



WaSHA

Inventario y caracterización de **sistemas ancestrales** de Siembra y Cosecha del Agua para la adaptación al Cambio Climático. El proyecto WaSHA

MEMORIA FINAL

Con el apoyo de:



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



Fundación Biodiversidad



PIMA
adapta



Oficina Española de Cambio Climático



WaSHA

Este documento es un resumen de la investigación realizada en el marco del proyecto “WaSHa” llevado a cabo por el IGME-CSIC, en colaboración con la UGR, UPO, UAM y UAL.

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).

Editores:

Sergio Martos Rosillo, José María Martín Civantos y Blas Ramos Rodríguez.

Autores:

Sergio Martos Rosillo, José María Martín Civantos, Blas Ramos Rodríguez, Margarita García Vila, Leticia Serrano Palomo, Almudena de la Losa Román, Ana Fernández Ayuso, Carlos Marín Lechado, Héctor Aguilera Alonso, Irene Carrillo Marín, Nuria Naranjo Fernández, Thomas Zakaluk.

Fotografías:

Almudena de la Losa Román, Ana Fernández Ayuso, Antonio González Ramón, Blas Ramos Rodríguez, Carlos Lorenzo (Servicio de Trabajos Aéreos IGME-CSIC), Francisco Cuesta López (www.conocetusfuentes.com), J. Samuel Sánchez Cepeda, Héctor Aguilera Alonso, Jorge Puche (AperosTV), José Nuñez, MemoLab (UGR), Sergio Martos Rosillo, Thomas Zakaluk.

Ilustraciones:

Rocío Espín Piñar.

Diseño original y maquetación:

Patricia Rodríguez Romero.

Agradecimientos:

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a las personas que se dedican a la agricultura y a la ganadería, a la gente del campo, por el valioso conocimiento que comparten. Vuestro saber merece ser reconocido y preservado.

Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto.

Mayo de 2025

ÍNDICE

1. Introducción	04
2. Objetivos del proyecto WaSha	06
3. Metodología aplicada	07
4. La SyCA como estrategia productiva y conocimientos ecológicos locales	10
5. Propuesta de clasificación y catalogación	12
6. Casos de estudio	21
7. Caracterización de la distribución y de la hidrogeología de los sistemas de SyCA inventariados	38
8. Desarrollo de propuestas de restauración y reactivación de sistemas de SyCA	41
9. Recomendaciones de gestión	46
10. Recomendaciones políticas para la puesta en valor de la Siembra y Cosecha del Agua	51
Anexo I. Fichas de los principales sistemas de SyCA	55

1. INTRODUCCIÓN



Desde que acabó la última gran glaciación, hace unos 12.000 años, buena parte del mediterráneo occidental sufre unas condiciones de aridez que vienen acompañadas de cílicos e intensos periodos de sequía, combinados con repentinas e impetuosas tormentas.

Para disponer de agua durante las sequías extremas, nuestros antepasados desarrollaron técnicas y habilidades sorprendentes. Y encontraron la solución a buena parte de sus problemas bajo sus pies. Recurrieron a la captación de las aguas subterráneas, al igual que lo hacemos ahora durante los períodos de sequía.

Hoy en día sabemos que el 99% del agua dulce de nuestro planeta, que no está congelada, es agua subterránea. Por lo que son los acuíferos, y no los embalses, los grandes almacenes de agua dulce que tenemos en nuestro entorno más inmediato. Y también sabemos que el agua subterránea circula unas 100.000 veces más lenta que el agua que va por un río, por lo que los ríos alimentados por el agua subterránea siguen llevando agua cuando deja de llover y cuando no queda nieve que derretirse en las montañas.

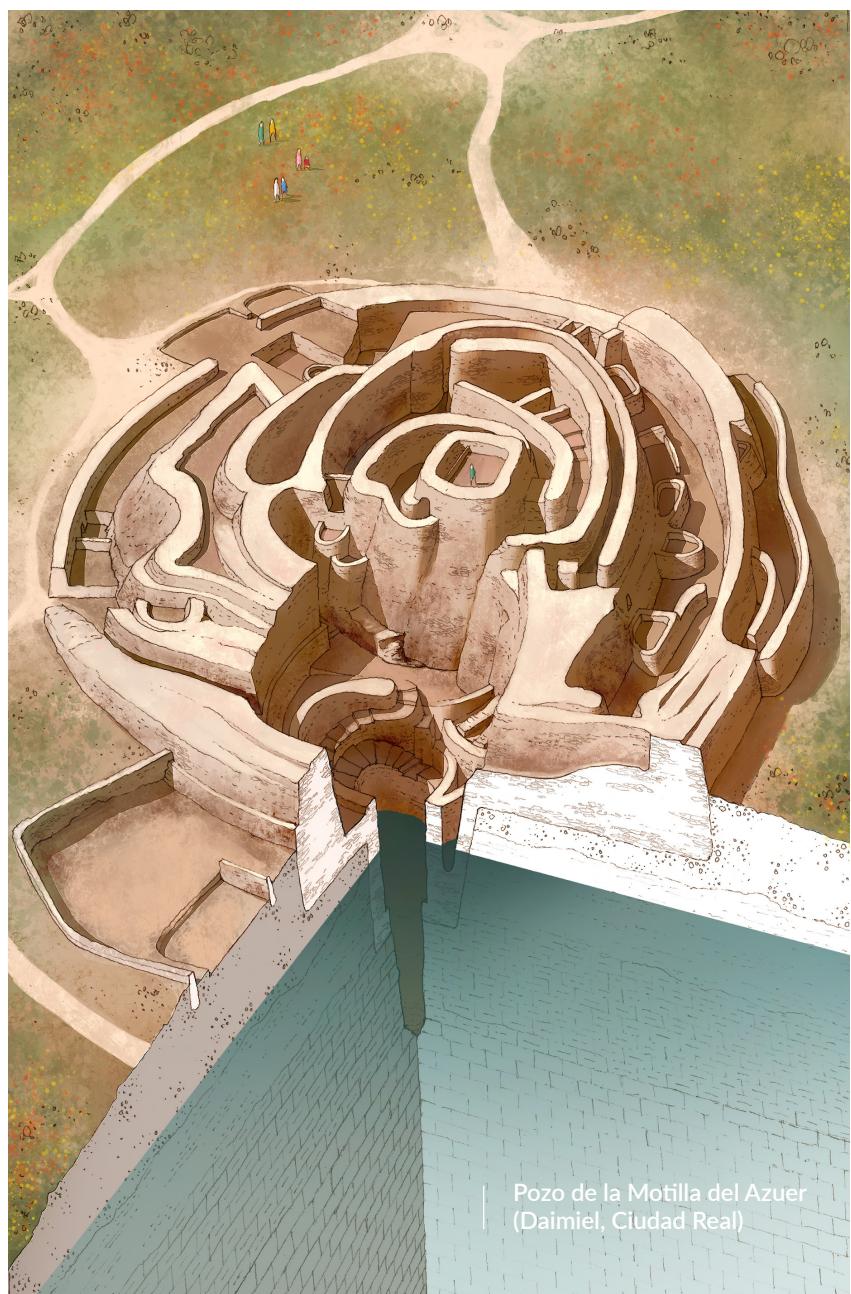
Nuestros antepasados no disponían de este conocimiento, pero sí sabían de la existencia de manantiales y zonas húmedas que no se secaban durante los períodos secos. Por eso se asentaron junto a estas zonas e incluso se cobijaron en cuevas donde había acceso directo al agua subterránea.

Luego comenzaron a construir pozos, galerías horizontales y cimbras excavadas en los aluviales de los ríos para captar el agua del subsuelo. Grandes civilizaciones, como la minoica o la romana alcanzaron su máximo esplendor durante períodos cálidos, gracias a la captación del agua subterránea de manantiales y a la excavación de pozos y galerías drenantes, que transportaban el agua a su destino mediante acueductos. La mayoría de los majestuosos acueductos construidos por el imperio romano tenían su origen en manantiales con aguas de gran calidad y de caudal permanente.

Por lo que sabemos hasta el momento, parece que fue en la Edad Media cuando, al menos en la Península Ibérica, los andalusíes dieron un salto enorme en lo que al manejo del agua se refiere. Los andalusíes, herederos de todo el conocimiento hidrológico de las culturas que absorbieron, empezaron a infiltrar agua de escorrentía en las laderas de la montaña de Sierra Nevada, para que los manantiales y los ríos llevasen un mayor caudal durante los períodos secos. Empezó así a sembrarse y a cosecharse agua en la Península Ibérica.

Se conoce como técnicas de Siembra y Cosecha del Agua (SyCA) a las técnicas de infiltración del agua en el subsuelo para luego poder recuperarla tiempo después mediante captación de manantiales y ríos y mediante la construcción de pozos y galerías. Donde se aplican estas técnicas, fundamentalmente en enclaves semiáridos y montañosos, la SyCA ha funcionado como un mecanismo de adaptación frente a las oscilaciones climáticas que han ido acaeciendo a lo largo de los tiempos, permitiendo superar eficazmente situaciones de sequías prolongadas, que de otra manera hubieran sido desastrosas.

La SyCA funciona con la fuerza de la gravedad, con materiales locales, se maneja y mantiene por la población local, presta un buen número de servicios ecosistémicos y contribuye a incrementar la biodiversidad. Por todo esto, debería ser mejor atendida por la comunidad científica y por los gestores y planificadores ambientales, dado que es un ejemplo vivo de adaptación al cambio climático, de resiliencia y de Solución Basada en la Naturaleza (SbN). El poder contribuir a paliar esa falta de interés ha sido uno de los objetivos del proyecto "Inventario y caracterización de sistemas ancestrales de Siembra y Cosecha del Agua para la adaptación al Cambio Climático", cuyo acrónimo surge de la traducción al inglés de SyCA (WaSHa, Water Sowing and Harvesting).



Pozo de la Motilla del Azuer
(Daimiel, Ciudad Real)

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO WaSHa

El objetivo general del proyecto es el de **inventariar, caracterizar y dar a conocer distintas técnicas históricas de manejo del agua** que se hacen en nuestro país y que son conocidas como sistemas de SyCA.

Para alcanzar este objetivo general se han propuesto cuatro objetivos específicos:

1

Inventariar las técnicas históricas de SyCA.

2

Dar a conocer y complementar las investigaciones sobre los sistemas de SyCA que se mantienen en Sierra Nevada (Granada) y en las comarcas de la Vera (Cáceres) y de la Valduerna (León).

3

Identificar zonas de SyCA potencialmente recuperables, desarrollar propuestas de restauración y reactivación y elaborar recomendaciones de gestión y manejo.

4

Hacer divulgación y transferencia de conocimiento.

3. METODOLOGÍA APLICADA

La metodología aplicada se ha desarrollado en tres fases principales. Los objetivos, actividades y productos de cada una se recogen en el siguiente gráfico de manera esquemática.

