

Impulsando estrategias colectivas ciencia-gestión-sociedad para conservar el hábitat de *Ziziphus lotus* (Hábitat Prioritario 5220)

M.D. López-Rodríguez^{1,2,*}, M.J. Salinas-Bonillo², M.T. Torres², M. Pacheco-Romero², E. Guirado^{2,3}, H. Castro², J. Cabello²

(1) Internet Interdisciplinary Institute (IN3), Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Av. Friedrich Gauss 5, 08860 Castelldefels, Barcelona, España.

(2) Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global, Departamento de Biología y Geología, Universidad de Almería, Ctra. Sacramento, s/n, 04120, Almería, España.

(3) Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio "Ramón Margalef", Universidad de Alicante, Edificio Nuevos Institutos, Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, 03690 San Vicente del Raspeig, Alicante, España.

* Autor de correspondencia: M.D. López-Rodríguez [mlopezrodrigu@uoc.es]

> Recibido el 17 de noviembre de 2019 - Aceptado el 29 de febrero de 2020

López-Rodríguez, M.D., Salinas-Bonillo, M.J., Torres, M.T., Pacheco-Romero, M., Guirado, E., Castro, H., Cabello, J. 2020. Impulsando estrategias colectivas ciencia-gestión-sociedad para conservar el hábitat de *Ziziphus lotus* (Hábitat Prioritario 5220). *Ecosistemas* 29(1):1890. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1890>

El hábitat prioritario 5220 dominado por *Ziziphus lotus* ha experimentado en las últimas décadas en España un gran retroceso de su área de distribución y un grave deterioro de su funcionamiento. A pesar del conocimiento generado por parte de los investigadores para su puesta en valor, gestión y conservación, éste difícilmente permea en el ámbito de la gestión y la sociedad. El objetivo de este estudio fue desarrollar y evaluar un proceso transdisciplinar como medio para producir conocimiento colectivo sobre este hábitat y promover una cultura de responsabilidad compartida que contribuya a su conservación. Para llevarlo a cabo 1º) realizamos una revisión bibliográfica del conocimiento existente de esta especie, y 2º) desarrollamos un proceso transdisciplinar en una comunidad de práctica integrada por investigadores, gestores y agentes sociales. Este estudio permitió (1) identificar lagunas de conocimiento científico y oportunidades de investigación en torno a *Ziziphus lotus* y su hábitat y, (2) definir e impulsar la puesta en práctica de 13 estrategias colaborativas ciencia-gestión-sociedad para contribuir a su conservación. A lo largo del estudio identificamos diversas condiciones operativas que facilitaron el proceso transdisciplinar. Entre estas condiciones destacaron: (i) generación de ambientes de confianza entre miembros de la comunidad de práctica; (ii) empleo de enfoques de intermediación de conocimiento por investigadores con habilidades transdisciplinarias, y (iii) creación de procesos deliberativos basados en enfoques de co-aprendizaje y co-producción de conocimiento orientados a la obtención de resultados prácticos. Asimismo, presentamos y evaluamos una herramienta gráfica que actuó como objeto frontera, catalizando la acción colectiva para la conservación de esta especie. Este estudio puede servir de guía para desarrollar futuros procesos transdisciplinarios en otros contextos y ámbitos.

Palabras clave: Azufaifo; ciencia transdisciplinar; co-producción de conocimiento; objeto frontera; transferencia de conocimiento

López-Rodríguez, M.D., Salinas-Bonillo, M.J., Torres, M.T., Pacheco-Romero, M., Guirado, E., Castro, H., Cabello, J. 2020. Launching collective science-policy-society strategies to conserve the *Ziziphus lotus* habitat (Priority Habitat 5220). *Ecosistemas* 29(1):1890. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1890>

The priority habitat 5220 is dominated by the *Ziziphus lotus* which has experienced a major setback in recent decades, its area of distribution has seriously deteriorated in its functioning within Spain. Despite the knowledge generated by researchers for its valuation, management and conservation, such knowledge hardly permeates to policy and society. The aim of this study was to develop and evaluate a transdisciplinary process as a means to provide collective knowledge about this habitat and to promote a culture of shared responsibility that contributes to its conservation. To do this, we 1st) conducted a literature review of the existing knowledge of this specie, and 2nd) developed a transdisciplinary process within a community of practice integrated by researchers, decision-makers and social agents. The study allowed us to (1) identify gaps in scientific knowledge and research opportunities around *Ziziphus lotus* and its habitat, (2) define and promote the implementation of 13 collaborative science-policy-society strategies to contribute to its conservation. Throughout the study, we identified several operational factors that facilitated the transdisciplinary process. These factors included (i) the generation of a trusting environment between members of the community of practice; (ii) the use of a knowledge exchange approach between actor groups by researchers with transdisciplinary skills, and (iii) the creation of co-learning and knowledge co-production work schemes oriented towards practical outcomes. In addition, we introduced and evaluated a graphical tool that acted as a boundary object catalysing collective action for the conservation of this specie. This study provides useful guidance for developing future transdisciplinary processes in other contexts.

Keywords: Azufaifo; boundary object; knowledge co-production; knowledge transfer; transdisciplinary science

Introducción

Los “matorrales arborescentes con *Ziziphus*” (según denominación de la Directiva Hábitat, 92/43/EEC (EU 1992), Hábitat prioritario 5220) son formaciones vegetales de zonas semiáridas de la Región Mediterránea dominadas por grandes arbustos espinosos de origen tropical o subtropical (Tirado 2009). El azufaifo o *Ziziphus lotus* (L.) Lam (Rhamnaceae), una de las especies clave de este hábitat, se distribuye por las zonas litorales de la cuenca mediterránea, especialmente en el norte de Marruecos, el sureste de la península ibérica, Sicilia y Chipre (Sánchez-Gómez et al. 2003). La importancia del hábitat 5220 dominado por *Z. lotus* estriba en la catalogación de esta especie como dependiente de agua subterránea (Guirado et al. 2018) y, por tanto, con su capacidad para movilizar agua de los acuíferos e incrementar la productividad primaria en entornos semiáridos. Dicha función hace que desempeñe un papel clave en los ciclos del carbono y del agua, contribuyendo así al mantenimiento de servicios de los ecosistemas esenciales, particularmente los servicios de regulación (secuestro de carbono, regulación hídrica y mantenimiento de hábitat para la biodiversidad). Además, a escala local, *Z. lotus* evita la erosión y contrarresta el efecto de las avenidas, especialmente en los cursos de las ramblas, depresiones del terreno y zonas arenosas (Tirado 2009).

Esta especie, relictica en el continente europeo, donde alcanza su límite de distribución septentrional, ha experimentado en las últimas décadas un gran retroceso de su área de distribución y un grave deterioro de su hábitat, sobre todo como consecuencia de las actividades humanas (Rey et al. 2018; Guirado et al. 2019). En Europa, la principal presión a la que se enfrenta es la fragmentación del hábitat, debido a la expansión urbana y a la agricultura intensiva, que provocan la reducción y desconexión entre poblaciones (Tirado 2009; Cancio et al. 2016). La sobreexplotación de los acuíferos y el cambio climático suponen una presión añadida sobre las aguas subterráneas de las que *Z. lotus* depende y, por tanto, sobre las que se cimenta el funcionamiento de todo el ecosistema (Mota et al. 1996, Mendoza-Fernández et al. 2015, Guirado et al. 2018). Por otra parte, las invasiones biológicas, destacadas como uno de los impulsores directos del cambio global (MEA 2005), ejercen una notable presión sobre el sistema ecológico del azufaifo (Tirado 2009), pero también influyen en el sistema social. Un ejemplo es la introducción de cultivos de *Agave* (*A. fourcroydes* Lem. y *A. sisalana* Perr., originarias de Centroamérica), en los años 50 del s. XX en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar y su entorno, con demostrado potencial invasor en este hábitat (Badano y Pugnaire 2004). Por su atractivo paisajístico, estas agaves resultan más valoradas por la población que comunidades autóctonas como el azufaifo y, por desconocimiento, se cree incluso que son formaciones nativas.

A pesar del importante papel que *Z. lotus* desempeña en el funcionamiento del hábitat, en numerosas ocasiones la sociedad lo desconoce o minusvalora. Esto contrasta llamativamente con el hecho de que la comunidad científica lleva varias décadas generando conocimiento sobre esta especie y su hábitat, esencial para su puesta en valor, gestión y conservación. A pesar de los esfuerzos de los investigadores, este conocimiento difícilmente permea al ámbito de la gestión y la sociedad, lo que está limitando su uso para la elaboración de políticas y estrategias de gestión orientadas a garantizar su conservación.

El limitado impacto del conocimiento científico más allá del mundo académico es frecuentemente atribuido al modelo tradicional de transferencia de conocimiento utilizado por la comunidad científica para comunicar sus hallazgos. Este modelo se basa en un enfoque unidireccional de comunicación, a través del cual los investigadores transfieren conocimiento científico a los gestores del medio natural y a la sociedad mediante artículos, tesis, informes y otros documentos (Roux et al. 2006). Este modelo conlleva una transmisión de información hacia usuarios pasivos, con los que no se establece una interacción periódica que garantice una transferencia útil para su aplicación. Aunque se reconoce su necesidad y

relevancia para difundir resultados de investigación, dicho modelo está recibiendo cada vez más críticas, al considerarse insuficiente para hacer llegar conocimiento de forma ágil y efectiva, sobre todo a la hora de abordar los rápidos cambios socio-ambientales que afectan a la conservación de la biodiversidad y al mantenimiento de los hábitats (Wyborn 2015).

En las últimas décadas, gran parte de la comunidad científica aboga por la adopción de nuevos modelos de comunicación que contribuyan a mejorar el impacto del conocimiento científico en la gestión y en la sociedad. Se trata de modelos basados en enfoques de comunicación multidireccional a través de los que los investigadores adoptan un rol más activo e interactúan con los gestores del medio natural y otros agentes sociales durante el desarrollo y transferencia de los resultados de su investigación (Roux et al. 2006). Este tipo de modelos permite que los investigadores puedan tomar conciencia de las necesidades de gestión y demandas sociales y, en consecuencia, producir conocimiento científico orientado a la resolución de problemas ambientales en el contexto del mundo real (Fazey y Mcquie 2005). A su vez, permite que los gestores del medio natural y los agentes sociales accedan y comprendan la información científica, para que puedan incorporarla a la toma de decisiones o al desarrollo de sus prácticas cotidianas (Pullin y Knight 2003). De esta forma, las evidencias científicas pueden tener un impacto directo en las políticas, estrategias de gestión y actividades productivas (Rudd 2011) que contribuya de forma efectiva a la conservación de la biodiversidad y de los servicios de los ecosistemas.

En el marco de la ciencia de la sostenibilidad (Spangenberg 2011), la utilización de enfoques de investigación transdisciplinar ha emergido como mecanismo para promover la implementación de modelos de comunicación multidireccional. Esta modalidad de investigación se basa en la integración de conocimiento científico y social a través de procesos de co-aprendizaje y co-producción de conocimiento, con el fin de contribuir a proveer soluciones colaborativas entre todas las partes interesadas para abordar los desafíos actuales de nuestra sociedad (Lang et al. 2012; Angelstam et al. 2013; Schneider et al. 2019). El objetivo del estudio que presentamos fue evaluar un proceso transdisciplinar como medio para generar conocimiento colectivo sobre el hábitat de *Z. lotus*, y promover una cultura de responsabilidad compartida ciencia-gestión-sociedad que contribuya a su conservación. Presentamos lecciones prácticas aprendidas y establecemos recomendaciones para guiar procesos similares en otros contextos y ámbitos.

