



ISSN 2304-0963  
doi: 10.25267/Costas



Vol. 3 (1): 231-252. 2021

Chavarria Zuñiga, L., M. de Andrés García, J. Gómez-Enri. 2021. Delimitation of Urban Areas with Waterfront: an Application of the Theory of Socio ecological Coastal Systems. *Revista Costas*, 3(1): 231-252. doi: 10.25267/Costas.2021.v2.i3.1003

# Delimitación de Áreas Urbanas con Frente Costero: Una Aplicación de la Teoría de Sistemas Costeros Socio-Ecológicos

## Delimitation of Urban Areas with Waterfront: an Application of the Theory of Socio-Ecological Coastal Systems

Laura Chavarria Zuñiga<sup>1\*</sup>, María de Andrés García<sup>2</sup>, Jesús Gómez-Enri<sup>3</sup>

\*e-mail: lchavarriaz@outlook.com

<sup>1</sup> Grupo de Gestión Integrada de Áreas Litorales  
Universidad de Cádiz, España  
<https://orcid.org/0000-0001-8342-843X>

<sup>2</sup> Grupo de Gestión Integrada de Áreas Litorales  
Universidad de Cádiz, España  
<https://orcid.org/0000-0002-0658-9421>

<sup>3</sup> Departamento de Física Aplicada  
Universidad de Cádiz, España  
<https://orcid.org/0000-0001-6053-5160>

Keywords: Coastal cities, Ecosystem-based management, spatial delimitation, Integrated Coastal Zone Management.

### Abstract

The delimitation of study areas is a basic principle for environmental management, especially for the Integrated Coastal Zone Management as well as for urban planning. The geographic determination of coastal cities allows the implementation of Ecosystem-Based Management and a more comprehensive, sustainable, and resilient approach that promotes urban biodiversity and the preservation of natural ecosystems. However, the theory and management of coastal areas has historically focused on regional areas and has not fostered a more localized study of urban spaces in the Shoreland. Therefore, this research focuses on the delimitation of the Urban Shoreland and its relationship with the Coastal Uplands according to the theory of Socio-Ecological Coastal Systems. Additionally, this research used remote sensing techniques for the monitoring

Submitted: September 2021

Accepted: November 2021

Associate Editor: Eleonora Veron

of urban expansion and loss of vegetation around the urban ring in the cities of Cádiz, Algeciras, Sanlúcar de Barrameda and Conil de la Frontera in the province of Cádiz, Spain. According to the results of this research, the delimitation of the Urban Shoreland is a fundamental step for the effective monitoring of urban and coastal ecosystems, the implementation of Ecosystem-Based Management and the Integrated Coastal Zone Management.

## Resumen

La delimitación de áreas de estudio es un principio básico para la gestión ambiental, especialmente para la Gestión Integrada de Áreas Litorales, así como para planes de urbanismo. La determinación geográfica de ciudades costeras desde un enfoque socio-ecológico, permite la implementación de la Gestión Basada en Ecosistemas y un manejo más integrado, sostenible y resiliente, que fomente la biodiversidad urbana y la preservación de ecosistemas naturales. Sin embargo, la planificación y gestión de áreas litorales se ha enfocado históricamente a áreas regionales y no ha fomentado un estudio más localizado de espacios urbanos en el Borde Costero. Por lo tanto, esta investigación se centra en la delimitación del Borde Costero Urbano y su relación con las Tierras Litorales según la teoría de los Sistemas Costeros Socio-Ecológicos. Además, el uso de técnicas de teledetección permite el monitoreo de la expansión urbana y la pérdida de vegetación alrededor de los anillos urbanos. El estudio se desarrolla en cuatro ciudades del litoral de la provincia de Cádiz (España): Sanlúcar de Barrameda, Cádiz, Conil de la Frontera y Algeciras. Según los resultados de esta investigación, la delimitación del Borde Costero Urbano es un paso fundamental para el monitoreo efectivo de los ecosistemas urbanos y costeros, la implementación de la Gestión Basada en Ecosistemas y la Gestión Integrada de Áreas Litorales.

**Palabras Clave:** Ciudades costeras, Gestión Basada en Ecosistemas, delimitación espacial, Gestión Integrada de Áreas Litorales.

## 1. Introducción

### Las zonas costeras urbanas

La zona costera representa solo el 4-15% de la superficie terrestre; no obstante, muchas megaciudades y grandes asentamientos urbanos en todo el mundo se encuentran en estos espacios de transición entre la tierra y el mar o cerca de grandes deltas (Barragán & de Andrés, 2015; Von Glasow *et al.*, 2013). Según Barragán & de Andrés (2015), el 40 % de la población mundial vive en 2.129 ciudades o centros urbanos a menos de 100 km de la costa. Otra tendencia bien conocida es la tasa de crecimiento demográfico acelerado y la alta densificación en las ciudades y zonas urbanas de las zonas costeras en comparación con el interior (Neumann *et al.*, 2015).

El proceso de urbanización está asociado a un proceso de conurbación, que consiste en la conexión física entre áreas urbanas. Este fenómeno se ha producido entre pequeñas áreas urbanas de la zona costera durante las últimas décadas y podría continuar en el

futuro (Barragán & de Andrés, 2015; de Andrés & Barragán, 2017). Como resultado de estas tendencias, la huella urbana se ha incrementado, provocando la pérdida o aislamiento de ecosistemas por la falta de un plan de desarrollo urbano que tome en cuenta la conservación de ecosistemas y el uso sostenible de los servicios ecosistémicos.

La zona costera ofrece una combinación de condiciones históricas, culturales, geográficas y económicas que son atractivas para los asentamientos humanos como la disponibilidad de agua, recursos renovables para asentamientos urbanos o actividades industriales, servicios paisajísticos y la clasificación de espacio público conferido por el sistema jurídico (Barragán, 2014; Dadon & Oldani, 2017). En consecuencia, este fenómeno aumenta la migración costera y el crecimiento de la huella urbana, provocando presiones en los recursos y ecosistemas costeros que pueden reducir la oferta de servicios ecosistémicos deterioran-

do el bienestar humano (Von Glasow *et al.*, 2013). La presencia y el crecimiento de las aglomeraciones urbanas requieren un suministro constante de recursos y bienes para garantizar el bienestar humano (Teeb, 2011). Hasta cierto punto, estos bienes y servicios pueden importarse de otras regiones o tener sustitutos artificiales, sin embargo algunos servicios ecosistémicos son insustituibles, provocando una presión significativa en los ecosistemas localizados dentro de zonas urbanas. (Barragán & de Andrés, 2015; Kremer *et al.*, 2016).

La tendencia del crecimiento urbano en zonas costeras, el crecimiento económico y cambio de uso del suelo en la costa además del impacto social, económico y ambiental como consecuencia de estas tendencias ha provocado que el manejo costero se convierta en una prioridad en las agendas políticas nacionales e internacionales (Dadon & Oldani, 2017). En el caso del litoral español, el 49 % de la población del país, correspondiente a 20,5 millones de personas, vive en conglomerados urbanos dentro de la zona costera. Además, hay un 24 % de urbanización en la zona costera y un 60 % de artificialización del litoral (de Andrés *et al.*, 2020; Spanish National Ecosystem Assessment, 2014). Otro fenómeno que ha afectado al territorio español es el aumento de áreas urbanas dispersas asociadas al transporte privado, aumentando las emisiones atmosféricas y ampliando la huella urbana (Prieto *et al.*, 2017).

La “litoralización” es el fenómeno de concentración de la población en las zonas costeras (Barragan, 2003). Este fenómeno ha presionado y presiona en la actualidad enormemente la zona costera española, y por tanto, ecosistemas como humedales, marismas y ríos se encuentran en continua degradación y fragmentación (de Andrés *et al.*, 2017). La disponibilidad de servicios proporcionados por estos ecosistemas y las ganancias económicas a corto plazo fomentan los asentamientos urbanos en estas áreas. Sin embargo, pronto habrá una escasez de recursos necesarios para

mantener el bienestar humano y daños irreversibles a los ecosistemas si no se implementan prácticas sostenibles (Spanish National Ecosystem Assessment, 2014).

Bajo estos esquemas, las políticas españolas han favorecido el crecimiento costero y urbano en vez del desarrollo interior y rural (Spanish National Ecosystem Assessment, 2014). En consecuencia, para el presupuesto de 2017, se asignó al desarrollo de infraestructura el 57 % del presupuesto versus el 7,2 % para la protección costera (de Andrés *et al.*, 2020).

La actividad turística es también uno de los principales impulsores del cambio en la zona costera española. En el año 2018, más de 82,6 millones de turistas extranjeros visitaron España, contribuyendo al 12,3 % del PIB y al 12,7 % del empleo total, convirtiéndose en una de las industrias líderes de la economía española (de Andrés *et al.*, 2020; Instituto Nacional de Estadística, 2019). Estos han provocado una inversión excesiva en infraestructura urbana en las zonas costeras para promover el turismo de playa y sol (Prieto & Marinas, 2018). No obstante, la industria turística depende en gran medida de los servicios ecosistémicos, principalmente de los servicios culturales y de aprovisionamiento. Si estos servicios ecosistémicos desaparecieran por el deterioro o destrucción de los ecosistemas, el impacto económico del sector sería devastador. Un ejemplo de la dependencia de la industria turística a los servicios ecosistémicos son las consecuencias del deterioro ambiental de la laguna costera del Mar Menor, donde el deterioro ambiental han alejado a los turistas y las inversiones turísticas (Prieto *et al.*, 2017; Prieto & Marinas, 2018).

Debido a este aumento de la urbanización y la pérdida de ecosistemas, las ciudades costeras españolas han sufrido un aumento de su vulnerabilidad ante eventos extremos, especialmente los asociados a fenómenos meteorológicos como inundaciones, marejadas ciclónicas, sequías y otros peligros naturales. Además, España es considerada uno de los países más

vulnerables de la Unión Europea a los efectos del Cambio Climático debido a su posición geográfica y modelo socio-económico (Spanish National Ecosystem Assessment, 2014).

