

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DERIVADOS DE LA ACUICULTURA

ECOSYSTEM SERVICES DERIVED FROM AQUACULTURE



El presente informe muestra los resultados preliminares de la **Acción 1 de la Actividad 2** **‘Identificación de los principales servicios del ecosistema que son proporcionados por las áreas de acuicultura en el marco del estudio’** del proyecto AQUA&AMBI, ‘Apoyo a la gestión de las zonas húmedas del litoral del Sudoeste Ibérico: Interacciones entre acuicultura y medio ambiente en la región transfronteriza Alentejo-Algarve-Andalucía’.

Andrés de la Cruz Muñoz

Gonzalo Muñoz Arroyo

Universidad de Cádiz

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Los servicios de los ecosistemas.	2
1.2. La acuicultura y los servicios ecosistémicos.....	3
2. OBJETIVOS.....	5
3. METODOLOGÍA.....	6
3.1. Revisión de literatura científica.....	6
4. RESULTADOS.....	10
4.1. Servicios ecosistémicos derivados de zonas con actividad acuícola y zonas húmedas sin acuicultura.	10
4.2. Tipología de los hábitats representados en los casos de estudio.....	12
4.3. Relación entre beneficios y perjuicios sobre los servicios ecosistémicos.....	13
5. DISCUSIÓN.....	17
7. CONCLUSIONES	21
8. REFERENCIAS.....	22

RESUMEN

Existe una gran cantidad de bibliografía y literatura científica publicada sobre los servicios ecosistémicos. En el presente informe se identifican aquellos servicios ecosistémicos derivados de la actividad acuícola y de otras zonas húmedas. De entre todos los casos identificados de los distintos servicios ecosistémicos, la acuicultura ofrece principalmente servicios de *regulación, mantenimiento y suministros*, y en particular aquellos referentes a la *regulación del medio biótico* y al suministro de *alimento, materiales y energía*.

De la misma manera se identificaron aquellos casos donde se hacía referencia al beneficio o desventaja que supone el desarrollo de actividades acuícolas en el medio, indicando que, de manera general, la acuicultura ofrece una mayor proporción de beneficios a través de todos los servicios ecosistémicos identificados. Esta proporción es mayor en los servicios ecosistémicos de suministros y aquellos relacionados con servicios ecosistémicos culturales. Sin embargo, se han identificado ciertos efectos negativos por parte de la acuicultura principalmente en los servicios de *regulación y mantenimiento*.

De todas las actividades o parámetros identificados, la producción de biomasa y el valor económico han sido los servicios ecosistémicos más estudiados en la literatura publicada disponible.

ABSTRACT

There is a large amount of literature and scientific papers published on ecosystem services. This report identifies ecosystem services derived from aquaculture activity and other wetlands. Among all the identified cases of the different ecosystem services, aquaculture offers mainly Regulation, Maintenance and Provisioning services, and in particular, those related to the Regulation of the Biotic Environment and the supply of Food, Materials and Energy.

In the same way, cases were identified where reference was made to the benefit or disadvantage of the development of aquaculture activities in the environment, indicating that, in general, aquaculture offers a greater proportion of benefits through all identified ecosystem services. This proportion is greater in the ecosystem services of Provisioning and those related to Cultural ecosystem services. However, some negative effects have been identified by aquaculture, mainly in regulation and maintenance services.

Of all the activities or parameters identified, Biomass production and Economic value have been the most studied ecosystem services in the available published literature.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Los servicios de los ecosistemas.

Todas las personas del mundo dependen por completo de los ecosistemas de la Tierra y de los servicios que éstos proporcionan, como los alimentos, el agua, la regulación de las enfermedades, del clima, la satisfacción espiritual o el placer estético, entre otros. Estos beneficios que los ecosistemas proporcionan al ser humano para satisfacer sus demandas vitales y alcanzar un estado de bienestar constituyen la base de los denominados Servicios de los Ecosistemas (Hassan et al. 2005).

En los últimos 50 años, los seres humanos han transformado los ecosistemas para resolver las demandas crecientes de alimentos, agua dulce, madera, fibra y combustible, de forma más rápida y extensa que en ningún otro período de la historia humana. Esta transformación del planeta ha aportado considerables beneficios para el bienestar humano y el desarrollo económico. Sin embargo, muchas de estas transformaciones han afectado a la propia estructura y a las funciones de los ecosistemas, alterando la capacidad de los mismos de proveer de los servicios que les son propios. Estos cambios han acarreado graves consecuencias en relación con la sobreexplotación de los recursos naturales, los cambios en el uso de suelo, la destrucción de la biodiversidad, la alteración de los procesos climáticos, o la introducción de especies invasoras, dando lugar al denominado proceso de cambio global. Además, no todas las regiones ni todos los grupos de personas se han beneficiado de este proceso; de hecho, muchos se han visto perjudicados (Reid et al. 2005). Ante esta situación, resulta urgente el promover modelos de explotación de los recursos más sostenibles y equitativos, que estén más integrados en el funcionamiento de los ecosistemas.

1.2. La acuicultura y los servicios ecosistémicos.

La acuicultura es una actividad emergente que se plantea en la actualidad como la principal alternativa a la sobreexplotación de los recursos naturales pesqueros a nivel mundial (Buschmann & Fortt 2005). En 2016, la producción mundial de la acuicultura, incluidas las plantas acuáticas, ascendió a más de 110 millones de toneladas (FAO 2018). De éstas, casi 29 millones (ca. 26%) procedieron de la acuicultura marina y costera, con un predominio de la producción de moluscos con concha (58%). Sin embargo, en Europa, sobre una producción de la acuicultura marina y costera total de unas 2.400 toneladas, las 3 cuartas partes correspondieron a peces con aletas, y sólo una cuarta parte a moluscos (FAO, 2018).

En cuanto a la evolución de esta actividad, tras un momento de máxima expansión en el último cuarto del siglo XX, se ha moderado ligeramente en las últimas décadas, alcanzando no obstante un crecimiento anual durante el período 2001-2016 cercano al 6% (FAO 2018). Este crecimiento es mayor en países en desarrollo, especialmente en algunos países de África entre 2006 y 2010. Sin embargo, en áreas más desarrolladas como la Unión Europea, el crecimiento de la acuicultura se ha estancado en las últimas décadas, a pesar de la creciente demanda de consumo de mariscos y peces. Esto ha sido debido en parte al creciente impacto que algunos modelos muy intensificados de acuicultura estaban demostrando tener a nivel global sobre los ecosistemas y sobre la salud y la seguridad alimentaria (Bostock et al. 2010).

