

Gestión del recurso Agua ante el desafío del Cambio Climático en
Andalucía: una metodología y herramientas para la toma de decisiones
en los próximos 30 años

(AGUAs21)

Resultado 1

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA CUENCA DEL RÍO GUADALETE



Título del proyecto:

Gestión del recurso Agua ante el desafío del Cambio Climático en Andalucía: una metodología y herramientas para la toma de decisiones en los próximos 30 años (AGUAs21).

Autores:

Oscar Álvarez Esteban
Manuel Arcila Garrido
Cira Buonocore
J. Adolfo Chica Ruiz
Alfredo Fernández Enríquez
Juan Jesús Gomiz Pascual
Carlos J. González Mejías
Alfredo Izquierdo González
Rafael Mañanes Salinas
María Luisa Pérez Cayeiro
Jesús Romero González

Contacto:

isa.perez@uca.es

Web:

<https://aguas21.uca.es/>

Este trabajo ha sido cofinanciado por la Unión Europea en el marco del Programa Operativo FEDER 2014-2020 y por la Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades de la Junta de Andalucía. Referencia del proyecto: FEDER-UCA18-107890



Índice

1. Introducción	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. El capital natural de la Cuenca hidrográfica del Guadalete	14
2. Metodología	21
2.1. Fuentes de información	21
2.2. Clasificación CICES	22
3. Servicios ecosistémicos	27
3.1. Servicios ecosistémicos de abastecimiento	27
3.2. Servicios ecosistémicos de regulación	32
3.2. Servicios ecosistémicos culturales	34
4. Indicadores	36
5. Referencias bibliográficas	44

1. Introducción

1.1. Antecedentes

Entre 2000 y 2005, auspiciado por Naciones Unidas, se desarrolló el Programa científico interdisciplinario de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio que puede ser considerado como el mayor esfuerzo internacional que se ha llevado a cabo para evaluar la capacidad que tienen los ecosistemas del planeta y la biodiversidad que alberga para mantener el bienestar humano de sus habitantes. Uno de los informes realizados fue el relacionado con los humedales y el agua, en el que se incluían los ríos (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005). A continuación se señalan algunos de los mensajes claves que el documento marcaba (páginas II y III):

- Los ríos proporcionan una amplia gama de servicios de los ecosistemas que contribuyen al bienestar humano, como pescado y fibras, abastecimiento y purificación de agua, regulación del clima, control de las inundaciones, protección de costas, oportunidades de recreación y, cada vez más, el turismo.
- Si se consideran los beneficios económicos de los ríos, tanto de los que entran en el mercado como los que no, el valor económico total de los humedales no convertidos es usualmente mayor que el de aquellos convertidos para otros usos. Es prioritario que al momento de tomar decisiones que afecten directa o indirectamente a los humedales se asegure que se ha considerado la gama completa de beneficios y valores que otorgan los diferentes servicios de los ecosistemas.
- Los principales generadores indirectos de degradación y desaparición de los humedales han sido el crecimiento de la población y el creciente desarrollo económico. Los generadores directos de degradación y pérdida incluyen el desarrollo de infraestructuras, los cambios en el uso del suelo, la extracción de agua, la eutrofización y contaminación, el exceso de recolección y sobreexplotación, y la introducción de especies exóticas invasoras.
- Se estima que el cambio climático global acelerará la desaparición y degradación de numerosos humedales, así como la pérdida o declinación de sus especies, y que incrementará en muchas regiones la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores o el agua. Se prevé que el exceso de nutrientes se convierta en una amenaza cada vez mayor para ríos, marismas, áreas costeras y arrecifes de coral. Las presiones del crecimiento proveniente de múltiples generadores directos de cambio aumentan la posibilidad de potenciales cambios abruptos en los ecosistemas de humedales, los que pueden ser de gran magnitud, caros o irreversibles.
- La desaparición y degradación de humedales que se prevé reducirá su capacidad de mitigar los

Resultado 1.1

La escasez física y económica de agua y el acceso limitado o reducido a ella son grandes desafíos que enfrenta la sociedad y son generadores clave de degradación que limitan el desarrollo económico de muchos países. Sin embargo, en el desarrollo de muchos recursos hídricos que ha tenido por objetivo incrementar el acceso al agua, no se ha dimensionado adecuadamente lo que ello significaba para otros servicios provistos por los humedales.

- Más que con los enfoques sectoriales existentes, es probable que se pueda asegurar un desarrollo sostenible haciendo uso, en el manejo de los ríos, de enfoques intersectoriales y basados en los ecosistemas, tales como el manejo a escala de cuencas (de ríos, lagos o acuíferos), en los que se consideren los compromisos que hay que hacer entre los distintos servicios de los ecosistemas de humedales. Este enfoque es clave al momento de diseñar acciones en beneficio de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

- Muchas de las respuestas diseñadas principalmente para los recursos hídricos no serán sostenibles o suficientes a menos que se consideren otros factores generadores de cambio, tanto directos como indirectos. Esto incluye acciones para eliminar subsidios a la producción, intensificar de manera sostenible la agricultura, aminorar el cambio climático, aminorar la carga de nutrientes, corregir las fallas del mercado, promover la participación de los interesados directos e incrementar la transparencia y responsabilidad en la toma de decisiones, tanto de los gobiernos como del sector privado.

- En las próximas décadas, las decisiones políticas pertinentes deberán considerar los compromisos a alcanzar entre los usos actuales de los recursos de los ríos, y entre los usos actuales y futuros. Algunos de los compromisos a destacar son aquellos entre la producción agrícola y la calidad del agua, entre el uso del suelo y la biodiversidad, entre el uso del agua y la biodiversidad acuática, y entre el uso actual de agua para riego y la producción agrícola futura.

- Los efectos adversos del cambio climático, tales como los cambios en la hidrología y en la temperatura de los cuerpos de agua, conducirán a una reducción en los servicios provistos por los humedales. Eliminar las presiones existentes y mejorar su resiliencia constituyen los métodos más efectivos para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. La conservación, mantenimiento o recuperación de los humedales pueden ser elementos viables para una estrategia general de mitigación del cambio climático.

A escala nacional, entre 2010 y 2011, promovida por la Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, se llevó a cabo la Evaluación de los Ecosistemas del

Resultado 1.1

Milenio de **España** (EME). Este fue el primer análisis realizado sobre el estado y las tendencias de los servicios de los ecosistemas terrestres y acuáticos de España y su contribución al bienestar de sus habitantes. Trata de llevar el debate sobre la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad más allá del mundo académico y vincularlo a los deseos de una vida buena a la que aspiran todos los actores de la sociedad. El mensaje que se intenta transmitir, apoyado con datos empíricos, es claro: el presente y el futuro económico, social y cultural de los habitantes de los ecosistemas de España está estrechamente vinculado a la conservación de su capacidad de generar servicios de abastecimiento, de regulación o culturales que determinan los diferentes componentes de su bienestar (<http://www.ecomilenio.es/sobre-eme>). En este caso, uno de los tipos operativos de ecosistemas evaluados fue el de ríos y riveras (Vidal-Abarca y Suárez Alonso, 2011a). A continuación se transcriben algunos de los mensajes clave que sintetizaban el trabajo realizado (páginas 11 a 13):

- El 65% (15 de 23) de los servicios de los ecosistemas ríos y riberas evaluados se están degradando o están siendo usados de manera insostenible. Los más afectados son los de regulación (formación y fertilidad del suelo, regulación hídrica y de las perturbaciones naturales y control biológico) y los culturales (conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia y disfrute espiritual y religioso). Por el contrario, están mejorando los de abastecimiento tecnificados y los culturales que responden a la demanda urbana (ecoturismo, educación ambiental).

- El capital natural que suponen los ríos y riberas está siendo forzado para aumentar los servicios de abastecimiento, lo cual se consigue con creces, pero se están perdiendo los de regulación y los culturales. La energía hidráulica en España prácticamente ha llegado a su máximo (36.568 GWh producidos en 2010 según REE). Teniendo en cuenta que aproximadamente el 94% del agua de los ecosistemas acuáticos en España es usada en abastecimiento y agricultura, poco queda para producir energía hidroeléctrica. La potenciación de este servicio ha llevado a que se pierdan muchos tramos de pesca fluvial y parte del acervo genético de especies acuáticas y ribereñas endémicas de España (30 especies de peces fluviales de las 49 autóctonas españolas son endemismos, de los cuales 24 están en peligro), además los servicios de regulación hídrica, autodepuración y fertilidad del suelo se ven claramente disminuidos.

- En los últimos 50 años se han alterado o degradado más ríos y riberas españoles que en cualquier otro periodo de tiempo, especialmente para satisfacer las demandas de agua para la creciente agricultura de regadío y la producción de energía. Esto ha generado una pérdida considerable de la biodiversidad de ríos y riberas y una disminución de la capacidad de generar servicios de regulación,

Resultado 1.1

en especial los relacionados con el control de la contaminación difusa, la minimización de los efectos de las perturbaciones naturales y la fertilidad del suelo de vega.

- La cantidad de agua suministrada por los ecosistemas fluviales en España sería suficiente para satisfacer las necesidades de sus habitantes si no sobrepasáramos su tasa de renovación. Los ríos españoles proporcionan anualmente más de 110.000 hm³ de agua y la recarga anual a los acuíferos se estima en unos 30.000 hm³. Para satisfacer las necesidades humanas se utiliza el 11% del total de la precipitación anual (cantidad de agua generada en el ciclo hidrológico), aproximadamente el mismo porcentaje que utilizan los portugueses.

- En 2007, en España se empleó el 12,7% del agua disponible (la que extrae de los ecosistemas acuáticos continentales) para consumo de los hogares y más del 81% en agricultura. La extracción de aguas subterráneas en España se ha incrementado de 2.000 hm³ en 1960 hasta 1.213.000 hm³ en 2008, fundamentalmente para abastecer a la agricultura de regadío. En algunas cuencas, sin embargo, se ha sobrepasado su tasa de renovación y la disminución del servicio de abastecimiento de agua es evidente, recurriendo a tecnologías complejas para incorporar agua dulce, bien por desalación o desde otras cuencas (trasvases de agua).

- La agricultura de regadío intensivo además de consumir más del 80% del agua que se extrae de los ecosistemas fluviales españoles, reclama más agua. La extracción de aguas subterráneas en España fundamentalmente para abastecer a la agricultura de regadío que actualmente ocupa una superficie de 3.401.458 ha (6,7% de la superficie total de España) y que no aporta más de 1€ por m³ de agua utilizada del VAB (valor añadido bruto) a precios de mercado, se ha incrementado desde 2.000 hm³/año en 1960 hasta 1.213.000 hm³ en 2008. La búsqueda de agua para satisfacer las demandas nunca cubiertas de este sector, ha llevado a recurrir a técnicas muy costosas como la desalación, que en los últimos 12 años ha aumentado en un 232%, y a la presión del el Trasvase Tajo-Segura que aporta anualmente una media de 327 hm³ al sureste español, de los que más del 60% se emplea en agricultura.

