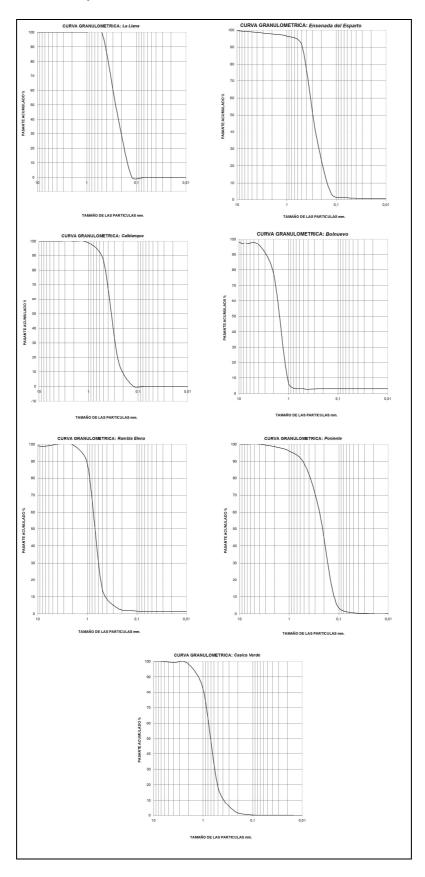


Figura 1 Curvas de granulometría de las playas de La Llana, Ensenada del Esparto, Calblanque, Bolnuevo, Rambla Elena, Poniente y Casica Verde.

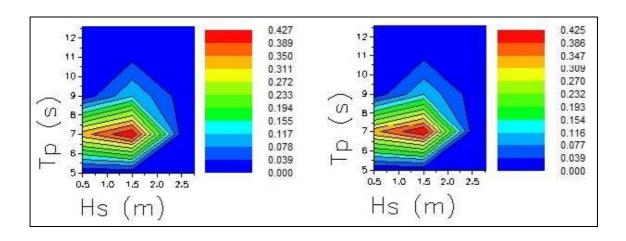


Figura 2 Espectros bi-variables Hs y Tp de San Pedro del Pinatar y La Manga del Mar Menor.

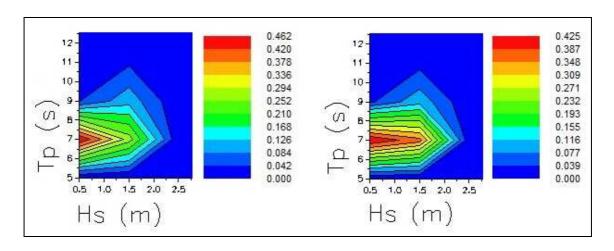


Figura 3 Espectros bi-variables Hs y Tp de Mazarrón y Águilas

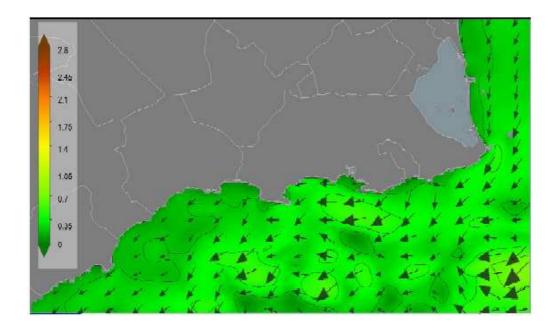


Figura 4 Dirección de la deriva litoral a partir de datos de SIOM (Servicio de Información oceanográfica de la Región de Murcia).

Tabla 1 Estados Morfodinámicos de las playas de la Región de Murcia II

Nombre	EM
Ballenato	Reflectante
Barreño	Disipativo
Bolnuevo	Reflectante
Cabezo de la Pelea	Reflectante
Cala Aguilar	Reflectante
Cala Blanca	Barra y Playa rítmica
Cala Cerrada	Reflectante
Cala de la Gruta-Punta del Barco Perdido	Barra y Playa rítmica
Cala de los Dentones	Disipativo
Cala del Barco	Reflectante-Terraza Bajamar
Cala del Ciscar	Barra Transversal y Rip - Barra y Playa rítmica
Cala del Contrabando Reflectante	Reflectante
Cala del Contrabando Terraza Bajamar	Reflectante
Cala del Gatillo	Reflectante
Cala Desnuda	Reflectante
Cala El Bolete	Reflectante
Cala El Bolete Grande	Reflectante
Cala El Bolete Terraza Bajamar	Reflectante
Cala Honda	Barra y Playa rítmica
Cala Junquera	Barra y Playa rítmica
Cala Leña	Barra y Playa rítmica
Cala Reona	Disipativo
Calabardina	Barra Transversal y Rip
Calabardina	Barra Transversal y Rip - Barra y Playa rítmica
Calarreona	Barra y Playa rítmica
Calblanque	Disipativo
Calnegre	Disipativo
El Cabezo del Moj¾n	Terraza Bajamar
El Castellar	Reflectante
El Charco	Barra Transversal y Rip - Barra y Playa rítmica
El Corral	Reflectante
El Mojón (Mazarrón)	Terraza Bajamar-Barra Transversal y Rip
El Mojón (San Pedro del Pinatar)	Disipativo
El Saladar	Barra Transversal y Rip - Barra y Playa rítmica
Fatares	Reflectante
Gachero-El Alamillo	Reflectante-Terraza Bajamar
Isla Plana-La Calera-San Ginés-La Chapineta	Disipativo
La Carolina-Los Ingleses	Barra Transversal y Rip
La Galera	Reflectante
La Higuerica	Barra Longitudinal y Seno - Disipativo

Tabla 2 Estados Morfodinámicos de las playas de la Región de Murcia II

Nombre	EM
La Muela-Cabo Tiñoso	Reflectante
La Pava	Reflectante
Las Chapas	Reflectante
Las Cobaticas	Reflectante
Las Gaviotas	Barra Transversal y Rip - Disipativo
Los Abejorros	Barra Transversal y Rip - Barra y Playa rítmica
Los Pulgas	Barra Transversal y Rip - Barra y Playa rítmica
Nares	Reflectante
Playa Banco del Tabal y Playa de Calnegre.	Disipativo
Playa Cala Leño	Reflectante
Playa de Cueva de Lobos	Reflectante
Playa de El Gorguel	Terraza Bajamar
Playa de Grúa	Reflectante
Playa de la Cola	Reflectante
Playa de la Ensenada de la Fuente	Barra Transversal y Rip - Barra y Playa rítmica
Playa de la Rambla Elena	Barra Transversal y Rip - Barra y Playa rítmica
Playa de Matalentisco	Disipativo
Playa de Percheles	Reflectante
Playa de Piedra Mala	Reflectante
Playa del Arroz	Disipativo
Playa del Barranco Ancho	Reflectante
Playa del Charco	Barra Transversal y Rip - Barra y Playa rítmica
Playa del Cigarro - Punta del Fraile	Barra Longitudinal y Seno - Disipativo
Playa del Hornillo	Barra y Playa rítmica
Playa del Palomarico	Reflectante
Playa del Pino	Disipativo
Playa del Rafal	Barra Transversal y Rip - Barra y Playa rítmica
Playa del Rincón	Reflectante
Playa El Estacio a Playa El Pedrucho,	Disipativo
Playa Hondo del Fondo	Reflectante
Playa Junquera	Barra y Playa rítmica
Playa Larga	Barra y Playa rítmica/ Disipativo
Playa Las Minas	Reflectante
Playa Morena	Reflectante
Playa Negra	Terraza Bajamar-Barra Transversal y Rip
Playas de la Llana	Disipativo
Pocico del Animal	Barra Transversal y Rip - Barra y Playa rítmica
Pozo de Huertas	Barra Transversal y Rip - Barra y Playa rítmica
Punta Benzal	Reflectante
Puntas de Calnegre-Parazuelos	Reflectante
Siscal	Barra y Playa rítmica
Todosol	Reflectante
Torre Derribada	Disipativo

Tabla 3 D_{50} del sedimento de las playas del muestreo y datos aportados por Ecocartografía.