De acuerdo con FAO (2011), el desarrollo de la acuicultura desde un enfoque ecosistémico debe consistir en una estrategia para la integración de la actividad en el ecosistema en el sentido más amplio, de manera que promueva el desarrollo sostenible, la equidad y la capacidad de recuperación de los sistemas socio-ecológicos interconectados. La acuicultura sostenible requiere además para su desarrollo de un medio en un estado medioambiental adecuado, donde pueda disponer de aguas dulces y marinas limpias y ambientalmente saludables. En el marco de la reforma de la Política Pesquera Común, la aplicación de directivas en materia de medio ambiente y, en particular, el marco normativo de Red Natura 2000 (Directivas Hábitat 1992 y Aves 2009), la Directiva Marco de Estrategia Marina, la Directiva Marco del Agua y el Reglamento sobre el uso de las especies exóticas y las especies localmente ausentes en la acuicultura, garantizan el cumplimiento de estas condiciones previas. La aplicación de toda esta normativa puede restringir significativamente la aprobación de nuevos sitios y repercutir en los costes sufragados por los productores, si bien pueden suponer una ventaja competitiva si se

llama la atención del consumidor sobre la calidad y pueden contribuir también a la aceptación de la acuicultura a escala local. En este sentido, la Comisión se propone ayudar a las administraciones nacionales y regionales a poner en aplicación la normativa de la UE en materia de medio ambiente sin imponer cargas innecesarias a los productores (FAO 2011).

La Comisión Europea promueve el que actividades de acuicultura puedan llevarse a cabo en los espacios protegidos de la Red Natura 2000, siempre entendidas desde una acuicultura sostenible que respete "los valores ecológicos" de dicha Red. De hecho, más del 5% de la superficie designada para formar parte de la Red Natura 2000 alberga actividades acuícolas, lo que significa más de 1.200 lugares (incluyendo Zonas de Especial Protección para las aves ZEPA y zonas de especial conservación ZEC). En muchos de estos sitios la acuicultura ha ayudado a mantener hábitats con las condiciones adecuadas para las especies de interés comunitario. Actualmente se reconoce que la acuicultura costera (aquella que se realiza en estructuras construidas de manera total o parcial por el ser humano en zonas adyacentes al mar, tales como estanques costeros, esteros y lagunas con compuertas; FAO 2018) puede favorecer la biodiversidad y ofrece importantes servicios ecosistémicos, además de la producción de alimentos, lo que puede reforzar su competitividad si se practica adecuadamente (Walton et al. 2015). Estas instalaciones pueden proporcionar hábitats idóneos para una gran cantidad de organismos, y en particular actúan como puntos de atracción de aves acuáticas. Esta alta biodiversidad asociada a las áreas de acuicultura sostenible, y en particular la riqueza ornitológica, supone un foco de atracción de actividades de disfrute de la población, como puede ser el turismo ornitológico. Las autoridades públicas deben reconocer la incidencia de las normas aplicables para la conservación de zonas de gran biodiversidad tales como los espacios Natura 2000, y promover los compromisos voluntarios de protección de la biodiversidad por parte de los productores y usuarios del territorio. En este sentido, la identificación de los servicios ecosistémicos y la valoración del capital natural que albergan las instalaciones de acuicultura es una tarea por hacer.

Por otra parte, el manejo del agua y los insumos derivados de la actividad (aumento de las cargas de peces, utilización de piensos y aditivos, etc.), modifican los procesos y ciclos biogeoquímicos naturales de los hábitats sobre los que se asientan (en nuestro ámbito de estudio, áreas de marismas naturales), y pueden afectar a los servicios ecosistémicos que estas áreas proporcionaban antes de ser transformadas.

2. OBJETIVOS

En este contexto, el presente informe corresponde a la acción A2.1 de la actividad 2, cuyo objetivo es la identificación de los principales servicios ecosistémicos que proporcionan las áreas de acuicultura a nivel global.

Para afrontar este objetivo, se ha realizado un análisis del estado de conocimiento acerca de los distintos servicios de los ecosistemas vinculados a las áreas de acuicultura, basándonos en la información procedente de la literatura científica y los informes técnicos disponibles.

Este primer análisis cuantitativo y preliminar dará lugar en la segunda fase del proyecto a un análisis cualitativo más profundo, en base al estado de conocimiento existente y a la experiencia de cada socio, para determinar cuáles son los servicios ecosistémicos que se ven potenciados por la presencia de actividades acuícolas sostenibles en cada uno de los espacios donde actúa el proyecto. En ese momento se analizarán las distintas situaciones, los distintos modelos acuícolas existentes (en base a los resultados de la actividad A1) y las particularidades regionales, para obtener un listado de servicios ecosistémicos prioritarios en áreas de acuicultura, sobre los que se actuará en el proyecto. Este segundo análisis se expondrá en el informe final del proyecto.

3. METODOLOGÍA

Para identificar y analizar los servicios ecosistémicos que se derivan del sector de la acuicultura se ha llevado a cabo una **revisión de la literatura científica y técnica disponible**, empleando la técnica del meta-análisis para la integración de la información. El meta-análisis es un aproximación sintética y cuantitativa que integra los resultados de las investigaciones científicas independientes, referidas a un conjunto de métodos estadísticos cuantitativos diseñados para comparar y sintetizar el resultado de múltiples estudios (Gurevitch et al. 2001; Schmidt et al. 2014). El análisis cuantitativo de un proceso natural conlleva una minuciosa labor de toma de datos con los que realizar el análisis de los mismos, obtener los resultados y extraer las conclusiones. La revisión de la investigación existente ocupa un lugar importante en el progreso científico, ya que es el medio por el cual se puede evaluar la generalidad de los resultados de los estudios. Tradicionalmente, la revisión en un meta-análisis se ha hecho mediante revisiones narrativas, donde los resultados se describen simplemente y surge un consenso a partir de la descripción, o por "conteo de votos", donde se cuenta el número de resultados estadísticamente significativos a favor y en contra de una hipótesis (Gates 2002).

3.1. Revisión de literatura científica.

Para la obtención de la información necesaria sobre los servicios ecosistémicos que emanan de las zonas donde se realiza acuicultura se llevó a cabo una búsqueda sistemática en artículos científicos, libros, tesis doctorales, actas de conferencias, informes y otras publicaciones relacionadas con los servicios ecosistémicos y acuicultura costera, utilizando el motor de búsqueda el Servicio de la Biblioteca de la Universidad de Cádiz (<http://biblioteca.uca.es/>). Puesto que la literatura científica está escrita principalmente en inglés, en dicha búsqueda se utilizaron las palabras clave 'COASTAL', 'AQUACULTURE', 'ECOSYSTEM', 'SERVICE'. Los servicios bibliotecarios de la Universidad de Cádiz están conectados con los principales motores de búsqueda de bases de datos como WOS, Scopus, ScienceDirect, ProQuest, etc. Acotamos la búsqueda bibliográfica a aquellos documentos publicados desde el año 2.000 hasta el presente. Sólo se revisaron trabajos originales y aquellos trabajos citados en dichos documentos fueron recuperados y revisados de igual manera siempre que fue posible.

