



SbN ancestrales para la gestión del agua

Sergio Martos Rosillo

Investigador Científico / Instituto Geológico y Minero de España - CSIC

CONAMA





Introducción

01 Introducción

02 SbN ancestrales para la Gestión del Agua

03 Conclusiones




Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

REVIERTE cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU

01 Introducción





Las aguas
subterráneas representan
aproximadamente el

99 %

de la totalidad del agua
dulce en estado líquido
de la Tierra

(UNESCO, 2022)



Embalse de Alcántara (Cáceres). Mosingenieros.com



Embalse de Lindoso (Ourense). Febrero de 2022. Instagram. @alexandra -@stolsciencea

En busca de agua subterránea ante la sequía que azota los pueblos de Aragón: “La situación es insostenible”

La Diputación va a llevar a cabo seis sondeos en distintos municipios de la zona en busca de acuíferos. La extracción de agua subterránea podría ser la solución a la sequía persistente que azota Aragón, siempre y cuando se haga un uso responsable de este recurso escaso y de dominio público

— Siguen los récords de temperatura: julio fue el segundo mes más cálido del registro histórico

Los acuíferos del mundo se vacían de forma acelerada por la crisis climática

Un análisis de alrededor de 170.000 pozos en más de 40 países publicado en la revista 'Nature' indica que un tercio se enfrentan a un “agotamiento acelerado”, especialmente en países secos como España, y cita ejemplos de políticas para frenar el deterioro.



Antonio Martínez Ron

25 de enero de 2024 · 08:46h · 0

Clima y Medio Ambiente

CAMBIO CLIMÁTICO · MEDIO AMBIENTE ·

MACROGRANJAS >

La justicia europea condena a España por no prevenir la contaminación por nitratos debido a la agricultura y la ganadería

Los jueces reprochan que en ocho comunidades autónomas no se han adoptado de forma suficiente las medidas que establece la normativa europea para luchar contra esta polución de las aguas

Catalunya busca agua en sus acuíferos en plena sequía histórica pero el 40% están contaminados

El elevado nivel de nitratos debido a los purines de las granjas de cerdos y a los fertilizantes agrícolas compromete unas aguas subterráneas que son “reservas estratégicas”

— El Govern impone las primeras multas a municipios que superan el consumo de agua permitido

Regina Lafuente, investigadora del Instituto de Estudios Sociales Avanzados (CSIC)

“Nos enfrentamos a la actual sequía con aguas subterráneas en peor estado que en otras ocasiones”

La sequía que arrastra España en los últimos años ha llevado a declarar la situación de emergencia en regiones como Cataluña. En esta ocasión, la situación climática y la explotación excesiva de los acuíferos, ha desembocado en restricciones. La socióloga Regina Lafuente estudia la percepción de la población sobre la gestión del agua y su respuesta cuando escasea este recurso.

Recarga Gestionada de Acuíferos

Future management of aquifer recharge

Peter Dillon

Keywords Artificial recharge · Groundwater · Water banking · Sustainable underground storage

Introduction

Management of aquifer recharge (MAR) often provides the cheapest form of new safe water supply for towns and small communities. In spite of a sound knowledge base (e.g. Peters 1998; Bouwer 2002; Dillon 2002), uptake to date has tended to be localised and geographic expansion has been limited by lack of understanding of hydrogeology and/or knowledge of MAR. With training and demonstration projects MAR has potential to be a major contributor to the UN Millennium Goal for Water Supply especially for village supplies in semi-arid and arid areas.

The sustainable water treatment capacity of aquifers is often under-estimated and new knowledge is needed to define the extent to which aquifer treatment can be relied upon within a risk management framework. In cities with organised drainage and sewerage systems, the capacity for indirect reuse of stormwater and reclaimed water via aquifer storage for potable and/or irrigation supplies is significant. Where informal urban systems occur reuse via aquifers is often unintended and recognition of the closed cycle is a first step to implement measures to protect and improve water quality.

The extent to which MAR can achieve its potential for water supplies will depend on; an understanding of the capabilities and limitations of various techniques to use within the water catchment and aquifer system in relation to needs, existing water infrastructure, space for water harvesting, social and regulatory environment, and skills of personnel. IAH through its Commission on Management of Aquifer Recharge has an important role in facilitating creation and dissemination of new knowledge in partnership with other organisations so that MAR may achieve its significant potential.

Received: 3 May 2004 / Accepted: 11 November 2004
Published online: 25 February 2005

© Springer-Verlag 2005

P. Dillon (✉)
IAH Commission on Management of Aquifer Recharge,
CSIRO Land and Water,
PMB 2, Glen Osmond, SA, 5064, Australia
e-mail: peter.dillon@csiro.au
Tel.: +61-8-8303-8400
Fax: +61-8-830-8750

Hydrogeol J (2005) 13:313–316

What is “management of aquifer recharge”?

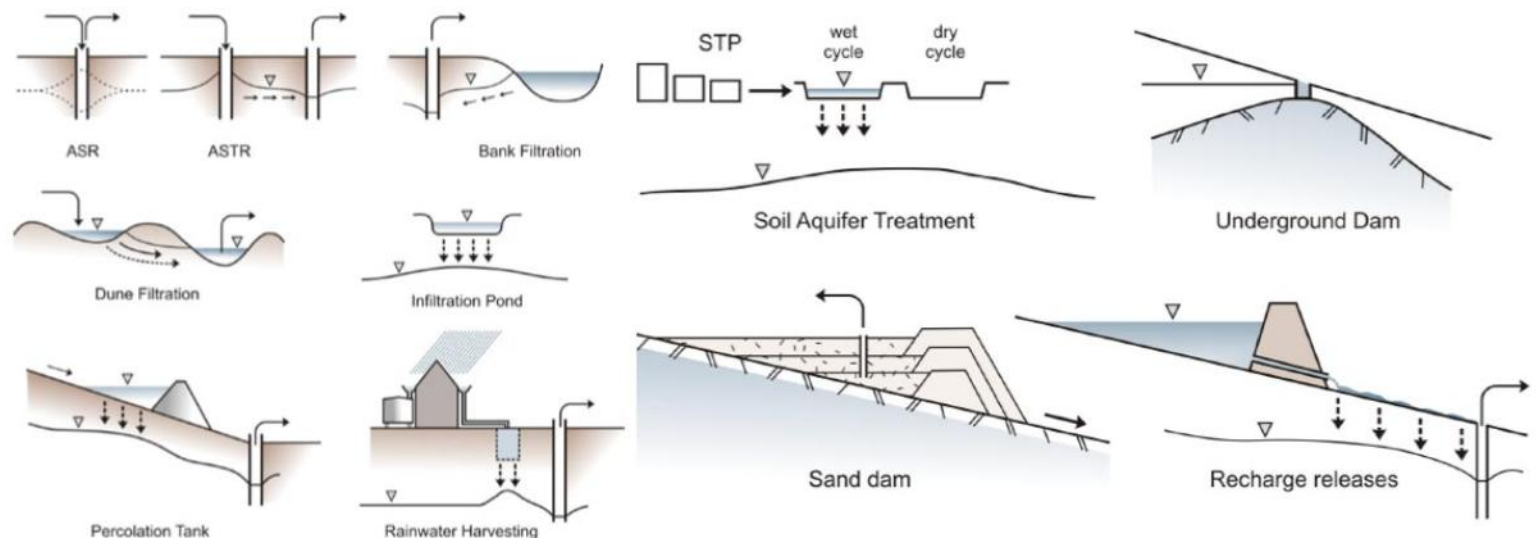
Management of aquifer recharge (MAR) describes intentional banking and treatment of water in aquifers. The term ‘artificial recharge’ has also been used to describe this, but adverse connotations of ‘artificial’, in a society where community participation in water resources management is becoming more prevalent, suggested that it was time for a new name. The old name incorrectly implied that the water was in some way unnatural. And to be consistent we don’t call wells “artificial discharge”. Managed recharge is intentional as opposed to the effects of land clearing, irrigation, and installing water mains where recharge increases are incidental. MAR has also been called enhanced recharge, water banking and sustainable underground storage.

Types of MAR

As with most evolving fields of endeavour, the terminology has also been emerging, and the first part of this discussion provides specific definitions for some of the major techniques (Fig. 1) in an effort to establish a common glossary and avoid the continual re-defining of terms. Examples of these from around the world are described in Tuinhof and Heederik (2003).

- Aquifer storage and recovery (ASR)—injection of water into a well for storage and recovery from the same well.
- Aquifer storage transfer and recovery (ASTR)—injection of water into a well for storage and recovery from a different well, generally to provide additional water treatment.
- Bank filtration—extraction of groundwater from a well or caisson near or under a river or lake to induce infiltration from the surface water body thereby improving and making more consistent the quality of water recovered.
- Dune filtration—infiltration of water from ponds constructed in dunes and extraction from wells or ponds at lower elevation for water quality improvement and to balance supply and demand.
- Infiltration ponds—ponds constructed usually off-stream where surface water is diverted and allowed to infiltrate (generally through an unsaturated zone) to the underlying unconfined aquifer.
- Percolation tanks—a term used in India to describe harvesting of water in storages built in ephemeral waddies where water is detained and infiltrates through the base to enhance storage in unconfined aquifers and is extracted down-valley for town water supply or irrigation.
- Rainwater harvesting—roof runoff is diverted into a well or a caisson filled with sand or gravel and allowed to percolate to the water-table where it is collected by pumping from a well.
- Soil aquifer treatment (SAT)—treated sewage effluent, known as reclaimed water, is intermittently infiltrated through infiltration ponds to facilitate nutrient and pathogen removal in passage through the unsaturated zone for recovery by wells after residence in the aquifer.

Consiste en el almacenamiento y/o tratamiento intencionado de agua en un acuífero (Dillon, 2005).



Schematic Diagrams of Different MAR Types (Dillon, 2005)

<https://geoss.co.za/what-is-managed-aquifer-recharge-mar-and-how-does-it-work/>

DOI 10.1007/s10040-004-0413-6

Hay que buscar otras soluciones, que sean más sencillas, más eficientes y más sostenibles.

**Nosotros optamos por la Retroinnovación.
Estamos recuperando conocimientos y prácticas del pasado y los estamos combinando con técnicas y tecnologías actuales para generar SbN innovadoras.**





02

SbN ancestrales para la Gestión del Agua



Siembra y Cosecha del Agua

Procesos ancestrales basados en el conocimiento ecológico local mediante los que el ser humano recolecta e infiltra (siembra) el agua de lluvia o de escorrentía en un acuífero para recuperarla (cosecha) un cierto tiempo después.