FASE	INVENTARIO DE SISTEMAS SYCA	CASOS DE ESTUDIO	RECOMENDACIONES Y DIFUSIÓN
OBJETIVOS	Investigar, inventariar y documentar sistemas de SyCA en territorio peninsular.	Caracterización hidrológica, hidrogeológica y arqueológica de tres sistemas de SyCA	Identificar zonas de SyCA potencialmente recuperables, recomendaciones de manejo y propuestas de recuperación
ACTIVIDADES	Revisión bibliográfica y documental, investigación topográfica, análisis cartográfico, encuestas y entrevistas.	Recopilación y análisis de la información arqueológica, hidráulica hidrogeológica e hidrometeorológica.	Ánálisis cruzado de información espacial sobre sistemas de SyCA, zonas regables e hidrogeología.
PRODUCTOS	<ul style="list-style-type: none">• Inventario y cartografía• Fichas de sistemas SyCA• Clasificación• Mapas de zonas SyCA	<ul style="list-style-type: none">• Modelos conceptuales• Evaluación de la recarga• Mapas hidrogeológicos• Mejora del conocimiento hidrogeológico	<ul style="list-style-type: none">• Mapa de zonas potenciales para la aplicación de la SyCA• Propuestas de actuación. Jornadas, workshops, folletos, videos divulgativos e informe final

En la primera fase, correspondiente al inventario de sistemas de SyCA en España peninsular, se ha realizado una intensa revisión bibliográfica y documental, se ha hecho un análisis de la cartografía histórica, de fotografías aéreas y de imágenes satélite en zonas en las que había indicios de la existencia de sistemas de SyCA. Hemos realizado encuestas a la población y a instituciones, desde el ámbito académico hasta instituciones locales, se han hecho mapas participativos con la población local y se ha hecho una investigación topográfica para identificar posibles infraestructuras de SyCA. Llama sin duda la atención la falta de información y de interés por parte de los investigadores, técnicos o incluso eruditos locales. Se trata de prácticas y paisajes que no han suscitado hasta ahora interés al tratarse de conocimientos y manejos campesinos, que han pasado completamente desapercibidos en la mayoría de los casos, lo cual ha dificultado enormemente la búsqueda de información. Esta circunstancia no debería sin embargo sorprendernos, ya que es un lugar común en el conocimiento sobre los sistemas tradicionales de manejo de agua y los regadíos históricos ligados a ellos. No obstante, en este caso, al tratarse de técnicas específicas, a veces consideradas marginales para el aprovechamiento de aguas de escorrentía en zonas semiáridas o de fertilización de suelos, la ausencia de información es casi total. A veces resulta incluso complicada su documentación mediante las entrevistas directas a los informantes de las comunidades locales.

A esta dificultad por la falta de información previa y la invisibilidad de estas prácticas y manejos, se unen los procesos de abandono desde los años 60 y 70 del siglo XX y los procesos de transformación del mundo rural y los sistemas agrarios por la industrialización e intensificación productiva, que han cambiado en ocasiones la configuración tradicional del campo, borrando incluso sus huellas y restos, e incluso la memoria cuando sus protagonistas han ido desapareciendo.

A pesar de estas dificultades, se han podido catalogar e inventariar toda una serie de prácticas de gran interés desde una perspectiva cultural, ambiental e hidrogeológica. Una vez identificadas las prácticas y zonas de SyCA más representativas, se realizó análisis de documentación y reconocimiento en campo más exhaustivo. Toda la información generada se ha volcado en bases de datos georeferenciadas y se ha preparado un GIS con sistemas de SyCA en España peninsular, en el que se han diferenciado distintas cartografías temáticas.

La segunda fase ha permitido conocer y caracterizar hidrogeológicamente los sistemas de SyCA de tres zonas donde estos estaban operativos: las pesqueras de la comarca de la Vera, en Cáceres, las zayas de la comarca de la Valduerna, en León, y las acequias de careo del río Mecina, en Granada. En estas tres zonas se han aplicado técnicas de investigación clásicas en los estudios hidrogeológicos. Se ha hecho cartografía hidrogeológica, inventario de puntos de agua, se han establecido redes de control hidrológico e hidrogeológico, con medidas de caudal en ríos y acequias y medidas de niveles piezométricos, durante, al menos, un año hidrológico. Asimismo, se ha procesado la información hidrometeorológica disponible y se han hecho modelos matemáticos de precipitación-aportación y un modelo de flujo subterráneo en la zona de estudio de León. Estos trabajos han permitido, con un solo año hidrológico de control, establecer unas primeras estimaciones de la recarga a los acuíferos que se consiguen con los sistemas de SyCA aplicados. El análisis histórico de la infraestructura de SyCA y de la forma de manejo del agua que se hacía, hace no más de setenta años, ha permitido comprobar que estos sistemas eran aún más eficientes de lo que lo son ahora.



El desarrollo de las dos fases anteriores ha permitido comprobar lo importantes que eran estos sistemas a mitad del siglo pasado y como se han ido perdiendo a pasos agigantados. En las zonas donde se han realizado estudios de detalle se han hecho una serie de recomendaciones de manejo y gestión, que se presentan en este documento, y se ha hecho un gran esfuerzo en elaborar un estudio a nivel peninsular para identificar las principales zonas donde se podría realizar siembra de agua aprovechando la infraestructura de riego y los cultivos que permitirían recibir un exceso de agua para la recarga de los acuíferos mediante riegos de invierno.

Una buena parte de la labor realizada durante los dos años de ejecución de este proyecto ha consistido en la transferencia de conocimiento y en la divulgación de los resultados. En las tres zonas de investigación de detalle hemos hecho una jornada inicial, de

presentación del proyecto WaSha y de las actividades a realizar en cada zona, y una jornada final, con la presentación de los resultados. Hemos organizado junto con las comunidades de regantes, corporaciones locales y con voluntariado una jornada de recuperación de pesqueras en la Vera y otra de limpieza de acequias de careo en Sierra Nevada. Hemos hecho charlas divulgativas en campo, siguiendo el camino de las zayas, en la Valduerna, León, de las acequias de careo en Lanjarón y en Bérchules, en la provincia de Granada, y hemos preparado tres folletos divulgativos en formato papel y en digital para explicar cómo funcionan los sistemas de SyCA de las pesqueras, de las zayas y de las acequias de careo. Se han hecho tres videos divulgativos, uno animado, enfocado a alumnos de primaria y secundaria, y otros dos, de tipo documental. El primero en el que se presentaba el proyecto y el segundo en el que se resumen los resultados del proyecto WaSha y se presenta la opinión de la población local y de distintos especialistas, en relación con estos sistemas históricos de manejo del agua y el suelo. Se debe destacar la organización de unas jornadas sobre Soluciones basadas en la Naturaleza para la Gestión del Agua Subterránea, celebradas en Madrid, en el salón de actos de la Confederación Hidrográfica del Tajo, que se organizaron a iniciativa de este proyecto y que contaron con el apoyo de la Dirección General del Agua del MITECO y de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos. En estas jornadas se presentó el proyecto WaSha, mediante una ponencia y mediante la proyección de un video de presentación y se pudo compartir nuestra experiencia junto con las de otros equipos de investigación en esta materia a nivel nacional. Por último hay que destacar la realización de dos Trabajos Fin de Máster, uno con la Complutense de Madrid sobre el modelo de flujo del acuífero de la Valduerna, otro con la Universidad de Granada, sobre las galerías drenantes de España.



4. LA SyCA COMO ESTRATEGIA PRODUCTIVA Y CONOCIMIENTOS ECOLÓGICOS LOCALES

La capacidad de los campesinos para observar la naturaleza y experimentar puede llegar a ser sorprendente. De hecho, nos resulta más sorprendente aún porque desde una perspectiva moderna occidental tendemos a despreciar no sólo los conocimientos, sino la capacidad de los grupos campesinos para aprender y desarrollar una increíble habilidad para experimentar e innovar. Esta es, sin duda, la primera barrera que encontramos para investigar desde el ámbito académico prácticas como la de la SyCA. La segunda es la problemática del abandono y de la pérdida de conocimientos por las transformaciones sociales y culturales que han tenido lugar en las últimas décadas en nuestro país, y que han supuesto también cambios radicales a nivel de prácticas, paisajes o usos del suelo. El poder recopilar y reconstruir parte de estos conocimientos y prácticas requiere de una labor ya casi más arqueológica que etnográfica, aunque en realidad lo verdaderamente necesario es una perspectiva transdisciplinar, compleja y abierta, que permita entender las formas en las que el ser humano se ha relacionado históricamente con la naturaleza y ha sabido aprovechar de forma sostenible los recursos, generando socioecosistemas de base agraria.

En el ámbito peninsular existe una amplia variedad de prácticas y manejos que pueden incluirse dentro de los sistemas de SyCA. Su implantación, uso y desarrollo es, como decimos, el resultado de un largo proceso de observación y experimentación por parte de los grupos campesinos, principalmente en época andalusí, que generaron todo un conjunto de conocimientos ecológicos locales y de mecanismos adaptativos ligados al agua y a sistemas agrarios enormemente complejos. Habitualmente pensamos en ellos como sistemas de regadío, pero los conocimientos y manejos de agua comienzan en muchos casos mucho antes de la captación de agua para su uso agrícola.

Efectivamente, en muchos casos el regadío en sentido estricto es una parte de los manejos de agua, la más importante sin duda ya





que es la parte productiva. Sin embargo, en ocasiones la condición necesaria para que se pueda llevar a cabo el riego es, precisamente, que haya habido un manejo previo o más amplio que permita disponer de agua suficiente como para garantizar las cosechas o como para poder regar la superficie estimada por los grupos campesinos para su subsistencia.

Los conocimientos ecológicos a los que hacíamos referencia están relacionados con aguas superficiales y subterráneas, pero también con la propia climatología: las precipitaciones en forma de nieve y el comportamiento de esta en las zonas de montaña o las lluvias torrenciales y la reacción y capacidad de los cauces de ramblas en zonas semiáridas. Además, también están relacionados con los suelos (naturales, seminaturales o antropogénicos) y su capacidad de retención de humedad y con la estructura geológica y su naturaleza más o menos permeable.

Todavía es mucho lo que no sabemos sobre estas prácticas de SyCA, como en general sobre muchos de estos conocimientos ecológicos locales. Desconocemos en parte sus mecanismos de funcionamiento y grado de efectividad, pero también su origen, evolución o difusión o su relación con sistemas de conocimiento más amplio y sistemas de gobernanza que rigen (o regían) socioecosistemas más complejos de los que formaban parte. Desconocemos en buena medida, aunque podamos imaginarlo, como fueron los mecanismos que permitieron descubrir estas prácticas o que socialmente posibilitaron su implantación y transmisión.

