



Estado y tendencia de los servicios de los ecosistemas de Zonas Áridas de Andalucía

Javier Cabello y Antonio J. Castro

Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global (CAESCG)
Dpto. Biología Vegetal y Ecología
Universidad de Almería

Abril 2012

Estado y tendencia de los servicios de los ecosistemas de Zonas Áridas de Andalucía

Índice

0. Mensajes claves	3
1. Introducción	5
2. Caracterización del sistema socio-ecológico del Sureste árido andaluz	7
2.1. Caracterización ambiental de los ecosistemas de zonas áridas y criterios empleados para su delimitación cartográfica	9
2.2. Subtipos de ecosistemas áridos en Andalucía	10
3. Estado de conservación general de los ecosistemas áridos de Andalucía	18
4. Servicios suministrados. Métodos de evaluación y fuente de datos	20
4.1. Servicios de abastecimiento	20
4.2. Servicios de regulación	20
4.3. Servicios culturales	20
5. Condiciones y tendencias de los servicios evaluados	26
5.1. Servicios de abastecimiento	26
5.2. Servicios de regulación	37
5.3. Servicios culturales	44
5.4. Tendencias generales	48
6. Impulsores de cambio de los ecosistemas áridos de Andalucía	50
6.1. Cambios de uso del suelo	50
6.2. Cambio climático	52
6.3. Contaminación	53
6.4. Especies invasoras	53
6.5. Cambios en los ciclos biogeoquímicos	54
6.6. Sobreexplotación	55
7. Análisis de compromisos (trade-offs) y sinergias	57
8. Respuestas e intervenciones de gestión	59
9. La conservación de los ecosistemas áridos de Andalucía y el bienestar humano	61
10. Referencias bibliográficas	62

ESTADO Y TENDENCIA DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS DE ANDALUCÍA

Autores: Javier Cabello Piñar y Antonio J. Castro (CAESCG, UAL)

0. MENSAJES CLAVES

El 41% de los servicios de los ecosistemas de zonas áridas se están degradando o están siendo usados de manera no sostenible. Los más afectados son los servicios de abastecimiento (alimentos tradicionales, agua dulce, materias primas de origen biológico, y medicinas naturales y principios activos) y los de regulación (regulación hídrica, regulación morfosedimentaria y formación y fertilidad del suelo). Por el contrario, están mejorando los servicios de abastecimiento tecnificados y los servicios culturales, que responden a la demanda urbana (conocimiento científico, ecoturismo, educación ambiental) (*muy cierto*).

En los últimos 50 años se han alterado o degradado más ecosistemas de zonas áridas que en cualquier otro periodo de tiempo, especialmente para satisfacer las demandas de agua para la creciente agricultura tecnificada y las demandas de suelo para el crecimiento urbanístico desordenado. Esto ha generado una pérdida considerable de la biodiversidad de los ecosistemas áridos (*muy cierto*) y una disminución de la capacidad de generar servicios de regulación, en especial los relacionados con el control de la regulación hídrica (*muy cierto*), la regulación morfosedimentaria (*certeza alta*) y la fertilidad del suelo de vega (*certeza alta*).

Los ecosistemas de Zonas Áridas destacan por la singularidad de la biodiversidad que albergan en el contexto europeo (*muy cierto*). En ellos habitan unas 70 especies exclusivas, cuya adaptación a la aridez les impide encontrar refugio en ningún otro lugar del continente. De esta forma, estos ecosistemas constituyen uno de los núcleos regionales que justifican la consideración de la Cuenca Mediterránea, como un punto caliente de biodiversidad mundial, y las áreas declaradas para su protección, contribuyen a incrementar la representatividad de la biodiversidad europea en la Red Natura 2000.

Los ecosistemas de Zonas Áridas, limitados por la disponibilidad de agua, han sido tradicionalmente percibidos como ecosistemas empobrecidos y sin valor (*certeza alta*). Sin embargo, la sobreexplotación del agua almacenada en acuíferos subterráneos, la alta cantidad de horas de sol al año, y la transformación de los ecosistemas naturales en tierras de cultivo, han permitido maximizar la provisión de servicios de abastecimiento, y en consecuencia el nivel económico de la población.

El fuerte desarrollo económico experimentado en los últimos 30 años, han situado a los ecosistemas de Zonas Áridas entre los más amenazados por cambios de uso del suelo, soportando una formidable presión humana derivada de un nuevo modelo de agricultura intensiva, y de un proceso urbanístico expansivo. Dos ecosistemas particularmente amenazados son las arbustadas semiáridas (*muy cierto*), cuya área de distribución ha sido altamente fragmentada y eliminada por la agricultura intensiva, y los aljezares (*certeza alta*), un ecosistema asociado a los afloramientos de yesos, cuya explotación reduce drásticamente la disponibilidad de hábitat para los organismos especializados que albergan.

Los conflictos de intereses entre diferentes sectores sociales asociados a la gestión y uso de los servicios de los ecosistemas constituye uno de los principales problemas en la planificación y conservación de los ambientes semiáridos. En Andalucía, en muchas ocasiones los esfuerzos conservacionistas que reciben estos ecosistemas son percibidos como una amenaza al desarrollo socioeconómico (*certeza alta*), pero la degradación de estos ecosistemas tendría un fuerte impacto sobre la provisión de servicios de regulación.

1. INTRODUCCIÓN

El Sureste árido andaluz ha experimentado un gran desarrollo a lo largo del siglo XX gracias a la incorporación de la región en redes internacionales de comercio, y a una enorme presión sobre los ecosistemas (Sánchez Picón et al. 2011). Ello ha supuesto un enorme coste ecológico, y el hecho de que la conservación de los ecosistemas sea percibida por la sociedad como una barrera para el desarrollo económico generado por las actividades agrícolas o el turismo. Los servicios de los ecosistemas representan un nuevo paradigma para abordar esta problemática y conseguir adaptación al cambio global en la sociedad.

En relación a los ecosistemas áridos, la investigación sobre ecoservicios llevada a cabo hasta el momento, ha producido algunos avances que permiten identificar la disparidad de intereses entre los diferentes sectores de la sociedad frente a la conservación y uso del capital natural que representan (Castro et al. 2011). La valoración de la percepción que los diferentes sectores sociales tienen de los servicios que prestan estos ecosistemas, muestra que gran parte de la población reconoce la importancia que los servicios de los ecosistemas tienen en el bienestar humano y su disposición a conservarlos. A pesar de que la percepción varía entre los diferentes tipos de beneficiarios de esos servicios, la importancia que la mayoría de ellos concede al mantenimiento de los servicios de abastecimiento agua y de regulación de la calidad del aire, muestra que la relación entre la conservación de los servicios de los ecosistemas y el bienestar es bien entendida.

Con la evaluación de los servicios que generan los ecosistemas de zonas áridas en Andalucía, desde la perspectiva de los Ecosistemas del Milenio promovida por Naciones Unidas (MA, 2005a), se pretende mejorar la percepción social de los vínculos que existen entre los ecosistemas y el bienestar humano, ya que del funcionamiento de aquellos se obtienen, entre otros, agua, alimentos, energía, y salud, pero también relaciones sociales y libertades.

En los ecosistemas áridos, limitados por la disponibilidad de agua, el cambio climático y el uso intensivo de estos servicios representan una amenaza mayor para el bienestar humano, que para aquellos otros ecosistemas limitados por la disponibilidad de energía (no áridos) (MA 2005b). De acuerdo con la perspectiva de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, la desertificación, un proceso asociado fundamentalmente a las zonas áridas, es el resultado del fracaso a largo plazo en el equilibrio entre la demanda y la oferta de servicios de los ecosistemas (MA 2005b). De esta forma, la cuantificación de la reducción de la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios, proporciona una forma robusta y operacional para cuantificar la degradación de la tierra, y por tanto, la desertificación (MA 2005b).

De una manera resumida se puede decir que la evaluación del estado actual y tendencias de los servicios que los ecosistemas de zonas áridas proporcionan a los andaluces permite, a) identificar las respuestas de la interacción de estos ecosistemas y las actividades humanas, b) identificar conflictos de intereses entre los diferentes tipos de beneficiarios al evidenciar las percepciones que éstos tienen en relación a los servicios que generan los ecosistemas, c) dar a conocer las consecuencias de las decisiones que se toman sobre la gestión de los ecosistemas de zonas áridas en relación con su capacidad para generar servicios, d) proponer distintas opciones a la hora de plantear estrategias de desarrollo que incluyan a las sociedades humanas y e) establecer las líneas de

investigación prioritarias en el marco de la comprensión de los sistemas socio-ecológicos.

El objetivo básico es proporcionar la información adecuada para poder evaluar el capital natural que suponen los ecosistemas de zonas áridas y las consecuencias que el cambio y la pérdida de biodiversidad que están sufriendo estos ecosistemas, como consecuencia de la presión humana, suponen para el bienestar de los andaluces. En el contexto internacional, únicamente Sudáfrica ha elaborado estudios que aborden los servicios de los ecosistemas áridos. En España, acaba de finalizar la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España (EME, 2011), en la que se incluye una evaluación de los servicios que proporcionan los ecosistemas áridos y sus tendencias.

2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA SOCIO-ECOLÓGICO DEL SURESTE ÁRIDO ANDALUZ

Los ecosistemas áridos y semiáridos se caracterizan por una escasa disponibilidad de agua, lo que representa una limitación de dos procesos principales vinculados entre sí, la producción primaria y el ciclado de nutrientes. A nivel mundial estos ecosistemas cubren alrededor del 41% de la superficie terrestre y están habitados por más de 2 millones de personas (alrededor de un tercio de la población mundial) (MA 2005b). A largo plazo, en los ecosistemas áridos del planeta, los aportes naturales de agua procedentes de la precipitación, son contrarrestados por la pérdida de ésta a través de la evaporación y transpiración de las plantas y el suelo, y del balance hídrico resultante resulta la productividad primaria de los ecosistemas y condiciona, entre otros, el flujo de los servicios de abastecimiento que suministran. La baja productividad agrícola en estas zonas (en condiciones de no tecnificación) suele ir acompañada de índices socioeconómicos bajos, localizándose cerca del 90% de los pueblos que habitan estos ecosistemas en países en desarrollo.

Por su parte, en el Sureste árido andaluz, a pesar de las limitaciones impuestas por la falta de agua y la baja fertilidad del suelo, el fácil acceso a las rutas comerciales del Mediterráneo ha favorecido la existencia de una importante población humana desde la Edad del cobre, hace unos 4500 años. De hecho, las zonas áridas de Andalucía representan uno de los asentamientos más antiguos de la península Ibérica, registrándose en ellas los primeros vestigios homínidos conocidos para el sur de España. En la actualidad, en estas zonas, se pueden reconocer dos patrones claramente diferenciados geográficamente. Por un lado, las áreas costeras de las provincias de Almería y Granada, con inviernos cálidos y con usos humanos vinculados al agua procedente de acuíferos. Estas áreas albergan una población con un gran desarrollo económico, gracias al desarrollo de la agricultura intensiva tecnificada y los procesos residenciales, lo que tiene grandes implicaciones en la transformación territorial que deriva en importantes problemas ambientales. Por otro, las áreas de interior, con fríos inviernos, mantienen un desarrollo humano vinculado a un modelo económico más limitado y radicalmente diferente al de las zonas costeras.

La extrema aridez del Sureste andaluz es percibida como un obstáculo al desarrollo económico y residencial del territorio. Sin embargo, la participación en diferentes etapas del proceso de globalización a lo largo de los siglos XIX y XX, ha permitido a las poblaciones costeras del sureste árido superar las limitaciones ambientales locales y beneficiarse a corto plazo de las ventajas comparativas derivadas de su ubicación (Sánchez Picón et al. 2011). Cada una de esas etapas ha estado asociada a la sobreexplotación del capital natural, ejerciendo una enorme presión sobre el funcionamiento y función de los ecosistemas y limitando su capacidad de mantener el flujo de servicios a medio y largo plazo.

A lo largo del siglo XIX, el desarrollo de la minería del hierro estuvo asociado a un intenso proceso de deforestación, que causó importantes cambios económicos, sociales y ecológicos. El apogeo de la minería del plomo (1820-1850) generó una importante acumulación de riqueza que permitió la adquisición de tierras y la introducción de nuevos cultivos como la vid, lo que supuso una gran transformación de los usos del suelo. Los cambios ecológicos más perdurables en los ecosistemas se produjeron a causa de la deforestación y por la contaminación causada por los residuos de la minería

y los hornos de fundición. Posteriormente, a partir de la década de los 80 del siglo XX, se produjo un importante cambio en el modelo productivo del Sureste árido andaluz sobre la base de una de las mayores transformaciones agrarias de la historia reciente de España, con la introducción y desarrollo del cultivo bajo plástico centrado en la producción de hortalizas (Sánchez Picón et al. 2011). El modelo agrícola intensivo que se implantó se sustenta en este territorio, con una dependencia total de insumos tecnológicos y químicos, en los servicios de abastecimiento de agua procedente de los acuíferos, y los procesos productivos están desacoplados completamente de las características biofísicas, climáticas y ecoculturales locales. Durante los últimos 30 años, se han priorizado de tal manera los servicios de abastecimiento derivados de la agricultura en esta región, que en la actualidad es conocida como la "huerta de Europa", al concentrar la mayor producción mundial de agricultura intensiva bajo plástico y suministrar frutas y hortalizas a un importante porcentaje del mercado europeo.

La transformación agrícola descrita y el crecimiento económico derivado, han favorecido un importante incremento poblacional local a lo largo del siglo XX (García-Lorca, 2009), que ha sido incrementado, además, en los últimos años, por la libre circulación de los ciudadanos europeos y la incorporación de nuevos países a la misma. La Figura 1 muestra cómo tan sólo en la década de los treinta y en la postguerra, los municipios del Sureste Árido de Andalucía, presentan valores negativos en su dinámica poblacional y, a diferencia de la mayoría de zonas rurales de la región, la población se incrementa de forma acusada con el inicio del nuevo siglo, alcanzándose cifras de más de 500 habitantes/km², e incluso llegando a superar los 900 habitantes/km².

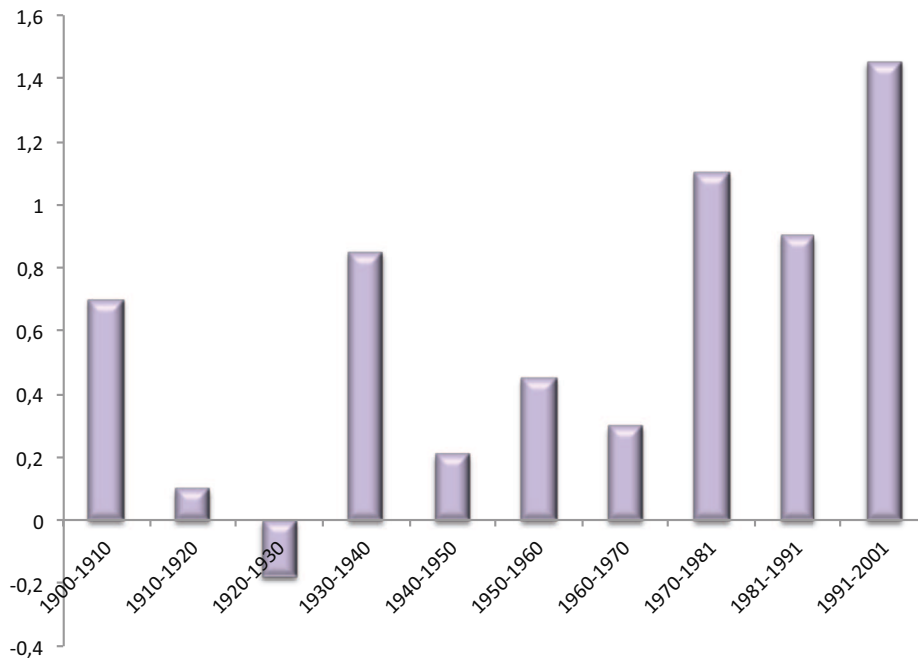


Figura 1. Tasa anual media de crecimiento de la población a lo largo del siglo XX en el Sureste Árido de Andalucía. Este territorio ha experimentado un gran incremento de población a lo largo del siglo XX, especialmente a partir de la década de los 80. Ese crecimiento ha venido acompañado de una profunda transformación social como consecuencia de los cambios en el modelo productivo asociados al desarrollo de la agricultura de invernadero (Tomado de Sánchez Picón et al. 2011).

Es previsible que los efectos negativos producidos sobre los ecosistemas y los servicios que estos generan, por el actual modelo agrícola, se extiendan en el tiempo y afecten a las próximas generaciones (Sánchez Picón et al. 2011). Algunos de ellos, como los derivados de la saturación territorial o el agotamiento y contaminación de los acuíferos son bien entendidos. Otros, sin embargo, como los que deriven de la pérdida de biodiversidad o la afección al funcionamiento de los ecosistemas están aún por comprender bien. En ese sentido, algunos autores han documentado un proceso claro de fragmentación e incluso de desaparición de ecosistemas (Mota et al. 1996). Este es el caso de las arbustadas de *Maytenus senegalensis*, un hábitat de interés para la conservación en la Unión Europea (hábitat 5220) y prácticamente desaparecido en la actualidad como resultado de la expansión de los cultivos de invernadero en el Poniente Almeriense. Sin embargo, el afloramiento de las aguas del acuífero superficial, está propiciando el desarrollo de un cuerpo de agua con funcionamiento alterado por su carácter artificial y la contaminación por nitrógeno, pero que alberga aves amenazadas como la anátida malvasía, *Oxyura leucocephala*.

2.1. Caracterización ambiental de los ecosistemas de zonas áridas y criterios empleados para su delimitación cartográfica

Además de la escasez de precipitaciones (< 300 mm/año), la delimitación geográfica de los ecosistemas áridos en Andalucía resulta coincidente con las depresiones intermontanas localizadas en el sector oriental de la región y con los glacis y montañas litorales de la provincia de Almería. De esa manera, estos ecosistemas son asimilables a las ecorregiones “Cuencas internas orientales (1.6.)” y “Litoral Mediterráneo subdesértico (4.4.)”, y las ecoprovincias que las integran (Tabla 1, Figura 2) (Borja y Montes 2008), ocupando, en la actualidad 151.498 has en la región (Figura 3).

Tabla 1. Criterios de correspondencia espacial con las unidades ecológicas de gestión del plan director de la RENPA empleados para la delimitación cartográfica del Sureste Árido Andaluz)
Fuente: Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM)

Tipo operativo	Unidades ecológicas de gestión		Condiciones ambientales
	ECOPROVINCIA	ECORREGIÓN	
Sureste árido andaluz	1.5. Media Montaña Bética Seca	1.5.1. Sierra de Gádor	Montañas carbonatadas y silíceas semiáridas y secas
		1.5.2. Sierras Béticas Internas	
	1.6. Cuencas internas orientales	1.6.1. Surco intrabético oriental.	Depresiones y valles intermontanos semiáridos
		1.6.2. Cuenca del Alto Almanzora.	
4.4. Litoral Mediterráneo Subdesértico	4.4.1. Cuencas litorales almerienses	Glacis y llanuras litorales semiáridas	
	4.4.2. Frente litoral del Cabo de Gata	Montañas volcánicas áridas y semiáridas	



Figura 2. Correspondencia de los Ecosistemas Áridos y de Alta Montaña de Andalucía, con las ecorregiones de la RENPA.

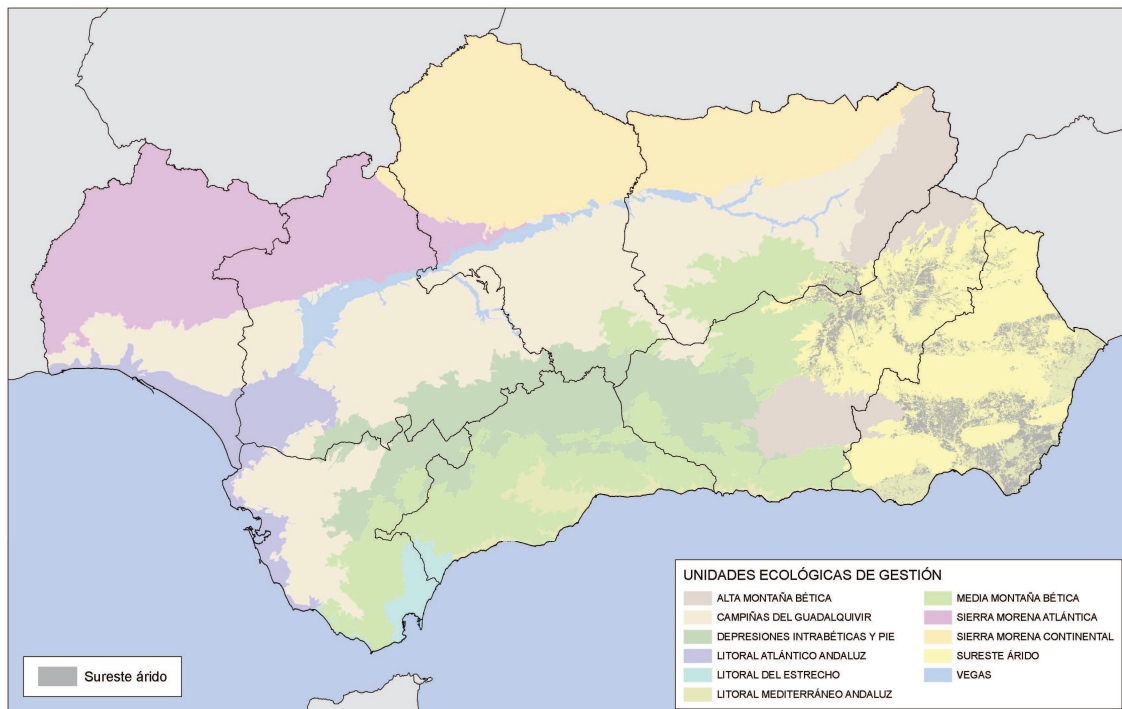


Figura 3. Distribución de los ecosistemas áridos de Andalucía (Tipo).