### **El concepto de los sistemas socio-ecológicos para una Gestión Basada en Ecosistemas (GBE)**

Debido a estos fenómenos socio-económicos que han afectado a la costa española, es necesario considerar un ámbito de actuación sobre el que afrontar los retos de gestión desde un enfoque socio-ecológico. Los fundamentos para entender un sistema socio-ecológico han sido estudiados y desarrollados por diferentes autores (Berkes, Folke, 1998; Cumming, 2011; Norberg & Cumming, 2008; Ostrom, 2009), basándose en la interacción de procesos ecológicos y sociales, donde es necesaria una gestión adaptativa para garantizar el bienestar humano (Cumming, 2011; Norberg & Cumming, 2008). De esta forma, cuando se integra el concepto del ser humano en la naturaleza, se atiende al término de sistemas socio-ecológicos (Berkes, Folke, 1998).

En el litoral español, existen zonas sobre las que se ha abordado el enfoque socio-ecológico. Destaca en este sentido el sistema socio-ecológico definido en el Parque Natural de Doñana (España), que considera el área declarada como Parque Nacional, así como los alrededores que desde una perspectiva ecológica, social y económica influyen sobre el Parque Natural (Iglesias *et al.*, 2017). El sistema socio-ecológico incluye los ecosistemas protegidos, así como áreas agrícolas y asentamientos de población que inciden sobre el espacio natural.

Aunque la aplicación de la teoría de los sistemas socio-ecológicos se está empleando en zonas costeras concretas, está menos profundizado el enfoque en el ámbito urbano, donde existen escasos ejemplos a escala mundial (de Andrés *et al.*, 2018). Sin embargo, considerar este enfoque en las ciudades costeras

resulta imprescindible para la inclusión de los principios de la GBE en el ámbito urbano. Este modelo de gestión hace énfasis en el manejo de ecosistemas y por ende, los servicios que proveen para el mantenimiento y mejora del bienestar humano (Barragán & Andrés, 2016).

Tomando en cuenta todas estas consideraciones además de la necesidad actual de nuevos paradigmas de GBE, así como sus requerimientos metodológicos, la presente investigación tiene como objetivo principal el desarrollo de una herramienta que permita la delimitación de ciudades costeras con el fin de proporcionar una técnica geográfica efectiva, basada en la realidad socio-ecológica urbano costera. Concretamente, la delimitación se aplicará de forma práctica a cuatro ciudades de la provincia de Cádiz (España).

La aplicación de este modelo en ciudades costeras facilitará el desarrollo de planes de urbanismo, planes de gestión ambiental, desarrollo de políticas públicas basada en ecosistemas, monitoreo de expansión urbana e identificación y evaluación de ecosistemas urbanos.

### **Área de estudio**

La provincia de Cádiz se encuentra en el sur de la península Ibérica, entre el Océano Atlántico y el Mar Mediterráneo. El relieve costero de la provincia de Cádiz es prácticamente plano, típico de un ámbito sedimentario, con una plataforma continental extensa y de pendiente suave. Destaca el estuario del Guadalquivir, la Bahía de Cádiz y el estrecho de Gibraltar como áreas costeras de elevada riqueza ecológica y complejidad ambiental (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, 2015).

Administrativamente, está formada por 45 municipios, agrupados en 6 comarcas (Figura 1), de las cuales cuatro son comarcas litorales: Costa Noroeste, Bahía de Cádiz, La Janda Litoral y el Campo de Gibraltar. Para esta investigación, el área de estudio se centrará en los centros urbanos de los municipios de

Cádiz, Sanlúcar de Barrameda, Conil de la Frontera y Algeciras. Estas ciudades fueron elegidas con los siguientes criterios:

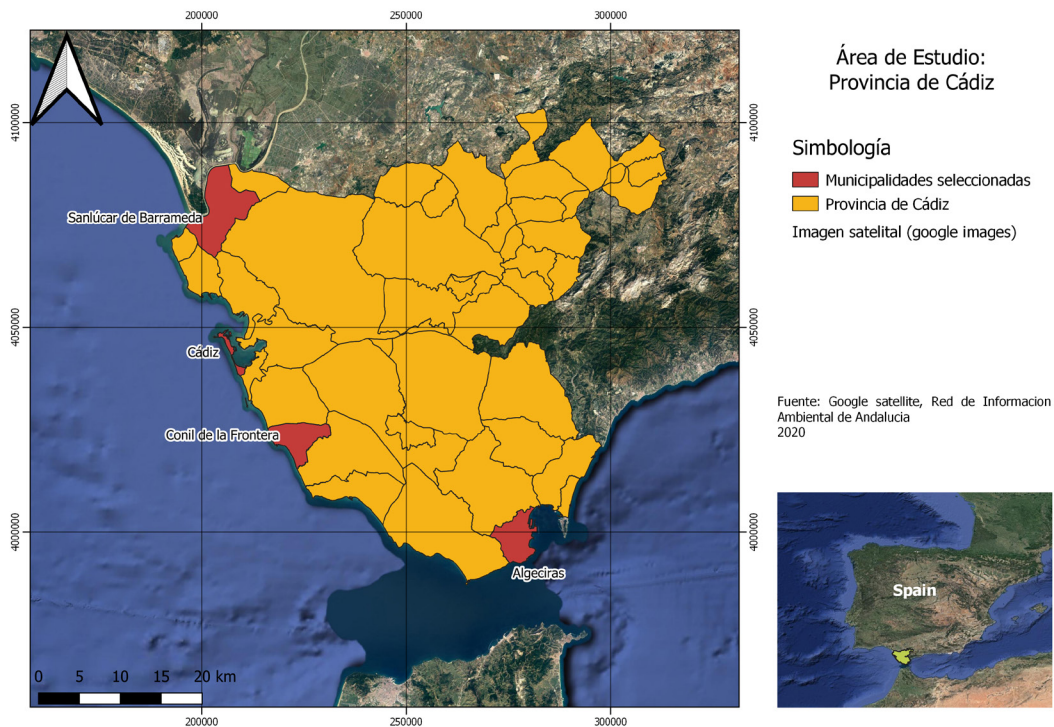
- Se encuentran en la costa, específicamente en el frente costero.

- Debe existir representatividad de las cuatro comarcas litorales de la provincia.
- Deben tener el mayor número de población o la mayor actividad asociada al litoral de su comarca.

## 2. Materiales y métodos

La metodología desarrollada en la presente investigación sigue el marco conceptual del Sistema Costero Socio-Ecológico (CSES) descrito por Barragán y de Andrés, (2016) some main concepts are analysed and defined. This is because the Estate and Regional Administrations responsibilities use these concepts with

different accuracy. Afterward, different context of coastal management are studied: technical-scientific (ecosystem based management, marine spatial planning para la delimitación de las áreas de estudio. El CSES está formado por una primera categoría que sería el Litoral que engloba un espacio más estrecho



**Figura 1.** Área de estudio.  
Figure 1. Study area.

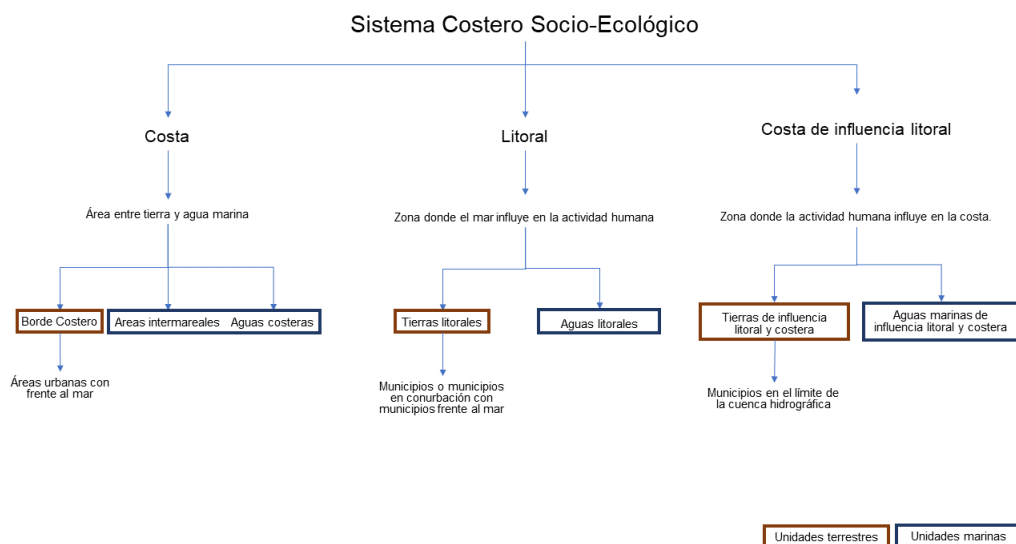


en el área de intercambio tierra-mar que sería la Costa. Además, para abordar los procesos de Gestión Integrada de Áreas Litorales con un enfoque de GBE, se considera un área más amplia, alejada de la línea de costa, pero cuyas actividades humanas pueden ejercer presión sobre la costa y el mar, denominada Zona de Influencia Litoral. Por tanto, desde el punto de vista de la delimitación de las ciudades costeras, se consideran las siguientes unidades geográficas (figura 2) :

- **Costa:** área entre tierra y agua marina. Los eventos naturales y físicos ocurren a gran velocidad e intensidad. La Costa se subdivide a su vez en Aguas Costeras, Áreas Intermareales y Borde Costero.
- **Litoral:** es la zona geográfica donde la presencia del mar afecta a las actividades humanas. En el Litoral se incluye un área marina denominado como Aguas Litorales y otra terrestre llamada Tierras Litorales.
- **Zona de influencia Litoral:** es la zona geográfica donde las actividades humanas pueden ejercer

presión sobre la costa y el mar. Al igual que en la franja litoral, existe una zona de influencia terrestre llamada Tierras de Influencia Litoral y Costera y una zona marina o Aguas de Influencia Litoral y Costera.

Esta investigación se centra en aplicar el concepto socio-ecológico del Borde Costero sobre las cuatro ciudades de la provincia de Cádiz citadas anteriormente. El Borde Costero tiene como referencias geográfica y ecológica los campos dunares, acantilados y cárcavas, áreas con vegetación de borde costero y define como áreas de interés especial a ciudades costeras, equipamientos y grandes infraestructuras (estaciones de depuración de aguas residuales, puertos, bases navales, canales de navegación, obras públicas de defensa costera, etc.), áreas hoteleras y de turismo balneario, acuicultura, pesca deportiva y áreas industriales de alto impacto (Barragán & Andrés, 2016). Para esta investigación, se enfocará específicamente en aquellas áreas con alta influencia urbana, es decir, el Borde Costero Urbano.