De forma genérica podemos decir que estas prácticas se van a desarrollar principalmente a partir de época andalusí, como resultado de los procesos de transformación agraria y productiva ligados a los conocimientos, formas de relación social y estrategias desplegadas por las comunidades campesinas llegadas desde Oriente y norte de África entre los siglos VIII y X. El desarrollo de los sistemas de regadío aparece ligado de forma indisoluble a la SyCA, ya que forman una parte integrada de los manejos de agua, de los nuevos conocimientos ecológicos locales desarrollados y de las prácticas agrarias. Ya existían obviamente técnicas de captación de agua, incluso relativamente sofisticadas, a través de pozos que aparecen en la Prehistoria y de galerías drenantes que llegan con la colonización romana para la evacuación de agua en la minería o para el abastecimiento de algunos núcleos urbanos a través de acueductos. Sin embargo, la siembra, la infiltración de agua para aumentar las reservas o regular los ciclos hidrológicos es sin duda una creación posterior, ligada a las nuevas necesidades y estrategias productivas campesinas andalusíes. Se producirá entonces también un desarrollo de las técnicas de captación para aprovechar aguas subterráneas y las de escorrentía superficial para la agricultura de regadío, utilizando todos los recursos posibles. Esta transformación tendrá un enorme impacto en las comunidades campesinas, en la economía e incluso en las estrategias políticas de los reinos feudales y las prácticas serán transmitidas a lo largo de generaciones. Especialmente en lo referente a los sistemas de captación, de manera que encontraremos un importante desarrollo sobre todo de las galerías drenantes con denominaciones distintas a lo largo de los siglos y de casi toda la geografía española.



5. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN Y CATALOGACIÓN

Para la clasificación de las prácticas de SyCA lo primero que tenemos que distinguir es entre aquellas que infiltran agua, la siembran, provocando el efecto de recarga y de regulación hídrica, de aquellas que la cosechan, la captan para su uso, principalmente agrícola, pero también de abastecimiento. Sin embargo, a veces no es fácil establecer algunas categorías dentro de esta distinción básica, porque hay prácticas como el propio riego a manta que de manera genérica siembran agua y hay sistemas de regadío como los azarbes en Murcia, que son acequias que aprovechan las aguas procedentes de los remanentes de los riegos situados más arriba y que, por tanto, cosechan lo que se ha sembrado en sistemas más altos formando parte al mismo tiempo de estos mismos de manera inseparable y haciendo que la gestión del agua sea enormemente compleja e integrada.





5.1. Siembra de agua

A pesar de las dificultades para la clasificación, de forma genérica podemos decir que existen dos tipos de prácticas de siembra: las intencionales y las no intencionales.

Las intencionales son aquellas que infiltran el agua de forma consciente y cuyo objetivo primario es, precisamente, recargar acuíferos, aumentar el caudal de manantiales o retardar la salida del agua de la cuenca hidrológica al hacerla circular subterráneamente. Se consigue de esta forma aumentar la recarga de los acuíferos, las reservas de agua y la regulación del flujo a lo largo de una estación, del año hidrológico e incluso durante los períodos de sequía.

Las no intencionales son aquellas que infiltran el agua como consecuencia de otra práctica cuyo objetivo principal es otro. De hecho, en muchas ocasiones no se contempla la recarga como tal o no se relaciona con la práctica o, al menos, no se expresa en esos términos de manera específica. Esto no significa que los agricultores no sean conscientes, al menos de manera genérica, de los beneficios desde el punto de vista hidrológico, ya que se suele insistir en que el agua que se infiltra no se pierde, sino que sale más abajo, pudiendo ser aprovechada de nuevo por otras captaciones, otras localidades o comunidades de regantes. En este sentido, se puede decir que el conocimiento ecológico local incluye una visión bastante aproximada al concepto de Gestión Integrada del Agua (IWRM en inglés).

5.1.1. Siembra intencional de agua

■ CANALES DE INFILTRACIÓN EN ZONAS DE MONTAÑA

En montañas escarpadas y rocosas como las de Sierra Nevada, Gredos y Guadarrama, los campesinos construyeron acequias con las que además de regar se infiltraba agua en la parte alta de las laderas. Agua que surgía tiempo después a través de manantiales ubicados a media ladera o en los propios ríos de donde fue detraída meses e incluso años antes. Es el caso de las acequias de careo de Sierra Nevada, las pesqueras de la comarca de la Vera o las regaderas abulenses.





■ ZAYAS

Se conoce como zayas a las regueras y acequias con las que se irrigan los campos de la Bañeza, Astorga, la Valduerna y otras zonas aledañas. Estas acequias excavadas en tierra actúan como una densa red de reparto de agua a lo largo de las llanuras aluviales al noroeste de la submeseta norte. Estas zayas parten de azudes realizados directamente sobre los cauces principales, y se densifican en distintos ramales que en ocasiones pueden acumular varios cientos de kilómetros de longitud. En las localidades de la comarca de la Valduerna, en el río Duerna, se ha calculado que existió una red de zayas de aproximadamente 500 km de longitud durante la década de los cincuenta del siglo anterior, en una zona regable de 42 km². En ocasiones, las zayas principales pueden llegar a acumular una anchura de entre 3 y 8 metros, especialmente en las tomas desde donde se deriva el agua hacia los campos. Tradicionalmente, el agua se ha derivado por las zayas y regueras durante el todo el año. El agua que circulaba por la red durante el invierno se empleaba para infiltrarla en el subsuelo y luego poder extraerla mediante pozos, con norias de sangre, al final del verano, cuando el río quedaba sin agua.

■ TAPE

Se trata de un caso excepcional, por ahora único, datado claramente en época andalusí. Se encuentra en la localidad de Turre (Almería), concretamente ligada a la antigua alquería de Teresa, abandonada tras la expulsión de los moriscos en el siglo XVI. Consiste en una pequeña presa que sirve para frenar la escorrentía de la rambla y derivarla a una sima kárstica, situada junto al cauce, donde el agua es infiltrada directamente. Aguas abajo se documentan al menos dos galerías de drenaje que captan el acuífero calizo a distintas alturas y otras captaciones que aprovechaban espacios de cultivo y molinos abandonados hace tiempo. En la actualidad el sistema de recarga y captación sigue funcionando, pero es empleado por el propietario de la finca para abastecer una urbanización y campo de golf cercanos.





■ BENEFICIO DE FUENTES

Hemos podido documentar en algunas fuentes orales y escritas (de forma indirecta), la referencia al “beneficio de fuentes” o la acción de “beneficiar las fuentes” mediante la recarga directa en las zonas de alimentación del manantial en cuestión. Tenemos algunas referencias indirectas en Toledo o en Jaén, una referencia directa en la fuente de Cabanillas del Monte (Torrecaballeros, Segovia) y otra en la Fuente de los Caños en Sorbas (Almería).

5.1.2. Siembra no intencional de agua

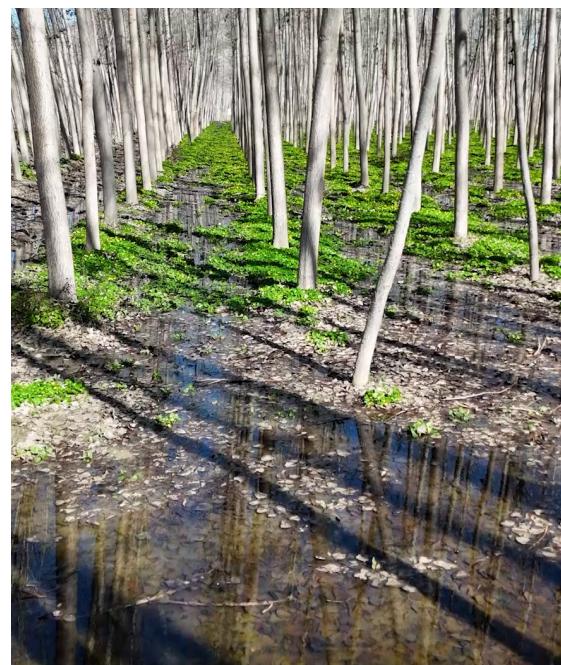
■ RIEGO DE PASTOS DE MONTAÑA

Relacionado directamente con las acequias de careo, pesqueras y regueras, encontramos también el riego de pastos de montaña. Resulta complicado en algunos casos saber si la función principal era la de la recarga de acuíferos o la del riego de los pastos, pero el resultado en cualquier caso es que alimentaban manantiales y pequeños arroyos haciendo que estos tuvieran un caudal permanente a lo largo del año. Tenemos ejemplos de ello desde el noroeste al sureste peninsular, desde los lameiros gallegos a los borreguiles de Granada y Almería, pasando por las caceras de la Sierra de Guadarrama y las pesqueras de la Vera.



■ RIEGOS DE INVIERNO

El riego de invierno es una práctica documentada por ahora entre las provincias de Granada y Almería. La función principal es darle “el jugo” a la tierra, aprovechando el excedente de agua para aumentar el gradiente de humedad en el suelo y, de esa manera, propiciar o acelerar los procesos biodinámicos aumentando la fertilidad. De hecho, en algunas zonas a estos riegos se les denomina “entarquinados”, por el aporte de tarquines, lodos ricos en nutrientes que contribuían también a la fertilización de los suelos. Los hemos podido documentar en vegas en llanura como la de Granada o Guadix, pero también en zonas de ladera aterrazada como Los Cerricos de Oria (Almería), donde aparentemente las pequeñas balsas servían también como complemento para la infiltración de agua y la recarga en cabecera. Con el riego por inundación en invierno la recarga a los acuíferos puede llegar a ser del 90% del agua aplicada en las parcelas. En esta categoría entraría también la Perelloná, los riegos de invierno de los arrozales valencianos que, aunque situados ya en la costa, cumplen igualmente unas funciones ambientales muy importantes por ejemplo en la Albufera.



■ RIBAZOS, CAÑADAS O ALBARRADAS

En las zonas más áridas en los barrancos y cabeceras de las ramblas se construían terrazas, conocidas comúnmente como ribazos, cañadas o albarradas. Por lo general tenían un reborde que servía para retener las escasas aguas de escorrentía que se formaban durante los episodios de lluvias intensas. Con estas estructuras se fijaban limos y suelos y se incrementaba la humedad para sacar adelante cultivos con poca demanda de agua al mismo tiempo que una parte importante del agua se infiltraba recargando acuíferos. Los podemos encontrar en buena parte del sureste y levante peninsular, pero también en zonas del interior de Castilla La Mancha, Madrid o Aragón.



■ BOQUERAS

Las boqueras son un sistema igualmente adaptado a la escasez, que se desarrolla en las zonas áridas ligado a las ramblas. Se trata de un sistema de riego que aprovecha las aguas torrenciales mediante una presa de derivación, denominada la cola, formada por un cordón de tierra excavado del propio cauce. El agua se deriva hacia el exterior de las ramblas, hacia un canal de gran envergadura que la lleva hacia los campos y del que salen muchos ramales que permiten la rápida inundación de las fincas. Las parcelas tienen unos rebordes que permiten acumular el agua hasta una altura de 0,50 metros, con rebosaderos para permitir que el agua vaya cayendo hacia las siguientes. De esta manera se conseguía no solo aprovechar estas aguas torrenciales proporcionando nutrientes y humedad suficiente como para sacar una cosecha, sino también evitar desastres naturales al derivar la escorrentía a través de varias boqueras situadas a lo largo del cauce de las ramblas. Como consecuencia, una parte importante de esta agua se infiltraba recargando acuíferos detríticos.



