



# SbN ancestrales para la gestión del agua

**Sergio Martos Rosillo**

Investigador Científico / Instituto Geológico y Minero de España - CSIC

**CONAMA**



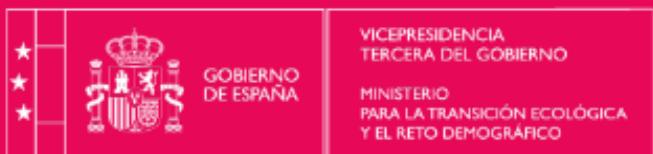
**Diputació  
Barcelona**

# Introducción

**01** Introducción

**02** SbN ancestrales para la Gestión del Agua

**03** Conclusiones



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*

# 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](http://Mosingenieros.com)



Embalse de Lindoso (Orense). 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.



## Clima y 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 Gestión 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

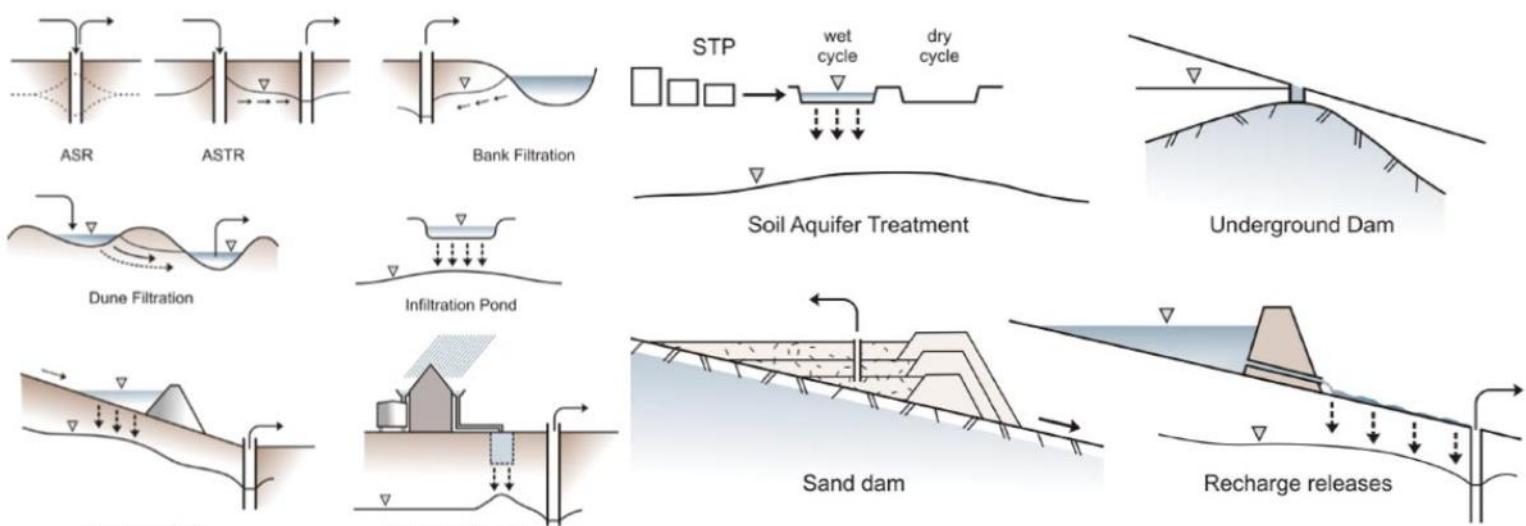
© Springer-Verlag 2005

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

DOI 10.1007/s10040-004-0413-6

**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/>



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

A large, abstract graphic element in the bottom right corner, consisting of three concentric circles. The innermost circle is white, the middle circle is light red, and the outermost circle is a darker red. The circles have a soft, blurred gradient effect.

# 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.



## Proyectos IGME-CSIC investigación SbN ancestrales

### Proyecto REVIERTE

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

Fundación Biodiversidad

### Proyecto INCHA

Investigación de sistemas de SyCA mediante canales de infiltración

Plan Nacional de I+D+i

### Proyecto WaSHa

Inventario y caracterización de sistemas SyCA en España peninsular.

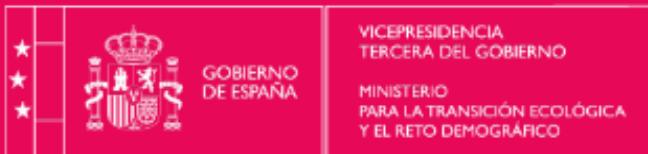
Fundación Biodiversidad

### Subvención de la DGA

Investigación del sistema ancestral de AgMAR en el acuífero de La Valduerna

Encargo Dirección General del Agua  
MITECO

# Proyecto REVIERTE



Plan de Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia



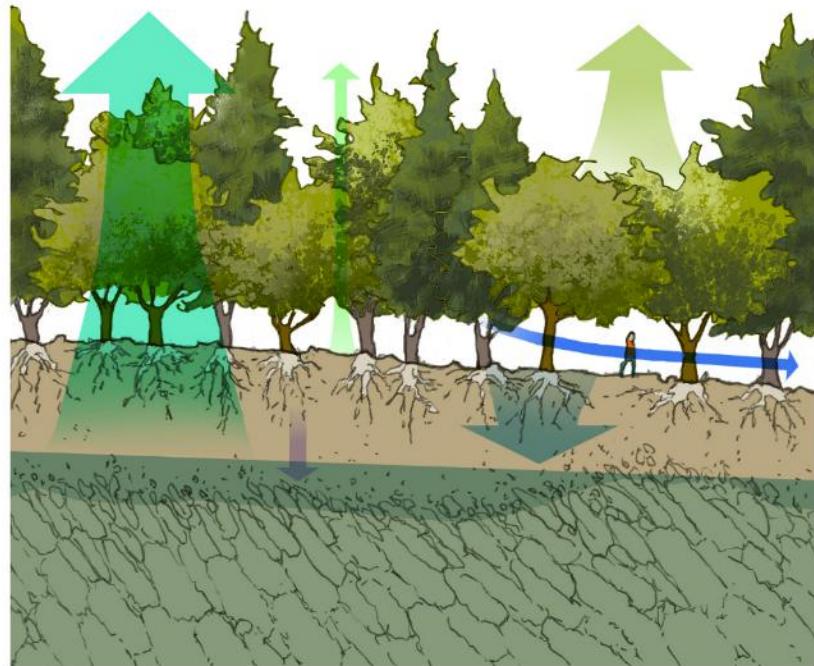
Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU

*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

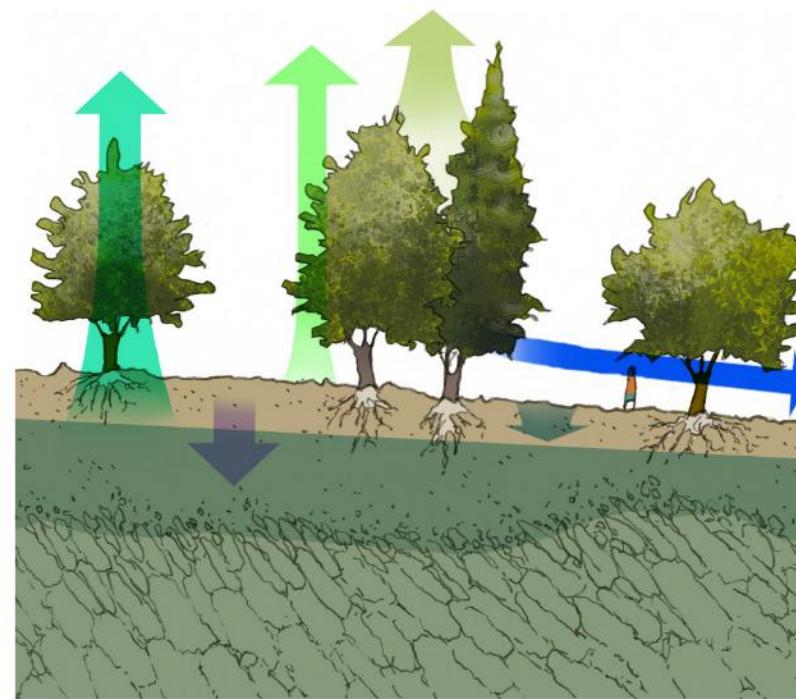
A

- Transpiración
- Evaporación
- Intercepción
- Recarga aguas subterráneas
- Infiltración
- Escorrentía superficial