2.2. Subtipos de ecosistemas áridos en Andalucía

Dentro de la tipología operativa de ecosistemas áridos, se han distinguido cuatro subtipologías, según sus singularidades en relación al flujo de servicios que estas generan. Los subtipos identificados son coincidentes, en gran medida, con los tipos de

hábitats de la Directiva 92/43 que alcanzan su mayor representación en el Sureste árido (VVAA 2009): Aljezares, Arbustedas semiáridas, Espartales y Matorrales y tomillares semiáridos (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Correspondencia de los subtipos de los ecosistemas áridos de Andalucía con los hábitats de la Directiva 92/43/CEE.

Subtipo operativo	Hábitat de la Directiva 92/43/CEE
Aljezares	1520
Arbustedas semiáridas	Incluye a los lentiscales, coscojares y las formaciones arbustivas de <i>Ziziphus</i> correspondientes al 5220.
Espartales	Incluye a los herbazales perennes que son considerados en el 6220.
Matorrales y tomillares semiáridos	5330

Tabla 3. Características ecológicas y socio-económicas de los subtipos de ecosistemas áridos de Andalucía

Subtipos	Superficie Andalucía (has)	Litología y geoformas	Biodiversidad	Procesos ecológicos fundamentales	Características socioeconómicas
Aljezares	3902	Afloramientos de yesos	Endemismos locales adaptados a los sustratos yesíferos	Síndromes de adaptación al yeso	Explotación de yeso y actividades ecoturísticas en cuevas
Arbustedas	6721	Glacis sobre materiales cuaternarios y bases de las montañas litorales.	Arbustos de origen tropical cuya única distribución en Europa es el Sureste ibérico.	Estructuración de las comunidades a partir de procesos de facilitación	Desarrollo de la agricultura de invernadero
Espartales	154354	Indiferente edáfico	Formaciones no muy ricas asociadas a la actividad humana en épocas anteriores	Síndromes de adaptación a la sequía y respuestas rápidas a la precipitación	Aprovechamiento tradicional de la fibra de esparto, y zonas marginales para el desarrollo de la agricultura de invernadero.
Matorrales	144007	Indiferente edáfico	Gran diversidad de especies endémicas y vicariantes con otros ecosistemas áridos de la Cuenca Mediterránea	Síndromes de adaptación a la sequía, y aprovechamiento más eficiente del agua en el suelo	Aprovechamiento tradicional de la fibra de esparto, y zonas marginales para el desarrollo de la agricultura de invernadero

La subtipología **aljezares** coincide con el hábitat 1520 de la Directiva Hábitat (Tabla 2), y se caracteriza por formaciones arbustivas de baja cobertura que se desarrollan sobre sustratos yesíferos, y en las que son siempre abundantes los gipsófitos, es decir, plantas que exclusivamente crecen en condiciones de aridez o semiaridez sobre suelos dominados por yesos (Escudero, A. 2009) (Figura 4). Pese a que los afloramientos de yesos están presentes en buena parte del continente europeo, sólo en la mitad oriental de

la península ibérica y en el sureste árido andaluz se dan ambas condiciones de sustrato y baja precipitación anual, constituyendo un tipo singular de ecosistema ibérico. Entre las especies vegetales más características se encuentran *Gypsophila truchium*, *Ononis tridentata*, *Helianthemum squamatum*, *Lepidium subulatum*, *Santolina viscosa*, *Jurinea pinnata*, *Launaea pumila*, *L. resedifolia* o *Herniaria fruticosa*, así como diversos endemismos locales como *T. balthazaris*, *Teucrium turredanum* y *Helianthemum alypoides*. Entre las especies de fauna más representativas destacan algunos elementos de las comunidades de aves esteparias próximas, además de otros vertebrados de espacios abiertos, como la liebre ibérica (*Lepus granatensis*) o el conejo (*Oryctolagus cuniculus*).

En algunos casos, como es el caso de Sorbas, este subtipo se caracteriza por el desarrollo de un gran sistema kárstico con numerosas cuevas y otros elementos geomorfológicos típicos que, al margen de representar un atractivo ecoturístico, desempeñan un importante papel en los procesos de regulación hídrica local. En la mayoría de los casos, las zonas ocupadas por el subtipo aljazar están afectadas por procesos de extracción minera.

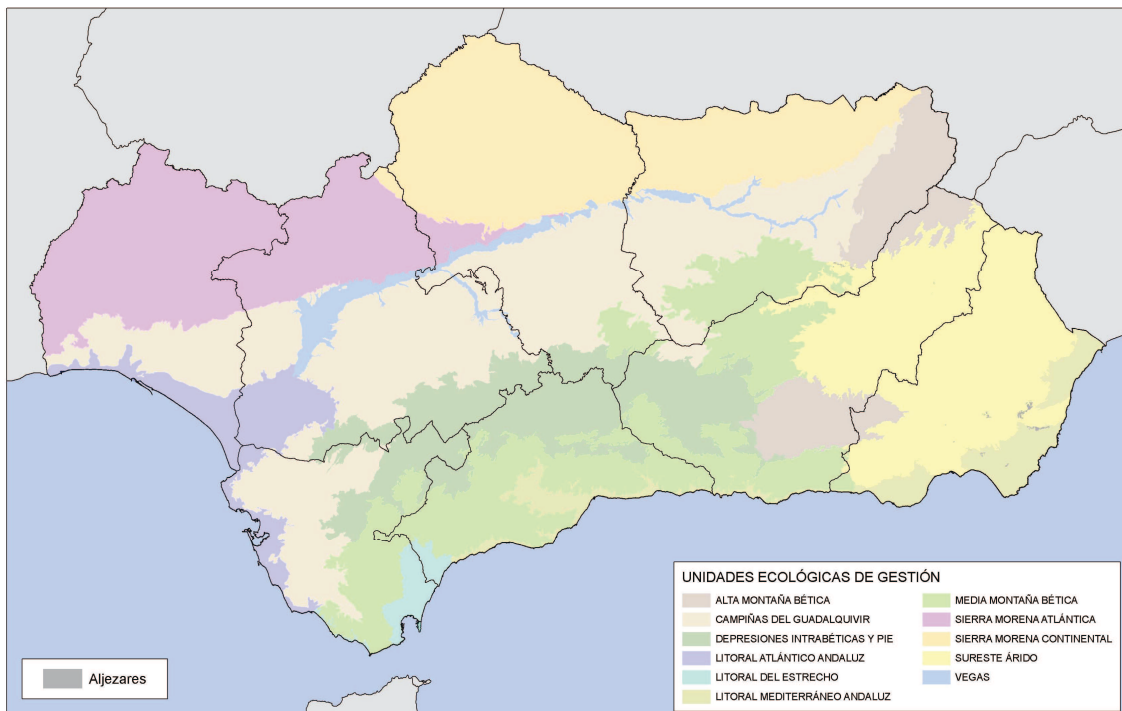


Figura 4. Distribución de los principales aljzares de Andalucía.



Imagen 1. Los aljezares representan uno de los ecosistemas con mayor valor de conservación de los ecosistemas áridos de Andalucía por el alto grado de endemividad que presentan las especies vegetales que los integran. Foto: Javier Cabello

Las **arbustadas semiáridas** se corresponden con formaciones de lentisco y coscoja, y fundamentalmente con matorrales arborescentes de *Ziziphus lotus* y *Maytenus senegalensis*. Esta subtipología operativa de ecosistema, que en el sureste ibérico encuentra la única representación europea en la actualidad, coincide con el hábitat 5220 (Reyes 2009) (Tabla 2), extendido por los glaciares y llanuras litorales (Figura 5). Se supone que las arbustadas semiáridas debieron ocupar la mayor parte de las ramblas, y la base de las montañas hasta el mar, sin embargo la transformación del territorio, hoy ocupado en su mayor parte por cultivos bajo plástico, ha sido el condicionante de la escasa distribución actual de estos ecosistemas (Reyes 2009), y de hecho, se puede considerar el cambio de uso del suelo hacia tierras agrícolas tecnificadas como el principal impulsor directo de cambio de estos ecosistemas.

La estructura de estas comunidades vegetales es muy peculiar, al estar compuestas de especies espinosas, de hojas pequeñas, mayoritariamente decidua que crecen en la estación seca. Dominan los arbustos de unos tres metros de altura distribuidos en el espacio de forma agregada que forman islas de vegetación. Son ecosistemas muy interesantes por la abundancia de taxones de origen tropical o subtropical, o relictos de condiciones climáticas pretéritas, como *Ziziphus lotus*, *Periploca angustifolia* subsp. *laevigata*, *Lycium intricatum*, *Maytenus senegalensis* subsp. *europaea*, *Asparagus stipularis*, *Withania frutescens*, etc., muchas veces de distribución predominantemente africana septentrional. En el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar este ecosistema

muestra una característica geomorfológica muy interesante, ya que la acumulación de arena bajo los pies de *Ziziphus* da lugar a formaciones dunares similares a los *nebkhas* africanos.

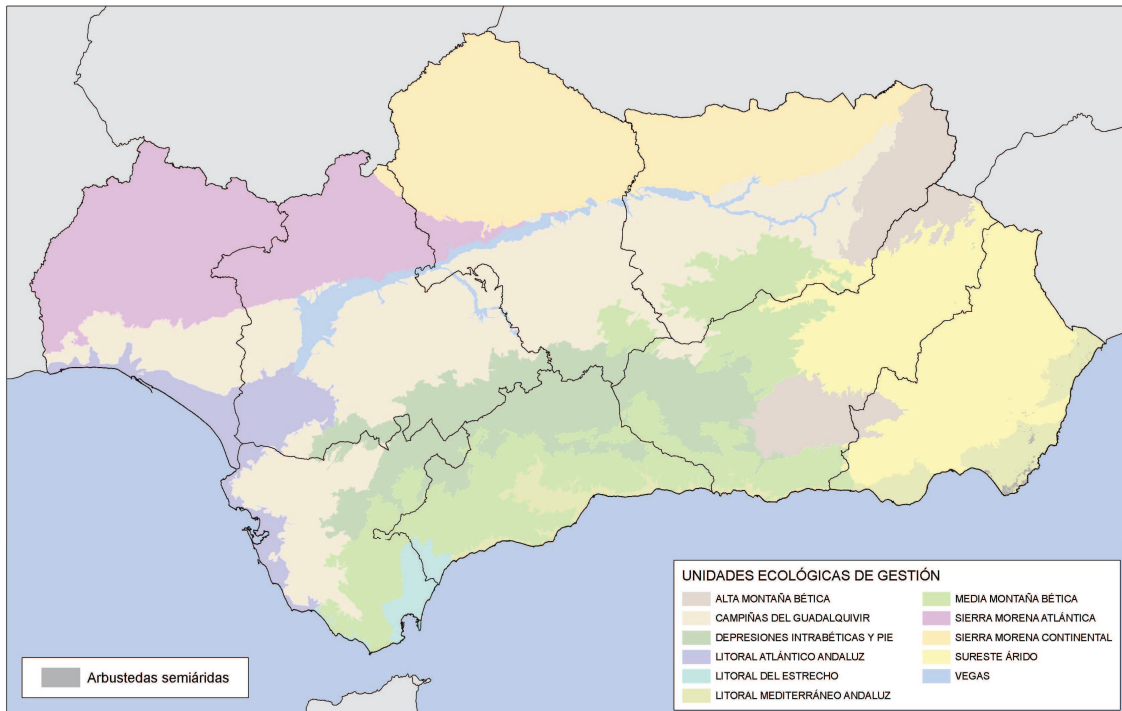


Figura 5. Distribución del subtipo arbustadas semiáridas de Andalucía.



Imagen 2. Los matorrales arborecentes de *Ziziphus lotus* y *Maytenus senegalensis* encuentran su única representación europea en el Sureste árido andaluz. Foto: Javier Cabello

Los **espartales** constituyen uno de los ecosistemas más representativos de las zonas semiáridas de la península Ibérica y del norte de África. Se corresponden con los herbazales perennes agrupados bajo el hábitat 6220 de la Directiva europea (Ríos et al. 2009) (Tabla 2, figura 6, imagen 3). Estas formaciones han estado íntimamente vinculadas a la actividad humana desde hace no menos de 4000 años, destacando entre los usos humanos del esparto el empleo de la fibra para la fabricación de pasta de papel, cuerdas y los más variados utensilios. En época romana, extensas zonas del SE peninsular debían estar dominadas por espartales, y existen referencias antiguas de su explotación. La recolección de la fibra de esparto y el manejo de los espartales se mantuvo hasta la segunda mitad del siglo XX, siendo su uso especialmente intenso durante el siglo XIX, con la recolección de grandes cantidades de esparto para la fabricación de papel.

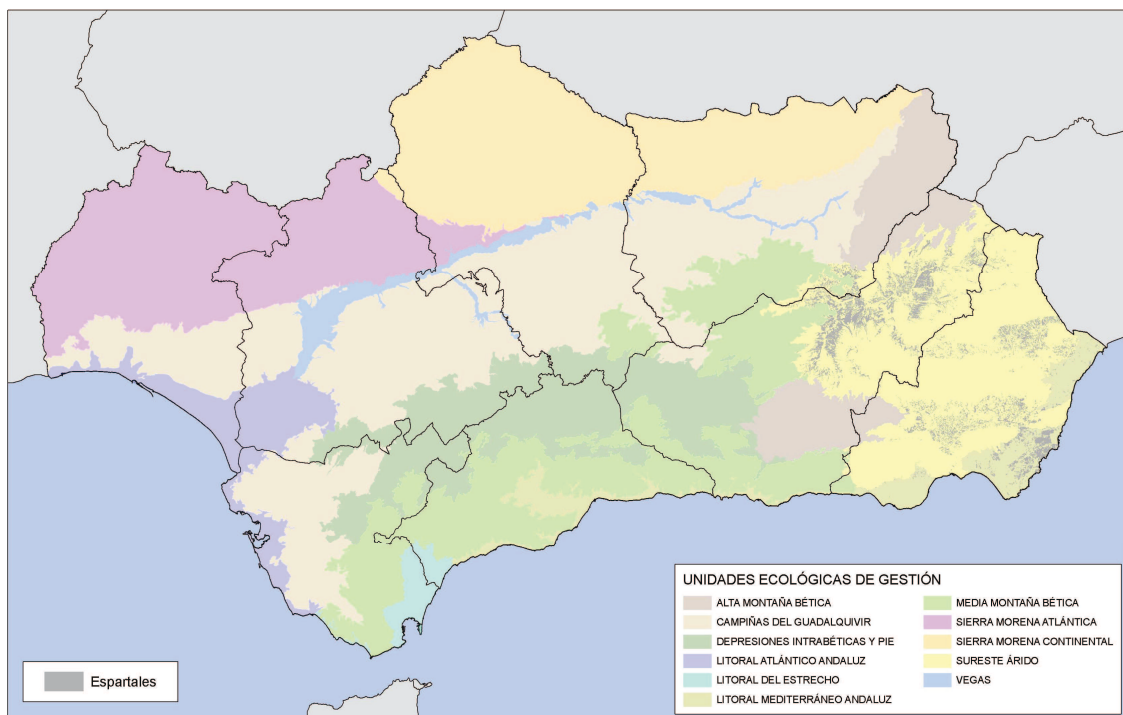


Figura 6. Distribución del subtipo espartal de los ecosistemas áridos en Andalucía



Imagen 3. El subtipo *espartal* es uno de los ecosistemas más representativos de las zonas semiáridas de la península Ibérica y del norte de África. Foto: Javier Cabello

Los **matorrales y tomillares semiáridos**, son formaciones de cobertura media-baja y estructura variable que se corresponden con el hábitat de la Directiva 5330 (Cabello 2009) (Tabla 2) (Figura 7, imagen 4). Suelen presentarse como matorrales de baja densidad con predominio de camefitos y nanofanerófitos sobre todo tipo de litologías. Su composición florística es muy variada, y está caracterizada por la presencia de numerosos endemismos locales, pertenecientes fundamentalmente a las familias labiadas (*Sideritis* spp., *Teucrium* spp., *Thymus* spp., *Phlomis* spp., etc.), cistáceas (*Cistus* spp., *Helianthemum* spp.), quenopodiáceas (e.g. *Salsola papillosa*) y plumbagináceas (*Limonium* spp.). Estos matorrales están en gran medida condicionados por el alto estrés hídrico que soporta, con periodos de déficit hídrico en el suelo que duran entre 10 y 12 meses al año, como corresponde al hecho de que la evapotranspiración potencial (ETP) supera a la precipitación (P) durante estos periodos, y los suelos sobre los que se asientan se caracterizan por tener muy escasa capacidad de retención del agua (Cabello et al. 2012).

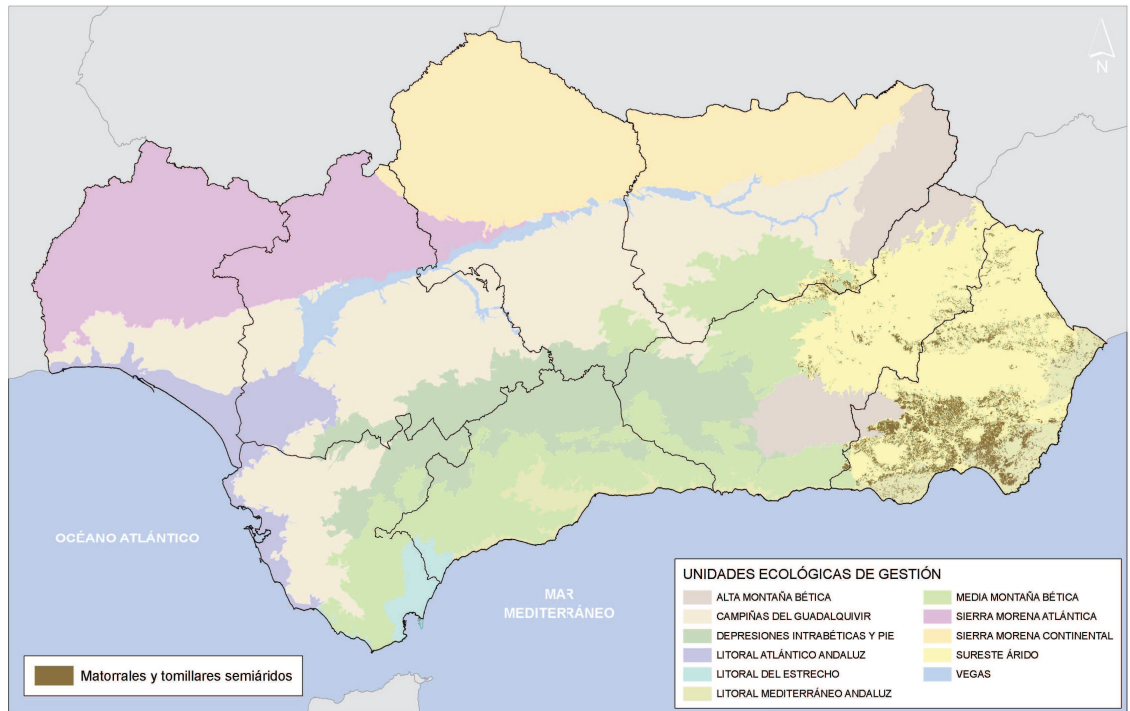


Figura 7. Distribución del subtipo matorrales y tomillares semiáridos en Andalucía



Imagen 4. Los matorrales y tomillares semiáridos son formaciones de cobertura media-baja y estructura variable caracterizados por un gran número de especies endémicas. Foto: Javier Cabello

3. ESTADO DE CONSERVACIÓN GENERAL DE LOS ECOSISTEMAS ÁRIDOS DE ANDALUCÍA

A nivel global los ecosistemas de zonas áridas son los más amenazados por sobreexplotación. Este es el caso de los ecosistemas áridos de Andalucía que se distribuyen en el ámbito del litoral almeriense. Gran parte de la superficie que ocupan estos ecosistemas se encuentra incluida en espacios protegidos, pero la presión a la que son sometidos fuera de ellos como consecuencia del actual modelo económico es muy fuerte. Además, muchos de estos espacios naturales carecen de orlas de protección, es decir, franjas tampón que suavicen los efectos de la presión de las urbanizaciones turísticas colindantes o de los usos de agricultura intensiva (Piquer et al. 2012).