■ RETORNOS DE RIEGO A MANTA O POR INUNDACIÓN

Los sistemas tradicionales de riego por inundación o riego a manta generan también una recarga importante a través de los retornos de riego. En zonas con pendiente, las terrazas, recargan los acuíferos en ladera o simplemente van recogiendo remanentes o "derrámenes" que se van desplazando más lentamente y dan lugar a manantiales o "rezúmenes" situados aguas abajo, además de alimentar a la cabecera de los ríos de un flujo continuo de agua. Cuando el riego por inundación se hace en zonas llanas, donde afloran la mayor parte de los acuíferos libres y detríticos, estos sistemas se erigen como el sistema de recarga de acuíferos no intencional más importante que existe. En las llanuras y valles aluviales de nuestro país, el sistema de manejo del agua que más agua ha recargado en los acuíferos y el que más agua recargaría si el riego intensivo no acaba con él, es del de los riegos por inundación tradicionales. De hecho, cuando se riega por inundación sobre materiales acuíferos, entre el 50 y el 70% del agua aplicada para el riego acaba recargando a estas formaciones geológicas.



5.2. Cosecha de agua

5.2.1. Aprovechamiento de aguas superficiales recargadas previamente

La forma más extendida de aprovechamiento es a través de azudes o presas de derivación en los ríos y arroyos regulados o beneficiados por la siembra de agua en cotas más altas, bien sea a través de los retornos de riego o de prácticas intencionales como los careos de Sierra Nevada, por ejemplo.

5.2.2. Aprovechamiento de aguas subterráneas recargadas previamente

■ MANANTIALES AFECTADOS POR LA INFILTRACIÓN REALIZADA CON LA SIEMBRA DE AGUA

Al igual que en el caso de arroyos y ríos, la siembra de agua beneficia de forma directa a los acuíferos, a su recarga y al incremento de las salidas a través de manantiales que son aprovechados por sistemas de regadío en función de su caudal, su comportamiento hidrogeológico y las características topográficas del terreno.

■ GALERÍAS DE DRENAJE

Las galerías de drenaje han sido una forma habitual de captación del agua subterránea en buena parte de la península, haciendo salir el agua por su propio pie mediante una ligera inclinación. Se contabilizan al menos unas 7.348 galerías de diferentes épocas, distribuidas desde Almería a Galicia. Sin embargo, a partir de esta caracterización general, podemos distinguir diferencias básicas en función del contexto geográfico e hidrogeológico o de las técnicas de construcción de las galerías. Estas galerías son llamadas habitualmente minas de agua, viajes de agua, pero también de forma específica cimbras, tajeas o alcubillas. De forma general se podrían identificar:

- **Qanats:** son galerías que por lo general tienen una mayor longitud y que se caracterizan por la presencia de lumbreras o pozos de aireación. La galería parte de un pozo madre original, a partir del cual se fue construyendo el túnel ayudándose de las lumbreras para evacuar materiales, facilitar la aireación y dar un poco de luz al interior.
- **Minas de agua.** Se trata de galerías de trayecto más corto y generalmente sin lumbreras. En ocasiones pueden contar con una bifurcación en cabecera en forma de Y o con alguna otra derivación para aumentar la superficie de captación.
- **Cimbras o tajeas:** Son galerías excavadas en el subálico de las ramblas para captar el flujo subterráneo. En su mayor parte se trata de zanjas excavadas en el aluvial, al menos en parte de su trazado, y cubiertas con lajas. En ocasiones pueden hacerse más profundas, hasta ser galerías completamente excavadas, e incluso tener alguna bifurcación o lumbreras.



■ AZARBES

Son cauces donde se recogen los rezumes, también los conocidos como remanentes y derrámenes, de los regadíos situados aguas arriba, con objeto de utilizarlos de nuevo en el riego. Es una práctica y un término empleado principalmente y de forma específica en la zona de Murcia y Orihuela, donde hay sistemas de regadío que aprovechan exclusivamente estas aguas. En muchos otros espacios de regadío, las acequias más bajas van recogiendo los sobrantes de los sistemas más altos de manera que, como dicen los regantes, "el agua no se pierde".



■ POZOS

Los pozos son los sistemas de captación de aguas subterráneas más antiguos y más extendidos. En España se cuentan por miles, sobre todo desde el uso de los motores y bombas eléctricas. Fueron muy importantes en lugares como el Cabo de Gata (Almería) o en los campos de Valdepeñas (Ciudad Real). Pero en este caso nos interesan particularmente aquellos pozos beneficiados por la siembra de agua como los de las zayas de León o las boqueras del río Aguas en Almería.

Debe ser destacado que, la técnica del riego por inundación está proliferando en Norte América para recargar los acuíferos durante los años en los que hay excedentes de escorrentía que no puede ser regulada por los embalses de agua superficial. En España, esta técnica de recarga de acuíferos, conocida internacionalmente como Ag-MAR (Agricultural Managed Aquifer Recharge) y una de sus variantes, Flood-MAR, tienen un enorme potencial dado que se podrían hacer en tierras de barbecho y sobre cultivos que permitan los riegos invernales, como es el caso de pastos como la alfalfa, o en almendros, viñas y arrozales, entre otros. En este proyecto hemos hecho un gran esfuerzo para poder realizar un mapa de riegos y de cultivos que permitirán riego invernal, y lo hemos superpuesto sobre el mapa de acuíferos libres. Los resultados son muy prometedores.

En cualquier caso, todos estos sistemas de SyCA se construyen con materiales locales, funcionan con la fuerza de la gravedad, con excepción de los pozos, y generan beneficios para los ecosistemas y para la biodiversidad. Son herramientas vivas de adaptación al cambio climático y Soluciones basadas en la Naturaleza y deberían servirnos como fuente de inspiración para reducir los desastres asociados al agua que impone el cambio climático. Son, otra vez más, un ejemplo de como el estudio del pasado permite encontrar soluciones a los problemas del presente.

SISTEMAS DE SIEMBRA Y COSECHA DEL AGUA

ORIGEN DEL RECURSO/FUNCIONES

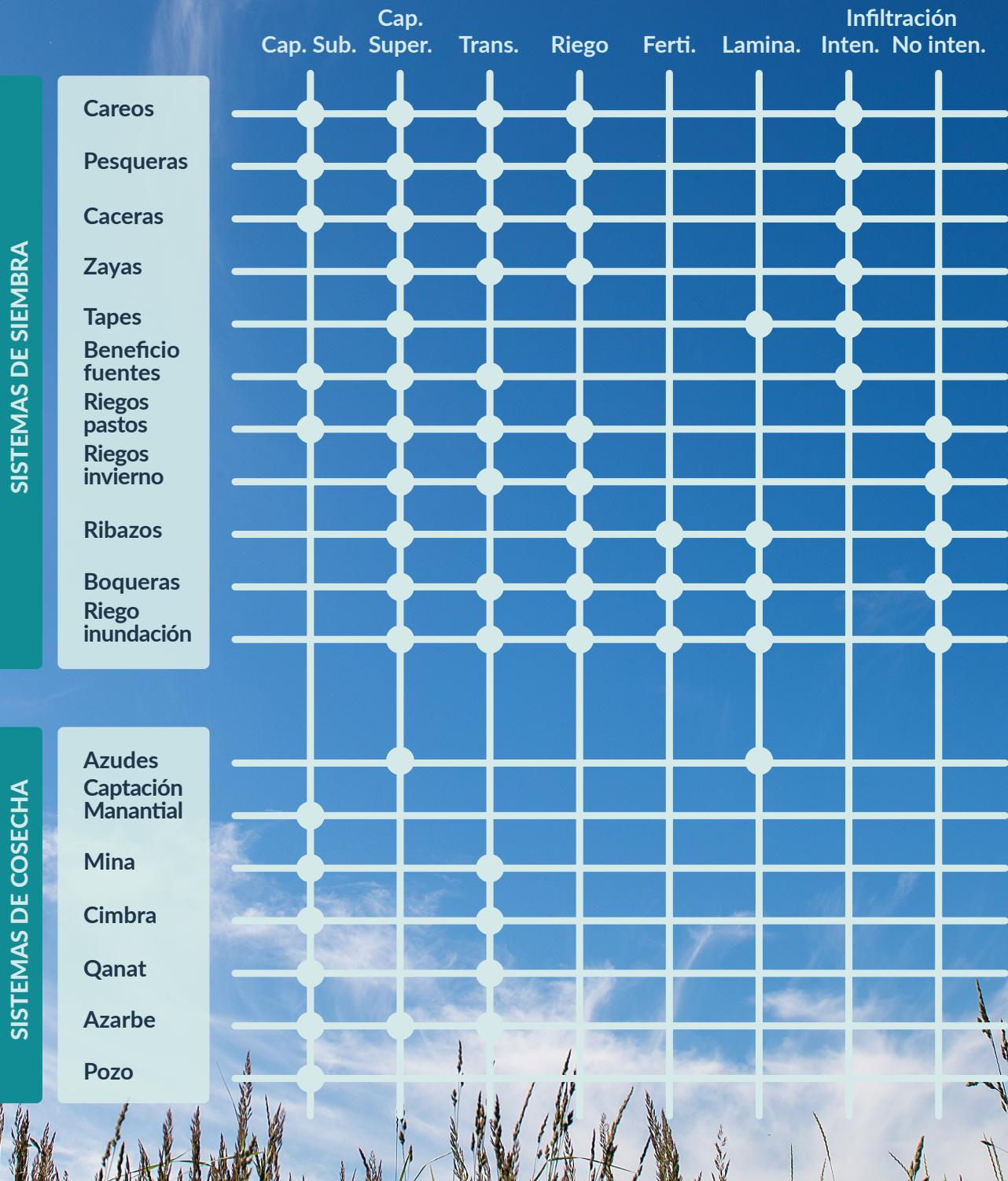


Figura 1. Principales sistemas de SyCA, origen del recurso para la siembra de agua y funciones de cada uno de los sistemas identificados. CAP.SUB. Captación de agua subterránea. CAP. SUP. Captación de agua superficial. TRANS. Transporte. FERTI. Fertilización. LAMINA. Laminación. INFILTRACIÓN INTEN. Infiltración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