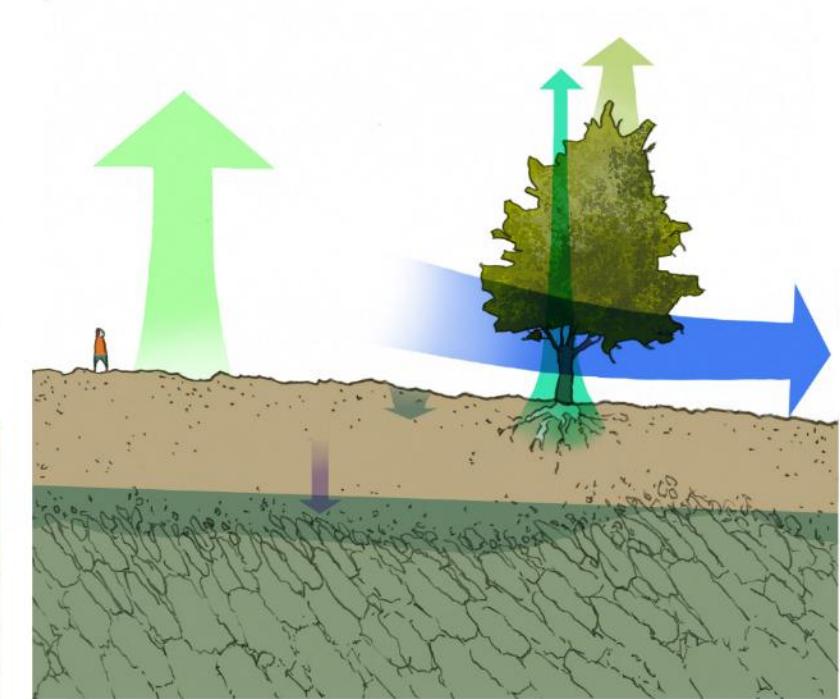
B

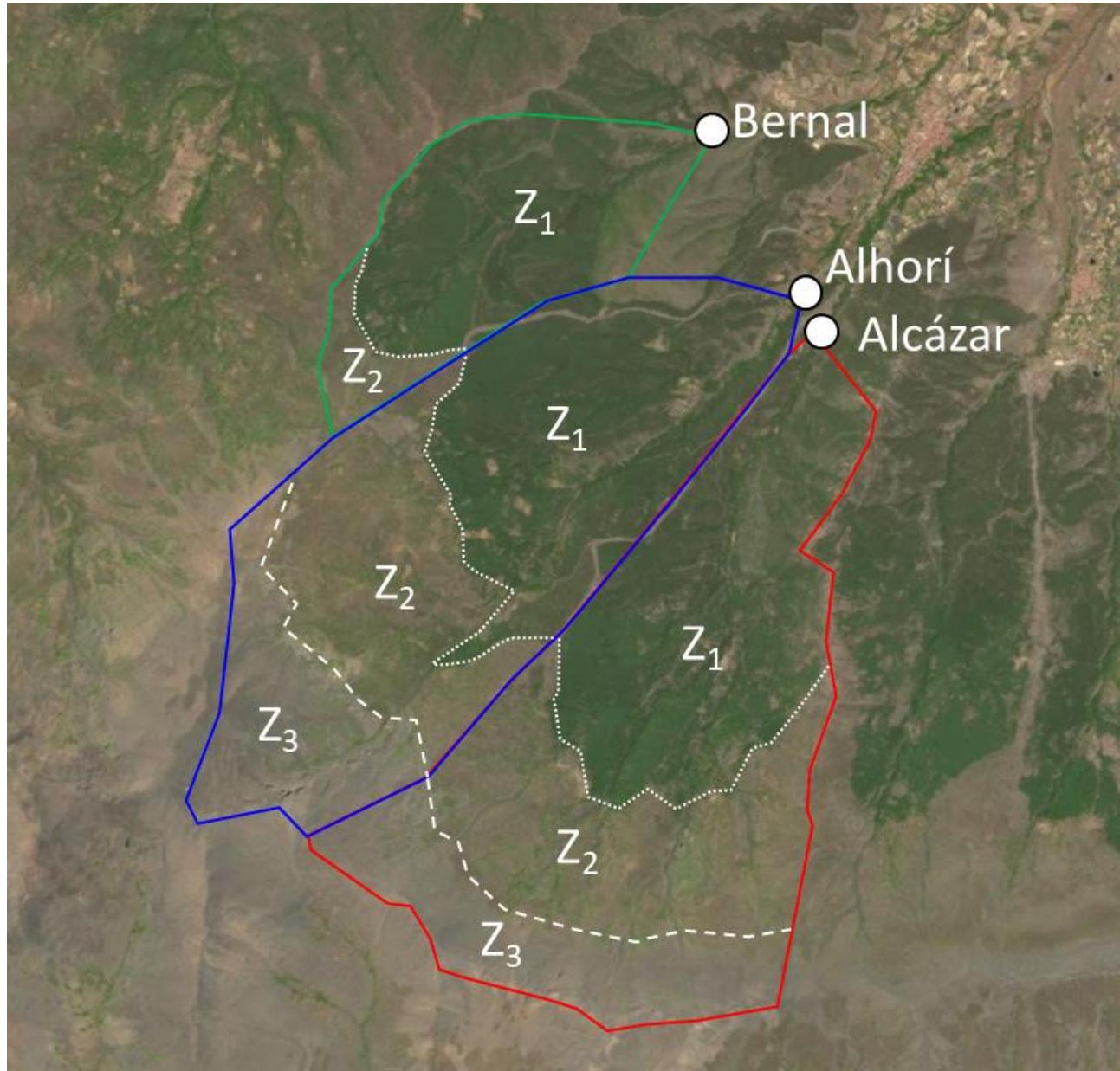
- Transpiración
- Evaporación
- Intercepción
- Recarga aguas subterráneas
- Infiltración
- Escorrentía superficial



C

- Transpiración
- Evaporación
- Intercepción
- Recarga aguas subterráneas
- Infiltración
- Escorrentía superficial





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

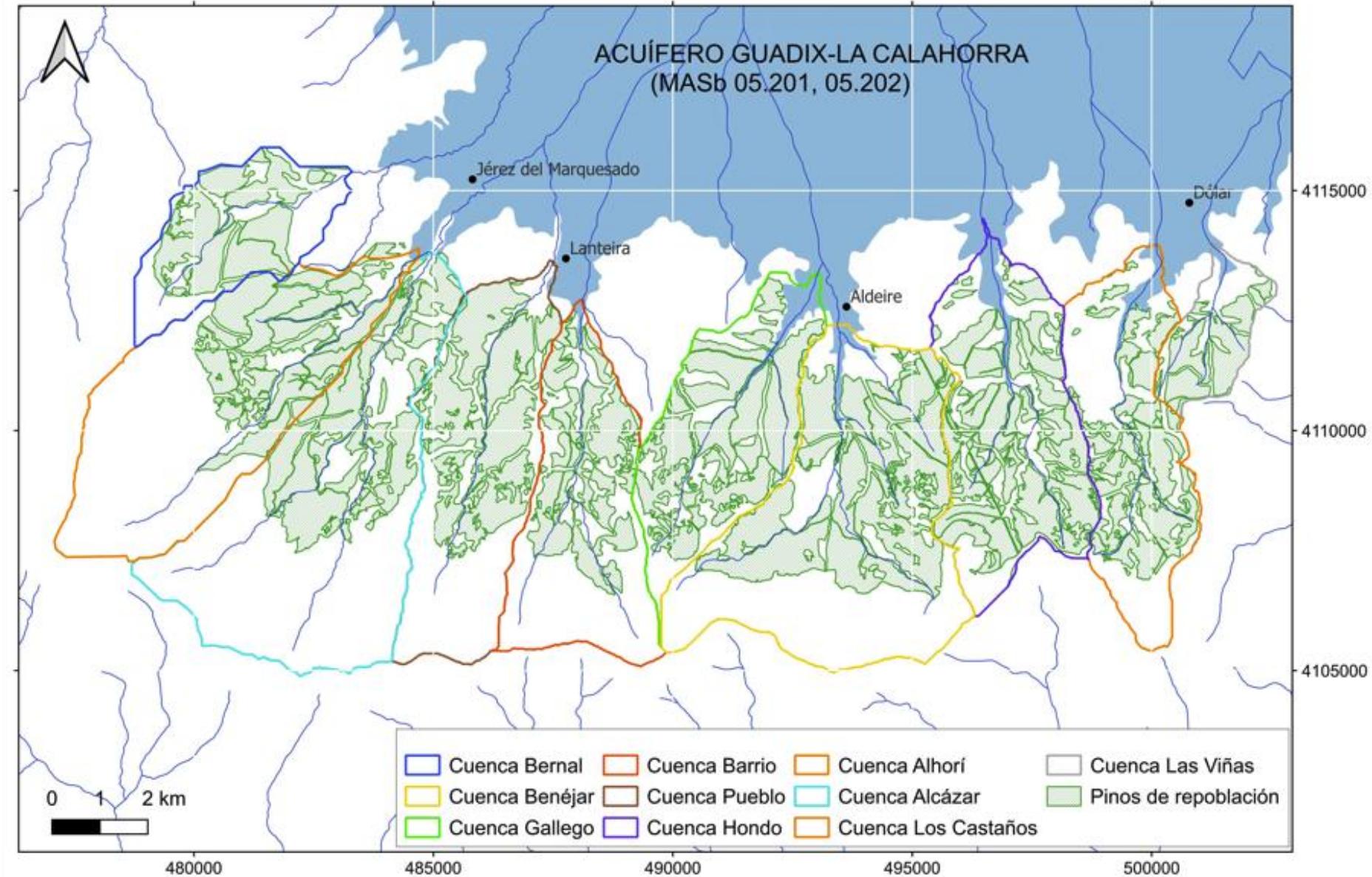
$Z_1 \rightarrow$  Pinos

$Z_2 \rightarrow$  Matorral

$Z_3 \rightarrow$  Suelo desnudo (Mat. Periglaciado)