- Buena parte de los productos agrícolas que son consumidos por la población española no se han producido con agua procedente de las cuencas hidrológicas españolas. Más de la mitad del agua necesaria para producir servicios de abastecimiento de alimentos que se consumen en España proceden de otros países. En concreto, España importa, en forma de productos agrícolas, unos 20.000 hm³ de agua, más cantidad de la que se utiliza en España en agricultura (17.346 hm³ en el 2008). En este sentido, España es un importador neto de agua virtual, es decir agua generada en otras partes del mundo y transformada en alimentos que se consumen lejos del lugar de origen. De

Resultado 1.1

hecho, somos uno de los países europeos que mayor huella hídrica presenta (2.325 m³/habitante/año), lo que nos hace especialmente responsables del deterioro de los ecosistemas acuáticos de otros países, principalmente del Tercer Mundo.

- En la actualidad España cuenta con un total de 1300 embalses. Se trata del país con mayor número de presas por km de cauce. La capacidad total de estos embalses se estima en 54.380 hm³, es decir regulan el 50% del agua generada en las cuencas, lo cual ha llevado a que muchos ríos o tramos de al menos, conservar algunos de los servicios que nos proporcionan los ríos y riberas españoles.

- Dentro del contexto europeo España es el país con mayor diversidad de tipos de ecosistemas acuáticos. Prácticamente la totalidad del territorio español se encuentra dentro del ámbito mediterráneo, cuyo clima caracterizado por la irregularidad anual e interanual de las precipitaciones, junto a la fisonomía del territorio y el complejo marco geológico-litológico, ha dado lugar a una extraordinaria diversidad de tipos de ríos. En España coexisten ríos permanentes, temporales e incluso secos (ramblas), junto a ríos dulces, salinos e hipersalinos, y muchos de ellos en la frontera entre ríos y humedales. La variabilidad hídrica natural que la sociedad percibe como negativa se convierte en el rasgo biofísico más singular del territorio español.

- Los ecosistemas acuáticos españoles contienen una de las faunas acuáticas más endémicas del mundo, pero el acervo genético que significaban las especies de ríos y riberas españoles está disminuyendo rápidamente. Más del 63% de las especies de vertebrados de los ríos españoles presentan un estado de conservación preocupante o muy preocupante y 62 especies de invertebrados acuáticos están en la misma situación. Las especies de peces continentales son las que más rápidamente se están acercando al peligro de extinción según el índice de las Listas Rojas (RLI) (el 55% de las especies están amenazadas).

- La capacidad para regular las avenidas de agua, las sequías o la erosión está muy reducida por la degradación y cambios de los usos del suelo hidrológico en las cuencas hidrológicas están muy deteriorados: tanto el número de glaciares como su superficie han retrocedido de forma extraordinaria en los últimos 200 años; el 28,5% de los acuíferos españoles se están explotando de forma intensiva y la humedad del suelo está disminuyendo progresivamente. Por el contrario, el número de embalses sigue aumentando, aunque al día de hoy, su capacidad reguladora es prácticamente nula y, a pesar de que controlan el 50% del agua generada en las cuencas, su modelo de gestión no asegura el abastecimiento urbano durante los periodos de sequía. El servicio de regulación de las perturbaciones naturales como minimizar los efectos de las inundaciones y las sequías, que harían de forma natural nuestros ecosistemas acuáticos, nos está costando a los

Resultado 1.1

españoles muchos millones de euros. Entre los años 2004 y 2010, las administraciones públicas han invertido 818,263 millones de € en paliar los efectos de las sequías y 190,305 millones de € en los de las inundaciones.

- Las tecnologías de depuración de las aguas residuales consiguen mantener un cierto nivel de la calidad del agua de los ríos españoles. Actualmente existen en España 1.710 depuradoras que tratan casi 100 m³ por habitante y año, a un coste de 0,36 € cada m³, que han conseguido controlar, en cierta medida, el deterioro de la calidad del agua de los ríos.

- El cambio climático ya está afectando a la cantidad de agua que se generan en las cuencas españolas, pero no solo por efecto de la disminución de las precipitaciones. La cantidad de agua contenida en el suelo sigue una tendencia a disminuir, lo cual es efecto del aumento general de la temperatura en España, consecuencia del cambio climático, que favorece la evapotranspiración. El aumento extraordinario del número de embalses y balsas de riego para abastecer la agricultura intensiva en los últimos 20 años (un 12,3% de superficies de agua libre) es una medida poco adaptativa a la realidad del cambio global.

- Los ríos y riberas españoles son el capital natural básico que nos proporciona mucho más que agua. Las crisis económicas hacen que se vuelva a valorar muchos de los servicios que proporcionan los ríos y las riberas. Unas 1.790 empresas artesanales en España utilizan las fibras vegetales cuyo origen son los árboles y arbustos riparios: enea, caña y mimbre. El número de artesanos está aumentando en los últimos años, una alternativa a la disminución de puestos de trabajo estandarizados.

- Los ríos y riberas españolas van perdiendo sus servicios culturales relacionados con el conocimiento ecológico local. Cada vez existen más asociaciones de ciudadanos con intereses comunes para recuperar o poner en valor el patrimonio cultural, estético o espiritual relacionado con el agua, fundamentalmente porque forma parte de sus experiencias vitales y son sello de identidad de los colectivos humanos. Parte de la experiencia del ser humano con el agua, está incorporada al saber popular a través de, por ejemplo, refranes, en los nombres de pueblos, lugares o enseres y en muchos oficios que dependen o dependían de los servicios que proporcionan los ríos y las riberas.

- Cada vez es mayor el conocimiento que se tiene sobre la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas acuáticos españoles. El número de artículos y documentos que hacen referencia a los servicios de los ecosistemas acuáticos en España, ha aumentado en 34 veces desde el año 1992 al 2010 (*google-earth*), al igual que lo han hecho el número de tesis doctorales leídas, los congresos

Resultado 1.1

científicos, cursos y másteres de especialización sobre el agua y los ecosistemas acuáticos. Pero no siempre este aumento en el conocimiento sirve para gestionar mejor los ecosistemas acuáticos, en parte por los objetivos de investigación planteados, que no contemplan el análisis de las interacciones ser humano-naturaleza. Las líneas de investigación futuras deberían ir en el sentido de analizar las estrechas relaciones que existen entre los ecosistemas acuáticos y sus cuencas, y sobre técnicas innovadoras que contribuyan a un aprovechamiento sostenible de los servicios que proporcionan.

- La Directiva Marco del Agua (DMA) ha supuesto una visión más integrada de los ecosistemas acuáticos. A ella se debe el importante esfuerzo de haber puesto al día la información del estado ecológico de los ríos y riberas europeos y españoles y la obligación de restablecer su calidad biofísica en un plazo relativamente corto (2015). No obstante, alcanzar el buen estado ecológico de los ecosistemas acuáticos es solo una parte de lo que supone recuperar la multitud de servicios que estos ecosistemas nos proporcionan para conseguir el bienestar humano.

- Es evidente la necesidad de acometer una reconversión en los modos de gestionar los ecosistemas acuáticos, reduciendo el deterioro provocado en muchos de los servicios que nos proporcionan. Para ello, el agua hay que entenderla en el contexto del ciclo hidrológico, el agua azul es solo una parte del mismo, y se olvida que el agua verde también nos proporciona muchos servicios. Una visión más integrada de cómo los ríos y sus cuencas forman una unidad funcional e interdependiente entre el agua de lluvia, los flujos de agua azul y verde, los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano, nos ayudaría a proponer unos modelos más sostenibles y justos del agua y del suelo. En este contexto, la participación ciudadana, es vital para diseñar las estrategias de cooperación entre todos los actores sociales que participan de los mismos servicios que nos proporcionan los ecosistemas acuáticos y terrestres, independientemente de su ubicación en las cuencas hidrológicas.

Igualmente, en **Andalucía**, entre 2011 y 2012, se ha desarrollado la evaluación de sus ecosistemas. Proyecto planteado como una evaluación sub-global del Milenio Internacional en el marco del Milenio español. En este caso fue auspiciado por la Junta de Andalucía, con el objetivo de incorporar los servicios de los ecosistemas en la toma de decisiones para la gestión sostenible del capital natural y poner de manifiesto los estrechos vínculos entre los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano. También fueron tratados de manera específica los ríos y riberas (Vidal-Abarca y Suárez

Resultado 1.1

Alonso, 2011b). Algunos de los mensajes clave que resumían dicha evaluación regional son los siguientes (páginas 7-10):

- El 77% (17 de 22) de los servicios de los ecosistemas ríos y riberas evaluados se están degradando o están siendo usados de manera insostenible. Los más afectados son los servicios de regulación (formación y fertilidad del suelo, regulación hídrica y de las perturbaciones naturales y control biológico) y los culturales (conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia y disfrute espiritual y religioso). Por el contrario, están mejorando los servicios de abastecimiento tecnificados y sobre todo los servicios culturales que responden a la demanda urbana (ecoturismo, ocio, educación ambiental).

- En los últimos 50 años se han alterado o degradado más ríos y riberas andaluzas que en cualquier otro periodo de tiempo, especialmente para satisfacer las demandas de agua para la creciente agricultura de regadío (muy tecnificada) y la producción de energía. Esto ha generado una pérdida considerable de la biodiversidad de ríos y riberas y una disminución de su capacidad para generar servicios de regulación, en especial los relacionados con el control de la contaminación difusa, la minimización de los efectos de las perturbaciones naturales y la fertilidad del suelo de vega.

- Las llanuras aluviales andaluzas prácticamente han desaparecido como ecosistemas naturales. Según datos del Mapa de Suelos de Andalucía (E: 1:400.000), la superficie de fluvisoles (los suelos que ocupan las llanuras aluviales) es de 332.410 ha, de las cuales 306.158 ha (92,1%) están ocupadas por la agricultura y 26.252 ha (7,9%) por zonas urbanas (según mapa de usos del suelo de 2007 (E: 1.25.000). Aunque las escalas de ambas cartografías son diferentes, claramente se percibe el elevado nivel de ocupación y transformación de las llanuras aluviales andaluzas.

- Andalucía posee una extraordinaria diversidad de tipos hidro-geoquímicos de ríos. Ríos de caudal permanente, temporales, salinos, dulces, ramblas, etc., forman parte de la riqueza natural de los paisajes ligados al agua en Andalucía, lo que posibilita y explica la alta biodiversidad acuática. Sin embargo, el 69 % de los vertebrados que habitan estos ecosistemas (63 % en España), presenta algún nivel de amenaza o se han extinguido.

- El acervo genético de especies acuáticas y ribereñas andaluzas es el más importante de España. El 76,4% del total de vertebrados de ríos y riberas españoles están presentes en Andalucía. El de los peces es el grupo con mayor número de especies (45 especies, el 42,5 % del total), de las cuales 20 son autóctonas. Los peces y los anfibios son los que mayor número de endemismos presentan (18 y 5 respectivamente). De las 576 especies de flora vascular que consta en Lista Roja de la Flora

Resultado 1.1

Vascular de Andalucía, 80 son acuáticas o riparias, de las cuales 17 son endémicas (el 21,3 %). El estudio de la Flora ficológica de Andalucía lleva catalogadas, al día de hoy, 598 especies solo del grupo de las diatomeas. Estos datos son una muestra de la extraordinaria riqueza de especies de ríos y riberas andaluces.

