

## **Evolución histórica de los servicios del ecosistema y su aplicación en la gestión integrada de zonas costeras: el caso del Delta del Llobregat (Barcelona, España).**

### *Historical evolution of ecosystem services and its application to the integrated coastal zone management: the case study of the Llobregat Delta (Barcelona, Spain).*

**A. Santana Cordero<sup>1</sup>, E. Ariza Solé<sup>2</sup> y F. Romagosa Casals<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Grupo de Investigación Geografía Física y Medio Ambiente (Instituto de Oceanografía y Cambio Global, IOAG). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. C/ Pérez del Toro, 1. CP 35003. Las Palmas G.C.; asantana@becarios.ulpgc.es

<sup>2</sup> Grupo de Investigación en Recursos Costeros y Paisaje (INTERFASE). Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra, Cerdanyola del Vallès. CP 08193; eduard.ariza@uab.cat; francisc.romagosa@uab.cat

**Resumen:** Este trabajo aborda la evolución de los servicios ecosistémicos durante los siglos XX y XXI en la franja costera del Delta del Llobregat (Barcelona, España). En ella se han llevado a cabo desde mediados del siglo pasado distintas intervenciones territoriales de gran calado, que han afectado notablemente a su estado medioambiental. El análisis se ha realizado mediante el uso de fuentes, métodos y técnicas propias de la ecología histórica (fotografías aéreas históricas, documentos históricos, análisis documental) y de un sistema de información geográfica, que ha permitido realizar el análisis de los cambios en el territorio entre 1945 y 2014. Los resultados revelan una considerable degradación ambiental y, consecuentemente, la pérdida o disminución de algunos servicios de ecosistemas (provisión de alimentos o los servicios culturales), provocada por un planeamiento inadecuado, así como la ausencia de una auténtica gestión integrada del territorio. El enorme incremento de la urbanización y las infraestructuras (del 1,7 al 47,5 % del área) a costa de la disminución de la superficie agrícola (del 28,5 al 6,9%), bosque de coníferas (del 21,5 al 13,4%) y las zonas de vegetación dispersa (del 21,7 al 9,3%) explica este cambio.

**Palabras clave:** servicios del ecosistema; evolución histórica; gestión integrada de zonas costeras; ecología histórica; Delta del Llobregat.

**Abstract:** *This work addresses the evolution of ecosystem services during the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries in the coastal fringe of the Llobregat Delta (Barcelona, Spain). In that area, different interventions of profound importance have been carried out since the mid-20th century, and they have notably affected its environmental state. The analysis has been performed through the use of historical ecology sources, methods and techniques (historical aerial images, historical documents; documental analysis) and a geographic information system, that has allowed carrying out a land use change analysis. Results reveal a major environmental degradation and, consequently, the loss or decline of some ecosystem services, (food provisioning or cultural services) due to the implementation of an inappropriate spatial planning, and a lack of a real integrated management of the territory. The significant increase of urban areas and infrastructures (from 1.7 to 47.5% of the area) at the expense of agricultural areas (from 28.5 to 6.9%), coniferous forest (from 21.5 to 13.4%), and sparsely vegetated areas (from 21.7 to 9.3%) explain this change.*

**Key words:** *ecosystem services; historical evolution; integrated coastal zone management; historical ecology; Llobregat Delta.*

## **INTRODUCCIÓN**

Las zonas costeras en muchas zonas del Mediterráneo han sufrido, desde mediados del siglo XX una fuerte presión antrópica que ha afectado su capacidad de satisfacer el conjunto de necesidades humanas (UNEP-MAP, 2008).

La evaluación de la capacidad de los ecosistemas costeros de satisfacer las necesidades humanas es un elemento esencial de la gestión de las áreas litorales (Barragán y Borja, 2011). Además, el análisis de la evolución de esa capacidad durante las últimas décadas, puede ayudar a comprender el proceso que ha

llevado a la relación actual sociedad-medio (Bürgi et al., 2015).