Material y métodos

Área de estudio

El hábitat prioritario 5220 engloba formaciones espinosas de *Z. lotus*, *Maytenus senegalensis* (Lam.) Exell (Celastraceae) y *Periploca angustifolia* Labill. (Asclepiadaceae) (azufaifo, arto, y cornical respectivamente) (Directiva Hábitat 92/43/EEC (EU 1992)). Para el desarrollo del estudio se seleccionó la especie *Z. lotus* como representativa del hábitat en el sureste semiárido ibérico (Fig. 1). Se tuvo en cuenta que las áreas más extensas y mejor conservadas de este hábitat (las del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar) están dominadas por el azufaifo y que es la especie de la que se dispone de mayor conocimiento (Tirado 2009; Cancio et al. 2017; Rey et al. 2018). A su clasificación como hábitat prioritario de conservación y a su protección como Espacio Natural Protegido y Reserva de la Biosfera, hay que añadir que la población de Cabo de Gata se encuentra en un área catalogada como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y Zona de Especial Conservación (ZEC) de la Red Ecológica Europea Natura 2000 en la Comunidad Autónoma de Andalucía (Andalucía 2012).

Z. lotus es un arbusto longevo de gran tamaño (Rey et al. 2018) que pierde las hojas en invierno y cuya máxima actividad fotosintética y reproductiva coincide con el inicio del verano (Guirado et al. 2018). Posee raíces profundas que pueden alcanzar los 60 metros de profundidad (Le Houérou 2006), confiriéndole la naturaleza de freatofito y dando lugar a uno de los pocos ecosistemas depen-

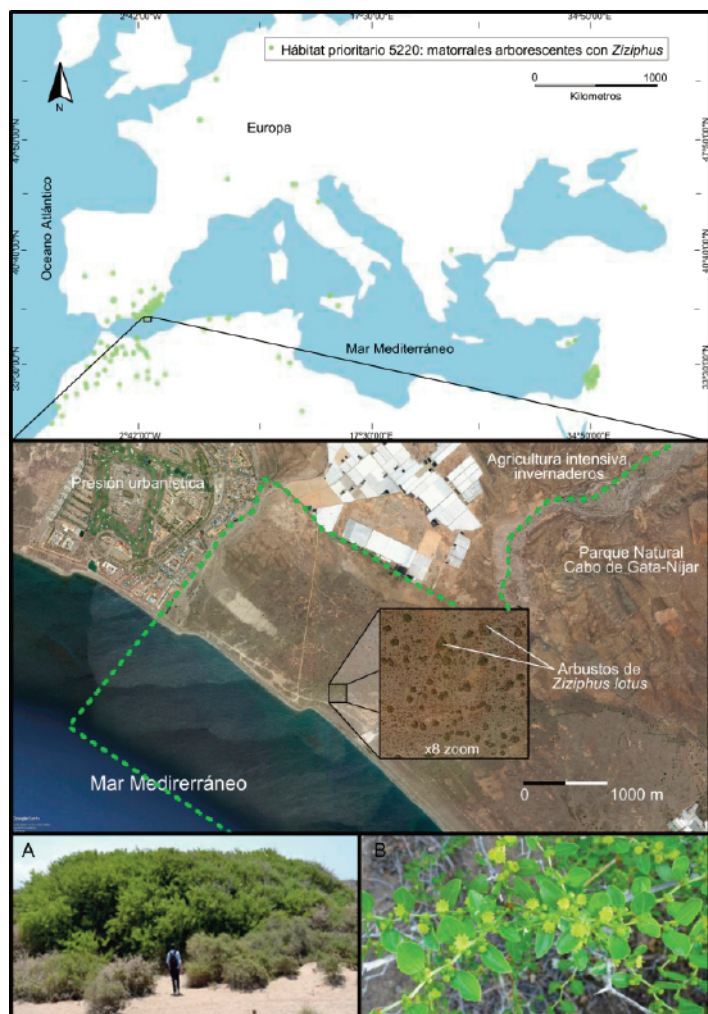


Figura 1. Área de estudio. Hábitat prioritario 5220 utilizado como marco de referencia para el estudio. Límite oriental del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (línea verde).

Figure 1. Study area. Priority habitat 5220 used as a reference framework for the study. Eastern boundary of Cabo de Gata-Níjar Natural Park (green line).

dientes de agua subterránea en zonas semiáridas (Guirado et al. 2018). Por su actividad y porte (hasta 3 m. de alto y 15 m. de diámetro), actúa como especie ingeniera de un ecosistema del que llega a ser la principal fuente de vida durante el largo verano semiárido (Tirado 2009; Maraghi 2011; Guirado et al. 2018). Al movilizar agua desde capas profundas del suelo a las más someras, aumenta la humedad del suelo y pone a disposición de otras plantas recursos como agua y nutrientes (Tirado 2009). De hecho, se han descrito interacciones positivas (facilitación) entre otras especies y *Z. lotus*, las cuales se consideran determinantes para la estructura y funcionamiento de la comunidad (Tirado y Pugnaire 2003; Tirado 2009). En zonas arenosas *Z. lotus* retiene grandes acúmulos de arena y materia orgánica bajo su dosel, constituyendo unas formaciones geomorfológicas características llamadas *nebkhas*, dunas piramidales o montículos vegetados (Tengberg y Chen 1998; Sanjaume y Gracia 2011). Por todo ello, *Z. lotus* constituye “islas de fertilidad” en zonas semiáridas, formaciones singulares conformadas por la agregación espacial de numerosas especies vegetales en su entorno contiguo (Tirado 2009).

Metodología

Marco conceptual

En el desarrollo del estudio adoptamos un enfoque socio-ecológico en el que se reconoce que los sistemas humanos y naturales están acoplados e interaccionan a lo largo de escalas espaciales y temporales anidadas (Berkes et al. 2000; Chapin et

al. 2009). Para poner en práctica este enfoque adaptamos el marco conceptual de Resilience Alliance (2007) y MEA (2005) al hábitat de *Z. lotus* (Fig. 2). Según este marco, el azufaifar representa un sistema ecológico, que realiza una serie de funciones dentro de unos límites o controles ambientales. Estos controles comprenden un conjunto de factores biofísicos como la aridez, el agua subterránea o las fracturas del terreno (Guirado et al. 2018), que condicionan la existencia y el funcionamiento del ecosistema. Las funciones originan el suministro de servicios de los ecosistemas, tanto de regulación, como de aprovisionamiento y culturales, que benefician al sistema social (Fig. 2). El sistema social se caracteriza por unos niveles de bienestar, que pueden depender en mayor o menor medida del disfrute de dichos servicios, unas estrategias políticas y gestión de actuaciones orientadas al uso y/o mantenimiento de estos servicios, y unos factores socioeconómicos que derivan en el desarrollo de actividades humanas. A su vez, estos factores que determinan el funcionamiento y “metabolismo” del sistema social (Fischer-Kowalski y Haberl 2015) originan una serie de interacciones sobre el sistema ecológico, tanto positivas como negativas (Fig. 2).

Revisión bibliográfica

Al inicio del estudio se realizó una revisión bibliográfica para identificar las principales evidencias científicas relacionadas con *Z. lotus* y el hábitat que sustenta (octubre - diciembre 2017). En primer lugar, se revisó la bibliografía clásica, centrada fundamentalmente en la descripción de las comunidades vegetales donde aparece esta especie, disponible en la biblioteca de la Universidad de Almería (UAL) y en el Área de Botánica de la UAL. A continuación se realizó una búsqueda de referencias mediante las bases de datos científicas más extensas [(Web of Science (Clarivate Analytics) y Scopus (Elsevier)]. Las palabras clave usadas fueron “*Ziziphus lotus*” o “*Zyziphus lotus*”. Dos expertas se encargaron de leer los artículos, extraer los resultados más relevantes y novedosos y clasificarlos en función de la escala de estudio, el conocimiento generado y sus implicaciones para la gestión. Una vez caracterizadas, las evidencias científicas se asociaron a las dimensiones y sistemas del marco conceptual adoptado para la puesta en práctica del enfoque socio-ecológico (Fig. 2). A continuación, se analizó el número de publicaciones para cada dimensión a lo largo de una escala temporal, para determinar la tendencia de publicación y evaluar el estado del arte del conocimiento científico (Apéndice A). Para evaluar tanto la cantidad como la tendencia temporal de publicaciones, se establecieron 4 niveles de clasificación en función del número de publicaciones y de la pendiente de la recta, respectivamente (Apéndice A). Finalmente, para evaluar la necesidad de conocimiento científico se establecieron 3 niveles mediante un código de color que engloba a los dos indicadores (Apéndice A).

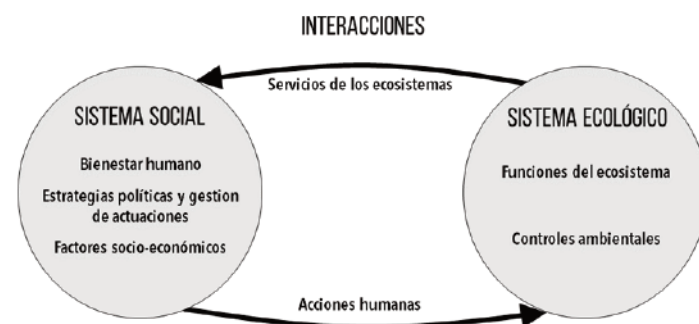


Figura 2. Marco conceptual adoptado en el estudio para la puesta en práctica del enfoque socio-ecológico. Adaptado de Resilience Alliance (2007) y MEA (2005).

Figure 2. Conceptual framework adopted in the study for the implementation of the socio-ecological approach. Adapted from Resilience Alliance (2007) and MEA (2005).

Esquema de trabajo del proceso transdisciplinar

El estudio incluyó el diseño, desarrollo y evaluación de un esquema de trabajo transdisciplinar específicamente orientado a generar conocimiento colectivo en torno a *Z. lotus* que sirviera como insumo para diseñar y poner en práctica estrategias colaborativas que contribuyeran a la conservación de la especie y su hábitat (enero-junio 2018). Por definición, estos esquemas engloban procesos sociales orientados a la resolución de problemas mediante el fortalecimiento de los vínculos entre investigadores de diversas disciplinas científicas y otros agentes de la sociedad, a través de la deliberación sobre hechos, prácticas y valores de la biodiversidad y ecosistemas naturales (Lang et al. 2012; Hirsch Hadorn et al. 2008). El Centro Andaluz de Evaluación y Seguimiento del Cambio Global (www.caescg.org) actuó como “entidad frontera” (Cash et al. 2003) o institución intermediaria del proceso transdisciplinar, integrada por un equipo multidisciplinar encargado de diseñar, coordinar, facilitar y evaluar este proceso.

El proceso transdisciplinar incluyó (1) unas jornadas de co-aprendizaje orientadas a explorar el conocimiento existente sobre *Z. lotus* y su hábitat desde diferentes disciplinas y ámbitos (p. ej. ecológico, legal, cultural, social), y (2) tres talleres centrados en la co-producción de conocimiento sobre el azufaifar a través de la integración balanceada de diferentes tipos de conocimiento (p. ej. científico, técnico, local) (Hegger et al. 2012). En la **Tabla 1** se muestra el flujo de trabajo del proceso incluyendo etapas, actividades realizadas, objetivos de cada una y cronograma. Mientras que las jornadas de co-aprendizaje se organizaron de forma abierta, para desarrollar los talleres se constituyó una comunidad de práctica integrada por investigadores, gestores y otros agentes sociales. Este tipo de comunidades hacen referencia a grupos de actores que comparten intereses comunes en una determinada área/temática a través del intercambio de conocimiento y experiencias, estando orientadas a que los miembros aprendan unos de otros y fortalezcan su confianza y entendimiento mutuo (Wenger et al. 2000). En función de restricciones de tiempo y presupuesto del estudio, el proceso se limitó a 50 participantes por sesión invitados a través de un proceso abierto en medios de comunicación, correo electrónico y redes sociales, y seleccionados por orden de inscripción. A lo largo del proceso participaron 95 personas en total (47 investigadores, 17 gestores y 31 agentes sociales).