Un 16% de las áreas naturales correspondientes a los ecosistemas áridos andaluces, han sido transformadas desde 1956, fundamentalmente hacia cultivos agrícolas (8%) y arbolado (7%). No obstante, este proceso de pérdida se ha visto compensado por la recuperación de la vegetación en áreas agrícolas abandonadas (casi un 5%), por lo que las pérdidas netas de áreas naturales alcanzan el 9% del territorio, afectando al conjunto de subtipos operativos considerados en este trabajo: Matorrales y tomillares (144.008 has, 47%), espartales (154.354 has, 50%), arbustedas semiáridas (6.721has, 2%) y aljezares (3.903has, 1%).

El estado de conservación de los aljezares se puede considerar preocupante. La degradación asociada a la reforestación y a las malas prácticas agrícolas, junto con las derivadas de la minería (Mota et al. 1993) constituyen los principales impulsores de cambio sobre estos ecosistemas. Desde una perspectiva local, el Paraje Natural Karst en Yesos de Sorbas podría constituirse en una herramienta importante para asegurar la persistencia de algunos aljezares, sin embargo, las perspectivas de futuro no son muy esperanzadoras, ya que la incidencia de los factores que determinan la reducción de su área de distribución no parece que vaya a desaparecer.

Los cambios de usos del suelo y las invasiones biológicas representan las principales amenazas sobre las arbustedas (Figura 8). El área de distribución de este subtipo ha sido casi completamente transformada por el desarrollo de los cultivos de invernadero, que con una extensión de más de 30.000 has, han dado lugar a la fragmentación y ocupación de los glacis y piedemontes más relevantes. Como ya se ha mencionado, esto ha supuesto la práctica desaparición de los matorrales de maytenus (habitat 5220) del poniente almeriense (Mota et al. 1996). Por otro lado, los escasos restos que quedan en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar están amenazados por la consolidación de los cultivos de agave que se implantaron a finales de los 50, y por la explotación de los acuíferos de los que dependen.

En el caso de los espartales, un ecosistema vinculado a la actividad humana, el efecto de los cambios en los usos y costumbres de la nueva sociedad sobre su estructura y funcionamiento, así como en su dinámica futura, es todavía una incógnita, ya que diversos estudios indican que usos tradicionales en este ecosistema, como el pastoreo, deben haber favorecido la degradación del matorral original y su conversión en espartales (Alados et al. 2003, Maestre 2004).

El futuro de los matorrales y tomillares está comprometido fuera de los espacios protegidos (Cabello et al. 2009). Aunque muchos de ellos han sido protegidos mediante

la declaración de Lugares de Importancia Comunitaria y espacios protegidos de la RENPA, la presión a la que están sometidos estos ecosistemas por parte del actual modelo de desarrollo económico es muy importante.

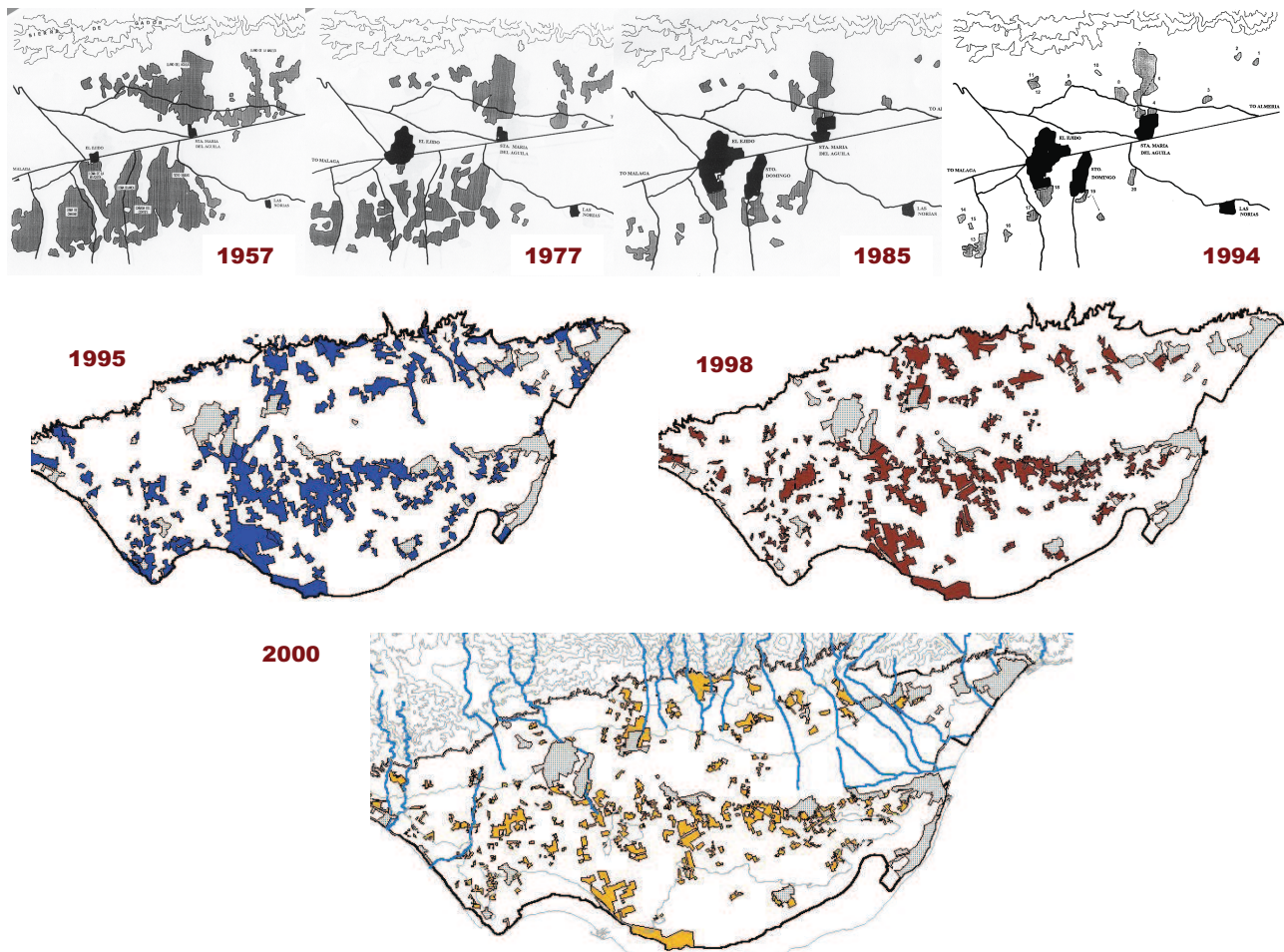


Figura 8. Proceso de degradación y fragmentación del subtipo arbustedas semiáridas en el poniente almeriense. En los mapas superiores (1957-1994) las manchas grises representan rodales de vegetación natural, mientras que las manchas negras son núcleos urbanos (Tomado de Mota et al. 1996). En los mapas inferiores (1998-2000), las manchas de color representan los rodales de vegetación natural, mientras que el color gris se ha empleado para los núcleos urbanos. En la actualidad menos del 10% de la superficie de este territorio presenta vestigios residuales del ecosistema original.

4. SERVICIOS SUMINISTRADOS. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y FUENTE DE DATOS

Los ecosistemas de las zonas áridas de Andalucía suministran servicios de abastecimiento, de regulación y culturales (tabla 4). Los indicadores más robustos se detallan en la tabla 5.

4.1. Servicios de abastecimiento

Los ecosistemas de las zonas áridas de Andalucía abastecen con alimentos, en particular con hortalizas procedentes de la agricultura tecnificada. Las reservas freáticas que se recargan en las áreas más naturalizadas, son una fuente importante de abastecimiento de agua dulce para la agricultura y el consumo humano. Entre las materias primas de origen biológico destacan las especies vegetales utilizadas en la industria y la artesanía. Estos ecosistemas abastecen con energía renovable en forma de energía eólica y solar. Son reservas de variedades locales y de razas ganaderas autóctonas adaptadas a las condiciones de aridez. También abastecen de medicinas naturales y principios activos, muy frecuentes en su biodiversidad.

4.2. Servicios de regulación

Se puede considerar que estos ecosistemas proporcionan servicios de regulación de una forma general, sin embargo, debido a las particularidades que algunos subtipos operativos muestran en su funcionamiento y estructura (cobertura del dosel vegetal y estructura radicular), algunos servicios son provistos de manera desigual. El servicio de regulación climática está determinado fundamentalmente por el papel del dosel vegetal en el balance energético entre la atmósfera y la superficie terrestre, y la capacidad de los suelos y la biomasa forestal para almacenar carbono y mitigar el efecto invernadero. El servicio de regulación de la calidad del aire tiene una importancia media-baja, y se debe a la capacidad de la cobertura vegetal para retener partículas. La regulación hídrica está indicada por la eficiencia de la vegetación en la intercepción de la lluvia y su captación para la recarga de acuíferos. La regulación morfosedimentaria está indicada por la protección que ofrece la vegetación frente a la erosión del suelo, un aspecto para el que son especialmente sensibles estos ecosistemas. La formación y fertilidad del suelo está indicada por la profundidad de éste y su capacidad de intercambio catiónico, y viene determinada por la vegetación y las costras biológicas. La capacidad de regular los incendios está indicada por la diversidad de especies que muestran. El control biológico está indicado por la genoteca que ofrecen para la búsqueda de organismos de control biológico útiles en la agricultura tecnificada. Algo parecido ocurre en el servicio de polinización está indicado por el número de especie autóctonas susceptibles de polinizar cultivos.

4.3. Servicios culturales

Los servicios culturales adquieren una gran importancia debido al conocimiento que las personas han tenido que desarrollar para vivir en ellos, y por la singularidad paisajística que representan en nuestro entorno. El conocimiento científico está indicado por el número de publicaciones científicas dedicadas a los ecosistemas áridos andaluces; resultando de especial atención para los investigadores su biodiversidad y los procesos ecohidrológicos. El conocimiento ecológico local es un factor clave para el uso

sostenible del capital natural, y está indicado por la variedad de saberes que las personas han desarrollado en este sentido. La identidad cultural y sentido de pertenencia está indicado por el número de asociaciones locales que existen para la recuperación de la cultura. El servicio para el disfrute espiritual y religioso y para el disfrute estético y paisajístico están indicados por el número de lugares de culto que existen, y las infraestructuras y servicios para la interpretación ambiental, respectivamente. Las actividades recreativas, de ecoturismo y de educación ambiental están indicadas por la práctica de los diversos deportes de naturaleza.

Tabla 4.- Tipos de servicios que proporcionan los ecosistemas áridos de Andalucía.

Tipo de servicio	Servicios	Definición	Ejemplos e Importancia	
ABASTECIMIENTO	Alimentación	Productos derivados de la biodiversidad de interés alimentario	Agricultura, ganadería, apicultura, alimentos silvestres	
		Productos de origen vegetal con destino al consumo alimentario humano o animal.	Cultivos agrícolas	
	Agua	Agua dulce de calidad derivada de flujos epicontinentales y acuíferos.	Agua subterránea para uso humano, agrícola e industrial.	
	Materias primas de origen biológico	Materiales extraídos de los seres vivos y que se transforman para elaborar bienes de consumo.	Especies vegetales utilizadas en la industria y la artesanía	
	Energía renovable	Aprovechamiento de energía de procesos geofísicos y componentes de los ecosistemas de origen biótico o geótico que se usan o transforman como fuente de energía.	Energía eólica y solar	
	Acervo genético	Mantenimiento de la diversidad genética de especies, razas y variedades para suministro de determinados productos.	Razas ganaderas autóctonas y variedades locales	
	Medicinas naturales y principios activos	Principios activos para industria farmacéutica y medicinas tradicionales.	Tisanas, aceites varios, ácidos vegetales, alcaloides, etc.	
REGULACION	Regulación climática	Capacidad vegetal para fijar CO ₂ , efectos mesoclimáticos de intercepción, ralentización hídrica, amortiguación térmica, etc.	Captura y almacenamiento de carbono	
	Regulación calidad aire	Capacidad de retener gases o partículas contaminantes del aire, regulación térmica.	Retención de contaminantes por vegetales y por especies edáficas.	
	Regulación hídrica	Capacidad para la regulación del ciclo hidrológico.	Dosel vegetal y suelos permeables que facilitan la recarga de acuíferos	
	Regulación morfo-sedimentaria.	Capacidad para controlar los procesos erosivos.	Limitación de deslizamientos y erosión de laderas	
	Formación y fertilidad del suelo	Mantenimiento de la humedad y capacidad catiónica del suelo.	Ralentización del ciclo de nutrientes, disponibilidad de materia orgánica y humus.	
	Amortiguación de perturbaciones	Amortiguación de perturbaciones naturales fundamentalmente ligadas al clima	Adaptaciones al fuego en la vegetación mediterránea	
	Control biológico	Capacidad de regulación de plagas y vectores patógenos de humanos, cosechas y ganado.	Organismos de control biológico que actúan sobre especies plaga	
	Polinización	Simbiosis entre ciertos organismos con resultado de transporte de polen y reproducción.	Insectos polinizadores de cultivos. Incluye también especies de interés para la comercialización	
CULTURALES	Conocimiento científico	Conocimiento que se adquieren a través de la investigación en los ecosistemas o con la biodiversidad que albergan.	Investigación y formación	
	Conocimiento ecológico local	Conjunto de saberes al que se llega a través de la práctica y la experiencia que se transmiten generacionalmente.	Uso tradicional del agua	
	Identidad cultural y sentido de pertenencia	Sentimiento patrimonial de ecosistemas silvestres y culturales (asociados a las propias interacciones y conocimientos humanos).	Asociaciones locales para la recuperación de la cultura	
	Valor religioso y espiritual	Usos no materiales del paisaje y sus elementos, frecuentemente ligados al ocio y recreo, a veces con componentes de creencias, dogmas o divinidades.	Lugares de culto ubicados en la naturaleza	
	Paisaje–disfrute estético	Apreciación de lugares, sitios, comarcas que generan satisfacción y placidez por su estética o inspiración creativa o espiritual.	Servicios de interpretación ambiental	
	Actividades recreativas ecoturismo	Lugares, sitios, comarcas que son escenario de actividades lúdicas y deportes al aire libre que proporcionan salud y relajación.	Deportes de naturaleza	
	Educación ambiental	Formación sobre el funcionamiento de los procesos ecológicos y su función social. Sensibilización y conciencia de la gestión de los servicios de los ecosistemas.	Aulas de la naturaleza, centros de interpretación, equipamientos para turismo científico	
	IMPORTANCIA DEL SERVICIO			
Alta	Media-Alta	Media-Baja	Baja	No aplicable

Tabla 5a.- Servicios, indicadores, fuentes de información y unidades de medida utilizados para la evaluación de los ecosistemas áridos de Andalucía. Servicios de abastecimiento

Tipo Servicio	Subtipo	Categoría	Indicador	Fuente	Unidades	
ABASTECIMIENTO	Alimentación	Apicultura	Aprovechamientos apícolas	Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). ESREDIAM20081003001756.xml	Aptitud para la Ubicación de colmenas	
		Recolección	Especies de interés para la alimentación	Mapas de vegetación y bases de datos asociadas. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). Caracoles terrestres de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). Flora de Andalucía Oriental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.	Presencia/ausencia Cobertura	
		Alimentación tecnificada	Producción de hortalizas en invernaderos	Consejería de Agricultura y Pesca http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/servicios/estadisticas/index.html Fundación Tecnova, Fundación Cajamar	Tn/año	
		Ganadería	Presencia de vías pecuarias	Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). ESREDIAM20090724006568.xml	Presencia/ausencia	
		Agua	Captación de agua subterránea	SIAS (Sistema de Información del Agua Subterránea)		
			Consumo total de agua	INE- 2010 Sistema de Indicadores del Agua (http://servicios2.marm.es/sia/indicadores/mapa_indic.jsp)	hm3	
			Consumo de agua para la agricultura	INE- 2010 y Anuario de estadística 2009 de MARM. (http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp?parte=1&capitulo=3)	hm3	
			PIB y agua distribuida para para abastecimiento y agricultura	INE-2010	hm ³ y Millones €	
		Materias primas de origen biológico	Germoplasma	Especies vegetales utilizadas en la restauración de la cubierta vegetal	Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía 2001. Procedencias de las especies vegetales autóctonas de Andalucía utilizadas en la restauración de la cubierta vegetal. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía 2001.	Nº de especies Presencia/ausencia Cobertura
	Materiales para la industria y la artesanía		Especies vegetales utilizadas en la industria y la artesanía	Mapas de vegetación y bases de datos asociados. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Flora de Andalucía Oriental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Martínez-Lirola, M.J.; González-Tejero, M.R. & Molera Mesa, J. (1997). <i>Investigaciones etnobotánicas en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar</i> . Sociedad Almeriense de Historia Natural.	Presencia/ausencia Cobertura Nº de especies	
		Energías renovables		Energía eólica y solar	http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/ciudadania/estadistica-info-energia	Nº de instalaciones eólicas y solares.
		Acervo genético		Razas ganaderas autóctonas y variedades locales	http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2012-2254 http://www.redandaluzadesemillas.org/plan-andaluz-de-fomento-de/	Nº de razas/variedades locales
		Medicinas naturales y principios activos		Especies vegetales de interés medicinal	Mapas de vegetación y bases de datos asociadas. Consejería Medio Ambiente. Junta de Andalucía	Presencia/ausencia Cobertura

Tabla 5b. Servicios, indicadores, fuentes de información y unidades de medida utilizados para la evaluación de los ecosistemas áridos de Andalucía. Servicios de regulación.

Tipo Servicio	Subtipo	Categoría	Indicador	Fuente	Unidades
REGULACIÓN	Regulación climática		Variación de la precipitación anual	Agencia Estatal de Meteorología y Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y del SEA (Sistema Estadístico de Andalucía).	Mm
			Variación de la temperatura media anual	SEA (Sistema Estadístico d Andalucía)	°C
		Captación de carbono	Ganancias de carbono por la vegetación	NASA (MODIS).	Valores de los índices de vegetación espectrales (NDVI, EVI)
			Sumideros de carbono	Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). Observatorio de la Sostenibilidad de España.	Mt carbono/año
	Regulación de la calidad del aire		Parámetros relacionados con la calidad del airea	Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/template.PAGE/rediam/informacionambiental/?javax.portlet.tpst=f94a29416541449d2de886b980525ea0&javax.portlet.prp_f94a29416541449d2de886b980525ea0=origen%3Darbol%26historico%3D05%252F00%26action%3DfichaMetadatoControler%26paginaActual%3DCalidad%2BAmbienta%26pagina%3D05%252F00%26id%3D%257B5AD70F59---AC67---417C---B039-E6059D473BC4%257D&javax.portlet.begCacheTok=com.vignette.cachetoken&javax.portlet.endCacheTok=com.vignette.cachetoken	
	Regulación hídrica		Evapotranspiración potencial	Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía ESREDIAM20081003002403.xml	mm/unidad de tiempo
			Recarga de acuíferos	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente SIAS (Sistema de Información del Agua Subterránea)	
			Evolución de la escorrentía superficial	Centro de estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y Sisitema de Indicadores del Agua (MMARM)	Mm
			Estado actual de as aguas subterráneas	REDIAM http://sjg_magrama.es/recursossub/visor.html?herramienta=Piezometros	Nº y Hms/año
	Regulación morfosedimentaria		Perdidas medias de suelo por hectárea	Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía) http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/servtc2/visorEstadisticas/es.juntadeandalucia.cma.VisorEstadisticas/index.html?grupo=2009&l=lang_es&l=lang_es	Toneladas por hectárea y año (t/ha año)
			Riesgo de erosión en cárcavas y barrancos	Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002-2012). http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/inventarios/ines/modulos/ines.htm Red RESEL (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente)	Tn/hectárea/año
	Formación y fertilidad del suelo		Fertilidad del suelo	Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). ESREDIAM20090512030975.xml	
				Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). ESREDIAM20100602019964.xml	
	Amortiguación de perturbaciones naturales		Espesor de suelo útil	REDIAM	cm
			Incendios forestales	INFOCA	Nº
		Evaluación de la superficie del suelo artificializada	Anuarios de estadísticas agrarias y pesqueras de Andalucía y de los informes de Medio Ambiente de Andalucía	has	
Control biológico		Organismos de control biológico que actúan sobre especies plaga	Unidad Entomológica del laboratorio de Sanidad vegetal de Almería y empresas comercializadores de enemigos naturales.	Presencia/ausencia	
Polinización		Especies autóctonas susceptibles de polinizar cultivos			

Tabla 5c. Servicios, indicadores, fuentes de información y unidades de medida utilizados para la evaluación de los ecosistemas áridos de Andalucía. Servicios culturales.