6. CASOS DE ESTUDIO



En el marco del proyecto WaSHa se han estudiado tres sistemas de SyCA de forma detallada. En los tres casos estudiados se ha hecho un importante esfuerzo de campo, para conocer in situ, el sistema de manejo del agua y el conocimiento de la población local que lo mantiene. Se han hecho encuestas, mapas participativos y hemos mantenido y mantenemos una estrecha relación con los custodios de estos sistemas. Desde el punto de vista hidrogeológico la labor ha sido intensa. En las cuencas hidrológicas de San Gregorio, en Aldenueva de la Vera (Cáceres) y en la del río Mecina, en Mecina Bombarón, diseñamos e instalamos una red de control de caudales en pesqueras y acequias y en los ríos que drenaban ambas cuencas. Red que hemos controlado durante un año hidrológico, de septiembre de 2023 a octubre de 2024. Buscábamos medir el caudal que circulaba por los ríos para compararlo con el caudal que infiltraban estos canales. Además de lo anterior hemos cartografiado la infraestructura hidráulica, hemos inventariado los pozos y los manantiales y hemos hecho modelos de precipitación-aportación. Se ha realizado, en definitiva, un notable avance en el conocimiento hidrogeológico y en las relaciones río-acuífero en zonas donde no había estudios previos de este tipo. En el valle interfluvial de los ríos Duerna y Peces, en León, el esfuerzo ha sido aún mayor. Hemos inventariado las zayas, los molinos y los canales secundarios, los actuales y los de mitad del siglo pasado. Hemos hecho lo mismo con los pozos. Se ha documentado cómo se manejaba y cómo se maneja a día de hoy este sistema de SyCA. Hemos hecho un modelo geológico 3D del acuífero, interpretando datos procedentes de los pozos y de estudios geofísicos previos. Se ha realizado la cartografía hidrogeológica y se ha calculado la recarga que producen las zayas. Hemos puesto en marcha una red de control piezométrico que ha sido controlada durante un año y medio, de forma mensual. Se realizaron 16 ensayos de bombeo durante la temporada de riego de 2024. Toda esta información ha sido volcada en un modelo de flujo del acuífero, en el que una vez calibrado se han simulado distintos escenarios en los experimentar distintas propuestas de mejora del sistema, que luego fueron trasladadas a la Confederación Hidrográfica del Duero y a los regantes.

6.1. Las pesqueras de la Vera (Aldeanueva de la Vera, Cáceres)

Situación

Aldeanueva de la Vera se sitúa al noreste de la provincia de Cáceres, unos 42 km hacia el este de la ciudad de Plasencia y 120 km al noreste de la ciudad de Cáceres.

El acceso desde Plasencia se hace por la carretera EX-203. Desde Navalmoral de la Mata también se puede llegar por la carretera EX-119, que conecta a esta localidad con la de Jarandilla de la Vera.



Clima y orografía

El clima es de tipo mediterráneo, con temperaturas moderadas, tanto en verano como en invierno, y precipitaciones medias anuales elevadas, del orden de 1300 litros por metro cuadrado al año, o lo que es lo mismo, 1300 milímetros por año. Esta precipitación se distribuye de forma irregular, existiendo un periodo de escasa precipitación comprendido entre los meses de junio y agosto. La temperatura media anual es del orden de 14 °C, con máximas medias mensuales de 25°C, en el mes de julio, y mínimas de 5°C, en el mes de enero. Hay que destacar el importante gradiente altitudinal tanto de la precipitación como de la temperatura, de manera que en las zonas cimeras la precipitación media es mayor que en el casco urbano de Aldeanueva, al contrario de lo que ocurre con la temperatura, produciéndose precipitación en forma de nieve durante el invierno en las zonas altas, la mayoría de los años.

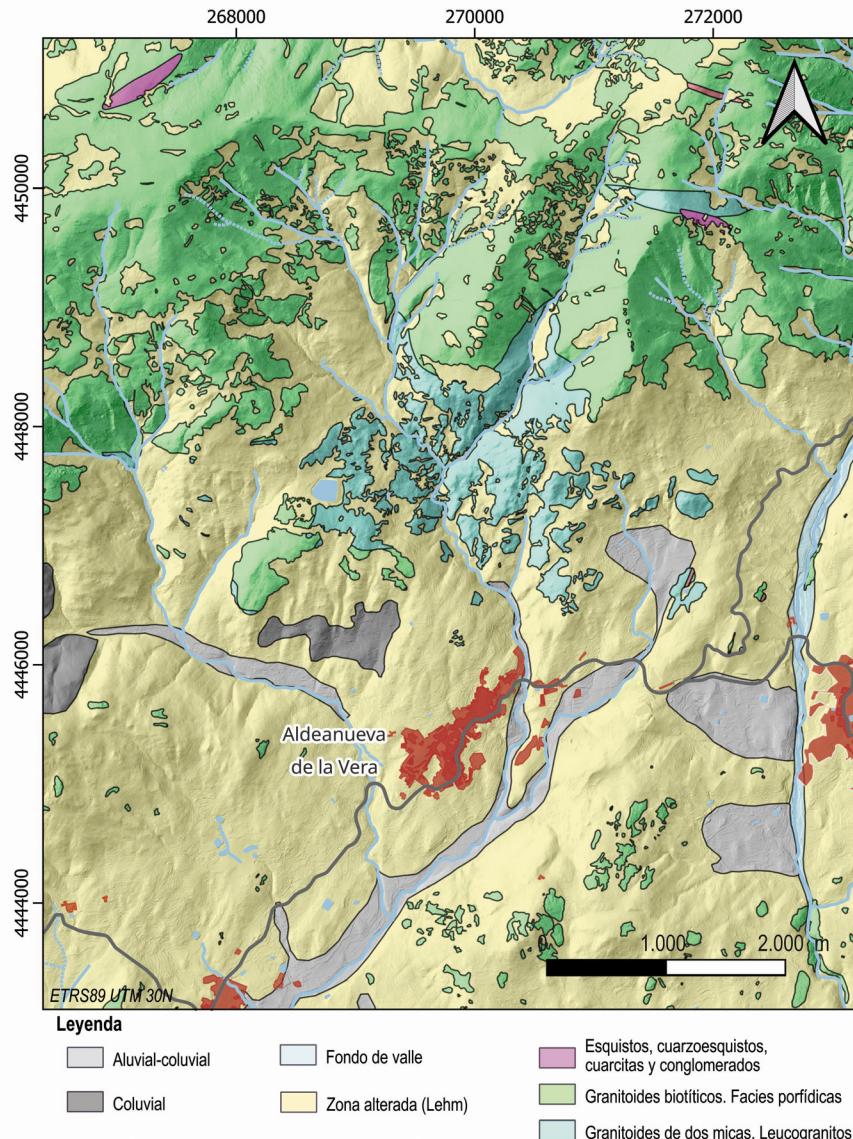
Esta investigación se ha centrado en la Garganta de San Gregorio. Esta garganta se localiza en la Sierra de Tormantos, en las estribaciones suroccidentales de la Sierra de Gredos. Al norte, a la espalda de la garganta, discurre el valle del Jerte y al sur, el del Tiétar. La cuenca hidrológica de la garganta presenta altitudes comprendidas entre los 1812 m de altitud (m s.n.m) del Canchal de la Panera, que da una idea del tipo de sedimentos que se encuentra en las cumbres, y los 650 m s.n.m. a los que se encuentra el casco urbano de Aldeanueva de la Vera, si bien la garganta continua hasta su confluencia, a 515 m s.n.m., con la Garganta de Los Guachos.



Geología

La mayoría de los materiales geológicos que afloran en la Garganta de San Gregorio son granitos de edad carbonífera (entre 259 y 359 millones de años) del Macizo Ibérico. En los granitos que están sin alterar se pueden observar minerales fácilmente identificables, como la mica biotítica, de color negro y muy brillante, el cuarzo grisáceo y otros como los feldespatos de color blanco. La alteración de estas rocas, en las zonas cimeras, se ha producido por procesos periglaciares debido a los cambios bruscos de temperatura. Estos procesos, conocidos como de gelifracción, dan lugar a los abundantes campos de canchales que se observan en las zonas más altas. A menor altitud los procesos de alteración de la roca cambian, al intervenir diversas reacciones químicas que disgregan la roca en materiales arenosos y arcillosos. Se produce, entonces, una capa de alteración superficial, que puede llegar a superar la decena de metros, que se superpone a la roca madre, es decir, a los granitos sin alterar.

A esta capa se le denomina regolito o lehm. Además, en la parte baja de la garganta se acumulan materiales cuaternarios, como bolas, arenas y gravas, arrastrados a favor de la pendiente y erosionados y transportados por el agua.



Mapa geológico de la Garganta de San Gregorio

El trazado de la Garganta de San Gregorio sigue una dirección aproximada de norte a sur y resulta de la confluencia de las Gargantas Los Horcajos, al oeste, y El Yedrón, al este. Cruza por el este el casco urbano de Aldeanueva y confluye, aguas abajo de la localidad, con la Garganta de Los Guachos. La Garganta de San Gregorio es tributaria del Tiétar, por la margen derecha, río que pertenece a la cuenca del Tajo.

Hidrología

El trazado de la Garganta de San Gregorio sigue una dirección aproximada de norte a sur y resulta de la confluencia de las Gargantas Los Horcajos, al oeste, y El Yedrón, al este. Cruza por el este el casco urbano de Aldeanueva y confluye, aguas abajo de la localidad, con la Garganta de Los Guachos. La Garganta de San Gregorio es tributaria del Tiétar, por la margen derecha, río que pertenece a la cuenca del Tajo.

La cuenca de la Garganta de San Gregorio tiene 19,25 km² de superficie y 7,34 km de longitud, con una anchura máxima de 2,32 km y presenta altitudes comprendidas entre 515 y los 1812 m s.n.m.

Las mediciones de caudal en la Garganta de San Gregorio y la modelización de estos datos indican que el caudal medio de esta garganta, a su paso por el casco urbano de Aldeanueva es de unos 650 litros por segundo (l/s). En los años secos, este caudal medio puede llegar a ser inferior a los 300 l/s, mientras que en los que la precipitación está por encima de la media, el caudal medio puede aproximarse a los 1000 l/s. En los años de precipitaciones medias el caudal medio en el mes de agosto es de unos 50 l/s, mientras que el mes de diciembre es de 1200 l/s. Pese a que la precipitación anual es elevada, el descenso del caudal del río, durante los meses de julio, agosto y septiembre, es muy acusado. Esta situación explica por qué los habitantes de esta comarca tuvieron que agudizar su ingenio para regular el agua superficial con los medios disponibles a su alcance, ya que el agua, además de usarse para riego de pastos y cultivos, se emplea para la piscina natural del municipio y abastecimiento de la población durante la mayor parte del año.