Proyecto REVIERTE

Silvicultura ecohidrológica + SyCA en el NE de la provincia de Granada.
Fundación Biodiversidad

Proyectos IGME-CSIC investigación SbN ancestrales

Proyecto WaSHa

Inventario y caracterización de sistemas SyCA en España peninsular.
Fundación Biodiversidad

Proyecto INCHA

Investigación de sistemas de SyCA mediante canales de infiltración
Plan Nacional de I+D+i

Subvención de la DGA

Investigación del sistema ancestral de Ag-MAR en el acuífero de La Valduerna
**Encargo Dirección General del Agua
MITECO**

Proyecto REVIERTE



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad



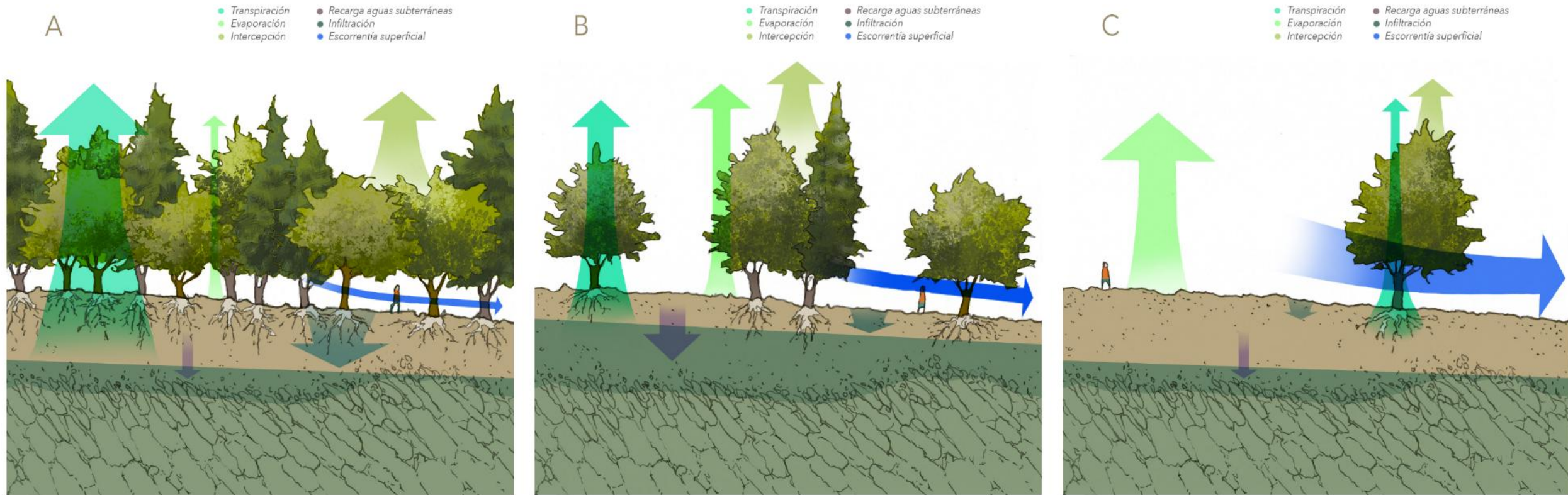
Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

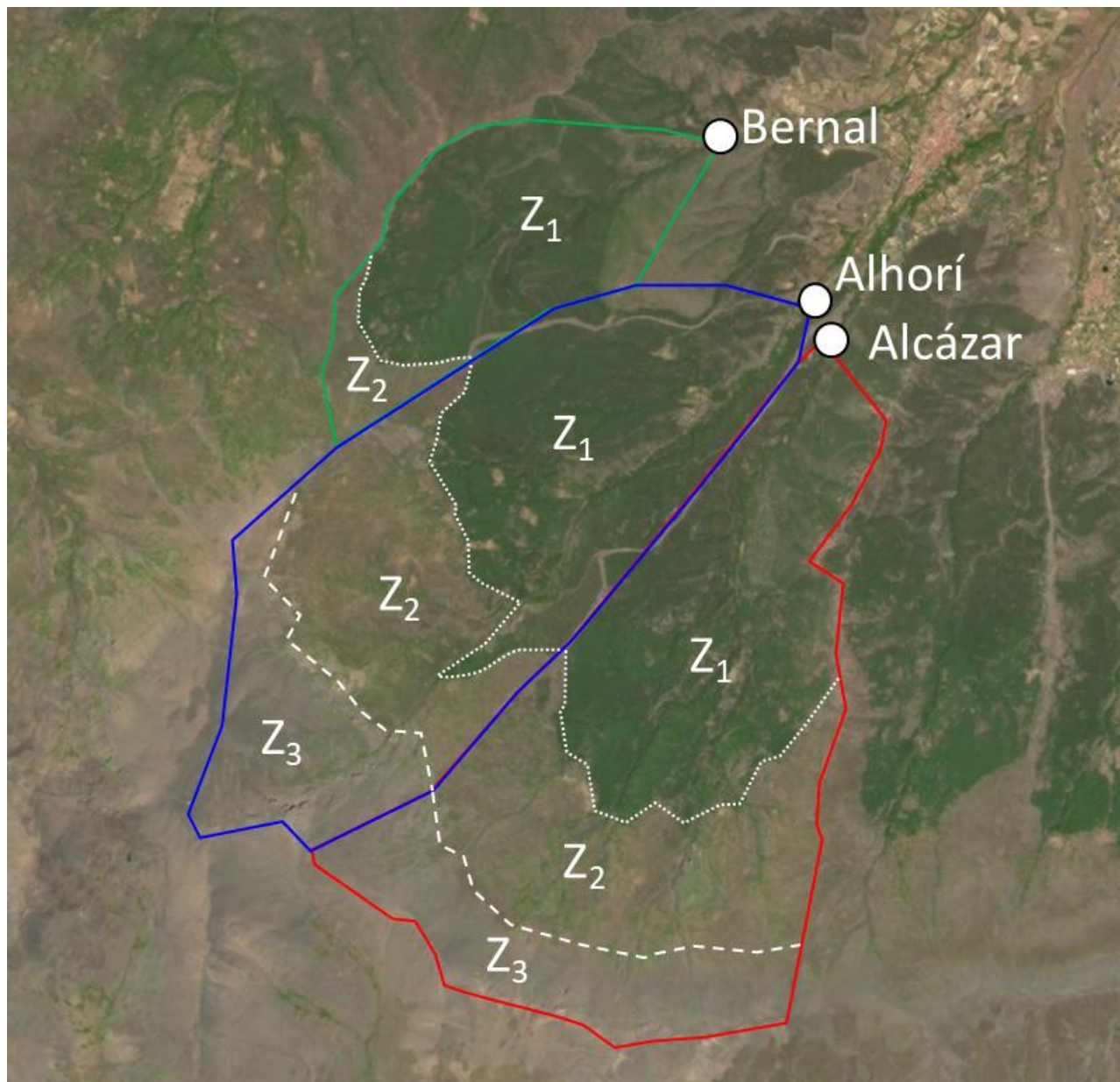


Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

REVIERTE cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU

Silvicultura ecohidrológica vs recarga de acuíferos





Hemos monitorizado y modelizado cuencas con distinto grado de cobertura forestal y hemos simulado cuanto caudal se gana con distintas intensidades de clareo.

Balance hídrico del río Bernal (2013-2022)

Interc/P (%)	ATE/P (%)	Q/P (%)
14,6%	74,9%	10,5%

Balance hídrico del río Alhorí (2013-2022)

Interc/PP (%)	ET/PP (%)	Q/PP (%)
8,4%	34,4%	57,2%

Balance hídrico del río Alcázar (2013-2022)