Para asegurar el dinamismo y la operatividad de todos los talleres, previamente se proporcionó a todos los participantes un programa con los objetivos del estudio y el esquema de trabajo. Los talleres fueron dinamizados por un investigador con experiencia en

el desarrollo de estudios sobre *Z. lotus* desde una perspectiva socio-ecológica. Para ello se utilizó un enfoque de intermediación de conocimiento orientado a promover la transferencia de conocimientos entre grupos y personas con pluralidad de perspectivas y valores (Hering 2016). Todos los talleres compartieron la misma estructura operativa: 1º) Ciclo de mini-conferencias para introducir los diferentes componentes del modelo socio-ecológico adoptado a lo largo del proceso (**Fig. 2**), así como objetivos y modo de funcionamiento del taller (realizado por el equipo de investigación responsable del proceso). 2º) Actividades grupales a través de la creación de 4 grupos de trabajo con participantes de diferentes perfiles y ámbitos seleccionados a partir de un muestro de juicio basado en el conocimiento del equipo de investigación (Marshall 1996) para crear una visión integral del hábitat desde múltiples perspectivas (p.ej. funcionamiento ecosistémico, hidrogeología, gobernanza). Cada grupo contó con un miembro del equipo de investigación encargado de levantar acta de los temas tratados y realizar un seguimiento del proceso. Además, una persona designada por los miembros de cada grupo al inicio de cada actividad grupal, se encargaba de moderar con criterio propio el grupo de trabajo, garantizar la consecución de los objetivos planteados y explicar los resultados consensuados al resto de los grupos. 3º) Sesión plenaria después de cada actividad para promover retroalimentación y sinergias entre los grupos. Una vez concluido cada taller, el equipo de investigación se encargaba de la integración de los resultados y la elaboración de un informe que se publicaba en una página web (<http://www.caescg.org/coadapta/>), con objeto de que los participantes pudieran corregir o sugerir cualquier modificación. Asimismo, se enviaba un cuestionario *online* a todos los miembros de la comunidad de práctica para que pudieran evaluar de forma anónima diferentes aspectos de cada taller. Para asegurar que las preguntas de los cuestionarios eran fáciles de entender para los participantes, se realizaron pruebas piloto con 3 personas involucradas en el proceso (Bradburn et al. 2004). En los periodos entre los talleres se utilizaron medios de comunicación (correo electrónico y redes sociales) para mantener un flujo constante de comunicación entre los miembros de la comunidad de práctica. Se celebró una conferencia final para presentar los resultados de todo el proceso transdisciplinar.

Herramienta gráfica para la evaluación de estrategias colaborativas

A lo largo del proceso transdisciplinar se diseñó una herramienta gráfica y se evaluó su capacidad de actuar como objeto frontera para promover acciones colectivas para la conservación del *Z. lotus*.

Tabla 1. Flujo de trabajo del proceso transdisciplinar. Se detallan las etapas, actividades realizadas, objetivos y cronograma.

Table 1. Workflow of the transdisciplinary process. There are shown the steps, activities developed, objectives, and timetable.

Etapas	Actividades	Objetivos	Fecha y duración
1	Jornadas de co-aprendizaje	Explorar el conocimiento existente sobre <i>Z. lotus</i> y su hábitat desde diferentes disciplinas y ámbitos (p. ej. ecológico, legal, cultural, social).	25, 26 y 27 enero 2018. 14 horas (2 sesiones teóricas de 4 horas y 1 salida de campo de 6 horas)
2	I Taller de co-producción de conocimiento	Analizar los servicios de los ecosistemas que provee el azufaifar.	20 y 21 febrero 2018. 8 horas (2 sesiones)
3	II Taller de co-producción de conocimiento	Determinar las principales presiones a las que se encuentra el azufaifar y que afectan a su funcionamiento	4 y 5 abril 2018. 8 horas (2 sesiones)
4	III Taller de co-producción de conocimiento	Diseñar estrategias colaborativas ciencia-gestión-sociedad para facilitar la conservación del azufaifar.	8 mayo 2018. 4 horas (1 sesión)
5	Conferencia final	Presentación de los resultados del proyecto e inauguración de una las estrategias colaborativas ciencia-gestión-sociedad desarrollada durante el proyecto (Ruta de Cambio Climático vinculada al azufaifar, Tabla 4)	27 junio 2018. 6 horas (1 sesión teórica de 1 hora y 1 salida de campo de 5 horas)

Los objetos frontera son herramientas que actúan como medio de comunicación simbólico a través de las cuales, investigadores y profesionales fuera del ámbito científico pueden debatir, compartir objetivos e identificar responsabilidades para implementar estrategias o acciones colectivas (Star y Griesemer 1989). Esta herramienta fue utilizada por la comunidad de práctica para analizar y evaluar la puesta en práctica de estrategias colaborativas para la conservación del azufaifar. La herramienta gráfica diseñada consistió en 4 anillos concéntricos (Fig. 3) basados en 4 niveles de evaluación (en un rango de valoración 0-3) para determinar el grado de predisposición (inexistente, supuesta, reconocida o formalizada) de una o más entidades a involucrarse en la implemen-

tación de la estrategia colaborativa previamente definida (Tabla 2). Los pasos operativos para utilizar dicha herramienta gráfica incluían: 1º) dividir el gráfico en "n" número de entidades involucradas en una determinada estrategia colaborativa; 2º) identificar los nombres de "n" entidades implicadas en la estrategia; y 3º) evaluar la predisposición a colaborar por parte de cada entidad para poner en práctica la estrategia colaborativa acorde a los criterios establecidos en la Tabla 2. Una vez evaluadas las estrategias colaborativas definidas a lo largo del proceso, dos investigadores del equipo se encargaron de coordinar con las entidades identificadas en cada estrategia y realizar un análisis de viabilidad para su implementación.

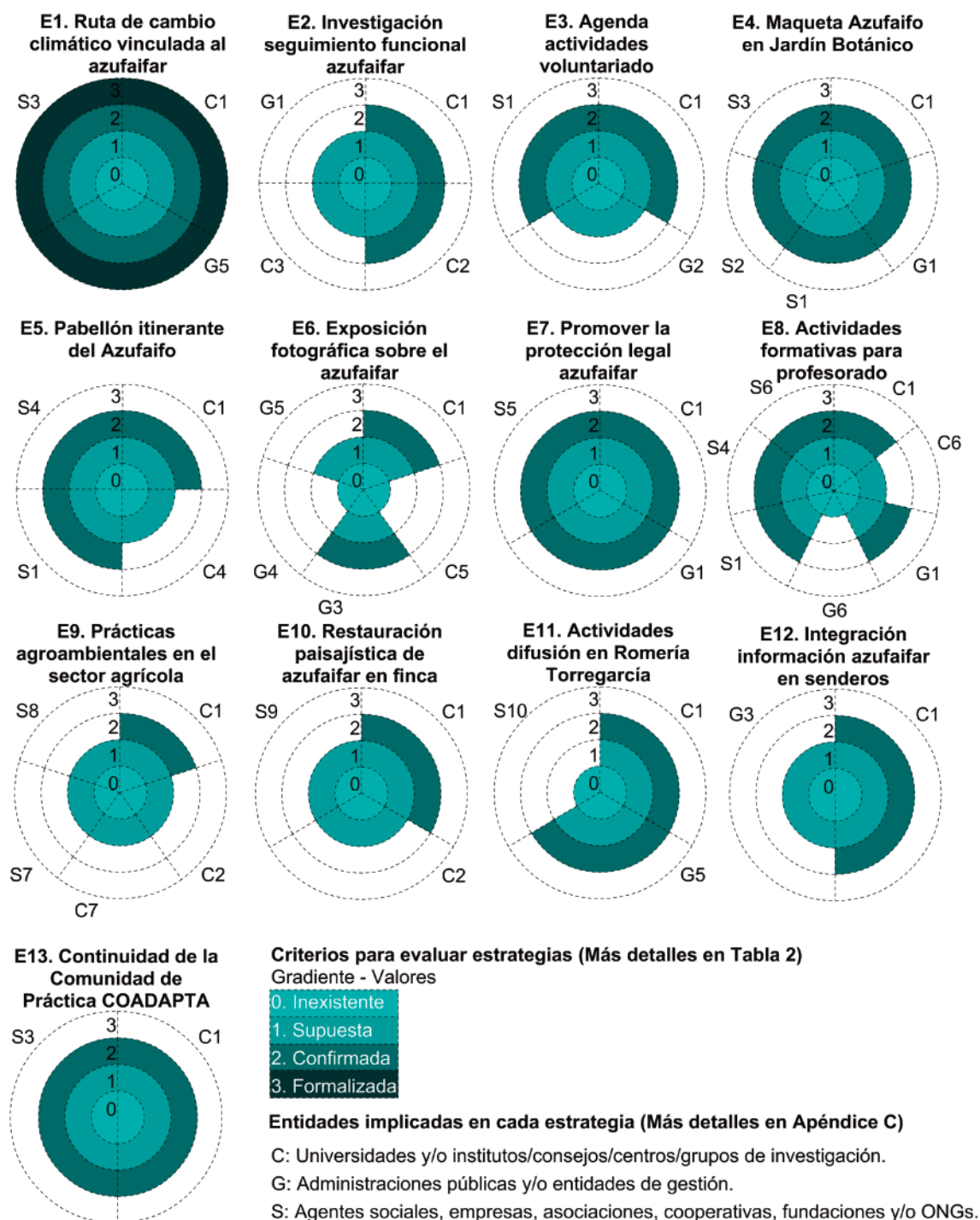


Figura 3. Herramienta gráfica utilizada a modo de objeto frontera para evaluar las estrategias colaborativas definidas en el proceso transdisciplinar y resultados de la evaluación realizada por los participantes acorde a los criterios establecidos en la Tabla 2.

Figure 3. Graphical tool used as a boundary object to evaluate the collaborative strategies defined in the transdisciplinary process and the results of the evaluation carried out by the participants according to the criteria established in Table 2.

Tabla 2. Criterios para la evaluación de las estrategias colaborativas utilizando la herramienta gráfica diseñada durante el proceso transdisciplinar (Fig. 3).
Table 2. Criteria for the evaluation of collaborative strategies using the graphical tool designed during the transdisciplinary process (Fig. 3).

Escala	Descripción	Valores
Inexistente	La predisposición a colaborar de la entidad identificada es inexistente o desconocida por los participantes	0
Supuesta	La predisposición a colaborar de la entidad identificada es conocida por alguna de los participantes pero dicha predisposición no está confirmada por parte de la entidad en cuestión	1
Reconocida	La predisposición a colaborar de la entidad identificada ha sido manifestada por parte del actor/entidad en cuestión	2
Formalizada	La colaboración ha sido formalizada a través de un acuerdo, convenio, etc.	3

Resultados

Evidencias científicas existentes sobre *Z. Lotus* en un marco socio-ecológico

En la búsqueda bibliográfica se encontraron un total de 32 referencias relevantes sobre *Z. lotus* y su hábitat (Apéndice B). En la Tabla 3 se muestra el análisis del estado de conocimiento en torno a las dimensiones que componen el marco conceptual del sistema socio-ecológico adoptado en el estudio (Fig. 2). Las dimensiones del “sistema ecológico” mostraron el área de conocimiento en mejor estado de desarrollo (Tabla 3). Específicamente, el análisis de la dimensión “funciones del ecosistema” mostró estudios centrados principalmente en el papel de las macollas de *Z. lotus* como islas de fertilidad, la dependencia de esta especie del agua subterránea, así como los mecanismos biofísicos que regulan su reclutamiento. En cuanto a la dimensión “controles ambientales”, se identificaron trabajos que revelaban los principales factores abióticos que regulan la biología de esta especie. Por otro lado, la revisión evidenció que las dimensiones relacionadas con el “sistema social” habían recibido menor atención, identificándose áreas de conocimiento incipientes o inexistentes (Tabla 3).

Dentro de este sistema se encontraron varias referencias en torno a las “estrategias políticas y gestión de actuaciones” que se están desarrollando o podrían ponerse en práctica. Entre estas evidencias destacan principalmente la importancia de declarar espacios protegidos para preservar el hábitat y desarrollar actuaciones para mejorar la conectividad de los parches remanentes. También sobresalieron las implicaciones de reconocer la singularidad y necesidad de protección del azufaifar en documentos legales como la Directiva Hábitats o la Directiva Marco de Aguas. En cuanto al resto de dimensiones del sistema social, se encontró una evidencia para “factores socioeconómicos” relacionada con la producción agrícola y un vacío de conocimiento en la dimensión “bienestar humano”. El área del “sistema interacciones” se halló en un estado emergente (Tabla 3). Las evidencias científicas encontradas pusieron de manifiesto el papel del azufaifar como proveedor de servicios de regulación (control de la erosión, regulación hídrica, hábitat para la biodiversidad) y aprovisionamiento (alimentos y componentes para la medicina tradicional). También se abordaron, aunque en menor medida, las principales amenazas originadas por la actividad humana, así como los principios para su restauración.