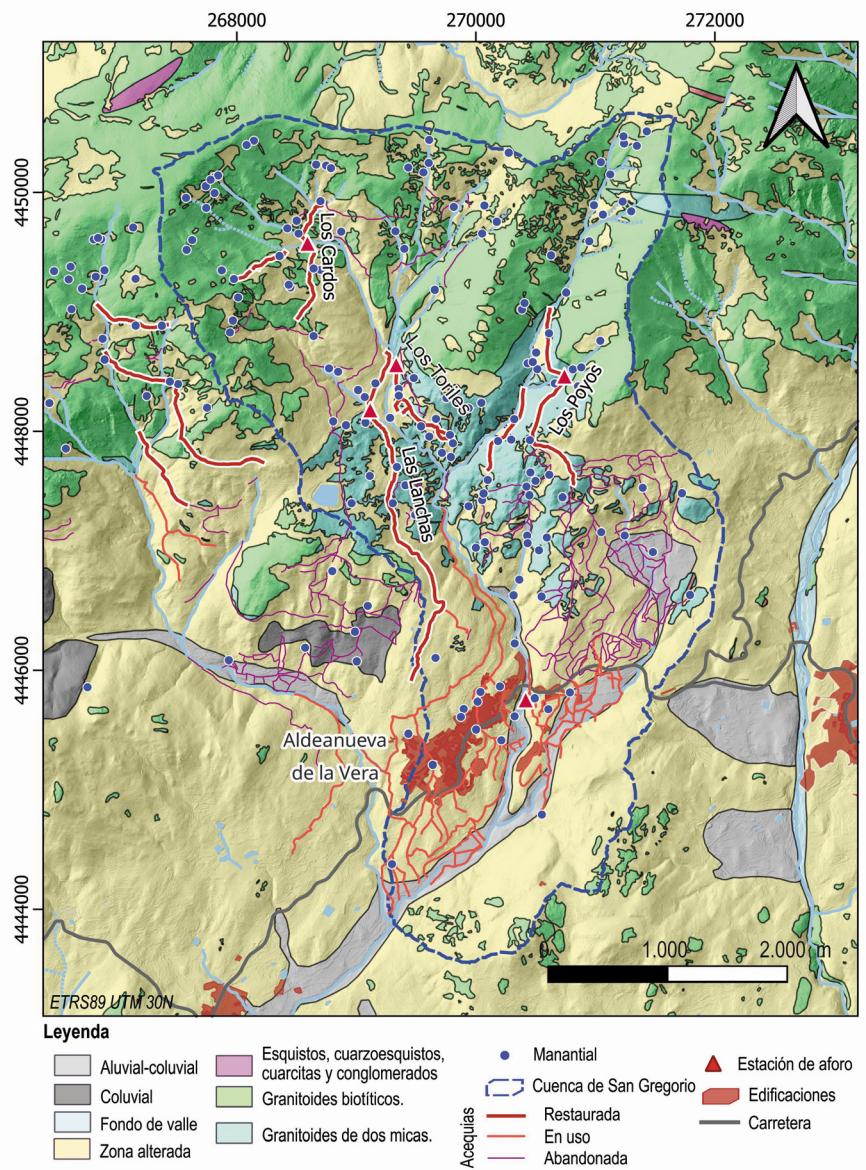
Hidrogeología

La configuración geológica de la cuenca de San Gregorio hace que existan dos tipos de materiales acuíferos (materiales que permiten el almacenamiento y la circulación del agua a su través). A mayor altitud se encuentran las formaciones cuaternarias de alteración glaciar y periglaciar, como los canchales, que afloran sobre los granitos en la cabecera de la cuenca hidrológica. A este tipo de formaciones permeables se les suele llamar acuíferos alpinos. A menor cota se encuentran los afloramientos de la capa de alteración de los granitos, que ocupan la mayor parte de la Garganta de San Gregorio. A estas formaciones se les denomina acuíferos en pendiente.

Los espesores de los acuíferos alpinos pueden llegar a superar la decena de metros. Bajo las formaciones glaciares y periglaciares, permeables, se encuentran los granitos sin alterar, de muy baja permeabilidad, que hacen de base o muro de estos acuíferos. La alta permeabilidad de estas formaciones sedimentarias favorece que existan algunos manantiales, de caudal

moderado. El agua subterránea almacenada en estos acuíferos se limita a una delgada capa saturada que se acomoda a la pendiente de la zona de contacto entre la roca sin alterar y la base de los materiales alterados.

En los acuíferos en pendiente, destaca la presencia de una extensa, discontinua y delgada zona superficial de alteración y fracturación por la que el agua subterránea circula y que da lugar a amplios acuíferos desarrollados en el regolito (capas de alteración de los granitos), en las laderas de la montaña.



Mapa hidrogeológico de la Garganta de San Gregorio

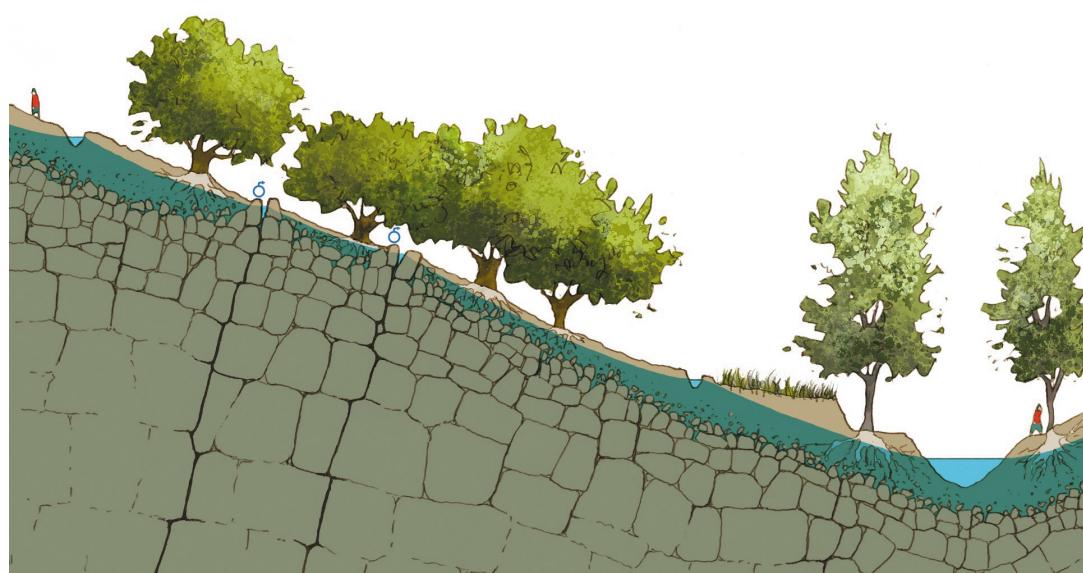
El nivel freático o nivel del agua subterránea queda muy próximo a la superficie durante la época de lluvias, debido a la moderada permeabilidad de la zona de alteración de los granitos, descendiendo durante el estiaje en las zonas altas de las laderas. En estos acuíferos, la alta pendiente del terreno, la presencia de numerosos afloramientos de roca sin alterar y la existencia de barrancos de primer orden encajados en los granitos, dan lugar a abundantes manantiales de bajo caudal. El agua que surge por estos manantiales se vuelve a infiltrar aguas abajo de donde surge, creando un flujo en cascada a lo largo de las laderas.

La infiltración del agua de precipitación, más la filtración de agua que circula por las pesqueras y los retornos del riego de pastos y cultivos es el agua que va a formar parte de la recarga de los materiales acuíferos que existen en la Garganta de San Gregorio. Toda el agua infiltrada en las laderas de la garganta acaba surgiendo por el río.



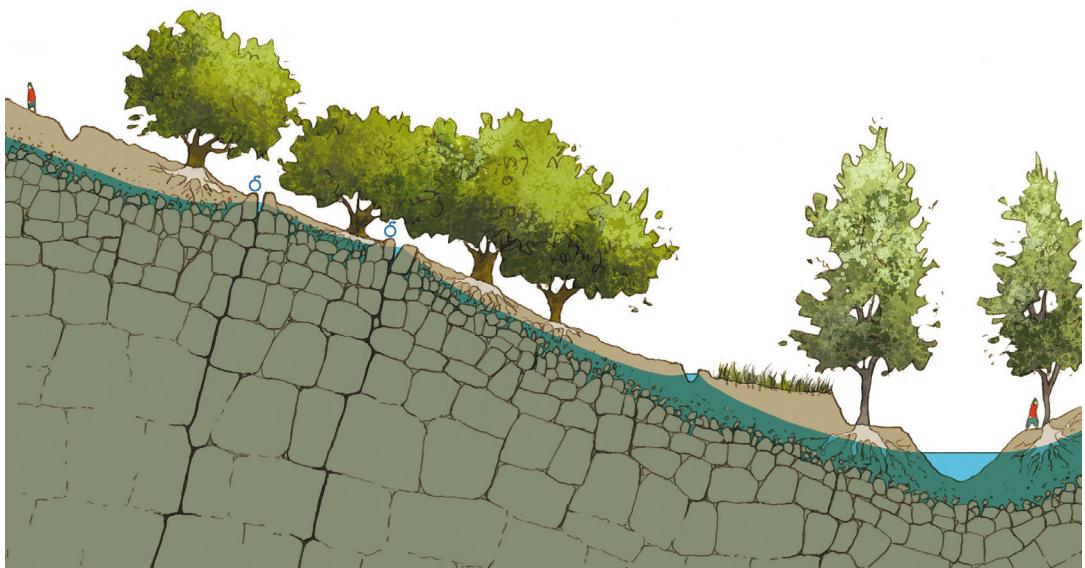
Siembra y Cosecha del Agua mediante las pesqueras en la Garganta de San Gregorio

En la Garganta de San Gregorio se siembra agua mediante las pesqueras y mediante la infiltración del agua no consumida por las plantas, cuando se riegan pastos y parcelas de cultivo por el sistema de inundación. Las pesqueras son unas acequias de longitud variable, algunas alcanzan los 4 km y, por lo general, disponen de alrededor de un metro de anchura. Han sido utilizadas tradicionalmente para el riego de pastos de montaña, desviando las aguas de la cabecera de las gargantas y desde manantiales hacia las laderas. En las zonas de mayor altitud, hay pequeñas pesqueras que captan agua de manantiales que surgen en sedimentos de alteración periglacial, y otras pesqueras de mayor longitud que reparten el agua desde las gargantas hacia áreas más extensas. En ambos casos, en su manejo hay una clara intencionalidad de generar pastizales y de retardar la salida del agua de la cuenca. Algunas de estas acequias se utilizan conjuntamente para irrigar pastos cercados y zonas de cultivo, en las que el reparto entre unos y otros queda a cargo de un sistema de turnos de riego gestionado por la Comunidad de Regantes Ocho Caños. Esta comunidad organiza las tandas de agua entre agricultores y ganaderos. Algunas áreas cercadas e irrigadas para la generación de pastos se convierten en extensas zonas de infiltración que permiten retener el agua de la cuenca, al infiltrarse está en la zona de alteración de los granitos, donde pasa a circular subterráneamente con una velocidad notablemente inferior (1 metro al día) a la que lo hace cuando discurre por un río (1 m en un segundo).