Playa	D ₅₀ Ecocartografía (mm)	D ₅₀ Muestreo (mm)	
La Llana	0,3	0,3	
Ensenada del Esparto	0,3	0,3	
Calblanque	0,2	0,5	
Bolnuevo	0,9	1	
Rambla Elena	n.d.	0,7	
Colonia	0,9	0,8	
Poniente	0,3	0,2	

Tabla 4 Profundidades litorales I

Nombre	Hallermeier	Birkermeier
Calblanque	6,06	4,63
Bolnuevo	5,62	4,29
Cabezo de la Pelea-Las Covaticas-Las Chapas-Ballenato	6,28	4,79
Cala Aguilar	5,31	4,07
Cala Blanca	6,28	4,79
Cala Cerrada	6,28	4,79
Cala Ciscar	6,33	4,84
Cala de Canalicas	4,93	3,76
Cala de la Gruta 2	5,26	4,02
Cala de la Gruta-Punta del Barco Perdido	5,85	4,47
Cala de los Dentones	6,28	4,79
Cala del Ciscar 2	6,28	4,79
Cala del Contrabando 1	6,06	4,63
Cala del Contrabando 2	6,06	4,63
Cala del Gatillo	6,07	4,64
Cala El Bolete	6,28	4,79
Cala El Bolete 2	6,28	4,79
Cala El Bolete Grande	6,28	4,79
Cala Honda	5,85	4,47
Cala Junquera	5,95	4,55
Cala Leña	6,28	4,80
Cala Magre	6,28	4,79
Cala Morena	6,06	4,63
Cala Reona	6,27	4,79
Calabardina	4,69	3,60
Calabardina	3,49	2,67
Calabardina 2	6,28	4,80
Calarreona	6,33	4,84
Calblanque	5,41	4,13
El Cabezo del Moj¾n	5,10	3,91
El Castellar	5,62	4,29
El Charco	5,89	4,51
El Corral	6,06	4,63
El Descargador	6,27	4,79
El Mojón	5,62	4,29
El Saladar	5,41	4,13
Fatares 1	5,87	4,48
Fatares 2	6,06	4,63
Gachero-El Alamillo	6,06	4,63
Gachero-El Alamillo	6,28	4,79
Isla Plana-La Calera-San Ginés-La Chapineta	5,93	4,54
Isla Plana-La Calera-San Ginés-La Chapineta 2	6,31	4,82
La Azohía-Chapineta	5,02	3,84
La Carolina-Los Ingleses	6,29	4,81

Tabla 5 Profundidades litorales II.

	Hallermeier	Birkermeier
La Galera	6,28	4,79
La Higuerica	6,06	4,63
La Muela-Cabo Tiñoso	6,07	4,64
La Pava	5,87	4,48
Los Abejorros	5,86	4,47
Los Pulgas	5,32	4,07
Nares	5,86	4,47
Playa Amarilla	5,88	4,50
Playa de Cueva de Lobos	6,28	4,79
Playa de El Gorguel	6,06	4,63
Playa de la Cola	5,24	4,01
Playa de la Ensenada de la Fuente	5,24	4,01
Playa de la Ensenada de la Fuente 2	5,21	3,98
Playa de La Puñeta	5,41	4,13
Playa de la Rambla Elena	6,33	4,84
Playa de los Hierros	6,29	4,81
Playa de Matalentisco	6,33	4,84
Playa de Percheles	6,28	4,79
Playa de Piedra Mala	5,41	4,13
Playa del Arroz	5,62	4,29
Playa del Barranco Ancho	5,41	4,13
Playa del Charco	4,56	3,48
Playa del Cigarro - Punta del Fraile	6,06	4,63
Playa del Hornillo	6,06	4,63
Playa del Palomarico	5,41	4,13
Playa del Pino	5,04	3,85
Playa del Portús	6,06	4,63
Playa del Rafal	5,06	3,87
Playa del Rincón	5,41	4,13
Playa del Rincón 2	6,28	4,79
Playa Hondo del Fondo	5,41	4,13
Playa Junquera	6,33	4,84
Playa Larga	5,62	4,29
Playa Las Minas	6,28	4,79
Playa Negra	6,27	4,79
Pocico del Animal	5,06	3,87
Pocico del Animal	6,31	4,83
Pozo de Huertas	5,41	4,13
Pozo del Animal	5,89	4,51
Punta Benzal 1	6,05	4,62
Punta Benzal 2	6,05	4,62
Puntas de Calnegre-Parazuelos	5,62	4,29
Siscal	5,85	4,47
Todosol	5,62	4,29

ANEXO II: Modelos estadísticos

Modelo 1: MCO Variable dependiente: areaplaya1

const	Coeficiente –2707.03	<i>Desv. Típic</i> 1132.71	a Estadístico t –2.3899	<i>Valor p</i> 0.0187	**
ta1	0.000337682	0.00020282	2 1.6649	0.0991	*
Media de la vble. de	ep. –3074	4.579 D.	Γ. de la vble. dep.	112	263.78
Suma de cuad. resid	luos 1.23	e+10 D.	Γ. de la regresión	11	165.29
R-cuadrado	0.02	7237 R-6	cuadrado corregido	0.0	17412
F(1, 99)	2.77	2008 Va	lor p (de F)	0.0	99088
Log-verosimilitud	-1083	3.680 Cri	iterio de Akaike	21	71.360
Criterio de Schwarz	\sim 2176	5.590 Cri	it. de Hannan-Quir	nn 21'	73.477

Modelo 2: MCO Variable dependiente: areaplaya2

Variable dependiente: areaplaya2						
const	Coeficiente -585.093 -0.00010276	521.897	Estadístico t -1.1211 -1.1552	Valor p 0.2650 0.2508		
Media de la vble. dep		8208 D.T	C. de la vble. dep.	5073.145		
Suma de cuad. residu	10s 2.54	e+09 D.T	C. de la regresión	5064.680		
R-cuadrado	0.01	3301 R-c	uadrado corregido	0.003334		
F(1, 99)	1.33	4548 Val	or p (de F)	0.250778		
Log-verosimilitud	-1003	3.837 Cri	terio de Akaike	2011.675		
Criterio de Schwarz	2016	5.905 Cri	t. de Hannan-Quini	n 2013.792		