- La potenciación de algunos servicios de abastecimiento está forzando el capital natural que suponen los ríos y riberas andaluces. La pesca fluvial, prácticamente ha desaparecido de los ríos andaluces. En 1992 se capturó la última hembra de esturión en el Río Guadalquivir, aunque a principios del siglo XX era muy abundante y en la Cuenca del Guadalquivir las poblaciones de anguila se han reducido en un 98 % y su hábitat en un 88% en las tres últimas décadas. Por el contrario, en el año 2009, el 81,9% del total de agua generada por los ríos andaluces se consumió en agricultura, lo cual es posible porque los embalses construidos son capaces de controlar hasta el 93,59 % del total de agua generada por el ciclo hidrológico, lo cual deja poco margen para mantener un caudal mínimo que permita conservar otros servicios de abastecimiento, de regulación o culturales que los ríos y riberas nos proporcionan.

- Andalucía consume el doble de la cantidad de agua que contabiliza. En 2007, el consumo de agua en Andalucía, según datos del INE, fue de 4.629,08 hm³, pero la realidad es que consumió más del doble (9.384,97 hm³) si se contabiliza el agua verde y el agua virtual. En el año 2007, casi el 90 % del agua consumida en agricultura fue agua azul (3.934,17 hm³) mientras que 394,9 hm³ se consumieron como agua verde. El espectacular aumento de las superficies de olivar en regadío, y de los cultivos industriales (algodón y arroz) son responsables de esta situación. La gran cantidad de agua consumida en ganadería (4.176,9 hm³) es agua virtual, puesto que el sector ganadero en Andalucía es muy dependiente de las importaciones dado que su producción ganadera es relativamente baja.

- La conservación del acervo genético que proporcionan ríos y riberas es un objetivo prioritario de las políticas medio ambientales de Andalucía, en las cuales invierte mucho esfuerzo y dinero. Desde el año 1998 hasta el 2009 la inversión de la Consejería de Medio Ambiente en materia de conservación de la biodiversidad se ha multiplicado por 4 (de 91.183,03 miles € en 1998 a 370.485,8 miles € en 2009), lo que supone entre el 59,9% y 25 % respectivamente del total de inversiones de la Consejería. Los resultados de estas actuaciones están siendo satisfactorios, en términos del aumento del número de individuos o de las poblaciones sobre las que se actúa, pero la conservación del hábitat hubiera sido suficiente para mantener en buen estado las poblaciones de muchas de estas especies.

Resultado 1.1

- Muchos servicios de abastecimiento hoy perdidos o excesivamente tecnificados hubieran contribuido al bienestar de los andaluces (certeza alta). La acuicultura, no se consolida como la alternativa a la pérdida de la pesca fluvial tradicional. La sal continental ha experimentado en los últimos años una importante revalorización, pero el abandono de más de 100 salinas continentales en Andalucía ha supuesto la pérdida de un servicio de abastecimiento que hubiera generado actualmente muchos ingresos y más puestos de trabajo. En Andalucía existe aún un buen conocimiento de las plantas medicinales, en general, parte de las cuales son proporcionadas por ríos y riberas. Sin embargo, se está perdiendo el conocimiento tradicional potenciándose solo unas pocas especies de las que se extraen sus principios activos para utilizarlas en farmacología, cosmética, etc.

- La excesiva regulación de los caudales de los ríos andaluces ha afectado de manera significativa a las relaciones entre las riberas y el río, imposibilitando o dificultando los servicios de regulación de amortiguación de las avenidas y de formación de suelo que proporcionaban. En Andalucía están catalogados 1.099 puntos con riesgo de inundación según su grado de peligrosidad. Las soluciones dadas por la administración casi siempre son estructurales (limpieza de cauces, obras de encauzamientos, etc.), obviando otras que contemplen la integración urbanística y ambiental y compatibilicen los distintos usos del territorio, lo cual ayudaría a amortiguar los efectos negativos de las avenidas y a potenciar la formación de suelo aluvial. Según el Plan Director de Riberas de Andalucía, el 20 % de la longitud de las riberas andaluzas sufre alteraciones importantes debido a cambios en el régimen hidrológico (inundación por embalses, canalizaciones, desconexión del nivel freático, etc.) y la acumulación de sedimentos en los embalses de Andalucía es del orden de 985 toneladas por km² de cuenca y año en la cuenca Mediterránea Andaluza y de 535 en la del Guadalquivir.

- Los cambios de uso del suelo impiden que ríos y riberas proporcionen servicios de regulación como el control de la calidad del aire o regulación morfo-sedimentaria. Según el Mapa de Usos y Coberturas Vegetales de Andalucía, el 44,1 % de su superficie está dedicada a la agricultura (19,5 % de regadío). Entre 1987 y 2000, las superficies urbanas difusas en Andalucía han aumentado un 282% y entre 1956 y 2007 se ha multiplicado por 5 su superficie artificial (el 3,1 % de la superficie autónoma). Los cambios en la cobertura vegetal del suelo, debidos al aumento en la superficie ocupada por cuerpos de agua artificiales, entre 1956 y 2007, ha supuesto la emisión a la atmosfera de 12.353 t de carbono al año y entre 2004 y 2008 la cantidad de suelo erosionado por lluvias

Resultado 1.1

moderadas se ha incrementado en 2,4 veces, y en 2,8 veces los erosionados por lluvias de alta intensidad.

- La depuración de las aguas residuales ha conseguido mantener un cierto nivel de calidad en las aguas de los ríos andaluces. En 2009 Andalucía contaba con 536 estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), que tratan un total de 70 m³ por habitante y año, a un coste de 0,45 € cada m³, y que han conseguido mantener, en cierta medida, la calidad del agua de los ríos. Sin embargo, los problemas de contaminación difusa derivados de la utilización de fertilizantes y fitosanitarios se han acusado. En 2009 se ha duplicado el número de estaciones de muestreo con concentraciones de nitratos superiores a 25 mg/l y ha disminuido a la mitad el número de estaciones con concentraciones de fosforo inferiores a 25 µg/l. Esta situación merma la capacidad de los ríos y riberas andaluces para realizar el servicio de autodepuración del agua.

- El conocimiento científico sobre la estructura, funcionamiento y dinámica de los ríos y riberas andaluces es cada vez mayor. El número de publicaciones, documentos, tesis doctorales, etc. sobre los ecosistemas de ríos y riberas andaluces ha aumentado significativamente en los últimos 20 años. De igual manera las inversiones en I+D en Andalucía se han multiplicado por 3 entre 2000 y 2009, así como el personal dedicado a programas de I+D (un incremento del 184 % entre los mismos años). Mejorar el conocimiento de las estrechas relaciones que existen entre los ríos y sus cuencas y la investigación en técnicas innovadoras que contribuyan al uso más sostenible de los servicios que nos proporcionan, serían deseables como líneas de investigación futuras a potenciar.

- Se está perdiendo buena parte de la riqueza cultural, lingüística, etnobotánica, el conocimiento ecológico local y, en general, todos los servicios que identifican y dan sentido de pertenencia a los andaluces, a pesar de los esfuerzos que realiza la administración por recuperar este enorme elenco que posee el pueblo andaluz, en forma de patrimonio inmaterial. Por el contrario, la potenciación de todos los servicios culturales que ríos y riberas proporcionan, relacionados con el ocio, ecoturismo o la educación ambiental demandados por la población más urbana, es obvia, pero en muchas ocasiones conduce a la pérdida del sentido de identidad y experiencia vital con el agua, que se manifiesta en costumbres y tradiciones (por ejemplo, las romerías), muchas de las cuales han logrado salvaguardar tramos de ríos y de riberas andaluces hoy día inventariados y valorados para su conservación (por ejemplo: riberas sobresalientes de Andalucía).

Resultado 1.1**1.2. El capital natural la Cuenca hidrográfica del Guadalete**

El río Guadalete, cuya cuenca es de 3.677 km², tiene 157 km de longitud. Nace en la Sierra de Grazalema y recibe diversos afluentes a lo largo de su recorrido, entre los que destacan el río Guadalporcún, el río Majaceite y el arroyo Salado. Está regulado por los embalses de Zahara (en cabecera), Bornos y Arcos. El Guadalporcún nace en Torre Alháquime, en la confluencia del río Trejo y el arroyo Zumacal. Atraviesa la Reserva Natural del Peñón de Zaframagón formando la llamada Garganta del Estrechón. Aunque no cuenta con ningún embalse en su propio cauce, sus recursos se regulan en Bornos. El Majaceite constituye el principal elemento de abastecimiento de agua de boca del sistema, gracias a los embalses de Hurones y Guadalcacín. Nace en la Sierra de Grazalema y se une al Guadalete por su margen izquierda al sur del término municipal de Arcos de la Frontera (CFIOT, 2022a).

Desde el punto de vista biogeográfico, la cuenca del Guadalete pertenece a la región mediterránea. En la parte alta de la cuenca del río Guadalete, se pueden encontrar masas de bosque y matorral mediterráneo en un relativo buen estado de conservación. Cerca de la cabecera, la vegetación predominante es un bosque termo-mesomediterráneo esclerófilo compuesto de encinas (*Quercus ilex subsp. ballota*) y quejigos (*Quercus faginea*). El sotobosque está compuesto por madroños (*Arbutus unedo*), cornicabras (*Pistacia terebinthus*), lentiscos (*P. lentiscus*), espinos blancos (*Crataegus monogyna*), labiérnagos (*Phillyrea latifolia*), algarrobos (*Ceratonia siliqua*) y coscojas (*Quercus coccifera*). También aparecen la sabina (*Juniperus phoenicea*) y el enebro (*J. oxycedrus*) en cotas elevadas de solana. El matorral dominado por aulagas (*Ulex baeticus*) y jaras (*Cistus albidus*) se hace dominante en zonas donde la roturación se abandonó hace décadas o cuando la presión del ganado es considerable. En lugares donde el suelo es escaso o nulo, aparece el tomillar (matorral bajo dominado por especies aromáticas), y en paredones más inaccesibles se desarrolla una vegetación rupícola. Donde afloran las areniscas oligo-miocénicas de la formación del Aljibe, la especie dominante es el alcornoque (*Quercus suber*), que aparece asociado a diferentes especies como encinas y quejigos.

En la zona media es frecuente el sotobosque de lentisco. Destaca la presencia del acebuche (*Olea europea var. sylvestris*) como especie dominante, principalmente en la campiña. En este sentido, la biodiversidad vegetal se ve disminuida, aunque existen enclaves con características ambientales de interés, como *Silene stockenii* en Bornos y Arcos de la Frontera. En las marismas y arenales costeros

Resultado 1.1

o sublitorales no abundan las especies endémicas, pero destacan especies como *Armeria gaditana*, *Echium gaditanum* o *Hymenostemma pseudoanthemis*. Otras especies no endémicas, como *Euphorbia peplis* o *Halopeplis amplexicaulis*, tienen poblaciones muy escasas y fragmentadas. En las lagunas someras y depresiones encharcables dulceacuícolas también se encuentran especies estrechamente asociadas a estos hábitats, como *Damasonium polyspermum* y *Eryngium corniculatum*, que aunque no son endémicas, son rarezas ecológicas muy vulnerables debido a la alteración de estos hábitats (Arroyo y Ojeda, 2015). Estos humedales de la cuenca desempeñan un papel relevante como corredores, refugios y albergues de toda la diversidad biótica continental existente en el ámbito territorial, en especial como lugares de invernada, reproducción y descanso migratorio de muchas aves acuáticas, como las lagunas de Medina, Salada, del Comisario y Dulce de Zorrilla (CFIOT, 2022a).