Interc/PP (%)	ET/PP (%)	Q/PP (%)
8.4	10.3	81.3

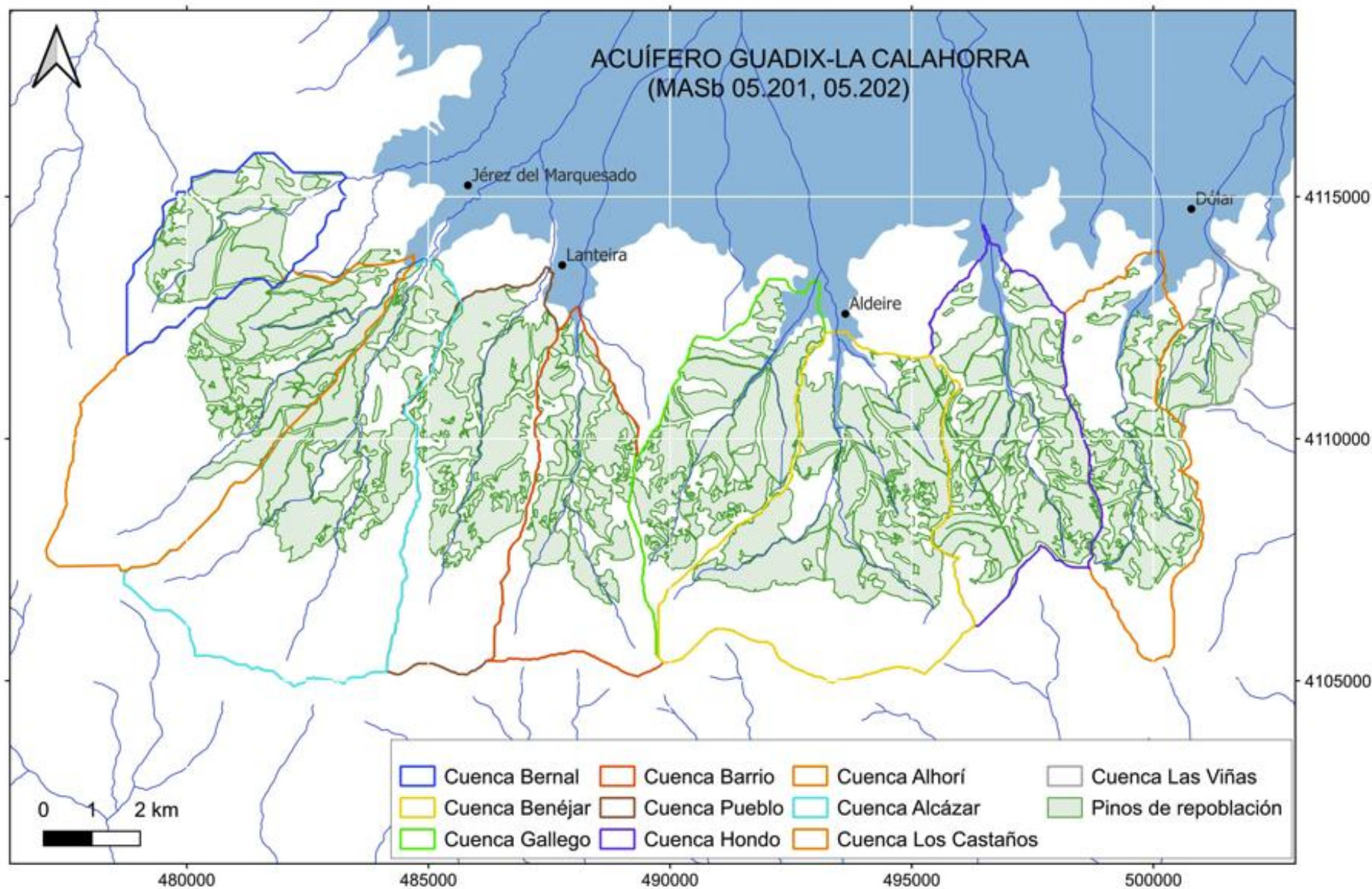
Z₁ ➔ Pinos

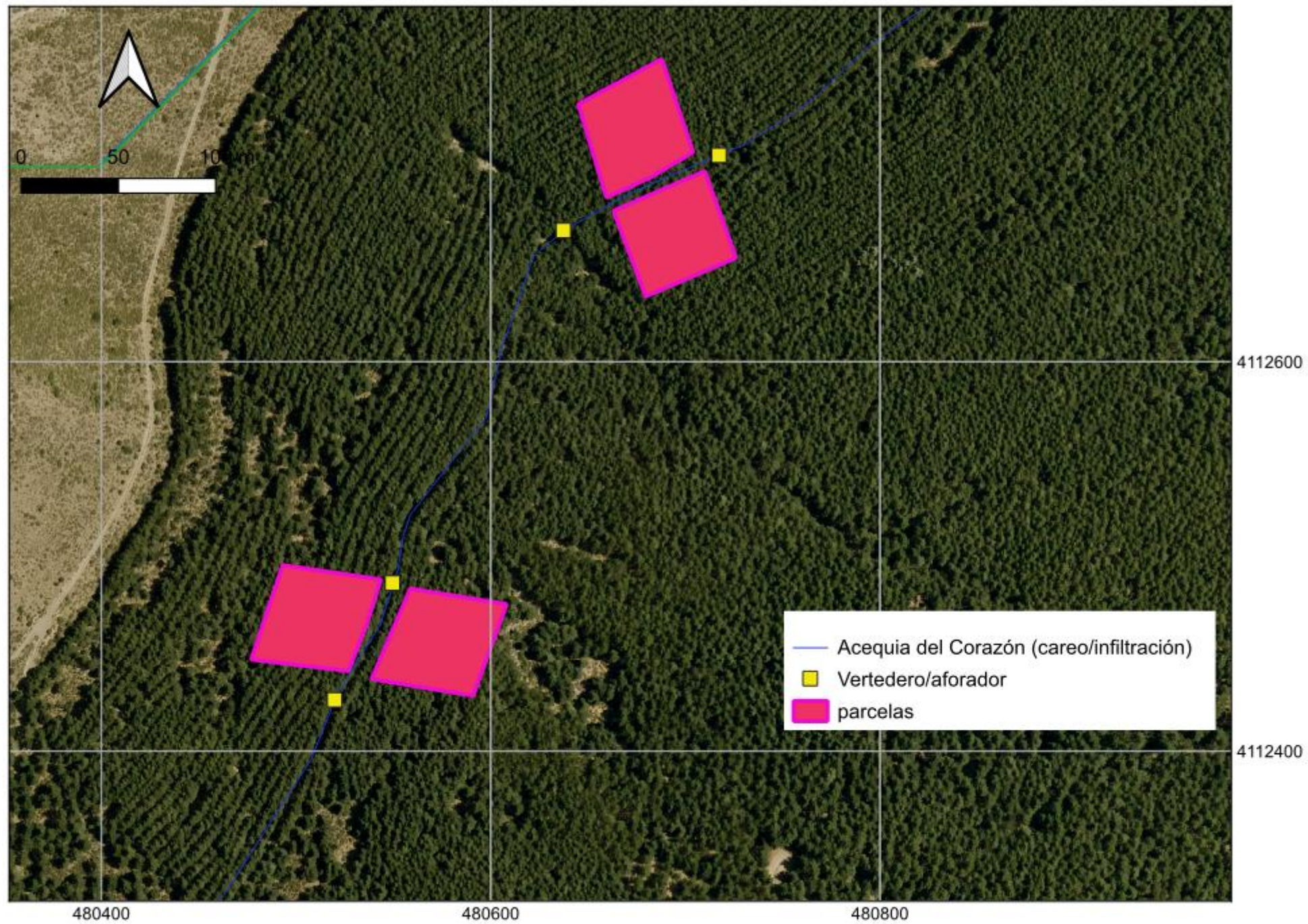
Z₂ ➔ Matorral

Z₃ ➔ Suelo desnudo (Mat. Periglaciario)

En la falda norte de Sierra Nevada, se podría incrementar el caudal de los ríos que recargan al acuífero de Guadix, entre un 10 y 30%, para clareos del 40 y del 80%, respectivamente

Ese aprovechamiento permitiría, además, mejorar la biodiversidad, reducir los riesgos de incendio y producir madera tecnológica para la construcción.







Proyecto InCha

**Acequias de infiltración como Soluciones Basadas en la Naturaleza
para la Transición Ecológica**

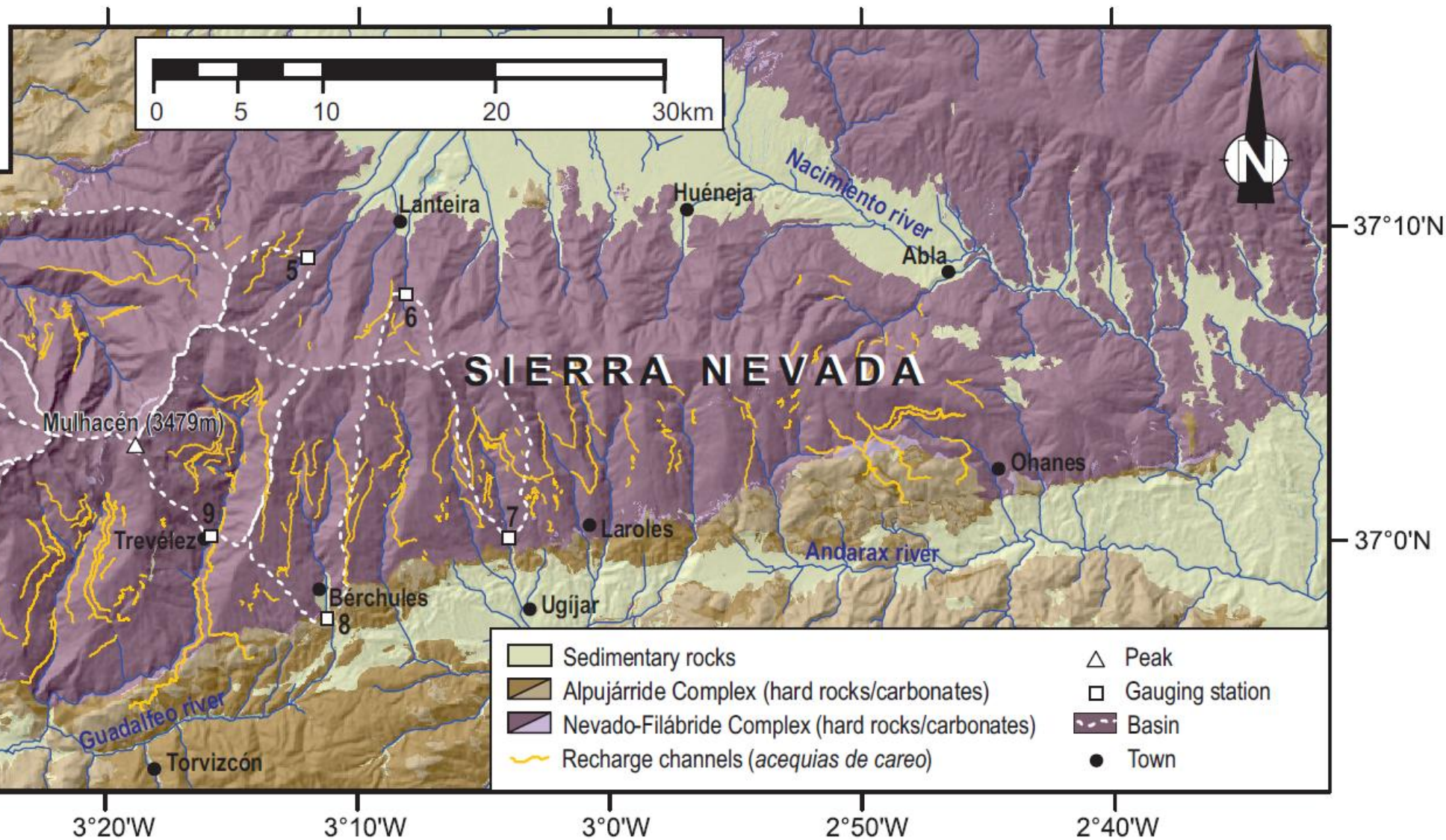
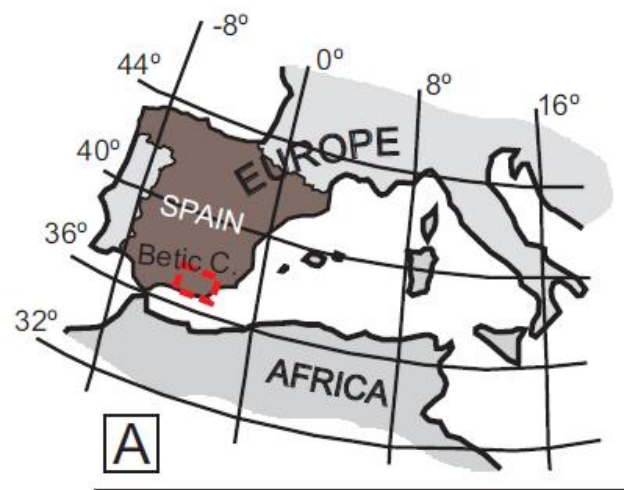
Proyecto InCha financiado por:



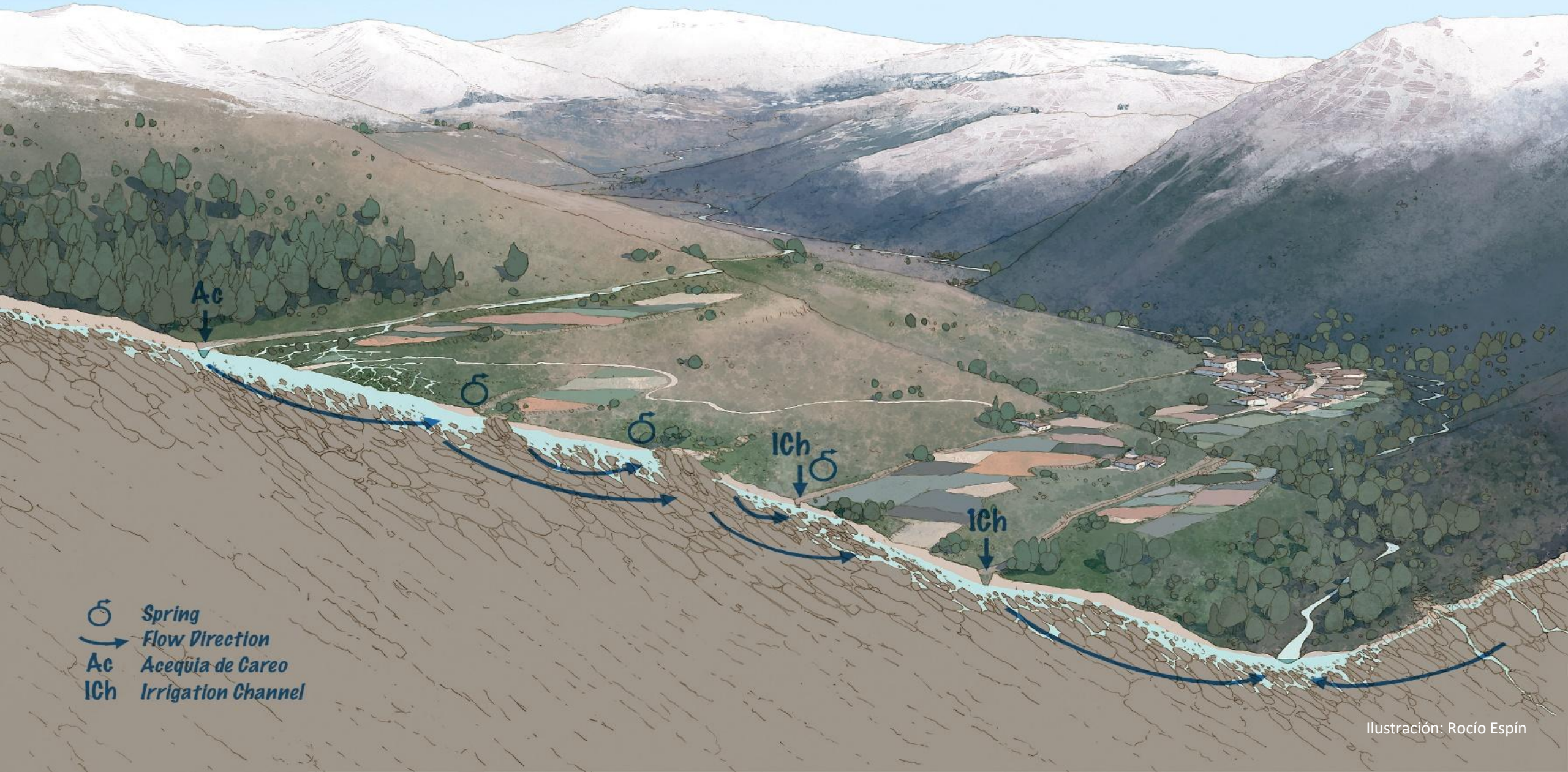


<http://sierranevadensis.blogspot.com.es>
8 de septiembre de 2009/



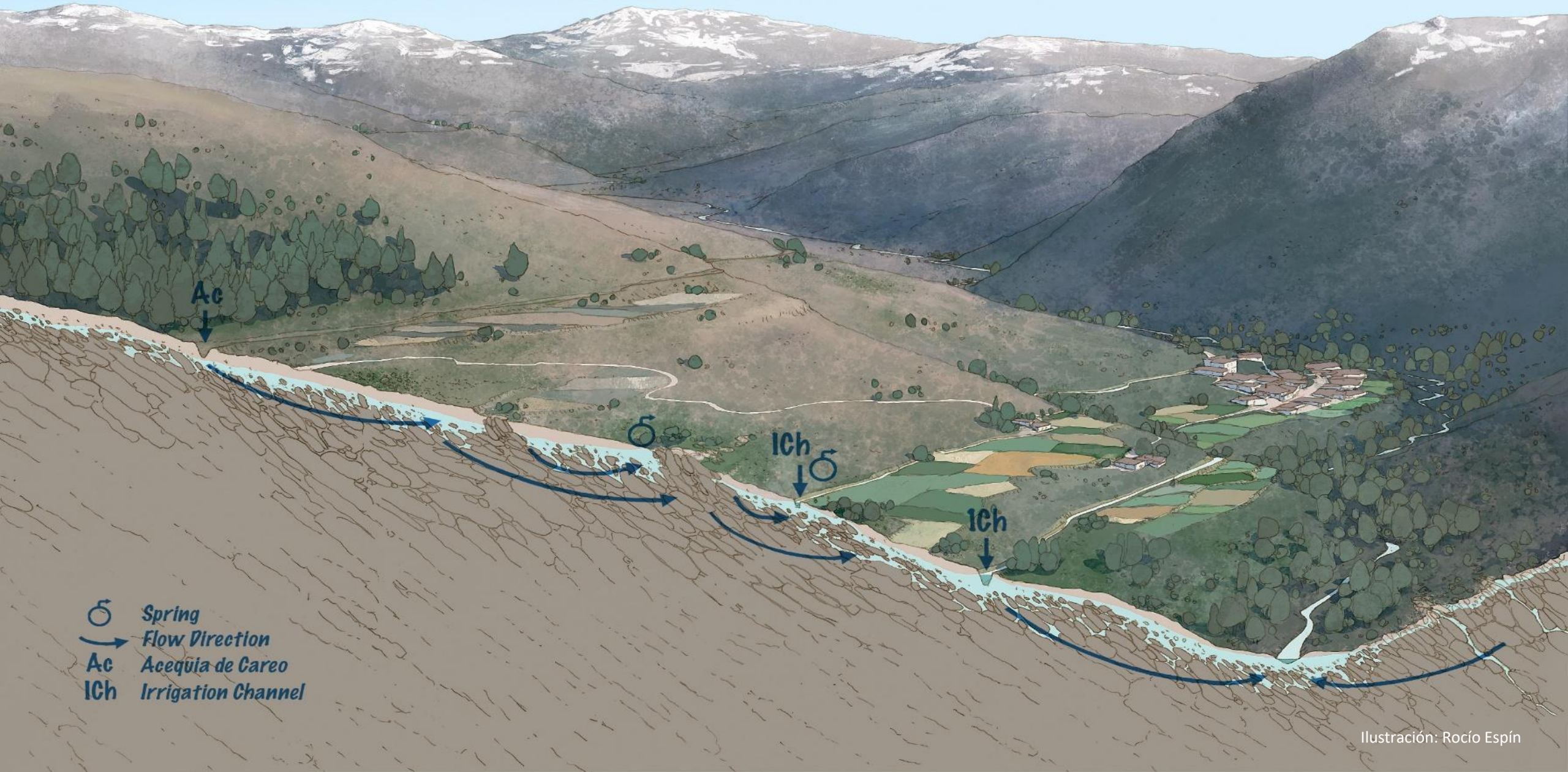


Periodo de Deshielo



 Spring
Flow Direction
Ac Acequia de Careo
Ich Irrigation Channel

Periodo de Estiaje



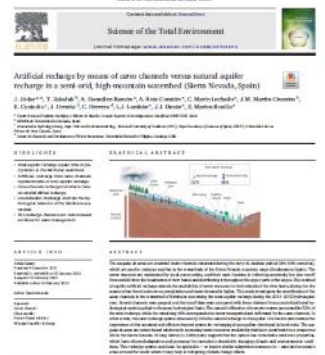
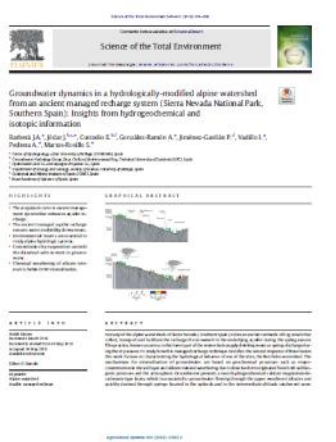
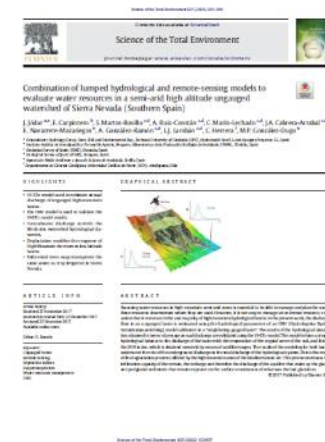
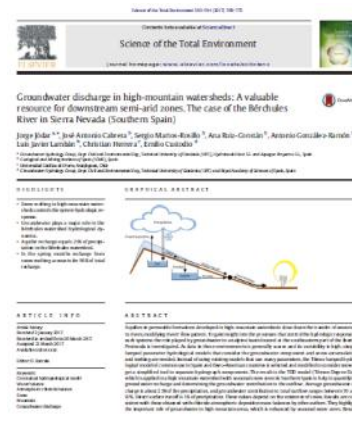
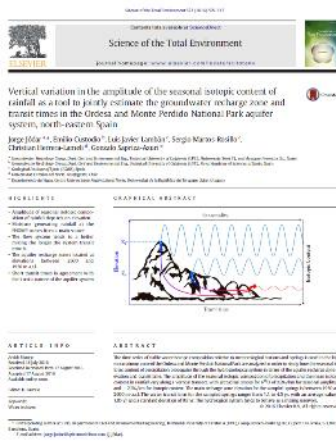
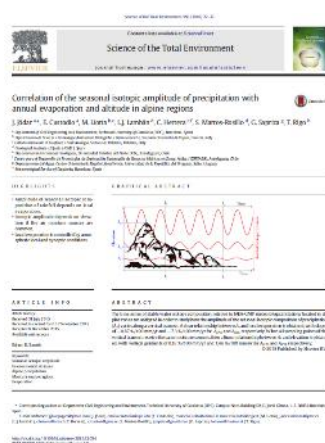


Fotografía: Antonio González



Las acequias de careo y los sistemas de regadío tradicional (incluidos los pastos) aumentan notoriamente la recarga de agua subterránea en zonas de montaña, aumentan el caudal de base de los ríos, reducen la temperatura media del agua superficial, ayudan a la flora y a la fauna a superar las sequías, mejoran la biodiversidad y proveen numerosos servicios ecosistémicos

¿Cómo hemos demostrado esto?