Modelo 3: MCO Variable dependiente: areaplaya1

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	-2996.76	1181.95	-2.5354	0.0128 **
iv1	-0.00176614	0.00814406	-0.2169	0.8288
Media de la vble. de	ep3074	4.579 D.T.	de la vble. dep.	11263.78
Suma de cuad. resid	duos 1.27	e+10 D.T.	de la regresión	11317.84
R-cuadrado	0.00	00475 R-cu	adrado corregido	-0.009621
F(1, 99)	0.04	7029 Valo	or p (de F)	0.828762
Log-verosimilitud	-1083	5.050 Crite	erio de Akaike	2174.101
Criterio de Schwarz	z 2179	9.331 Crit.	de Hannan-Quinr	2176.218

Modelo 4: MCO Variable dependiente: areaplaya1

const iv1	Coeficiente -2996.76 -0.00176614	1181.95		Valor p 0.0128 0.8288	**
Media de la vble. de	ър. –307-	4.579 D	T. de la vble. de	o. 112	263.78
Suma de cuad. resid	uos 1.27	'e+10 D	T. de la regresión	n 113	317.84
R-cuadrado	0.00	00475 R	-cuadrado corregi	ido -0.0	09621
F(1, 99)	0.04	17029 V	alor p (de F)	0.8	28762
Log-verosimilitud	-108	5.050 C	riterio de Akaike	217	74.101
Criterio de Schwarz	217	9.331 C	rit. de Hannan-Ou	uinn 217	76.218

Modelo 5: MCO Variable dependiente: areaplaya1

const	Coeficiente -3267.46	Desv. Típico 1157.92	i Estadístico t –2.8218	<i>Valor p</i> 0.0058 ***
fs1	-0.00108467	0.00157066	-0.6906	0.4914
Media de la vble. de	ep. –3074	4.579 D.7	T. de la vble. dep.	11263.78
Suma de cuad. resid	duos 1.26	6e+10 D.7	T. de la regresión	11293.36
R-cuadrado	0.00	14794 R-c	uadrado corregido	-0.005258
F(1, 99)	0.47	6902 Val	or p (de F)	0.491445
Log-verosimilitud	-1084	4.832 Cri	terio de Akaike	2173.663
Criterio de Schwarz	z 2178	8.894 Cri	t. de Hannan-Quin	n 2175.781

Modelo 13: MCO Variable dependiente: areaplaya2

		1		1 3		
	Coeficiente	Desv. 7	Гіріса	Estadístico t	Valor p	
const	-539.288	507.	759	-1.0621	0.2908	
fs2	0.000983271	0.00049	93706	1.9916	0.0492	**
Media de la vble. de	ep. –741	.8208	D.T.	de la vble. dep.	507	73.145
Suma de cuad. resid	duos 2.47	7e+09	D.T.	de la regresión	499	99.531
R-cuadrado	0.03	38522	R-cu	adrado corregido	0.0	28811
F(1, 99)	3.90	56524	Valo	r p (de F)	0.0	49168
Log-verosimilitud	-100	2.530	Crite	rio de Akaike	200	09.060
Criterio de Schwarz	z 201	4.290	Crit.	de Hannan-Ouini	n 201	11.177

Modelo 3: MCO Variable dependiente: areaplaya1

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
const	-2751.01	1123.08	-2.4495	0.0161	**
fr1	-0.00188615	0.00105045	-1.7956	0.0756	*
Media de la vble. de	ep3074	4.579 D.T	de la vble. dep.	112	63.78
Suma de cuad. resid	duos 1.23	e+10 D.T	. de la regresión	111	40.58
R-cuadrado	0.03	1539 R-c	uadrado corregido	0.0°	21756
F(1, 99)	3.22	4034 Val	or p (de F)	0.0°	75615
Log-verosimilitud	-1083	3.456 Crit	erio de Akaike	217	0.912
Criterio de Schwarz	2170	6.142 Crit	. de Hannan-Quin	n 217	3.029

Modelo 14: MCO Variable dependiente: areaplaya2

	Coeficiente	e Desv. Tí	pica Estadístico	t Valor p
const	-635.393	532.8	-1.1924	0.2360
fr2	-0.0009077	4 0.00141	765 -0.6403	0.5234
	1			
Media de la vble. d	dep. –74	1.8208	D.T. de la vble. d	ep. 5073.145
Suma de cuad. resi	iduos 2.5	66e+09	D.T. de la regresi	ón 5088.177
R-cuadrado	0.0	004124	R-cuadrado corre	gido -0.005935
F(1, 99)	0.4	110003	Valor p (de F)	0.523447
Log-verosimilitud	-10	04.305	Criterio de Akaik	e 2012.610
Criterio de Schwar	rz 20	17.840	Crit. de Hannan-O	Quinn 2014.727

Modelo 11: MCO Variable dependiente: areaplaya1

	Coeficiente	Desv. Típi	ca Estadístico t	Valor p
const	-2051.85	1101.68	-1.8625	0.0655 *
balsas1	-0.0940433	0.026817	-3.5068	0.0007 ***
Media de la vble. de	ep307	4.579 D	T. de la vble. dep.	11263.78
Suma de cuad. resid	luos 1.13	Be+10 D	T. de la regresión	10676.80
R-cuadrado	0.11	0494 R	-cuadrado corregid	o 0.101509
F(1, 99)	12.2	29773 V	alor p (de F)	0.000683
Log-verosimilitud	-107	9.161 C	riterio de Akaike	2162.323
Criterio de Schwarz	216	7.553 C	rit. de Hannan-Qui	nn 2164.440

Modelo 11: MCO Variable dependiente: areaplaya2

	Coeficiente	Desv. Típ	ica Estadístico	t Valor p	
const	-391.461	511.262	-0.7657	0.4457	
balsas2	-0.0139416	0.005547	-2.5133	0.0136	**
Media de la vble. de	ep. –741	.8208 I	D.T. de la vble. d	ep. 50	073.145
Suma de cuad. resid	uos 2.42	2e+09 I	D.T. de la regresi	ón 49	943.433
R-cuadrado	0.03	59978 F	R-cuadrado corre	gido 0.	050483
F(1, 99)	6.3	16712 V	/alor p (de F)	0.	013574
Log-verosimilitud	-100	1.390	Criterio de Akaik	e 20	006.780
Criterio de Schwarz	201	2.010	Crit. de Hannan-C	Duinn 20	008.898