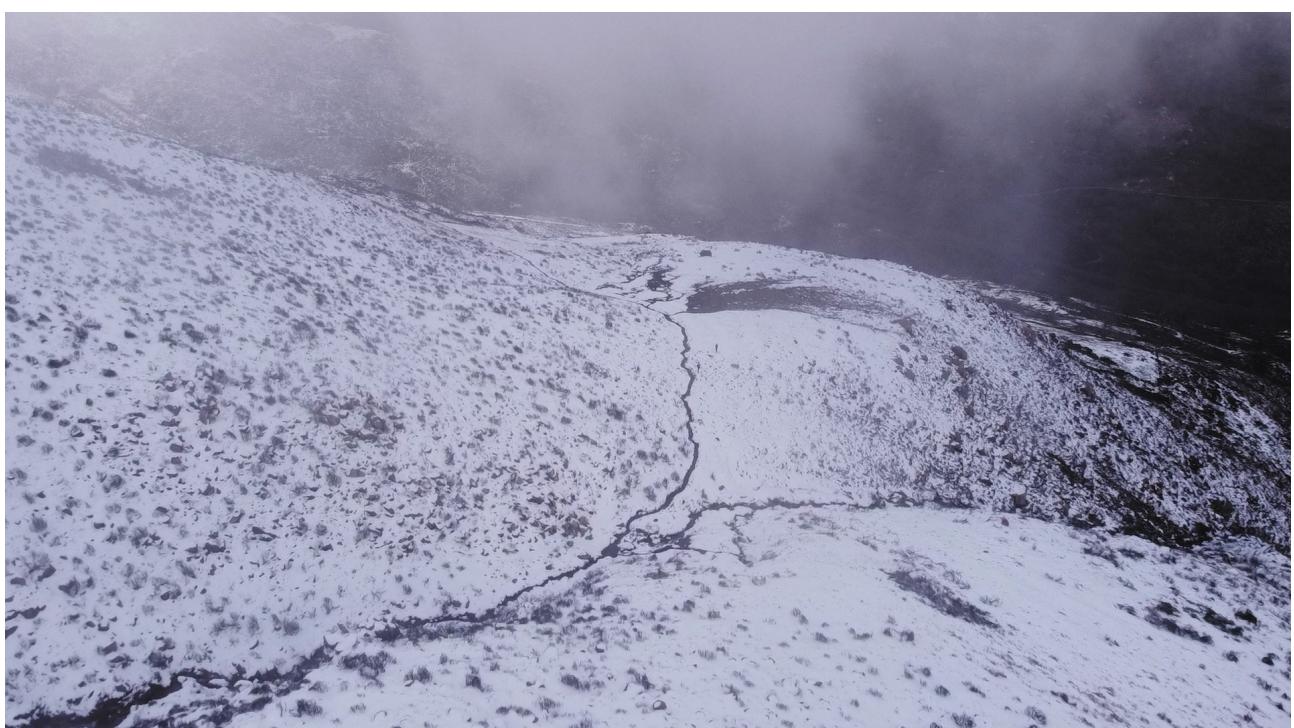


Esquema de funcionamiento hidrogeológico de una ladera con pesqueras durante la época de lluvias

Esquema de
funciona-
miento hidro-
geológico de
una ladera
con pesque-
ras durante el
verano



La antigüedad de este sistema de manejo del agua está confirmada con documentos del siglo XV, aunque parece remontarse, al menos, al siglo XIII, cuando ya existía una fuerte actividad ganadera en la zona. Más recientemente algunas de las pesqueras de la cabecera de la Garganta de San Gregorio fueron abandonadas, sin embargo, la comunidad de regantes de Aldeanueva de la Vera ha hecho un esfuerzo destacado para su recuperación y por promover su investigación. La recuperación de pesqueras como las de Los Cardos, Toriles, Lanchas y Poyos en colaboración con el equipo MemoLab, de la Universidad de Granada, y la investigación hidrogeológica realizada por el Instituto Geológico y Minero de España del CSIC, en el marco del proyecto WaSHa, han permitido comprobar que la puesta en marcha de estas pesqueras contribuyó a aumentar más de un 60% el caudal medio durante el verano en la Garganta de San Gregorio, durante el periodo investigado. Los retornos de los riegos por inundación en las terrazas no están contabilizados en esos cálculos, por lo la recarga de este sistema de siembra de agua será aún mayor. Esto implica que, seguir sembrando agua en esta garganta es esencial para disponer de agua durante los periodos secos, cuando la demanda de agua para el riego y para el abastecimiento a la población es mayor.

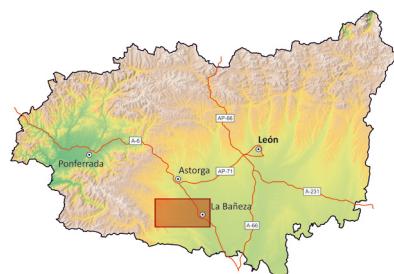


6.2. Las zayas de la Valduerna (León)

Situación

La comarca de la Valduerna se localiza en la zona central de la provincia de León, unos 60 kilómetros al suroeste de la ciudad de León y a sólo 18 km al sur de la ciudad de Astorga.

El acceso desde León se hace por la N-120 hasta alcanzar el cruce con la autopista A-6 en dirección a Madrid y después por la CV-193-30 hasta Castrotierra de la Valduerna.



Mapa de situación de la zona regable situada entre los ríos Duerna y Peces, en la Valduerna (León)



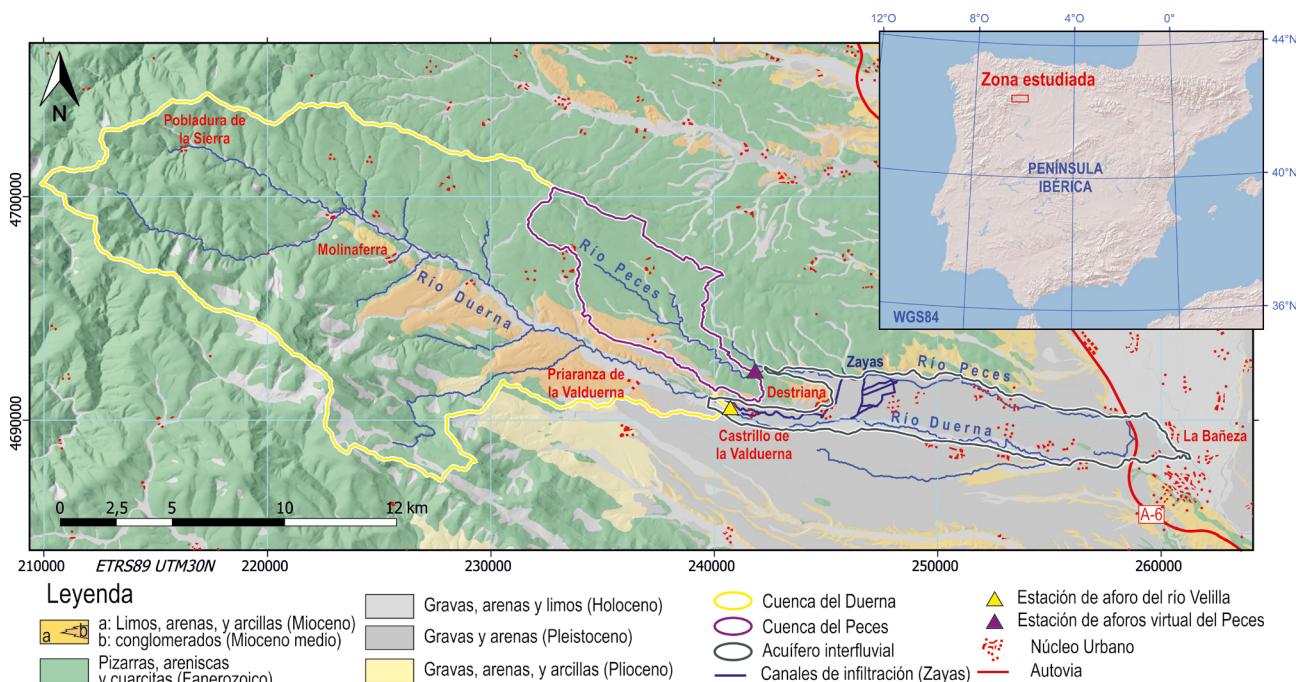
Clima y orografía

El clima de la zona es de tipo mediterráneo templado, con veranos calurosos e inviernos fríos y relativamente húmedos. La precipitación media anual es de 450 litros al año por metro cuadrado o lo que es lo mismo 450 milímetros al año. Estas precipitaciones se distribuyen mayoritariamente entre los meses de diciembre a mayo. Entre junio y septiembre, la precipitación acumulada suele ser mínima. La temperatura media anual es de 10°C. En verano las temperaturas medias son del orden de 15°C, aunque las máximas pueden llegar a superar los 30°C. En primavera y el otoño se alternan días fríos y otros de temperaturas más suaves.

La zona de investigación se extiende a lo largo de una llanura integrada en el valle del río Duerna. La llanura presenta altitudes comprendidas entre algo más de 900 metros sobre el nivel del mar, a la altura de Velilla de la Valduerna, y los 750 m cerca de La Bañeza. La comarca de la Valduerna está separada al oeste, con una suave línea de cumbres, de las comarcas de la Maragatería y la Sequeda. Al noroeste de la llanura, los afloramientos de antiguas rocas dan lugar a unos pequeños relieves que tienen sus máximas altitudes a 1101 m, en el alto de Teso Grande, y de 926 m, en las Peñas del Campo. En esta llanura se encuentra el acuífero Duerna - Peces, que se ha formado gracias a la sedimentación de los depósitos fluviales transportados por los ríos que le dan nombre. Hacia el este de la localidad de Destriana el valle se va abriendo de forma progresiva.

Geología

Los materiales geológicos más antiguos que afloran en la zona de estudio son de edad cámbico, es decir tienen unos 500 millones de años. Se trata de cuarcitas y pizarras que podemos observar en los relieves situados al norte del casco urbano de Destriana, en el Mirador del Santuario de Castrotierra de la Valduerna, en pequeños afloramientos junto al río Duerna, cerca de Redelga de la Valduerna y al sur de La Bañeza. Estas rocas se encuentran bajo toda la llanura que existe entre los ríos Duerna y Peces, aunque por encima de ellos se depositaron materiales detríticos (conglomerados, arenas y arcillas) arrastrados, por los ríos terciarios que venían del noroeste. Ese relleno de edad terciaria (entre 66 y 2,5 millones de años) está formado por unos conglomerados rojizos, sobre los que se depositaron arenas y unos fangos arcillosos y limosos, de coloraciones amarillentas. Posteriormente, en el Cuaternario (periodo que comprende los 2,5 últimos millones de años), el río Duerna y el Peces han ido aportando los sedimentos que han dado lugar a una la extensa llanura aluvial, formada por los acarreos transportados por estos ríos. Los depósitos de esta llanura son los que forman el acuífero interfluvial Duerna -Peces y consisten en clastos de arenisca y de cuarcita, con intercalaciones de arenas y algunos niveles de limos. El espesor medio del relleno de esta llanura aluvial es de 8 m. Por su parte el lecho actual del cauce del Duerna, entre Destriana y Villalís de la Valduerna, constituye un magnífico ejemplo de modelo de cauce con canales entrecruzados, separados entre sí por barras de sedimentos e islas, de diferentes tamaños y formas y con distinto grado de colonización vegetal, que nos da una idea de la rápida dinámica fluvial a la que está sometido el cauce de este río.