**Figura 2.** Límites del Sistema Costero Socio-Ecológico en ciudades costeras. Fuente: adaptado de Barragán y de Andrés, (2016).  
**Figure 2.** Limits of the Socio-Ecological Coastal System in coastal cities. Source: adapted from Barragán and Andrés, (2016)

Además, se aplica el concepto de las Tierras Litorales, abarcando un área más allá del límite urbano, pero cuyas relaciones socio-ecológicas hacen que se deba ser abordada para un avance hacia la GBE. En este caso, se tomarán los límites municipales de las áreas de interés, según la metodología de Barragán y de Andrés, (2016).

Desde el punto de vista metodológico, la delimitación geográfica de cada ciudad se complementa con una reseña sobre las actividades humanas y características propias de cada una de las ciudades costeras. La población de las ciudades se calculó con la información del Instituto Geográfico Nacional (2014), la cual está referenciada espacialmente. Información poblacional más reciente está reportada por la totalidad de los municipios por lo cual no representa un dato real de la población dentro del Borde Costero Urbano. En el caso de las Tierras Litorales, se utilizan los datos poblacionales más actualizados para cada uno de los municipios.

El desarrollo cartográfico se elabora a partir de los sistemas de información geográfica QGIS y ArcGIS, a los que se aplican las capas obtenidas del Sistema de Información de Ocupación de Uso del Suelo de España SIOSE (<https://www.siose.es/>), del Instituto Geográfico Nacional del Gobierno de España. Además, son analizadas las imágenes ópticas del satélite Sentinel 2 (programa europeo Copernicus) y el grado de impermeabilidad según el Instituto Geográfico Nacional (2014), para establecer la huella urbana y el límite geográfico de cada ciudad o el Borde Costero

Urbano.

Adicionalmente, se utilizarán imágenes de Sentinel 2 para calcular el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI, por sus siglas en inglés). El NDVI es un indicador de la salud y cobertura de la vegetación. Mide la relación entre la reflectancia que deja la superficie de la banda IR-cercano y la banda roja. Da valores de -1 a 1. De -1 a 0.199, el índice indica sin vegetación, de 0.2 a 0.5, indica vegetación baja (matorrales y pastizales), y de 0.501 a 1.0 indica vegetación alta (bosque tropical o templado). Sigue esta ecuación (1) (Abutaleb *et al.*, 2020; Hashim *et al.*, 2019):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

De igual manera, se calculará la huella urbana utilizando imágenes SAR (Synthetic Aperture Radar) de Sentinel 1 y la herramienta del software SNAP "Speckle Divergence". El algoritmo de este software permite la extracción de la huella urbana. (Images *et al.*, 2008). Para este indicador datos positivos (de color blanco) identifica áreas urbanas, mientras que datos menores a 0 (color negro) representa áreas sin infraestructura. Las imágenes también fueron pre-procesadas según los requerimientos de imágenes SAR.

Estas técnicas de teledetección se utilizaron como indicadores de la cobertura entre el Borde Costero Urbano y las Tierras Litorales.

### 3. Resultados

#### La delimitación socio-ecológica en el litoral urbano

Los resultados de la investigación muestran la delimitación de las ciudades de estudio como un sistema socio-ecológico específico, utilizando los parámetros propuestos por Barragán & de Andrés, (2016).

Para realizar una delimitación geográfica según los principios de la GBE se requiere respetar las unidades ecosistémicas, es decir no se recomienda dividir arbitrariamente un ecosistema, como muchas veces sucede con límites administrativos (Marrs, 2001).

La información satelital y cartográfica analizada ha permitido delimitar las áreas urbanas sin dividir importantes ecosistemas adyacentes al área de estudio. Ecosistemas como campos agrícolas, formaciones arboladas, parques, jardines, playas o dunas, entre otros que han sido delimitados dentro del Borde Costero Urbano son considerados parte de la ciudad, es decir, ecosistemas urbanos debido a su cercanía espacial y su influencia en el bienestar humano de los ciudadanos, así como el mismo paisaje de la ciudad. Para realizar esta delimitación, límites naturales o antrópicos como ríos o autopistas fueron utilizados como guías para el proceso de delimitación.

La figura 3 muestra el grado de impermeabilidad de las ciudades de estudio. Aquellas áreas más compactas y con una mayor proporción de terreno artificial son las áreas más impermeables, es decir donde hay presencia de infraestructura urbana. Como se puede observar la ciudad de Cádiz esta urbanizada en su totalidad, mientras que Sanlúcar de Barrameda, Conil de la Frontera y Algeciras presentan áreas sin infraestructura, pero rodeadas de edificaciones. Estos parches dentro de la ciudad son característicos de una expansión urbana no compacta que ha provocado una división de ecosistemas. Este indicador permitió la definición del Borde Costero Urbano ya que representa la densificación de infraestructura an-

trópica dentro de las tierras litorales, es decir, permite localizar y dimensionar las ciudades costeras según su densidad y cobertura actual.

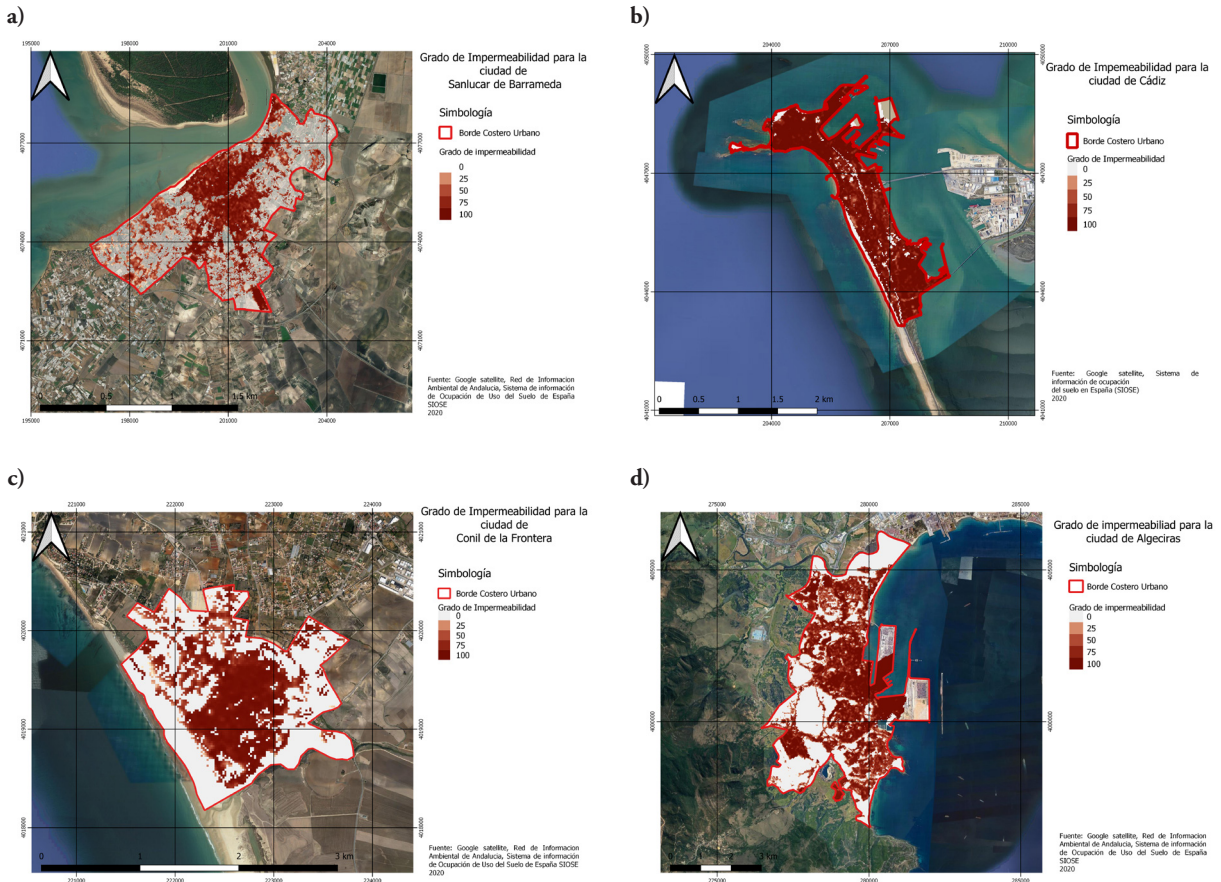
El grado de impermeabilidad se complementa con la cartografía de los usos del suelo, para obtener los límites del Borde Costero urbano, es decir, la delimitación de cada una de las ciudades desde un enfoque socio-ecológico. Para la delimitación de Tierras Litorales se utilizan los límites administrativos municipales.

Finalmente, en la figura 4 se detallan la delimitación del Borde Costero Urbano y las Tierras Litorales. La distinción entre estas unidades es importante debido a que el Borde Costero se relaciona con el ámbito propiamente urbano, la ciudad como elemento de planificación y gestión. Sin embargo, desde el punto de vista socio-ecológico y atendiendo a los principios de la Gestión Integrada de Zonas Costeras, se debe realizar una identificación del litoral urbano al completo, es decir, aquellas Tierras Litorales, fuera del núcleo urbano propiamente dicho, pero que deben ser consideradas en los procesos de planificación y gestión.

En el caso de la ciudad de Cádiz no se pueden asociar Tierras Litorales al Borde Costero desde el punto de vista urbano, ya que la ciudad presenta ecosistemas intermareales o marinos en todas sus fronteras naturales.

La información sobre uso del suelo no solo facilita la determinación de la huella urbana actual, y por tanto definir el Borde Costero urbano, también facilita definir el tipo de actividades económicas y ambientales que se dan en la zona. Esto facilita la promoción de un uso adecuado del espacio urbano y rural. Además de monitorear la evolución y estado de ecosistemas naturales en la zona. Como se puede observar en la figura 5, hay un patrón de localización de zonas urbanas cercanas al litoral, seguidas por es-





**Figura 3.** Grado de impermeabilidad en las ciudades: a) Sanlúcar de la Frontera, b) Cádiz c) Conil de la Frontera d) Algeciras.  
**Figure 3.** Degree of impermeability in the cities: a) Sanlúcar de la Frontera, b) Cádiz c) Conil de la Frontera d) Algeciras.

pacios agrícolas en el caso de Sanlúcar de Barrameda y Conil de la Frontera y por parques naturales para Algeciras.