2014

2016

Evaluación de tiempos de tránsito y de la cota de recarga con trazadores ambientales (Jódar et al., 2016 a y b)

Hidrogramas planos y alta comp. subterránea (Jódar et al., 2017)

ETR elevada en montes de repoblación (Jódar et al., 2018a)

Recarga total anómala por las acequias (Jódar et al., 2018b)

Conexión acequia-acuífero-río (Barberá et al., 2019)

MAR más antiguo de Europa (Martos-Rosillo et al., 2019)

Ejemplo de resiliencia y de herra. adaptación al CC.
(Martos-Rosillo et al., 2018)

2021

SyCA vs Eco-NbS (Catacocha) (Albarracín et al., 2021)

2022

La recarga con careos puede igualar a la recarga natural
(Jódar et al., 2022a)

Sistema eficiente que proporciona variados servicios
ecosistémicos y aumenta la biodiversidad (Oyonarte et al., 2022)

SyCA como herramienta para la Transición Ecológica
(Jódar et al., 2022b)

SyCA vs. Arqueología Hidráulica (Civantos et al., 2023)

Impacto SyCA en reg. func. río (Zakaluk et al., 2024)

SyCA Ecuador (Albarracín et al., 2024)

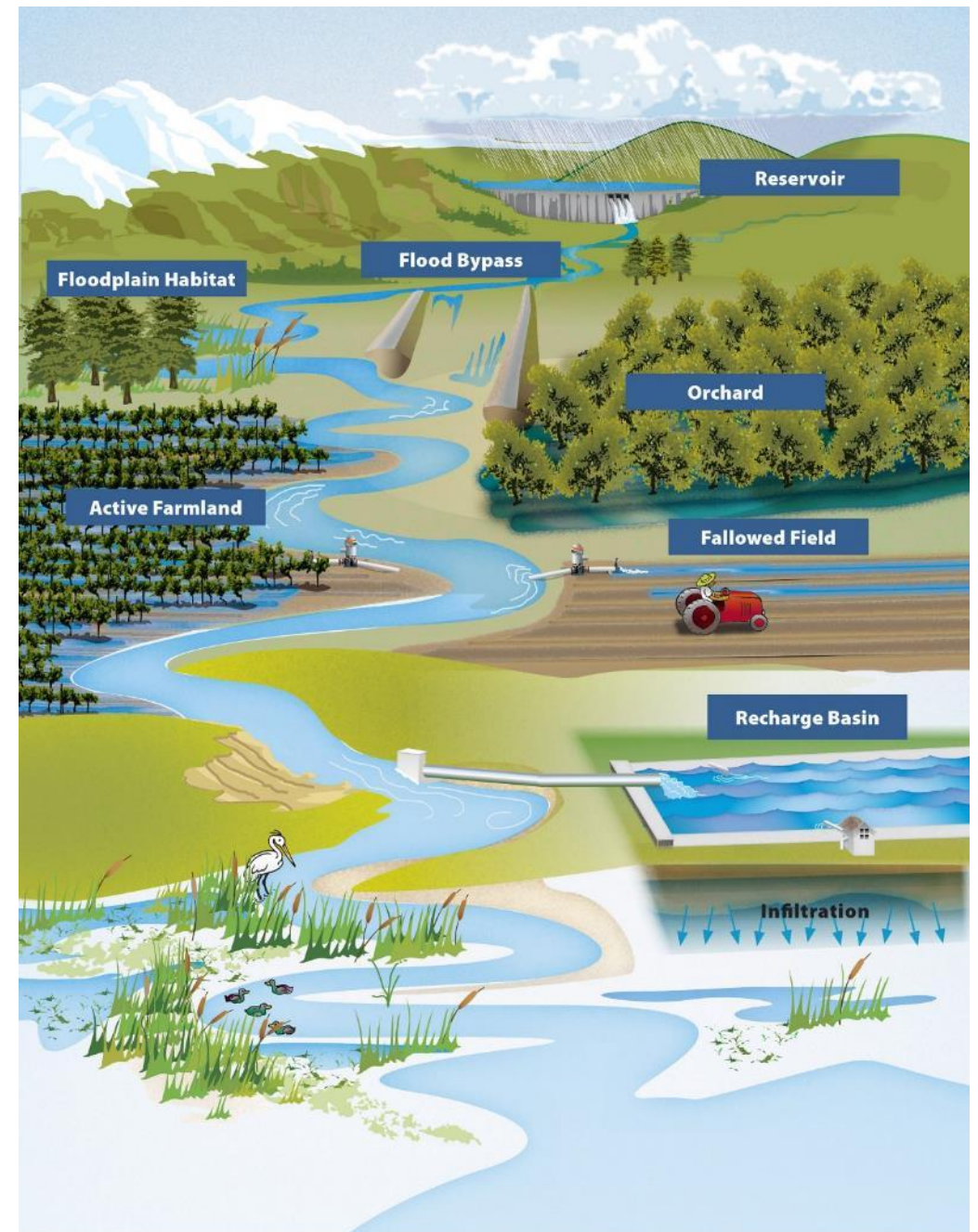
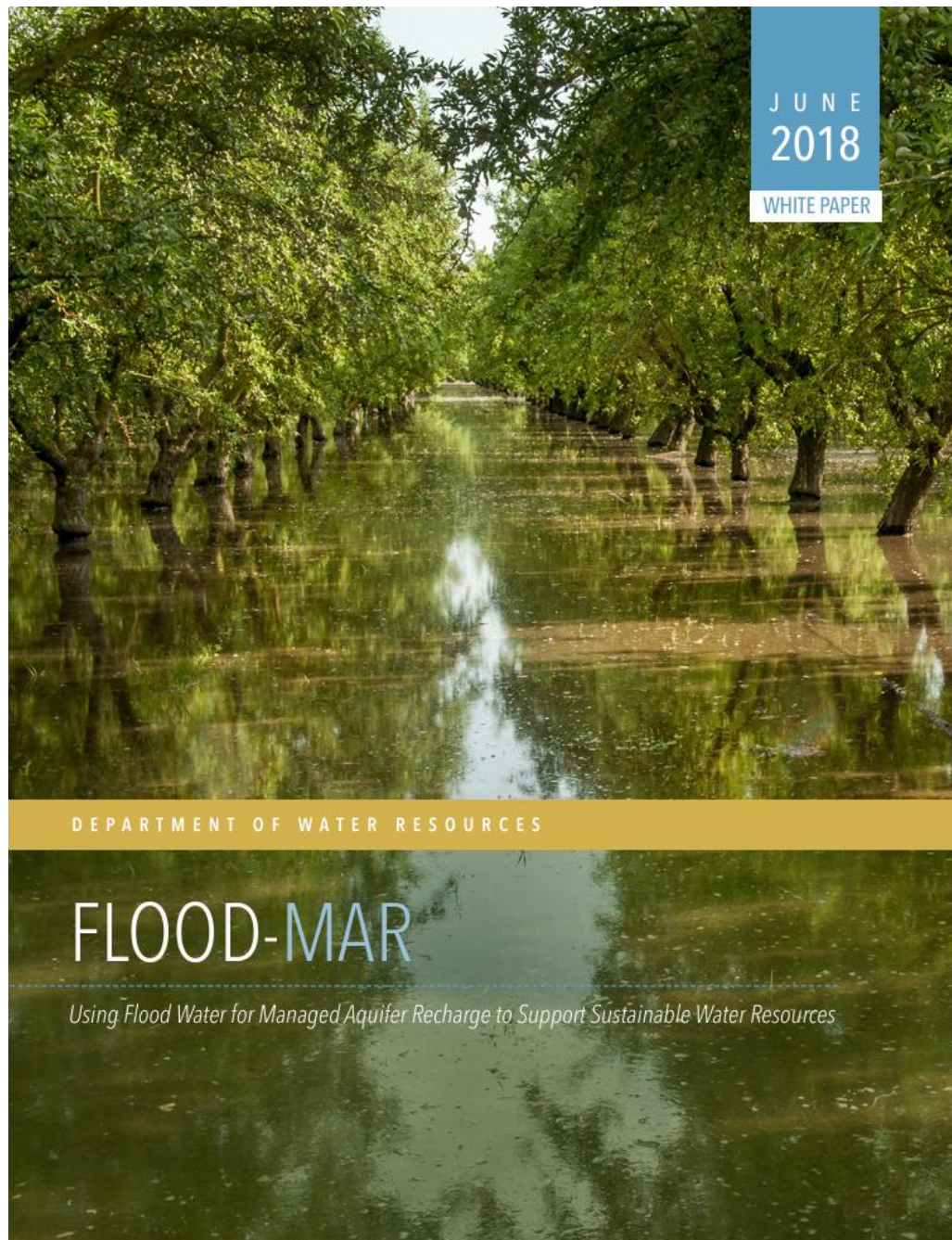
2024

20 artículos SCI, 16 del 1^{er} cuartil



Proyecto Ag-MAR en La Valduerna (León)

Subvención de la Dirección General del Agua. MITECO.





En España ya existen sistemas ancestrales de SyCA mediante riegos de invierno y de inundación para la recarga de acuíferos en llanuras aluviales.

En la comarca de La Valduerna, el sistema de SyCA combina la infiltración de agua con canales de riego sin revestir (zayas) y con el riego invernal y tiene, al menos, 800 años de antigüedad.