Tipo Servicio	Subtipo	Categoría	Indicador	Fuente	Unidades
CULTURA LES	Conocimiento científico		Artículos en revistas científicas especializadas	SCOPUS ISI Web of Science	Nº de artículos
	Conocimiento ecológico local		Saberes populares asociados al manejo de los ecosistemas	Martinez-Lirola, M.J.; Gonzalez---Tejero, M.R. & Molera Mesa, J. (1997). <i>Investigaciones etnobotánicas en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar</i> . Sociedad Almeriense de Historia Natural.	
	Identidad cultural y sentido de pertenencia		Asociaciones locales con fines culturales y ambientales	Consejería de Cultura	Nº
	Valor religioso y espiritual		Visitantes a ligares de culto ubicados en terreno forestal		Nº
			Especies con valores culturales	Martinez-Lirola,M.J.; Gonzalez-Tejero, M.R. & Molera Mesa, J. (1997). <i>Investigaciones etnobotánicas en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar</i> . Sociedad Almeriense de Historia Natural.	
	Paisaje – disfrute estético		Visitas con servicios de interpretación ambiental	Oficina Parque Natural Cabo de Gata-Níjar	Nº
	Actividades recreativas y ecoturismo	Caza	Terrenos cinegéticos	Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.	Presencia/ausencia
		Otros deportes de la naturaleza	Asociaciones de senderismo		Nº
	Educación ambiental		Equipamientos destinados a educación ambiental y turismo científico	REDIAM	Nº

5. CONDICIONES Y TENDENCIAS DE LOS SERVICIOS EVALUADOS

El 41% de los servicios de los ecosistemas de zonas áridas se están degradando o están siendo usados de manera insostenible. Los más afectados son los servicios de abastecimiento (alimentos tradicionales, agua dulce, materias primas de origen biológico, y medicinas naturales y principios activos) y los de regulación (regulación hídrica, regulación morfosedimentaria y formación y fertilidad del suelo). Por el contrario, están mejorando los servicios de abastecimiento tecnificados y los servicios culturales, que responden a la demanda urbana (conocimiento científico, ecoturismo, educación ambiental).

5.1. Servicios de abastecimiento

Alimentación tradicional. El servicio de abastecimiento de alimentación tradicional que generaban los ecosistemas del sureste árido de Andalucía ha disminuido de forma muy importante. La tecnificación de la agricultura y las dificultades de producción de los cultivos tradicionales están en la base de la merma de este servicio (Imagen 5). Los cultivos tradicionales, cuyo desarrollo era posible gracias a la existencia de sistemas muy eficientes de almacenamiento y distribución de agua, han desaparecido casi completamente (Cuadro 1). Dos cultivos de gran importancia fueron los cítricos y el parral, que adquirieron especial importancia en la cuenca del río Andarax, que hoy día están en proceso de abandono allí donde aún quedan.



*Imagen 5. Cultivo tradicional de hortalizas en “huertos marinos”, un agroecosistema tradicional de la llanura litoral del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar. Este tipo de huertos representan los primeros antecedentes de cultivo sobre arena, y su origen debe ser musulmán. En este tipo de cultivos se empleaban diversos materiales autóctonos, como el empalizado con barrón (*Ammophila arenaria*) para reducir la insolación y la pérdida por evapotranspiración. Además se preparaba un manto en la arena con barrilla (*Salsola kali*) para realizar el cultivo de los plantones. Tomado de Pérez-Caballero et al. 2005. Foto: Javier Cabello.*

Un servicio de abastecimiento que se sigue manteniendo actualmente es la apicultura, cuya aportación al bienestar humano es muy importante, como lo pone de manifiesto el hecho de que la provincia de Almería cuente con el mayor número de colmenas y apicultores de Andalucía, muchas de ellas ubicadas en los ecosistemas áridos. Ya en 2001 las colmenas registradas en la provincia asciendían a 85.000 y a 665 el número de apicultores. La importancia del sector no radica en la producción de miel, sino que la agricultura realizada en los invernaderos necesita de agentes polinizadores y las abejas son las que principalmente desempeñan este papel. Este servicio de abastecimiento se encuentra también comprometido en la actualidad. Entre las principales amenazas que sufre (a nivel regional) está la proliferación de insecticidas sistémicos autorizados por la UE y utilizados en el tratamiento de semillas y para combatir plagas de forma puntual. Estos insecticidas provocan efectos adversos sobre el sistema nervioso de las abejas, además de repercutir de forma muy negativa sobre las dinámicas poblacionales de otros insectos polinizadores. En la actualidad, tanto en la UE como a nivel mundial, hay un escaso conocimiento de los factores y riesgos que causan la pérdida de colonias de abejas, aunque están bajo objeto de estudio diversas sustancias como la clotianidina, el tiametoxam, el imidacloprid y el fipronil, insecticidas sistémicos que dejan residuos en el néctar y en el polen de las flores de las semillas y cultivos tratados. Bajo sus efectos, las abejas pierden el sentido de la orientación y no pueden regresar al colmenar. La Comisión Europea ha publicado la Directiva 2010/21/UE modificando el anexo I de la Directiva 91/414/CEE para estas cuatro sustancias activas.

Cuadro 1. Evolución de la superficie de los agroecosistemas tradicionales de la llanura litoral de Cabo de Gata en el período 1957-2003

Durante siglos los agricultores han desarrollado sistemas agrícolas localmente adaptados que manejaban con ingeniosas prácticas agronómicas y que permitían la conservación de variedades agrícolas locales (Imagen 5). La pérdida del conocimiento tradicional y del acervo genético asociados a esta agricultura, representan en la actualidad un gran inconveniente para el desarrollo agrícola sostenible.

El paso de una agricultura tradicional extensiva a otra moderna intensiva ha ido acompañada por una importante pérdida de la agrobiodiversidad. Por ejemplo, en el caso de la llanura litoral del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (Figura 9), el “secano” debido a su escasa rentabilidad económica ha visto reducida su superficie un 46,6%. Los “huertos marinos” una agrosistema tradicional desarrollado en la zona de dunas de San Miguel de Cabo de Gata han desaparecido casi por completo, quedando en la actualidad solo pequeñas muestras testimoniales.

Las prácticas de manejo de los cultivos tradicionales pueden resultar muy útiles a la hora de realizar programas de conservación *in situ* de variedades locales. Por ello, sería conveniente poner en marcha, acciones encaminadas a recuperar las pérdidas de esta agrobiodiversidad. En este sentido, dos propuestas interesantes serían reforzar las ayudas a agricultores recogidas en la legislación (Reglamento (CEE) 2078/1992 desarrolladas en el Real Decreto 4/2001), y la creación de huertos de ocio.

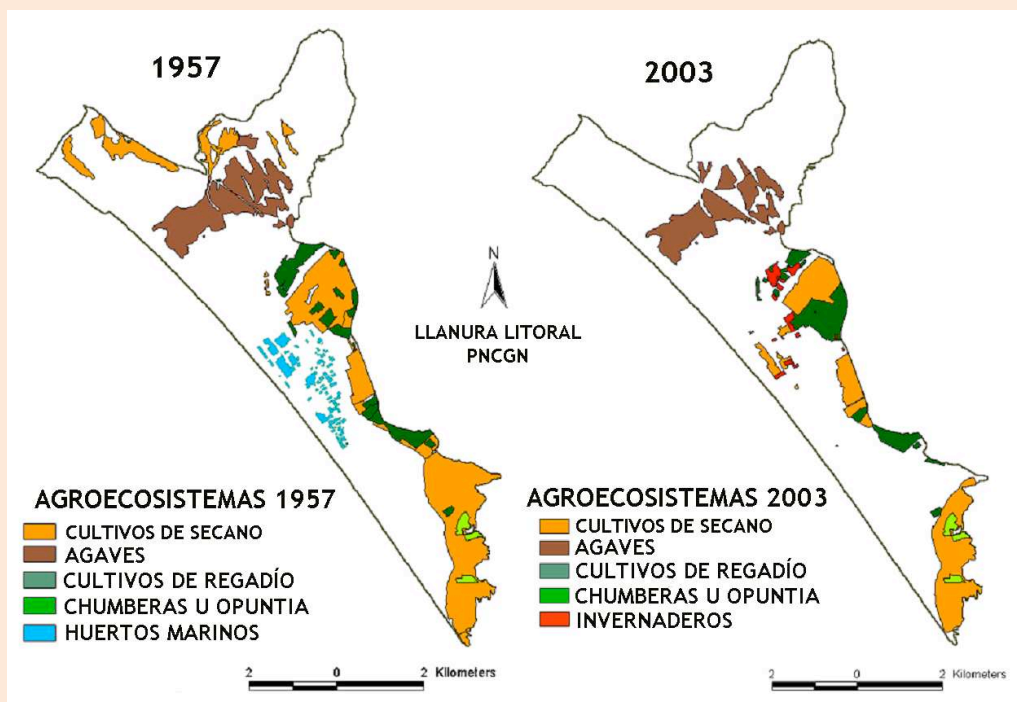


Figura 9. Evolución de la superficie de los agroecosistemas de la llanura litoral de Cabo de Gata en el período 1957-2003. Tomado de Pérez-Cabellero et al. 2005.

La incorporación a la dieta y gastronomía de plantas, setas y caracoles silvestres

representaba un servicio de abastecimiento importante en el pasado (Tabla 6). El uso humano de este capital natural estuvo muy extendido y son numerosas las especies usadas como muestran algunos estudios que se han hecho . Por ejemplo, en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar se han encontrado hasta medio centenar de especies autóctonas silvestres como valores etnobotánicos relacionados con la alimentación (Martínez-Lirola et al. 1997). Por otro lado, la disponibilidad de pastos de invierno favoreció el desarrollo de la ganadería en los ecosistemas áridos en combinación con los ecosistemas de montaña colindantes, produciéndose de esta manera una “doble primavera”.

Tabla 6. Plantas autóctonas silvestres de interés etnobotánico, relacionadas con la alimentación tradicional en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar. Elaborado a partir de Martínez-Lirola et al. 1997

ESPECIE	USOS RELACIONADOS CON LA ALIMENTACIÓN			
	Verdura/frutos	Bebidas/infusiones	Condimentario	Melífero
<i>Acinosalpinus</i> subsp. <i>meridionalis</i>				
<i>Adiantum capillus-veneris</i>				
<i>Aetheorhiza bulbosa</i>				
<i>Anthyllis cytisoides</i>				
<i>Anthyllis terniflora</i>				
<i>Asparagus albus</i>				
<i>Beta maritima</i>				
<i>Capparis ovata</i>				
<i>Chamaerops humilis</i>				
<i>Cymodocea nodosa</i>				
<i>Cynodon dactylon</i>				
<i>Eruca sativa</i> subsp. <i>longirostris</i>				
<i>Eryngium campestre</i>				
<i>Euphorbia serrata</i>				
<i>Foeniculum vulgare</i> subsp. <i>piperitum</i>				
<i>Genista cinerea</i>				
<i>Genista umbellata</i>				
<i>Hirchfeldia incana</i>				
<i>Limonium sinuatum</i>				
<i>Malva sylvestris</i>				
<i>Matricaria recutita</i>				
<i>Melisa officinalis</i>				
<i>Mentha suaveolens</i>				
<i>Mentha x piperita</i>				
<i>Ocimum basilicum</i>				
<i>Olea europaea</i>				
<i>Onopordum macracanthum</i>				
<i>Papaver rhoeas</i>				
<i>Pimpinella anisum</i>				
<i>Pipernigrum</i>				
<i>Plantago albicans</i>				
<i>Portulaca oleracea</i>				
<i>Rubus ulmifolius</i>				
<i>Rumex induratus</i>				
<i>Satureja obovata</i> subsp. <i>canescens</i>				
<i>Scolymus hispanicus</i>				
<i>Scorpiurus muricatus</i>				
<i>Scorzonera angustifolia</i>				
<i>Silene vulgaris</i>				
<i>Sonchus oleraceus</i>				
<i>Thymus hyemalis</i>				
<i>Urtica urens</i>				

Alimentación tecnificada. En los últimos 30 años, el servicio de alimentación tecnificada se ha ido incrementando, principalmente a costa de la transformación de los ecosistemas naturales en tierras de cultivo y de la aplicación de las mejoras tecnológicas. En los ecosistemas áridos andaluces se produce más del 60% de la producción hortofrutícola de Andalucía. En los últimos años la agricultura intensiva almeriense ha experimentado una serie de transformaciones de carácter tecnológico (Figura 10) que han tenido como consecuencia un aumento de la producción y de la productividad, provocando claras transformaciones en la estructura de la producción, y que se han traducido en un aumento de la superficie puesta en cultivo, unas 33000 has, y la mejora del nivel económico y de empleo de la población del litoral almeriense (García Lorca et al. 2009).

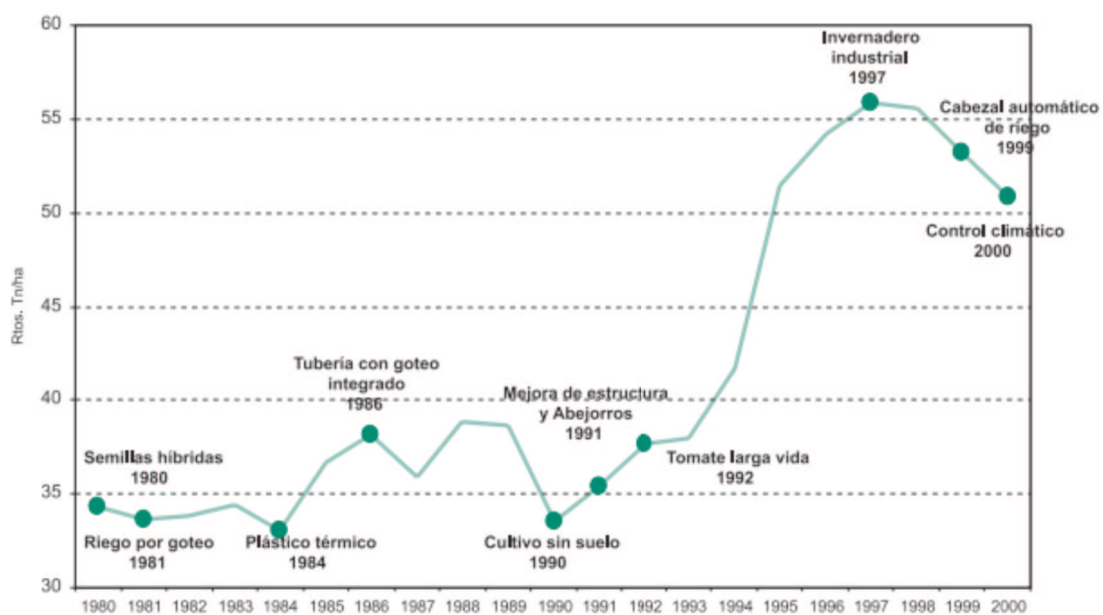


Figura 10. Rendimientos hortofrutícolas y las incorporaciones tecnológicas (1980/2000). Tomado de Cortés et al. 2002.

Agua dulce. La calidad del agua dulce derivada de flujos epicontinentales y acuíferos está empeorando. Los acuíferos son formaciones geológicas subterráneas con ciclos de renovación muy lentos, que representan una fuente básica de agua dulce en los ecosistemas áridos, como los del sureste andaluz. El aprovechamiento de las aguas subterráneas de los acuíferos se lleva realizando en España desde hace miles de años. Las primeras evidencias en ese sentido provienen de la Edad de Bronce, en concreto de las galerías de Gata y El Argar y el acueducto de Los Millares, en la provincia de Almería. Asimismo, los romanos dejaron numerosos testimonios de obras de ingeniería hidráulica, pero sin embargo fueron los árabes los que introdujeron en España el aprovechamiento del agua del subsuelo a mayor escala. En los ecosistemas áridos la dependencia de los acuíferos para el abastecimiento de agua dulce es muy alta. La ciudad de Almería, por ejemplo, cubre el 80% de su suministro a partir de aguas subterráneas. La extracción de agua subterránea, por encima de la capacidad de recarga de los acuíferos y la contaminación química de las aguas, son dos problemas muy

graves a los que se enfrentan los acuíferos del sureste andaluz, produciéndose una disminución en la provisión de este servicio. El abandono de la extracción del acuífero superficial por la falta de calidad en estas aguas está provocando el ascenso del nivel freático en algunos puntos ((Figura 11) dando lugar a la aparición de lagunas artificiales como la del sapo, o la de Ugíjar. Por un lado, una demanda cada vez mayor de agua para usos agrícolas, urbanos e industriales, producen descensos continuados del nivel de agua en el acuífero y un deterioro de su calidad y de la integridad ecológica de estos ecosistemas, a veces irreparable, que compromete la viabilidad de los sistemas ecológicos y humanos asociados al agua en estos territorios.

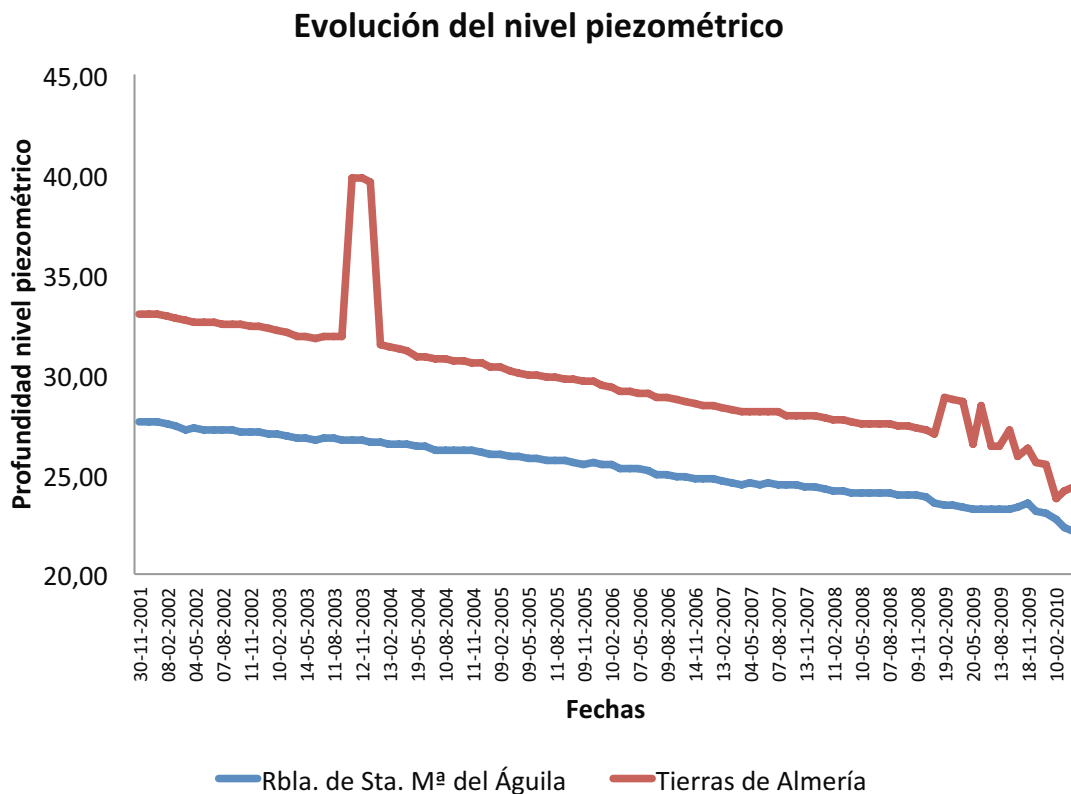


Figura 11. Evolución del nivel piezométrico en dos masas de agua subterránea del Campo de Dalías (poniente almeriense). Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Materias primas de origen biológico. La cantidad de materias procedentes de los seres vivos que se transforman para elaborar bienes de consumo en los ecosistemas áridos de Andalucía ha disminuido. Entre un conjunto de especies que tuvieron un uso de carácter industrial (Tabla 7), en estos ecosistemas tuvo un uso extraordinario el esparto (*Stipa tenacissima*) que dio origen a una industria floreciente desde mediados del siglo XIX hasta los años 70 del pasado siglo. Esta especie, que ocupa grandes extensiones en el Sureste árido se relacionaba con diferentes usos, desde la fabricación de papel, hilados, yutería, hasta la elaboración de capazos. La importancia comercial del esparto influyó en el manejo de la especie, que se puso en cultivo y llegó a alcanzar altas tasas de exportación (e.g. al Reino Unido).

Tabla 7. Materias primas de origen biológico identificadas en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar. Elaborado a partir de Martínez-Lirola et al. 1997.