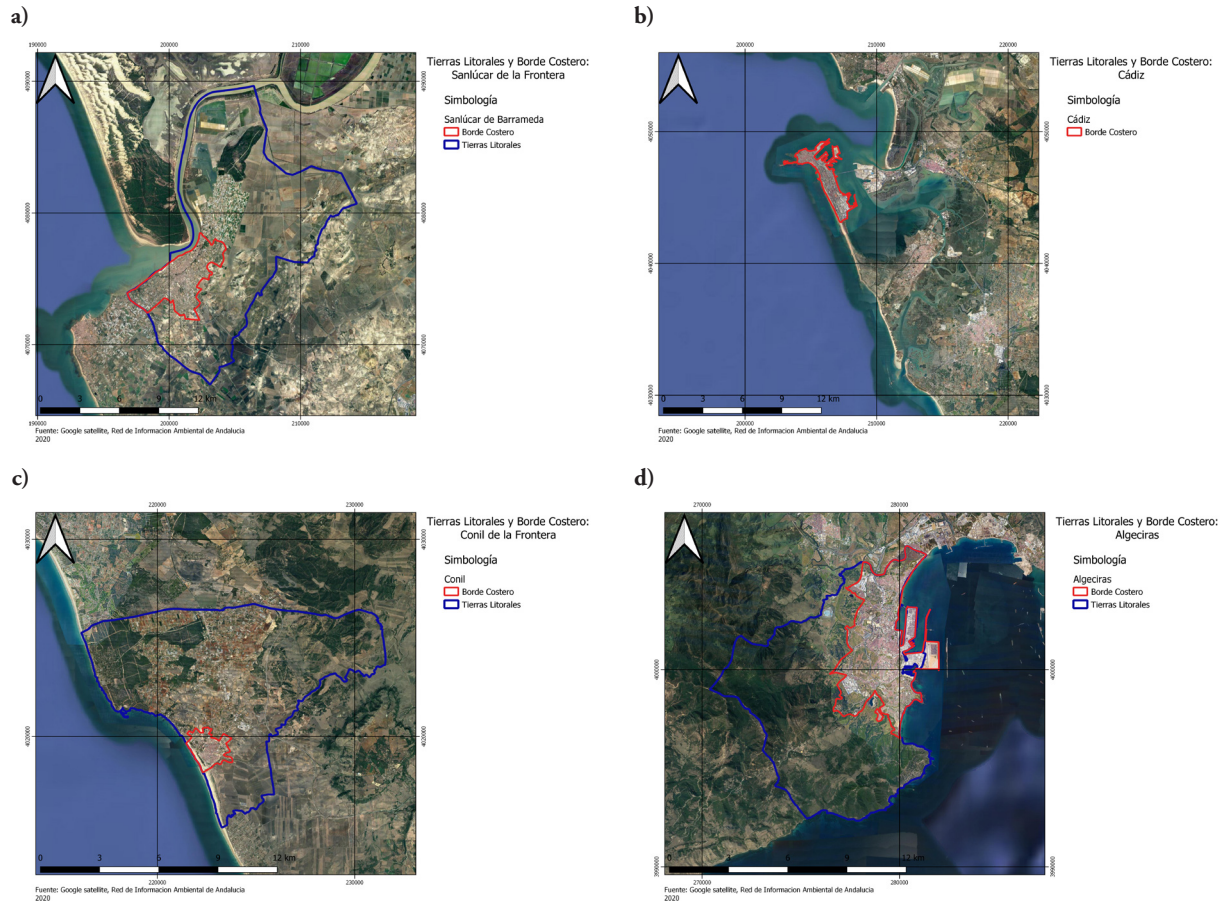
Además, las diferencias en el Borde Costero y las Tierras Litorales de las ciudades, se obtiene según el porcentaje de usos del suelo en cada caso (figura 6). Como se puede observar, la mayoría de las zonas urbanas e industriales se localizan dentro del Borde Costero urbano, con la notable excepción de Conil de la Frontera. El aumento de las zonas urbanas dispersas, urbanizaciones u otros elementos urbanos fuera del núcleo histórico en Conil de la Frontera su-

giere un aumento de la expansión urbana resultante de un crecimiento económico y turístico en la región. Un claro ejemplo de un crecimiento urbano fuera del existente núcleo es la urbanización de Roche, ubicada al norte del existente centro urbano.

A continuación, se detalla y caracteriza el Borde Costero Urbano y las Tierras Litorales de las ciudades costeras de estudio.

### Sanlúcar de Barrameda

Los límites socio-ecológicos del Borde Costero de Sanlúcar de Barrameda indican que la ciudad tiene



**Figura 4.** Delimitación de las Tierras Litorales y Borde Costero: a) Sanlúcar de la Frontera, b) Cádiz, c) Conil de la Frontera d) Algeciras.

**Figure 4.** Delimitation of Coastal Lands and Coastal Edge: a) Sanlúcar de la Frontera, b) Cádiz, c) Conil de la Frontera d) Algeciras

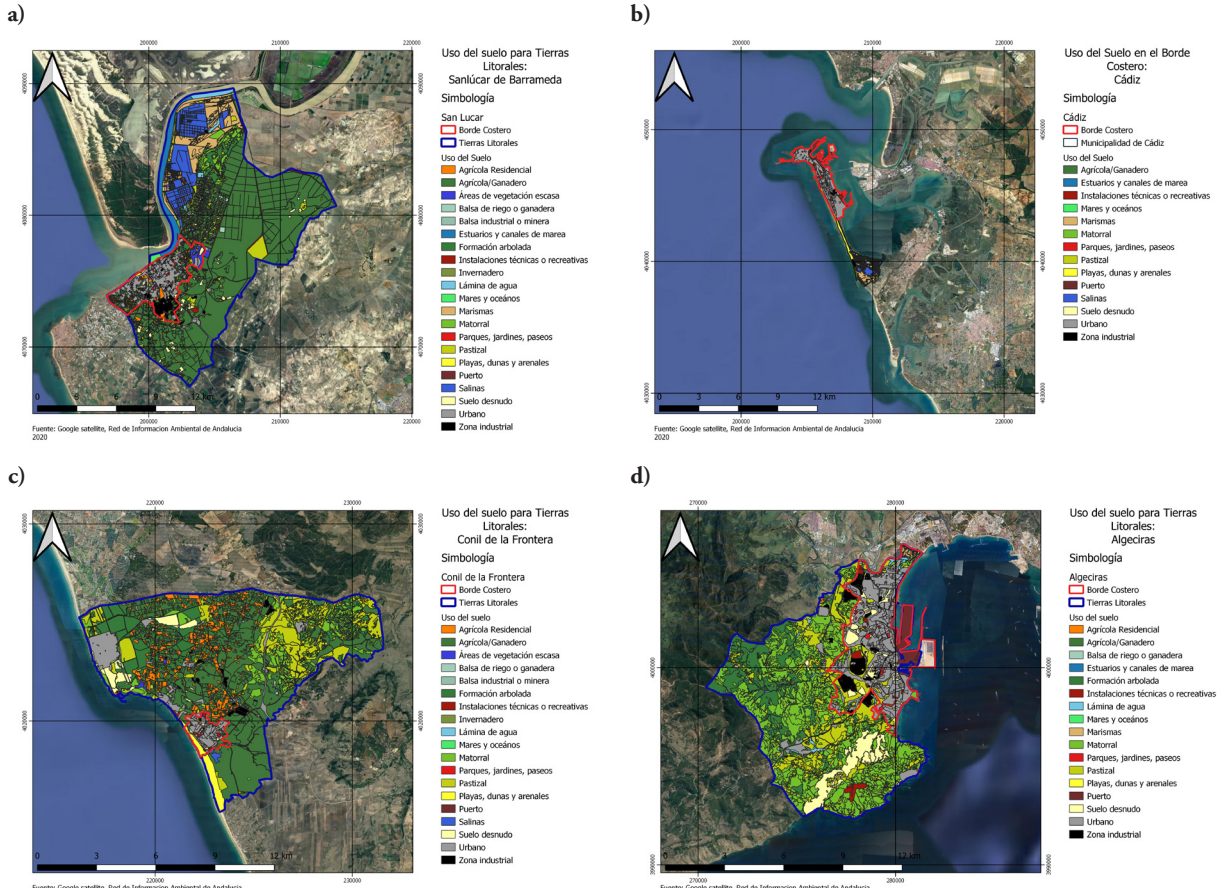
una extensión de 21 km<sup>2</sup> (figura 5). La población es de 60,965 habitantes calculada a partir de información poblacional GIS (Instituto Geografico Nacional, 2014). Por tanto, se puede determinar que la densidad de población es de 2.903 p/km<sup>2</sup>, superior al promedio de la Unión Europea de 112 p/km<sup>2</sup> (The World Bank, 2021). El municipio posee una extensión total de 180 Km<sup>2</sup> (Instituto Geografico Nacional, 2014); por lo tanto, el área urbana supone el 12% del área municipal.

La ciudad tiene una conexión muy estrecha con otras áreas urbanas, especialmente Jerez, Sevilla

y Cádiz. Debido a la necesidad de la población de servicios primarios como universidades y servicios hospitalarios y la falta de transporte público eficiente, la principal forma de transporte en Sanlúcar de Barrameda son los vehículos privados. Por tanto, la mitad de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> proceden del transporte (Ayuntamiento de Sanlúcar de Barrameda, 2017).

Sanlúcar de Barrameda es un centro local de servicios y actividades comerciales del noroeste de la provincia. Su economía ha cambiado rápidamente en las últimas décadas impulsando el turismo de “sol





**Figura 5.** Usos del suelo en el Borde Costero Urbano y las Tierras Litorales: a) Sanlúcar de la Frontera, b) Cádiz, c) Conil de la Frontera, d) Algeciras.