Estrategias colaborativas identificadas para la conservación del *Z. lotus*

Se definieron y evaluaron 13 estrategias colaborativas para promover la conservación de *Z. lotus* (Fig. 3, Tabla 4). La evaluación de estas estrategias mediante la herramienta gráfica (Fig. 3) reveló diferentes tipos de sinergias y grado de interés por parte de 23 entidades de los ámbitos ciencia, gestión y sociedad (7, 6 y 10 entidades, respectivamente) para poner en práctica dichas estrategias (Apéndice C). A la finalización del estudio, 6 de las estrategias habían sido implementadas y 7 se encontraban en fase de coordinación (Tabla 4).

Evaluación del proceso transdisciplinar

Se recibieron 54 cuestionarios de evaluación del proceso transdisciplinar por parte de los miembros de la comunidad de práctica. En general, los participantes mostraron una actitud positiva hacia el proceso y buena predisposición a continuar trabajando bajo este tipo de esquemas (Fig. 4).

Discusión

La creación y dinamización de un esquema de trabajo transdisciplinar integrado por investigadores, gestores y agentes sociales ha sido un primer paso para promover la transferencia mutua de conocimiento científico, técnico y local sobre el hábitat de *Z. lotus*, con el objetivo de identificar el conocimiento existente en torno a esta especie y su hábitat, y promover estrategias colaborativas ciencia-gestión-sociedad para su conservación. Si bien reconocemos que la continuidad de dicho esquema está supeditada a la inversión de esfuerzo, tiempo y recursos (Ansell y Gash 2007), consideramos que su consolidación es crucial para (1) mejorar el entendimiento del sistema socio-ecológico del azufaifar, (2) promover que el conocimiento científico pueda ser utilizado de forma efectiva en la formulación de políticas y acciones de gestión, y (3) generar valores sociales que contribuyan a su conservación (López-Rodríguez 2016). Por todo lo anterior, consideramos que este tipo de esquemas de trabajo debería estar integrado en marcos institucionales de carácter académico y de gestión pública orientados a la conservación de la biodiversidad. A continuación, discutimos lecciones prácticas aprendidas y presentamos recomendaciones para guiar procesos transdisciplinares similares en otros contextos y ámbitos.

Lagunas de conocimiento y oportunidades de investigación

En la actualidad, la adopción de un enfoque socio-ecológico se considera esencial para orientar la producción de conocimiento científico a los desafíos que plantea el Antropoceno y los procesos de cambio global (Resilience Alliance 2007; Carpenter et al. 2009; Berkes 2017) y ayudar, así, a la sociedad a transitar hacia la sostenibilidad (Ostrom 2009; Pereira et al. 2018). En este estudio, la superposición de las evidencias científicas existentes en torno a *Z. lotus* sobre los sistemas y dimensiones del marco socio-ecológico (Fig. 2) permitió identificar tanto lagunas de conocimiento como nuevas oportunidades de investigación (Tabla 3) desde diferentes perspectivas basadas en la interacción ser humano-naturaleza. Estos resultados señalan que falta evidencia científica sobre cómo las interacciones entre los distintos actores influyen en el estado y administración del ecosistema (Fisher et al. 2015). También se constató que el sistema de interacciones humanos-naturaleza precisaría de más análisis que enriquecieran el estado del conocimiento en este ámbito (Tabla 3). Específicamente, dentro de este sistema, se identificó la existencia de trabajos parciales que describen los servicios de los ecosistemas que proporciona el azufaifar. La ausencia de un conocimiento profundo de los servicios limita la integración de las perspectivas ecológica, social y económica en la gestión de ecosistemas desde una visión multi-sectorial y sostenible (Oteros-Rozas et al. 2012).

Tabla 3. Análisis de evidencias científicas sobre las diferentes dimensiones del sistema socio-ecológico del *Z. lotus*.**Table 3.** Analysis of scientific evidence according to the different dimensions of the socio-ecological system of the *Z. lotus*.

Sistema	Dimensión	Nº de referencias	Periodo	Conceptos clave	Tendencia ¹	Estado del arte del conocimiento científico ²
Ecológico	Funciones del ecosistema	16	2003-2018	Isla de fertilidad Dependencia agua subterránea Reclutamiento	↗↗↗	●
	Controles ambientales	18	1944-2018	Agua Radiación solar Temperatura Fracturas del terreno	↗↗↗	●
Social	Bienestar humano	0	-	-	-	●
	Estrategias políticas y gestión de actuaciones	6	1996-2018	Áreas protegidas Conectividad Directiva Hábitats Directiva Marco del agua	↗↗	●
	Factores socioeconómicos	1	1996	Producción agrícola Control erosión Regulación hídrica	-	●
	Servicios de los ecosistemas	12	1988-2018	Hábitat para la biodiversidad Secuestro carbono Producción de alimentos Medicina tradicional	↗↗	●
Interacciones	Acciones humanas	7	1996-2018	Fragmentación Degradación Pérdida de hábitat Sobreexplotación de acuíferos Restauración	↗	●

¹Últimos 20 años, pendiente de la recta: 0, tendencia inexistente (-); entre 0.001 y 0.033, (↗); entre 0.34 y 0.067 (↗↗); entre 0.068 y 0.1 (↗↗↗).

²Escala de color [Rojo: Área de conocimiento científico inexplorada o incipiente; Amarillo: Área de conocimiento científico emergente; Verde: Área de conocimiento científico en desarrollo].

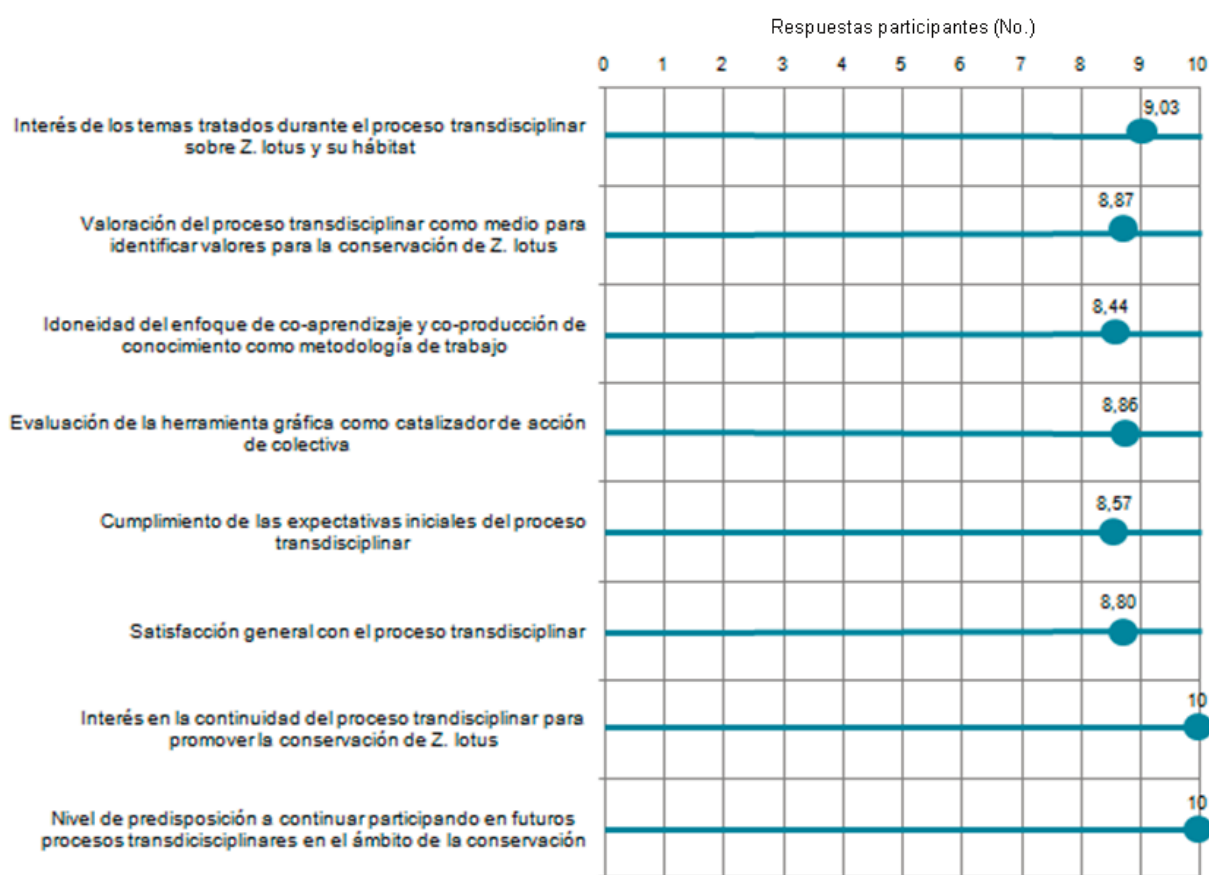
**Figura 4.** Evaluación del proceso transdisciplinar por parte de los participantes en escala de 1-10.**Figure 4.** Evaluation of the transdisciplinary process by the participants on a scale of 1-10.

Tabla 4. Estrategias colaborativas para la conservación de *Z. lotus* identificadas durante el proceso transdisciplinar. Cada estrategia colaborativa incluye entidades involucradas, plazo de desarrollo, fuentes potenciales de financiación, grado de predisposición de cada entidad a involucrarse en la estrategia (Fig. 3) y estado actual de implementación.

Table 4. Collaborative strategies for the conservation of *Z. lotus* identified during the transdisciplinary process. Each collaborative strategy includes entities involved, time frame for development, potential sources of funding, degree of willingness of each entity to be involved (Fig. 3) and the current implementation status.