Los ejemplos de bosque y matorral mediterráneo del curso bajo del Guadalete, alejados de la influencia mareal y del ambiente fuertemente salino, también albergan una flora interesante con algunas especies endémicas dignas de mención como *Thymelaea lanuginosa*, *Armeria gaditana*, *Thymus albicans* o *Haplophyllum linifolium* (Arroyo y Ojeda, 2015). En su tramo final forma un estuario que se encuentra encauzado artificialmente. El río San Pedro, que hasta hace unas décadas se integraba en la cuenca del Guadalete, constituye en la actualidad un brazo de mar. De menor entidad son el río Zurraque y el Iro, que discurren por la zona sur hasta desembocar en el caño de Sancti Petri, que se constituye como la principal arteria de comunicación entre el Atlántico y las aguas interiores de la Bahía de Cádiz, y a partir del cual parte una compleja red de caños secundarios que se van estrechando y que inundan la marisma a través de enrevesadas ramificaciones. Por último, cabe destacar el río Arillo, cuyo recorrido sigue el límite entre los términos municipales de Cádiz y San Fernando y que es un caño procedente de la bahía que ha perdido su comunicación con el océano Atlántico. El área marismeña de la desembocadura del Guadalete y su antiguo brazo, el río San Pedro, se ubica en el interior de la Bahía de Cádiz, formando una extensa zona de marismas litorales mareales en proceso de colmatación y configuradas por una red de canales profundos a través de los cuales penetran los flujos de marea. Cabe destacar que en el interior de estos caños se producen retardos de marea (CFIOT, 2022a). La vegetación propia de la ribera del río es azonal, es decir, no influida directamente por el clima, sino por la disponibilidad abundante de agua en el sustrato, y dada la escasa diferencia altitudinal de la cuenca, algo más de mil metros, y su corta longitud, 150 km, no hay grandes variaciones naturales a lo largo de ella.

Resultado 1.1

Arroyo y Ojeda (2015) señalan que la cuenca del río Guadalete alberga un elevado nivel de biodiversidad, atendiendo a la naturaleza multifactorial de la biodiversidad y a la diversidad de ambientes presentes. A escala amplia, el complejo mosaico de vegetación proporciona un alto valor, pero además muchas de estas unidades paisajísticas contienen especies diferenciadas, lo que hace que el recambio de especies entre distintos territorios sea alto, lo que los ecólogos llaman diversidad beta. En la cuenca alta del Guadalete, Grazalema, contiene más de 1.300 taxones de plantas vasculares (pteridofitas, gimnospermas y angiospermas). Es la zona con mayor diversidad en cuanto a número de especies de toda la cuenca. Sin embargo, también lo es por la singularidad de algunas de sus especies que, o bien son endémicas muy restringidas, o bien representan un papel importante en cualquiera de los componentes de biodiversidad reseñados. El ejemplo más notable es *Abies pinsapo*, endémico de las sierras de Grazalema y unas cuantas sierras cercanas de la serranía de Ronda. Algunos ejemplares aislados están a poca distancia del cauce alto del Guadalete. Esta especie es uno de los mejores testigos vivos de tiempos pasados de clima más frío, suficientemente antiguos como para que su pariente más cercano, *Abies maroccana*, se haya diferenciado genética y morfológicamente al otro lado del Estrecho de Gibraltar. Esta especie y la comunidad que domina, el pinsapar, alberga además algunas especies más frecuentes en latitudes más elevadas (por ejemplo, *Daphne laureola* o *Helleborus foetidus*), recalcando la naturaleza relictiva de esta comunidad. Algo similar ocurre con las comunidades de plantas rupícolas, en las que el endemismo es mayor, como ocurre con *Papaver rupifragum* o *Saxifraga bourgeana*, con o sin poblaciones en las montañas similares del norte de Marruecos, respectivamente. Estas plantas, de distribución muy restringida y relaciones filogenéticas y biogeográficas muy peculiares, bien con territorios más septentrionales o meridionales, bien indicando mecanismos de diferenciación in situ, proporcionan información muy valiosa sobre los procesos históricos y evolutivos que ha originado la flora de la parte alta de la cuenca del Guadalete, en consonancia con la posición paleogeográfica y el devenir climático de la región.

El nivel de biodiversidad alcanzado por la vegetación suele corresponderse con otros componentes de la biodiversidad total de los sistemas biológicos. Por ello, los componentes más relacionados con la fauna presenten valores más altos allí donde la vegetación está mejor conservada, como en la parte alta de la cuenca (Grazalema), donde viven cabras montesas, corzos, nutrias, águilas reales e imperiales, alimochos, buitres leonados, con colonias muy relevantes, halcones peregrinos, águilas perdiceras, aguiluchos cenizos y cangrejos de río autóctonos. En la parte media de la cuenca la

Resultado 1.1

intensa actividad agrícola y ganadera hace que la fauna se vea muy disminuida, a partir de una fauna en gran medida similar a la anterior. Abundan especies generalistas de zonas abiertas como zorros, mangostas (meloncillos), liebres y conejos, perdices y pequeñas rapaces como cernícalos y aguiluchos cenizos. En las zonas costeras de la cuenca, las aves juegan un papel protagonista. Destacan las aves marinas, como las gaviotas, charranes, fumareles y cormoranes, limícolas (chorlitejos, correlimos, zarapitos) y otras acuáticas como garzas, flamencos y anátidas (Arroyo y Ojeda, 2015).

1.2.1. Impulsores directos de cambio (IDC) en la Cuenca hidrográfica del Guadalete

A. Cambios de usos del suelo

La cuenca media del Guadalete ha sufrido una transformación agrícola y ganadera muy intensa desde tiempos históricos. El resultado es que el paisaje vegetal apenas incluye restos, y éstos están muy modificados, de las comunidades vegetales primigenias. Lo más conservado se relaciona con restos de bosques y matorrales, y herbazales cuando los anteriores han ido muy aclarados, formando «islas» de vegetación. El curso bajo y desembocadura del río Guadalete han sido fuertemente transformados por el ser humano en los últimos cien años. La cuenca del curso bajo ha sido roturada para cultivos, tanto de regadío (algodón, remolacha) como de secano (viñedos, trigo, girasol), hasta la misma orilla. Los bosques en galería de álamos, sauces y fresnos han sido eliminados o sustituidos por eucaliptales y cañaverales de *Arundo donax*.

El delta del río, que se componía de dos brazos principales, el Guadalete y el río San Pedro, que flanqueaban una importante extensión de marismas y esteros, fue interrumpido a mediados del siglo XX mediante la construcción del dique de La Corta y el drenaje de las marismas que formaban el estuario para transformarlas en tierras de cultivo. Esta transformación fracasó debido a la textura arcillosa y elevada salinidad de los suelos drenados. Sin embargo, se cercenó la dinámica mareal y lo que fue un paisaje estuárico heterogéneo quedó reducido a una llanura homogénea de estepa salina dominada por especies halófilas de ambientes áridos, hasta entonces relegadas a zonas altas y/o periféricas.

En relación con la vegetación de ribera, en la actualidad, el factor más determinante es la perturbación antrópica, que llega hasta eliminarla en muchos tramos para aprovechamiento

Resultado 1.1

agrícola en las zonas medias y bajas; y la regulación del caudal de la cuenca mediante los cinco embalses que contiene: tres en el río Guadalete y dos en el río Majaceite.

El paisaje del curso bajo del Guadalete ha sido transformado en viñedos, cultivos de algodón, salinas y esteros hasta desembocar en la bahía de Cádiz. Es decir, muchas de las especies de estos hábitats son raras y/o están amenazadas porque estos hábitats están siendo destruidos o fuertemente alterados por la acción del ser humano.

Con el azud de La Corta, primero, y el de El Portal, después, se crearon barreras infranqueables para las especies que pasaban parte de su vida en el río y parte en el mar. Actualmente algunas especies han desaparecido, caso del Sábalo, o han reducido considerablemente sus efectivos como sucede con la Anguila. Estas barreras también provocaron el retroceso, varios kilómetros aguas abajo, de las especies de agua salada que, hasta su construcción, subían con las mareas hasta las inmediaciones de La Cartuja.

B. Especies invasoras

Otra de las amenazas del Guadalete la constituyen las invasiones biológicas. Especies alóctonas del género *Spartina* constituyen una amenaza potencial en la zona estuárica. En las marismas de los ríos Guadalquivir y Odiel, *Spartina densiflora* constituye un problema ambiental casi irresoluble debido a su alto grado de colonización y dificultad de erradicación. Otra especie exótica invasora que coloniza de forma agresiva arenas costeros y llanuras salobres es la especie sudafricana *Galenia secunda*. Afortunadamente, las partes medias, y sobre todo altas, de la cuenca son menos susceptibles de ser invadidas por especies vegetales exóticas, al menos en las comunidades de estructura mejor conservada.

C. Contaminación

En la cuenca del Guadalete, las sustancias detectadas por encima de los límites establecidos por la legislación son cadmio y selenio. La presencia de estas sustancias se relaciona generalmente con compuestos utilizados en la agricultura como fertilizantes (CFIOT, 2022a). Por su parte, las principales presiones detectadas sobre la masa de agua subterránea asociada al río son debidas a fuentes de contaminación difusa como consecuencia de las prácticas agrícolas, en las que se hace uso de fertilizantes y pesticidas. Si bien en la zona existen algunas instalaciones dirigidas a la

Resultado 1.1

eliminación de residuos (se han inventariado al menos un vertedero de residuos peligrosos y una planta de recuperación y compostaje), se desconoce si originan filtraciones que puedan afectar a la masa de agua subterránea (CFIOT, 2022b).

D. Cambio climático

Se estima que para el ámbito del Guadalete, en 2033 se producirá un descenso de las aportaciones cercano al 8%, ya que se considera un descenso de las precipitaciones al considerar el posible efecto del cambio climático, con el consiguiente descenso de las aportaciones, tanto superficiales como subterráneas (CMAOT, 2015). Los efectos del cambio climático han modificado las condiciones de la masa de agua (hidrología, composición de especies, características fisicoquímicas...) (CFIOT, 2022a).

2. Metodología

2.1. Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas son muy diversas. Aquí se incluyen las bases de datos de organismos oficiales europeos, españoles, autonómicos y locales y las de asociaciones naturalistas, conservacionistas y ONG y publicaciones científicas de distinta índole.