Modelo 17: MCO Variable dependiente: areaplaya1

	Coeficiente	Desv. Típic	a Estadístico t	Valor p	
const	-2723.56	1129.36	-2.4116	0.0177	**
fo1	-0.00228749	0.00134527	7 -1.7004	0.0922	*
Media de la vble. de	ep307	4.579 D.	Γ. de la vble. dep.	112	263.78
Suma de cuad. resid	duos 1.23	Se+10 D.	Γ. de la regresión	111	158.75
R-cuadrado	0.02	28377 R-0	cuadrado corregido	0.0	18562
F(1, 99)	2.89	01322 Va	lor p (de F)	0.0	92197
Log-verosimilitud	-1083	3.621 Cri	iterio de Akaike	217	71.241
Criterio de Schwarz	z 2170	6.472 Cri	it. de Hannan-Quin	n 217	73.359

Modelo 17: MCO Variable dependiente: areaplaya2

variable dependiente, areapiayaz						
Coeficiente	Desv. Típic	a Estadístico t	Valor p			
-318.027	539.581	-0.5894	0.5569			
-0.0179044	0.0088575	5 -2.0214	0.0459 **			
ep. –741	.8208 D.	T. de la vble. dep.	5073.145			
uos 2.47	7e+09 D.	T. de la regresión	4996.634			
0.03	39636 R-	cuadrado corregido	0.029936			
4.08	35937 Va	lor p (de F)	0.045941			
-100	2.471 Cr	iterio de Akaike	2008.943			
201	4.173 Cr	it. de Hannan-Quir	nn 2011.060			
	Coeficiente -318.027 -0.0179044 ep741 uos 2.47 0.03 4.08 -100	Coeficiente Desv. Típic -318.027 539.581 -0.0179044 0.00885753 ep741.8208 D. uos 2.47e+09 D. 0.039636 R- 4.085937 Va -1002.471 Cr	-318.027 539.581 -0.5894 -0.0179044 0.00885755 -2.0214 ep741.8208 D.T. de la vble. dep. uos 2.47e+09 D.T. de la regresión 0.039636 R-cuadrado corregido 4.085937 Valor p (de F) -1002.471 Criterio de Akaike			

Modelo 4: MCO Variable dependiente: areaplaya1

	Coeficiente	Desv. 7	Гіріса	Estadístico t	Valor p	
const	-3549.52	1086	.01	-3.2684	0.0015	***
ref1	0.177791	0.057	208	3.1078	0.0025	***
Media de la vble. de	p. -307	4.579	D.T.	de la vble. dep.	112	263.78
Suma de cuad. resido	uos 1.16	5e+10	D.T.	de la regresión	108	305.69
R-cuadrado	0.08	38888	R-cu	adrado corregido	0.0	79685
F(1, 99)	9.65	58405	Valo	r p (de F)	0.0	02460
Log-verosimilitud	-108	0.373	Crite	rio de Akaike	216	54.747
Criterio de Schwarz	216	9.977	Crit.	de Hannan-Quin	n 216	66.864

Modelo 18: MCO Variable dependiente: areaplaya2

const ref2	Coefic 1.91 -0.071	33	414	.647	Estadístico t 0.0046 -7.7674	Valor p 0.9963 <0.0001	
Media de la vble. de	p.	-754.	6877	D.T.	de la vble. dep.	5	5097.046
Suma de cuad. resid	uos	1.59	e+09	D.T.	de la regresión	4	1030.436
R-cuadrado		0.38	1047	R-cu	adrado corregid	о ().374731
F(1, 98)		60.3	3184	Valo	r p (de F)	,	7.93e-12
Log-verosimilitud		−971 .	0467	Crite	rio de Akaike	1	946.093
Criterio de Schwarz		1951	.304	Crit.	de Hannan-Oui	nn 1	948.202

Modelo 16: MCO Variable dependiente: areaplaya1

const	Coeficiente –2557.93	Desv. Típica 1125.3	Estadístico t -2.2731	<i>Valor p</i> 0.0252 **
zu1	-0.0202063	0.00924431	-2.1858	0.0312 **
Media de la vble. de	ep3074	4.579 D.T	. de la vble. dep.	11263.78
Suma de cuad. resid	luos 1.21	e+10 D.T	. de la regresión	11056.87
R-cuadrado	0.04	-6038 R-ci	uadrado corregido	0.036402
F(1, 99)	4.77	7743 Val	or p (de F)	0.031187
Log-verosimilitud	-1082	2.694 Crit	erio de Akaike	2169.388
Criterio de Schwarz	2174	4.619 Crit	. de Hannan-Quin	n 2171.506

Modelo 16: MCO Variable dependiente: areaplaya2

const zu2	-674.268	Desv. Típico 518.407 4 0.00065626	-1.3007	Valor p 0.1964 0.5440
Media de la vble. de	ep. –741	.8208 D.7	Γ. de la vble. dep.	5073.145
Suma de cuad. resid	duos 2.50	6e+09 D.7	Γ. de la regresión	5089.184
R-cuadrado	0.00	03730 R-c	cuadrado corregido	-0.006333
F(1, 99)	0.3	70658 Val	lor p (de F)	0.544040
Log-verosimilitud	-100	04.325 Cri	terio de Akaike	2012.650
Criterio de Schwarz	201	7.880 Cri	t. de Hannan-Quin	n 2014.767

Modelo 6: MCO Variable dependiente: areaplaya1

const	Coeficiente –2107.74	Desv. Típica 1239.35	Estadístico t -1.7007	<i>Valor p</i> 0.0921 *
rambla1	0.00700094	0.00400045	1.7500	0.0921
TalliblaT	0.00700094	0.00400043	1.7300	0.0632
Media de la vble. de	ep3074	4.579 D.T	. de la vble. dep.	11263.78
Suma de cuad. resid	luos 1.23	8e+10 D.T	. de la regresión	11149.38
R-cuadrado	0.03	80007 R-ci	uadrado corregido	0.020209
F(1, 99)	3.06	52626 Val	or p (de F)	0.083210
Log-verosimilitud	-1083	3.536 Crit	erio de Akaike	2171.072
Criterio de Schwarz	2170	6.302 Crit	. de Hannan-Quini	n 2173.189

Modelo 10: MCO, usando las observaciones 1-101 Variable dependiente: areaplaya2

const rambla2	Coeficiente -152.486 0.0107018	Desv. 7 495.2 0.0027	282	Estadístico t -0.3079 3.9240	Valor p 0.7588 0.0002	***
Media de la vble. de	o. –741	.8208	D.T.	de la vble. dep.	507	73.145
Suma de cuad. residu	$\frac{1}{100}$ 2.23	8e+09	D.T.	de la regresión	474	13.164
R-cuadrado	0.13	34600	R-cu	adrado corregido	0.1	25858
F(1, 99)	15.3	39793	Valo	r p (de F)	0.0	00161
Log-verosimilitud	-997	.2132	Crite	rio de Akaike	199	98.426
Criterio de Schwarz	200	3.657	Crit.	de Hannan-Quin	n 200	00.544