Estrategia colaborativa	Descripción	Entidades involucradas (Apéndice C)	Plazo para implementar la estrategia	Fuentes potenciales de financiación	Grado de predisposición de las entidades a involucrarse en la estrategia (Fig. 3)	Estado de la estrategia
E1. Ruta de cambio climático vinculada al azufaifar	Diseño y elaboración de un itinerario eco-turístico vinculado al azufaifar para concienciar a la población sobre los efectos del cambio climático y poner en valor el papel que juega esta especie	C1	15/05/2018	Fundación Biodiversidad	3	Implementada
		G5			3	
		S3			3	
E2. Investigación seguimiento funcional azufaifar	Solicitud de fondos para la realización del "Proyecto de investigación sobre seguimiento funcional del azufaifar: ciclo de agua y carbono" en la convocatoria FEDER UAL.	C1	15/05/2018	Convocatoria Fondos FEDER-UAL	2	Implementada
		C2			2	
		C3			1	
		G1			1	
E3. Agenda actividades voluntariado	Curso para establecer una agenda de actividades de voluntariado sobre el ecosistema del azufaifar: Título del curso: "De los artos a la posidonia"	C1	4-8/06/2018	Ayuntamiento El Ejido	2	Implementada
		G2			1	
		S1			2	
E4. Maqueta Azufaifo en Jardín Botánico	Construcción del "Ziglu" en el Jardín Botánico El Albardinal	C1	27/06/2018	Material (AMAYA) Recursos humanos (Todas las entidades)	2	Implementada
		G1			2	
		S1			2	
		S2			2	
E5. Pabellón itinerante del Azufaifo	Diseño y desarrollo de una actividad divulgativa dedicada al azufaifar en la Noche Europea de los Investigadores: "Pabellón del Azufaifo"	C1	28/09/2018	Material (UAL) Recursos humanos (Todas las entidades)	2	Implementada
		C4			1	
		S1			2	
		S4			2	
E6. Exposición fotográfica sobre el azufaifar	Desarrollo de Talleres ("Macro" y "Paisaje") y Exposición de fotografía sobre el azufaifo	C1	2019	Material (UAL) Instalaciones (DTMAOT) Recursos humanos (Todas las entidades)	2	En coordinación
		C5			0	
		G3			2	
		G4			0	
E7. Promover la protección legal azufaifar	Elaboración de informe para la integración de la evidencia científica recopilada durante el proyecto COADAPTA para envío e incorporación en los instrumentos de planificación hidrológica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas	C1	2019	Recursos humanos	2	Implementada
		G1			2	
		S5			2	
		C1			2	
E8. Actividades formativas para profesorado	Diseño y desarrollo de actividades formativas a través del Centro de Profesorado de Almería (curso para profesores, unidad didáctica y actividad "apadrina tu azufaifo")	C6	2019/2020	Recursos humanos (todas las entidades)	1	En coordinación
		G1			2	
		G6			0	
		S4			2	
		S6			2	
		S1			2	
E9. Prácticas agroambientales en el sector agrícola	Implementación de prácticas agroambientales en la empresa agrícola BIOSABOR. Objetivos: Setos como repositorios de entomofauna local para luchar contra las plagas de los invernaderos. Gestión ambiental de las balsas de riego agrícola respetando fauna y flora acuática	C1	2019/2020	Biosabor y otras fuentes	2	En coordinación
		C2			1	
		C7			1	
		S7			1	
		S8			1	
E10. Restauración paisajística de azufaifar en finca agrícola	Construcción de un invernadero demostrativo de gestión ambiental sostenible respetando el <i>Zizihpus lotus</i> y gestión eficiente y sostenible del agua en balsas agrícolas	C1	2019/2020	UAL (Plan Transfiere) para elaborar proyecto	2	En coordinación
		C2			1	
		S9			1	
E11. Actividades difusión en Romería Torregaría	Actividades de difusión dirigidas a los usuarios de la Romería de Torregaría durante la celebración de la romería (folletos)	C1	2019/2020	Recursos humanos UAL	2	En coordinación
		G5			2	
		S10			0	
E12. Integración información azufaifar en senderos preexistentes	Integración del azufaifar como elemento en los senderos pre-existentes de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio	C1	2020/2021	Recursos humanos Fondos públicos Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio	2	En coordinación
		G3			1	
E13. Continuidad de la Comunidad de Práctica COADAPTA	Continuidad de la Comunidad de Práctica COADAPTA	C1	2019/2020	Convocatorias investigación	2	En coordinación
		S3			2	

Asimismo, en relación a las acciones humanas que afectan al azufaifar, se constató que aún queda mucho por conocer acerca de cómo estas acciones interactúan entre sí y cuáles son los umbrales de resiliencia (cf. Holling 1986; cf. Guntenspergen 2014) del ecosistema, en particular bajo un contexto de cambio climático en el que el aumento de temperaturas y la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos condicionan la disponibilidad de agua subterránea para estos ecosistemas semiáridos, poniendo en grave riesgo su conservación. En definitiva, la evaluación del conocimiento existente en torno al azufaifar proporciona una hoja de ruta para aquellos investigadores interesados en generar nuevo conocimiento que contribuya a la conservación de esta especie y su hábitat desde las diferentes perspectivas del enfoque socio-ecológico.

Lecciones derivadas de la puesta en práctica del esquema de trabajo transdisciplinar

La comunicación entre investigadores, gestores y agentes sociales se considera a menudo un cuello de botella para abordar problemas ambientales y trabajar de forma colectiva para la conservación de la biodiversidad (Janse 2008). Para abordar este desafío, creamos un proceso transdisciplinar basado en la combinación de tres condiciones operativas que promovieron el éxito de este esquema de trabajo. Estos factores incluyeron:

1. Generación de un ambiente de confianza. Diversos estudios resaltan que la generación de ambientes de confianza entre investigadores, gestores y agentes sociales ayuda a mejorar la interacción entre ellos, y por tanto, facilitan la transferencia de conocimiento y el trabajo colaborativo entre estos grupos de actores (Ansell y Gash 2007; Schneider y Rist 2014; Holm y Soma 2016). En nuestro caso, la evaluación del proceso transdisciplinar desveló que la combinación de 5 encuentros presenciales (Tabla 1) con el uso de TICs (p. ej. correo electrónico, página web y redes sociales) ayudó a generar proximidad, fomentar relaciones personales y asegurar un flujo constante de comunicación entre los participantes (Sutherland et al. 2011). Por otro lado, la comunicación clara de los objetivos del estudio a los participantes, y la transferencia periódica de resultados para la validación, fueron clave para promover transparencia a lo largo de todo el proceso y un sentido de construcción colectiva de resultados (López-Rodríguez et al. 2015). La combinación de estos factores facilitó la generación progresiva de confianza entre los miembros de la comunidad de práctica. En nuestro estudio, la emergencia de este ambiente de confianza quedó manifiesta con el compromiso adquirido por la mayor parte de los participantes para la puesta en práctica de estrategias colaborativas (Fig. 3, Tabla 4) y su predisposición para continuar participando en el futuro en procesos similares (Fig. 4). A este respecto, consideramos que en el desarrollo de futuros estudios sería apropiado disponer de métodos de estima cuantitativa del nivel de confianza, dada la ausencia generalizada de este tipo de herramientas metodológicas en la literatura científica.

2. Empleo de enfoques de intermediación de conocimiento ciencia-gestión-sociedad. Acorde a las recomendaciones de estudios previos, utilizamos un enfoque de intermediación para facilitar la transferencia de conocimiento entre personas con diferentes ontologías y epistemologías (Pohl et al. 2010). A lo largo del estudio, identificamos que la puesta en práctica de este enfoque requiere investigadores expertos con una amplia gama de habilidades en el ámbito de las ciencias naturales y, muy especialmente, en ciencias sociales (Hering 2016). Aprendimos que la carencia de algunas de estas habilidades puede contribuir a la aparición de conflictos entre los participantes y la generación de desconfianza, poniendo en riesgo el éxito del proceso transdisciplinar. Las habilidades que garantizan la aplicación efectiva de un enfoque de intermediación incluyen experiencia, conocimiento y capacidad para mediar entre los diferentes tipos de pensamiento desde una perspectiva de liberación, aprendizaje y trabajo colectivo, para establecer objetivos comunes en el ámbito de la conservación de la biodiversidad (Pohl et al. 2010).

3. Creación de procesos de co-aprendizaje y co-producción de conocimiento orientados a la obtención de resultados prácticos. El aprendizaje social y construcción conjunta de conocimiento se conciben como herramientas efectivas para facilitar un diálogo constructivo entre investigadores y otros colectivos (Rist et al. 2007). Sobre esta base conceptual, diseñamos el proceso transdisciplinar (Tabla 1) orientado a capacitar a los participantes, por un lado, en el léxico y conceptos relacionados con el enfoque socio-ecológico y, por otro, en el funcionamiento ecológico del azufaifar y su relación con el entorno que le rodea. Como resultado, la comunidad de práctica fue adquiriendo progresivamente nuevas habilidades comunicativas y competencias cognitivas que facilitaron la generación de conocimiento contextual sobre el sistema socio-ecológico (López-Rodríguez et al. 2019). Esto quedó evidenciado a través de las afirmaciones que algunos de los participantes reflejaron en los cuestionarios de evaluación del proceso, p. ej. *“los talleres me han ayudado a aprender el enfoque socio-ecológico y poder comunicar mejor mis ideas”*, y *“durante el proceso he ampliado mi conocimiento sobre el hábitat del azufaifo y los servicios que provee”*. Teniendo en cuenta que en la literatura científica se identifica la obtención de resultados prácticos como uno de los mayores incentivos del trabajo colaborativo ciencia-gestión-sociedad (Dedeurwaerdere et al. 2016), el conocimiento generado a lo largo del proceso lo utilizamos como insumo para el diseño y desarrollo de las estrategias colaborativas orientadas a la conservación de *Z. lotus* (Tabla 4). Esto derivó en el reconocimiento de los enfoques de co-aprendizaje y co-producción de conocimiento como aproximaciones adecuadas para generar conocimiento práctico que contribuya a la conservación de esta especie y su hábitat (Fig. 4).

Un nuevo objeto frontera como catalizador de acción colectiva para la conservación de biodiversidad

La herramienta gráfica diseñada específicamente para evaluar estrategias colaborativas (Fig. 3) ejerció un rol de objeto frontera, al demostrar su capacidad para catalizar el trabajo colectivo en el ámbito de la conservación de la biodiversidad (Fig. 4). Como tal, este objeto frontera contribuyó a que grupos de personas con diferentes ontologías y epistemologías (1) reflexionaran y debatieran de diferente manera a la que están acostumbrados, es decir, desde un enfoque de trabajo colaborativo, y (2) asumieran responsabilidades para la puesta en práctica de estrategias colaborativas que contribuyeran a la conservación del azufaifar (Tabla 4). Como resultado, la herramienta contribuyó a que los participantes formalizaran su colaboración para la puesta en práctica de 7 estrategias que fueron implementadas una vez finalizado el proceso (Tabla 4). Un ejemplo de estrategia colaborativa fue la elaboración de la Ruta de Cambio Climático vinculada al azufaifar (Fig. 3, E1). Esta estrategia fue concebida como producto principal del proceso transdisciplinar, ya que todos los contenidos de la misma fueron desarrollados por la comunidad de práctica a lo largo del mismo (Tabla 4). Se trata de un itinerario eco-turístico orientado a poner en valor el hábitat de *Z. lotus* dando a conocer su problemática asociada al cambio climático en la zona semiárida almeriense. Esta ruta ha quedado señalizada en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (Fig. 1) y fue dotada de códigos QR y elementos de realidad aumentada, para que cualquier persona interesada pueda acceder a sus contenidos (http://www.caescg.org/ruta_cambio_climatico/). Mientras que la puesta en práctica de esta estrategia colaborativa fue posible por la disponibilidad de recursos económicos (Tabla 4), la implementación de otras de las estrategias identificadas (p. ej. E9 y E10, Fig. 3, Tabla 4) quedó limitada por no disponer de los mismos. Estas estrategias se quedaron en fase de coordinación a la espera de la adquisición de financiación para su puesta en práctica. Reconociendo que la implementación de acciones de conservación en muchos casos está condicionada por la inversión de esfuerzos económicos (Tinch et al. 2016), los resultados del estudio también demostraron que la implementación de gran parte de estrategias colaborativas (p. ej. E4 y E5, Fig. 3, Tabla 4) dependía únicamente de la alineación y coordinación de las funciones diarias de las diferentes entidades, siendo requeridos principalmente re-

cursos humanos para su puesta en práctica. Lo anterior sugiere que la herramienta gráfica u objeto frontera ayudó a que los miembros de la comunidad de práctica visualizaran las estrategias desde un enfoque “ganador-ganador”, lo que fue un factor clave para promover la colaboración (PSI-connect 2012).

El objeto frontera descrito en este estudio podría ser adaptado a otros contextos para promover la acción colectiva orientada a la conservación de la biodiversidad. A pesar de que los objetos frontera son recomendados como un método común para esquemas de trabajo transdisciplinarios (Vinck et al. 1996), existen pocos estudios empíricos que evidencien el uso de este tipo de objetos como catalizadores de trabajo colaborativo ciencia-gestión-sociedad (p.ej. López-Rodríguez et al. 2015; Steger et al. 2018). Mientras este estudio contribuye a avanzar en esta dirección, se requieren futuras investigaciones para el desarrollo de nuevos objetos frontera que contribuyan a promover una cultura de responsabilidad compartida para pasar a la acción colectiva en el ámbito de la conservación de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas.