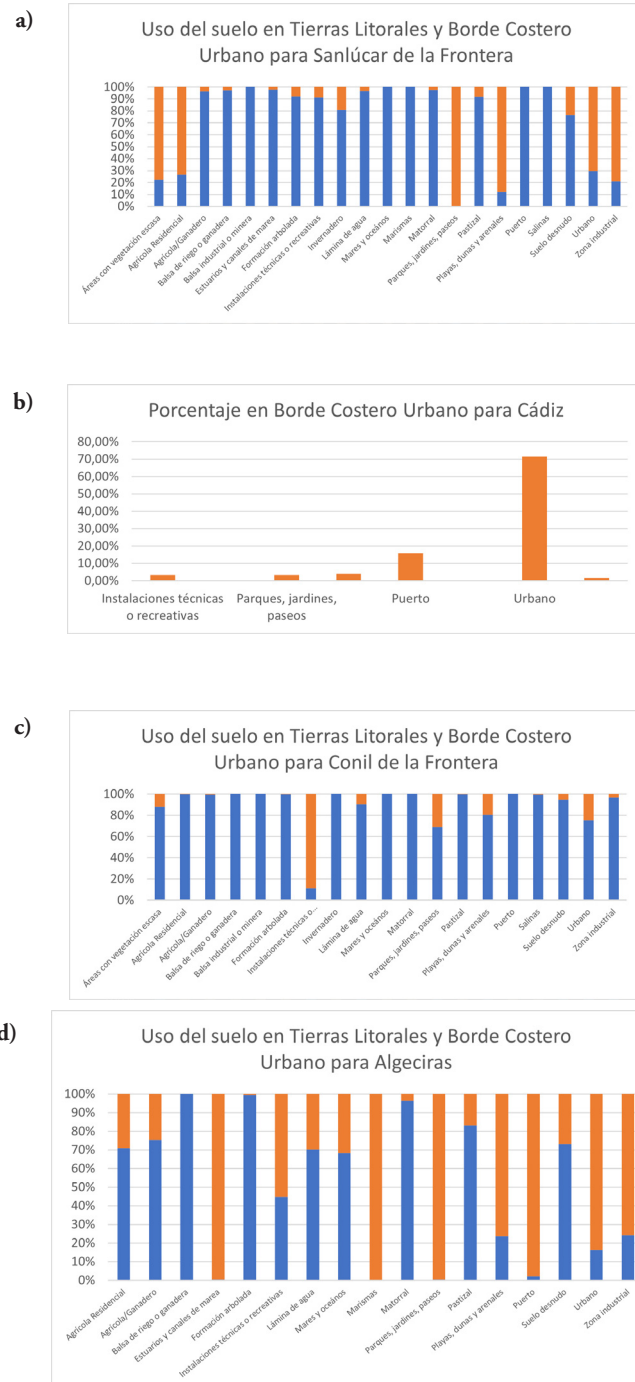
**Figure 5.** Land uses in the Urban Coastal Border and Coastal Lands: a) Sanlúcar de la Frontera, b) Cádiz, c) Conil de la Frontera, d) Algeciras.

y playa” sobre las actividades tradicionales de viñedo y pesca. No obstante, todavía tiene un uso mixto de suelo y actividades económicas, lo que hace que la agricultura, la pesca y el turismo sean las tres principales actividades comerciales (Ayuntamiento de Sanlúcar de Barrameda, 2017; Consejería de Obras Públicas y Vivienda, 2011).

El municipio ha mostrado un crecimiento poblacional exponencial en los últimos años, provocando un incremento en las áreas urbanas de la ciudad (Instituto Nacional de Estadística, 2019). La zona es también un claro ejemplo del proceso de litoraliza-

ción que ha sufrido el litoral español en las últimas décadas debido al turismo de “sol y playa”, favorecido por las autoridades nacionales y locales. El crecimiento urbano ha sido desorganizado y no planificado, produciendo pérdida de ecosistemas favoreciendo la urbanización y reduciendo sus áreas verdes urbanas. Por lo tanto, existen límites poco claros entre áreas agrícolas, industriales y residenciales (Ayuntamiento de Sanlúcar de Barrameda, 2017; Instituto Nacional de Estadística, 2019)

Además de los elementos propios del ámbito urbano, en las Tierras Litorales correspondientes a San-



**Figura 6.** Porcentaje de usos del suelo en el Borde Costero Urbano y Las Tierras Litorales: a) Sanlúcar de la Frontera, b) Cádiz, c) Conil de la Frontera d) Algeciras.

**Figure 6.** Percentage of land uses in the Urban Coastal Border and Coastal Lands: a) Sanlúcar de la Frontera, b) Cádiz, c) Conil de la Frontera d) Algeciras.

lúcar de Barrameda destacan ecosistemas agrícolas y asentamientos rurales que influyen en el desarrollo económico y social de la ciudad (Junta de Andalucía, 2011a). En este sentido, las Tierras Litorales asociadas a la Sanlúcar de Barrameda tienen una extensión de 180 km<sup>2</sup>.

### **Cádiz**

La delimitación socio-ecológica del Borde Costero muestra que la ciudad de Cádiz tiene una extensión de 7,6 Km<sup>2</sup>, con una población de 116,979 en 2014 (figura 5). Por tanto, la ciudad tiene una densidad de 15.392 p/km<sup>2</sup>, una de las más altas del continente europeo (Ayuntamiento de Cádiz, 2010; Instituto Geográfico Nacional, 2014; The World Bank, 2021). El municipio posee una extensión total de 12 Km<sup>2</sup> (Instituto Geográfico Nacional, 2014); por lo tanto, el área urbana supone el 63 % del área municipal.

Este municipio es considerado un centro de servicios y actividades económicas de la bahía y da empleo a la población de varias zonas de la comarca. Este fenómeno provoca la movilización de trabajadores de otros núcleos urbanos, como San Fernando, Puerto Real y El Puerto de Santa María (Consejería de Obras Públicas y Transportes Secretaría General de Ordenación del Territorio y Urbanismo, 2004).

Debido a las características geográficas y topográficas de Cádiz, la ciudad no puede crecer más. Además, la población ha ido disminuyendo de manera constante en los últimos años (Consejería de Obras Públicas y Transportes Secretaría General de Ordenación del Territorio y Urbanismo, 2004; Instituto Nacional de Estadística, 2019). La ciudad está conectada con tierra firme por el camino histórico a San Fernando y dos puentes que conectan en Puerto Real. Además, existen ferris públicos con destino a El Puerto de Santa María y Rota (Ayuntamiento de Cádiz, 2010).

Cádiz es una ciudad turística de “sol y playa” y turismo histórico, pero también tiene actividades industriales esenciales, ubicadas principalmente en la zona

franca. Asimismo, los puertos y marinas industriales, de pasajeros y pesqueros son una de las principales actividades económicas de la ciudad (Ayuntamiento de Cádiz, 2010; Consejería de Obras Públicas y Transportes Secretaría General de Ordenación del Territorio y Urbanismo, 2004).

Cádiz tiene zonas portuarias, zonas industriales, dunas y zonas de playa y, en su mayoría, zona urbana, según el Corine Land Cover (CLC) de la Junta de Andalucía, (2011).

### **Conil de la Frontera**

La delimitación socio-ecológica de Conil de la Frontera muestra una superficie de 3 km<sup>2</sup> y 136,23 habitantes calculada a partir de información GIS sobre asentamientos poblacionales (figura 5). La densidad de población es de 4.541 p/km<sup>2</sup>, superior al promedio de la Unión Europea (Instituto Geográfico Nacional, 2014; The World Bank, 2021). El municipio posee una extensión de 87 Km<sup>2</sup> (Instituto Geográfico Nacional, 2014); por lo tanto, el área urbana se corresponde con el 3% del área municipal.

La ciudad tiene una relación muy estrecha con otras áreas urbanas importantes de Cádiz, particularmente la Bahía de Cádiz. Existe un elevado movimiento de población hacia la Bahía de Cádiz debido a la necesidad de servicios primarios como universidades y servicios hospitalarios y oportunidades laborales (Consejería de Fomento infraestructura y Ordenación del Territorio, 2011) Este municipio ha sufrido cambios importantes en los últimos años debido principalmente al impulso del turismo de “sol y playa” y al sector de la construcción que ha incrementado la litoralización de la zona. Los habitantes sostienen sus medios de vida con servicios primarios como la pesca y la agricultura, pero esto ha cambiado para dar espacio a las instalaciones turísticas y los alojamientos de verano (Consejería de Fomento infraestructura y Ordenación del Territorio, 2011). Conil de la Frontera ha demostrado un aumento poblacio-

nal estable en los últimos años (Instituto Nacional de Estadística, 2019). Debido a la cercanía y las buenas conexiones de tráfico con la Bahía de Cádiz en coche, muchos habitantes de esta zona han decidido cambiar su residencia a Conil de la Frontera, atraídos por los bajos precios de la vivienda, lo que ha provocado un aumento de la población (Consejería de Fomento infraestructura y Ordenación del Territorio, 2011). Las Tierras Litorales del municipio presentan un área extensa de 87 km<sup>2</sup>, donde se combinan usos rurales y agrícolas con urbanizaciones consolidadas. La ciudad ha ido expandiéndose, poniendo los ecosistemas en un riesgo sustancial. Cabe destacar que el municipio de Conil de la Frontera también es conocido por la preservación histórica de los ecosistemas naturales (que son el principal atractivo del turismo). Sin embargo, la expansión urbana acelerada puede poner en peligro áreas naturales en la ciudad o sus alrededores e impactar la composición urbana (Consejería de Fomento infraestructura y Ordenación del Territorio, 2011).

### **Algeciras**

El Borde Costero de la ciudad de Algeciras presenta una superficie de 25,6 km<sup>2</sup>, según la delimitación geográfica que se muestra en la figura 5. Tiene 120,255 habitantes, según información GIS del Instituto Geografico Nacional (2014); por tanto, la densidad de población es de 4,697 p/km<sup>2</sup>, superior al promedio de la Unión Europea (The World Bank, 2021). El municipio posee una extensión de 87 Km<sup>2</sup> (Instituto Geografico Nacional, 2014), lo que supone el 29% del área municipal. Esta zona de alto crecimiento urbano posee courbanización con los asentamiento de Los Barrios y la Línea de la Concepción (Consejería de Fomento infraestructura y Ordenación del Territorio, 2012)

La ciudad tiene una relación excepcional e histórica con el territorio británico de Gibraltar, ubicado en el

lado opuesto de la bahía de Algeciras. La ciudad creció como respuesta al puerto comercial e industrial del territorio británico, y es el puerto más importante de España y uno de los puertos más transitados de Europa. El puerto es una de las zonas de España con mayores emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del transporte marítimo (Ayuntamiento de Algeciras, 2001; Junta de Andalucía, 2011b; Revista de Ingeniería Naval, 2016).

Debido a la influencia del puerto y al posterior desarrollo económico, la zona ha experimentado un cambio en las actividades industriales y comerciales, pasando de la agricultura y los servicios primarios a los sectores industriales y de servicios, provocando la movilización de personas hacia las ciudades, incluida Algeciras, y por tanto aumentando las dimensiones del área urbana (Ayuntamiento de Algeciras, 2001; Instituto Nacional de Estadística, 2019).