Modelo de regresión múltiple 1956-1981

ta1: Tierra Arable fs: Frutal Secano iv: Invernaderos zu: Zona Urbana fo: Forestal

ref: Reforestación awr: Balsas de riego

D50: tamaño de grano en playa WBSLOPE: Pendiente de la cuenca

Modelo 1 Variable dependiente: areaplaya1

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	-3726	2755.07	-1.3524	0.1803
ta1	-0.00499076	0.00736319	-0.6778	0.5000
fs1	-0.00638515	0.0027086	-2.3574	0.0210 **
fr1	-0.0133362	0.0313281	-0.4257	0.6716
iv1	-0.020038	0.0182729	-1.0966	0.2763
zu1	-0.15277	0.11614	-1.3154	0.1924
fo1	0.0128124	0.00916096	1.3986	0.1661
ref1	0.292327	0.208677	1.4009	0.1654
awr1	0.141174	0.127711	1.1054	0.2725
rambla1	0.00280448	0.00610198	0.4596	0.6471
D50	30.0396	232.972	0.1289	0.8977
watershed	-0.000380935	0.000369846	-1.0300	0.3063
WBSLOPE	14765.8	15437.7	0.9565	0.3419
Media de la vble. d	lep346?	1.946 D.T.	de la vble. dep.	12025.23
Suma de cuad. resi	duos 7.97	e+09 D.T.	de la regresión	10308.62
R-cuadrado	0.36	6486 R-cu	adrado corregido	0.265124
F(12, 75)	3.61	5606 Valo	r p (de F)	0.000280
Log-verosimilitud	-931.	0180 Crite	rio de Akaike	1888.036
Criterio de Schwar	z 1920	0.241 Crit.	de Hannan-Quinr	n 1901.011

Modelo 2 Variable dependiente: areaplaya1

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
const	-3730.56	2736.96	-1.3630	0.1769	
ta1	-0.00488139	0.0072667	-0.6717	0.5038	
fs1	-0.00628442	0.00257667	-2.4390	0.0171	**
fr1	-0.0130423	0.0310422	-0.4201	0.6756	
iv1	-0.0201764	0.018123	-1.1133	0.2691	
zu1	-0.149687	0.112914	-1.3257	0.1889	
fo1	0.0126081	0.00896431	1.4065	0.1637	
ref1	0.292471	0.20732	1.4107	0.1624	
awr1	0.137817	0.124216	1.1095	0.2707	
rambla1	0.00244535	0.00539402	0.4533	0.6516	
watershed	-0.000375909	0.000365399	-1.0288	0.3069	
WBSLOPE	14891.5	15306.9	0.9729	0.3337	
Media de la vble. d	ep3461	1.946 D.T.	de la vble. dep.	120	25.23
Suma de cuad. resid	duos 7.97	e+09 D.T.	de la regresión	102	41.71
R-cuadrado	0.36	6346 R-cu	adrado corregido	0.2°	74632
F(11, 76)	3.99	4471 Valo	or p (de F)	0.00	00133
Log-verosimilitud	-931.	0278 Crite	erio de Akaike	188	6.056
Criterio de Schwarz	z 1915	5.784 Crit.	de Hannan-Quinn	ı 189	8.032
		Modelo 3			
	Variable	dependiente: a	reaplaya1		
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
const	-3415.71	2618.26	-1.3046	0.1959	
ta1	-0.00195128	0.00203054	-0.9610	0.3396	
fs1	-0.00570397	0.00216331	-2.6367	0.0101	**
iv1	-0.026117	0.0112757	-2.3162	0.0232	**
zu1	-0.15749	0.110778	-1.4217	0.1592	

-3415.71	2618.26	-1.3046	0.1959	
-0.00195128	0.00203054	-0.9610	0.3396	
-0.00570397	0.00216331	-2.6367	0.0101	**
-0.026117	0.0112757	-2.3162	0.0232	**
-0.15749	0.110778	-1.4217	0.1592	
0.0120182	0.00880622	1.3647	0.1763	
0.355735	0.141742	2.5097	0.0142	**
0.110603	0.105423	1.0491	0.2974	
0.00229995	0.00535405	0.4296	0.6687	
-0.000243036	0.00018205	-1.3350	0.1858	
13168.2	14668	0.8977	0.3721	
lep3461	1.946 D.T	Γ. de la vble. dep.	120)25.23
duos 7.99	e+09 D.7	Γ. de la regresión	101	186.80
0.36	4874 R-c	cuadrado corregid	o 0.2	82390
4.42	3574 Val	lor p (de F)	0.0	00064
-931.	1298 Cri	terio de Akaike	188	34.260
z 1911	1.510 Cri	t. de Hannan-Qui	nn 189	95.238
	-0.00195128 -0.00570397 -0.026117 -0.15749 0.0120182 0.355735 0.110603 0.00229995 -0.000243036 13168.2 duos 7.99 0.36 4.42 -931.	-0.00195128	-0.00195128 0.00203054 -0.9610 -0.00570397 0.00216331 -2.6367 -0.026117 0.0112757 -2.3162 -0.15749 0.110778 -1.4217 0.0120182 0.00880622 1.3647 0.355735 0.141742 2.5097 0.110603 0.105423 1.0491 0.00229995 0.00535405 0.4296 -0.000243036 0.00018205 -1.3350 13168.2 14668 0.8977 dep3461.946 D.T. de la vble. dep. duos 7.99e+09 D.T. de la regresión 0.364874 R-cuadrado corregid 4.423574 Valor p (de F) -931.1298 Criterio de Akaike	-0.00195128 0.00203054 -0.9610 0.3396 -0.00570397 0.00216331 -2.6367 0.0101 -0.026117 0.0112757 -2.3162 0.0232 -0.15749 0.110778 -1.4217 0.1592 0.0120182 0.00880622 1.3647 0.1763 0.355735 0.141742 2.5097 0.0142 0.110603 0.105423 1.0491 0.2974 0.00229995 0.00535405 0.4296 0.6687 -0.000243036 0.00018205 -1.3350 0.1858 13168.2 14668 0.8977 0.3721 dep3461.946 D.T. de la vble. dep. 0.364874 R-cuadrado corregido 0.364874 R-cuadrado corregido 0.364874 Valor p (de F) 0.0 -931.1298 Criterio de Akaike

Modelo 4 Variable dependiente: areaplaya1

	Coeficiente	Desv.	Гіріса	Estadístico t	Valor p	
const	-3802.78	2445	.45	-1.5550	0.1240	
ta1	-0.00181498	0.0019	9509	-0.9097	0.3658	
fs1	-0.00563829	0.0021	4659	-2.6266	0.0104	**
iv1	-0.0260789	0.0112	2163	-2.3251	0.0227	**
zu1	-0.148689	0.108	297	-1.3730	0.1737	
fo1	0.011916	0.0087	5686	1.3608	0.1775	
ref1	0.346889	0.139	504	2.4866	0.0150	**
awr1	0.0960353	0.0992	2969	0.9672	0.3365	
watershed	-0.000244865	0.00018	31046	-1.3525	0.1801	
WBSLOPE	14834.6	1407	1.6	1.0542	0.2950	
Media de la vble. d	en -346	1.946	DΤ	de la vble. dep.	120	025.23
Suma de cuad. resid	-	e+09		de la regresión		133.41
R-cuadrado		3352		adrado corregido		89892
F(9, 78)		6291		r p (de F)		00029
Log-verosimilitud		.2352		rio de Akaike		82.470
Criterio de Schwarz		7.244		de Hannan-Quin		92.451
circiio de Seirvai	1,0	,	CIII.	ao maman Quin	10,	, 21 10 1
		Mode	lo 5			
	Variable	dependie	ente: ar	eaplaya1		
		-		- •		
	Coeficiente	Desv.	Гіріса	Estadístico t	Valor p	
	1000 12	2422	10	1 (11)	0.1041	