Conclusiones

Este estudio demuestra empíricamente que desarrollo del esquema de trabajo transdisciplinar facilitó que investigadores, gestores y agentes sociales aportaran conocimiento desde diferentes disciplinas, ámbitos y sectores, y trabajasen conjuntamente para promover la conservación del hábitat prioritario 5220. A lo largo del estudio identificamos (1) lagunas de conocimiento y oportunidades de investigación en torno a *Z. lotus* y su hábitat, que pretenden servir de hoja de ruta para generar conocimiento científico que contribuya a su conservación, y (2) diversos aspectos operativos que facilitaron el éxito de este esquema de trabajo. Entre estos aspectos destacaron: (i) generación de ambientes de confianza y entendimiento mutuo entre investigadores, gestores y agentes sociales para promover el trabajo colaborativo; (ii) empleo de enfoques de intermediación de conocimiento por investigadores con habilidades transdisciplinarias, y (iii) creación de procesos deliberativos basados en enfoques de co-aprendizaje y co-producción de conocimiento orientados a la obtención de resultados prácticos. Como elemento clave del proceso transdisciplinar, destacamos el rol de una herramienta gráfica u objeto frontera que diseñamos específicamente para este proceso y que actuó como catalizador de acción colectiva en el ámbito de la conservación de la biodiversidad. Reconocemos que los esquemas de trabajo transdisciplinarios deben de ser considerados como procesos iterativos, abiertos y continuos, que evolucionan y cambian con el tiempo mediante el fortalecimiento de la colaboración entre agentes del ámbito académico, político y social. Si bien este estudio aporta evidencias derivadas de un caso particular, consideramos que esas evidencias proporcionan una orientación contextual útil para diseñar futuras experiencias transdisciplinarias en otros contextos y sectores.

Agradecimientos

A los investigadores, gestores y agentes sociales que voluntariamente participaron en el estudio, por su conocimiento, esfuerzo e implicación para sumar esfuerzos en la conservación de *Z. lotus*. Esta investigación transdisciplinar ha sido financiada por el Ministerio para la Transición Ecológica, a través de la Fundación Biodiversidad (Proyecto COADAPTA, CA_CC_2016), y se apoya en los resultados obtenidos en el Proyecto LIFE Adaptamed (LIFE14349 CCA/ES/000612), y la beca predoctoral FPU de Trinidad Torres, (16/02214, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades)

Referencias

Andalucía 2012. Decreto 493/2012, de 25 de septiembre, por el que se declaran determinados lugares de importancia comunitaria como Zonas Especiales de Conservación de la Red Ecológica Europea Natura 2000 en la Comunidad Autónoma de Andalucía. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, núm. 22, de 11 de Octubre de 2012, páginas 7 a 35.

- Angelstam, P., Andersson, K., Annerstedt, M., Axelsson, R., Elbakidze, M., Garrido, P., et al. 2013. Solving problems in social-ecological systems: Definition, practice and barriers of transdisciplinary research. *Ambio* 42(2), 254–265.
- Ansell, C., Gash, A. 2007. Collaborative Governance in Theory and Practice. *Journal of Public Administration Research and Theory* 18(4), 543–571. <http://doi.org/10.1093/jopart/mum032>
- Badano, E.I., Pugnaire, F.I. 2004. Invasion of Agave species (Agavaceae) in south-east Spain: invader demographic parameters and impacts on native species. *Diversity and Distributions* 10:493-500.
- Bradburn, N., Sudman, S., Wansink, B. 2004. Asking questions: a practical guide to questionnaire design. *Comput Environ Urban Syst* 14(1):72. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/019897159090052U>.
- Berkes, F. 2017. Environmental Governance for the Anthropocene? Social-Ecological Systems, Resilience, and Collaborative Learning. *Sustainability* 9 (7), 1232. <http://doi.org/10.3390/su9071232>.
- Berkes, F., Folke, C., Colding, J. 2000. *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Cash, D.W., Clark, W.C., Alcock, F., Dickson, N.M., Eckley, N., Guston, D.H., et al. 2003. Knowledge systems for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100(14), 8086–8091. <http://doi.org/10.1073/pnas.1231332100>
- Cancio, I., González-Robles, A., Bastida, J.M., Manzaneda, A.J., Salido, T., Rey, P.J. 2016. Habitat loss exacerbates regional extinction risk of the keystone semiarid shrub *Ziziphus lotus* through collapsing the seed dispersal service by foxes (*Vulpes vulpes*). *Biodiversity and Conservation* 25:693-709.
- Cancio, I., González-Robles, A., Bastida, J.M., Isla, J., Manzaneda, A.J., Salido, T., Rey, P.J. 2017. Landscape degradation affects red fox (*Vulpes vulpes*) diet and its ecosystem services in the threatened *Ziziphus lotus* scrubland habitats of semiarid Spain. *Journal of Arid Environments* 145:24-34.
- Carpenter, S.R., Mooney, H.A., Agard, J., Capistrano, D., DeFries, R.S., Díaz, S., Dietz, T. et al. 2009. Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 1305-1312.
- Chapin, F.S., Folke, C., Kofinas, G.P. 2009. A Framework for understanding change. En: Folke, C., Kofinas, G.P., Chapin, F.S. (eds.), *Principles of ecosystem stewardship: resilience-based natural resource management in a changing world*, pp. 3-28. Springer New York, New York, NY, Estados Unidos.
- Dedeurwaerdere, T., Admiraal, J., Beringer, A., Bonaiuto, F., Cicero, L., Fernandez-Wulff, P., et al. 2016. Combining internal and external motivations in multi-actor governance arrangements for biodiversity and ecosystem services. *Environmental Science and Policy* 58:1–10
- EU 1992. Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. *DOCE*, núm. 206, de 22 de julio de 1992, páginas 7 a 50.
- Fazey, I., McQuie, A. 2005. Applying conservation theory in natural areas management. *Ecol Manage Restor* 6(2):147–149.
- Fischer, J., Gardner, T.A., Bennett, E.M., Balvanera, P., Biggs, R., Carpenter, S., et al. 2015. Advancing sustainability through mainstreaming a social-ecological systems perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14: 144–149.
- Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. 2015. Social metabolism: a metric for biophysical growth and degrowth. En: Juan Martínez Alier y Roldan Muradian (eds.): *Handbook of ecological economics*. pp. 100–138. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, Reino Unido.
- Guirado, E., Alcaraz-Segura, D., Rigol-Sánchez, J.P., Gisbert, J., Martínez-Moreno, F.J., et al. 2018. Remote-sensing-derived fractures and shrub patterns to identify groundwater dependence. *Ecohydrology* 11:6. doi: <https://doi.org/10.1002/eco.1933>.
- Guirado, E., Blanco-Sacristán, J., Rigol-Sánchez, J.P., Alcaraz-Segura, D., Y Javier Cabello. 2019. A Multi-Temporal Object-Based Image Analysis to Detect Long-Lived Shrub Cover Changes in Drylands. *Remote Sensing* 11, 2649; <http://doi.org/10.3390/rs11222649>
- Guntenspergen, G.R. (Ed.). 2014. *Application of threshold concepts in natural resource decision making*. Springer New York, New York, NY, Estados Unidos.
- Hegger, D., Lamers, M., Van Zeijl-Rozema, A., Dieperink, C. 2012. Conceptualising joint knowledge production in regional climate change adaptation projects: success conditions and levers for action. *Environ Science and Policy* 18:52–65

- Hering, J.G. 2016. Do we need 'more research' or better implementation through knowledge brokering? *Sustainability Science* 11(2):363–369
- Hirsch Hadorn, G., Hoffmann-Riem, H., Biber-Klemm, S., Grossenbacher-Mansuy, W., Joye, D., et al. 2008. Designing the urban: Linking physiology and morphology. *Handbook of Transdisciplinary Research*. http://doi.org/10.1007/978-1-4020-6699-3_5
- Holling, C.S. 1986. The resilience of terrestrial ecosystems; local surprise and global change. En: Clark, W.C., Munn R.E. (eds.), *Sustainable development of the biosphere*. pp. 292-317. Cambridge University Press. Cambridge. Reino Unido.
- Holm, P., Soma, K. 2016. Fishers' information in governance — a matter of trust. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 18: 115-121.
- Janse, G. 2008. Communication between forest scientists and forest policy-makers in Europe – a survey on both sides of the science/policy interface. *Forest Policy and Economics* 10 (3) 183–194, <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2007.10.001>.
- Lang, D.J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Swilling, M., Thomas, C.J. 2012. Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges. *Sustainability Science* 7(SUPPL. 1), 25–43. <http://doi.org/10.1007/s11625-011-0149-x>
- Le Houérou, H.N. 2006. Agroforestry and Silvopastoralism: The Role of Trees and Shrubs (Trubs) in Range Rehabilitation and Development. *Science et Changements Planétaires/Sécheresse* 17(1): 343-348.
- López-Rodríguez, M.D., Castro, A.J., Castro, H., Jorreto, S., Cabello, J. 2015. Science–policy interface for addressing environmental problems in arid Spain. *Environmental Science and Policy* 50: 1-14.
- López-Rodríguez, M.D. 2016. *Science - policy interfaces in the area of environmental governance: empirical tests for its methodological development* (Tesis doctoral). Universidad de Almería, Almería, España
- López-Rodríguez, M.D., Cabello, J. Castro, H., Rodríguez, J. 2019. Social Learning for facilitating Dialogue and Understanding of the Ecosystem Services Approach: Lessons from a Cross-Border Experience in the Alboran Marine Basin. *Sustainability* 11(19), 5239; <https://doi.org/10.3390/su11195239>
- Maraghi, M., Gorai, M., Neffati, M. 2011. The influence of water-deficit stress on growth, water relations and solute accumulation in wild jujube (*Ziziphus lotus*). *Journal of Ornamental and Horticultural Plants* 1:63-72.
- Marshall, M. 1996. Sampling for qualitative research. *Family Practice* 13(6): 522–525.
- Mendoza-Fernández, A.J., Martínez-Hernández, F., Pérez-García, F.J., Garrido-Becerra, J.A., Benito, B.M., Salmerón-Sánchez, E., et al. 2015. Extreme habitat loss in a Mediterranean habitat: *Maytenus senegalensis* subsp. *europaea*. *Plant Biosystems* 149:503-511.
- MEA (Millennium Ecosystems Assessment) 2005. *Ecosystem and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Mota, J.F., Peñas, J., Castro, H., Cabello, J., Guirado, J.S. 1996. Agricultural development vs biodiversity conservation: The Mediterranean semiarid vegetation in El Ejido (Almería, southeastern Spain). *Biodiversity and Conservation* 5:1597-1617.
- Ostrom, E. 2009. A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science* 325: 419-422.
- Oteros-Rozas, E., González, J.A., Martín-López, B., López, C.A., Zorrilla-Miras, P., Montes, C. 2012. Evaluating ecosystem services in transhumance cultural landscapes. An interdisciplinary and participatory framework. *GAIA - Ecological Perspectives on Science and Society* 21:185-193.
- Pereira, Laura M., Karpouzoglou, T., Frantzeskaki, N., Olsson, P. 2018. Designing transformative spaces for sustainability in social-ecological systems. *Ecology and Society* 23 (4). <http://doi.org/10.5751/ES-10607-230432>.
- Pohl, C., Rist, S., Zimmermann, A., Fry, P., Gurung, G.S., Schneider, F., et al. 2010. Researchers' Roles in Knowledge Co-Production: Experience from Sustainability Research in Kenya, Switzerland, Bolivia and Nepal. *Sci. Public Policy* 37 (4), 267–281. <https://doi.org/10.3152/030234210X496628>.
- PSI-connect 2012. *Collaborative tools and processes for connecting policy and science. Hand on approach*. Final report 1-24. PSI-connect project. Disponible en: <https://cordis.europa.eu/docs/results/226/226915/final-1226915-1136603-15194-a4-20p-brochure-aug-12lowres.pdf>
- Pullin, A.S., Knight, T.M. 2003. Nature conservation support for decision making in conservation practice: an evidence-based approach. *Journal for Nature Conservation* 90:83–90
- Resilience Alliance 2007. *Assessing resilience in social-ecological systems: Workbook for practitioners. Version 2.0*. Disponible en: https://www.resalliance.org/files/ResilienceAssessmentV2_2.pdf
- Rey, P.J., Cancio, I., Manzaneda, A.J., González-Robles, A., Valera, F., Salido, T., Alcántara, J.M. 2018. Regeneration of a keystone semiarid shrub over its range in Spain: habitat degradation overrides the positive effects of plant–animal mutualisms. *Plant Biology* 20:1083-1092.
- Rist, S., Chidambaranathan, M., Escobar, C., Wiesmann, U., Zimmermann, A. 2007. Moving from Sustainable Management to Sustainable Governance of Natural Resources: The Role of Social Learning Processes in Rural India, Bolivia and Mali. *Journal of Rural Studies* 23, 23–37.
- Roux, D.J., Rogers, K.H., Biggs, H.C., Ashton, P.J., Sergeant, A. 2006. Bridging the science–management divide: moving from unidirectional knowledge transfer to knowledge interfacing and sharing. *Ecology and Society* 4. <https://doi.org/10.5751/ES-01643-11010>
- Rudd, M.A. 2011. How Research-Prioritization Exercises Affect Conservation Policy. *Conservation biology* 25(5):860–866
- Sánchez-Gómez, P., Carrión, M.A., Hernández, A., Guerra, J. 2003. *Libro Rojo de la Flora Silvestre protegida de la Región de Murcia*. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, Murcia, España.
- Sanjaume E., Gracia, F.J. (Eds.). 2011. *Las dunas en España*. Sociedad Española de Geomorfología. Puerto Real, Cádiz, España.
- Schneider, F., Giger, M., Harari, N. Moser, S. Oberlack, C., Providoli, I., Schmid, L., et al. 2019. Transdisciplinary Co-Production of Knowledge and Sustainability Transformations: Three Generic Mechanisms of Impact Generation. *Environmental Science and Policy* 102(October): 26–35.
- Schneider, F., Rist, S. 2014. Envisioning Sustainable Water Futures in a Transdisciplinary Learning Process: Combining Normative, Explorative, and Participatory Scenario Approaches. *Sustainability Science* 9, 463–481.
- Spangenberg, J.H. 2011. Sustainability science: a review, an analysis and some empirical lessons. *Environmental Conservation* 38(3), 275–287. <http://doi.org/10.1017/S0376892911000270>
- Star, S.L., Griesemer, J. 1989. Institutional ecology, 'Translations', and Boundary objects: Amateurs and professionals on Berkeley's museum of vertebrate zoology. *Social Studies of Science* 19:387-420.
- Steger C., Hirsch S., Evers C., Branoff B., Petrova M., Nielsen-Pincus M., Wardropper C., van Riper C.J. 2018. Ecosystem services as boundary objects for transdisciplinary collaboration. *Ecological Economics* 143:153–160. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.07.016>.
- Sutherland, W.J., Fleishman, E., Mascia, M.B., Pretty, J., Rudd, M.A. 2011. Methods for collaboratively identifying research priorities and emerging issues in science and policy. *Methods in Ecology and Evolution* 2(3), 238–247. <http://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00083.x>
- Tengberg, A., Chen, D. 1998. A comparative analysis of nebkhas in central Tunisia and northern Burkina Faso. *Geomorphology* 22:181-192.
- Tinch, R., Balian, E., Carss, D., de Blas, D.E., Geamana, N.A., Heink, U., et al. 2016. Science-policy interfaces for biodiversity: dynamic learning environments for successful impact. *Biodiversity and Conservation*. <http://doi.org/10.1007/s10531-016-1155-1>
- 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, España. 68p.
- Tirado, R., Pugnaire F.I. 2003. Shrub spatial aggregation and consequences for reproductive success. *Oecologia* 136, 296-301.
- Vinck, D., Jeantet, A., Laureillard, P. 1996. Objects and Other Intermediaries in the Sociotechnical Process of Product Design: an exploratory approach. En: Perrin, J., Vinck, D. (eds), *The role of design in the shaping of technology*, pp. 297-320, COST A4 Social Sciences, vol. 5, EC Directorate General Science, R and D. Bruselas, Bélgica.
- Wenger, E. 2000. Communities of Practice and Social Learning Systems. *Organization* 7, 225–246.
- Wyborn, C. 2015. Connectivity conservation: boundary objects, science narratives and the co-production of science and practice. *Environmental Science and Policy* 51:292–303.