Debido a que la primera búsqueda bibliográfica arrojó miles de resultados, se decidió realizar una revisión asequible y abordable, e incluir en el trabajo los 100 artículos más relevantes. Los primeros 85 documentos fueron seleccionados en función de su relevancia según criterios de

buscador de la Universidad de Cádiz. Los últimos 15 artículos fueron seleccionados mediante una nueva clasificación cronológica y añadidos al listado original. Disertaciones, reseñas de libros y artículos de prensa no fueron considerados. Para cada documento seleccionado extrajimos la siguiente información con el fin de obtener nuestro conjunto de datos a analizar:

- Los servicios ecosistémicos proporcionados por la acuicultura se clasificaron siguiendo la propuesta de temas y clases de CICES (Common International Classification of Ecosystem Goods and Services; Haines-Young, Roy; Potschin 2010) (tabla 1). El proyecto de Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB) (Kumar 2010) y su clasificación fueron consultados para una mejor comprensión de la clasificación de los servicios ecosistémicos.

- Cuando el documento analizaba de manera explícita algún tipo de actividad acuícola, se registró como "*Acuicultura*". En esta clasificación se han incluido finalmente tanto la actividad de acuicultura continental como de acuicultura costera y marina (para más información sobre estas definiciones ver FAO, 2018).

- Se registró '*Otros humedales*' en documentos que tratan sobre los servicios ecosistémicos que ofrecen zonas húmedas en los que no se desarrolla actividad acuícola. De esta manera, esta clasificación permite comparar los servicios ecosistémicos entre zonas transformadas para acuicultura frente a otros tipos de humedales.

- Se registraron como '*Otros hábitats*' aquellos casos de estudio donde no se hacía mención a ningún tipo de humedal.

- Los hábitats referidos en los distintos estudios se clasificaron según las 15 clases de segundo nivel del Sistema de Clasificación de Cobertura Terrestre CORINE (Bossard et al. 2000; Tabla 2).

- Siempre que fue posible, se clasificó el país en el que se realizaba el estudio. Se asignó la categoría de '*General*' cuando ningún país en particular fue estudiado.

- En algunos artículos se analizaban varios casos de zonas de acuicultura diferentes, por lo que en nuestro trabajo consideramos como unidad de análisis el *caso de estudio* en lugar del artículo.

- Basándonos en las interpretaciones de los autores originales, se clasificaron los efectos analizados sobre los servicios ecosistémicos como '*Beneficioso*' o '*Perjudicial*'. Cuando fue posible, se identificaron aquellos aspectos que resultaban afectados en relación con los servicios ecosistémicos asociados a cada sitio.

Tabla 1. Clasificación de los servicios ecosistémicos según la CICES (*Common International Classification of Ecosystem Goods and Services*).

Suministros	Alimentos y bebidas	Plantas terrestres y alimentos animales
		Plantas de agua dulce y alimentos animales
		Plantas marinas y alimentos animales
	Materiales	Agua potable
		Materiales bióticos
		Materiales abióticos
Energía	Biocombustibles renovables	
	Fuentes renovables de energía abiótica	
Regulación y Mantenimiento	Regulación de asimilación de residuos	Biorremediación
		Dilución y secuestro
	Regulación ante riesgos	Regulación de flujos
		Regulación erosión
	Regulación de condiciones biofísicas	Prevención o moderación de perturbaciones
		Regulación atmosférica
		Regulación de la calidad del agua
	Regulación del medio biótico	Regulación de edafogénesis y de calidad del suelo
		Mantenimiento del ciclo de vida y protección del hábitat
		Control de plagas y enfermedades
Cultural	Simbólico	Protección del patrimonio genético
		Estético, patrimonio cultural
	Intelectual y Experimental	Religioso y espiritual
		Actividades de recreo y comunitarias
		Información y conocimiento

Tabla 2. Clasificación de hábitats según su cobertura y usos del territorio según el proyecto CORINE Land Cover hasta su tercer nivel.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1. Zonas artificiales	11 Áreas Urbanas	111 Áreas Urbanas Continuas 112 Áreas Urbanas Discontinuas
	12 Núcleos industriales, comerciales y de transporte.	121 Núcleos industriales 122 Carreteras, Vías férreas y tierras asociadas. 123 Puertos 124 Aeropuertos
	13 Minas, vertederos y lugares de construcción	131 Lugares de Extracción Mineral 132 Vertederos 133 Lugares de construcción.
	14 Áreas artificiales con vegetación, no agrícolas.	141 Áreas Verdes Urbanas 142 Áreas Deportivas y de Esparcimiento.
2 Áreas agrícolas	21 Tierras agrícolas	211 Zonas agrícolas de secano 212 Zonas agrícolas con regadío permanente 213 Arrozales
	22 Cultivos permanentes	221 Viñedos 222 Plantaciones frutales 223 Olivares
	23 Pastizales	231 Pastizales
	24 Áreas agrícolas heterogéneas.	241 Cultivos anuales asociados a cultivos permanentes 242 Modelos complejos de cultivo 243 Terreno agrícola con importante vegetación natural. 244 Áreas agroforestales.
3 Bosques y áreas semi-naturales	31 Bosques	311 Bosques caducifolios. 312 Bosques de coníferas 313 Bosques mixtos
	32 Matorrales y herbáceas asociadas.	321 Pastizales naturales 322 Páramos y brezales 323 Vegetación esclerófila 324 Zonas de transición bosque-matorral
	33 Espacios abiertos con poca o sin vegetación.	331 Playas, dunas y zonas arenosas 332 Roquedos sin vegetación 333 Áreas escasamente vegetadas 334 Áreas quemadas 335 Glaciares y nieves perpetuas
	4 Zonas húmedas	41 Humedales interiores 411 Marismas interiores 412 Turberas 42 Humedales costeros 421 Marismas litorales 422 Salines 423 Llanuras intermareales
5 Cuerpos de agua	51 Aguas interiores 511 Cursos de agua 512 Cuerpos de agua 52 Aguas marinas 521 Lagunas costeras 522 Estuarios 523 Mares y Océanos	

4. RESULTADOS.

4.1. Servicios ecosistémicos derivados de zonas con actividad acuícola y zonas húmedas sin acuicultura.

Entre los 15.124 documentos que se obtuvieron en una primera búsqueda bibliográfica durante el mes de marzo de 2018, seleccionamos los 100 artículos más relevantes según los criterios expuestos para su análisis y revisión. El número de estudios sobre los servicios ecosistémicos vinculados a zonas de acuicultura u otros humedales empieza a aumentar de manera considerable a partir de 2006, encontrando el número máximo de artículos sobre esta temática en 2014 (Figura 1). La mayoría de los artículos seleccionados han sido publicados en los últimos seis años, 2014-2019 (56%).

Los artículos seleccionados para su revisión en este estudio se refieren a casos en 34 países de todos los continentes. Sin embargo, existe una mayor proporción de artículos referentes a los Estados Unidos, Tailandia, China y España (Figura 2).