El esquema conceptual y la metodología de los servicios de los ecosistemas son herramientas adecuadas para evaluar la capacidad de cada ecosistema para proveer servicios a la sociedad (Fisher et al., 2009).

En este contexto, el objetivo de este trabajo es realizar un análisis del cambio en las coberturas del suelo y los principales servicios de ecosistemas relacionados con ellas, en el período 1945-2014, en el Delta del Llobregat, un espacio representativo de muchas áreas metropolitanas costeras mediterráneas.

En el periodo analizado, en este espacio deltaico se han construido grandes infraestructuras (ampliación del puerto y el aeropuerto de Barcelona) y llevado a cabo un importante desarrollo urbanístico.

## ÁREA DE ESTUDIO

El Delta del Llobregat se encuentra en la provincia de Barcelona (Fig. 1). Se trata de una plataforma con una extensión de unos 90 km<sup>2</sup> y una línea costera de 23 km, y de unos 2300 años de edad geológica (Museu del Prat, 1996). Actualmente, sobre este Delta se asienta una parte de la ciudad de Barcelona y su área metropolitana, así como sus principales infraestructuras.



FIGURA 1. Área de estudio (ortofoto de base: ICGC (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya). Disponible en: <http://www.icc.cat/vissir3/>).

El área de estudio de este trabajo es la franja costera que se extiende desde el extremo sur del Delta hasta la antigua desembocadura del río Llobregat. La anchura de esta franja es de 1 km tierra adentro, desde la línea de costa establecida, y su área total de 21,06 km<sup>2</sup>. En esta área se ha dado una gran transformación a lo largo del siglo XX y principios del XXI, especialmente en su extensión agrícola y sus ecosistemas, sistemas playa-duna, bosque de coníferas y humedales.

En su evolución destaca especialmente el cambio en el sistema socio-económico, ya que este pasa de ser agrario a mixto, con una importante presencia de superficies artificiales (urbanización e infraestructuras). Así, cada uno de estos sistemas ha ido dejando su impronta en el territorio, manifestándose a través de los cambios en las coberturas del suelo.

Desde el punto de vista administrativo, el área de estudio engloba la costa de 4 municipios, a saber, de Este a Oeste, El Prat de Llobregat, Viladecans, Gavà y Castelldefels.

## METODOLOGÍA

### Fuentes

A continuación se detallan las fuentes utilizadas:

#### Fotografías aéreas/ortofotos

Una fotografía aérea de 1945 y una ortofoto digital de 2014 fueron utilizadas para realizar el análisis de

cambios en las coberturas del suelo. La primera tiene una escala aproximada de 1:40000 (Pérez Álvarez et al., 2013); y la segunda una escala de 1:5000 y una resolución espacial de 0,5 m (ICGC).

### Referencias bibliográficas

### Técnicas y herramientas utilizadas

#### Panel de expertos

Un panel de 10 expertos fue organizado de cara a obtener información de las relaciones existentes entre las coberturas del suelo y los servicios del ecosistema. Cada experto tenía como tarea establecer si existía relación entre cada cobertura y cada servicio de ecosistema considerados y, en caso de existir tal relación, determinar la intensidad con la que se producía cada servicio. Las categorías de intensidad son las siguientes: 0: relación inexistente; 1: intensidad muy baja; 2: baja; 3: media; 4: alta; 5: muy alta; y NS/NC: no sabe/no contesta. Una vez obtenidos los datos de todos los expertos se revisaron con el fin de eliminar los datos extremos (aquellos datos de las series que resultaban inconsistentes) y, finalmente, se hizo la media aritmética de los 10 valores que había para cada celda. De esta manera se obtuvo la tabla definitiva que exponemos como Tabla I.