Tabla 2. Fuentes de información para los servicios de los ecosistemas del Guadalete

SERVICIOS	FUENTES DE INFORMACIÓN
Abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> - REDIAM (Red de Información Ambiental de Andalucía). - INE (Instituto Nacional de Estadística). - IECA (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía). - OCU (Organización de usuarios y consumidores). - IGME (Instituto Geológico y Minero de España). - ANEABE (Aguas Minerales de España). - SAIH, HIDROSUR (Sistema Automático de Información Hidrológica). - CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas). - SEPREM (Sociedad Española de Presas y Embalses). - SIAR (Sistema de Información y Ayuda al Regante).
Regulación	<ul style="list-style-type: none"> - REDIAM (Red de Información Ambiental de Andalucía). - CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas). - OAPN (Organismo Autónomo Parques Nacionales). - EEA (European Environmental Agency). - Red DMA (Red de Control de Calidad con criterios de la Directiva Marco de Agua). - Inventario Nacional de Erosión de suelos. MTERD (Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico). - REDIAM (Red de Información Ambiental de Andalucía) - Autorizaciones de vertidos a Dominio Público Hidráulico y al DPMT otorgadas (Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Junta de Andalucía)
Culturales	<ul style="list-style-type: none"> - WOS (Web of Science). - SCOPUS. - Google Scholar. - REDIAM (Red de Información Ambiental de Andalucía). - Inventario de Riberas Sobresalientes de Andalucía. - Inventario de árboles y arboledas singulares de Andalucía. - Inventario de Geodiversidad de Andalucía. - IECA (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía). - EUROPARC España. - Red de Parques Nacionales. MTERD (Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico). - ANETA (Asociación Nacional de Empresas de Turismo Activo). - TESEO (Base de datos de Tesis Doctorales).
A-R-C	<ul style="list-style-type: none"> - Ministerio para la Transición ecológica y el Reto Demográfico. - Observatorio de Sostenibilidad Española.

*Resultado 1.1***2.2. Clasificación CICES**

El origen del enfoque de los servicios ecosistémicos (SE) se encuentra a finales de los años sesenta y principios de los setenta del siglo XX. Autores como King (1966), Heliwell (1969), Huetting (1970) y Odum (1971) analizaron la forma en que algunas "funciones de la naturaleza" desempeñan una función, proporcionan un espacio y beneficios a los seres humanos y a sus sistemas sociales (Gómez et al., 2010).

En 1977, Westman (Fisher, 2009; Gómez et al., 2010) propuso que se podía enumerar el valor social de los beneficios que proporcionan los ecosistemas para ayudar a la sociedad a tomar decisiones políticas y de gestión más informadas. Estos beneficios se denominaron "servicios de la naturaleza" (Fisher, 2009). Sin embargo, el término servicio ecosistémico per se, fue utilizado por primera vez a principios de los años ochenta por Ehrlich y Mooney en 1983 (Balvanera y Cotler, 2007; Costanza et al., 2017) y Ehrlich en 1987 (Gómez et al., 2010; Peterson et al., 2010). Estos autores, provenientes de la biología, propusieron que las funciones naturales de los ecosistemas podrían ser "servicios" que prestan a la sociedad, buscando establecer la conservación de la biodiversidad como algo necesario para mantener los SE y no poner en riesgo la vida del ser humano. De esta manera, se hizo un uso pedagógico del término SE (Rojas y Pérez, 2013). Según Peterson et al. (2010), "el concepto de servicios ecosistémicos se utilizó para enseñar a la sociedad que los ecosistemas proporcionan servicios, demostrando el valor de las funciones de los ecosistemas para la humanidad".

Los conservacionistas fueron pioneros en utilizar el concepto (SE) para concienciar a la sociedad sobre la importancia de los ecosistemas. Sin embargo, vieron la oportunidad de utilizar las valoraciones económicas como otra forma de demostrar la importancia de estos servicios. Como resultado de la introducción del análisis económico en el enfoque de SE, la intención pedagógica fue rápidamente reemplazada en la década de 1990 por una valoración monetaria que priorizaba los SE, impulsada fundamentalmente por la teoría neoclásica a través de la economía ambiental (Gómez-Baggethun y Barton, 2013).

Uno de los ejemplos más representativos de valoración monetaria de la naturaleza es la de Costanza et al. (1989). Evaluaron 17 servicios ecosistémicos asociados con 16 biomas en todo el mundo. Aunque los mismos autores argumentan que la incertidumbre asociada al ejercicio hace que este

Resultado 1.1

valor sea solo una aproximación, el estudio se convierte en un hito histórico para el tema de SE y apoya nuevas investigaciones sobre valoración monetaria (Cuadro 1).

El uso del concepto de servicios ecosistémicos se generalizó rápidamente. Sobre todo a partir del siglo XXI, algunos autores han comenzado a referirse a ella como la ciencia de los servicios ecosistémicos (Balvanera, 2012). El trabajo se puso a prueba entre 2000 y 2005, cuando unos 1.300 científicos realizaron la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA). El proyecto llama a generar más y mejor conocimiento sobre los servicios que brindan los ecosistemas (UJNN, 2005).

En marzo de 2007, los ministros de medio ambiente del G8+5 reunidos en Potsdam (Alemania) propusieron un proceso de análisis de los beneficios económicos globales de la biodiversidad, los costos de la pérdida de biodiversidad sin medidas de conservación y protección eficaz. En respuesta a esta propuesta, el Ministerio Federal alemán lanzó un estudio global junto con la Comisión Europea ese mismo año. El proyecto Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB), iniciado por Alemania y la Comisión Europea y luego adoptado por el PNUMA, agrega dimensiones económicas adicionales a los servicios de los ecosistemas (Costanza, 2017).

Tabla 3. Comparación de cuatro de los principales sistemas de clasificación de servicios ecosistémicos utilizados en todo el mundo y sus diferencias y similitudes

	Costanza et al., 1997	MEA, 2005	TEEB, 2010	CICES (v. 2017)
Aprovisionamiento	Producción alimentaria	Alimentos	Alimentos	Biomasa-Nutrición
	Suministro de agua	Agua dulce	Agua	Agua
	Materias primas	Fibra, etc.	Materias primas	Biomasa- Fibra, energía y otros materiales
	--	Recursos ornamentales	Recursos ornamentales	--
	Recursos genéticos	Recursos genéticos	Recursos genéticos	--
	--	Productos bioquímicos y medicinas naturales	Recursos medicinales	--
	--	--	--	Biomasa - Energía mecánica
Regulación y hábitat	Regulación del gas	Regulación de la calidad del aire	Depuración del aire	Mediación de flujos de gas y aire
	Regulación climática	Regulación climática	Regulación climática	Composición atmosférica y regulación del clima
	Regulación de perturbaciones (protección contra tormentas y control de inundaciones)	Regulación de riesgos naturales	Prevención o moderación de perturbaciones	Mediación de flujos de aire y líquidos

Resultado 1.1

	Regulación del agua (por ejemplo, riego natural & prevención de sequías)	Regulación del agua	Regulación de los flujos de agua	Mediación de flujos líquidos
	Tratamiento de residuos	Depuración de aguas y tratamiento de residuos	Tratamiento de residuos (especialmente depuración de aguas)	Mediación de residuos, sustancias tóxicas y otras molestias
	Control de la erosión y retención de sedimentos	Regulación de la erosión	Prevención de la erosión	Mediación de flujos masivos
	Formación del suelo	Formación del suelo [servicio de apoyo]	Mantenimiento de la fertilidad del suelo	Mantenimiento de la formación y composición del suelo
	Polinización	Polinización	Polinización	Mantenimiento del ciclo de vida (incluida la polinización)
	Control biológico	Control de plagas y enfermedades humanas	Control biológico	Control de plagas y enfermedades
Apoyo y hábitat	Ciclo de nutrientes	Ciclo de los nutrientes y fotosíntesis, producción primaria	--	--
	Refugios (hábitat de cría y migración)	Biodiversidad	Mantenimiento del ciclo vital (especialmente viveros)	Mantenimiento del ciclo vital, hábitat y protección del acervo genético
Culturales	Ocio (incl. ecoturismo y actividades al aire libre)	Ocio y ecoturismo	Ocio y ecoturismo	Interacciones físicas y experienciales
	Cultural (estética, arte, espiritualidad, educación y ciencia)	Valores estéticos	Información estética	--
	--	Diversidad cultural	Inspiración para la cultura, el arte y el diseño	--
	--	Valores espirituales y religiosos	Experiencia espiritual	Interacciones espirituales y/o emblemáticas interacciones
	--	Sistemas de conocimiento	Información para el desarrollo cognitivo	Interacciones intelectuales y representativas
	--	Valores educativos		--

Fuente: Costanza et al., 2017.

La Clasificación Internacional Común de los Servicios de los Ecosistemas (CICES) fue desarrollada a partir de los trabajos sobre contabilidad ambiental emprendidos por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). Es una contribución a la revisión del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SEEA) que actualmente dirige la División de Estadística de las Naciones Unidas (UNSD). La primera versión plenamente operativa CICES (V4.3) se publicó en 2013. Basándose en la

Resultado 1.1

experiencia adquirida desde entonces por la comunidad de usuarios, se ha revisado su estructura y alcance (V5.1) (Haines-Young y Potschin, 2018). La idea del CICES es de gran importancia porque reconoce que si se van a desarrollar métodos de contabilidad de los ecosistemas y realizar comparaciones, era necesaria cierta estandarización en la forma en que describen los servicios. La normalización es considerado especialmente importante cuando había que establecer un vínculo con la contabilidad económica. Desde la propuesta original, el interés por el CICES ha ido en aumento. Ahora ha quedado claro que, además de la necesidad de normalización en el contexto de la contabilidad medioambiental, el trabajo de cartografía y valoración de los servicios y las evaluaciones de los ecosistemas en general se beneficiarían de enfoques más sistemáticos para nombrar y describir los servicios ecosistémicos.

El objetivo de la CICES no es sustituir otras clasificaciones de los servicios ecosistémicos, sino permitir que la sociedad se mueva más fácilmente entre ellas y comprender más claramente cómo se está midiendo y analizando la información. Siguiendo el uso común, el CICES reconoce tres categorías: aprovisionamiento, regulación y culturales. Sin embargo, no incluye los denominados "servicios de apoyo" definidos originalmente en la EM. Estos servicios de apoyo se tratan más bien como parte de las estructuras, procesos y funciones subyacentes que caracterizan a los ecosistemas. Dado que sólo se consumen o utilizan de forma indirecta y que pueden facilitar simultáneamente muchos "productos finales", se consideró que era mejor tratarlos en las cuentas medioambientales y cartografiarlos de otra forma (<https://cices.eu/>).

Además de proporcionar una forma de clasificar los servicios, la CICES también pretende ser una clasificación de referencia que permitiera la traducción entre diferentes sistemas de clasificación de servicios ecosistémicos, como los utilizados por la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EM), La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB).

En la CICES, los servicios ecosistémicos se definen como las contribuciones de los ecosistemas al bienestar humano, y son distintos de los bienes y beneficios que las personas obtienen posteriormente de ellos. Estas contribuciones se enmarcan en términos de "lo que los ecosistemas hacen" por el ser humano. Los servicios de aprovisionamiento son los productos obtenidos de los ecosistemas; los servicios de regulación son los beneficios obtenidos de la regulación de los procesos

Resultado 1.1

de los ecosistemas; y los culturales son las características de los elementos de la naturaleza que proporcionan oportunidades para que las personas obtengan bienes o beneficios culturales.

3. Servicios ecosistémicos

3.1. Abastecimiento

La **pesca** fluvial como servicio de abastecimiento de alimentación prácticamente ha desaparecido en la cuenca. Hasta hace cincuenta años aún era posible capturar en El Portal, La Barca y El Puerto de Santa María esturiones (*Acipenser sturio*), lampreas (llamada localmente pegatimón), sábalos, sabogas, anguilas, albures y pejerreyes, además de otras especies netamente marinas que se introducían hasta las zonas de penetración del agua de marea como robalos, camarones, lenguados y otros peces planos (Encina y Rodríguez, 2015). El embalse de Bornos se ha convertido en espacio para la pesca de ciprínos (barbos, carpas y bogas).