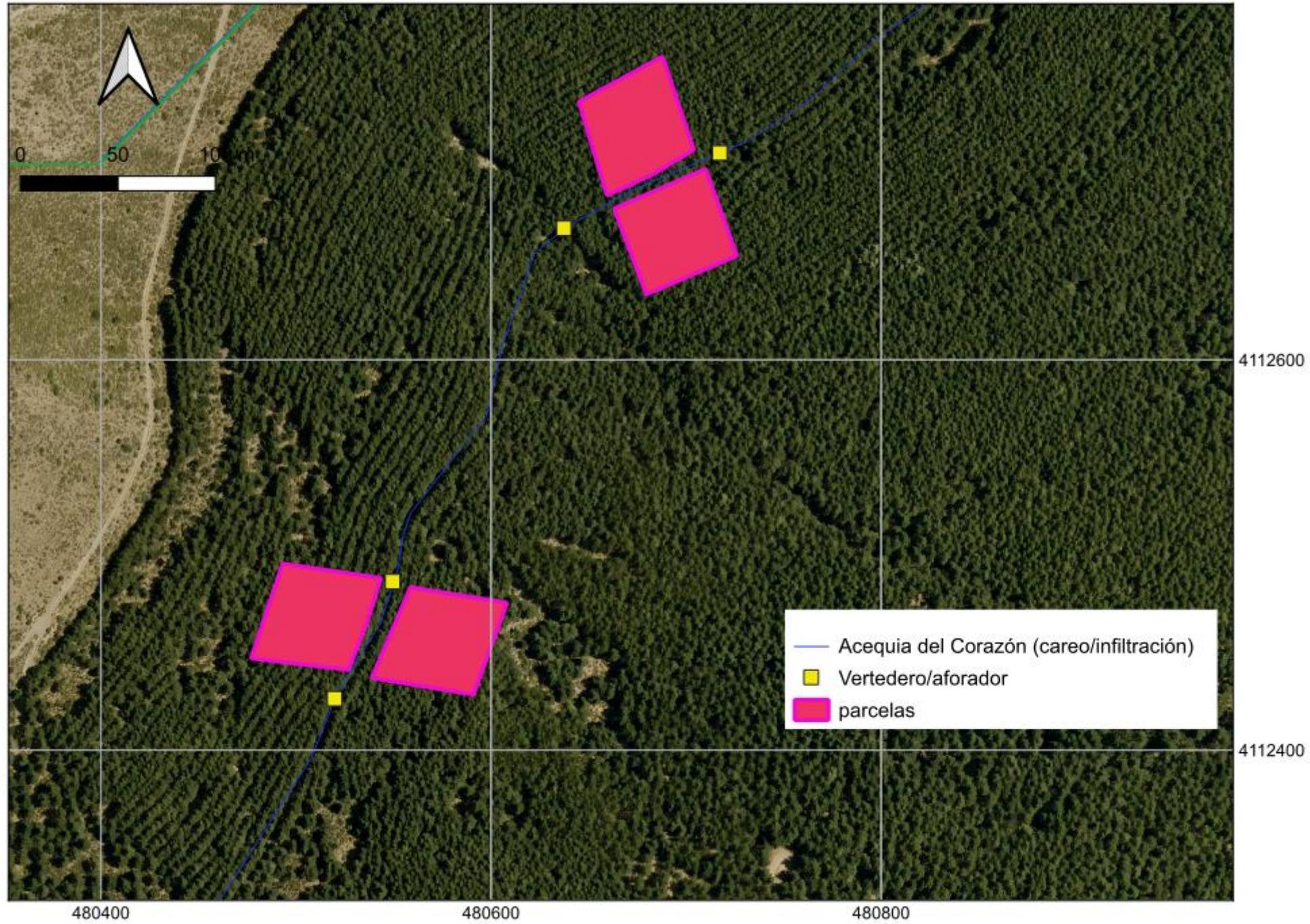
**En la falda norte de Sierra Nevada, se podría incrementar el caudal de los ríos que recargan al acuífero de Guadix, entre un 10 y 30%, para clareos del 40 y del 80%, respectivamente**

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



P  
a  
r  
c  
e  
l  
a  
s

J  
é  
r  
e  
z



# Proyecto InCha

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

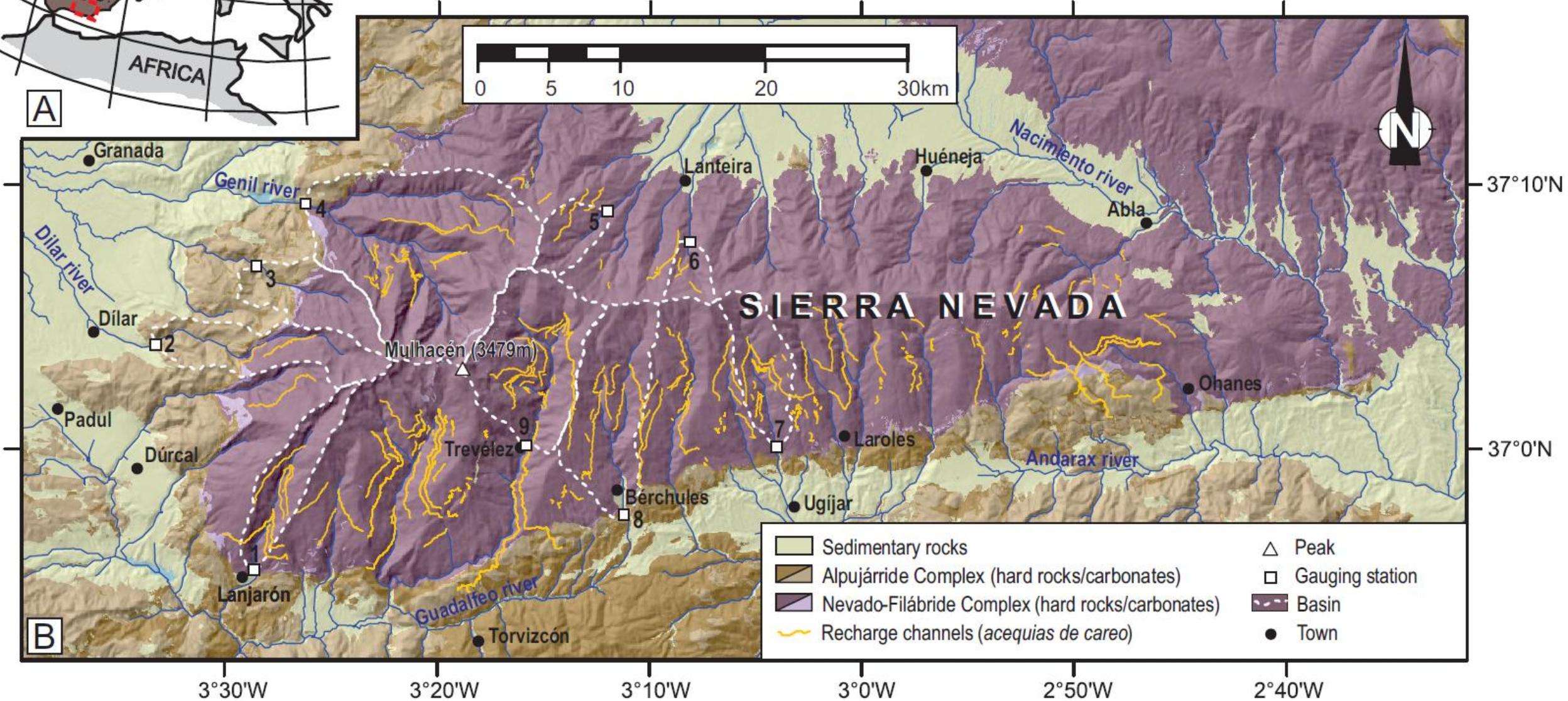
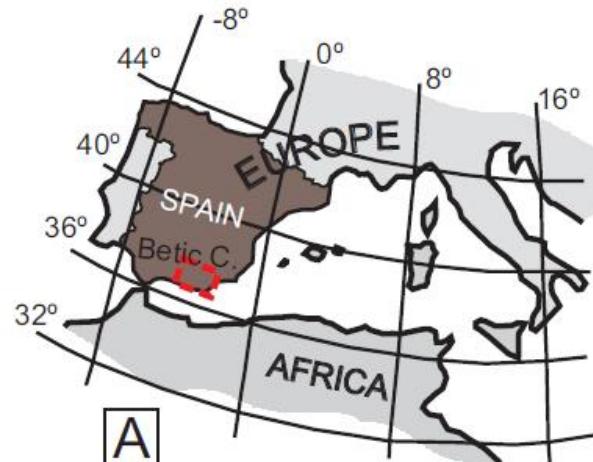
Proyecto InCha financiado por:





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





# Periodo de Deshielo

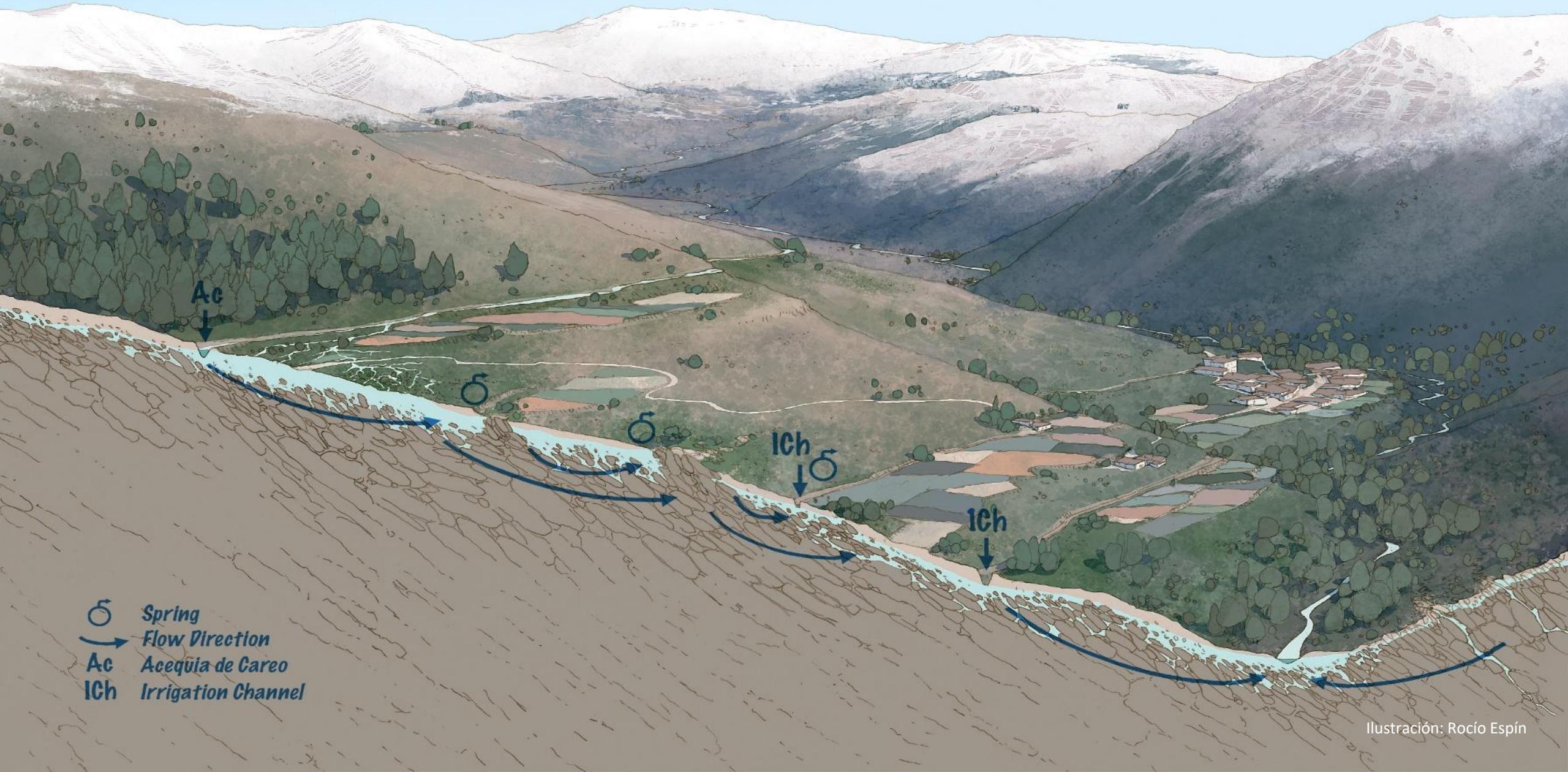
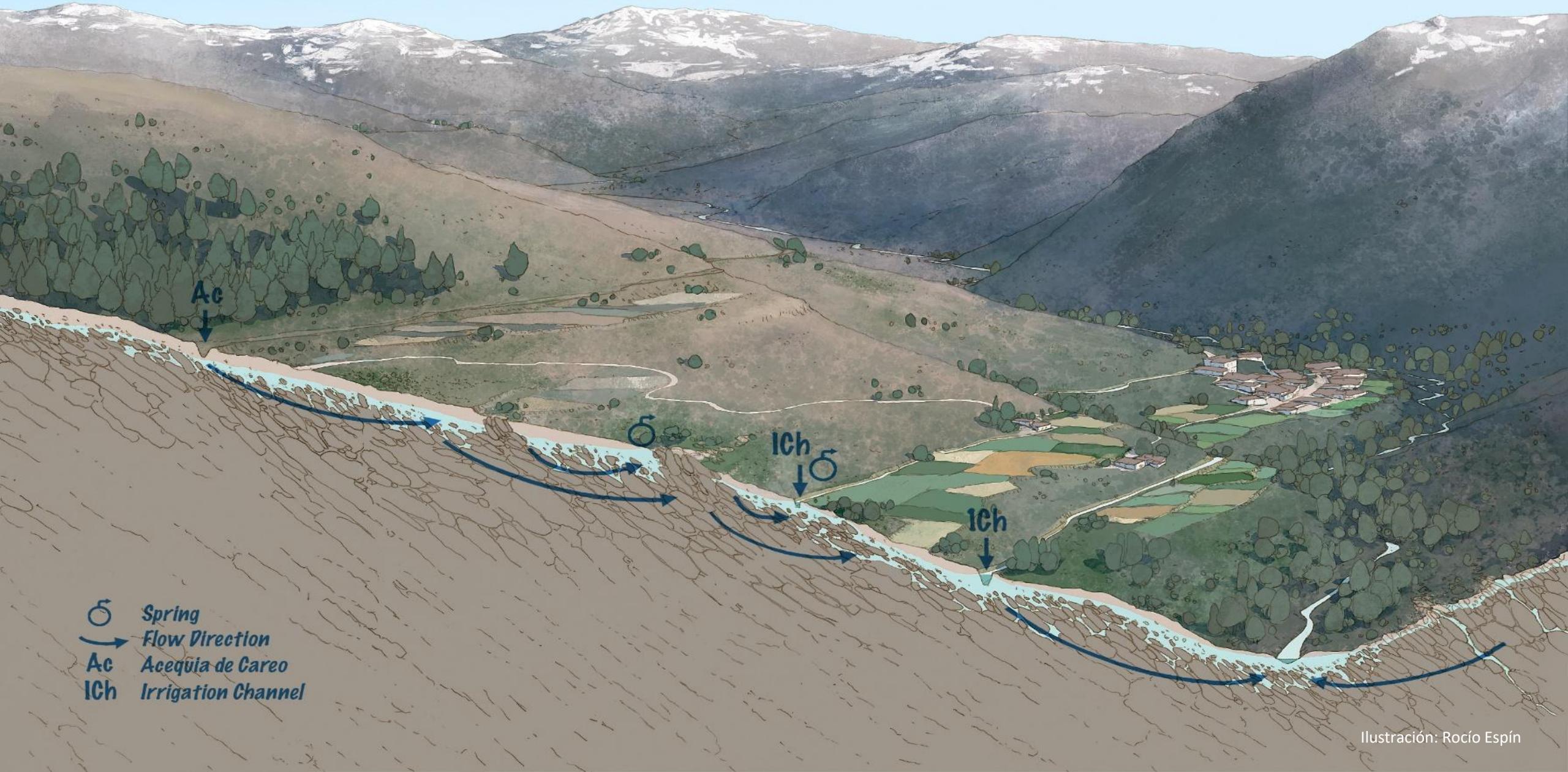


Ilustración: Rocío Espín

# 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

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

2016

**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)**

2024

**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)**

**20 artículos SCI, 16 del 1<sup>er</sup> cuartil**

PICKET-LINE CHIC  
STRIKERS DRESS  
IN SOLIDARITY  
PAGE 12 | STYLE

COMPUTER CHIPS  
A U.S. STRATEGY  
TO BLOCK CHINA  
PAGE 6 | BUSINESS



ATLANTIC ALARM  
OCEAN'S 'TIPPING POINT'  
COULD BE THIS CENTURY  
PAGE 4 | WORLD

# The New York Times

INTERNATIONAL EDITION | THURSDAY, JULY 27, 2023

How Israel  
self-inflicted  
this wound



**OPINION**  
On Monday the American Anthropological Association approved a resolution condemning the recent Israeli attacks on Gaza as acts of ethnic cleansing — the most seriously charged gesture — that any other country's president would surely veto. But Prime Minister Benjamin Netanyahu has some dubious anthropologists who are giving a thumbs up on the Jewish state's war crimes. Here's why.

The resolution coincided with the Israeli Knesset's vote to approve legislation limiting the power of the attorney general. It is a disaster for human rights.

A disastrous  
surveillance  
system for  
itself

is rules depriving people of their most basic wages: the force of law of its most products and cruelty of its most.

With these choices — the seek-to-improve-the-world and the seek-to-harm-the-world — it is a lesson with Swedes and Americans. A better choice, small and simple, has widely gone unnoticed.

With these choices, Israel is the one with Hungary and Serbia: a little country, weaker and less powerful than it used to be, but with a far more aggressive and uncompromising foreign policy.

The other choices of the legislation matter less: the way it was carried out and the motives of those who carried it out. In this part, they represent barely latent pressures and unmeted threats — but with the world's attention, a better choice, small and simple, has widely gone unnoticed.

With these choices, Israel is the one with Hungary and Serbia: a little country, weaker and less powerful than it used to be, but with a far more aggressive and uncompromising foreign policy.

The New York Times publisher option on a wide range of perspectives is typical of the kind of broad debate about controversial questions.



Under threat: The Transfiguration Cathedral in Odessa, a Ukrainian port city on the Black Sea, was heavily damaged by a Russian missile strike this week.

OPINION

Southern Spain's network of water channels built by the Moors is being revived

OPINION

Time-honored fix for drought

OPINION

Southern Spain's network of water channels built by the Moors is being revived

OPINION

Time-honored fix for drought

OPINION

Extraordinarily brilliant,  
and hopelessly naive

OPINION

'Oppenheimer' director on the contradictions of the atomic bomb physicist

OPINION

'Oppenheimer' director on the contradictions of the atomic bomb physicist

OPINION

'Oppenheimer' director on the contradictions of the atomic bomb physicist

OPINION

'Oppenheimer' director on the contradictions of the atomic bomb physicist



Forecast improves  
for global economy

Growth remains slow  
despite IMF optimism  
about containing inflation

BY ALAN RAPPOPORT, GENE NELSON  
AND JENNIFER MCGEE

The world economy is showing signs of recovery, but inflation is still high and inflation and a sluggish recovery in China, the International Monetary Fund said.

The IMF's latest forecast of global economic growth in 2023 is 2.7 percent, up from 2.2 percent last year.

The signs of optimism in the IMF's latest forecast of global economic growth are mixed, with inflation still high and economic damage is working its way through the economy.

Faced with this reality, Spanish farmers, volunteers and researchers have reached deep into history for solutions, turning to a sprawling network of irri-

ATRÍCIA, SPAIN

Southern Spain's network of water channels built by the Moors is being revived

BY CONSTANT MIGUEL

High in Spain's southern mountains, 40 or so people armed with pickaxes and spades cleared stones and grass from an earthenware channel built centuries ago that still keeps the slopes green.