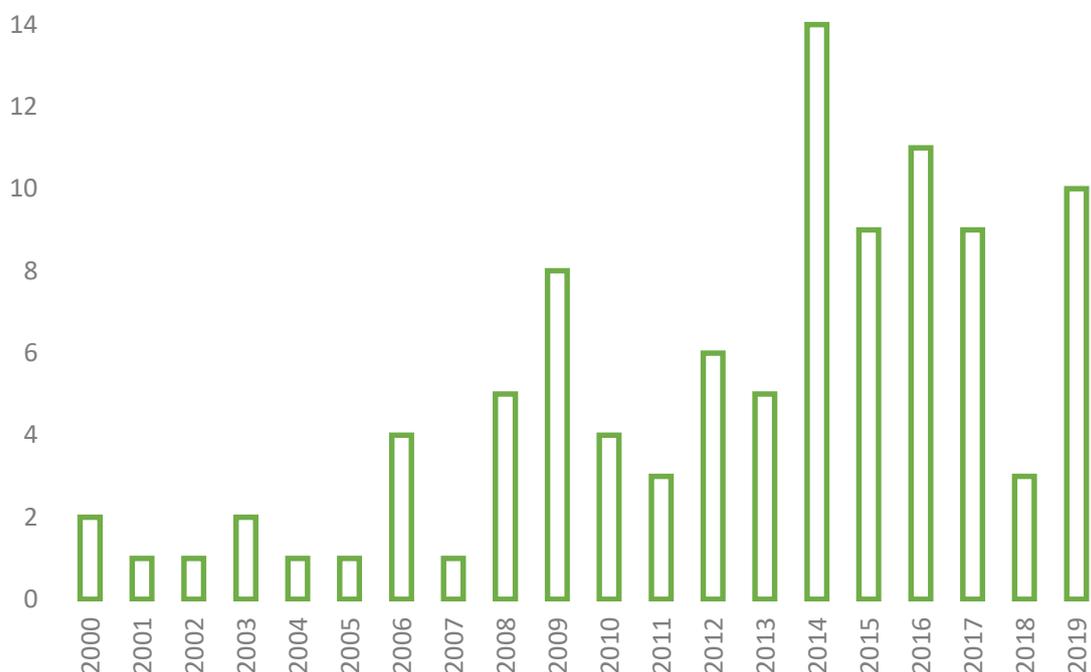


Figura 1: Número de documentos revisados sobre servicios ecosistémicos en zonas con desarrollo acuícola y humedales y sus años de publicación.

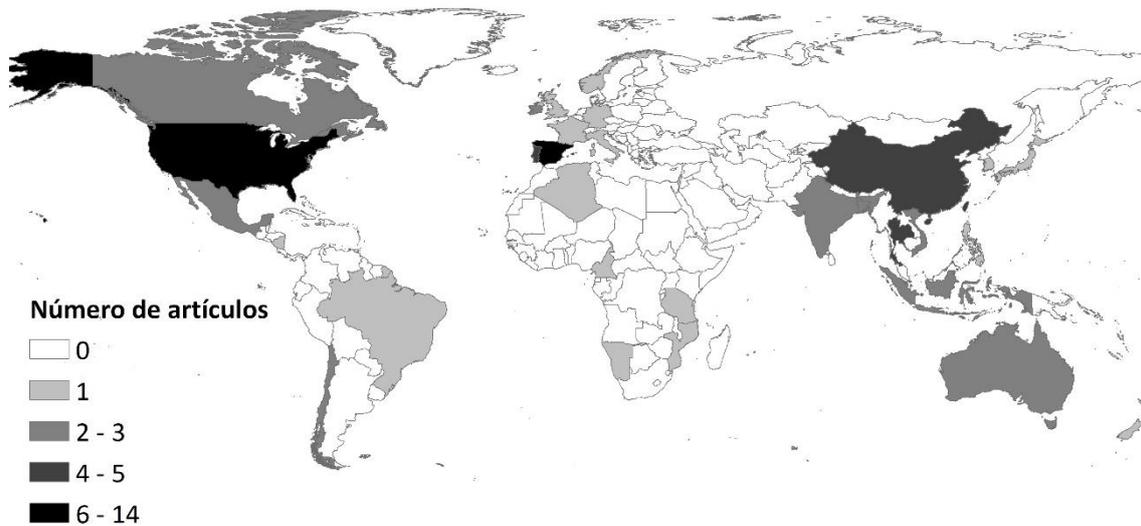


Figura 2. Mapa de la distribución general de documentos revisados sobre servicios ecosistémicos derivados de la acuicultura y en otras zonas húmedas.

De los 100 artículos analizados, en 79 se ofrecía información suficiente y adecuada para los fines de comparación en un meta-análisis estadístico. Pudimos extraer un total de 269 casos de estudio, de los cuales, 248 se hacía referencia a servicios ecosistémicos asociados a la acuicultura o a otras actividades desarrolladas en un humedal. Tan sólo en 19 casos de estudio no se identificó ningún proceso o actividad relacionados con algún servicio ecosistémico. Se extrajo el mayor número posible de casos en cada documento revisado, con un promedio de 2,3 casos por artículo ($DE \pm 2,0$).

En general, la mayor parte de los estudios que analizan los servicios ecosistémicos en áreas donde se desarrolla acuicultura (se han identificado un total de 132) se focalizan en servicios de *regulación y mantenimiento* (48,5%) y de *suministro* (42%). Entre los primeros cabe destacar los efectos sobre la *regulación del medio biótico* y sobre las condiciones biofísicas, mientras que en los segundos destacan la *provisión de alimentos y bebidas* (Tabla 3).

Si comparamos estas frecuencias con las existentes en otros tipos de humedales sin acuicultura, vemos que en ambos casos predominan los estudios sobre *regulación y mantenimiento*. Sin embargo, en estos otros el número de artículos sobre *suministro* fue notablemente inferior, mientras que sí estuvieron más representados los relativos a *servicios culturales*, particularmente sobre *servicios de tipo intelectual y experimental*. Estas diferencias resultaron estadísticamente significativas (Test Chi cuadrado: $X^2_7 = 21,9$; $p < 0,005$).

Tabla 3. Número de servicios ecosistémicos derivados de la acuicultura y de zonas húmedas clasificadas según la propuesta CICES (The Common International Classification of Ecosystem Services).

Servicios Ecosistémicos	Acuicultura	Otros humedales	Otros hábitats	Total
Cultural	12	25	2	39
Intelectual y Experimental	5	18	1	24
Simbólico	7	7	1	15
Suministro	56	24	6	86
Energía	1	2	1	4
Alimentos y bebidas	39	14	4	57
Materiales	16	8	1	25
Regulación y Mantenimiento	64	53	6	123
Regulación ante riesgos	11	12	1	24
Regulación de condiciones biofísicas	16	13	2	31
Regulación del medio biótico	30	22	2	54
Regulación de asimilación de residuos	7	6	1	14
Total general	132	102	14	248

4.2. Tipología de los hábitats representados en los casos de estudio.

Se identificaron casos de estudio dentro de 7 tipos diferentes de hábitats CORINE de nivel 2 (Tabla 4). El número de casos de estudio en donde encontramos servicios derivados de zonas con acuicultura fue claramente mayor en las categorías *42 humedales costeros* y *51 Aguas interiores* (67%, y 73%, respectivamente) (Test Chi cuadrado: $X^2_{19} = 74,7$; $p < 0,005$). En las otras dos categorías más abundantes donde encontramos diferentes casos de estudio (*41 humedales interiores* y *52 aguas marinas*) no se observan grandes diferencias entre zonas con actividad acuícola y zonas de humedal sin acuicultura.