ESPECIE	USOS DE CARÁCTER INDUSTRIAL	
	Artesanal y Doméstico	Combustible
<i>Artemisia barrelieri</i>		
<i>Ballota hirsuta</i>		
<i>Cistus ladanifer</i>		
<i>Dittrichia viscosa</i>		
<i>Juncus acutus</i>		
<i>Lygeum spartum</i>		
<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i>		
<i>Phagnalon rupestre</i>		
<i>Phlomis purpurea</i> subsp. <i>almeriensis</i>		
<i>Phragmites australis</i>		
<i>Quercus coccifera</i>		
<i>Retama sphaerocarpa</i>		
<i>Rubia peregrina</i>		
<i>Saccharum ravennae</i>		
<i>Stipa tenacissima</i>		
<i>Thymelaea hirsuta</i>		
<i>Typha domingensis</i>		
<i>Ulex parviflorus</i>		
<i>Urginea maritima</i>		
<i>Zea mays</i>		

Energías renovables. El aprovechamiento de la energía procedente de procesos geofísicos es un servicio de abastecimiento que está mejorando. La radiación solar constituye la principal fuente de la vida, su energía permite el funcionamiento del planeta y la existencia de los seres vivos que lo habitan. El Sureste árido, con unas 3000 horas de sol al año, es un territorio en el que se viene aprovechando la energía solar desde los inicios de la humanidad de múltiples maneras y formas, desde la producción y conservación de alimentos como los salazones, a la transformación en energía calorífica en los invernaderos y captadores solares, a formas más sofisticadas de producción de energía eléctrica, como es el caso de la fotovoltaica (García-Lorca et al. 2009).

El Sureste árido andaluz producía ya en 2007 energía renovable para suministrar a 152.100 hogares. En la actualidad, este territorio cuenta con un total de 58 megavatios de potencia instalada de energía renovable solar fotovoltaica, lo que supone el 8,7% del total existente en toda Andalucía. Pero también, hay que sumar otros 44.000 metros cuadrados de paneles solares térmicos para uso doméstico (agua caliente sanitaria y climatización). El viento se ha convertido en una fuente de energía alternativa, no contaminante, renovable y abundante. En la provincia de Almería existen 17 parques eólicos que aportan 462 MW, el 20% de la energía eólica andaluza.

Acervo genético. La diversidad genética de especies, razas y variedades para suministro de determinados productos está descendiendo. Las razas ganaderas y las variedades locales representan elementos genéticos consecuencia de la relación entre el hombre y los sistemas naturales, que en el caso de Andalucía ha sido especialmente prolongada e

intensa. Ese patrimonio genético ha sufrido durante las últimas décadas un acelerado proceso de empobrecimiento, derivado de los importantes cambios socioeconómicos y culturales producidos en el conjunto de Andalucía, fundamentalmente por el abandono del medio rural y por la pérdida de conocimientos, técnicas y prácticas tradicionales de gestión de los seres vivos.

Entre los más relevantes de los ecosistemas áridos destaca la uva de Ohanes, una variedad de gran importancia comercial en el siglo XX, dada sus propiedades para poder ser conservada durante largo tiempo. En la actualidad, cuando apenas quedan unos escasos parrales, varias iniciativas se han puesto en marcha para su conservación, entre las que destaca el museo provincial de la uva de barco de Terque (<http://www.museodeterque.com>) y del proyecto de biodiversidad domesticada que viene desarrollando el Grupo Ecologista Mediterráneo (GEM) (<http://biodiversidaddomesticada.blogspot.com.es/>) (Imagen 6).



Imagen 6. Uva de Corinto (*Vitis vinifera*), una variedad local sin semillas rescatada por el programa de Biodiversidad Domesticada del Grupo Ecologista Mediterráneo. Foto: Antonio Rubio Casanova, GEM.

Medicinas naturales y principios activos. El servicio de provisión de principios activos para industria farmacéutica y medicinas tradicionales a partir de las especies de los ecosistemas áridos de Andalucía tiende a empeorar. El aprovechamiento aromático-medicinal de las plantas es casi tan antiguo como el ser humano, siendo los chinos (2000 años a.C.) los primeros en difundir de forma escrita sus usos y virtudes. Los ecosistemas áridos en Andalucía sustentan una abundante y variada flora medicinal y aromática. Entre esas especies hay un elevado porcentaje de endemismos. La elevada riqueza de especies botánicas y las condiciones históricas y socio-culturales han propiciado que se desarrollara un prolífero uso popular de la flora, como muestra la tabla 8, fuertemente arraigado, que en la actualidad está decayendo de forma acusada.

Originalmente, aunque su recolección era de forma rudimentaria, abastecía, hasta épocas relativamente recientes, de materias primas a a las industrias farmacéutica y perfumero-cosmética. En la actualidad se ha abandonado prácticamente su aprovechamiento y las poblaciones locales se abastecen de los productos importados procedentes de otros países.

Tabla 8a. Especies vegetales de interés medicinal en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar. Elaborado a partir de Martínez-Lirola et al. 1997

ESPECIE	USO MEDICINAL*												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
<i>Acinos alpinus</i> subsp. <i>meridionalis</i>													
<i>Adiantum capillus-veneris</i>													
<i>Agave americana</i>													
<i>Allium cepa</i>													
<i>Allium roseum</i>													
<i>Aloe sp</i>													
<i>Andryala ragusina</i>													
<i>Anthyllis cytisoides</i>													
<i>Anthyllis terniflora</i>													
<i>Apium graveolens</i>													
<i>Artemisia barrelieri</i>													
<i>Arundo donax</i>													
<i>Asparagus albus</i>													
<i>Asphodelus ramosus</i>													
<i>Asplenium ceterach</i>													
<i>Atriplex halimus</i>													
<i>Ballota hirsuta</i>													
<i>Beta maritima</i>													
<i>Brachypodium retusum</i>													
<i>Brassica oleracea</i>													
<i>Brugmansia arborea</i>													
<i>Bupleurum gibraltarium</i>													
<i>Camelia sinensis</i>													
<i>Capparis ovata</i>													
<i>Capsicum annuum</i>													
<i>Castanea sativa</i>													
<i>Ceratonía siliqua</i>													
<i>Chamaerops humilis</i>													
<i>Chlorophyceae</i>													
<i>Cicer arietinum</i>													
<i>Cistus albidus</i>													
<i>Cistus ladanifer</i>													
<i>Citrullus colocinthis</i>													
<i>Citrus ladanifer</i>													
<i>Citrus limón</i>													
<i>Citrus sinensis</i>													
<i>Cucumis sativus</i>													
<i>Cucurbita pepo</i>													
<i>Cupressus lusitánica</i>													
<i>Cynara scolymus</i>													
<i>Cynodon dactylon</i>													
<i>Daphne gnidium</i>													
<i>Digitalis obscura</i>													
<i>Dittrichia graveolens</i>													

* USO MEDICINAL: A) Afecciones del sistema nervioso y órganos de los sentidos; B) Afecciones del sistema ósteo-articular tejido conjuntivo; c) Complicaciones del embarazo y parto; D) Enfermedades del aparato circulatorio; E) Enfermedades del aparato digestivo; F) Enfermedades del aparato respiratorio; G) Enfermedades del sistema endocrino, del metabolismo y la nutrición; H) Enfermedades del sistema genitourinario; I) Enfermedades infecciosas y parasitarias; J) Enfermedades tumorales; K) Lesiones traumáticas y envenenamiento; L) Síntomas y estados mórbidos mal definidos; M) Trastornos mentales.

Tabla 8b. Especies vegetales de interés medicinal en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (continuación). Elaborado a partir de Martínez-Lirola et al. 1997

ESPECIE	USO MEDICINAL*												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
<i>Dittrichia viscosa</i>	■			■	■	■		■			■		
<i>Echium creticum</i> subsp. <i>coincyanum</i>	■												
<i>Ephedra fragilis</i>					■							■	■
<i>Equisetum</i> sp.					■			■				■	■
<i>Eriobotrya japonica</i>					■	■							
<i>Eryngium campestre</i>					■	■						■	■
<i>Phlomis purpurea</i> subsp. <i>almeriensis</i>			■			■	■					■	■
<i>Pimpinella anisum</i>					■	■							
<i>Pinus halepensis</i>		■	■									■	■
<i>Piper nigrum</i>													■
<i>Piptatherum miliaceum</i>	■	■											■
<i>Pistacia lentiscus</i>					■								■
<i>Plantago albicans</i>						■	■						■
<i>Polygonum aviculare</i>						■	■						
<i>Populus alba</i>					■	■			■	■			
<i>Prunus avium</i>								■	■				
<i>Prunus dulcis</i>	■	■				■	■	■					
<i>Punica granatum</i>		■	■		■	■			■	■			
<i>Quercus coccifera</i>							■	■					
<i>Ramalina bourgeana</i>								■	■				
<i>Raphanus sativa</i>													■
<i>Retama sphaerocarpa</i>		■	■		■	■						■	■
<i>Rhamnus alaternus</i>				■	■	■		■					
<i>Rosa</i> sp.	■	■										■	■
<i>Rosmarinus officinalis</i>	■	■		■	■	■	■			■			■
<i>Rubus ulmifolius</i>				■	■								
<i>Rumex crispus</i>						■	■						
<i>Ruta angustifolia</i>	■	■	■	■	■	■			■	■		■	■
<i>Salsola genistoides</i>												■	■
<i>Salvia verbenaca</i>	■	■										■	■
<i>Satureja obovata</i> subsp. <i>canescens</i>	■	■			■	■	■					■	■
<i>Scorpiurus muricatus</i>												■	■
<i>Sedum sedifforme</i>												■	■
<i>Senecio malacitanus</i>	■	■			■	■						■	■
<i>Sideritis</i> sp.	■	■			■	■	■					■	■
<i>Silene vulgaris</i>					■	■	■						
<i>Smilax aspera</i>				■	■	■	■						■
<i>Solanum melongena</i>							■	■	■	■			
<i>Solanum nigrum</i>					■	■						■	■
<i>Solanum tuberosum</i>					■	■						■	■
<i>Sonchus oleraceus</i>					■	■						■	■
<i>Stipa tenacissima</i>	■	■	■	■	■	■							

* USO MEDICINAL: A) Afecciones del sistema nervioso y órganos de los sentidos; B) Afecciones del sistema ósteo-articular tejido conjuntivo; c) Complicaciones del embarazo y parto; D) Enfermedades del aparato circulatorio; E) Enfermedades del aparato digestivo; F) Enfermedades del aparato respiratorio; G) Enfermedades del sistema endocrino, del metabolismo y la nutrición; H) Enfermedades del sistema genitourinario; I) Enfermedades infecciosas y parasitarias; J) Enfermedades tumorales; K) Lesiones traumáticas y envenenamiento; L) Síntomas y estados mórbidos mal definidos; M) Trastornos mentales.

Tabla 8c. Especies vegetales de interés medicinal en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (continuación). Elaborado a partir de Martínez-Lirola et al. 1997

ESPECIE	USO MEDICINAL*												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
<i>Tamarix canariensis</i>													
<i>Teucrium charidemi</i>													
<i>Teucrium murcicum</i> subsp. <i>hieronymi</i>													
<i>Thymelaea hirsuta</i>													
<i>Thymus hyemalis</i>													
<i>Thymus longiflorus</i>													
<i>Thymus mastichina</i>													
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>gracilis</i>													
<i>Tilia</i> sp.													
<i>Triticum aestivum</i>													
<i>Typha domingensis</i>													
<i>Ulmus minor</i>													
<i>Urginea maritima</i>													
<i>Urtica urens</i>													
<i>Urtica urens</i>													
<i>Verbascum sinuatum</i>													
<i>Vicia faba</i>													
<i>Vitisvinifera</i>													
<i>Xanthoria parietina</i> subsp. <i>ectanea</i>													
<i>Zea mays</i>													

* USO MEDICINAL: A) Afecciones del sistema nervioso y órganos de los sentidos; B) Afecciones del sistema ósteo-articular tejido conjuntivo; c) Complicaciones del embarazo y parto; D) Enfermedades del aparato circulatorio; E) Enfermedades del aparato digestivo; F) Enfermedades del aparato respiratorio; G) Enfermedades del sistema endocrino, del metabolismo y la nutrición; H) Enfermedades del sistema genitourinario; I) Enfermedades infecciosas y parasitarias; J) Enfermedades tumorales; K) Lesiones traumáticas y envenenamiento; L) Síntomas y estados mórbidos mal definidos; M) Trastornos mentales.

5.2. Servicios de regulación

Regulación climática. La capacidad de la vegetación y de los suelos para almacenar CO₂ y contribuir a la regulación de los procesos climáticos muestra una tendencia mixta. Los ecosistemas vegetados de zonas áridas cumplen un importante papel en la regulación del clima local ya que la cobertura de la vegetación determina la superficie de reflectancia (albedo) de la radiación solar, así como las tasas de evaporación de agua. Por otro lado, el suelo y la vegetación desempeñan un papel esencial en el ciclo del carbono, capturando CO₂ atmosférico y almacenándolo en forma de carbono inorgánico y orgánico. La fijación de carbono atmosférico por la vegetación y el suelo permite reducir la concentración de gases efecto invernadero en la atmósfera. De acuerdo con esto, la pérdida de cobertura vegetal implica la merma de la capacidad de los ecosistemas para regular el clima local y regional.

Regulación de la calidad del aire. Resulta difícil valorar la capacidad de los ecosistemas áridos de retener gases o partículas contaminantes del aire, regulación térmica. Sin embargo, dado que se pierde dosel vegetal como consecuencia de los cambios en los usos del suelo (Piquer et al. 2012), cabe esperar un descenso en la provisión de este servicio en las áreas transformadas.

Regulación hídrica. La degradación de la vegetación y los suelos que se ha producido en los ecosistemas áridos de Andalucía representa una limitación para la función de regulación del ciclo del agua de sus ecosistemas. La vegetación modula el servicio de regulación hídrica ya que su eficiencia en la intercepción de la lluvia determina la fracción de agua disponible para uso humano (MA 2005b). La importancia de este efecto a escala de paisaje es muy importante. Desde el punto de vista económico, además, estudios recientes indican que el servicio que regula la recarga de acuíferos por parte de la vegetación en la Sierra de Gádor, y por consiguiente el aporte de agua subterránea en el sector agrícola del Campo de Dalías de la provincia de Almería es de 70hm³/año, siendo de vital importancia para el mantenimiento de los usos agrícolas localizados en la zona (Castro 2009).

Un caso particular en el que se pone de manifiesto el papel de los ecosistemas en la provisión de este servicio, es el aljazar de Sorbas, un sistema kárstico sobre yesos, que contribuye a la regulación del sistema hidrológico de la cuenca del río Aguas. Esta función se debe a procesos que ocurren a escalas muy diferentes. Por un lado, a través del sistema kárstico las aguas de lluvia anuales se redistribuyen en el espacio y en el tiempo, y por otro, a una escala mucho menor, la micromorfología de la roca de yeso y las pequeñas diferencias de temperatura que se producen en las pequeñas oquedades que forma, favorece la condensación del agua, lo que representa un aporte añadido al sistema hidrológico. Este principio era usado en los sistemas de irrigación en Babilonia.

Regulación morfosedimentaria. La degradación de los ecosistemas áridos está provocando un empeoramiento de la capacidad de éstos para controlar los procesos erosivos. La vegetación juega un papel esencial en la retención del suelo y, por tanto, en el control de la erosión y la desertificación. La pérdida de material edáfico limita su capacidad de soporte físico y biológico de los ecosistemas, determinando la pérdida de funcionamiento y funcionalidad de estos y reduciendo necesariamente su capacidad de generar no sólo servicios de abastecimiento, sino fundamentalmente de regulación. Esta cuestión es especialmente relevante en los ambientes áridos y semiáridos de Andalucía, en los que no podemos predecir durante cuanto tiempo durará la época seca, o si por el contrario ésta se verá interrumpida por efecto de las lluvias torrenciales, lo que hacen que estas zonas sean especialmente sensibles a la erosión, tanto más, cuando se ha perdido, por degradación y pérdida de ecosistemas naturales, una parte importante de la capacidad natural de suministrar este servicio.

La Consejería de Medio Ambiente realiza un seguimiento anual de los factores que intervienen en la evolución de la erosión de los suelos, elaborando a partir de éstos un indicador ambiental de carácter anual que refleja su incidencia espacio-temporal para la totalidad del territorio. En el área mediterránea se calcula una pérdida de entre 20 y 40 toneladas de suelo por hectárea, e incluso hasta 100 toneladas dependiendo de la intensidad de las tormentas y el viento. En Andalucía el 70% de los suelos agrícolas está catalogado con un riesgo medio-alto de erosión (Consejería de Medio Ambiente, REDIAM). En relación con la mejora de este servicio es importante el empleo de especies autóctonas, adaptadas a condiciones de aridez, en la planificación forestal sobre estos ecosistemas.

Formación y fertilidad del suelo. El mantenimiento de la humedad y la capacidad catiónica del suelo está empeorando como consecuencia de los procesos de erosión y desertificación. La formación del suelo depende de una serie de factores, como la roca madre, el clima, la vegetación, la forma del relieve, el paso del tiempo y la acción del hombre con sus actividades. En los ecosistemas áridos, en la entrada de materia orgánica y otros nutrientes adquieren una especial relevancia no sólo las especies vegetales, sino también los líquenes (Chamizo et al. 2012). Por ejemplo, la estructura en mosaico del espartal tiene una gran importancia en la distribución del sedimento, favoreciendo la acumulación de hojarasca y sedimento (Puigdefábregas y Sánchez, 1996). Además, tienen lugar mecanismos singulares mediante los que la vegetación favorece la presencia de islas de fertilidad induciendo cambios en el sustrato y en el microclima. Esta cuestión es de gran importancia en medios en los que el suelo tiene baja fertilidad y las condiciones climáticas son extremas como es el caso del sureste árido andaluz.

Regulación de las perturbaciones naturales. Considerando la interacción entre los diferentes impulsores de cambio, la amortiguación de perturbaciones naturales, fundamentalmente ligadas al clima, muestra una tendencia mixta. La diversidad de especies representa una característica que disminuye el riesgo de incendio forestal. Este hecho debería ser reconocido como una opción a incorporar en la planificación para la minimización de incendios.

Control biológico. La capacidad de regulación de plagas y vectores patógenos de humanos, cosechas y ganado muestra una tendencia mixta. El control biológico permite la regulación "natural" de poblaciones en los ecosistemas, y su aplicación se convirtió en uno de los métodos más antiguos en la protección de los cultivos. En la actualidad existe un creciente interés por el control biológico como forma de control de plagas, debido a la ineficiencia y poca especificidad de muchos de los plaguicidas inorgánicos, la aparición de resistencias, y sobre todo a la preocupación creciente de la sociedad por el respeto al medio ambiente, y la seguridad y salud de productores y consumidores. Si bien se ha producido un descenso en los cultivos tradicionales, en relación con el control biológico que requieren los cultivos bajo plástico, los ecosistemas naturales representan la genoteca en la que encontrar nuevos organismos de control. Según el modo de interacción con la plaga, los organismos de control biológico se clasifican en depredadores, parasitoides y entomopatógenos (Tabla 9). Entre los depredadores, que capturan y se alimentan de especies plaga, se incluyen algunos ácaros e insectos (dípteros, chinches y mariquitas entre otros) fundamentalmente. Los parasitoides, insectos que desarrollan parte de su ciclo en el interior o exterior del insecto plaga, al que mata lentamente, y los entomopatógenos, microorganismos (hongo, bacteria, virus) que infectan y producen una enfermedad en la especie plaga.

Tabla 9a. Organismos de control biológico que actúan sobre especies plaga localizadas en la provincia de Almería. Elaborado a partir de Navarro et al. 2006

GRUPO		ORDEN	FAMILIA	ESPECIE		
Depredadores	Ácaros	Ácaros Parasitiformes	Phytoseiidae	<i>Amblyseius cucumeris</i> (Oudemans) <i>Amblyseius californicus</i> (McGregor) <i>Amblyseius barkeri</i> (Hughes) <i>Amblyseius degenerans</i> (Berlese) <i>Phytoseiulus permisilis</i> (Athias-Henriot)		
			Laepidae	<i>Hypoaspis miles</i> (Berlese)		
	Insectos	Heteroptera	Miridae	<i>Macrolophus caliginosus</i> (Warner) <i>Cyrtopeltis tenuis</i> Reuter		
			Pentatomidae	<i>Podisus maculiventris</i> (Say)		
			Anthocoridae	<i>Orius albidipennis</i> Reuter <i>Orius laevigatus</i> (Fieber)		
		Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)		
		Coleoptera	Coccinellidae		<i>Adalia bipunctata</i> Linneo <i>Coccinella septempunctata</i> Linneo <i>Harmonia axyridis</i> (Pallas) <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> (Mulsant) <i>Rodolia cardinalis</i> (Mulsant)	
				Diptera	Cecidomyiidae	<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondani) <i>Feltiella acarisuga</i> (Vallot)
	Parasitoides	Insectos	Hymenoptera	Muscidae	<i>Coenosia attenuata</i> Stein	
				Ichneumonidae	<i>Hyposoter didymator</i> (Thunberg)	
Braconidae					<i>Dacnusa sibirica</i> Telenga <i>Cotesia plutella</i> (Kordjumov) <i>Opius pallipes</i> Wesmael <i>Opius concolor</i> Szepliget	
				Aphidiidae		<i>Aphidius colemani</i> (Haliday) <i>Aphidius ervi</i> (Haliday) <i>Aphidius matricariae</i> Haliday <i>Lysiphlebus testaceipes</i> Cresson <i>Trioxys angelicae</i> Haliday <i>Chrysonotomyia formosa</i> Westwood <i>Cirrospilus vittatus</i> Walker <i>Diglyphus chabrias</i> Walter <i>Diglyphus poppoea</i> Walker
					Eulophidae	<i>Diglyphus isaea</i> (Walker)
Aphelinidae						<i>Eretmocerus mundus</i> Mercet <i>Eretmocerus eremicus</i> Rosa & Zolnerowich <i>Encarsia formosa</i> (Gaham) <i>Encarsia lutea</i> Masi <i>Aphelinus abdominalis</i> (Dalman)
					Trichogrammatidae	<i>Trichogramma evanescens</i> (Westwood)
					Encyrtidae	<i>Leptomastix dactylopii</i> (Howard)
Eucilidae				<i>Kleidotoma</i> sp.		