Fotografía: Jorge Rodríguez

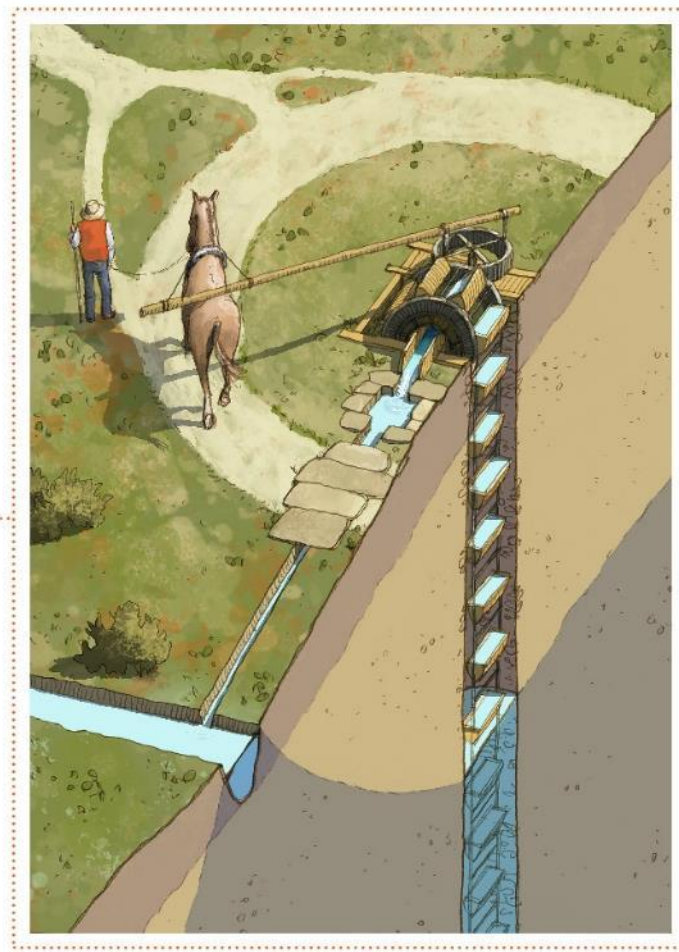
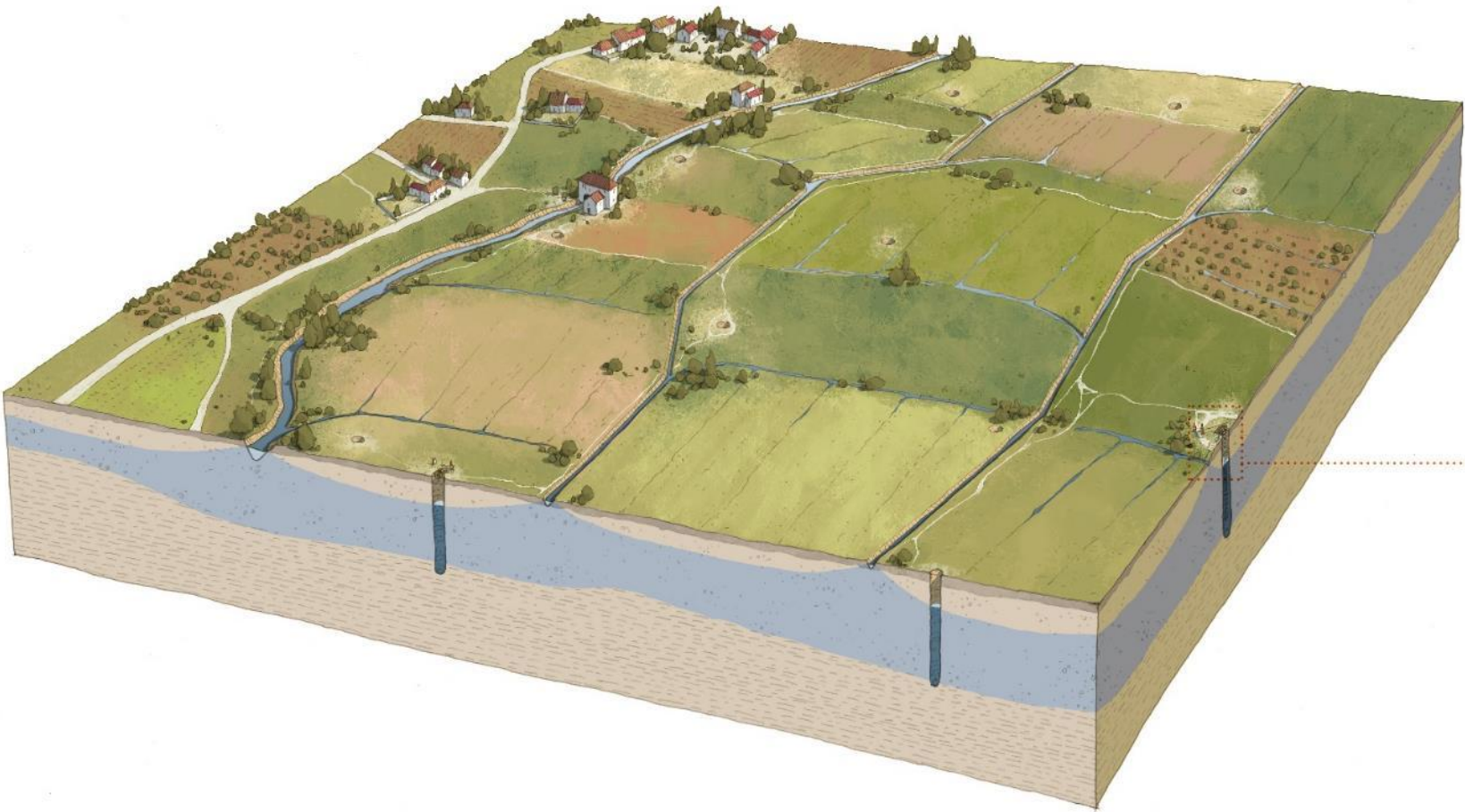
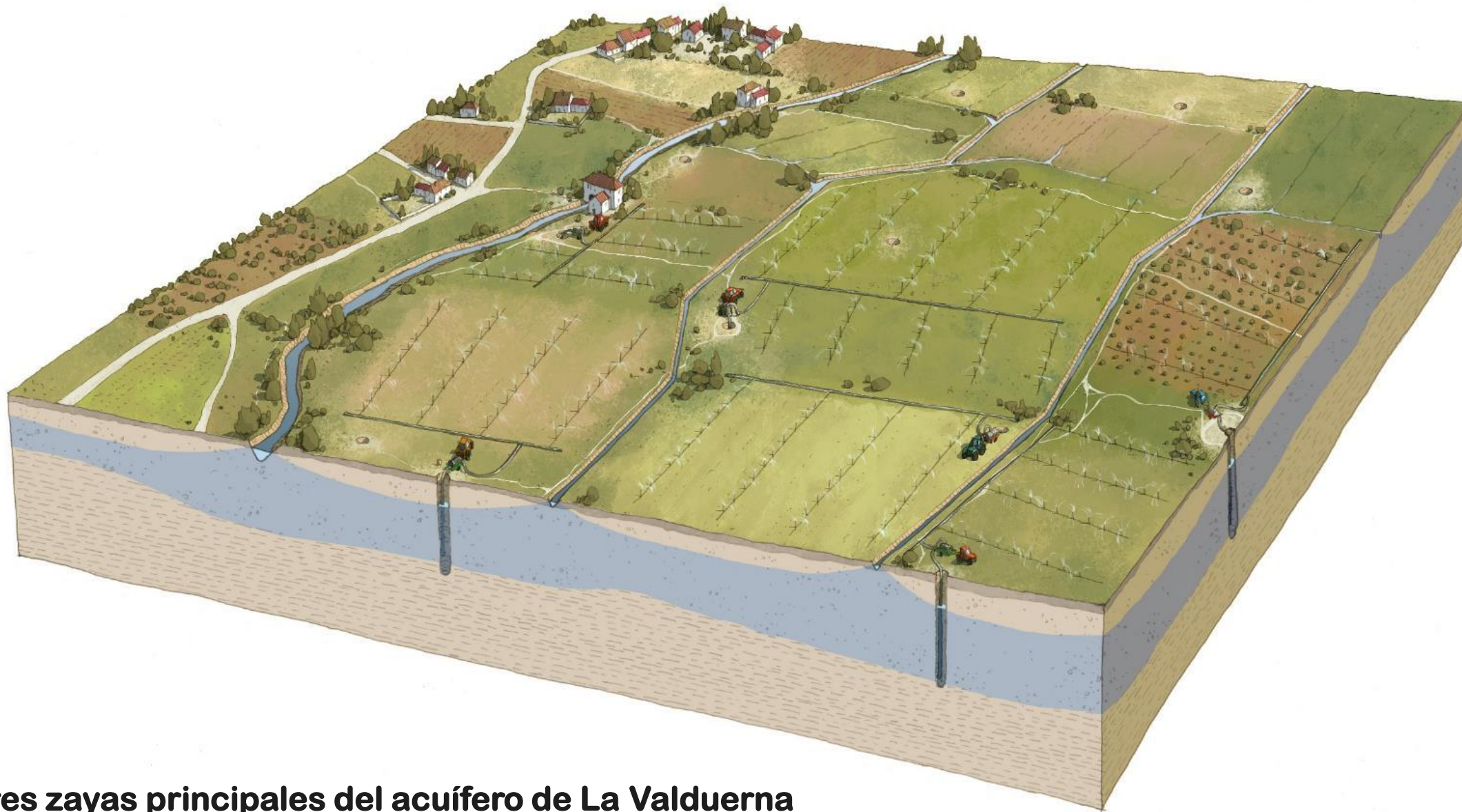


Ilustración: Rocío Espín





Fotografía: Jorge Rodríguez



Las tres zayas principales del acuífero de La Valduerna permiten hacer duplicar la recarga natural del acuífero con un mes de funcionamiento en invierno.



Proyecto WaSHa

Inventario y caracterización de sistemas ancestrales de Siembra y Cosecha
de Agua para la adaptación al cambio climático



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad



Oficina Española de Cambio Climático



WaSHa

El proyecto WaSHa cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Convocatoria de subvenciones para la realización de proyectos que contribuyan a implementar el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2021-2030).