Algeciras ha sufrido importantes alteraciones en el paisaje urbano debido al desarrollo económico y al crecimiento urbano de la zona costera. La ciudad depende en gran medida de las actividades portuarias e industriales. Esto no ha evitado que la ciudad sufra altas tasas de desempleo, presentando una cifra menor que el resto de la región andaluza (Ayuntamiento de Algeciras, 2001; Servicio Público de Empleo Estatal, 2020).

Las Tierras Litorales del municipio suponen una superficie de 87 Km<sup>2</sup>. Estos se encuentran principalmente ocupados por la expansión industrial y residencial, aunque se encuentran ecosistemas de elevado interés, conservados bajo la figura de Parque Natural (Parque Natural de los Alcornocales). En las Tierras Litorales se encuentran, por tanto, ecosistemas como bosques, matorrales, pastos, lagunas litorales, etc., que prestan importantes servicios a la población local.

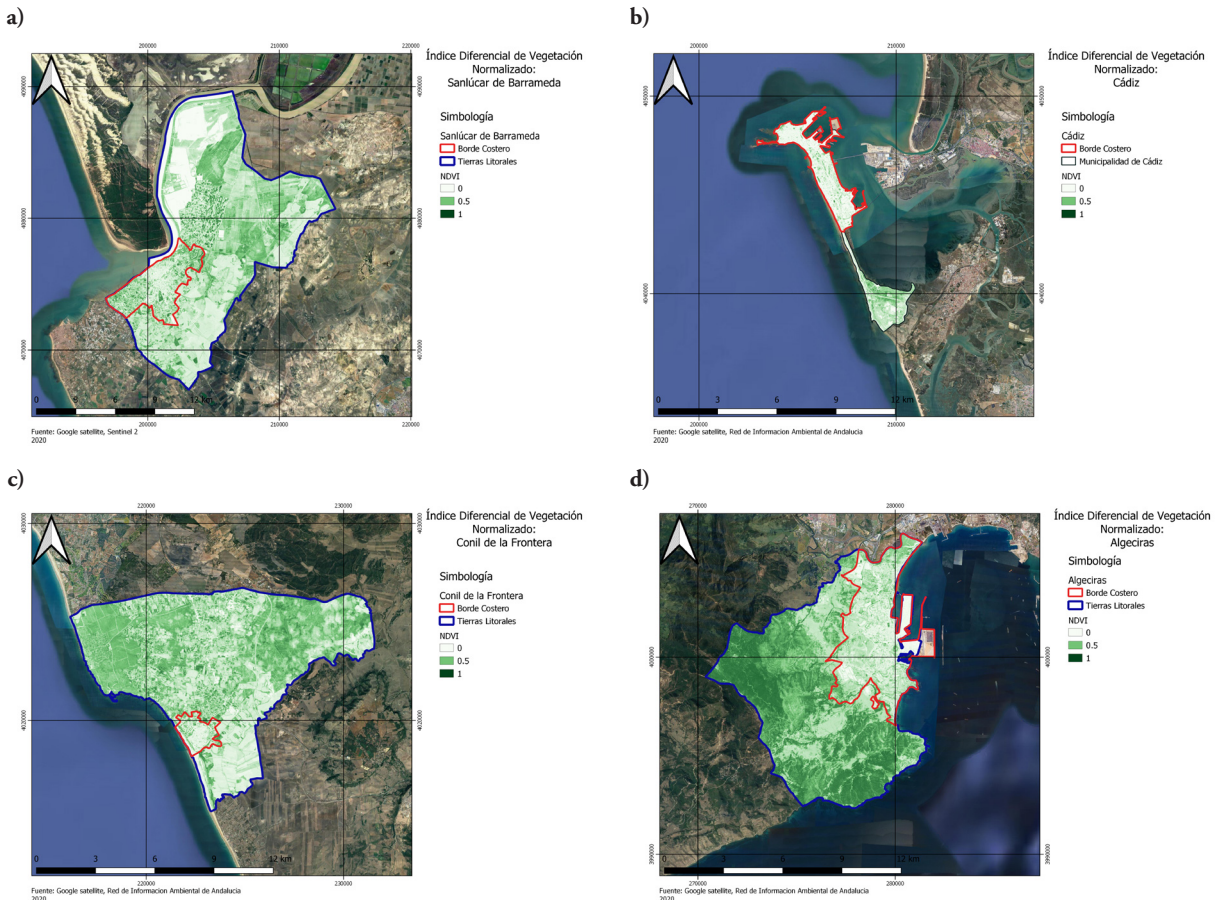


### Expansión urbana y cambios en densidad de vegetación en ciudades costeras

La delimitación de las áreas de estudio con un enfoque socio-ecológico permite, entre otras cosas, el monitoreo de la expansión urbana y la densidad de vegetación alrededor de las ciudades. El crecimiento desmedido de zonas urbanas y campos agrícolas puede representar el aislamiento de ecosistemas, pérdida de biodiversidad y deterioro del bienestar humano así como una discordancia entre los servicios y las delimitación jurídico-administrativas (Dadon & Oldani, 2017).

Una vez delimitado el Borde Costero Urbano es posible utilizar indicadores para monitorear el estado ambiental de las unidades de estudio. Entre los indicadores que pueden utilizarse para medir los ecosistemas y sus servicios destaca el Índice diferenciado de Vegetación Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés). Este indicador permite visualizar áreas con vegetación y áreas sin vegetación (figura 7).

El resultado del NDVI, demuestra una vegetación discontinua para las Tierras Litorales de Conil de la Frontera y Sanlúcar de Barrameda. Las ciudades están rodeadas de campos agrícolas con poca vegetación.



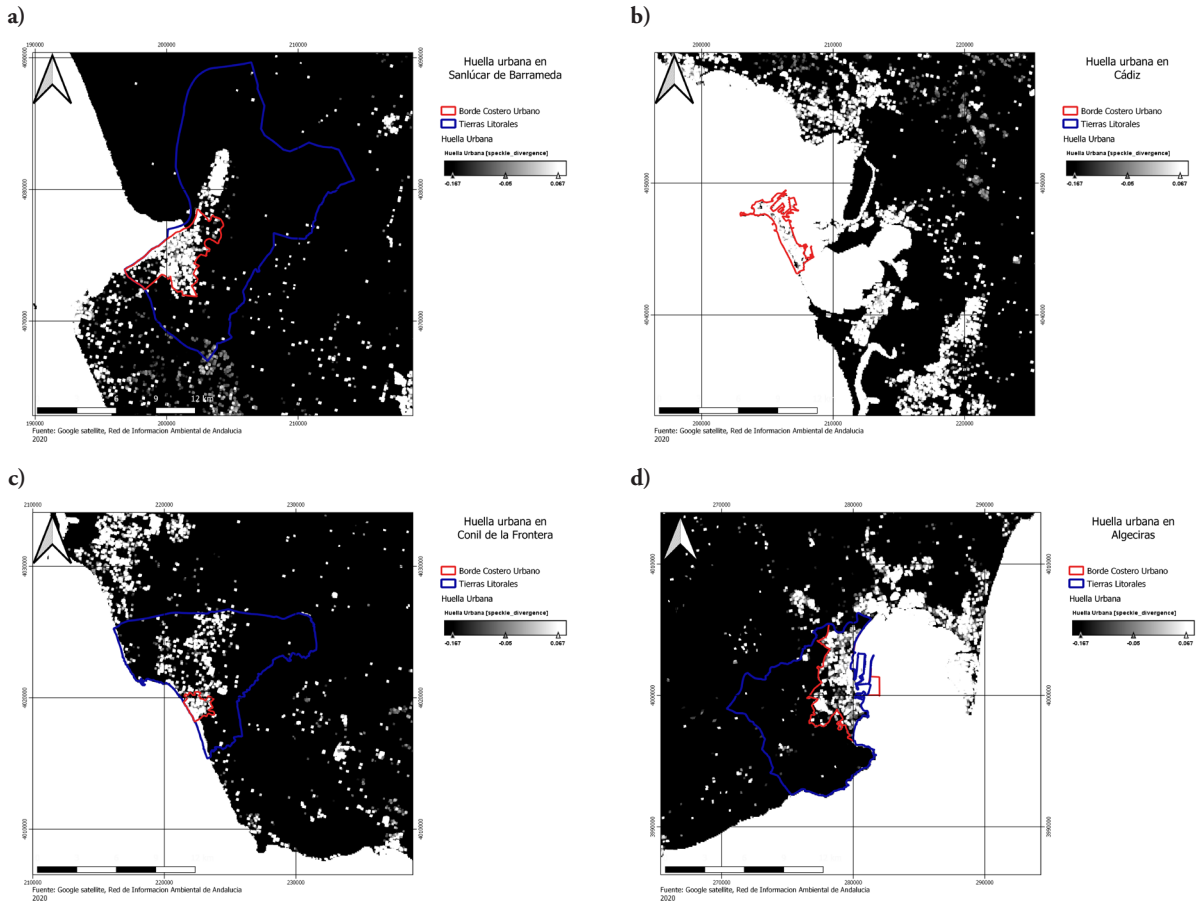
**Figura 7.** Índice Diferencial Normalizado de Vegetación a) Sanlúcar de la Frontera, b) Cádiz, c) Conil de la Frontera d) Algeciras.  
**Figure 7.** Normalized Differential Vegetation Index a) Sanlúcar de la Frontera, b) Cádiz, c) Conil de la Frontera d) Algeciras.

ción. Estos campos o parcelas agrícolas pueden ser utilizados para desarrollos urbanos futuros, aumentando la huella urbana y provocando una creciente pérdida de ecosistemas. La densificación urbana debe ser promovida para evitar un crecimiento innecesario de arquitectura expansiva, que afecta considerablemente el paisaje local. Entre tanto, la utilización de estas áreas como campos agrícolas o en su defecto como áreas de recuperación ambiental es necesaria para garantizar el acceso a servicios ecosistémicos, particularmente el aprovisionamiento de alimentos locales. En el caso de Algeciras, afortunadamente, la existencia de parques naturales protege y aumenta la vegetación en la circunferencia del Borde Costero Urbano. Todos los ecosistemas que efectivamente rodean el Borde Costero Urbano deben ser protegidos tanto por la influencia directa de la ciudad, así como por los servicios ecosistémicos que proveen. Un buen manejo de estos ecosistemas debe ser incluido en planes de gestión, políticas y planes urbanos para evitar posibles deservicios a la población. Por ejemplo, las prácticas sostenibles agrícolas son imperantes para evitar impacto a la salud de los ciudadanos y de los ecosistemas urbanos por el uso de pesticidas.