	Coeficiente	Desv	Típica	Estadístico t	Valor p	
const	-4000.42		3.12	-1.6442	0.1041	
fs1	-0.00595994	_	11496	-2.8180	0.0061	***
iv1	-0.0266065	0.01	11891	-2.3779	0.0198	**
zu1	-0.0861027	0.083	35458	-1.0306	0.3059	
fo1	0.014695	0.008	81978	1.7926	0.0769	*
ref1	0.365999	0.13	7763	2.6567	0.0095	***
awr1	0.0686039	0.094	45045	0.7259	0.4700	
watershed	-0.00022315	8 0.000	179271	-1.2448	0.2169	
WBSLOPE	15360.8	140	44.3	1.0937	0.2774	
Media de la vble. d	lep346	51.946	D.T.	de la vble. dep.	12	2025.23
Suma de cuad. resi	duos 8.0	9e+09	D.T.	de la regresión	10	122.35
R-cuadrado	0.3	56597	R-cu	adrado corregid	lo 0.	291442
F(8, 79)	5.4	73071	Valor	r p (de F)	0.	000017
Log-verosimilitud	-931	.6995	Crite	rio de Akaike	18	81.399
Criterio de Schwar	z 190)3.695	Crit.	de Hannan-Qui	nn 18	390.382

Modelo 6 Variable dependiente: areaplaya1

	Coeficiente	Desv.	Típica	Estadístico t	Valor p	
const	-3648.71	237	7.33	-1.5348	0.1288	
fs1	-0.00661337	0.001	90819	-3.4658	0.0009	***
iv1	-0.025492	0.011	0504	-2.3069	0.0236	**
zu1	-0.0779543	0.082	25432	-0.9444	0.3478	
fo1	0.0124597	0.007	57502	1.6448	0.1039	
ref1	0.280935	0.072	22251	3.8897	0.0002	***
watershed	-0.000157	0.000	15392	-1.0200	0.3108	
WBSLOPE	13736.8	138	824	0.9937	0.3234	
Media de la vble. de	ep346	1.946	D.T.	de la vble. dep.	120)25.23
Suma de cuad. resid	luos 8.15	e+09	D.T.	de la regresión	100	92.38
R-cuadrado	0.35	2305	R-cu	adrado corregido	0.2	95631
F(7, 80)	6.21	6412	Valo	r p (de F)	7.9	96e-06
Log-verosimilitud	-931	.9921	Crite	rio de Akaike	187	79.984
Criterio de Schwarz	1899	9.803	Crit.	de Hannan-Quin	n 188	37.969

Modelo 7 Variable dependiente: areaplaya1

	Coefici	ente	Desv.	Típica	Estadístico t	Valor j	p
const	-2868.	.68	222	7.76	-1.2877	0.2015	5
fs1	-0.0064	997	0.001	90312	-3.4153	0.0010) ***
iv1	-0.0265	492	0.010	09862	-2.4166	0.0179) **
fo1	0.00611	713	0.003	50149	1.7470	0.0844	1 *
ref1	0.2887	744	0.07	17023	4.0270	0.0001	***
watershed	-0.00027	3602	9.184	91e-05	-2.9788	0.0038	3 ***
WBSLOPE	11488	3.5	136	608.3	0.8442	0.4010)
Media de la vble. d	ep.	-3461	.946	D.T.	de la vble. dep).	12025.23
Suma de cuad. resi	duos	8.24	e+09	D.T.	de la regresión	1	10085.64
R-cuadrado		0.34	5084	R-cua	adrado corregi	do	0.296571
F(6, 81)		7.113	3323	Valor	r p (de F)		4.13e-06
Log-verosimilitud		-932.	4799	Crite	rio de Akaike		1878.960
Criterio de Schwarz	Z	1896	5.301	Crit.	de Hannan-Qu	iinn	1885.946

Modelo 8 Variable dependiente: areaplaya1

	Coeficiente	Desv.	Típica	Estadístico t	Valor p	
const	-1298.76	122	4.53	-1.0606	0.2920	
fs1	-0.00661798	0.001	89463	-3.4930	0.0008	***
iv1	-0.0278474	0.01	0859	-2.5645	0.0122	**
fo1	0.00650544	0.003	46506	1.8774	0.0640	*
ref1	0.287684	0.07	15656	4.0199	0.0001	***
watershed	-0.000290274	8.954	36e-05	-3.2417	0.0017	***
Media de la vble. de	ep346	1.946	D.T.	de la vble. dep	. 12	025.23
Suma de cuad. resid	duos 8.31	e+09	D.T.	de la regresiÓr	10	067.96
R-cuadrado	0.33	39321	R-cu	adrado corregio	lo 0.2	299036
F(5, 82)	8.42	22956	Valo	r p (de F)	1.	82e-06
Log-verosimilitud	-932	.8654	Crite	rio de Akaike	18	77.731
Criterio de Schwarz	z 189	2.595	Crit.	de Hannan-Qu	inn 18	83.719

Contraste de normalidad de los residuos -

Hipótesis nula: el error se distribuye normalmente Estadístico de contraste: Chi-cuadrado = 38.0452

con valor p = 5.47748e-009

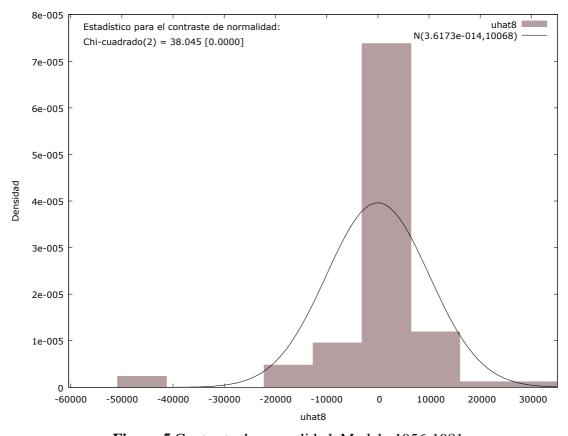


Figura 5 Contraste de normalidad. Modelo 1956-1981.