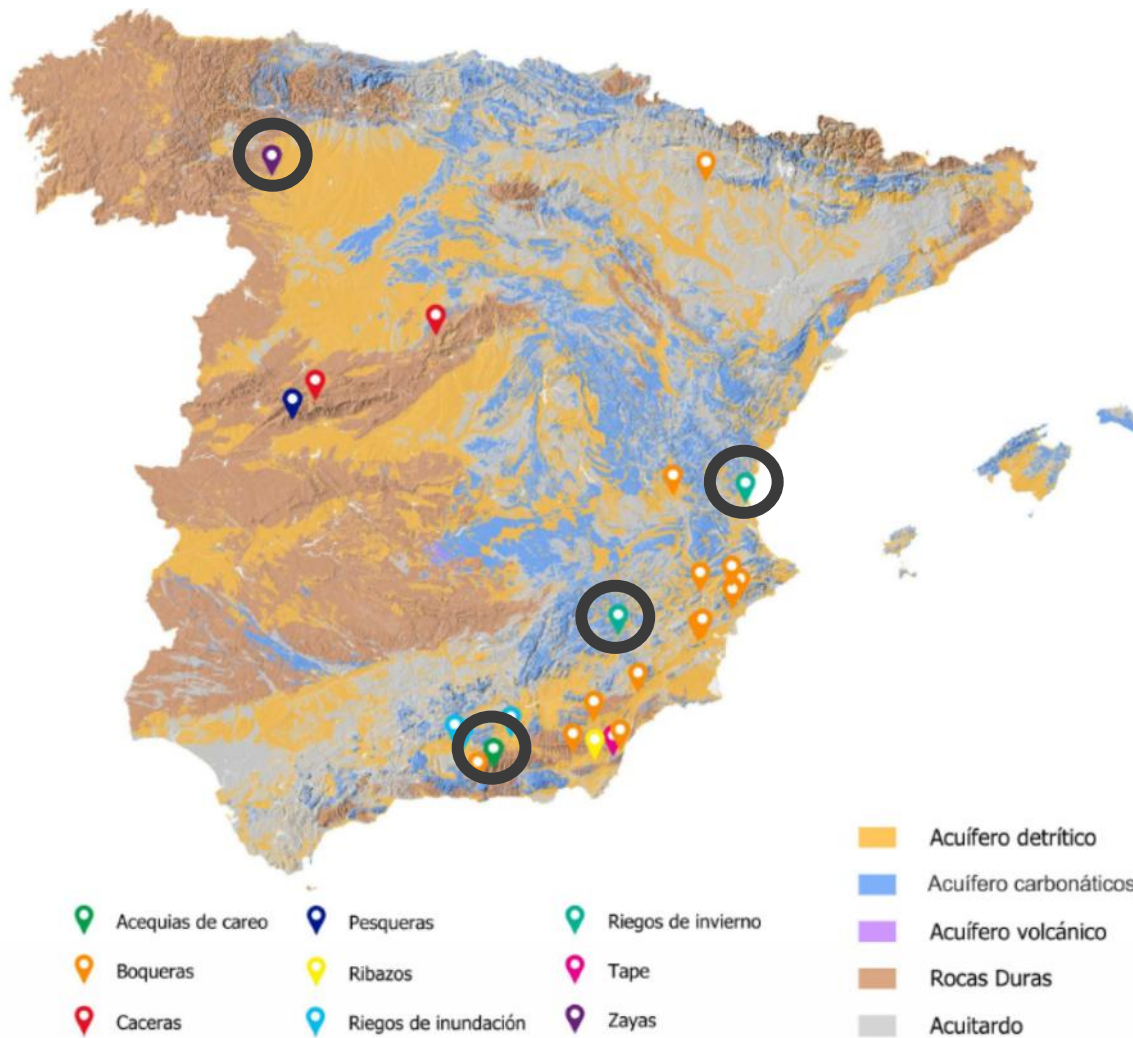
Con el apoyo de:



SISTEMAS DE SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA

		ORIGEN DEL RECURSO/FUNCIONES								
		Cap. Sub.	Cap. Super.	Trans.	Riego	Ferti.	Lamina.	Infiltración Inten.	Infiltración No inten.	
SISTEMAS DE SIEMBRA	Careos									
	Pesqueras									
	Caceras									
	Zayas									
	Tapes									
	Beneficio fuentes									
	Riegos pastos									
	Riegos invierno									
	Ribazos									
	Boqueras									
SISTEMAS DE COSECHA	Riego inundación									
	Azudes									
	Captación Manantial									
	Mina									
	Cimbra									
	Qanat									
	Azarbe									
	Pozo									

Figura 1. Principales sistemas de SyCA, origen del recurso para la siembra y de agua y funciones de cada uno de los sistemas identificados. CAP.SUB. Captación de agua subterránea. CAP. SUP. Captación de agua superficial. TRANS. Transporte. FERTI. Fertilización. LAMINA. Laminación. INFILTRACIÓN INTEN. Infiltración intencionada. INFILTRACIÓN NO INTEN. Infiltración no intencionada.

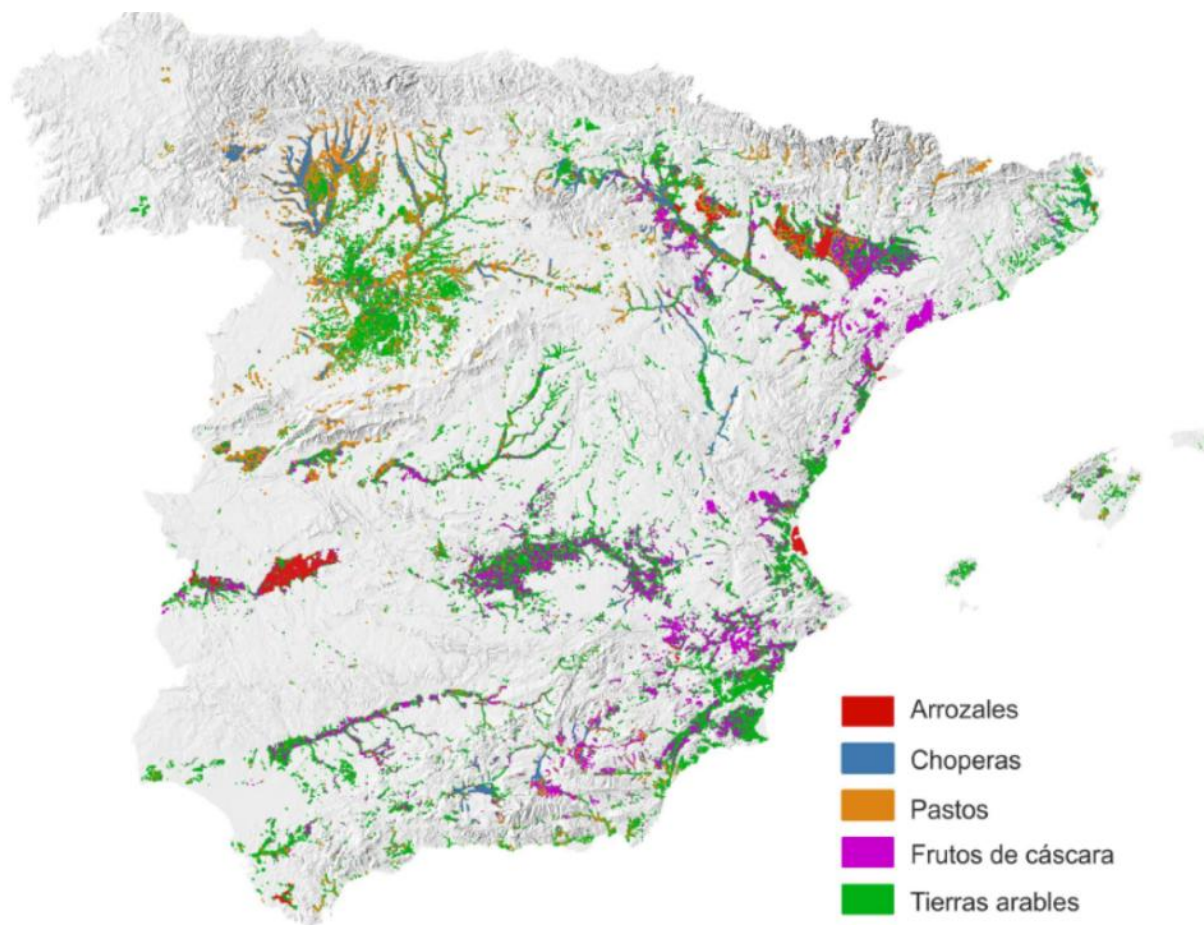


Con el proyecto WaSHa hemos inventariado diferentes sistemas de SyCA repartidos por España peninsular y hemos estudiado con mayor detalle tres sistemas que aún siguen operativos.

El riego de invierno y los sistemas de riego por boqueras, aprovechando el caudal de las ramblas durante las avenidas tienen un enorme potencial aún por explorar