La práctica totalidad de la superficie **agrícola** de la vega del Guadalete se dedica a los cultivos herbáceos de regadío. Desde los años 40, el sistema de riego utilizado en estos cultivos ha sido el riego por gravedad, a partir de dos canales que bajaban desde el embalse del Guadalcazín, siendo las principales especies cultivadas tradicionalmente el maíz, el algodón y la remolacha. A partir de 2003 se puso en marcha la modernización del regadío en la zona, con la instalación de conducciones y sistemas de impulsión, dando paso a un sistema de riego presurizado a demanda. Otras especies cultivadas en la zona son la alfalfa, la patata, el girasol y los frutales; aunque el cambio en el sistema de riego puede dar lugar a la aparición de nuevos tipos de cultivos, menos dependientes de las condiciones climáticas (CMAOT, 2015).

La actividad acuícola de agua dulce no está presente en la cuenca desde 2018. La piscifactoría de El Bosque, en la sierra de Grazalema, criaba truchas (arcoiris y asalmonada) utilizando agua del río Majaceite. Si es destacable la acuicultura marina como servicio de abastecimiento. La que se desarrolla es marina. También se realiza la actividad acuícola que se desarrolla en el ámbito se realiza con fines investigadores, asociada al centro IFAPA El Toruño. Este centro se ubica en el término municipal del Puerto de Santa María (Cádiz), situado sobre una parcela de 360.000 m² de DPMT en la marisma del Río San Pedro. Desde su creación, el esfuerzo principal en investigación y desarrollo (I+D) se orienta a la optimización de los cultivos acuícolas. Fundamentalmente a la diversificación de especies de cultivo, dedicándose especial atención a las especies autóctonas de interés en la zona. Se trabaja en la actualidad con 11 especies de peces y moluscos, siendo el lenguado, por su importancia económica, la especie a la que se dedica un mayor esfuerzo. Limitando con el ámbito se localizan las Salinas de San Carlos y San Jaime, y la Salina de Nuestra Señora de los

Resultado 1.1

desamparados, ya en término municipal de Puerto Real, ambas salinas tradicionales con actividad acuícola. Entre las especies cultivadas se encuentran el lenguado, la dorada y el robalo.

Tabla 4. Servicios ecosistémicos de abastecimiento en la cuenca del río Guadalete

Subtipo	Categoría	Ejemplos	Localización
Alimentación	Pesca	Peces de agua dulce: barbos.	Curso alto y medio
		Cangrejo de río autóctono (<i>Austropotamobius pallipes</i>)	Curso alto y medio
	Agricultura	Cultivos herbáceos	Vega del Guadaete
		Viñedos	Curso alto y medio
		Cítricos	Curso alto y medio
	Acuicultura	Lenguado, dorada, robalo	Desembocaduras del río Guadalete en el TM de El Puerto de Santa María y el Río San Pedro en el TM de Puerto Real.
Producción de fitoplancton marino		Centro de producción Fitoplancton Marino	
Agua		Consumo humano	Presas de Almodovar y Guadalcaçin Fuentes
		Agricultura	Presas de Almodóvar, Arcos, Barbate, Bornos, Celemín, Guadalcaçin, Los Hurones, Zahara-El Gastor
		Industria	Captaciones en ríos, embalses o pozos
		Uso recreativo (Golf)	Arcos de la Frontera, Benalup-Casas Viejas, Chiclana de la Frontera, Jerez de la Frontera, Vejer-Barbate, El Puerto de Santa María; Rota, Sanlúcar de Barrameda; Puerto Real.
		Producción de energía eléctrica	Centrál térmica Arcos de la Frontera Centrales hidroeléctricas de las presas de Bornos y Hurones
Energías renovables	Energía hidráulica	Molinos de agua	Molino de San Félix, Molino del Algarrobo
Materias primas de origen mineral		Sal continental	Salinas de Hortales en el TM de Prado del Rey
		Sal marina	6 salinas ubicadas en la Bahía de Cádiz
		Grava	43 Graveras activas
Acervo genético		Fauna acuática autóctona continental	Desde la cabecera a la desembocadura
		Especies autóctonas de plantas de ribera	Desde la cabecera a la desembocadura

Resultado 1.1

El agua dulce, es el servicio básico que nos proporcionan los ecosistemas acuáticos continentales, a diferencia de otros como los combustibles fósiles, no tiene alternativa sustituible. Del agua dependen las especies que habitan en ríos y riberas, la vida y las actividades humanas, incluido su bienestar. El Guadalete cuenta con dos grandes embalses de regulación (Zahara-El Gastor y Bornos) además del embalse de Arcos de la Frontera, que funciona como contraembalse del de Bornos. En el Majaceite existen asimismo dos importantes embalses: Los Hurones y Guadalcacín. La superficie regulada de la cuenca asciende a 2.013 km², lo que supone un 55% de su superficie total (Aycart Luengo, 2015).

Tabla 6. Embalses en la cuenca del Guadalete

Embalse	Superficie de cuenca (km ²)
Arcos	31
Bornos	1.216
Guadalcacín	246
Los Hurones	290
Zahara-El Gastor	128
Total	2.013

Fuente: Aycart Luengo, 2015.

En un ámbito eminentemente rural como es la cuenca del Guadalete es normal que sean muy numerosas las fuentes, localizadas tanto en la sierra, la mayoría, como en la campiña. Fernández-Palacios et al. (2015) han inventariado 490 fuentes, la mayoría asociadas a sistemas acuíferos. Señalan que muchas de ellas son meros afloramientos de agua sin intervención humana o si acaso, con acondicionamientos mínimos. En un nivel superior de acondicionamiento se encuentra un conjunto de abrevaderos tradicionales, normalmente con piletas talladas en piedra local de una sola pieza, dispuestas en solitario o alineadas. La fuente de las Piletas, con cinco pilas, en la calzada romana de Benaocaz; la de las Seis Pilas del arroyo Pajaruco; la de las Diez Pilas y la de las Presillas, en Grazalema; o la de las Nueve Pilas de Fardela, resultan representativas de este modelo que, quizás, alcanza su máxima representación en complejidad en la fuente de los Veinte Pilares, en Ubrique, con una disposición en batería doble.

Tabla 7. Fuentes de la cuenca del Guadalete

Caudal	Número	%
Manantial	340	69,4
Galería	74	15,1
Rezume	27	5,5
Cauce	24	4,9
Humedal	14	2,9
Abastecida	11	2,2
Total	490	100,0

Fernández-Palacios et al., 2015.

Resultado 1.1

Las posibilidades de uso del agua van mucho más allá de los más tradicionales de saciar la sed de personas y ganados. Allí donde abundaba en copiosos manantiales se potenció la agricultura de regadío, como fue el caso de la reconocida Huerta de Benamahoma, de las del Bocaleones, en Zahara, o de las ya desaparecidas de Bornos (Fernández-Palacios et al., 2015).

Si bien ya está en desuso, el aprovechamiento de la energía hidráulica fue la base del primer impulso industrial ilustrado de localidades como Grazalema y Ubrique, que dispusieron de importantes molinos harineros y manufacturas textiles y del cuero, con numerosos ingenios movidos por la fuerza del agua que manaba de los nacimientos (Fernández-Palacios et al., 2015).

En el ámbito de estudio existen 43 graveras activas que se localizan en zonas fluviales en su mayoría en el extremo más oriental del Guadalete, concretamente en los tramos situados en las inmediaciones de los núcleos de Ramanacera, Torrecera y la Barca de la Florida. Por su parte, la presencia de sales en el sustrato, que en algunos casos han podido incluso explotarse por medio de salinas interiores, como las salinas de Hortales, en el término municipal de Prado del Rey (2015). Otro servicio de abastecimiento que cabe mencionar, por su relevancia, es el de la sal marina procedente de las salinas a cielo abierto situadas en las marismas del Guadalete. En la actualidad quedan activas 6 de las más de 150 que llegaron a estar en producción. De ellas, la salina industrial de La Tapa, situada en el Puerto de Santa María, produce el 80% de la sal en la provincia.

En relación con el servicio “acervo genético”, Encina y Rodríguez (2015) señalan que el aislamiento de la cuenca ha dado lugar a poblaciones de organismos que viven confinadas en sus aguas, principalmente especies de macroinvertebrados cuyos ciclos de vida se desarrollan en su totalidad en el agua dulce y las especies de peces estrictamente continentales. Según los autores reseñados, estas poblaciones aisladas constituyen lo que en ecología se conoce como «Unidades Evolutivas Significativas», es decir, poblaciones que forman un linaje independiente, sometidas a un devenir evolutivo exclusivo. Esta isla hidrográfica que constituye el Guadalete para la fauna acuática continental es, por otro lado, ambientalmente muy heterogénea desde la cabecera a la desembocadura, lo que marca a su vez la distribución, diversificación y coexistencia de las especies que se encuentran en los diferentes tramos y, dentro de ellos, en cada uno de sus hábitats. Cuanto mayor número de hábitats, mayores serán las posibilidades de colonización y, por lo tanto, de la diversidad de especies. Entre las especies de ictiofauna destacan la lisa (*Lisa ramasa*), el barbo

Resultado 1.1

(*Barbo sclateri*), la boga (*Pseudochondostroma willcommii*), la colmilleja (*Cobitis paludica*), la lamprea (*Petromyzom marinus*) y el cacho (*Leuciscus pyrenaicus*). En relación con la vegetación de ribera, cuando aparece, es de álamos (*Populus alba*), sauces (*Salix spp.*), fresnos (*Fraxinus angustifolia*) y adelfas (*Nerium oleander*). En los arroyos y caños del tramo bajo y el estuario del río sobrevive la que sin duda es la especie más amenazada de la cuenca, el salinete (*Aphanius baeticus*). Este pequeño pez, de menos de 5 cm, que hasta hace poco se citaba como fartet (*Aphanius iberus*) y que los estudios genéticos confirmaron como una nueva especie, se halla en peligro crítico de extinción.

Resultado 1.1

3.2. Regulación

Los servicios de regulación descritos en la tabla 8 son de enorme trascendencia. Por citar algunos se debe pensar en el bienestar que produce la regulación climática (con amplitudes térmicas sensiblemente menores que en áreas interiores de Andalucía que, además, facilita condiciones adecuadas para ciertos cultivos), los beneficios derivados de la regulación del aire (la dinámica de la cercanía generan confort ambiental en los núcleos circundantes), etc.

Las riberas bien conservadas tienen una alta capacidad para controlar los procesos erosivos y la desertización. La del Guadalete es una de las cuencas más reguladas de Andalucía, especialmente si se tiene en cuenta la relación entre el pequeño tamaño de la misma y el número de grandes presas -cinco en total, Zahara, Bornos y Arcos en el cauce del Guadalete; Guadalcaçín II y Los Hurones en el Majaceite-, azudes y pequeñas represas construidas. Si no se corrige la fragmentación del río, con el consiguiente aislamiento genético de las poblaciones de las especies nativas del río Guadalete, podría llegarse a que la pérdida de su patrimonio genético fuese irreparable (Encina y Rodríguez, 2015).