Apéndice A. Appendix A

Tabla A1. Criterios establecidos para analizar el número de publicaciones científicas existentes sobre el hábitat prioritario de *Z. lotus* y clasificarlas en función de la tendencia de publicación y el estado del arte del conocimiento científico para cada dimensión.

Table A1. The criteria established to analyze the number of existing scientific publications concerning the habitat of *Z. lotus* as well as classifying them according to the trend of publication and their current status.

Número de publicaciones identificadas (1944 - 2018)		Tendencia de publicación (1998 - 2018)	
Número	Puntuación	Pendiente de la recta	Puntuación
0	0	0	0 (-)
1 - 5	1	0.001 - 0.033	1 (↗)
6 - 11	2	0.034 - 0.067	2 (↗↗)
12 - 18	3	0.068 - 0.100	3 (↗↗↗)

Escala de color para evaluar el estado del arte del conocimiento científico	Puntuación publicaciones identificadas + puntuación tendencia temporal
Rojo (Área de conocimiento científico inexplorada o incipiente)	0 - 2
Amarillo (Área de conocimiento científico emergente)	3 - 4
Verde (Área de conocimiento científico en desarrollo)	5 - 6

Apéndice B. Appendix B

Tabla B1. Evidencias científicas identificadas sobre *Z. lotus* y su hábitat en el proceso de revisión bibliográfica.

Tabla B1. Scientific evidence identified about *Z. lotus* and its habitat during the literature review process.

Referencia bibliográfica (Apéndice B2)	Escala de estudio	Conocimiento generado	Implicaciones para la gestión	Dimensiones del sistema socio-ecológico (Fig. 2)						
				Sistema social			Sistema ecológico		Interacciones	
				Bienestar	Estrategias	Factores	Funciones	Controles ambientales	Servicios	Acciones humanas
Rivas Goday y Bellot Rodríguez 1944	Cabo de Gata (Almería)	Se describe por primera vez en España la composición y estructura de la comunidad vegetal (en dunas).						✓		
Rivas Goday y Esteve 1959	SE España	Se describe la composición y estructura de la comunidad vegetal en acantilados litorales.	Manejo y restauración del hábitat.					✓		
Fernández Casas 1970	SE España	Se describe la composición y estructura de la comunidad vegetal con dominancia de <i>Maytenus senegalensis</i> .	Manejo y restauración del hábitat.					✓		
Esteve 1973	SE España	Se describe la composición y estructura de la comunidad vegetal en ramblas.	Manejo y restauración del hábitat.					✓		
Rivera Núñez et al. 1988	SE España	Aparecieron improntas de semillas y hojas de <i>Z. lotus</i> en cerámicas y adobes del yacimiento argárico de Almendricos (Murcia).	Propiedades medicinales y nutritivas para poner en valor el hábitat a la sociedad.						✓	
Mota et al. 1996	SW Almería	Entre 1957 y 1994, la agricultura intensiva bajo plástico y la urbanización produjeron una pérdida del 91.5% del hábitat y de la biodiversidad vegetal.	Es necesaria la aplicación efectiva de las regulaciones existentes.		✓	✓				✓
Rivera Núñez et al. 1996	Murcia	Se han encontrado los huesos de frutos de <i>Z. lotus</i> en yacimientos arqueológicos de la Región de Murcia.	Propiedades medicinales y nutritivas para poner en valor el hábitat a la sociedad.						✓	
Tengberg y Chen 1998	Túnez	Describen los nebkhas (montículos de sedimentos arenosos alrededor de los arbustos) en <i>Z. lotus</i> .	Peculiaridad geomorfológica con potencial educativo y para poner en valor el hábitat a la sociedad.						✓	✓
Rivas-Martínez et al. 2001	España	Clasificación fitosociológica del hábitat.	Manejo y restauración del hábitat.					✓		
Tirado y Pugnaire 2003	Cabo de Gata (Almería)	<i>Z. lotus</i> facilita la supervivencia y reproducción de otras especies como <i>Asparagus albus</i> .	Manejo y restauración del hábitat.				✓			
Tirado y Pugnaire 2005	Cabo de Gata (Almería)	La facilitación es un proceso relevante en la conformación este hábitat, sometido a fuertes limitaciones ambientales.	Manejo y restauración del hábitat.				✓			
Tirado 2009	España	<i>Z. lotus</i> crea islas de fertilidad en ambientes mediterráneos semiáridos y facilita la supervivencia, crecimiento y éxito reproductivo de otros arbustos.	Manejo y restauración del hábitat.		✓		✓	✓	✓	✓
Borgi et al. 2009	Experimental	Usada tradicionalmente para tratar problemas intestinales y otros.	Propiedades medicinales y nutritivas para poner en valor el hábitat a la sociedad.						✓	

Tabla B1 (continuación). Evidencias científicas identificadas sobre *Z. lotus* y su hábitat en el proceso de revisión bibliográfica.**Tabla B1 (continuation).** Scientific evidence identified about *Z. lotus* and its habitat during the literature review process.

Referencia bibliográfica (Apéndice B2)	Escala de estudio	Conocimiento generado	Implicaciones para la gestión	Dimensiones del sistema socio-ecológico (Fig. 2)							
				Sistema social			Sistema ecológico		Interacciones		
				Bienestar	Estrategias	Factores	Funciones	Controles ambientales	Servicios	Acciones humanas	
Benammar et al. 2010	Experimental	Propiedades inmunosupresoras en extractos de semillas.	Propiedades medicinales y nutritivas para poner en valor el hábitat a la sociedad.							✓	
Gorai et al. 2010	Túnez	<i>Z. lotus</i> tolera el estrés mediante la disminución en su potencial hídrico, permitiéndole estar activo en verano.					✓		✓		
Maraghni et al. 2010	Túnez	Germinación óptima: 35° C y profundidad de 2 cm en suelo húmedo (> 4 cm no emergen). El % germinación disminuye cuando crece el estrés hídrico. La escarificación mecánica del endocarpo es necesaria.	Producción de nuevas plántulas.				✓		✓		
Maraghni et al. 2011	Túnez	El estrés por déficit hídrico reduce el crecimiento, afectando más al de brotes que al de raíces se aumenta la asignación de materia a raíces. Hojas sometidas a estrés producen respectivamente 1.5 y 15 veces más azúcares solubles y prolina, que permiten el ajuste osmótico.	Cantidad mínima de agua que deben de disponer las plántulas reintroducidas.				✓		✓		
Oliet et al. 2012	SE Almería	La plantación en profundidad (15 cm bajo la superficie) con protección aumenta el éxito de establecimiento.	Método de plantación.				✓		✓		
Zouaoui et al. 2013	Túnez	Las semillas toleran cierto estrés hídrico (-1 MPa). Germinación del 17%.	Producción de nuevas plántulas.				✓		✓		
Rsaissi et al. 2013	Experimental	Germinación óptima: 35°C y profundidad de 1-5 cm. Multiplicación vegetativa por raíces muy alta, disminuyendo al aumentar la profundidad de enterramiento (óptima: 5 cm)	Producción de nuevas plántulas.				✓		✓		
Haderbache et al. 2013	Argelia	Su miel es una fuente alimenticia de calidad y puede ser un importante recurso económico en zonas semiáridas.	Propiedades medicinales y nutritivas para poner en valor el hábitat a la sociedad.							✓	
Maraghni et al. 2014a	Túnez	Adaptación al estrés por sequía severa: acumulación de solutos (azúcares solubles y prolina, que permiten el ajuste osmótico), principalmente en hojas y activación de enzimas de eliminación de radicales libres, mayor en raíces.					✓		✓		
Maraghni et al. 2014b	Túnez	El % germinación disminuye con la salinidad, tolerando una salinidad moderada (agua destilada: 98% -1MPa: 39%).	Calidad del agua para la germinación.				✓		✓		

Tabla B1 (continuación). Evidencias científicas identificadas sobre *Z. lotus* y su hábitat en el proceso de revisión bibliográfica.**Tabla B1 (continuation).** Scientific evidence identified about *Z. lotus* and its habitat during the literature review process.