Tabla 9b. Organismos de control biológico que actúan sobre especies plaga localizadas en la provincia de Almería (continuación). Elaborado a partir de Navarro et al. 2006

ESPECIE (control biológico)	PLAGA		
	Grupo	Especie	Nombre común
<i>Amblyseius californicus</i> (McGregor)	Ácaros	<i>Tetranychus urticae</i> Koch	Araña roja de los frutales
<i>Phytoseiulus permisilis</i> (Athias-Henriot)		<i>Tetranychus evansi</i> (Baker y Pritchard)	Araña rola del tomate
<i>Feltiella acaesuga</i> (Vallot)		<i>Tetranychus turkestanii</i> Ugarov y Nikolski	Araña roja (turkestanii)
		<i>Tetranychus ludeni</i> Zacher	Araña roja (ludeni)
<i>Rodolia cardinalis</i> (Mulsant)	Cochinillas	<i>Icerya purchasi</i> Maskell	Cochinilla acanalada
<i>Cryptolaemus mountrouzieri</i> (Mulsant)		<i>Planococcoccus citri</i> (Risso)	Cotonet
<i>Leptomastix dactylopii</i> (Howard)			
<i>Coenosia attenuata</i> Stein	Minadores de hoja	<i>Liriomyza trifolii</i> (Burgess)	Minador americano de hojas
<i>Diglyphus chabrias</i> Walker		<i>Liriomyza stngata</i> (Meigen)	Minador de hojas de hortalizas
<i>Diglyphus isaea</i> (Walker)		<i>Liriomyza huidobrensis</i> (Blanchard)	Minador de hojas de hortalizas
<i>Diglyphus poppoea</i> Walker		<i>Liriomyza bryoniae</i> (Kaltenbach)	Minador sudamericano de hojas
<i>Kleidotoma</i> sp.			
<i>Opius pallipes</i> Wesmael			
<i>Chrysonotomyia formosa</i> Westwood			
<i>Cirrospilus vittatus</i> Walker			
<i>Coenosia attenuata</i> Stein	Moscas blancas		
<i>Cyrtopeltis tenuis</i> Reuter			
<i>Encarsia formosa</i> (Gahan)			
<i>Encarsia lutea</i> Masi		<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood)	Mosca blanca de los Invernaderos
<i>Eretmocerus eremicus</i> Rose y Zolnerowich			
<i>Vertillium lecanii</i>			
<i>Macrolophus caliginosus</i> (Warner)			
<i>Coenosia attenuata</i> Stein			
<i>Cyrtopeltis tenuis</i> Reuter			
<i>Encarsia lutea</i> Masi			
<i>Encarsia transversa</i>		<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	Masca blanca del tabaco
<i>Eretmocerus eremicus</i> Rase y Zolnerowich			
<i>Eretmocerus mundus</i> Mercet			
<i>Macrolophus caliginosus</i> (Warner)			
<i>Vertillium lecanii</i>			
<i>Hypoaspis miles</i> (Berlese)	Moscas		Mosca esciárida
<i>Steinernema feltiae</i>			
<i>Opius concolor</i> Szepilgeti		<i>Bactrocera oleae</i> (Gmelin)	Mosca del olivo
<i>Cotesia plulefa</i> (Kordjumov)			
<i>Podisus maculiventris</i> (Say)		<i>Chrysodeixis chalotes</i> (Esper)	Plusia o medidor
<i>Trichogramma evanescens</i> Westwood	Orugas		
<i>Podisus maculiventris</i> (Say)		<i>Helicoverpa armigera</i> (Hubner)	Heliotis del tomate
<i>Podisus maculiventris</i> (Say)		<i>Heliothis peltigera</i> Denis y Schiffermüller	Heliotis
<i>Trichogramma evanescens</i> Westwood		<i>Autographa gamma</i> (L.)	Plusia gamma
<i>Podisus maculiventris</i> (Say)		<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval)	Rosquilla negra
<i>Podisus maculiventris</i> (Say)			
<i>Hyposoter didymator</i> (Thunberg)		<i>Spodoptera exigua</i> (Hubner)	Rosquilla verde
(VPNSe)			
<i>Podisus maculiventris</i> (Say)			

Tabla 9c. Organismos de control biológico que actúan sobre especies plaga localizadas en la provincia de Almería (continuación). Elaborado a partir de Navarro et al. 2006

ESPECIE (control biológico)	PLAGA		
	Grupo	Especie	Nombre común
<i>Adalia bipunctata</i> Lance	Pulgones	<i>Aphis gossypii</i> Glover	Pulgón del algodónero
<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondan)			
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)			
<i>Coccinella septempunctata</i> Linneo			
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)			
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> Cresson			
<i>Trioxys angelicae</i> Haliday			
<i>Verticillium lecanü</i>			
<i>Adalia bipunctata</i> Lance			
<i>Aphidius colemani</i> (Hallday)			
<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondani)			
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)			
<i>Coccinella septempunctata</i> Linneo			
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)			
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> Cresson			
<i>Verticillium lecanü</i>			
<i>Adalia bipunctata</i> Lance			
<i>Aphidius colemani</i> (Hallday)			
<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondan!)	Pulgones	<i>Aphis craccivora</i> Koch	Pulgón negro de las leguminosas
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)			
<i>Coccinella septempunctata</i> Linneo			
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)			
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> Cresson			
<i>Trioxys angelicae</i> Haliday			
<i>Adalia bipunctata</i> Lance			
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)			
<i>Coccinella septempunctata</i> Linneo			
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)			
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> Cresson			
<i>Adalia bipunctata</i> Lance			
<i>Aphidius colemani</i> (Hallday)			
<i>Aphidius matricariae</i> Haliday			
<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondan!)			
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)			
<i>Coccinella septempunctata</i> Linneo			
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)			
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> Cresson	Pulgones	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer)	Pulgón verde del melocotonero
<i>Trioxys angelicae</i> Hallday			
<i>Adalia bipunctata</i> Lance			
<i>Aphidius ervi</i> (Hajj day)			
<i>Aphelinus abdominalis</i> (Dalman)			
<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondan!)			
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)			
<i>Coccinella septempunctata</i> Linneo			
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)			
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> Cresson			
<i>Verticillium lecanü</i>			

Tabla 9d. Organismos de control biológico que actúan sobre especies plaga localizadas en la provincia de Almería (continuación). Elaborado a partir de Navarro et al. 2006

ESPECIE (control biológico)	PLAGA		
	Grupo	Especie	Nombre común
<i>Adalia bipunctata</i> Lance			
<i>Aphidius ervi</i> (Hallday)			
<i>Aphelinus abdominalis</i> (Dalman)			
<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondani)			
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)		<i>Aulacorthum solani</i> (Kaltenbach)	Pulgón de la digital
<i>Coccinella septempunctata</i> Linneo			
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)			
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> Cresson			
<i>Verticillium lecanii</i>			
<i>Adalia bipunctata</i> Lance			
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)	Pulgones	<i>Brachycaudus amygdalinus</i> (Schouteden)	Pulgón oscuro del almendro
<i>Coccinella septempunctata</i> Linneo			
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)			
<i>Adalia bipunctata</i> Lance			
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)		<i>Pterochloroides persicae</i> (Cholodkovski)	Pulgón de las ramas
<i>Coccinella septempunctata</i> Linneo			
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)			
<i>Adalia bipunctata</i> Lance			
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)			
<i>Coccinella septempunctata</i> Linneo		<i>Toxoptera aurantii</i> (Rey.)	Pulgón negro de los cítricos
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)			
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> Cresson			
<i>Amblyseius barkeri</i> (Hughes)			
<i>Amblyseius cucumeris</i> (Oudemans)			
<i>Amblyseius degenerans</i> (Berlese)			
<i>Hypoaspis miles</i> (Berlese)	Trips	<i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande)	Trips de las flores
<i>Orius albidipennis</i> Reuter			
<i>Orius laevigatus</i> (Fieber)			
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)			

Polinización. La pérdida progresiva de biodiversidad está favoreciendo la tendencia a empeorar el servicio de polinización de los ecosistemas áridos en Andalucía. Ya se ha comentado con anterioridad el descenso de las poblaciones de abejas, cuya actividad contribuye a la polinización de los cultivos. A pesar de ello, cabe destacar que una de las innovaciones tecnológicas que se han incorporado a los cultivos forzados, es la cría controlada de organismos polinizadores para aumentar la productividad de los cultivos. Esta práctica se empezó a llevar a cabo en los años ochenta del siglo XX, cuando se descubrió que los abejorros obreros (*Bombus terrestris*) son unos estupendos polinizadores del tomate. En la actualidad, la rápida implantación del control integrado de plagas está significando un gran cambio, situando a la hortofruticultura almeriense como un referente en el área mediterránea. Se espera que esta tendencia signifique un gran impulso en la investigación de la fauna auxiliar autóctona (Beltrán, et al. 2010). Se ha propuesto que una forma de aumentar la eficiencia de estos polinizadores sea a través del uso de márgenes y setos que favorezcan su desarrollo y permitan su movilidad y dispersión.

5.3. Servicios culturales

Conocimiento científico. Los niveles de conocimiento que se están adquiriendo a través de la investigación en los ecosistemas áridos o en la biodiversidad que albergan están aumentando. Cada vez es mayor el conocimiento científico sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas áridos andaluces. Estos ecosistemas han sido adoptados en diferentes ocasiones como laboratorios naturales de investigación. Un ejemplo de esto fue el programa MEDALUS (Mediterranean Desertification And Land Use), que consideró el Desierto de Tabernas como una de las nueve áreas piloto europeas asociadas al proyecto. Por otro lado, la relevancia de los conocimientos que se han generado a partir de la investigación en estos ecosistemas se ha puesto de manifiesto en la reciente dedicación de un volumen monográfico de la revista *Journal of Arid Environment* a las zonas áridas del Sureste Ibérico (Figura 12).



Figura 12. Monográfico sobre el Sureste ibérico editado por la revista *Journal of Arid Environments*.

Conocimiento ecológico local. El abandono de las actividades tradicionales está provocando que el conjunto de saberes al que se llega a través de la práctica y la experiencia que se transmiten generacionalmente esté desapareciendo. Las poblaciones rurales del sureste árido andaluz conservan en su memoria un rico elenco de muchos servicios que proporcionan los ecosistemas del territorio que habitan, un legado cultural que constituye el sello de identidad de pequeñas poblaciones rurales y que de no tomar medidas adecuadas se perderá por envejecimiento general de la población rural. Un aspecto en el que conocimiento local ha sido particularmente útil, ha sido en el empleo y diseño de técnicas tradicionales para el uso del agua como son por ejemplo el uso característico de acequias o aljibes para canalizar y gestionar el agua. Este tipo de infraestructuras y unas prácticas de riego adecuadas han representado durante siglos la forma de adaptarse a la escasa disponibilidad de agua y a su variabilidad interanual e intraanual en estos territorios. Su uso, además, reduce la erosión por escorrentía y optimiza la recarga de acuíferos (MA 2005b) (Figura 13).

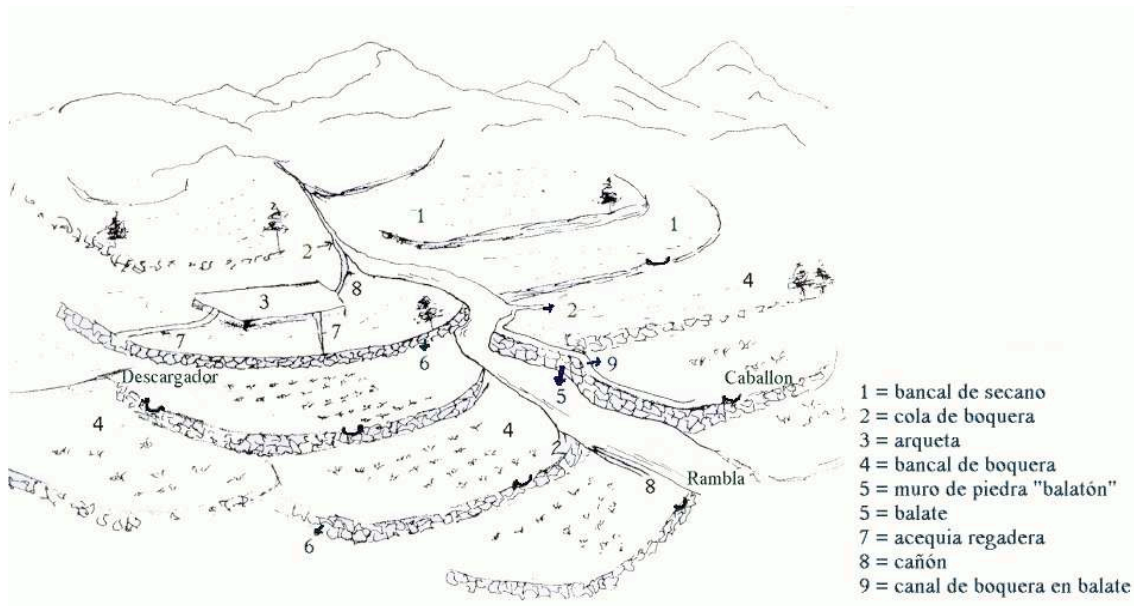


Figura 13. Riego por Boqueras en el agroecosistema de secano (Azócar de Blugass, 1996). La boqueras son grandes acequias de tierra abiertas, que nacen aguas arriba en los ríos o ramblas, abriéndose a ellos mediante una boca de obra (de ahí su nombre), atravesaban los campos de cultivo, derivando en ramales llamados brazales y, a su vez, en acequias de menor tamaño, que repartían el agua a las distintas fincas.

El conocimiento local también permitió la construcción de viviendas cueva en las áreas margosas, alcanzando su máximo en los municipios de Rioja y Gádor. Su bajo coste, su isoterminia y la posibilidad de ampliación de acuerdo con las necesidades familiares fueron claves para el mantenimiento del bienestar humano en estos ecosistemas (Ruiz y Muñoz 2010).

Cada actividad relacionada con los servicios que proporcionaban los ecosistemas de zonas áridas, ha generado una riqueza lingüística en forma de vocablos, dichos o refranes que difícilmente se puede recoger de forma sintética como por ejemplo “agua que no has de beber déjala correr” o “agua de mayo, pan para todo el año”.

Identidad cultural y sentido de pertenencia. El sentimiento patrimonial de ecosistemas silvestres y culturales (asociados a las propias interacciones y conocimientos humanos) se está consolidando, incluso en gran parte de la población urbana, que tiene como referente las costumbres de los pueblos de origen. Hoy día existe un gran interés por parte de la población urbana por mantener y recuperar eventos festivos y bailes populares. Cada pueblo tiene sus tradiciones expresadas, entre otras manifestaciones, en fiestas y bailes propios, y en la gastronomía, ello está provocando el incremento de asociaciones con fines culturales y ambientales como por ejemplo las asociaciones Amigos del Parque (PN Cabo de Gata-Níjar), Los Moralicos de Turre, Asociación de Amigos de Sorbas (Imagen 7).

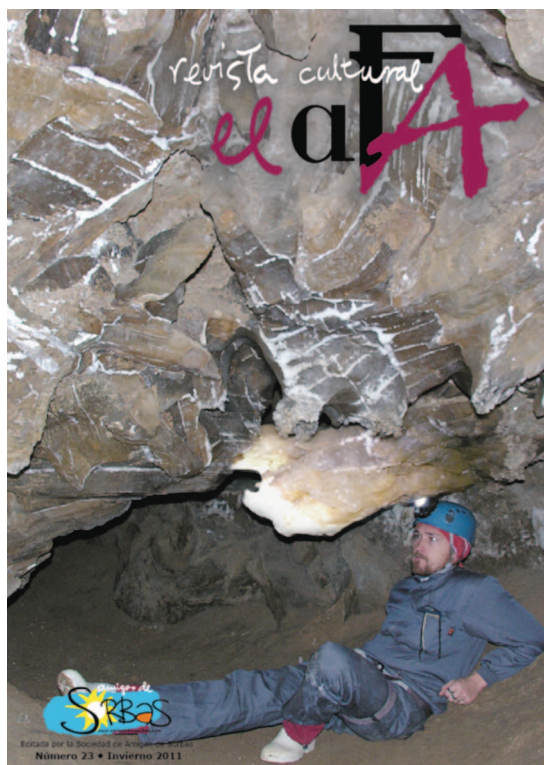


Imagen 7. Portada de la revista cultural el aFA que edita la Asociación de Amigos de Sorbas, el municipio al que pertenece el subtipo de aljezar más extenso del Sureste Árido. Esta revista es una clara manifestación del sentimiento de identidad cultural de los habitantes de Sorbas, y en ella se incluyen todo tipo de aspectos culturales y medioambientales. En este número se dedica un artículo a la minería romana del yeso en los aljezares de Andalucía.

Disfrute espiritual y religioso. El uso del paisaje y sus elementos como escenarios en los que celebrar las creencias religiosas muestra una tendencia mixta. Los habitantes vinculados a los ecosistemas de zonas áridas han desarrollado profundos valores espirituales que se manifiestan en ritos, creencias, y cultos religiosos que se expresa en festejos, lugares, refranes. Los usuarios de estos ecoservicios son generalmente poblaciones rurales pequeñas, pero también poblaciones urbanas, como ocurre en la romería de Torregarcía.

Paisaje-Servicio estético. La apreciación de lugares, sitios, comarcas que generan satisfacción y placidez por su estética o inspiración creativa o espiritual, es uno de los servicios que más está mejorando. La diversidad de paisajes propicia la provisión de este servicio, desde los paisajes volcánicos y de acantilados costeros del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar, hasta los bad-lands del Desierto de Tabernas (Imagen 8), tienen una inusual belleza (Mota et al. 2004). Estos dos espacios vienen siendo usados desde los años 60 como escenarios para la filmación de películas y spots publicitarios.



Imagen 8. Paisaje de rambla y badlands del Desierto de Tabernas. Foto: Javier Cabello

Actividades recreativas y ecoturismo. En los ecosistemas de zonas áridas, el desarrollo de actividades de ocio y esparcimiento por la población urbana representa uno de los servicios culturales más demandados actualmente. La mejora en este servicio se debe al valor que la población otorga a los espacios protegidos, y a la identificación de éstos con la celebración de actividades al aire libre satisfactorias. La respuesta de la administración andaluza para canalizar la demanda urbana de actividades de ocio y recreativas ha supuesto un importante esfuerzo en el desarrollo y mantenimiento de equipamientos y servicios de uso público. Los ecosistemas áridos se están consolidando como un escenario para la celebración de actividades lúdicas y deportes al aire libre que proporcionan salud y relajación.

Existen múltiples ejemplos de usos recreativos que incluyen a la caza, la pesca, la recolección de animales para distintos usos (p.e. peces, reptiles, aves, mamíferos), o la producción de plantas para jardines. El interés por la caza de la población andaluza y la relación de esta actividad con la conservación de la biodiversidad dio lugar a una actualización de la legislación en la que se reúnen ambos aspectos (Ley 8/2003).

Educación ambiental. El conocimiento y la valoración social sobre el funcionamiento de los procesos ecológicos y su función social está mejorando. Esta mejoría se refleja en el avance en las últimas décadas en la gestión de los servicios culturales de los ecosistemas a través del aumento experimentado en equipamientos destinados a educación ambiental y turismo científico.

5.4. Tendencias generales

El resumen de la importancia de los servicios y sus tendencias se muestran en la tabla 10. Los ecosistemas áridos tienen importancia alta por sus servicios culturales para el conocimiento local (manejo tradicional del agua) y el disfrute estético de sus paisajes. Además cuentan con una serie de servicios de importancia medio-alta, cinco de ellos son servicios de abastecimiento, entre los que destaca la alimentación tecnificada y las energías renovables; seis son de regulación, como los vinculados a la dinámica del agua, el control de la erosión y la polinización; finalmente entre los culturales también destaca por su importancia el fomento de la identidad cultural y el sentimiento de pertenencia y la educación ambiental.