Tabla 8. Servicios ecosistémicos de regulación en la cuenca del río Guadalete

Subtipo	Categoría	Ejemplos	Localización
Regulación climática		Regulación de la amplitud térmica local	Toda la cuenca hidrográfica
	Almacenamiento de carbono	Almacenamiento de carbono en la biomasa vegetal riparia y acuática en el Guadalete	Desde la cabecera a la desembocadura
Regulación de la calidad del aire		Capacidad de río Guadalete y su ribera para minimizar algunos gases con efecto invernadero: metano (CH ₄) u óxido nitroso (N ₂ O).	Desde la cabecera a la desembocadura
Regulación hídrica		Capacidad de almacenamiento de los acuíferos	Acuíferos de la cuenca
		Capacidad de los embalses de la cuenca para almacenar agua	Presas de Almodóvar, Arcos, Barbate, Bornos, Celemín, Guadalcaçín, Los Hurones, Zahara-El Gastor
		Recarga de acuíferos	Acuíferos de la cuenca

Resultado 1.1

Depuración del agua		Cantidad de agua que circula por sus cauces	Toda la cuenca
Regulación morfo-sedimentaria		Superficie vegetal riparia y acuática (Control de la erosión)	Desde la cabecera a la desembocadura
		Colmatación de embalses	Presas de Almodóvar, Arcos, Barbate, Bornos, Celemín, Guadalcaçín, Los Hurones, Zahara-El Gastor
Formación y fertilidad del suelo		Aportación de los lodos de las EDAR a suelos agrícolas	EDAR y colectores de la cuenca del Guadalete
		Suelo fértil de vega	Vega del Guadalete
Amortiguación de perturbaciones		Reservas de agua en suelo	Presas de Almodóvar, Arcos, Barbate, Bornos, Celemín, Guadalcaçín, Los Hurones, Zahara-El Gastor
		Reserva de agua en acuíferos	Acuíferos de la demarcación hidrográfica
		Superficie de la llanuras de inundación	Cuenca hidrográfica del Guadalete
Control biológico		Especies acuáticas introducidas	Desde la cabecera a la desembocadura
Polinización		Especies polinizadoras	Desde la cabecera a la desembocadura

*Resultado 1.1***3.3. Culturales**

Los servicios culturales también son numerosos en la cuenca del Guadalete, y no menos importantes que los anteriores desde el punto de vista social y económico. Por un lado, se encuentran los más vinculados a la calidad de vida y, por tanto, más ligados a los aspectos sociales. Por otro, los asociados a las actividades estrictamente productivas, sobre todo las turísticas, es decir, más sesgadas a la dimensión económica.

Los paisajes ligados al agua son valorados y requeridos cada vez por mayor cantidad de público. Los paisajes de ríos y riberas, desde el punto de vista estético, probablemente sean de los que producen mayor placer y bienestar al ser humano. En la cuenca del Guadalete es muy amplia la oferta del rico patrimonio natural y cultural y que suscita gran interés por parte de la población. Los ejemplos que aparecen en la tabla 9 son muestra de ello.

Las actividades recreativas son cada vez más demandadas por la población urbana, pero a costa de perder otros servicios culturales ligados a la población rural. La cuenca del Guadalete cuenta con numerosos tramos de cauces o embalses en los que se puede ejercer la pesca fluvial. El número de visitantes a la zona va en aumento a la vista del incremento del número de agencias y organizaciones que ofertan actividades relacionadas con el patrimonio histórico del Guadalete al igual que las actividades deportivas. En este sentido es destacable el descenso del Guadalete que realiza la empresa Green Tour Al-Andalus, o también el Trail La Toleta Puerto Serrano que llega a reunir más de 400 atletas.

La tradición muy unida a la historia es otro de los servicios destacables en la cuenca del Guadalete. La batalla del Guadalete es parte de la memoria de los habitantes de la zona. Se debe tener aquí muy en cuenta los pueblos blancos que tienen identidad propia y son un reclamo desde el punto de vista turístico de gran importancia.

El grado de concienciación ambiental e interés de la población sobre los recursos hídricos se refleja tanto en las actividades desarrolladas para el aprendizaje, como por ejemplo el I ciclo de Conferencias: "Encuentros en el Guadalete" o actividades formativas destinadas a profesores de toda la provincia, o programas de voluntariado, aquí sobresalen las campañas vinculadas a la conservación de la naturaleza desarrolladas por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de

Resultado 1.1

Andalucía o las Jornadas de Limpieza del río Guadalete que organiza la Sociedad Gaditana de Historia Natural.

Tabla 9. Servicios ecosistémicos culturales en la cuenca del río Guadalete

Subtipo	Categoría	Ejemplos	Localización
Paisaje-Disfrute estético	Origen natural	Gruta de la Ermita	Curso alto
		Toleta (Puerto Serrano)	Curso alto
		Laguna de Medina	Curso bajo
	Origen antropogénico	Embalse de Bornos	Curso medio
		Puerto de Boyar	Curso alto
Recreación y turismo	Turismo y ocio	Castillo de Zahara	Curso alto
		Testimonios de culturas prehistóricas	Curso medio
		Villamartín (El cerro de Torrevieja)	Curso medio
		Molino Nuevo	Curso medio
	Deportivas	Vía verde de la Sierra	Curso alto
		Cerro de la Plaza de Armas	Curso medio
		Descenso del río	PN de los Alcornocales
Tradición-Historia	Histórico	Batalla del Guadalete	Curso bajo
		Pueblos Blancos	Curso bajo
Sensibilización	Aprendizaje	Conferencias Medio Ambiente (2017)	Centro comarcal: Bajo Guadalete
		Actividad formativa profesorado (2017)	Centro comarcal: Bajo Guadalete
	Voluntariado	Campaña de Medio Ambiente (2017)	Cuenca

4. Indicadores

La evaluación del estado y tendencia de las contribuciones de los ecosistemas al bienestar humano en la Cuenca Hidrográfica del Guadalete, a través de flujo de servicios que generan, se realiza a partir de un conjunto de indicadores biofísicos, económicos, sociales y culturales, que se relacionarán con 6 tipos principales de impulsores directos de cambio (cambios de usos del suelo, cambio climático, sobreexplotación, contaminación, cambio en los ciclos biogeoquímicos y especies invasoras). El horizonte temporal considerado por cada indicador dependerá de la disponibilidad de información, usándose la serie temporal más larga disponible tomando como fecha de referencia inicial para la evaluación los años cincuenta del siglo XX. La evaluación se llevará a cabo tomando como base la trama de Impulsor (de cambio) – Presión – Estado (de los ecosistemas y de los ecoservicios) – Impacto (sobre el flujo de ecoservicios y sobre el bienestar humano) – Respuesta (opciones para aumentar la resiliencia socioecológica) desarrollado también por la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, 2010). De esa manera, los indicadores a considerar se distribuyen en las siguientes categorías¹:

Estado (E): mide la mejora o degradación de cada uno de los servicios de los ecosistemas.

Presión (P): mide el aumento o disminución del uso y consumo humano de cada uno de los servicios de los ecosistemas.

Respuesta (R): mide el nivel de acción o intervención de carácter social, político o económico que afecta a cada uno los servicios de los ecosistemas.

Bienestar Humano (BH): mide a distintas escalas y dimensiones la consecución de una vida digna y satisfactoria en relación a cada uno de los servicios de los ecosistemas.

¹ Para la propuesta de indicadores se ha tomado como referencia el excelente trabajo desarrollado por Vidal-Abarca, M.R. y Suárez, M.L. (2011c).

Tabla 10. Propuesta de indicadores de abastecimiento

Subtipo	Categoría	Indicador	Fuente	Tipo
Alimentación	Pesca	Capturas	INE	P
	Acuicultura	Evolución nº de instalaciones de acuicultura de agua dulce	REDIAM. Junta de Andalucía	P
		Producción total en acuicultura	REDIAM. Junta de Andalucía	P
		Producción por especies	REDIAM. Junta de Andalucía	P
		Puestos de trabajo generados por la acuicultura	REDIAM. Junta de Andalucía	P
		Valor de la producción en acuicultura	REDIAM. Junta de Andalucía	P
Agua dulce		Escorrentía superficial	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)	P
		Cantidad de agua y origen	Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH)	P
		Consumo total de agua	Sistema Estadístico y Cartográfico de Andalucía	P
		Captación de agua para consumo humano	INE	P
		Consumo urbano de agua	INE	P
		Captura y origen del agua para la agricultura	Sistema Estadístico y Cartográfico de Andalucía	P
		Consumo de agua por la agricultura	Sistema Estadístico y Cartográfico de Andalucía	P
		Consumo de agua por la industria	Sistema Estadístico y Cartográfico de Andalucía	P
		Agua utilizada en producción de energía hidroeléctrica	Demarcación Hidrográfica Guadalete-Barbate	P
		Agua consumida en los campos de golf	REDIAM. Junta de Andalucía	P
		Índice de consumo	INE	P
		Precio del agua	INE	P
		Precio del agua de consumo humano	INE	P
		VAB que genera el agua	INE	P
		Relación entre el PIB y agua distribuida para abastecimiento y agricultura	INE	P
Materias primas de origen biológico		Madera y leña producida por los bosques de ribera	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	P
		Producción artesanal con fibras procedentes de especies vegetales riparias	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	P
Materiales primas de origen mineral	Gravas y arenas	Número de explotaciones de áreas y gravas	Subdirección General de Minas	E
		Producción de arenas y gravas	Subdirección General de Minas	P
		Consumo de áridos	Subdirección General de Minas	P

Resultado 1.1

		Empleo derivados de la explotación de arenas y gravas	INE	BH
Acervo genético		Nº de especies total, endemismos y en peligro de vertebrados de ríos y riberas	REDIAM. Junta de Andalucía	E-P
		Nº de especies total, endemismos y estado de conservación dela flora de ríos y riberas	REDIAM. Junta de Andalucía	E-P
		Hábitats de ríos y riberas de interés Comunitario	REDIAM. Junta de Andalucía	E
		Nº de especies total, endemismos y en peligro de invertebrados acuáticos	REDIAM. Junta de Andalucía	E
		Programas de conservación de especies de ríos y riberas	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	R
		Inversiones en conservación de especies de ríos y riberas	REDIAM. Junta de Andalucía	R
		Especies vegetales de ríos y riberas de interés medicinal	Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía	E

Tabla 11. Propuesta de indicadores de regulación

Subtipo	Categoría	Indicador	Fuente	Tipo	
Regulación climática	Regional y local	Variación de la precipitación anual	AEMET	E	
		Variación de la temperatura media anual	AEMET	E	
		Variación de la evapotranspiración anual	AEMET	E	
		Agua evaporada por los embalses de la cuenca hidrográfica	INE	E	
		Índice de Humedad	AEMET	E	
		Emisiones de CO ₂ de las aguas residuales	Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul	P	
	Almacenamiento de carbono	Incremento anual de captura de carbono en biomasa viva de los árboles ripícolas	Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul	E	
		Almacén de carbono orgánico en los fluvisoles	Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul	E	
	Regulación de la calidad del aire		Pérdida de capacidad de acumulación de CO ₂ por ríos y riberas	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	P
			Emisión de metano (CH ₄) de las aguas residuales	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	P
Emisión de óxido nitroso (N ₂ O) por los ríos y las aguas residuales			Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	P	
Regulación hídrica y depuración del agua	Regulación hídrica	Agua en forma de nieve	AEMET	E	
		Almacenaje en las aguas subterráneas	REDIAM. Junta de Andalucía	E-P	
		Humedad del suelo	AEMET	E	
		Estado hidrológico	Sistema Automático de Información Hidrológica	E	
		Regulación por los embalses	Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH):	P	
		Capacidad de regulación del agua generada	Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH)	P	
		Pérdidas de agua en los sistemas de distribución	INE	P	
		Agua reutilizada	INE	P	
	Depuración del agua	Número de vertidos	REDIAM. Junta de Andalucía	P	
		Rendimiento de las depuradoras de aguas residuales (EDAR)	REDIAM. Junta de Andalucía	R	