En el caso del Borde Costero Urbano, el NDVI permite definir si la ciudad tiene suficientes espacios verdes urbanos para el disfrute de la población. Por ejemplo, las ciudades de Cádiz, Conil de la Frontera y Algeciras presentan poca vegetación dentro del Borde Costero Urbano. La carencia de vegetación dentro de este núcleo se traduce en un deterioro del

bienestar humano, una reducción de la calidad del aire, pérdida de biodiversidad, disminución de la regulación climática, entre otros. En el caso de Sanlúcar de Barrameda, la ciudad presenta más vegetación que las demás áreas de estudio. Adicionalmente, según el uso del suelo, en Sanlúcar de Barrameda existen registros de zonas agrícolas residenciales, que promueven el consumo local de alimentos. Sin embargo; esta diversidad dentro del casco urbano evidencia un crecimiento irregular de la ciudad, demostrando una falta de planificación urbana efectiva que promueva una ciudad compacta que promueva la sostenibilidad y resiliencia.

De igual manera, se logró realizar una extracción de la huella urbana utilizando imágenes SAR de Sentinel 1. Como se observa en la figura 8, Las ciudades de Sanlúcar de Barrameda y Conil de la Frontera presentan una serie de construcciones aisladas cerca del Borde Costero Urbano. Comprobando este fenómeno con imágenes satelitales (figura 9) se puede observar residencias intercaladas con campos agrícolas. Este tipo de conformación paisajística es el producto de un crecimiento urbano desordenado que provoca el aislamiento de ecosistemas y la expansión de la huella urbana. En el caso de la ciudad de Algeciras, se puede observar claramente la courbanización con centros poblacionales fuera del municipio, la cual abarca completamente la bahía de Algeciras. Finalmente, la ciudad de Cádiz se presenta completamente urbanizada con pocas áreas verdes para el disfrute de los ciudadanos.

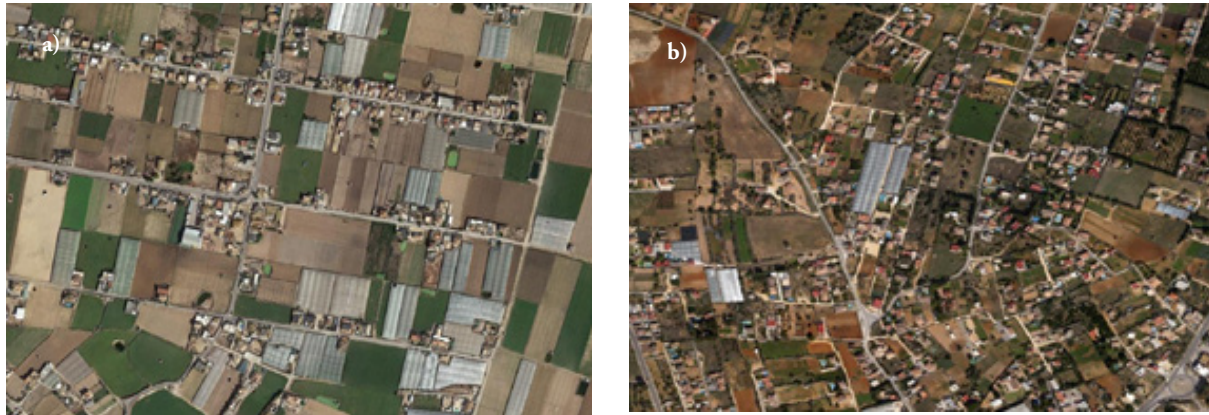


**Figura 8.** Extracción de la huella Urbana a) Sanlúcar de la Frontera, b) Cádiz, c) Conil de la Frontera d) Algeciras.  
**Figure 8.** Extraction of the urban footprint a) Sanlúcar de la Frontera, b) Cádiz, c) Conil de la Frontera d) Algeciras.

## 4. Discusión y conclusiones

Con los límites geográficos socio-ecológicos, esta investigación muestra que las áreas urbano-costeras, como cualquier otro ecosistema, no necesariamente coinciden con los límites administrativos. Un claro ejemplo de este fenómeno es la conurbación de Algeciras con la aglomeración urbana de Los Barrios y La Línea de la Concepción. Debido a la falta o una gestión urbana inadecuada, las ciudades tienden a crecer orgánicamente. Se expanden según la cantidad de recursos presentes en un área. En Algeciras, el prin-

cipal recurso que atrae a los asentamientos urbanos son las oportunidades laborales en la industria portuaria. Simultáneamente, los servicios ecosistémicos de la Bahía de Algeciras permiten las actividades portuarias, estableciendo una relación intrínseca entre la ciudad y sus ecosistemas cercanos. Estos resultados son correctos, dando la descripción de Barragán y de Andrés, (2015) de la expansión urbana en ciudades costeras a nivel mundial y el fenómeno de la conurbación. Sin embargo, en la ciudad de Algeciras



**Figura 9.** Ejemplos de expansión urbana en el área de estudio a) Sanlúcar de la Frontera, b) Conil de la Frontera. Fuente: Google Earth.

**Figure 9.** Examples of urban expansion in the study area a) Sanlúcar de la Frontera, b) Conil de la Frontera. Source: Google Earth.

sí existe un límite de crecimiento del Borde Costero Urbano, dada la presencia de los parques naturales, lo cual demuestra la capacidad de aplacar la expansión de la huella urbana con una zonificación efectiva.

En Sanlúcar de Barrameda y Conil de la Frontera, la expansión de las áreas urbanas fuera del centro de la ciudad respondió más a la expansión natural de los núcleos urbanos. Las afueras de las ciudades suelen ofrecer mejores precios de vivienda y alojamiento, lo que atrae a nuevos ciudadanos a la zona. Esta tendencia provoca una pérdida de ecosistemas y sus servicios si no se cuenta con el plan de manejo y las medidas ambientales adecuadas. La expansión urbana y sus consecuencias negativas son globales e históricas, convirtiéndose en uno de los principales impulsores del cambio para el paisaje natural y aumentando la discrepancia entre la provisión de servicios y los límites jurídico-administrativos (Dadon & Oldani, 2017; Ismael, 2020).

Cádiz es la única ciudad con casi los mismos límites geográficos socio-ecológicos que su frontera administrativa. Esta realidad no se atribuye a una adecuada planificación urbanística sino a la conformación geomorfológica. Cádiz es una península, lo que significa

que su área está limitada por el agua de mar, lo que permite solo una cantidad específica de expansión urbana, que la ciudad ya alcanzó, lo que hace que el crecimiento urbano sea casi imposible. Sin embargo, el puerto parece continuar su expansión, tomando áreas del ecosistema natural de la bahía.

Las ciudades y centros urbanos, en especial aquellos en el litoral, son unidades socio ecológicas que responden a una multitud de variables ambientales, económicas y sociales. La delimitación del Borde Costero Urbano, así como de su contextualización dentro de las Tierras Litorales es necesario para el entendimiento de la ciudad como un ecosistema adicional al paisaje natural. En primer lugar, delimitar las áreas permite el análisis de los ecosistemas urbanos dentro de los límites de la ciudad, separados de los ecosistemas adyacentes que influyen mucho en el área pero que no forman parte del centro urbano, lo cual es necesario para la GBE.

De igual forma permite detectar áreas urbanas en expansión como lo son Sanlúcar de Barrameda y Conil de la Frontera. Este proceso ayuda a promover un desarrollo urbano compacto que priorice la conservación de ecosistemas naturales y un diseño urbano



sostenible, resiliente y con suficientes áreas verdes urbanas para la mejora del bienestar humano.

La delimitación también permite el análisis de indicadores espaciales como el NDVI, que permite el estudio de las zonas de interés según su realidad socio-ecológica. Por ejemplo, la utilización del NDVI en el Borde Costero Urbano permite definir si los habitantes tienen un acceso adecuado a espacios verdes, mientras que su utilización en Tierras Litorales permite a su vez un monitoreo de parques naturales o sistemas agrícolas. Sin la delimitación adecuada, no se podría definir efectivamente indicadores de bienestar humano urbano, como por ejemplo acceso a parques o jardines.

La extracción de la huella urbana también es un excelente indicador para el monitoreo de expansión urbana y pérdida de ecosistemas. Con este instrumento se pudo detectar claramente la existencia de áreas de construcción que según el uso del suelo son áreas agrícolas o campos con vegetación. Este instrumento en adición con el NDVI y otros indicadores espaciales basados en Teledetección, pueden permitir a un gestor ambiental o urbano la revisión periódica del estado de la ciudad y sus alrededores, permitiendo una identificación más pronta de posibles fenómenos de expansión urbana y pérdida de ecosistemas; y por tanto tomar las medidas necesarias para la preservación de ecosistemas naturales.

Por lo tanto, se recomienda la zonificación local y regional utilizando el CSES con el fin de utilizar dicha delimitación en planes de Gestión Integral de Áreas Litorales, así como planes urbanos locales que fomenten un uso sostenible y resiliente de los recursos naturales costeros.

La expansión urbana en la región es el resultado de una oferta de viviendas rurales o turísticas a precios moderados en zonas con alto atractivo turístico, debido a su cercanía con la costa y otros elementos naturales. La industria turística (nacional e internacional) e inmobiliaria debe promover la preservación

y crecimiento de los ecosistemas naturales existentes y diseñar sus proyectos incluyendo espacios naturales y tomando en cuenta la realidad de un sistema socio-ecológico complejo y frágil ante las presiones antrópicas. Esto, con el objetivo de no solo preservar el medio ambiente y mejorar la calidad de vida de sus habitantes, sino para asegurar la sostenibilidad económica de los proyectos a largo plazo. El atractivo turístico recae en los elementos naturales, que de ser deteriorados por actividades antrópicas dejarán de atraer turismo y, por tanto, inversión económica. Tal fue el caso de la laguna costera del Mar Menor, la cual debido a su fuerte deterioro ambiental, causó a su vez una reducción considerable de inversión económica en la zona (Prieto & Marinas, 2018).