La tendencia de la mayor parte de los servicios proporcionados por los ecosistemas áridos en las últimas décadas ha sido hacia un descenso, como ha ocurrido especialmente con el de abastecimiento de agua, o a su estabilización. Este descenso está asociado principalmente a los cambios de uso del suelo y la sobreexplotación del capital natural a la que han sido y están siendo sometidos estos ecosistemas. Cabe destacar, no obstante, que algunos servicios han mostrado tendencias a aumentar, como los de abastecimiento de energías renovables y alimentación tecnificada, y especialmente los culturales de identidad cultural y sentido de pertenencia, conocimiento científico, ecoturismo y educación ambiental. El aumento de éstos últimos ponen de manifiesto la vinculación de las persona al territorio y el potencial que estos ecosistemas encierran para el bienestar humano.

Tabla 10.- Evaluación global del estado de los servicios que proporcionan los ecosistemas áridos de Andalucía.

Tipo de servicio	Servicios	Ejemplos y Evolución	
ABASTECIMIENTO	Alimentación	Tradicional: Agricultura, ganadería, apicultura, alimentos silvestres	↓
		Tecnificada: Cultivos agrícolas intensivos o forzados	↑
	Agua	Agua subterránea para uso humano, agrícola e industrial.	↓
	Materias primas de origen biológico	Especies vegetales utilizadas en la industria y la artesanía	↓
	Energía renovable	Energía eólica y solar	↗
	Acervo genético	Razas ganaderas autóctonas y variedades locales	↓
	Medicinas naturales y principios activos	Tisanas, aceites varios, ácidos vegetales, alcaloides, etc.	↘
REGULACION	Regulación climática	Captura y almacenamiento de carbono	↔
	Regulación calidad aire	Retención de contaminantes por vegetales y la biodiversidad del suelo.	↔
	Regulación hídrica	Dosel vegetal y suelos permeables que facilitan la recarga de acuíferos	↘
	Regulación morfo-sedimentaria.	Limitación de deslizamientos y erosión de laderas	↘
	Formación y fertilidad del suelo	Ralentización del ciclo de nutrientes, disponibilidad de materia orgánica y humus.	↘
	Amortiguación de perturbaciones	Adaptaciones al fuego en la vegetación mediterránea	↔
	Control biológico	Organismos de control biológico que actúan sobre especies plaga	↔
	Polinización	Insectos polinizadores de cultivos. Incluye también especies de interés para la comercialización	↔
CULTURALES	Conocimiento científico	Investigación y formación	↑
	Conocimiento ecológico local	Uso tradicional del agua	↓
	Identidad cultural y sentido de pertenencia	Asociaciones locales para la recuperación de la cultura	↗
	Valor religioso y espiritual	Lugares de culto ubicados en la naturaleza	↔
	Paisaje – disfrute estético	Servicios de interpretación ambiental	↗
	Actividades recreativas - ecoturismo	Deportes de naturaleza	↑
	Educación ambiental	Aulas de la naturaleza, centros de interpretación, equipamientos para turismo científico	↑

Importancia	
	Alta
	Medio-Alta
	Medio-Baja
	Baja

Tendencia	
↑	Aumenta
↗	Tendencia a aumentar
↔	Tendencia mixta
↘	Tendencia a disminuir
↓	Disminuye

6. IMPULSORES DE CAMBIO DE LOS ECOSISTEMAS ÁRIDOS DE ANDALUCÍA

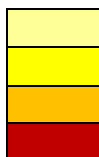
Los cambios recientes (últimos 50 años) ocurridos en los ecosistemas áridos y en consecuencia en su capacidad de proveer servicios han sido inducidos por impulsores directos e indirectos. Entre los impulsores directos (tabla 11) el principal ha sido el cambio en la gestión y uso del suelo (fragmentación y destrucción de ecosistemas), aunque también ha sido importante el cambio climático y la sobreexplotación.

Tabla 11. Intensidad y tendencias de los impulsores de cambio en ecosistemas áridos.

UNIDADES OPERATIVAS DE ECOSISTEMAS	IMPULSORES DIRECTOS					
	Cambios de usos de suelo	Cambio climático	Contaminación	Especies invasoras	Cambio en los ciclos biogeoquímicos	Sobre-explotación
ZONAS ÁRIDAS	↗	↗	↔	↔	↔	↔

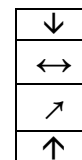
Intensidad de los impulsores directos del cambio

Bajo
Moderado
Alto
Muy alto



Tendencias actuales de los impulsores directos del cambio

Disminuye el impacto
Continúa el impacto
Aumenta el impacto
Aumenta muy rápido el impacto



6.1. Cambios de uso del suelo

Los ecosistemas áridos andaluces se han visto sometidos a fuertes transformaciones en el uso del suelo, lo que representa un fuerte impacto sobre todos los servicios de los ecosistemas. Las condiciones ambientales en las que se desarrollan los ecosistemas áridos, han representado tradicionalmente un obstáculo para el desarrollo humano. Sin embargo, en ciertos momentos de la historia, la participación en redes económicas mundiales ha permitido al Sureste árido andaluz superar estas limitaciones ambientales y beneficiarse incluso de ellas. Tal desarrollo ha sido posible a partir de un alto coste ambiental y de una enorme presión sobre los servicios de los ecosistemas (Sánchez Picón et al. 2011). La última gran transformación ha sido la correspondiente a la implantación de la agricultura intensiva de invernadero a partir de los años 80 (Imagen 9), que ha llevado a la polarización geográfica de los cambios de uso del suelo en Andalucía oriental, incrementando la presión de este impulsor de cambio en las áreas costeras, frente al abandono agrícola en las zonas de montaña (Piquer et al. 2012).

El desarrollo de la agricultura intensiva se ha traducido en una intensa transformación de las áreas costeras, que inicialmente ocupaban suelos de vocación agrícola, y que posteriormente han sido desplazados hacia tierras marginales debido a los procesos de urbanización. Ello ha sido posible gracias a que la tecnología ha permitido la separación de los ciclos de producción de los ciclos naturales (Cuadro 2), resultando en una pérdida de saberes asociados a la agricultura mediterránea tradicional, que prácticamente han desaparecido hoy en día.

A nivel local, las consecuencias de este modelo agrícola han sido dramáticas para el capital natural, habiéndose producido una pérdida de biodiversidad y de los ecosistemas (Mota et. al. 1996), una transformación completa del paisaje, la sobreexplotación de los acuíferos, y el sellado de los suelos, que han perdido su función. Además, coloca al sistema en una espiral de inestabilidad, cuya expansión requiere nuevas tierras de regadío que se ven contaminadas por el uso de pesticidas y fertilizantes, y la explotación de los acuíferos.

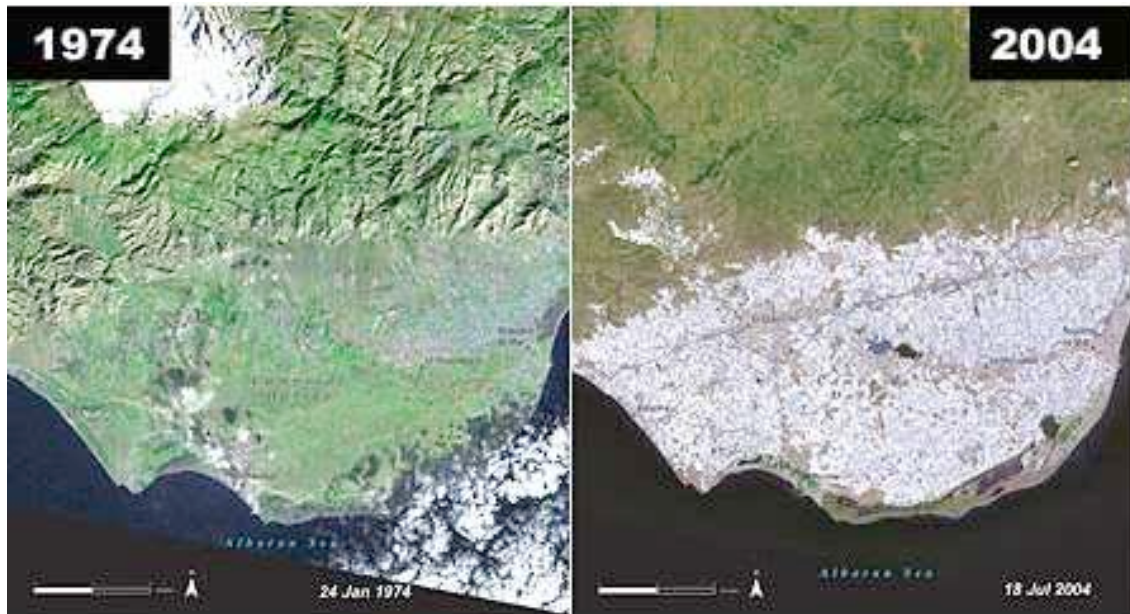


Imagen 9. El desarrollo de la agricultura intensiva de invernadero en el Poniente almeriense (Campo de Dalías, Almería) ha representado la total transformación de algunos territorios de los ecosistemas áridos de Andalucía. Las imágenes de satélite muestran este rápido desarrollo. Fuente: PNUMA, Programa de las Naciones Unidas, 2005. Un planeta, mucha gente. Atlas de nuestro cambiante medio ambiente. Del PNUMA en Nairobi.

Frente al modelo de desarrollo de las áreas costeras de la provincia de Almería, los ecosistemas áridos de interior permanecen menos afectados por los cambios de uso del suelo, aunque la disponibilidad de agua de trasvases y las mejoras tecnológicas, están permitiendo la transformación en áreas muy puntuales que comienzan a alterar la matriz del territorio.

Cuadro 2. Los cambios de uso del suelo modifican el patrón espacial del funcionamiento de los ecosistemas, y lo desacoplan de los controles biofísicos regionales como el clima

Las principales consecuencias de los cambios en los usos del suelo son una modificación profunda de la estructura y funcionamiento de la vegetación, dando lugar a la alteración del balance hídrico y de energía, y de los ciclos biogeoquímicos, así como de la dinámica y funcionamiento ecológico de los ecosistemas. El uso antrópico del territorio no sólo modifica el funcionamiento de los ecosistemas sino que también afecta a su patrón espacial, desacoplándolo de los controles biofísicos que operan a escala regional, entre los que se incluyen los climáticos (Figura 14). Tal desacoplamiento ha sido puesto de manifiesto en el SE Ibérico por Liras y col. (2008) a través de herramientas de ecología espacial y de teledetección. En ese estudio se muestra cómo la vegetación natural muestra un patrón de autocorrelación espacial similar para variables descriptoras del funcionamiento del ecosistema (NDVI) y para las variables climáticas (precipitación y temperatura), mientras que los usos agrícolas mostraron patrones de funcionamiento más locales, y significativamente distintos al del control climático regional. En esos casos, dado que la cobertura del suelo representa un forzamiento para las condiciones climáticas regionales, el desacoplamiento entre el funcionamiento del ecosistema y el clima regional producido por los usos antrópicos del suelo debe ser estudiado en profundidad, como base del conocimiento que permita estimar las repercusiones que los cambios de uso del suelo pueden tener sobre el cambio climático regional.

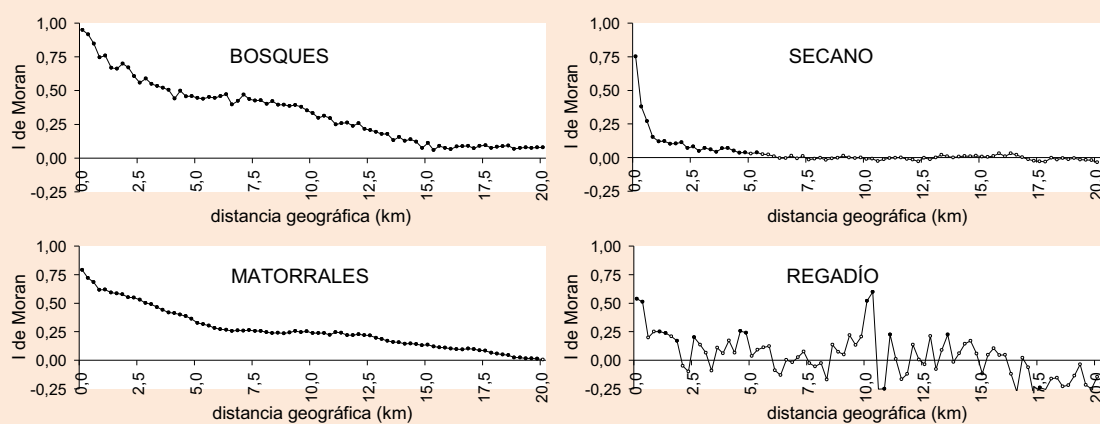


Figura 14. Valores de autocorrelación espacial (I de Moran) de variables relacionadas con el funcionamiento de los ecosistemas a lo largo de las distancias geográficas en el SE Ibérico. Se observa como en el secano, pero especialmente en el regadío, el funcionamiento del ecosistema muestra un patrón muy variable, lo que pone de manifiesto su independencia del clima regional. Esta variabilidad en el funcionamiento de los ecosistemas dificulta el movimiento de las especies y reduce, por tanto, la conectividad. Tomado de Liras et al. (2008).

6.2. Cambio climático

El cambio climático representa el segundo impulsor de cambio más importante sobre los ecosistemas áridos andaluces, afectando al 81% de los servicios. Desde el punto de vista del cambio climático, los ecosistemas áridos son considerados como una de las áreas más sensibles de todo el planeta (e.g. Bazzaz et al. 1998, Huxman y Smith 2001).

Sin embargo, existe una importante incertidumbre asociada a las posibles respuestas de estos ecosistemas frente a los cambios en temperatura y precipitación a nivel regional y local (Lioubimtseva et al. 2005). Esa incertidumbre se vincula a las condiciones y tendencias climáticas propias de cada territorio, a la complejidad de las interacciones clima-vegetación y a la interacción del cambio climático con otros impulsores de cambio global.

En los ecosistemas áridos andaluces, la respuesta de la vegetación frente al cambio climático depende de los factores que alteran la disponibilidad de agua. Aunque el principal responsable de esta alteración son los cambios en la precipitación (tanto en magnitud como en distribución a lo largo del año), su interacción con los cambios en la evapotranspiración, así como con los factores abióticos que determinan la cantidad de agua en el suelo, ejercen un control determinante sobre dicha respuesta (Cabello et al. 2012).

En el Sureste árido la recurrencia de etapas o fases de sequía ha aumentado desde principios del siglo XVII, mientras que la frecuencia de fases continuas más húmedas han disminuido en relación al número de fases con marcada variabilidad anual (Machado et al. 2011). Por otro lado, se ha producido un cambio en la estacionalidad de la precipitación desde máximos de otoño hacia máximos de invierno desde principios de 1990. Por lo que respecta a la temperatura se observa un aumento del orden de 0.5°C/100 años en otoño, invierno y primavera, aunque no en verano durante el periodo 1873-1989 (Kutiel y Maheras, 1998).

En cualquier caso, cabe esperar que tanto el aumento de la temperatura (lo que implica un aumento de la evapotranspiración), como el descenso en la precipitación, cambios que indican las predicciones de cambio climático para la cuenca Mediterránea modificarán el ciclo hidrológico, y en consecuencia un gran número de servicios de los ecosistemas se verán afectados.

6.3. Contaminación

Las transformaciones agrícolas, y la urbanización han llevado a un incremento de contaminantes que afectan directamente a los cuerpos de agua superficiales y subterráneas, y por contaminación difusa también a los suelos y a la vegetación de los ecosistemas terrestres del sureste árido. El 18 % de los servicios que prestan los ecosistemas áridos andaluces se ven afectados por este impulsor de cambio. La contaminación es uno de los impulsores de cambio peor conocidos, y la cuantificación de sus impactos representa una línea de investigación activa.

6.4. Especies invasoras

Las tasas de invasión observadas y los análisis de riesgo realizados (Salinas et al. 2012) sugieren que el 36% de los servicios de los ecosistemas áridos andaluces están siendo afectados por este impulsor. Se considera que los ambientes áridos, por la reducida disponibilidad de agua y el régimen esporádico de ésta, serían más resistentes a la invasión biológica. Sin embargo, la interacción de este impulsor con los cambios de uso del suelo y el cambio climático están cambiando esta resistencia natural, y propician la entrada de nuevas especies invasoras. En general, los ecosistemas de la región Mediterránea presentan un menor nivel de invasión que los de la Europa templada,

aunque muestran altos niveles de invasión a lo largo de su línea de costa, propiciado por las grandes zonas urbanas y el desarrollo de sistemas agrícolas intensivos (Chytry et al. 2009). Los bajos niveles de invasión de la cuenca Mediterránea contrastan con los altos niveles de invasión de otras zonas mediterráneas del mundo, tales como California (Stohlgren et al., 2006). Esta diferencia dentro del mismo bioma podría deberse a la larga historia de presencia humana y a las invasiones prehistóricas que la cuenca Mediterránea ha sufrido, lo que hace que sus ecosistemas sean relativamente resistentes a las invasiones, y también debido al hecho de que la cuenca Mediterránea es más bien donadora que receptora de especies introducidas durante la colonización del Nuevo Mundo (di Castri, 1989). Sin embargo, los procesos de globalización, y las modificaciones tecnológicas que afectan a la agricultura y la jardinería pueden estar cambiando estos patrones, propiciando la entrada de especies invasoras en el sureste árido (Imagen 10).



Imagen 10. Pennisetum setaceum es una de las especies con mayor potencial de invasión que ha llegado al sureste árido de Andalucía (Salinas et al. 2011). Foto: Javier Cabello

6.5. Cambios en los ciclos biogeoquímicos

Más allá del impacto que los cambios globales en el ciclo del carbono tienen sobre el cambio climático, a través del efecto invernadero, a nivel regional el incremento en el uso de fertilizantes y los residuos de origen urbano, están contribuyendo a la modificación de los ciclos de N y P, y al aumento de los niveles de contaminantes atmosféricos, cuya disfunción está afectando a la provisión del 22% de los servicios de los ecosistemas áridos andaluces.

La alteración de estos ciclos puede percibirse en los humedales donde van a parar los productos de escorrentía, observándose en todos los analizados en el Sureste Árido niveles muy elevados de clorofila a y fósforo total (PT), que les confieren las categorías de estado trófico de eutróficos o hipertróficos (Tabla 12, Fenoy, 2011, <http://cambioglobal-efc.blogspot.com.es/>). Los valores medidos de PT y de nitrógeno total (NT) son especialmente elevados en los humedales de las desembocaduras de los ríos Antas y Aguas. Su situación como receptores finales de los vertidos de sus cuencas podrían sugerirse como responsables del estado de estos sistemas acuáticos (Consejería de Medio Ambiente, 2002). Estos humedales no sólo destacan a nivel regional, sino a escala de la comunidad autónoma (EGMASA, 2005).

Tabla 12. Valores medios en el periodo 2022-2010 de las variables empleadas para la categorización trófica de los humedales del sureste árido de Andalucía. En todos los casos los valores medios indican eutrofia o hipertrofia. Los ambientes salinos muestran valores más bajos debido, probablemente a su naturaleza salina. La Albufera Nueva, tradicionalmente menos productiva que su vecina, la Albufera Honda, presenta los valores más bajos.

Valores medios (2002 - 2010)	Desembocadura RÍO ANTAS	Desembocadura RÍO AGUAS	ALBUFERA HONDA	ALBUFERA NUEVA	SALINAS DE GUARDIAS VIEJAS	CHARCONES DE PUNTA ENTINAS	SALINAS DE LOS CERRILLOS	SALINAS DE CABO DE GATA
Clo. a (mg/m³)	280,390	45,514	261,221	22,516	3,275	9,690	20,807	9,823
DS* (Clo.a)	154,537	16,038	191,160	26,463	2,811	6,302	26,673	4,534
PT (mg/l)	2,282	3,042	0,384	0,171	0,084	0,257	0,090	0,055
DS (PT)	1,504	1,377	0,213	0,109	0,060	0,500	0,060	0,019
NT (mg/l)	10,368	18,267	5,677	3,995	15,081	6,256	5,495	1,107
DS (NT)	10,770	7,251	2,279	4,730	15,246	2,412	2,422	1,002
Secchi (m)	0,349	0,474	0,781	1,438	0,281	0,286	0,218	0,383
DS (Secchi)	0,066	0,199	0,417	0,612	0,104	0,074	0,088	0,155
TSI (Clo. A)	84,763	55,256	83,128	53,336	46,465	51,152	45,607	52,237
DS (TSI Clo.a)	5,189	4,076	7,016	15,364	4,653	6,674	21,533	4,507
TSI (PT)	109,586	114,943	87,916	74,590	61,783	67,475	67,598	60,169
DS (TSI PT)	18,261	18,253	8,523	13,142	18,023	20,893	10,596	5,959
TSI (Secchi)	75,405	71,866	64,835	51,156	79,041	74,074	77,055	70,140
DS (TSI Secchi)	3,056	6,730	6,648	4,890	5,937	2,939	4,131	4,318
TSI media	89,918	80,689	78,626	59,694	62,430	64,233	63,420	60,848
DS (TSI Media)	17,664	30,806	12,181	12,946	16,298	11,800	16,135	8,971

Abreviaturas: * DS: desviación estándar. Clo.a = Clorofila a; PT = fósforo total; NT = nitrógeno total; Secchi = profundidad de visión del disco de Secchi; TSI = Índice de Estado Trófico (Carlson, 1977), en sus siglas en inglés. Tomado de Fenoy, 2011 (<http://cambioglobal-efc.blogspot.com.es/>). Fuente de los datos: REDIAM.