"It's a matter of life," said Antonio Jesús Rodríguez García, a farmer from the nearby village of Píñar, population 400. "Without this water, the farmers can't grow anything. The village can't survive."

The extreme heat sweeping much of southern Europe this month is just the latest reminder of the challenges that climate change has foisted on Spain. The heat and extended droughts raise the threat that three-quarters of the country could be engulfed by desert in this century.

Faced with this reality, Spanish farmers, volunteers and researchers have reached deep into history for solutions, turning to a sprawling network of irri-



A group of volunteers and workers excavating "acequias" — water channels that were built hundreds of years ago — in the Sierra Nevada near Granada, in southern Spain.

nal areas for cities. As use of the network faded, so did the traditional knowledge and traditions that had brought water to the remote corners of Andalucía.

"The irrigation system, regarded as a low-cost and effective tool for managing drought, is being revived, one abandoned aqueduct at a time."

"The aqueducts have been able to withstand at least a thousand years of climate, social and political change," said José María Martín Covarrubias, an archaeologist and historian who is coordinating a major restoration project. "So why do we need it now?"

Mr. Covarrubias said the Moors had built at least 15,000 miles (24,000 kilometers) of aqueducts across the Andalucian provinces of Granada and Almería, in what was then Al-Andalus. He explained that before the aqueducts were constructed, it was hard to grow food in the arid climate of the Mediterranean, with its periodic droughts.

The "genius of the system," he said, is that it slows the flow of water from the mountains to the plains, the better to retain and distribute it.

Without aqueducts, snowmelt from mountain peaks would flow directly into rivers and lakes that dry up during the summer. With them, the melt is diverted to multiple aqueducts winding through areas of use.

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

# Le Monde

## En Espagne, des « acequias » pour semer l'eau

Des agriculteurs restaurent un système médiéval efficace permettant de lutter contre la sécheresse



The Moorish invention that tamed Spain's mountains

# The Guardian

## Spring time: why an ancient water system is being brought back to life in Spain

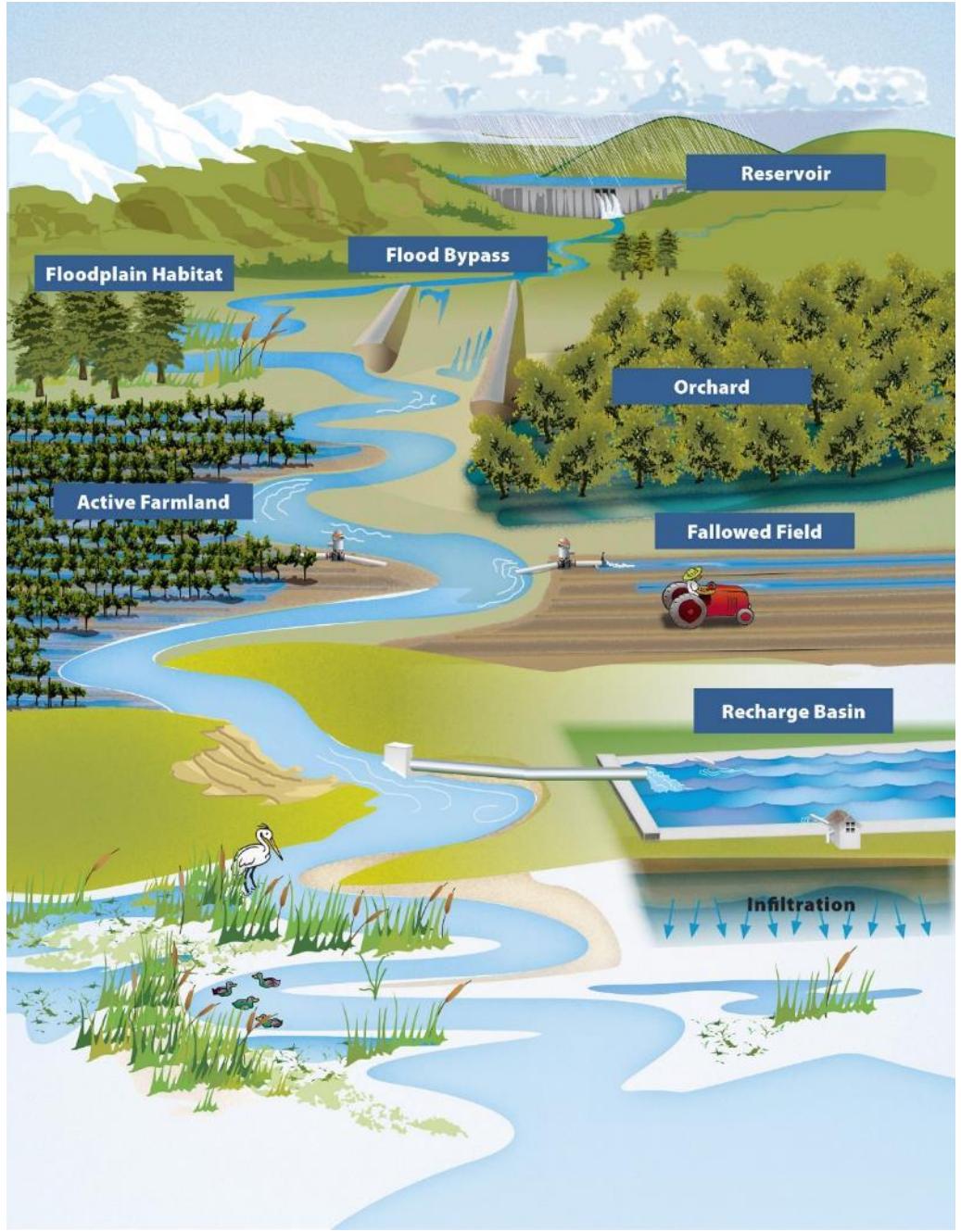
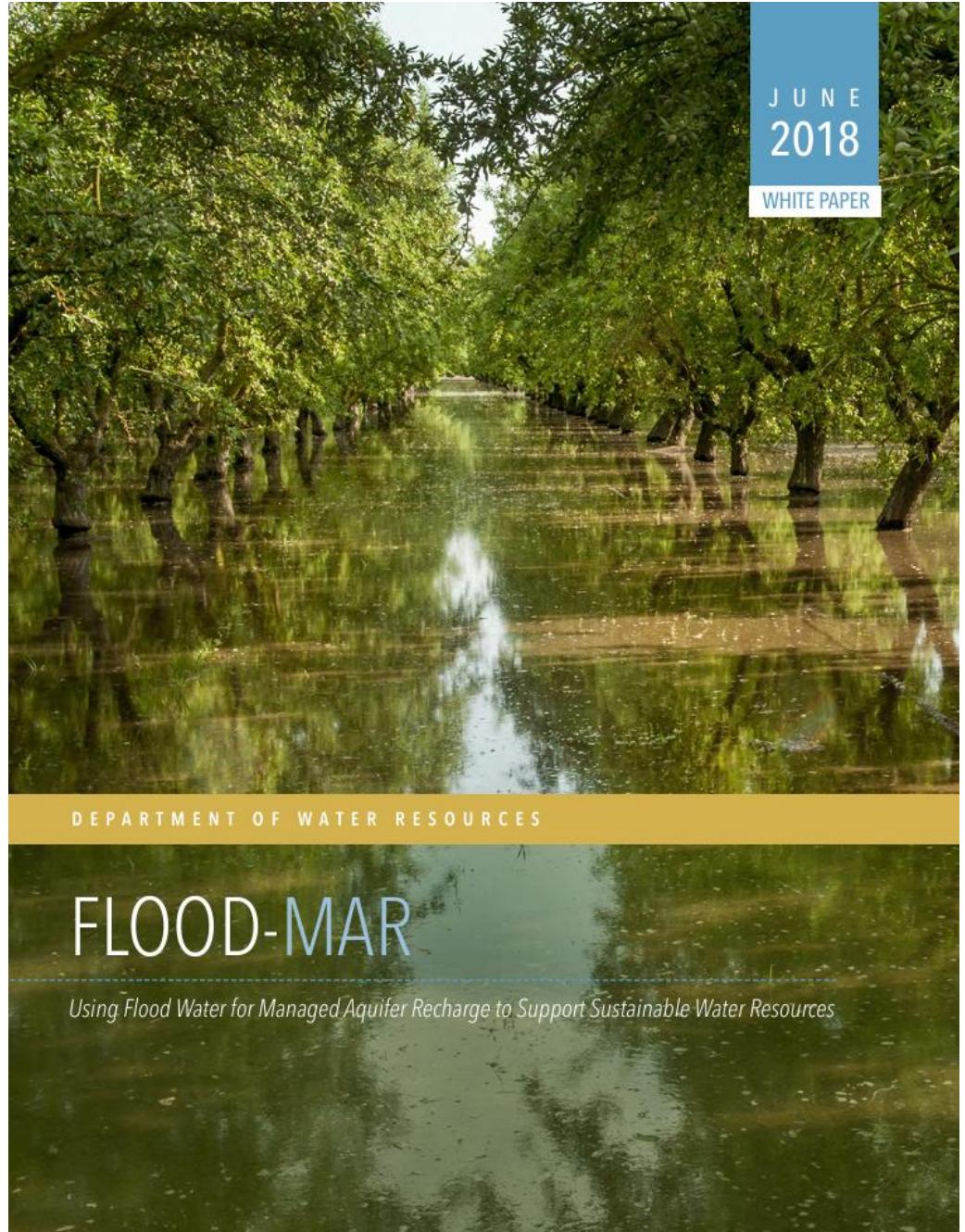