#### Clasificación de las coberturas del suelo y de los servicios del ecosistema

Para determinar los tipos de coberturas del suelo a cartografiar, se tomaron como referencia las establecidas por el CORINE Land Cover (CLC) (EEA, 2006). De las 44 coberturas del CLC, para este trabajo se utilizaron 10 (pie de la Tabla I). Las coberturas 4.2.1 y 5.1.1 son combinaciones de dos coberturas originalmente separadas en el CLC. Se debe aclarar que la cobertura “mar y océano” (5.2.3) es producto de la delimitación de la línea de costa, que fue definida mediante ambas fotografías aéreas escogiendo siempre, en cada punto, el límite que más se adentraba en el mar. Es por ello que esta cobertura fue excluida del análisis por entender que se trataba de una limitación metodológica.

Por su parte, para clasificar los servicios de los ecosistemas se adoptó la clasificación propuesta por Barragán y Borja (2011) (Tabla I).

#### Sistemas de información Geográfica (SIG)

Se hizo uso de un SIG para poder establecer el área de estudio (análisis de influencia, 1 km), acometer la cartografía de las coberturas del suelo y calcular el área de éstas para los dos años considerados para el análisis.

#### Análisis de la información

Una vez obtenidas las áreas de las coberturas para los dos años se calcularon los porcentajes de cada una de

Servicio del ecosistema / Cobertura del suelo		1.1.1	1.1.2	1.2	2.1.2	3.1.2	3.3.1	3.3.3	4.2.1	5.1.1	5.2.3
1	Alimentación	0	1	0	5	1	1	0	2	2	3
2	Tejidos, fibras y otros materiales bióticos	0	0	0	2	1	0	0	2	1	1
3	Materiales de origen geótico	0	0	0	0	1	2	1	0	1	1
4	Energía (viento)	0	1	1	1	0	1	0	0	0	2
5	Reserva genética	0	1	0	2	3	3	3	4	3	5
6	Regulación climática local y regional	0	0	0	2	4	1	1	3	3	5
7	Regulación hídrica y depuración del agua	0	1	0	2	3	1	2	4	5	3
8	Regulación morfosedimentaria	0	1	0	1	3	5	2	4	4	4
9	Amortiguación de perturbaciones	0	1	0	2	4	4	2	4	3	3
10	Control biológico	0	0	0	2	3	2	2	4	3	2
11	Conocimiento científico	2	2	0	2	3	4	2	5	4	4
12	Actividades recreativas	3	3	2	2	4	5	2	4	4	5
13	Paisaje – servicio estético	1	1	0	3	5	5	2	5	5	5
14	Disfrute espiritual	1	1	0	2	4	4	2	4	4	5
15	Conocimiento ecológico local	1	1	1	3	4	4	2	5	4	4
16	Identidad cultural y sentido de pertenencia	4	3	1	3	4	4	1	5	4	5
17	Educación ambiental	3	2	0	3	4	4	2	5	5	3

TABLA I. Clases CLC: tejido urbano continuo (código CLC 1.1.1), tejido urbano discontinuo (1.1.2), áreas industriales, comerciales y de transporte (1.2), cultivos de regadío (2.1.2), bosque de coníferas (3.1.2), playas, dunas y superficies arenosas (3.3.1), áreas de vegetación dispersa (3.3.3), humedales y lagunas costeras (4.2.1), cursos y cuerpos de agua (5.1.1), y mar y océano (5.2.3). Tipos de servicios: 1-5 abastecimiento; 6-10 regulación; y 11-17 culturales.

estas y se halló la diferencia de superficie. Con estos últimos datos se identificaron las coberturas que más habían ganado y perdido superficie, y se seleccionaron aquellos servicios del ecosistema de dichas coberturas que tenían una intensidad de alta a muy alta, es decir, de 4 y 5, respectivamente. A partir de esta asociación, se analizaron los cambios de los servicios de ecosistemas más afectados con el fin de obtener la tendencia general del área de estudio, determinando qué servicios se pierden y se ganan más.