Tabla 4. Número de casos de estudios que ofrecen servicios ecosistémicos derivados de la acuicultura y de otras zonas húmedas extraídos de la literatura revisada mediante la clasificación por hábitats propuesta por CORINE *Land Cover Classification System* hasta nivel 2.(Bossard et al. 2000).

** Nota: los artículos incluidos en la categoría de primer nivel *Humedales* no hacían referencia al tipo de humedal específico al que se asociaban los servicios descritos.

Clasificación de hábitat según CORINE	Acuicultura	Otros humedales	Hábitat general
14 Zonas vegetadas artificiales no agrícolas.	4	0	0
21 Tierra arable	0	4	0
33 Espacios abiertos con poca o ninguna vegetación.	0	1	0
4 Humedales**	0	11	0
41 Humedales interiores	12	10	0
42 Humedales costeros	51	25	0
51 Aguas interiores	14	5	0
52 Aguas marinas	38	32	0
Hábitat sin definir o hábitat general	12	15	14
Total general	131	103	14

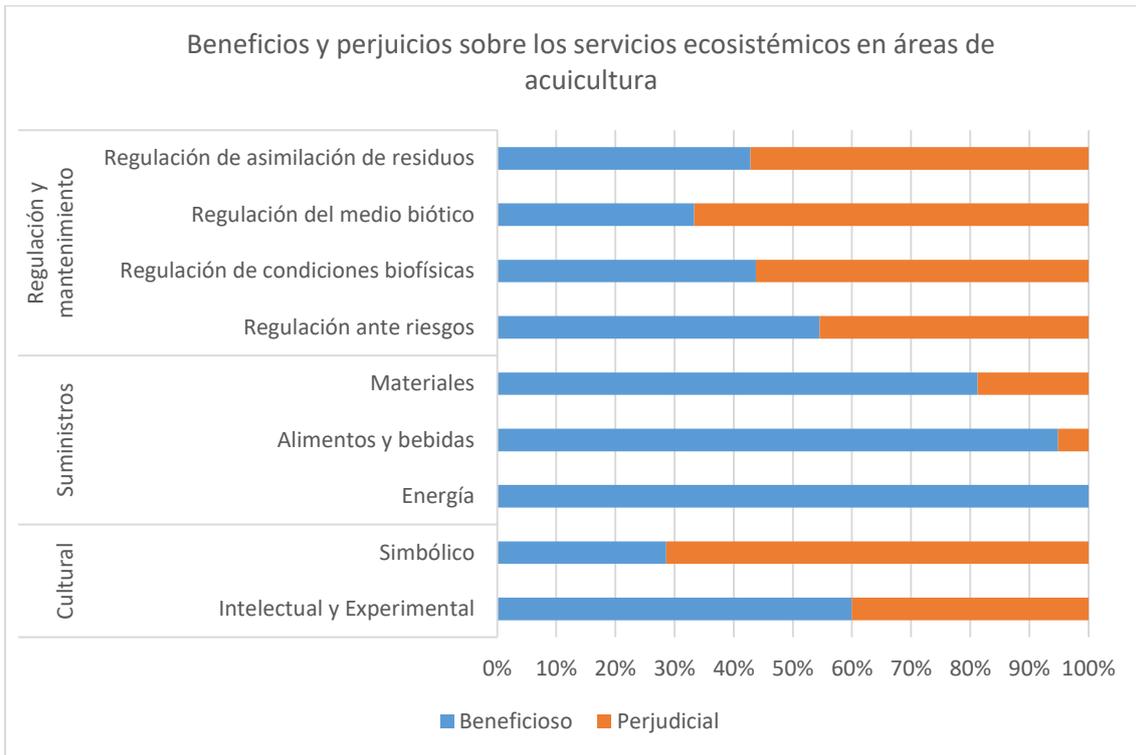
4.3. Relación entre beneficios y perjuicios sobre los servicios ecosistémicos.

En los artículos revisados, siempre que fue posible, se identificaron aquellos aspectos que resultaban afectados en relación con los servicios ecosistémicos asociados a cada sitio, diferenciando entre las zonas acuícolas y los humedales sin acuicultura. Teniendo en cuenta la diferente naturaleza y el gran número de actividades, parámetros y distintas funciones en relación con los diferentes servicios ecosistémicos identificados, hemos agrupado en el menor número de categorías específica que nos ayude a entender mejor el funcionamiento de los servicios en el medio. En la tabla 6 se muestran las principales actividades o procesos (18), y se identifican aquellos estudios que señalan efectos positivos (beneficios) o negativos (perjuicios). De la gran variedad de diferentes actividades o parámetros, destacan claramente aquellos citados en la literatura que hacen referencia a la producción de biomasa, tanto en zonas acuícolas como en humedales sin acuicultura (29.4% y 19,1 %, respectivamente), y la valoración económica de los servicios ecosistémicos, con valores del 16,5% para zonas con acuicultura y 6,4% para otras zonas húmedas (tabla 5). En estos casos, los balances son favorables hacia los beneficios que proporcionan las zonas de acuicultura sobre la provisión de servicios ecosistémicos (tabla 6 y figura 3). Sin embargo, en el análisis de los servicios de regulación y mantenimiento, los resultados muestran un balance desfavorable (tabla 5), con un predominio de estudios que muestran efectos negativos, en particular sobre la regulación del medio biótico, las condiciones físico-químicas y la asimilación de residuos (figura 3).

Tabla 5. Relación de casos de estudios que muestran efectos beneficiosos (a) y perjudiciales(b) sobre los servicios ecosistémicos en humedales con actividades acuícolas, humedales sin acuicultura y otro tipo de hábitats.