La delimitación del Borde Costero Urbano y de las Tierras Litorales utilizando la teoría del CSES, así como la Gestión Basada en Ecosistemas, asegura una preservación de los sistemas naturales e incluye las actividades humanas en los alcances de la gestión ambiental. Es necesario aumentar las capacidades de las instituciones encargadas de la planificación urbana y gestión costera con el fin de conservar los servicios ecosistémicos y su relación con las comunidades adyacentes (Dadon, 2020; Dadon & Oldani, 2017) social, economic, cultural, and physical-natural processes converge in the configuration of coastal urban fronts, the complexity of which derives from their condition as quadruple (air-water-continent-city, así como ofrecer una perspectiva innovadora que tome en cuenta las particularidades del sistema socio-ecológico.

Como conclusión, la presente investigación sirve de ayuda a gestores y tomadores de decisiones competentes de la planificación urbana en ciudades costeras. A partir de una delimitación socio-ecológica, que permita adaptarse a la realidad de cada ciudad, se puede avanzar hacia una GBE.

Los municipios seleccionados en la provincia de Cádiz presentan diferentes características socioeco-

nómicas y ecológicas, por lo que cada una presenta unos límites geográficos de Borde Costero y Tierras Litorales concretos. Estos límites geográficos permiten mapear y estudiar los ecosistemas urbanos y los ecosistemas fuera de las ciudades sin obedecer los límites administrativos, que a menudo no representan los límites de los ecosistemas naturales. Estos resultados muestran, por tanto, el crecimiento natural de las ciudades. Debido a la falta de planificación urbana, las ciudades han crecido de forma natural sin considerar ninguna restricción política o administrativa

que provoca la pérdida de ecosistemas naturales, una fragmentación de la red de servicios públicos la cual complica las fronteras juridico-administrativas.

Al igual que con cualquier otro ecosistema, los gobiernos y los administradores deben operar y controlar el desarrollo de las ciudades para preservar ecosistemas naturales dentro y fuera de centros urbanos, reducir la pérdida de servicios ecosistémicos, evitar la expansión urbana y mejorar el bienestar humano mediante la creación de una ciudad sostenible y resiliente.

## 5. Referencias

- Abutaleb, K., Freddy Mudede, M., Nkongolo, N., & Newet, S. W. (2020). Estimating urban greenness index using remote sensing data: A case study of an affluent vs poor suburbs in the city of Johannesburg. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.07.002>
- Ayuntamiento de Algeciras. (2001). Plan general Municipal de Ordenación Algeciras.
- Ayuntamiento de Cádiz. (2010). *Plan General de Ordenación Urbanística de Cadiz* (pp. 1–37). [http://institucional.cadiz.es/area/Plan General de Ordenación Urbanística \(PGOU\)/677](http://institucional.cadiz.es/area/Plan%20General%20de%20Ordenaci%C3%B3n%20Urban%C3%ADstica%20(PGOU)/677)
- Ayuntamiento de Sanlúcar de Barrameda. (2017). *Estrategia de Desarrollo Urbano Sostenible E Integrado De Sanlucar De Barrameda 2020*.
- Barragan, J. M. (2003). Medio ambiente y desarrollo de Areas litorales: Introducción a la planificación y gestión integradas. Universidad de Cádiz.
- Barragán, J. M. (2014). Política, gestión y litoral. Nueva visión de la gestión integrada de áreas litorales. RESUMEN. Política, Gestión y Litoral. Nueva Visión de La Gestión Integrada de Áreas Litorales, 206.
- Barragán, J. M., & de Andrés, M. (2015). Analysis and trends of the world's coastal cities and agglomerations. *Ocean and Coastal Management*, 114, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.06.004>
- Barragán, J. M., & de Andrés, M. (2016). Aspectos básicos para una gestión integrada de las áreas litorales de España: conceptos, terminología, contexto y criterios de delimitación. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 16(2), 171–183. <https://doi.org/10.5894/rgci638>
- Consejería de Fomento infraestructura y Ordenación del Territorio. (2011). Plan de Ordenación del Territorio La Janda.
- Consejería de Fomento infraestructura y Ordenación del Territorio. (2012). Plan de Ordenación del Territorio Campo Gibraltar. <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoinfraestructurasyordenaciondel-territorio/areas/ordenacion/planes/paginas/listados-pot-subregional.html>
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. (2015). Plan de Protección del Corredor Litoral de Andalucía. Junta de Andalucía.
- Consejería de Obras Públicas y Transportes Secretaría General de Ordenación del Territorio y Urbanismo. (2004). Plan de Ordenación del territorio de la Bahía de Cádiz.
- Consejería de Obras Públicas y Vivienda. (2011). Plan de ordenación de la Costa Noroeste de Cádiz. Junta de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoinfraestructurasyordenaciondel-territorio/areas/ordenacion/planes/paginas/listados-pot-subregional.html>
- Cumming, G. S. (2011). *Spatial Resilience in Social-Ecological Systems* (Springer).
- Dadon, J. R. (2020). Configuration processes of waterfronts: The coastal area of Buenos Aires (Argentina).



- Investigaciones Geográficas*, 74, 223–243. <https://doi.org/10.14198/INGEO2020.D>
- Dadon, J. R., & Oldani, J. I. (2017). Interjurisdictional coastal management in metropolitan areas. *Ocean and Coastal Management*, 148, 260–271. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.08.002>
- de Andrés, M., & Barragán, J. M. (2017). Urban development and Integrated Coastal Zone Management in the Bay of Cadiz. 117–126. <https://doi.org/10.2495/CC170121>
- de Andrés, M., Barragán, J. M., Arenas Granados, P., García Sanabria, J., & García Onetti, J. (2020). Gestión de las Zonas Costeras y Marinas en España. *Costas*, 1(January), 117–132. <https://doi.org/10.26359/costas.e106>
- de Andrés, M., Barragán, J. M., & García Sanabria, J. (2017). Relationships between coastal urbanization and ecosystems in Spain. *Cities*, 68(November 2016), 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.05.004>
- de Andrés, M., Barragán, J. M., & Scherer, M. (2018). Urban centres and coastal zone definition: Which area should we manage? *Land Use Policy*, 71, 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.038>
- Fikret Berkes, Carl Folke, J. C. (1998). Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience.
- Hashim, H., Abd Latif, Z., & Adnan, N. A. (2019). Urban vegetation classification with NDVI threshold value method with very high resolution (VHR) pleiades imagery. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(4/W16), 237–240. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W16-237-2019>
- Iglesias, A., Berta, S., Stefano, L. De, & Hern, N. (2017). Defining adaptation measures collaboratively: A participatory approach in the Doñana socio-ecological system, Spain. 195, 46–55. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.042>
- Images, H. S. A. R., Stasolla, M., Member, S., Gamba, P., & Member, S. (2008). Spatial Indexes for the Extraction of Formal and Informal Human Settlements From. 1(2), 98–106.
- Instituto Geografico Nacional. (2014). Sistema de información de Ocupación de Uso del Suelo de España SIOSE. [www.siose.es](http://www.siose.es)
- Instituto Nacional de Estadística. (2019). *INEBase*. <https://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?padre=517&ccapsel=517>
- Ismael, H. M. (2020). Urban form study: the sprawling city—review of methods of studying urban sprawl. *GeoJournal*, 9. <https://doi.org/10.1007/s10708-020-10157-9>
- Junta de Andalucía. (2011a). Red de información Ambiental de Andalucía. <https://descargasrediam.cica.es/repos/RUR/download>
- Junta de Andalucía. (2011b). Tráfico marítimo y emisiones de CO2 derivadas del tráfico marítimo en las aguas del entorno de España. [http://www.junta-deandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menu-item.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0?vgnextoid=f8b7019b59d29410VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=0bbdc97a6570f210VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang\\_es#apartado88b7019b59d29](http://www.junta-deandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menu-item.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0?vgnextoid=f8b7019b59d29410VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=0bbdc97a6570f210VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang_es#apartado88b7019b59d29)
- Kremer, P., Hamstead, Z. A., & McPhearson, T. (2016). The value of urban ecosystem services in New York City: A spatially explicit multicriteria analysis of landscape scale valuation scenarios. *Environmental Science and Policy*, 62, 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.012>
- Marrs, R. (2001). Ecosystem Management: Lessons from Around the World — A Guide for Development and Conservation Practitioners. In *Biological Conservation* (Vol. 100, Issue 2). [https://doi.org/10.1016/s0006-3207\(00\)00228-7](https://doi.org/10.1016/s0006-3207(00)00228-7)
- Neumann, B., Vafeidis, A. T., Zimmermann, J., & Nicholls, R. J. (2015). Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding - A global assessment. *PLoS ONE*, 10(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118571>
- Norberg, J., & Cumming, G. S. (2008). Complexity theory for a sustainable future (Columbia U).
- Prieto, F., Estévez, R., Marinas, I., Alfonso, C., & Lobo, J. (2017). 25 años de urbanización en España. *El País*. [https://elpais.com/elpais/2016/12/29/planeta\\_futuro/1483012649\\_183227.html](https://elpais.com/elpais/2016/12/29/planeta_futuro/1483012649_183227.html)
- Prieto, F., & Marinas, I. (2018). 82 millones de turistas y el colapso del Mar Menor. *InfoLibre*.
- Revista de Ingeniería Naval. (2016). Los 10 puertos europeos con más tráfico en el 2015. <https://sectormarítimo.es/los-10-puertos-europeos-mas-trafico-2015>

- Servicio Público de Empleo Estatal. (2020). *Paros registrados por municipio*. <https://www.sepe.es/HomeSepe/que-es-el-sepe/estadisticas/datos-estadisticos/municipios.html>
- Spanish National Ecosystem Assessment. (2014). Ecosystems and biodiversity for human wellbeing: Synthesis of key findings. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 90. <https://doi.org/10.13140/2.1.2415.1842>
- Teeb. (2011). TEEB manual for cities: Ecosystem services in urban management. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB).
- The World Bank. (2021). Population density (people per sq. km of land area) - European Union. <https://data.worldbank.org/indicator/EN.POP.DNST?end=2018&locations=EU&start=1961&view=chart>
- Von Glasow, R., Jickells, T. D., Baklanov, A., Carmichael, G. R., Church, T. M., Gallardo, L., Hughes, C., Kanakidou, M., Liss, P. S., Mee, L., Raine, R., Ramachandran, P., Ramesh, R., Sundseth, K., Tsunogai, U., Uematsu, M., & Zhu, T. (2013). Megacities and large urban agglomerations in the coastal zone: Interactions between atmosphere, land, and marine ecosystems. *Ambio*, 42(1), 13–28. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0343-9>