A los resultados obtenidos por el proceso explicado hay que añadirle la aproximación hecha desde las fuentes bibliográficas. Estas últimas fuentes aportaron factores relevantes que han intervenido en los cambios registrados, ayudándonos a interpretar mejor la dinámica socio-económica del área de estudio y sus consecuencias.

## RESULTADOS

### Análisis de las coberturas del suelo

El cálculo de las áreas de cada cobertura para los dos años en estudio nos permitió conocer la configuración de las mismas y por tanto el tipo de paisaje existente en cada año analizado. Así, en el año 1945 encontramos un tipo de paisaje que podríamos llamar tradicional, vinculado a las actividades económicas relacionadas con el sector primario (en este caso la agricultura), y con una considerable extensión de las áreas naturales. Esta idea se apoya en los datos que muestra la Tabla II, mediante la cual podemos comprobar cómo las coberturas 2.1.2, 3.1.2, 3.3.1 y 3.3.3 abarcan más del 80% de la superficie. Por otra parte, en 2014 el área de la zona de estudio aparece

más repartida entre todas las cubiertas. En este caso podríamos hablar de un paisaje de carácter mixto, con una importante predominancia de las superficies artificiales (47,6% del área de estudio), a través de las coberturas 1.1.1, 1.1.2 y 1.2. A esto hay que sumarle la cobertura “bosque de coníferas” (3.1.2) y “humedales y lagunas costeras” (4.2.1), siendo esta última la única cobertura relacionada con las áreas naturales que muestra un crecimiento (de 5,7 a 10,7%).

### Análisis de los servicios del ecosistema

Según los datos anteriormente expuestos, los servicios que más se pierden son aquellos que están relacionados con la cobertura “cultivos de regadío” (2.1.2) al ser esta la que más pérdida presenta en términos de superficie. El servicio afectado en este caso es el de “alimentación” (1). La segunda cobertura que más pierde extensión es “áreas de vegetación dispersa” (3.3.3), la cual no tiene servicios asociados que alcancen el nivel de intensidad 4. Por último, la cobertura “bosque de coníferas” (3.1.2) presenta el mayor número de servicios que se pierden: “regulación climática local y regional” (6), “amortiguación de perturbaciones” (9), “actividades recreativas” (12), “paisaje – servicio estético” (13), “disfrute espiritual” (14), “conocimiento ecológico local” (15), “identidad cultural y sentido de pertenencia” (16) y “educación ambiental” (17).

Por su parte, los servicios que más ganan son los asociados a las coberturas “tejido urbano continuo” (1.1.1), “tejido urbano discontinuo” (1.1.2) y “áreas industriales, comerciales y de transporte” (1.2). El único servicio que alcanza intensidad 4 en estas coberturas es “identidad cultural y sentido de

pertenencia” (16), asociado a la cobertura 1.1.1. Se observa que la ganancia global se produce en unos servicios con una intensidad muy inferior respecto a los servicios asociados a las coberturas que más se pierden.

CLC	Área 1945	1945%	Área 2014	2014%	Dif. 2014-1945	SEs int 4-5
1.1.1	64466,61	0,3	2437558,37	11,6	<b>11,3</b>	16
1.1.2	301335,84	1,4	3264974,38	15,5	<b>14,1</b>	*
1.2	0	0,0	4309428,06	20,5	<b>20,5</b>	*
2.1.2	6010843,92	28,5	1446823,81	6,9	<b>-21,7</b>	1; -
3.1.2	4519654,38	21,5	2829322,20	13,4	<b>-8,0</b>	13; 6, 9, 12, 14-17
3.3.1	2233270,35	10,6	1857717,76	8,8	<b>-1,8</b>	
3.3.3	4577350,37	21,7	1958089,24	9,3	<b>-12,4</b>	*
4.2.1	1210241,88	5,7	2253043,05	10,7	<b>5,0</b>	
5.1.1	106167,16	0,5	374156,67	1,8	<b>1,3</b>	
5.2.3	2040021,04	9,7	327508,21	1,6	<b>-8,1</b>	