(a) Beneficioso	Acuicultura	Otros humedales	Otros hábitats	Total
Cultural	5	24	2	31
Intelectual y Experimental	3	17	1	21
Simbólico	2	7	1	10
Suministro	51	23	6	80
Energía	1	2	1	4
Alimentos y bebidas	37	14	4	55
Materiales	13	7	1	21
Regulación y mantenimiento	26	50	6	82
Regulación ante riesgos	6	12	1	19
Regulación de condiciones biofísicas	7	11	2	20
Regulación del medio biótico	10	21	2	33
Regulación de asimilación de residuos	3	6	1	10
	82	97	14	193
(b) Perjudicial	Acuicultura	Otros humedales	Otros hábitats	Total
Cultural	7	1	0	8
Intelectual y Experimental	2	1	0	3
Simbólico	5	0	0	5
Suministro	5	1	0	6
Energía	0	0	0	0
Alimentos y bebidas	2	0	0	2
Materiales	3	1	0	4
Regulación y mantenimiento	38	3	0	41
Regulación ante riesgos	5	0	0	5
Regulación de condiciones biofísicas	9	2	0	11
Regulación del medio biótico	20	1	0	21
Regulación de asimilación de residuos	4	0	0	4
	50	5	0	55
Total general	132	102	14	248

a)



b)

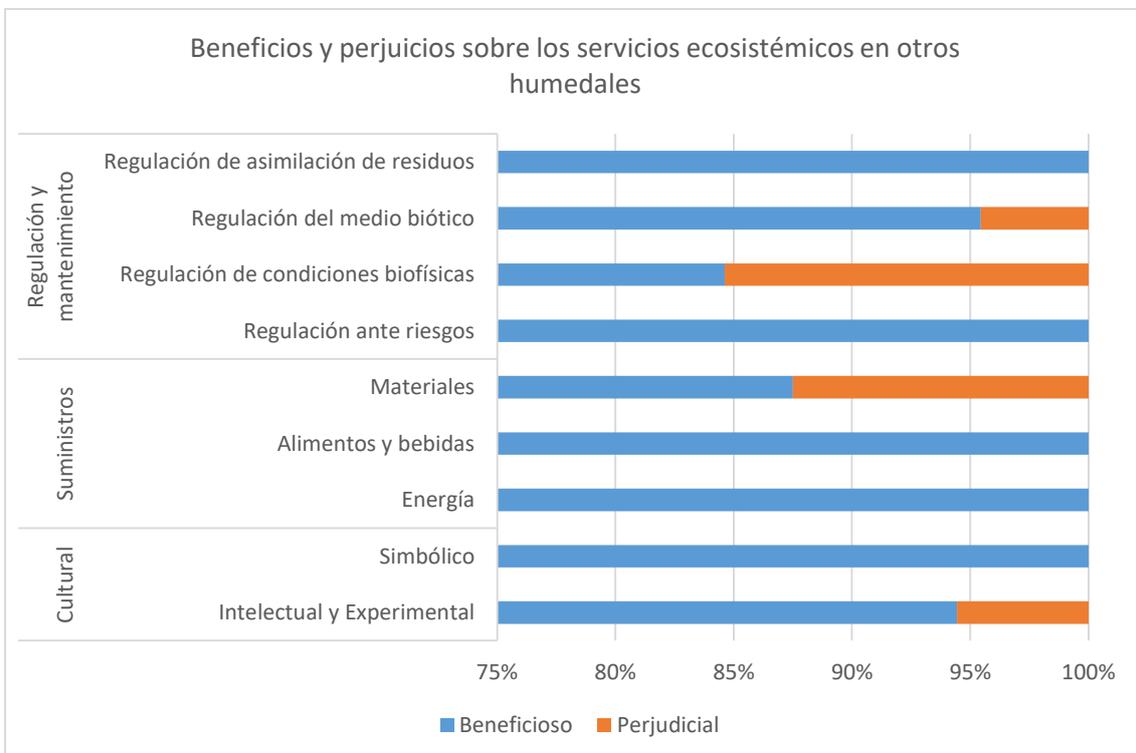


Figura 3: Porcentaje de casos de estudio en los que se identificó como las actividades llevadas a cabo en el ámbito de estudio benefician o perjudican a los servicios ecosistémicos que se derivan de dichos ecosistemas en áreas de acuicultura (a) y en otros humedales (b).

Tabla 6. Proporción de actividades o parámetros derivados de la acuicultura y de zonas húmedas sin actividad acuícola extraídos de la literatura revisada.

	Acuicultura				Otros humedales			
	Beneficios		Perjuicios		Beneficios		Perjuicios	
Aumento humedal	2.4%	(2)	1.2%	(1)	0.0%	(0)	0.0%	(0)
Aumento salinidad	0.0%	(0)	2.4%	(2)	0.0%	(0)	0.0%	(0)
Biodiversidad	0.0%	(0)	2.4%	(2)	8.5%	(4)	0.0%	(0)
Contaminación	0.0%	(0)	3.5%	(3)	4.3%	(2)	0.0%	(0)
Erosión	0.0%	(0)	1.2%	(1)	4.3%	(2)	0.0%	(0)
Especies invasoras	1.2%	(1)	5.9%	(5)	0.0%	(0)	0.0%	(0)
Eutrofización	0.0%	(0)	8.2%	(7)	0.0%	(0)	0.0%	(0)
Modificación del hábitat	1.2%	(1)	2.4%	(2)	14.9%	(7)	0.0%	(0)
Medicinas	1.2%	(1)	0.0%	(0)	0.0%	(0)	0.0%	(0)
Fijación de Nitrógeno	2.4%	(2)	0.0%	(0)	0.0%	(0)	0.0%	(0)
Pérdida de materia	0.0%	(0)	8.2%	(7)	2.1%	(1)	0.0%	(0)
Producción biomasa	29.4%	(25)	0.0%	(0)	17.0%	(8)	2.1%	(1)
Protección	0.0%	(0)	0.0%	(0)	4.3%	(2)	0.0%	(0)
Riqueza específica	4.7%	(4)	0.0%	(0)	10.6%	(5)	0.0%	(0)
Secuestro de carbón	3.5%	(3)	0.0%	(0)	10.6%	(5)	0.0%	(0)
Turismo, ocio, educación	0.0%	(0)	0.0%	(0)	12.8%	(6)	0.0%	(0)
Valor económico	14.1%	(12)	2.4%	(2)	6.4%	(3)	0.0%	(0)
Zona de alevinaje	2.4%	(2)	0.0%	(0)	2.1%	(1)	0.0%	(0)

5. DISCUSIÓN

Este análisis preliminar nos ha permitido establecer desde un punto cuantitativo la relevancia que ha tenido el estudio de los servicios ecosistémicos vinculados a las áreas donde se desarrolla la actividad acuícola en las últimas décadas. Si bien el papel de los ecosistemas sobre el bienestar humano ha sido un tema tratado por los ecólogos durante décadas, es a partir de principios de los años 2000 cuando este concepto adquiere una mayor relevancia, debido al desarrollo del proceso denominado Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millenium Ecosystem Assesment 2005). Este es el estudio global más exhaustivo realizado hasta la fecha sobre el estado de los ecosistemas del mundo y sobre los servicios que estos proveen, y en él se concluye que, en los últimos 50 años, la utilización humana de la mayoría de los servicios de los ecosistemas se ha incrementado y que estos están siendo degradados (Carpenter et al. 2009).