Modelo de regresión múltiple 1981-2013

ta: Tierra Arable fs: Frutal Secano iv: Invernaderos zu: Zona Urbana fo: Forestal

ref: Reforestación awr: Balsas de riego

D50: tamaño de grano en playa WBSLOPE: Pendiente de la cuenca SLOPE: Pendiente de la playa

Modelo 1: MCO Variable dependiente: areaplaya2

	Coefic	rionto	Desv.	Tínica	Estadístico t	Valor p	
aanst	492		1496	•	0.3295	0.7427	
const							
D50	-35.0		67.4		-0.5188	0.6055	
SLOPE	-409		564		-0.7269	0.4696	
rambla2	-0.010	08348	0.011	3035	-0.9585	0.3410	
awr2	0.0003	12652	0.0048	35448	0.0644	0.9488	
ta2	0.0015	54935	0.0006	53518	2.3708	0.0204	**
fs2	0.0079	97812	0.0036	54368	2.1896	0.0318	**
fr2	-0.000	98975	0.0031	14852	-0.3144	0.7541	
iv2	-0.002	00616	0.0023	39461	-0.8378	0.4049	
zu2	0.0093	30534	0.0034	19002	2.6663	0.0094	***
fo2	0.036	2495	0.013	7214	2.6418	0.0101	**
ref2	-0.070	01326	0.017	8801	-3.9224	0.0002	***
watershed	-0.000	16787	5.0518	66e-05	-3.3231	0.0014	***
	6	·)					
WBSLOPE	3630).36	5004	1.59	0.7254	0.4705	
Media de la vble. d	lep.	-664.	2931	D.T.	de la vble. dep.	532	27.414
Suma de cuad. resi	duos	7.93	e+08	D.T.	de la regresión	329	95.896
R-cuadrado		0.67	5108	R-cu	adrado corregido	0.6	517251
F(13, 73)			6848		r p (de F)		04e-13
Log-verosimilitud		-820.			rio de Akaike		69.107
Criterio de Schwar	•77		3.629		de Hannan-Quin		83.008
Cinerio de Schwar	L	1/03	0.029	CIII.	ue Haiman-Quin	11 100	03.000

Modelo 2: MCO Variable dependiente: areaplaya2

variable dependiente: areapiaya2					
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
const	484.065	1479.69	0.3271	$0.744\overline{5}$	
D50	-34.9266	67.0004	-0.5213	0.6037	
SLOPE	-40527.5	55546.4	-0.7296	0.4679	
rambla2	-0.0107962	0.0112114	-0.9630	0.3387	
ta2	0.00155043	0.000648894	2.3893	0.0194	**
fs2	0.00797911	0.00361905	2.2048	0.0306	**
fr2	-0.00100179	0.00312174	-0.3209	0.7492	
iv2	-0.00198375	0.00235321	-0.8430	0.4019	
zu2	0.00929588	0.00346338	2.6840	0.0090	***
fo2	0.0362915	0.0136133	2.6659	0.0094	***
ref2	-0.0701374	0.0177593	-3.9493	0.0002	***
watershed	-0.00016789	5.01766e-05	-3.3461	0.0013	***
	6				
WBSLOPE	3606.12	4956.72	0.7275	0.4692	
3.6 P 1 1 11 1		2021 D.E.		5 06	NT 414
Media de la vble. d	•		de la vble. dep.		27.414
Suma de cuad. resid			de la regresión		73.644
R-cuadrado			adrado corregido		22402
F(12, 74)			or p (de F)		0e-13
Log-verosimilitud	-820		erio de Akaike		57.112
Criterio de Schwarz	z 1699	9.168 Crit.	de Hannan-Quir	ın 168	30.020
	N	Modelo 3: MC0)		
		dependiente: a			
			y		
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
const	556.435	1453.63	0.3828	0.7030	
D50	-35.4265	66.5805	-0.5321	0.5962	
CI ODE	16020	E0202 2	0.0040	0.2705	

	Coeficien	te Desv	. Típica	Estadístico t	Valor p	
const	556.435	14	53.63	0.3828	0.7030	
D50	-35.426	5 66	5.5805	-0.5321	0.5962	
SLOPE	-46238	52	303.3	-0.8840	0.3795	
rambla2	-0.01286	34 0.00	091209	-1.4103	0.1626	
ta2	0.0016424	42 0.000	0578647	2.8384	0.0058	***
fs2	0.0080589	92 0.00	358884	2.2456	0.0277	**
iv2	-0.002474	56 0.00	177768	-1.3920	0.1680	
zu2	0.0087210	0.00	294641	2.9599	0.0041	***
fo2	0.034850	6 0.0	127744	2.7282	0.0079	***
ref2	-0.06876	77 0.0	171353	-4.0132	0.0001	***
watershed	-0.000167	29 4.98	403e-05	-3.3565	0.0012	***
WBSLOPE	4012.53	47	63.46	0.8424	0.4023	
Media de la vble. d	len _6	64.2931	DΤ	de la vble. dep	53′	27.414
Suma de cuad. resi	1	.94e+08		de la regresión		54.008
R-cuadrado		.674638		adrado corregi		526918
F(11, 75)		4.13747		r p (de F)		96e-14
Log-verosimilitud		20.6163		erio de Akaike		65.233
Criterio de Schwar		694.824		de Hannan-Qu		77.148
Citicito de Seliwai	L 1	U)T.U2T	CIII.	de Haiman-Qu	11111	11.140

Modelo 4: MCO Variable dependiente: areaplaya2

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
const	529.725	1445.9	0.3664	0.7151	
SLOPE	-48488.3	51885.6	-0.9345	0.3530	
rambla2	-0.0123301	0.00902279	-1.3665	0.1758	
ta2	0.00162449	0.000574935	2.8255	0.0060	***
fs2	0.00808436	0.00357155	2.2635	0.0265	**
iv2	-0.0024041	0.00176436	-1.3626	0.1770	
zu2	0.00882767	0.00292569	3.0173	0.0035	***
fo2	0.0360493	0.0125148	2.8805	0.0052	***
ref2	-0.0704683	0.016755	-4.2058	< 0.0001	***
watershed	-0.00016592	4.95387e-05	-3.3493	0.0013	***
	2				
WBSLOPE	4245.18	4720.93	0.8992	0.3714	
Media de la vble. d	lep. –664.	2931 D.T	. de la vble. dep.	532	27.414
Suma de cuad. resi	duos 7.97	e+08 D.T	. de la regresión	323	38.625
R-cuadrado	0.67	3409 R-ci	uadrado corregido	o 0.6	30437
F(10, 76)	15.6	7073 Val	or p (de F)	8.2	24e-15
Log-verosimilitud	-820.	7802 Crit	erio de Akaike	166	53.560
Criterio de Schwar	z 1690	0.685 Crit	. de Hannan-Quii	nn 167	74.483
	N	Modelo 5: MC	O		
	Variable	dependiente: a	reaplaya2		
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
const	748.478	1423.51	0.5258	0.6005	
SLOPE	-32291.4	48598.3	-0.6645	0.5084	
rambla2	-0.0108717	0.0088648	-1.2264	0.2238	
ta2	0.0015265	0.000563811	2.7075	0.0083	***
fs2	0.0067677	0.00325357	2.0801	0.0408	**
iv2	-0.00227316	0.00175616	-1.2944	0.1994	
zu2	0.00835758	0.00287503	2.9070	0.0048	***
fo2	0.035147	0.0124589	2.8210	0.0061	***
ref2	-0.0733141	0.016433	-4.4614	< 0.0001	***
watershed	-0.00017766	4.77284e-05	-3.7223	0.0004	***
	1				