Play now at [nytimes.com/games](http://nytimes.com/games)

Play

# 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

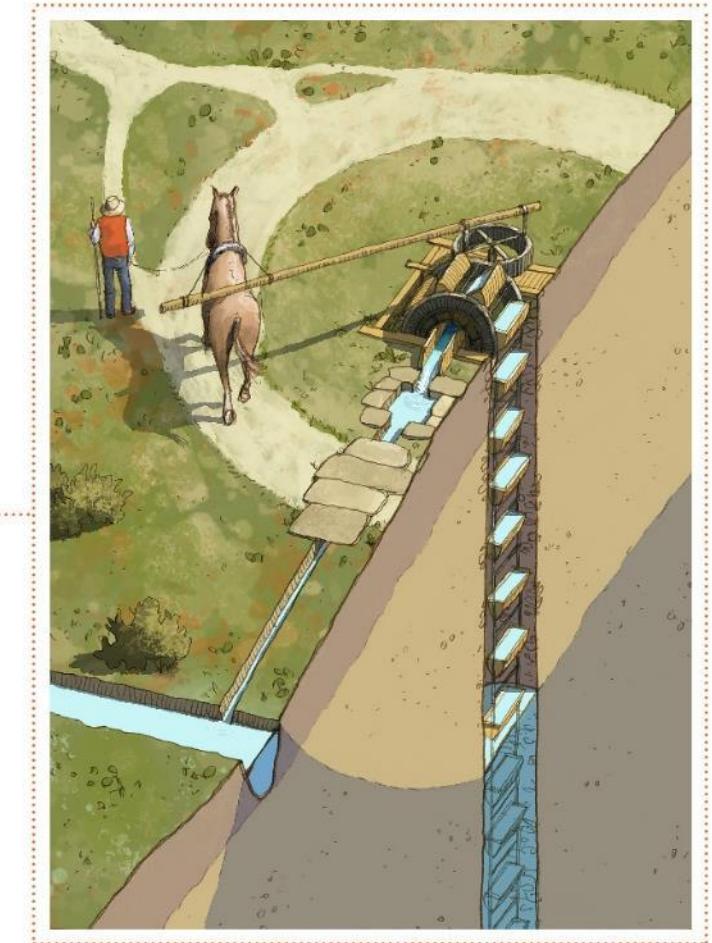
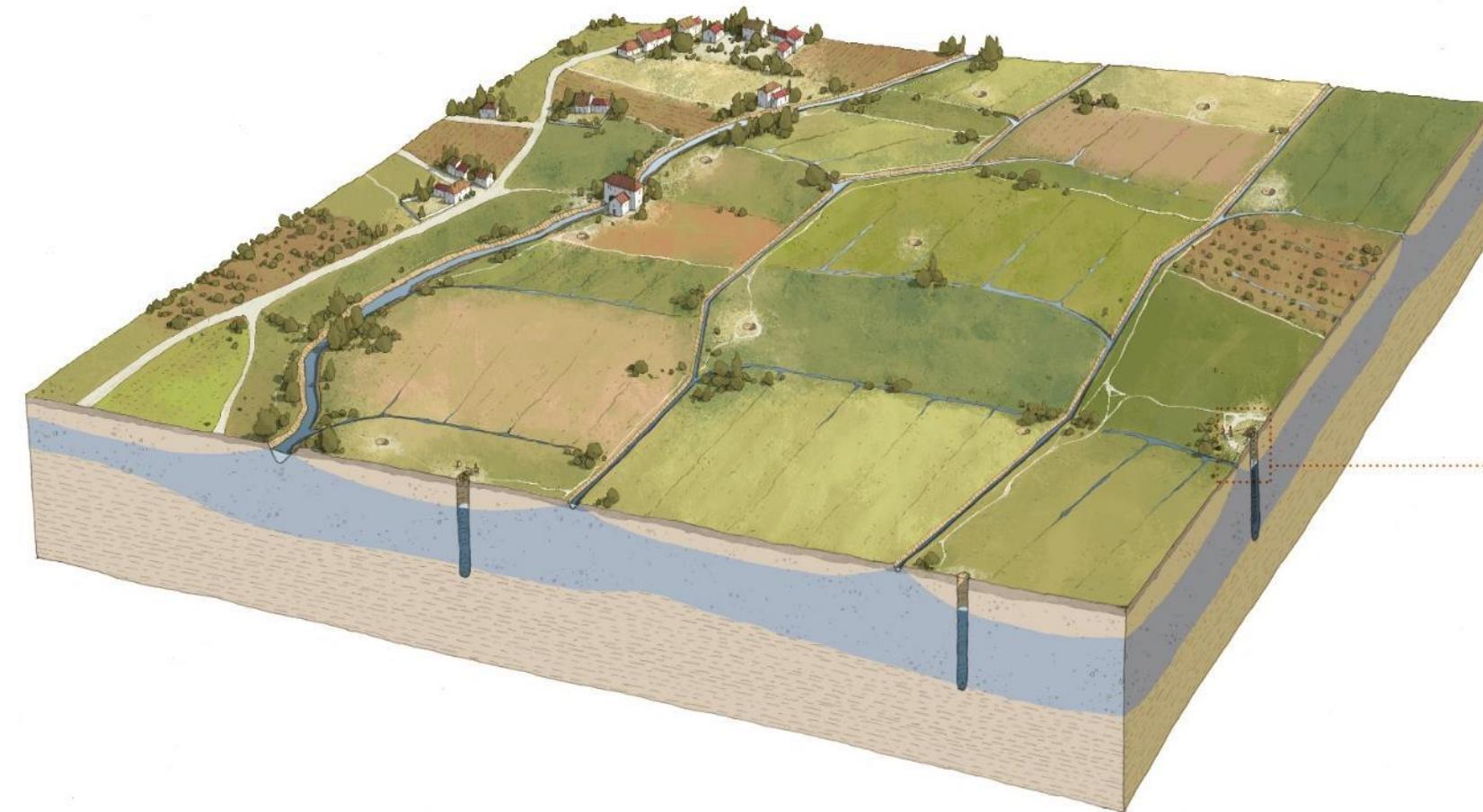