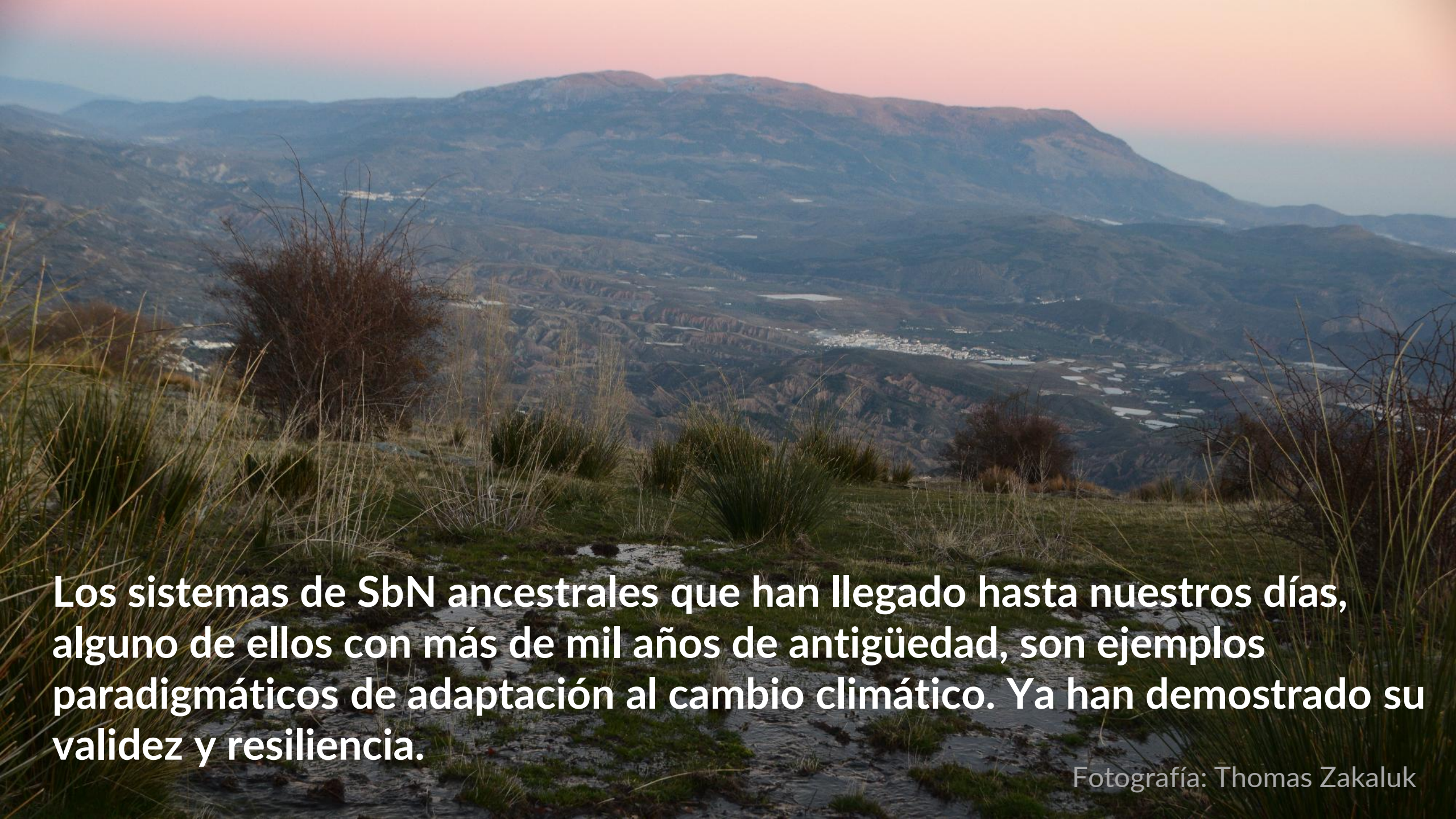
WASHa



Un primer análisis de los cultivos que pueden tolerar los riegos de invierno y que se sitúan sobre acuíferos libres detríticos, nos han permitido comprobar que esta técnica, se podría aplicar con un bajo coste económico en 1,8 Mha de regadío (3,4 Mha superficie total).

03 Conclusiones



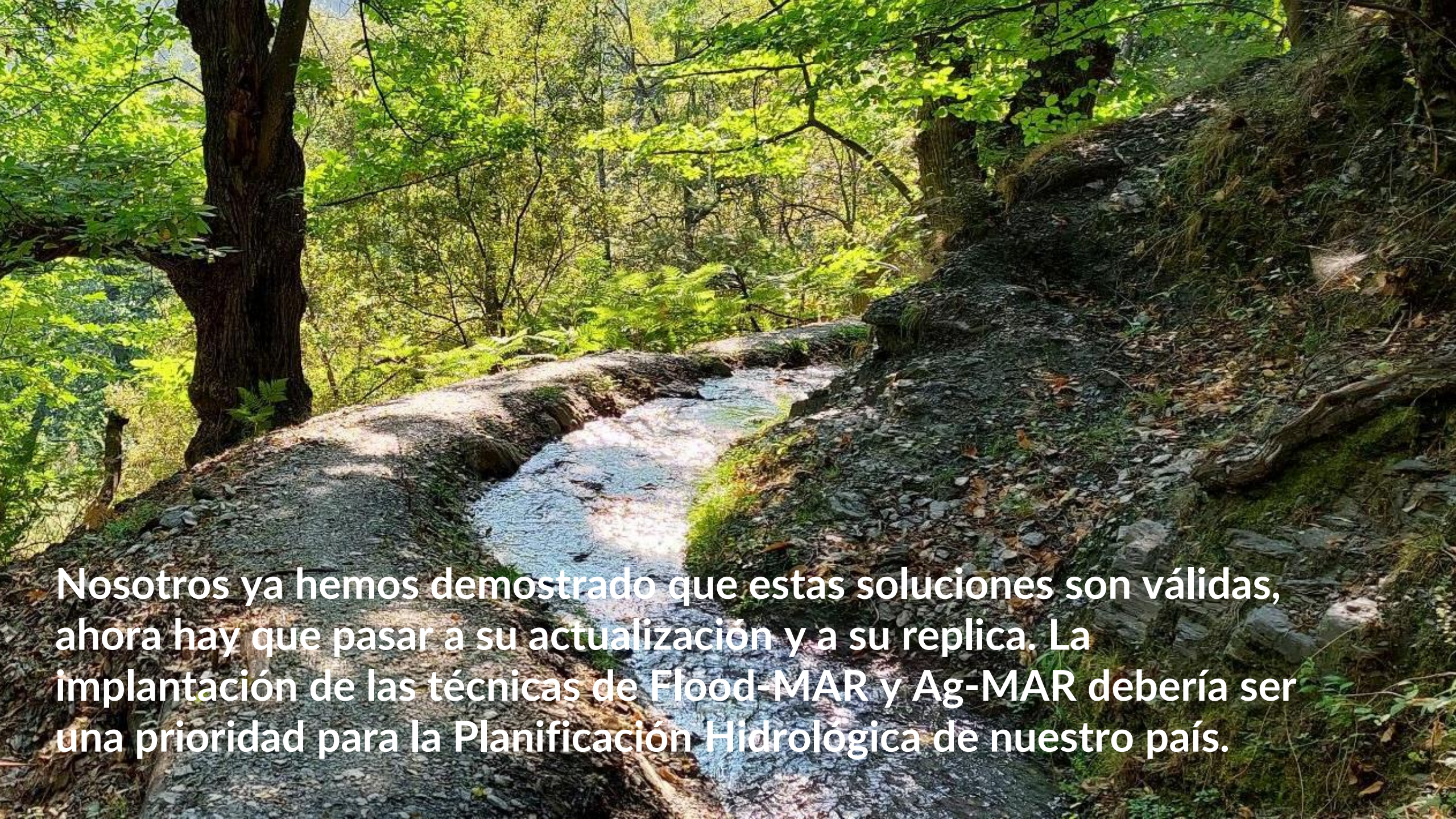


Los sistemas de SbN ancestrales que han llegado hasta nuestros días, alguno de ellos con más de mil años de antigüedad, son ejemplos paradigmáticos de adaptación al cambio climático. Ya han demostrado su validez y resiliencia.

Fotografía: Thomas Zakaluk



La ciencia no debe menospreciar el conocimiento ecológico local. Muchas veces buscamos soluciones fuera, cuando nuestros ancestros ya las habían resuelto siglos atrás, en nuestro propio territorio.



Nosotros ya hemos demostrado que estas soluciones son válidas, ahora hay que pasar a su actualización y a su replica. La implantación de las técnicas de Flood-MAR y Ag-MAR debería ser una prioridad para la Planificación Hidrológica de nuestro país.

Gracias

REVIERTE cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad

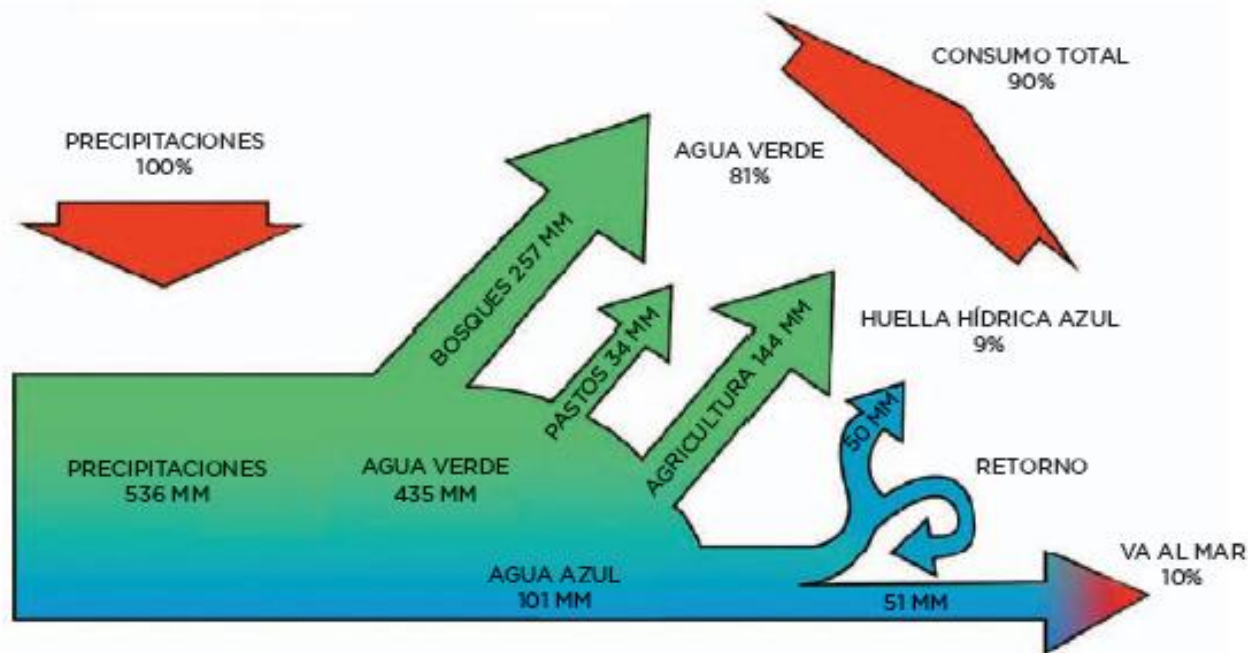


Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

¿De dónde sacamos el agua, los terrenos y la infraestructura de transporte para la recarga?



Fuente: El agua en España: Bases para un futuro. Aldaya y Llamas, 2012.
Fundación Botín. Huella hídrica de la cuenca del Guadalquivir

Solo tenemos agua disponible para la recarga en los periodos en los que se generan excedentes de agua superficial (inviernos y años lluviosos).

Las zonas agrícolas tienen superficie e infraestructura para derivar, transportar y recargar esos excedentes.

El agua verde es el 81 % de la precipitación y el 49% es agua verde consumida por los bosques.