6.6. Sobreexplotación

Los ecosistemas áridos de Andalucía resultan especialmente susceptibles a la sobreexplotación de sus servicios, lo que también representa un patrón global (MA 2005b). El impacto que ejerce este impulsor de cambio está focalizado en el 22% de los servicios de los ecosistemas, aquellos vinculados al ciclo del agua (abastecimiento de agua dulce y regulación hídrica) y la explotación de materiales geóticos. La sobreexplotación de estos servicios se debe al incremento en las últimas décadas de los

cambios en los usos del suelo, especialmente el incremento de la agricultura intensiva bajo plástico y las actividades turísticas de sol y playa (Mota et al. 1996, García-Latorre and Sánchez-Picón, 2001; Sanchez-Picón et al., 2011, Piquer et al. 2012), la actividad minera y la escasa regulación de la recolección de especies aromáticas.

7. ANÁLISIS DE COMPROMISOS (TRADE-OFFS) Y SINERGIAS

Los servicios de los ecosistemas se relacionan a través de un balance de compromisos, ya que el aumento en el suministro y uso de uno de ellos puede promover la degradación de otros. El conocimiento de estas relaciones, así como de las sinergias entre servicios, es esencial para asegurar que la toma de decisiones sea efectiva en términos de asegurar un flujo variado de servicios que satisfaga el bienestar humano a largo plazo.

De manera general, la gestión del territorio que tiende a maximizar los servicios de abastecimiento resulta en el declive de los servicios de regulación. Un aumento en la producción de alimentos a través del aumento de la superficie de cultivo y el uso de fertilizantes y pesticidas, reduce la biodiversidad y, por tanto, supone una disminución de la capacidad de los ecosistemas para suministrar los servicios de regulación. Para el caso del Sureste árido andaluz, los sistemas agrícolas intensivos han aumentado considerablemente los servicios de abastecimiento, pero esto ha ocurrido a expensas de los servicios de regulación o culturales. Sin embargo, el crecimiento económico experimentado en las últimas décadas como consecuencia de la implantación del modelo de agricultura intensiva y la expansión del turismo residencial, ha provocado que la sociedad local perciba las prácticas conservacionistas como una amenaza al crecimiento socio-económico. Esta percepción está bastante generalizada en los sistemas áridos y semiáridos mediterráneos, en los que la actitud negativa de la sociedad frente a la conservación de la biodiversidad incrementa la pérdida de servicios (McNeely, 2000; Castro et al, 2011).

El carácter árido del Sureste andaluz incrementa el valor que el agua tiene como servicio de los ecosistemas. Mas del 75% del agua usada en las actividades agrícolas proviene de procesos de extracción subterránea asociadas al sistema de acuíferos localizados en las sierras colindantes (e.g. Sierra de Gádor). De esta manera, junto al papel de los ecosistemas como suministradores de agua, algunos procesos ecológicos clave, como la recarga de acuíferos, son considerados como un servicio de regulación de especial importancia por parte de la sociedad (Castro, 2009). Sin embargo, esto deriva en un conflicto de intereses entre los colectivos conservacionistas y aquellos agentes sociales que se benefician económicamente de manera directa o indirecta de las actividades agrícolas.

Otro aspecto a considerar en el análisis de compromisos entre el uso de los servicios de los ecosistemas áridos, es el relacionado entre el servicio de ecoturismo y el conocimiento ecológico local y la identidad cultural. Si bien las actividades recreativas son demandadas cada vez más por la población urbana andaluza, el desacoplamiento de estas actividades con la base cultural del territorio, puede repercutir en la pérdida progresiva y el deterioro de los servicios culturales de los ecosistemas vinculados al sentido de pertenencia e identidad, que ligan fundamentalmente a la población rural con su territorio.

El análisis de compromisos relacionados con la conservación de servicios requiere de una etapa previa que evalúe e identifique potenciales conflictos de intereses en función de las preferencias sociales. En los ecosistemas áridos de Andalucía, las preferencias sociales por la conservación de servicios difiere en gran medida entre los ciudadanos

(actores sociales). Aunque un amplio porcentaje de la población (78%, tanto locales como visitantes) percibe la relación directa entre la conservación de servicios y el mantenimiento del bienestar, las preferencias por los servicios que son considerados como mas importantes difiere entre los distintas tipologías actores sociales (Castro et al. 2011). Esto pone de manifiesto la necesidad de abordar el análisis de compromisos no solo desde la dimensión biofísica de su suministro, sino también atendiendo a la percepción que la población que los usa tiene de ellos.

Una evaluación reciente de los compromisos asociados a la percepción social ante una propuesta de diferentes escenarios de manejo/ usos del suelo (abandono de tierras agrícolas, el turismo rural, la protección o la aparición de nuevas tecnologías (parques solares y eólicos) en los ecosistemas áridos de Andalucía (García-Llorente et al. 2012) pone de manifestó que la población prefiere un escenario en el que la conservación de la calidad del agua es maximizada, frente al incremento de la agricultura tradicional, el ecoturismo o la creación de parques eólicos. Sin embargo, el escenario percibido como más adecuado promovía el incremento de la superficie agrícola y las actividades de ecoturismo, enfatizando la necesidad de una diversificación de las actividades económicas, coherentes con el funcionamiento de los ecosistemas y con el bienestar humano

8. RESPUESTAS E INTERVENCIONES DE GESTIÓN

Conservar de manera integral el funcionamiento de los ecosistemas y los procesos que les confieren la funcionalidad y el suministro de servicios que redundan en el bienestar humano debe ser un objetivo prioritario de las políticas no sólo ambientales, sino de todas aquellas que inciden sobre el funcionamiento del territorio, entendido como socio-ecosistema. Dados los niveles de transformación del territorio y la sobreexplotación a los que han sido y son sometidos los ecosistemas áridos de Andalucía, existe la necesidad de transmitir a la sociedad, tanto a locales como visitantes, los vínculos ineludibles que existen entre el buen funcionamiento de sus ecosistemas y las opciones de desarrollo humano y bienestar de sus habitantes.

En los ecosistemas áridos, diversas estrategias representan factores clave en la prevención de los procesos de desertificación. La explotación de estos ecosistemas está basada completamente en la disponibilidad de agua, de forma que aunque la tecnología ha permitido optimizar el consumo hídrico por unidad de superficie, en la práctica esta mejora ha inducido al incremento continuo de la superficie de cultivo. Sin embargo, adecuar los usos del territorio con una gestión sostenible del agua, es una medida necesaria que debería adoptarse. De la misma manera, la integración de los usos agrícolas y ganaderos puede contribuir a reducir el riesgo de desertificación y optimizar la producción de biomasa y el ciclado de nutrientes. Esta estrategia es factible incluso en sistemas de agricultura intensiva, donde el aprovechamiento de los residuos vegetales procedentes de los invernaderos por parte del ganado, puede ser una opción, siempre que estén libres de productos químicos que pudieran acumularse a lo largo de la cadena trófica. Finalmente, otra forma de reducir el riesgo de desertificación es reduciendo la presión a la que se ven sometidos estos ecosistemas, buscando formas de sustento que tengan menos impacto que la agricultura, como la energía solar, el ecoturismo y la conservación de las áreas más naturales.

En cualquier caso, un requisito para evitar la degradación de los ecosistemas de zonas áridas es la conservación de su biodiversidad. Como ya se ha comentado, el Sureste andaluz alberga ecosistemas con un alto valor de biodiversidad. La política de protección de espacios puede contribuir de forma importante a la conservación de esta biodiversidad, ya que minimizan los cambios de uso del suelo (Piquer et al. 2012). Además, las áreas protegidas representan unidades de referencia sobre las que evaluar los efectos del cambio global (Cabello et al. 2012), y pueden ser muy eficientes en la conservación y suministro de servicios. En ese sentido, se considera como una oportunidad que contribuya al mantenimiento del capital natural vinculado a los ecosistemas áridos de Andalucía incorporar el Desierto de Tabernas a la Red de Parques Nacionales de España.

En la actualidad, la Red de Observatorios del Cambio Global de Andalucía ha puesto en marcha el proyecto GLOCHARID (<http://www.glocharid.org/>), con el fin de implementar un sistema de indicadores para el seguimiento y evaluación de los efectos del cambio global en los ecosistemas áridos, semiáridos y litorales del Mediterráneo andaluz. Este proyecto parte de la premisa de que el conjunto de modificaciones del medio ambiente provocadas por el impacto humano, que conocemos como cambio global, alteran los servicios de los ecosistemas, y en consecuencia, la capacidad de los ecosistemas para sustentar el bienestar humano. Junto a la búsqueda de

indicadores, el proyecto también persigue la configuración de equipos de trabajo que permitan progresar en el desarrollo de una interfaz ciencia-gestión eficiente, lo que representa un requisito para la adopción de modelos de gestión que incorporen una valoración multidisciplinar de los ecoservicios. Cualquiera de las medidas de gestión que se adopten requieren de la implantación de sistemas de gobernanza coherentes a través de todas las escalas territoriales, de forma que las acciones que se promuevan a escala local o regional participen también de criterios firmes para la ordenación sostenible del territorio.

9. LA CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ÁRIDOS DE ANDALUCÍA Y EL BIENESTAR HUMANO

La conservación de los ecosistemas áridos de Andalucía representa una estrategia fundamental para la provisión de servicios de abastecimiento, regulación y culturales en el Sureste árido. Junto a aquellos servicios vinculados a la biodiversidad, la regulación hídrica, representa un servicio fundamental para la sociedad, que se abastece de aguas subterráneas cuyos niveles actualmente están ya muy afectados. Por otro lado, las condiciones ecológicas de los ecosistemas del Sureste árido andaluz, hacen de estos ambientes un excelente laboratorio natural y un repositorio genético para el estudio de procesos de adaptación a condiciones limitantes. La dureza y especificidad de las condiciones ecológicas ha condicionado la aparición de adaptaciones singulares de las especies que lo habitan lo que ha llevado a la aparición de un número elevado de endemismos.

Los servicios de los ecosistemas representan un campo activo de investigación. Son muchas las cuestiones a las que hay que responder, y muchos los avances metodológicos que realizar. Para el caso concreto de los ecosistemas áridos andaluces, la escasa valoración social de estos ambientes viene afectando de manera significativa a su gestión y por tanto, a la conservación de los servicios que sus ecosistemas proporcionan. Algunos autores han enfatizado en la importancia del uso del conocimiento local y la opinión de los turistas para mejorar el conocimiento del valor de los ecosistemas semiáridos (Bernhardt et al., 2006). Desde este punto de vista, la conservación de estos ambientes requiere de la identificación de los aspectos de los servicios que conectan con el mantenimiento del bienestar humano y el análisis de preferencias puede ser una herramienta en ese sentido.

En cualquier caso, responder a la pregunta de cómo gestionar los ecosistemas para mejorar el bienestar humano (Carpenter 2006) requiere de un programa activo de investigación sobre las interacciones entre el sistema natural y el sistema humano, en el que se integren los conocimientos de las ciencias ecológicas y sociales.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alados, C. L., Pueyo, Y., Giner, M. L., Navarro, T., Escos, J., Barroso, F., Cabezudo, B. y Emlen, J.M. 2003. Quantitative characterization of the regressive ecological succession by fractal analysis of plant spatial patterns. *Ecological Modelling* 163: 1-17.
- Bazzaz, F., G. Ceballos, M. Davis, R. Dirzo, P. R. Ehrlich, T. Elsnér, S. Levin, J. H. Lawton, J. Lubhenco, P. A. Matson, H. A. Mooney, P. H. Raven, J. E. Roughgarden, J. Sarukhan, G. D. Tilman, P. Vitousek, B. Walker, D. H. Wall, E. O. Wilson, y G. M. Woodwell. 1998. Ecological science and the human predicament. *Science* 282:879.
- Beltrán, F.D., Parra, A., Roldán, A., Soler, A. & Vila, E. 2010. Pasado, presente y futuro del control integrado de plagas en la provincia de Almería. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios*, CEA01: 27-43.
- Bernhardt, E.S., Bunn, S.E., Hart, D.D., Malmqvist, B., Muotka, T., Naiman, R.J., Pringle, C., Reuss, M., van Wilgen, B., 2006. Perspective: the challenge of ecologically sustainable water management. *Water Policy* 8, 475e479.
- Borja, F. & Montes, C. 2008. *La gestión ecosistémica como herramienta territorial para la toma de decisiones. Ecorregiones e integración funcional de carreteras y espacios naturales protegidos en Andalucía*. II Congreso Nacional de Medio Ambiente en Carreteras.
- Cabello, J., 2009. 5330 Matorrales termomediterráneos, matorrales suculentos canarios (macaronésicos) dominados por *Euphorbias* endémicas y nativas y tomillares semiáridos dominados por plumbagináceas y quenopodiáceas endémicas y nativas. En: VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid. 170 pp.
- Cabello, J., D. Alcaraz-Segura, D., Ferrer, R., Castro, A.J., Liras, E. 2012. The role of vegetation and lithology in the spatial and inter-annual response of EVI to climate in drylands of Southeastern Spain. *Journal of Arid Environments* 79, 76-83.
- Carpenter, S. R., E. M. Bennett, and G. D. Peterson. 2006. Scenarios for ecosystem services: an overview. *Ecology and Society* 11 (1): 29.
- Castro, A.J., 2009. *Ecosistemas y Bienestar Humano: Avances en la valoración ecológica y socioeconómica de servicios ecosistémicos*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Almería.
- Castro, A.J., 2010. El río: caudal de economía y ecología. Title: *El Río Andarax*. ISBN: 978-84-92807-46-8. Ed: A. Castro, I. Francés, A. Fernández, S. Jorroto, J. Gisbert. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Castro, A.J., Martín-López, B., García-Llorente, M., Aguilera, P.A., López, E., Cabello, J. 2011. Social preferences regarding the delivery of ecosystem services in a semiarid Mediterranean region. *Journal of Arid Environments*, 75, 1201-1208.
- Chamizo, S., Cantón, Y., Miralles, I. & Domingo, F. 2012. Biological soil crust development affects physicochemical characteristics of soil surface in semiarid ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, 49: 96-105.

- Chytrý, M., P. Pyšek, J. Wild, J. Pino, L. C. Maskell, and M. Vilà 2009. European map of alien plant invasions based on the quantitative assessment across habitats. *Diversity and Distributions* 15: 98-107.
- Cortés, F. J., García, R. & Molina, J. 2002. Claves para la interpretación del modelo económico almeriense basado en agricultura de alto rendimiento. *Mediterráneo Económico*, 2: 283-311. Caja Rural Intermediterránea.
- Di Castri, F. 1981. *Mediterranean-type shrublands of the world*. Ecosystems of the world II. Mediterranean-type shrublands:1-52.
- Downward, S.R., Taylor, R., 2007. An assessment of Spain's Programa AGUA and its implications for sustainable water management in the province of Almería, southeast Spain. *Journal of Environmental Management* 82, 277-289.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España. 2011. *La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España. Síntesis de resultados*. Fundación Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Escudero, A., 2009. 1520 Vegetación gipsícola mediterránea (Gypsophiletalia) (*). En: VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid. 78 pp.
- García-Latorre, J., Sánchez-Picón, A., 2001. Dealing with aridity: socio-economic structures and environmental changes in an arid Mediterranean region. *Land Use Policy* 18, 53-64.
- García-Lorca, Viciano, A., Rodríguez, J.E. 2009. *Atlas Geográfico de la Provincia de Almería. 1ª Ed.* Almería. Instituto de Estudios Almerienses.
- García-Llorente, M., Martín-López, B , Nunnes, P.A.L.D., Castro, A.J., Montes, C., (en revision). Future land use scenarios based on the management of ecosystem services: A choice experiment in a semi-arid rural watershed (SE Spain). *Journal of Arid Environments*.
- Kutiel, H., Maheras, P. 1998. Variations in the temperature regime across the Mediterranean during the last century and their relationships with circulation indices. *Theor. Appl. Climatol*, 61:39-53.
- Liras, E., J. Cabello, D. Alcaraz-Segura, J. Paruelo, y F. T. Maestre. 2008. Patrones espaciales del funcionamiento de los ecosistemas: efectos del cambio en la cobertura y el uso del suelo. Pages 717-730 *Análisis espacial en Ecología, métodos y aplicaciones*. Asociación Española de Ecología Terrestre, Alicante.
- Lioubimtseva, E., R. Cole, J. M. Adams, y G. Kapustin. 2005. Impacts of climate and land-cover changes in arid lands of Central Asia. *Journal of Arid Environments* 62:285-308.
- Machado, M.J., Benito, G., Barriandos, M., Rodrigo, F.S. 2011. 500 Years of rainfall variability and extreme hydrological events in southeastern Spain drylands. *Journal of Arid Environments*, 75: 1244-1253.
- Maestre, F.T. 2004. On the importance of patch attributes, abiotic factors and past human impacts as determinant of plant species richness and diversity in Mediterranean semi-arid steppes. *Diversity and Distributions* 10: 21-29.
- Martínez-Lirola, M.J., González-Tejero, M.R. & Molero Mesa, J. 1997. *Investigaciones etnobotánicas en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar*. Sociedad Almeriense de Historia Natural.
- McNeely, J.A., 2000. Biodiversity in arid regions: values and perceptions. *Journal of Arid Environments* 54, 61-70.
- Millenium Ecosystem Assessment (MA), 2005a. *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends*. World Resources Institute, Washington, DC.

- Millennium Ecosystem Assessment. 2005b. *Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Mota, J.F.; Peñas, J.; Castro, H.; Cabello, J. & Guirado, J. 1996. Agricultural development versus conservation biodiversity: the mediterranean semiarid vegetation in El Ejido (Almería, Southern Spain). *Biodiversity & Conservation* 5 (12): 1597-1617. (1996).
- Mota, J.; Cabello, J.; Cerrillo, M.I. & Rodríguez-Tamayo, M.L. (eds.). 2004. *Los Subdesiertos de Almería: Naturaleza de Cine*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Navarro Viedma, M., Acebedo Vaz, M.M., Rodríguez Rodríguez, M.P., Alcazar Alba, M.D., Belda Suárez, J.E. 2006. *Organismos para el control biológico de plagas en cultivos de la provincia de Almería*. 2ª Edición. Fundación Cajamar.
- Pérez-Caballero, D., Cueto, M. & Cabello, J. 2005. *Agrobiodiversidad de la llanura litoral del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar*. International Symposium of Biodiversity loss in Europe. AEET & EEF.
- Piquer-Rodríguez, M.; Kuemmerle, T.; Alcaraz-Segura, D.; Zurita-Milla, R. & J. Cabello. 2012. Future land use effects on the connectivity of protected area networks in Southeastern Spain. *Journal for Nature Conservation* (2nd revision)
- Puigdefábregas, J. & Sánchez, G. 1996. Geomorphological implications of vegetation patchiness on semi-arid slopes. In Anderson, M.G. & Brooks, S.M. (eds.) *Advances in Hillslope Processes*, 2: 1027-1060.
- Ríos, S. & Salvador, F., 2009. 6220 Pastizales xerofíticos mediterráneos de vivaces y anuales. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid. 88 pp. Ruiz García, A. & Muñoz Muñoz, J.A. 2010. Arquitectura tradicional. In: Castro, A.J. et al (eds.) *Río Andarax*. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Salinas, M.J., López, A. & Cabello, J. 2010. *Informe preliminar del subproyecto especies vegetales invasoras*. Proyecto Glocharid. Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global.
- Sanchez-Picón, A., Aznar-Sanchez, A.J., Garcia-Latorre, J., 2011. Economic cycles and environmental crisis in arid southeastern Spain. A historical perspective. *Journal of Arid Environments*. doi:10.1016/j.jaridenv.2010.12.014
- Sayadi, S., González-Roa, M.C., Calatrava-Requena, J., 2009. Public preferences for landscape features: the case of agricultural landscape in mountainous Mediterranean areas. *Land Use Policy* 26, 334-344.
- Stohlgren TJ, Barnett D, Flather C, Fuller P, Peterjohn B, Kartesz J, Master LL (2006) Species richness and patterns of invasion in plants, birds, and fishes in the United States. *Biological Invasions* 8:427-447
- Tirado, R., 2009. 5220 Matorrales arborescentes con *Ziziphus* (*). En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid. 68 pp.