Ilustración: Rocío Espín





Fotografía: Jorge Rodríguez



**Las tres zonas 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**



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



Fundación Biodiversidad



Oficina Española de Cambio Climático



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

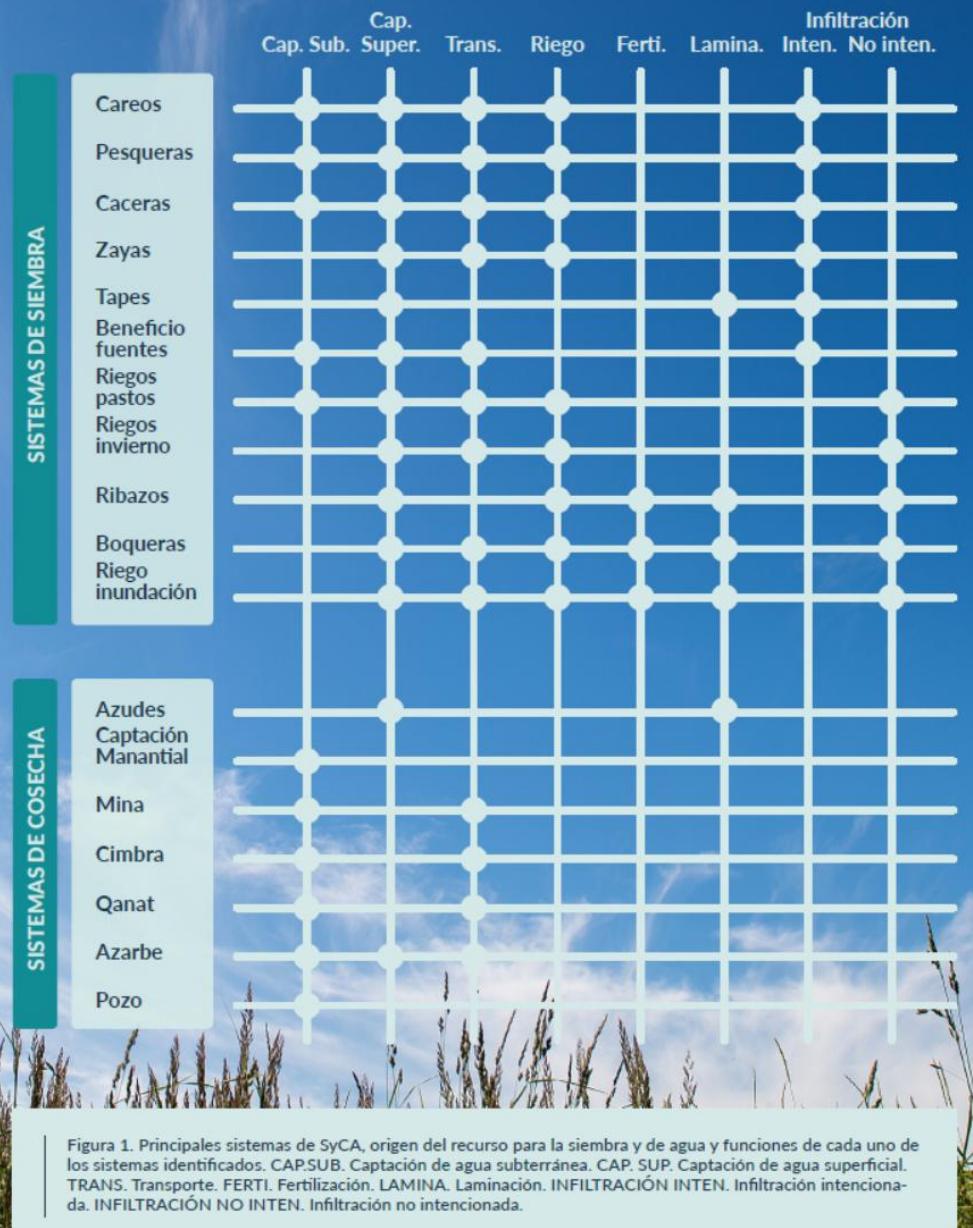
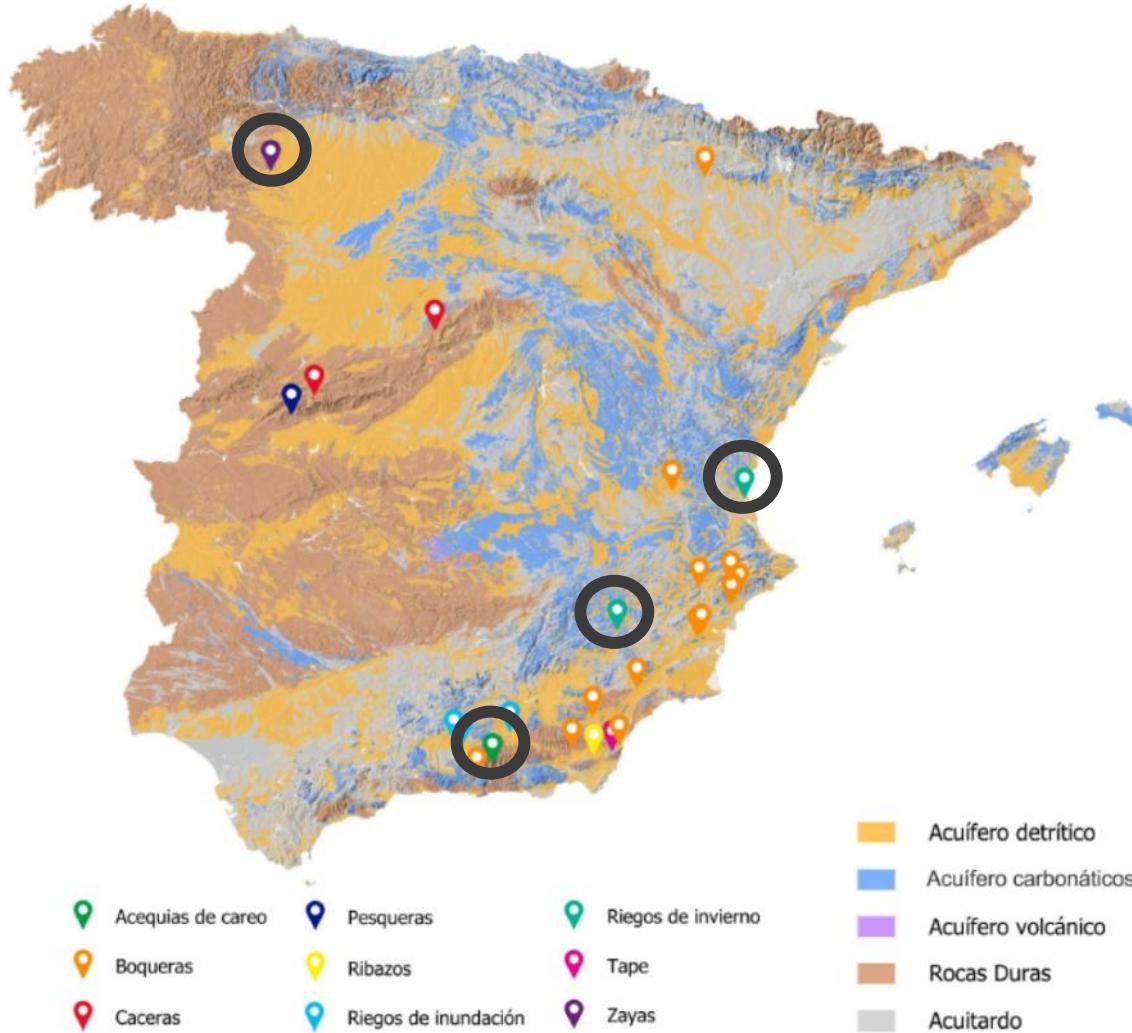


Figura 1. Principales sistemas de SyCA, origen del recurso para la siembra y de agua y funciones de cada uno de los sistemas identificados. CAP.SUB. Captación de agua subterránea. CAP. SUP. Captación de agua superficial. TRANS. Transporte. FERTI. Fertilización. LAMINA. Laminación. INFILTRACIÓN INTEN.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

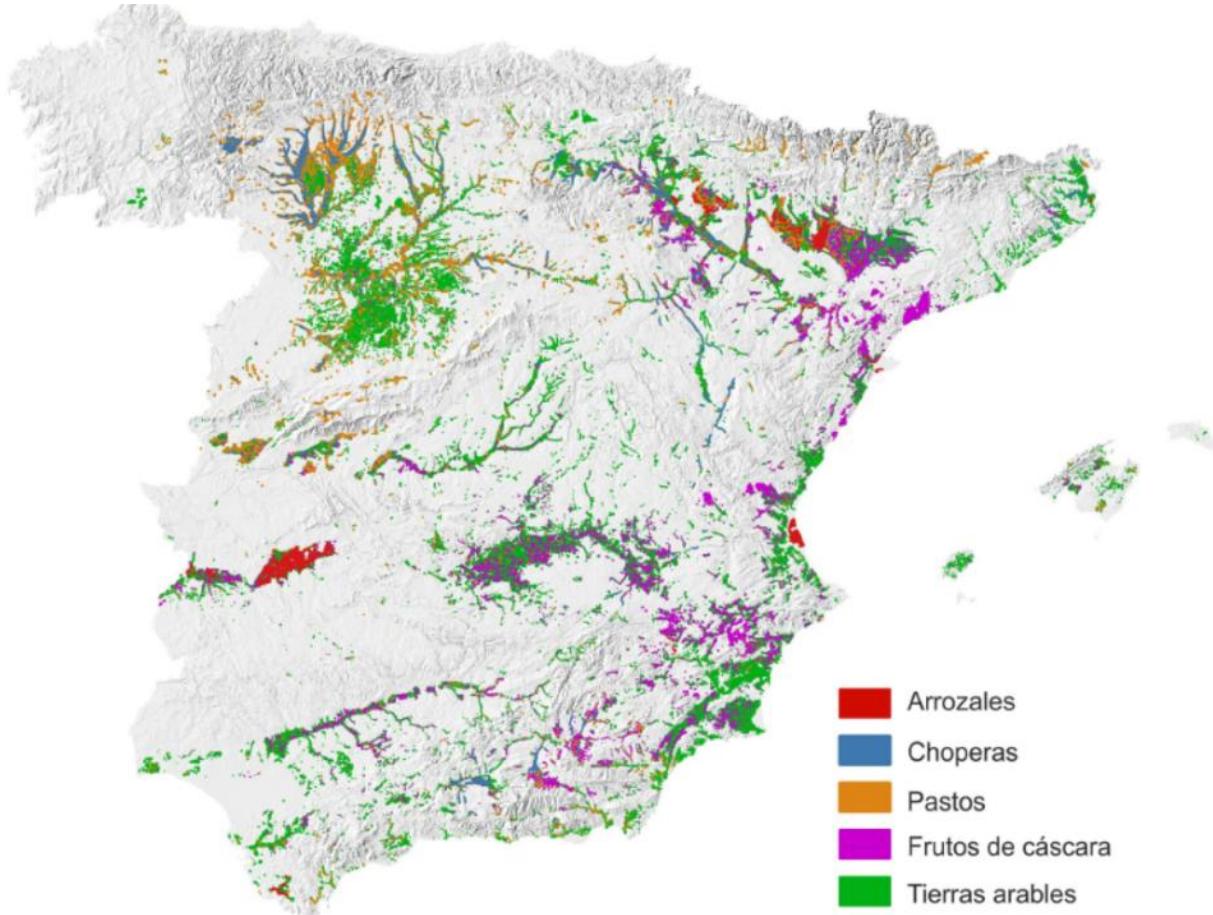


Con el proyecto WaSHa hemos inventariado diferentes sistemas de SyCA repartidos por España peninsular y hemos estudiado con mayor detalle tres sistemas que aún siguen operativos.