Referencia bibliográfica (Apéndice B2)	Escala de estudio	Conocimiento generado	Implicaciones para la gestión	Dimensiones del sistema socio-ecológico (Fig. 2)							
				Sistema social			Sistema ecológico		Interacciones		
				Bienestar	Estrategias	Factores	Funciones	Controles ambientales	Servicios	Acciones humanas	
Mendoza-Fernández et al. 2015	España	Entre 1957 y 2011, la agricultura intensiva bajo plástico y la urbanización produjeron una pérdida del hábitat del 43% y la fragmentación se multiplicó por 18, así como el aislamiento entre manchas.	Es necesaria la aplicación efectiva de las regulaciones existentes.								✓
Cancio et al. 2016	España	El zorro es el principal dispersor y estimulador de la germinación de semillas. La pérdida severa de hábitat colapsa la dispersión.	La regeneración natural del hábitat requiere el mantenimiento del área actual y aumento en las poblaciones con dispersión colapsada.		✓		✓			✓	✓
González-Robles et al. 2016	España	Marcadores genéticos útiles para estudiar variación y estructura genética de las poblaciones y los flujos génicos.	Diseño de medidas de conservación.								
Abdoul-Azize 2016	Revisión	Distintas partes se emplean en nutrición (miel, té, mermeladas, zumos, aceites...) sus frutos tienen propiedades antioxidantes, antimicrobianas, inmunosupresivas y anti-inflamatorias.	Propiedades medicinales y nutritivas para poner en valor el hábitat a la sociedad.							✓	
Cancio et al. 2017	España	El zorro es vital para el mantenimiento de las funciones del ecosistema (control de conejos y dispersión semillas).	Se requiere una área mínima de ecosistema para que tengan lugar procesos y funciones.		✓		✓	✓	✓	✓	✓
Rais et al. 2017	Marruecos	Para mantener el potencial osmótico ante estrés hídrico, se acumula compuestos como nitrógeno, prolina y carbohidratos solubles.	Las habilidades adaptativas, el desarrollo, y la distribución en zonas distintas se debe a la distinta acumulación de compuestos.				✓	✓		✓	
Guirado et al. 2018	SE Almería	Se evidencia la dependencia del agua subterránea, ubicándose cerca de fallas.	Se propone la protección del hábitat bajo la Directiva Marco del Agua.		✓		✓	✓			
Rey et al. 2018	España	La degradación del hábitat es el factor que limita el establecimiento de nuevos individuos. Las poblaciones se mantienen por la alta longevidad de los adultos.	Es necesaria la aplicación efectiva de las regulaciones existentes.		✓		✓	✓			✓
Belmaghraoui et al. 2018	Experimental	El contenido fenólico y flavonoide total, así como la actividad antioxidante y antimicrobiana indican que sus frutos son una fuente de compuestos fenólicos beneficiosos para la salud y nutrición humanas.	Destacar sus propiedades medicinales y nutritivas para poner en valor el hábitat a la sociedad.							✓	
TOTAL				0	6	1	16	18	12	7	

Referencias (Tabla B1)

- Abdoul-Azize, S. 2016. Potential benefits of jujube (*Zizyphus lotus* L.) bioactive compounds for nutrition and health. *Journal of Nutrition and Metabolism* 2016:2867470. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/2867470>.
- Belmaghraoui, W., El Madani, N., Manni, A., Harir, M., Filali-Maltouf, A., El Hajjaji, S., El atni, O.K. 2018. Total phenolic and flavonoid content, antioxidant and antibacterial activity of *Zizyphus lotus* from morocco. *Pharmacology* 3:176-183.
- Benammar, C., Hichami, A., Yessoufou, A. Simonin, A.M., Belarbi, M., Allali, H., Khan, N.A. 2010. *Zizyphus lotus* L. (Desf.) modulates antioxidant activity and human T-cell proliferation. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 10:54.
- Borgi, W., Chouchane, N. 2009. Anti-spasmodic effects of *Zizyphus lotus* (L.) Desf. extracts on isolated rat duodenum. *Journal of Ethnopharmacology* 126:571-573.
- Cancio, I., González-Robles, A., Bastida, J.M., Manzaneda, A.J., Salido, T., Rey, P.J. 2016. Habitat loss exacerbates regional extinction risk of the keystone semiarid shrub *Zizyphus lotus* through collapsing the seed dispersal service by foxes (*Vulpes vulpes*). *Biodiversity and Conservation* 25:693-709.
- Cancio, I., González-Robles, A., Bastida, J.M., Isla, J., Manzaneda, A.J., Salido, T., Rey, P.J. 2017. Landscape degradation affects red fox (*Vulpes vulpes*) diet and its ecosystem services in the threatened *Zizyphus lotus* scrubland habitats of semiarid Spain. *Journal of Arid Environments* 145:24-34.
- Esteve, F. 1973. *Vegetación y flora de las regiones central y meridional de la provincia de Murcia*. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia, España. 451 pp.
- Fernández Casas, J. 1970. Notas sobre vegetación. *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada* 49:111-120.
- González-Robles, A., Manzaneda, A.J., Bastida, J.M., Harvey, N., Jaime, R., Salido, S., Martínez, L.M., Fernández-Ocaña, A., Alcántara, J.M., Rey, P.J. 2016. Development and characterization of microsatellite primers in the endangered mediterranean shrub *Zizyphus lotus* (Rhamnaceae). *Applications in Plant Sciences* 4:1600092. <http://dx.doi.org/10.3732/apps.1600092>.
- Gorai, M., Maraghi, M., Neffati, M. 2010. Relationship between phenological traits and water potential patterns of the wild jujube *Zizyphus lotus* (L.) Lam. in southern Tunisia. *Plant Ecology and Diversity* 3:273–280.
- Guirado, E., Alcaraz-Segura, D., Rigol-Sánchez, J.P., Gisbert, J., Martínez-Moreno, F.J., Galindo-Zaldívar, J., González-Castillo, L., Cabello, J. 2018. Remote-sensing-derived fractures and shrub patterns to identify groundwater dependence. *Ecohydrology* 11:e1933. <https://doi.org/10.1002/eco.1933>.
- Haderbache, L., Bousdira, M., Mohammedi, A. 2013. *Zizyphus lotus* and *Euphorbia bupleuroides* Algerian honeys. *World Applied Sciences Journal* 24:1536-1543.
- Maraghi, M., Gorai, M., Neffati, M. 2010. Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Zizyphus lotus*. *South African Journal of Botany* 76:453-459.
- Maraghi, M., Gorai, M., Neffati, M. 2011. The influence of water-deficit stress on growth, water relations and solute accumulation in wild jujube (*Zizyphus lotus*). *Journal of Ornamental and Horticultural Plants* 1:63-72.
- Maraghi, M., Gorai, M., Neffati, M., Van Labeke, M. C. 2014a. Differential responses to drought stress in leaves and roots of wild jujube, *Zizyphus lotus*. *Acta Physiologiae Plantarum* 36:945-953.
- Maraghi, M., Neffati, M. 2014b. Effect of salinity on seed germination of wild jujube *Zizyphus lotus* (L.) Lam. *Revue des Régions Arides* 34:77-85.
- Mendoza-Fernández, A.J., Martínez-Hernández, F., Pérez-García, F.J., Garrido-Becerra, J.A., Benito, B.M., Salmerón-Sánchez, E., Guirado, J., Merlo, M.E., Mota, J.F. 2015. Extreme habitat loss in a Mediterranean habitat: *Maytenus senegalensis* subsp. *europaea*. *Plant Biosystems* 149:503-511.
- Mota, J.F., Peñas, J., Castro, H., Cabello, J., Guirado, J.S. 1996. Agricultural development vs biodiversity conservation: The Mediterranean semiarid vegetation in El Ejido (Almería, southeastern Spain). *Biodiversity and Conservation* 5:1597-1617.
- Oliet, J.A., Artero, F., Cuadros, S., Puértolas, J., Luna, L., Grau, J.M. 2012. Deep planting with shelters improves performance of different stocktype sizes under arid Mediterranean conditions. *New Forests* 43:925-939.
- Rais, C., Lazraq, A., Nechad, I., Houhou, M., El Harchali, H., El Ghadraoui, L., Meni Mahzoum, A., Louahlia, S. 2017. The biochemical and metabolic profiles of the leaves in *Zizyphus lotus* L. as a potential adaptive criterion to the environmental conditions. *Journal of Materials and Environmental Sciences* 8:1626-1633.
- Rey, P.J., Cancio, I., Manzaneda, A.J., González-Robles, A., Valera, F., Salido, T. Alcántara, J.M. 2018. Regeneration of a keystone semiarid shrub over its range in Spain: habitat degradation overrides the positive effects of plant–animal mutualisms. *Plant Biology* 20:1083-1092.
- Rivas Goday, S., Bellot Rodríguez, F. 1944. Las formaciones de *Zizyphus lotus* (L.) Lamk. en las dunas del Cabo de Gata. *Anales del Instituto Español de Edafología y Fisiología Vegetal* 3:109-126.
- Rivas Goday, S., Esteve, F. 1959. 1ª Aso. *Periploca laevigata* et *Gymnosporia europaea*. *Anales Instituto Botánico A.J. Cavanilles* 17 (2).
- Rivas Martínez, S., Fernández-González, F., Loidi, J., Lousã, M., Penas, A. 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotanica* 14:5-341.
- Rivera Núñez, D., Obón de Castro, C., Ríos Ruiz, S., Selma Ferrández, C., Méndez Colmenero, F., Verde López, A., Cano Trigueros, F. 1996. Las variedades tradicionales de frutales de la cuenca del río Segura. *Catálogo etnobotánico* vol. 1. Universidad de Murcia. Murcia, España.
- Rivera Núñez, D., Obón de Castro, C., Asencio Martínez, A. 1988. Arqueobotánica y Paleoetnobotánica en el Sureste de España, datos preliminares. *Trabajos de Prehistoria* 45: 317-334.
- Rsaissi, N., Bencharki, B., Bouhache, M. 2013. Study of some elements of biology of wild Jujube *Zizyphus lotus* (L.) Desf. *Global Journal of Biology, Agriculture and Health Sciences* 2:82-89.
- Tengberg, A. Chen, D. 1998. A comparative analysis of nebkhas in central Tunisia and northern Burkina Faso. *Geomorphology* 22:181-192.
- Tirado, R., Pugnaire, F.I. 2003. Shrub spatial aggregation and consequences for reproductive success. *Oecologia* 136, 296-301.
- Tirado, R., Pugnaire, F.I. 2005. Community structure and positive interactions in constraining environments. *Oikos* 111: 437-44.
- Tirado, R. 2009. 5220 Matorrales arborescentes con *Zizyphus* (*). 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, España. 68p.
- Zouaoui, R., Ksontini, M., Ferchichi, A. 2012. Seed Germination Characteristics of *Rhus tripartita* (Ucria) Grande and *Zizyphus lotus* (L.) Lam.: Effects of Water Stress. *International Journal of Ecology* 13: 819810.

Apéndice C. Appendix C.

Tabla C1. Entidades implicadas en el desarrollo de las estrategias colaborativas para la conservación de *Z. lotus* y su hábitat identificadas durante el proceso transdisciplinar.

Table C1. Entities involved in collaborative strategies which were identified during the transdisciplinary process for the conservation of *Z. lotus*.

Ámbito de la actividad de la entidad	Nombre entidades	Código
Ciencia	Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global – Universidad de Almería (CAESCG – UAL)	C1
	Grupo de Investigación de Recursos Hídricos – Universidad de Almería	C2
	Estación Experimental de Zonas Áridas – Consejo Superior de Investigaciones Científicas	C3
	Oficina de Transferencia de Investigación – Universidad de Almería	C4
	Aula de Fotografía – Universidad de Almería	C5
	Profesores Jornadas CO-ADAPTA – Universidad de Almería	C6
	Instituto de Investigación y formación Agraria y Pesquera de Andalucía (IFAPA)	C7
Gestión	Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía (AMAYA)	G1
	Ayuntamiento El Ejido	G2
	Delegación Territorial de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio en Almería (DTMAOT)	G3
	Centro Andaluz de la Fotografía	G4
	Delegación Territorial de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio – Parque Natural Cabo de Gata	G5
	Centro de Educación del Profesorado en Almería (CEP Almería)	G6
Social	El Árbol de las Piruletas	S1
	Ecologistas en Acción Almería	S2
	Comunidad de práctica CO-ADAPTA	S3
	Agata Verde	S4
	Fundación Nueva Cultura del Agua	S5
	Ecoagata	S6
	Fundación Cajamar	S7
	Biosabor	S8
	La Unión	S9