Media de la vble. dep.	-664.2931	D.T. de la vble. dep.	5327.414
Suma de cuad. residuos	8.06e + 08	D.T. de la regresión	3234.598
R-cuadrado	0.669935	R-cuadrado corregido	0.631356
F(9, 77)	17.36524	Valor p (de F)	2.79e-15
Log-verosimilitud	-821.2406	Criterio de Akaike	1662.481
Criterio de Schwarz	1687.140	Crit. de Hannan-Quinn	1672.411

Modelo 6: MCO Variable dependiente: areaplaya2

const rambla2 ta2 fs2 iv2 zu2 fo2 ref2 watershed	Coeficiente -150.765 -0.00976675 0.00158876 0.00640196 -0.00215986 0.0078087 0.0361361 -0.0747749 -0.00018673	Desv. Típico 439.809 0.0086762 0.00055397 0.00319516 0.00174159 0.00274392 0.0123253 0.0162268 4.55675e-0	-0.3428 -1.1257 8 2.8679 5 2.0036 -1.2402 2 2.8458 2.9319 -4.6081	Valor p 0.7327 0.2637 0.0053 0.0486 0.2186 0.0057 0.0044 <0.0001	*** ** *** *** ***	
Media de la vble. d	-	1			5327.414 3222.997	
R-cuadrado 0.666 F(8, 78) 19.66 Log-verosimilitud –821.4		8042 R-6 2120 Va 4893 Cri	R-cuadrado corregido Valor p (de F) Criterio de Akaike		0.633995 7.46e-16 1660.979	
Criterio de Schwarz 1683.172 Crit. de Hannan-Quinn 1669.915 Modelo 7: MCO Variable dependiente: areaplaya2						
22724	Coeficiente –136.242	Desv. Típico 440.362		<i>Valor p</i> 0.7578		
const ta2	-130.242 0.00117271	0.00041336	-0.3094 7 2.8370	0.7378	***	
fs2	0.00396047	0.00041330		0.0050	*	
iv2	-0.00063269	0.00109393		0.5647		
zu2	0.00630083	0.00109393		0.0104	**	
fo2	0.0428038	0.010827	3.9534	0.0002	***	
ref2	-0.0850173	0.0134586		< 0.0001	***	
watershed	-0.00017119	4.34992e-0		0.0002	***	
watershed	7	1.5 17720 0.	3.7330	0.0002		
Media de la vble. d Suma de cuad. resid R-cuadrado F(7, 79) Log-verosimilitud Criterio de Schwar	duos 8.23 0.66 22.1 -822.	e+08 D.7 2649 R-6 6822 Va 1903 Cri	Γ. de la vble. dep. Γ. de la regresión cuadrado corregido lor p (de F) terio de Akaike t. de Hannan-Quin	322 0.66 2.7 166	27.414 28.442 32757 27e-16 50.381 58.324	

Modelo 8: MCO Variable dependiente: areaplaya2

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p			
const	-136.889	438.526	-0.3122	0.7557			
ta2	0.00106752	0.000369652	2.8879	0.0050	***		
fs2	0.00382573	0.00232893	1.6427	0.1044			
zu2	0.00657183	0.00234278	2.8051	0.0063	***		
fo2	0.0404726	0.0100069	4.0445	0.0001	***		
ref2	-0.0896846	0.010726	-8.3614	< 0.0001	***		
watershed	-0.00017662	4.2299e-05	-4.1755	< 0.0001	***		
	1						
Media de la vble. de	ер. –664.	2931 D.T.	de la vble. dep.	532	7.414		
Suma de cuad. residuos 8.276		e+08 D.T. de la regresión		3214.986			
R-cuadrado	0.66	1221 R-cu	adrado corregido	0.63	0.635812		
F(6, 80)	26.0	2366 Valo	or p (de F)	6.0	7e-17		
Log-verosimilitud	-822.	3741 Crite	Criterio de Akaike		1658.748		
Criterio de Schwarz	1676	5.010 Crit. de Hannan-Quinr		n 166	5.699		
	N	Modelo 9: MCC	O				
	Variable	dependiente: a	reaplaya2				
		1	1 7				
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p			
const	218.283	385.498	0.5662	0.5728			
ta2	0.000759066	0.000321731	2.3593	0.0207	**		

	Coej	iciente	Desv.	приса	Estaaistico t	vaior p		
const	218	3.283	385.	498	0.5662	0.5728		
ta2	0.000°	759066	0.0003	21731	2.3593	0.0207	**	
zu2	0.00557303		0.0022861		2.4378	0.0170	**	
fo2	0.0349399		0.00952131		3.6696	0.0004	***	
ref2	-0.09	959783	0.010	1229	-9.4813	< 0.0001	***	
watershed	-0.00	020549	3.8874	3e-05	-5.2862	< 0.0001	***	
		9						
Media de la vble. dep.		-664.2931 D.T		D.T.	de la vble. dep.	53:	5327.414	
Suma de cuad. residuos 8.3		8.55	e+08	D.T.	de la regresión	32	48.518	
R-cuadrado		0.64	0.649793 R-ci		adrado corregid	o 0.6	0.628176	
E(5, 01)		20.05942 Val		17.1.	n n (do E)	2 (2 90 - 17	

Modelo 10: MCO Variable dependiente: areaplaya2

Media de la vble. dep. Suma de cuad. residuos R-cuadrado F(3, 83) O.T. de la vble. dep. D.T. de la regresión O.590795 R-cuadrado corregido Valor p (de F)	const ta2 ref2 watershed	Valor p 0.4173 (0.0001 *** (0.0001 *** 0.0006 ***	
Log-verosimilitud –830.5898 Criterio de Akaike Criterio de Schwarz 1679.043 Crit. de Hannan-Quin	Suma de cuad. res R-cuadrado F(3, 83) Log-verosimilitud	5327.414 3468.941 0.576005 4.47e-16 1669.180 1673.151	1 5 6 0

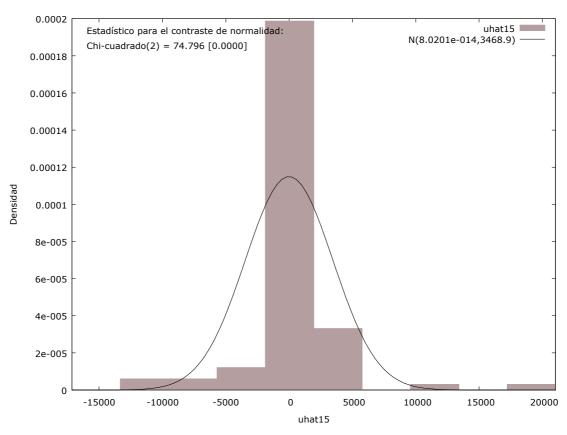


Figura 6 Contraste de normalidad, Modelo 1981-2013.