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



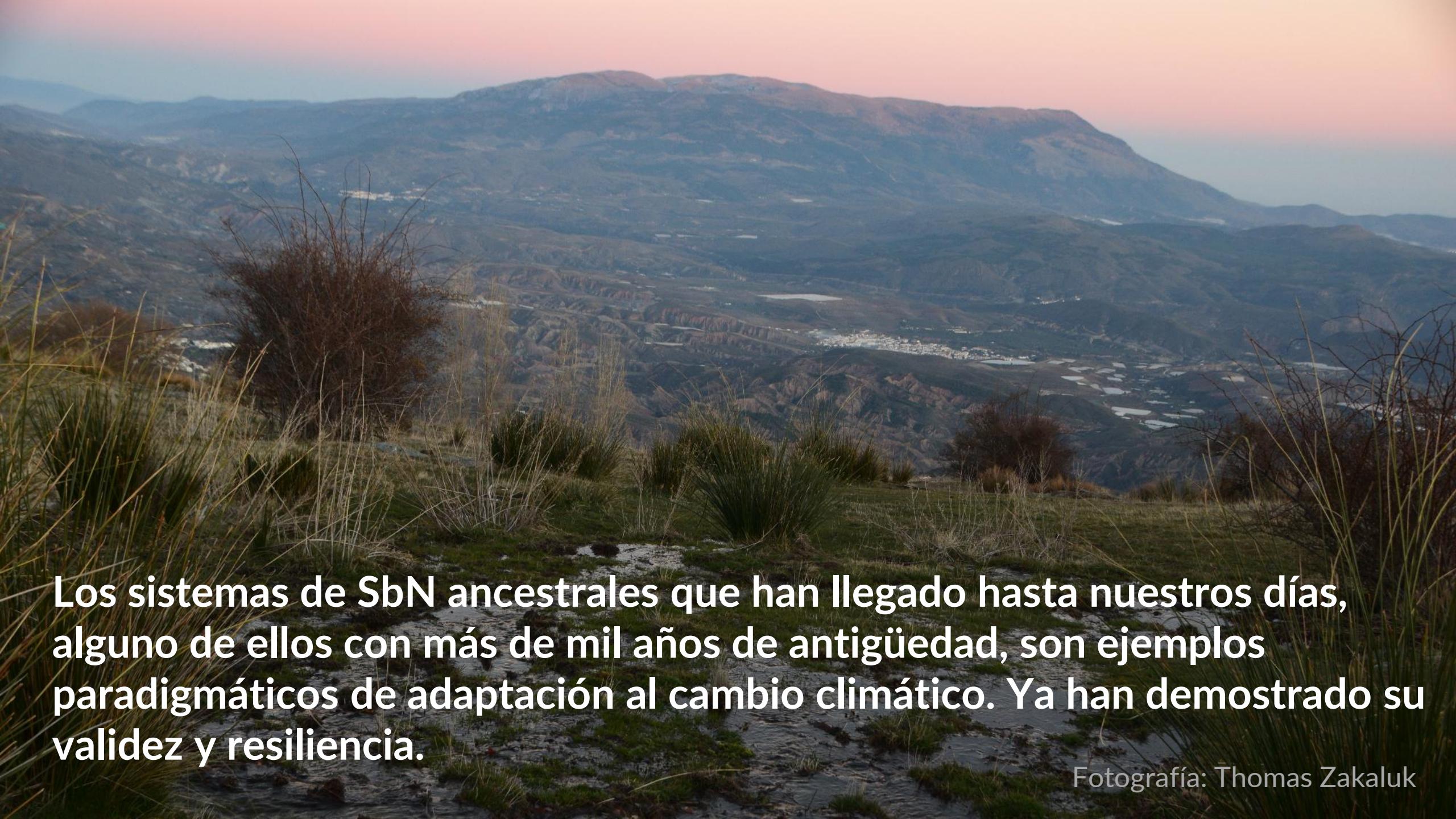
WaSHa



**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



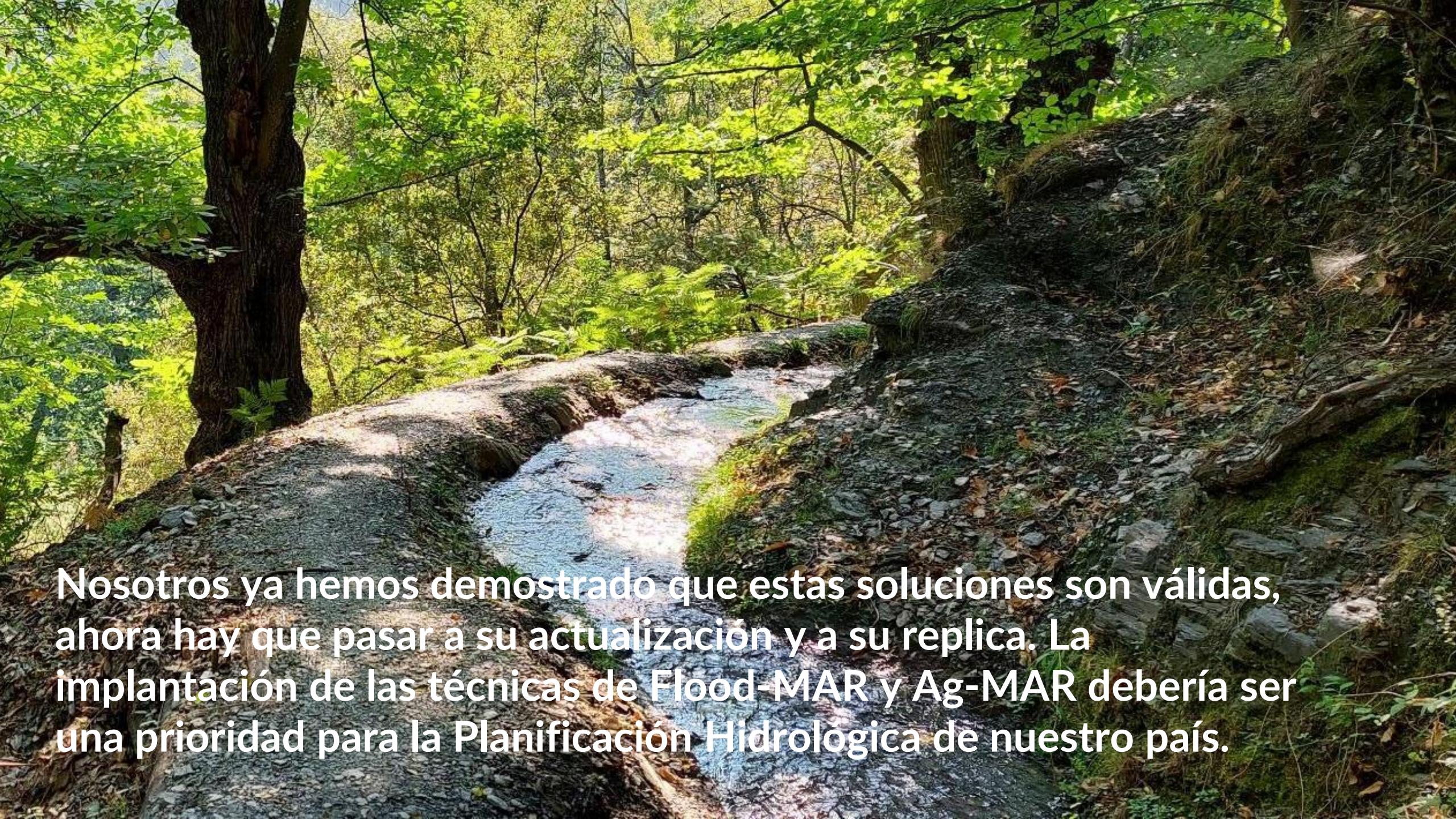


Los sistemas de SbN ancestrales que han llegado hasta nuestros días, alguno de ellos con más de mil años de antigüedad, son ejemplos paradigmáticos de adaptación al cambio climático. Ya han demostrado su validez y resiliencia.

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.

A photograph of a forest stream flowing through a lush, green environment. Sunlight filters through the dense canopy of trees, creating bright highlights on the water and the surrounding foliage. The stream is rocky and flows over mossy banks. The overall atmosphere is serene and natural.

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

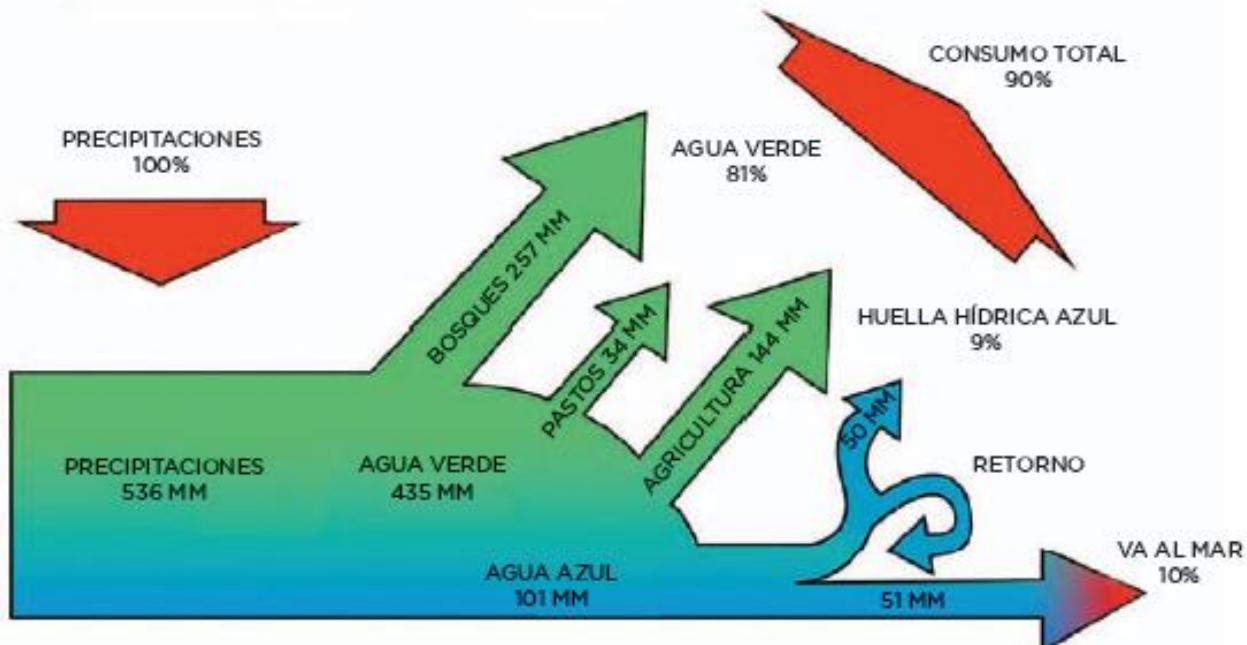


Plan de Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia



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 períodos en los que se generan excedentes de agua superficial (inviernos y años lluviosos).**

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

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