Existe un amplio y creciente consenso a nivel mundial en referencia a los humedales como ecosistemas de importancia crítica por los beneficios económicos, sociales y ambientales que brindan. A pesar de que sólo representan el 5% de la superficie terrestre, Costanza et al. (1997) estimaron que el valor total global de los servicios provistos por las áreas costeras y los humedales continentales ascienden a 17.5 trillones de dólares por año, lo que corresponde al 52% del valor total de servicios suministrados por el conjunto de todos los ecosistemas del planeta. Sin embargo, a pesar de los beneficios que aportan estos ecosistemas, más del 50% de los humedales de los países industrializados han sido destruidos, y muchos otros, ubicados en distintas partes del mundo, han sido degradados de forma severa (Millenium Ecosystem Assesment 2005). En particular, las zonas húmedas costeras están entre los ecosistemas más amenazados del planeta. A nivel mundial, más del 20% de la población humana vive a menos de 30 km de la costa, y las poblaciones costeras aumentan al doble de la tasa promedio, lo que provoca que se estén eliminando los humedales costeros a una tasa del 1% por año (Nicholls et al. 1999). A esto hay que sumarle los efectos del calentamiento global, que afecta especialmente y de forma muy aguda a los humedales costeros. El nivel del mar está aumentando, eliminando los humedales a lo largo del borde del océano, y se predice que un aumento global del nivel del mar de 1 m eliminaría el 46% de los humedales costeros del mundo, con impactos más intensos en las costas del Mediterráneo, Báltico y Atlántico y las islas del Caribe (Nicholls et al. 1999).

Ante este deterioro y destrucción de los humedales naturales, cada vez juegan un papel más importante aquellas zonas que han sido adaptadas y modificadas por el hombre, pasando a

regular y manejar sus ciclos hídricos de manera artificial, con el objetivo de realizar una explotación de los recursos que ofrecen. Actividades como las salinas costeras, los arrozales o las zonas de acuicultura son algunos ejemplos característicos de este tipo de explotaciones. Muchos de estos sistemas artificiales se han implantado en áreas de un elevadísimo valor ambiental. Estas zonas además constituyen hábitats complementarios o alternativos a las áreas naturales, y juegan un papel crucial en el mantenimiento de la biodiversidad (Masero et al. 2000; Kloskowski et al. 2009; Márquez-Ferrando et al. 2014)

El crecimiento de la acuicultura en todo el mundo implica la expansión de las áreas cultivadas, granjas de cultivo de mayor tamaño, mayor densidad de individuos en los cultivos y la utilización de recursos alimenticios a menudo producidos fuera del área inmediata. A nivel mundial, la acuicultura ha aumentado su impacto social y económico a través de la producción de alimentos, la contribución a los medios de subsistencia y la generación de ingresos. Sin embargo, esta actividad suele considerarse comúnmente como generadora de impactos sobre el medio ambiente ya que, cuando está mal administrada, la acuicultura puede afectar las funciones y los servicios de los ecosistemas, con consecuencias ambientales, sociales y económicas negativas (UICN Acuicultura 2010; Hauron et al. 2007; European Commission 2012). Como ejemplos de impactos negativos derivados de la acuicultura, se puede producir hipoxia y/anoxia en los sedimentos resultante del enriquecimiento orgánico, incrementos en la concentración de carbono y/o nutrientes o de productos químicos, farmacéuticos y sustancias tóxicas. Por otro lado, el cambio en los flujos hídricos relacionados con la producción de acuicultura en marismas mareales puede producir una modificación de los equilibrios geo-bioquímicos y de los balances de carbono a nivel de todo el estuario (Morris et al. 2013).

No obstante, estudios recientes muestran cómo una actividad sostenible en las zonas acuícolas, puede brindar y potenciar los servicios ecosistémicos que se atribuyen a los humedales. La FAO sentó en 2011 las bases para el establecimiento de un enfoque ecosistémico para la acuicultura (Soto et al. 2008) y propuso la siguiente definición: "Un enfoque ecosistémico en la acuicultura (EEA) es una estrategia para la integración de la actividad en un ecosistema más amplio, que promueva el desarrollo sostenible, la equidad y la capacidad de recuperación de los sistemas socio-ecológicos".

En nuestro análisis se revisa el estado del conocimiento sobre el papel de las zonas manejadas para la producción acuícola a lo largo del presente siglo. Podemos afirmar que empieza a existir una base de conocimiento sobre el papel de la acuicultura y sus efectos en la provisión de

servicios por parte de los ecosistemas en los que se desarrolla. Sin embargo, apenas se han desarrollado trabajos que integren esta información para dar una visión global de dicho papel (Deines et al. 2016). En este estudio se han identificado trabajos científicos que hacen referencia al papel de la acuicultura en todos los ámbitos en los que se clasifican los servicios de los ecosistemas. Su ámbito geográfico se extiende por todo el planeta, si bien se concentra más en aquellas áreas donde la acuicultura ha alcanzado un mayor nivel de desarrollo. Igualmente, la mayoría de estos trabajos se localizan en aquellos ambientes donde más se ha desarrollado la acuicultura, como son los humedales costeros y, más recientemente, las aguas marinas en las que está creciendo cada vez más la maricultura, donde actualmente se realiza la mayor parte de la producción piscícola mundial (FAO 2018).

Contrariamente a lo que cabría pensar en una actividad enfocada a la producción de alimentos, la mayor parte de los estudios científicos se enfoca a los efectos de esta actividad en la regulación y el mantenimiento de los procesos de los ecosistemas, y en particular, a la regulación del medio biótico. En este sentido, cabe señalar que se han identificado diversos estudios que ponen de manifiesto efecto negativos de la acuicultura relacionados con la pérdida de hábitats naturales (Camacho-Valdez et al. 2014), la disminución de la biodiversidad (Buschmann et al. 2009), o la introducción de especies invasoras (Lodge et al. 2012). Asimismo, se advierte sobre los efectos sinérgicos de estos impactos sobre los ecosistemas (Singh et al. 2017). En este sentido, existe una notable controversia en el papel de las zonas de acuicultura en el mantenimiento y potenciación de la biodiversidad, con autores que defienden la acuicultura como potenciador de la biodiversidad (i.e., Walton et al. 2015) frente a otros autores que plantean una pérdida de biodiversidad en relación con los hábitats naturales o restaurados (Sebastián-González and Green, 2016). Estas discrepancias hacen aún más necesario el incrementar el nivel de conocimiento sobre el papel de la acuicultura en el mantenimiento de la biodiversidad en ecosistemas costeros.

El conocimiento sobre los efectos de la acuicultura en la regulación de las condiciones geo-físico-químicas de los ecosistemas es notablemente más limitado, aunque también empiezan a surgir estudios en este ámbito. El balance muestra efectos positivos sobre los balances de carbono o la fijación de nitrógeno, frente a otros negativos relacionados con la eutrofización u otras formas de contaminación (Barletta et al. 2019).