Resultado 1.1

		Volumen de aguas tratadas por las EDAR	INE	R
		Estado de la contaminación puntual y difusa en los ríos	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	E
		Consumo de fertilizantes	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación	P
		Consumo de fitosanitarios	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación	P
		Evolución de la DBO ₅ en las aguas de los ríos	Sistema Automático de Información Hidrológica	P
		Concentración de fósforo en las aguas de los ríos	Sistemas Automáticos de Información Hidrológica	P
		Evolución de la concentración de nitratos en las aguas de los ríos	Sistemas Automáticos de Información Hidrológica	P
		Evolución del ICG (Índice de Calidad General)	IGME	P
		Estado ecológico de los ríos	Sistema Automático de Información Hidrológica	P
		Calidad de las aguas subterráneas	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	P
		Concentración de cloruros en las aguas subterráneas	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	P
		Concentración de nitratos en las aguas subterráneas	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	P
		Número de EDAR	REDIAM. Junta de Andalucía	R
		Precio de la depuración de aguas	INE	R
		Inversiones en tratamiento de agua y recuperación de costes	INE	R
Regulación morfo-sedimentaria		Riesgo de erosión en cárcavas y barrancos	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	P
		Colmatación de embalses	Sistema Automático de Información Hidrológica	P
		Degradación específica de la cuenca hidrográfica	Sistema Automático de Información Hidrológica	P
		Erosividad de la lluvia	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	E
		Pérdidas de suelo	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	P
Formación y fertilidad del suelo		Suelos fluviales	CORINE Land Cove	E
		Uso de los suelos aluviales en las márgenes de los ríos	CORINE Land Cove	P

Resultado 1.1

		Aportación de los lodos de las EDAR a suelos agrícolas	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	P
		Puntos con riesgo de inundación	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	R
		Índice de Estado Hidrológico en función de la incidencia de la sequía	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	P
		Estado de conservación de las riberas fluviales	REDIAM. Junta de Andalucía	E
		Superficie de suelo artificializada	CORINE Land Cove	P
Control biológico		Especies de flora y fauna acuáticas Introducidas	REDIAM. Junta de Andalucía	P
		Coste del control de especies invasoras	REDIAM. Junta de Andalucía	R
Polinización		Mariposas polinizadoras	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográficos	E

Tabla 12. Propuesta de indicadores culturales

Subtipo	Categoría	Indicador	Fuente	Tipo
Conocimiento científico		Referencias en google-scholar	google-scholar	E
		Artículos científicos sobre ríos y riberas en limnética	WOS	E
		Proyectos I+D relacionados con el agua y los ecosistemas acuáticos	INE	R
		Inversiones en I+D	INE	R
		Evolución del personal dedicado a I+D	INE	R
Conocimiento ecológico local		Artulgios y sistemas hidráulicos tradicionales	Guía digital del patrimonio cultural de Andalucía	E
		Oficios ligados a ríos y riberas	VVAA	E
		Plantas de ríos y riberas usadas en gastronomía	Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía.	E
		Plantas medicinales de ríos y riberas	Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía.	E
		Plantas de ríos y riberas usadas en construcción, cestería y herramientas	Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía.	E
		Plantas de ríos y riberas utilizadas en otras actividades productivas y lúdicas	Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía.	E
Identidad cultural y sentido de pertenencia		Evolución de la población	Sistema de información multiterritorial de Andalucía	E
Disfrute espiritual y religioso		Ritos y creencias ligadas al agua	https://lasromerías.com/pages/map.htm	E
		Lugares de culto ligados a ríos y riberas: Las Romerías	Guía digital del patrimonio cultural de Andalucía/ https://lasromerías.com/pages/map.htm	E
		Rituales con plantas de ribera	Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía.	E
Paisaje-Disfrute estético		Espacios naturales protegidos con ríos y riberas	REDIAM. Junta de Andalucía	BH, R
		Número de visitantes a ENP	REDIAM. Junta de Andalucía	

Resultado 1.1

		Árboles y arboledas de ribera singulares	https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/inventario-de-c3-a1rboles-y-arboledas-singulares-de-andaluc-c3-ada/20151	R
		Longitud de río con alteraciones hidrológicas	REDIAM. Junta de Andalucía	P
		Longitud de riberas alteradas por cambio de uso	REDIAM. Junta de Andalucía	P
Actividades recreativas y ecoturismo		Cotos de pesca fluvial	REDIAM. Junta de Andalucía	E
		Calidad piscícola de las aguas fluviales andaluzas	Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH):	P
		Número e importe de las licencias de pesca fluvial	REDIAM. Junta de Andalucía	P
		Repoblaciones en cotos de pesca deportiva	REDIAM. Junta de Andalucía	R
		Deportes del agua	Estadística del Registro Andaluz de Entidades Deportivas	R
		Equipamientos para actividades recreativas	REDIAM. Junta de Andalucía	R
		Equipamiento para actividades eco-culturales	REDIAM. Junta de Andalucía	R
Educación ambiental		Programas de Educación Ambiental sobre el agua y los ecosistemas acuáticos	REDIAM. Junta de Andalucía	E

5. Referencias bibliográfica

- Arroyo, J. y Ojeda, F. (2015) Biodiversidad vegetal en la cuenca del río Guadalete. En: Río Guadalete. Sevilla, Junta de Andalucía, pp. 74-86.
- Aycart Luengo, J. (2015). Hidrología de la cuenca del Guadalete En: Río Guadalete. Sevilla, Junta de Andalucía, pp. 52-56.
- Balvanera P. y Cotler, H. (2007). Acercamiento al estudio de los servicios ecosistémicos. Gaceta ecológica, 84-85: 8-15.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. Ecosistemas 21(1-2): 136-147.
- Costanza, R. (1989). What is ecological economics? Ecol. Econ. 1, 1–7.
- Costanza, R. et al. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? Ecosystem Services, 28: 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>.
- Costanza, R., Daly, H.E., (1992). Natural Capital and Sustainable Development, Conservation Biology, Vol. 6, No. 1., pp. 37-46.
- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? Ecosystem Services, 1–16.
- CFIOT (Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio). (2022a). Demarcación Hidrográfica del Guadalete-Barbate. Revisión de tercer ciclo (2021-2027). Documentos iniciales. Programa, calendario, estudio general sobre la demarcación y fórmulas de consulta. Memoria. Junta de Andalucía, 269 pp.
- CFIOT (Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio) (2022b). Plan Especial Supramunicipal del Entorno del Río Guadalete. Puerto de Santa María-Jerez de la Frontera. Memoria de Información y diagnóstico. Sevilla, Junta de Andalucía, 269 pp. .
- CMAOT (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio). (2015). Ciclo de Planificación Hidrológica 2015-2021. Plan Hidrológico. Demarcación Hidrográfica del Guadalete-Barbate. Memoria. Junta de Andalucía, 399 pp.
- COTMA (2015). Río Guadalete. Sevilla, Junta de Andalucía, 288 pp.
- EEA (European Environmental Agency). (2012). European waters — current status and future challenges. Publications Office of the European Union.
- EEA. (2010). The European Environment - state and outlook 2010: synthesis. European Environment Agency. Copenhagen.
- Encina Encina, L. y Rodríguez Ruiz, D. (2015). Fauna del río Guadalete. En: Río Guadalete. Sevilla, Junta de Andalucía, pp. 98-113.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005). Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua. Informe de Síntesis. World Resources Institute, Washington, DC. 80 pp. https://www.millenniumassessment.org/documents/MA_WetlandsandWater_Spanish.pdf
- Fernández-Palacios, J.M., Sánchez Díaz, L., Robles Arenas, V. y Castillo Martín, A. (2015). Fuentes del Guadalete. Manantiales de la cuenca del Guadalete. En: Río Guadalete. Sevilla, Junta de Andalucía, pp. 57-73.
- Fisher B., Turner R.K., Morling P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. Ecological Economics 68: 643–653. doi:10.1016/j.ecolecon.2008.09.014.
- García Lázaro, L. (2015). Al hilo del Guadalete. En: Río Guadalete. Sevilla, Junta de Andalucía, pp. 12-49.
- Gómez-Baggethun E, De Groot R, Lomas PL, Montes C. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. Ecological Economics 69: 1209-1218.

Resultado 1.1

- Gómez-Baggethun, E. and Barton, D.N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86: 235-245.
- Haines-Young, R. and Potschin, M.B. (2018). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. Fabis Consulting, 31 pp. Available from www.cices.eu.
- Helliwell D. R. (1969). Valuation of wildlife resources, *Reg. Studies* 3, 1–7.
- Hueting, R. (1970). *Wat is de Natuur ons Waard? Een Econoom Over Milieuverslechtering*. Amsterdam: Het wereldvenster/barn.
- King, R.T. (1966). Wildlife and man. *NY Conservationist*, 20 (6): 8-11.
- ME (2005b). Ecosystem and human well-being: Inland water systems. World Resources Institute. Washington, DC.
- ME (Millennium Ecosystem Assessment). (2005a). Ecosystem and human well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute. Washington, DC.
- Muradiana, R. y Rival, L. (2012). Between markets and hierarchies: The challenge of governing ecosystem services, *Ecosystem Services Volume 1, Issue 1*, 93-100.
- Odum, H.T. (1971). *Environment, Power and Society*. John Wiley, New York.
- Peterson, M., Hall, D., Feldpausch-Parker, A. & Rai, P. (2010). Obscuring ecosystem functions with the application of the ecosystem services concept. *Conservation Biology* 24 (1), 113-119.
- Rojas, J.H. Pérez, M.A. (2013). Capítulo 1. Servicios ecosistémicos: ¿Un enfoque promisorio para la conservación o un paso más hacia la mercantilización de la naturaleza? In: Pérez, M.A., Rojas, J.H. and Gavis Castaño, R. *Sociedad y Servicios Ecosistémicos: perspectivas desde la minería, los megaproyectos y la educación ambiental*. Universidad del Valle, pp. 29-59.
- Vidal-Abarca, M.R. y Suárez Alonso, M.L. (2011a). Capítulo 10. Ríos y riberas. Sección III. Evaluación de los tipos operativos de ecosistemas. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 83 pp.
https://catalog.ipbes.net/system/assessment/50/references/files/107/original/50_10-R%C3%ADos-y-riberas-web.pdf?1417599042
- Vidal-Abarca, M.R., Suárez, M.L. (2011b). Estado y tendencia de los servicios de los ecosistemas de río y riberas continentales de Andalucía. Junta de Andalucía, 118 pp.
- Vidal-Abarca, M.R., Suárez, M.L. (2011c). Estado y tendencia de los servicios de los ecosistemas de río y riberas continentales de Andalucía. Fichas. Junta de Andalucía, 235 pp.