TABLA II. Áreas por coberturas (m), porcentaje que representa cada una en cada año de estudio y diferencia entre los puntos porcentuales (2014-1945). La última columna contiene los servicios del ecosistema con valores de intensidad 4 y 5 (separadas por punto y coma (;), p. ej. Intensidad 5; int. 4). Las diferencias señaladas en gris claro indican ganancia de extensión mientras que las señaladas en gris oscuro indican pérdida. \* Cobertura que no tiene ningún servicio que alcance la intensidad 4. La cobertura 5.2.3 ha sido excluida del análisis.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El Delta del Llobregat es una zona costera que ejemplifica la transformación sufrida en otras muchas áreas costeras del Mediterráneo y del planeta, entre la segunda mitad del siglo XX y principios del siglo XXI. Dicha transformación se ha traducido en cambios en las coberturas del suelo y en los servicios ecosistémicos.

La artificialización costera, principalmente de la franja correspondiente al primer km de costa, ha generado importantes beneficios económicos y sociales a la zona, mejorando las comunicaciones y permitiendo el uso residencial y el desarrollo de actividades turísticas. Sin embargo, también ha repercutido muy negativamente sobre la dinámica socio-ambiental y ha disminuido notablemente la provisión de servicios disponibles de los ecosistemas. En concreto, se han visto afectados la provisión de alimentos producto de la actividad agrícola, la reserva genética, la capacidad de regular el clima, la depuración del agua, la amortiguación de perturbaciones y muchos de los servicios culturales. Paradójicamente, estos últimos han empezado a ser aprovechados por la sociedad en el momento histórico en el que la dinámica socio-económica los ha hecho disminuir.

El análisis de los servicios de los ecosistemas puede determinar las políticas de gestión de la costa,

introducir nuevos requerimientos legales, influir en el marco institucional y sus estrategias, capacitar a los gestores de la costa en relación con el manejo de los servicios del ecosistema, y guiar la creación de un sistema de información.

Una hito importante en este sentido ha sido el desarrollo del programa de trabajo internacional *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005), impulsado por Naciones Unidas. Así, en los últimos años la investigación en áreas litorales ha empezado a incorporar esta metodología, aunque los estudios son todavía incipientes. Por lo tanto, se recomienda la adopción sistemática de la misma.

## AGRADECIMIENTOS

Aarón Santana es becario de posgrado del programa propio de la ULPGC. Eduard Ariza quiere agradecer la ayuda concedida en el marco del programa Beatriu de Pinós 2011.

## REFERENCIAS

- Barragán Muñoz, J.M., Borja Barrera, F. (2011): Litorales. En: *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España* (Fundación Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, eds.). 67 p.
- Bürgi, M., Silbernagel, J., Wu, J., Kienast, F. (2015): Linking ecosystem services with landscape history. *Landscape Ecology*, 30: 11-20.
- EEA (Agencia Europea de Medio Ambiente). Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/es>. Consulta: 25/02/2015.
- Fisher, B, Turner R.K., Morling, P. (2009): Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68: 643-653.
- ICGC (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya). Disponible en: <http://www.icc.cat/vissir3/>. Consulta: 25/02/2015.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005) World Resources Institute, Washington, DC, Island Press.
- Museu del Prat (1996): *El delta del Llobregat*. Ajuntament del Prat de Llobregat, El Prat de Llobregat.
- Pérez Álvarez, J.A., Bascón Arroyo, F.M., Crespo Pérez, F.J., Charro Lobato, M.C. (2013): Project Casey Jones 1945-46: el vuelo histórico fotogramétrico de la serie A en España y sus aplicaciones cartográficas. *Revista MAPPING*, 22(159): 14-24.
- UNEP-MAP (2008): *Protocolo relativo a la gestión integrada de las zonas costeras del Mediterráneo*. United Nations Environment Programme. Mediterranean Action Plan.