El siguiente ámbito donde se han localizado más estudios es en los que relacionan la acuicultura con la provisión de alimentos, materiales y energía. En este caso, el balance es claramente

favorable, con una producción neta de biomasa de peces, marisco y algas para el consumo humano (Teixeira et al. 2018; Chen et al. 2019) y una valorización del territorio (Sathirathai & Barbier 2001). También se han puesto de manifiesto algunos efectos perjudiciales en las producciones, vinculados a la introducción de especies invasoras (Lodge et al. 2012).

7. CONCLUSIONES

1. Existe un creciente interés por el estudio del papel de la acuicultura en el medio y los servicios ecosistémicos que se derivan de dicha actividad, como se refleja en el aumento de la literatura científica sobre este tema, que se ha producido principalmente a partir de mitad de la década de los 2000.
2. Estas referencias científicas abordan la relación de la acuicultura con todos los tipos de servicios ecosistémicos. No obstante, la mayoría de los estudios científicos al respecto se han centrado en los servicios de *regulación y mantenimiento* y de *suministro*.
3. Aquellas actividades relacionadas con el servicio de *suministro* suelen presentar un carácter beneficioso para el medio, mientras que los relacionados con *regulación y mantenimiento* presentan ciertos efectos negativos.
4. Es necesario un análisis cualitativo más profundo que ponga de manifiesto las distintas relaciones entre las actividades acuícolas y los servicios ecosistémicos y una evaluación de dichas relaciones para definir con claridad los beneficios o perjuicios que se produce en el medio. Este análisis se llevará a cabo en la siguiente fase del proyecto, y serán presentados en el informe final.

8. REFERENCIAS

- Barletta, M., Lima, A.R.A. & Costa, M.F., 2019. Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. *Science of The Total Environment*, 651, pp.1199–1218. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.276>.
- Bossard, M. et al., 2000. CORINE land cover technical guide. Addendum 2000. Available at: www.eea.eu.int.
- Bostock, J. et al., 2010. Aquaculture: Global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*.
- Buschmann, A. & Fortt, A., 2005. Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. *Revista Ambiente y Desarrollo*.
- Buschmann, A.H. et al., 2009. Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: Analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. *Ocean & Coastal Management*, 52(5), pp.243–249. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0964569109000350>.
- Camacho-Valdez, V. et al., 2014. Effects of Land Use Changes on the Ecosystem Service Values of Coastal Wetlands. *Environmental Management*, 54(4), pp.852–864.
- Carpenter, S.R. et al., 2009. Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Chen, J. et al., 2019. Quantifying ecosystem services supply and demand shortfalls and mismatches for management optimisation. *Science of The Total Environment*, 650, pp.1426–1439. Available at: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004896971833568X>.
- Costanza, R. et al., 1997. The value of the world ' s ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(May), pp.253–260.
- Deines, A.M. et al., 2016. Tradeoffs among Ecosystem Services Associated with Global Tilapia Introductions. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 24(2), pp.178–191. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23308249.2015.1115466>.
- European Commission, 2012. Guidance on Aquaculture and Natura 2000. , pp.1–89.
- FAO, 2011. Desarrollo de la acuicultura. 4. Enfoque ecosistémico a la acuicultura. In *FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable*. p. 60.
- FAO, 2018. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura. El estado del mundo*, Available at: <http://www.fao.org/publications/es>.
- Gates, S., 2002. Review of methodology of quantitative reviews using meta-analysis in ecology. *Journal of Animal Ecology*, 71(4), pp.547–557. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1365-2656.2002.00634.x>.
- Gurevitch, J., Curtis, P.S. & Jones, M.H., 2001. Meta-analysis in ecology. In pp. 199–247. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065250401320135>.

- Haines-Young, Roy; Potschin, M., 2010. *Proposal for a Common International Classification of Ecosystem Goods and Services (CICES) for Integrated Environmental and Economic Accounting*, Available at: www.cices.eu.
- Hassan, R.M., Scholes, R.J. & Ash, N., 2005. Ecosystems and Human Well-being - Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. *The Millennium Ecosystem Assessment Series (v. 1)*.
- Hauron, R. et al., 2007. Guía para el desarrollo sostenible de la acuicultura mediterránea 1: interacciones entre la acuicultura y el medio ambiente.
- Kloskowski, J. et al., 2009. Complementary use of natural and artificial wetlands by waterbirds wintering in Doñana, south-west Spain JANUSZ. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 19, pp.815–826.
- Kumar, P. ed., 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) Ecological and Economic Foundations*, Earthscan, London and Washington.
- Lodge, D.M. et al., 2012. Global Introductions of Crayfishes: Evaluating the Impact of Species Invasions on Ecosystem Services. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 43(1), pp.449–472. Available at: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-ecolsys-111511-103919>.
- Márquez-Ferrando, R. et al., 2014. Recently created man-made habitats in Doñana provide alternative wintering space for the threatened Continental European black-tailed godwit population. *Biological Conservation*, 171, pp.127–135.
- Masero, J. a et al., 2000. Complementary Use of in Tertidal Mudflats and Adjacent Sal in As By Foraging Wader S. , (Velasquez 1992), pp.177–191.
- Millenium Ecosystem Assesment, 2005. Ecosystem and human well-being: biodiversity synthesis. *World Resources Institute, Washington, DC*.
- Morris, E.P. et al., 2013. Contribution of Doñana wetlands to carbon sequestration. *PLoS ONE*, 8(8), p.e71456. Available at: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0071456>.
- Nicholls, R.J., Hoozemans, F.M.J. & Marchand, M., 1999. Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: Regional and global analyses. In *Global Environmental Change*.
- Reid, W. V et al., 2005. Evaluación de los ecosistemas del milenio. *Informe de síntesis. "Strengthening Capacity to Manage Ecosystems Sustainably for Human Well-Being*, 43, pp.1–43. Available at: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=29145&indexSearch=ID>.
- Sathirathai, S. & Barbier, E.B., 2001. Valuing mangrove conservation in Southern Thailand. *Contemporary Economic Policy*, 19(2), pp.109–122.
- Schmidt, F.F.L., Hunter, J.J.E. & Schmidt, F.F.L., 2014. *Methods of meta-analysis: correcting error and bias in research findings*, Sage publications.
- Singh, G.G. et al., 2017. Mechanisms and risk of cumulative impacts to coastal ecosystem services: An expert elicitation approach. *Journal of Environmental Management*, 199, pp.229–241.

Soto, D. et al., 2008. Applying an ecosystem-based approach to aquaculture: principles, scales and some management measures. *FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings*.

Teixeira, Z. et al., 2018. Identification of potential aquaculture sites in solar saltscapes via the Analytic Hierarchy Process. *Ecological Indicators*, 93(May), pp.231–242. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.003>.

UICN Acuicultura, 2010. Prácticas responsables y certificación.

Walton, M.E.M.E.M. et al., 2015. The effect of water management on extensive aquaculture food webs in the reconstructed wetlands of the Doñana Natural Park, Southern Spain. *Aquaculture*, 448, pp.451–463. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.06.011>.