Mapa geológico del acuífero Duerna-Peces

Hidroología

El trazado paralelo de los ríos Duerna y el río Peces marca el eje vertebrador de esta ruta. El río Duerna tiene una longitud de 59,9 kilómetros, nace en los Montes de León (Sierra del Teleno) y desemboca en río Tuerto a la altura de la población de La Bañeza, presentando un trazado bastante rectilíneo. La cuenca tiene un área de 298 km², con altitudes comprendidas entre 770 y 2.150 m sobre el nivel del mar. En la zona de cabecera este río atraviesa el municipio de Molinaferra y desciende por Priaranza y Pobladura de la Sierra atravesando numerosos afloramientos graníticos. Aguas abajo y llegando a la comarca de la Valduerna, el río se abre dando lugar a un valle de fondo plano, caracterizado por albergar depósitos aluviales en los que predominantemente podemos encontrar plantaciones de choperas. Finalmente, el Duerna acaba desembocando en el río Tuerto que a su vez lo hace en el río Órbigo.

El río Peces o de los Peces tiene una longitud aproximada 33 km. Nace en el cerro de las Balleas, a 1285 m de altitud, y discurre en todo su trayecto de forma paralela al río Duerna, unos 2 km de longitud en dirección norte. Es un río de carácter estacional que suele estar seco durante el verano. Este río tiene un papel estratégico en el sistema de riego de la comarca, ya que actúa como elemento receptor de las aguas que trasportan las zayas que vienen del Duerna, y permiten la recarga del acuífero aguas abajo. Años atrás, cuando los caudales del río eran mayores, del río salían otras zayas que eran utilizadas toda la campaña de riego para satisfacer la demanda de la zona más baja de la llanura. El río Peces también es tributario del Tuerto y se conecta con este unos metros antes que el río Duerna, al norte de La Bañeza.

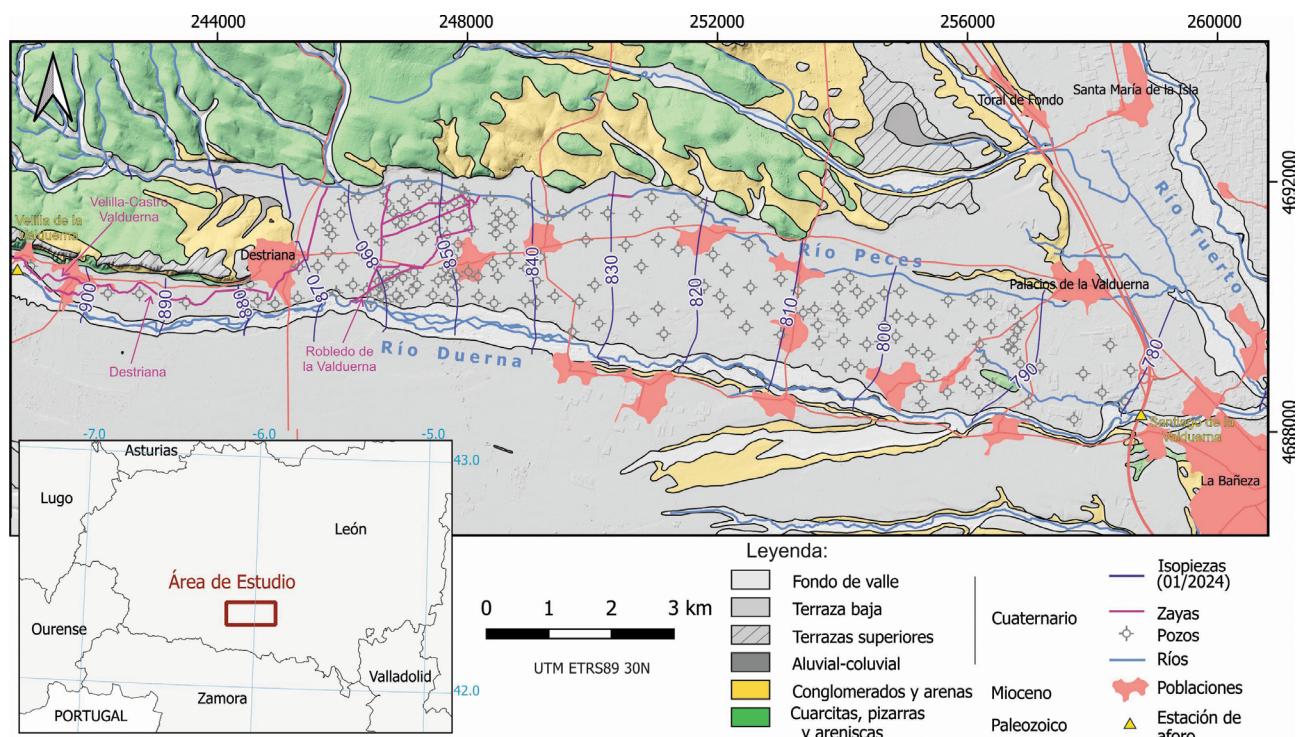
Los ríos Duerna y Peces conforman los límites norte y sur del acuífero interfluvial existente entre ambos.

Hidrogeología

En el área de este itinerario existen dos acuíferos principales, el acuífero interfluvial Duerna-Peces y un acuífero más profundo que consiste en unos niveles de arenas situados a 60 a 70 m en la zona de Valle de la Valduerna.

El acuífero que se forma en la llanura comprendida entre los ríos Duerna y Peces tiene una superficie de 44 km² y una profundidad media de 8 m. Lo forman cantos de cuarcitas, cuarzo, pizarras y areniscas, arenas, gravas y limos. En los poros que quedan entre esos materiales de distinto tamaño de grano y que ocupan entre un tres y un ocho por cien del volumen de todos los sedimentos acumulados, el agua subterránea se mueve por efecto de la gravedad, desde el oeste al este, con una velocidad media de 1,25 metros al día.

Los cálculos hechos con motivo del proyecto WaSHa indican que, pese a su escaso espesor, puede almacenar unos 12 hm³, que, para hacernos una idea, es el equivalente a 3500 piscinas olímpicas. En este acuífero se han contabilizado 170 pozos, con profundidades medias de 6 m y un diámetro medio de 1,7 m. Se trata antiguos pozos excavados a mano y revestidos con mampostería, si bien, los más



Mapa hidrogeológico del acuífero Duerna-Peces

modernos son excavados con bivalvas o con perforadoras de helicoide y son revestidos con anillos de hormigón. Algunos de estos pozos pueden llegar a proporcionar caudales de 40 l/s. Se usan fundamentalmente para riego. Actualmente son explotados con bombas de aspiración que se conectan a las redes de aspersores y a modernos cañones de riego, sistemas que sustituyeron al riego en caballones por gravedad, con el agua de las zayas y la extraída de los pozos con norias de sangre.

Este acuífero se alimenta por la infiltración del agua de lluvia que cae sobre él, por la infiltración de parte del agua que circula por las zayas y por los ríos Peces y Duerna y por los retornos de riego (parte del agua utilizada para el riego que acaba infiltrándose en los acuíferos al no ser consumida por los cultivos). Las salidas se producen por bombeo y por descarga lateral hacia el río Duerna y el río Tuerto. La calidad del agua subterránea es excelente y con una baja salinización, con una composición muy parecida a la del río Duerna.

Bajo el acuífero Duerna-Peces y entre los materiales arcillosos que constituyen la base impermeable del acuífero cuaternario, existen ciertos niveles de arenas que dan lugar a un acuífero situado a unos 80-90 metros de profundidad, en la zona de Valle de la Valduerna. Estas arenas al estar embebidas dentro de los citados niveles de baja permeabilidad se encuentran a presión y dan lugar a lo que se conoce como un acuífero confinado que, gracias a esta presión, hace ascender el agua hasta la superficie sin la necesidad de utilizar ningún tipo de bomba.

Siembra y Cosecha del Agua: las zayas de la Valduerna

Las zayas o zaigas consisten en canales excavados en el terreno, en arenas, gravas y arcillas de la llanura aluvial situada entre el río Peces y el Duerna, que cuentan con longitudes comprendidas entre 2 y 6 km y secciones de 1,2 m de ancho por unos 70 cm de profundidad media. Las capacidades de transporte de las zayas permiten la circulación de caudales de más de 450 litros por segundo. Antes de la temporada de riego, se desvía el agua del río Duerna, trasvasándola al río Peces mediante las zayas. Parte del agua se infiltra desde las zayas al acuífero sobre el que está la zona de riego, mientras que otra parte se vierte en el río Peces, que es un río perdedor (río que infiltra agua en un acuífero). El agua recargada en el acuífero con las zayas y desde el río Peces, más los retornos de los riegos, permiten que esta esté disponible para poder extraerla mediante antiguos pozos, excavados a mano, al final de



la temporada de riego, cuando ya no es posible derivar el agua desde el río Duerna. En relación con la antigüedad de las zayas, debe ser indicado que es conocida la existencia de numerosos molinos de agua sobre las zayas, que datan del siglo XVIII, además de existir referencias escritas de las zayas del año 1433. Su funcionamiento se ha mantenido sin sufrir grandes cambios hasta mediados del siglo pasado. En las fotografías del vuelo americano, que se realizaron entre 1956 y 1957, el número de zayas y de pozos era mucho mayor que el actual, cuestión que permitía una mayor recarga del acuífero y una mayor accesibilidad al agua subterránea desde las numerosas parcelas que contaban con pozo. Con todo, los agricultores de esta comarca son conscientes del beneficio que supone cargar las zayas de agua, antes de que empiece la temporada de riego, para recargar su acuífero. Este conocimiento, adquirido de generación en generación no debería perderse. Su empleo en muchas otras zonas regables de características parecidas, permitiría superar los períodos de sequía, cada vez más frecuentes e intensos.

El estudio hidrogeológico realizado con motivo del proyecto WaSHa ha permitido comprobar que las zayas hacen que la recarga de este acuífero doble a la que se produce de forma natural. La puesta en marcha durante parte del invierno permitiría mejorar estas cifras y hacer que el acuífero se encontrase repleto al principio de la temporada de riego.

6.3. Las acequias de careo del río Mecina (Mecina Bombarón, Granada)

Situación

La población de Mecina Bombarón se encuentra a 103 km de la ciudad de Granada, a 104 km de la ciudad de Almería y a 154 km de la Málaga.

El acceso desde Granada se hace por la autovía A-44, autovía Sierra Nevada- Costa Tropical. Se recomienda su acceso por la A-346, una vez pasada la presa de Rules. Esta carretera que luego pasa a denominarse A-348, discurre por la margen izquierda del Guadalefó, pasando por Torvizcón y Cádiar. Una vez en Cádiar se deben seguir las indicaciones hacia Mecina Bombarón.



Clima y orografía

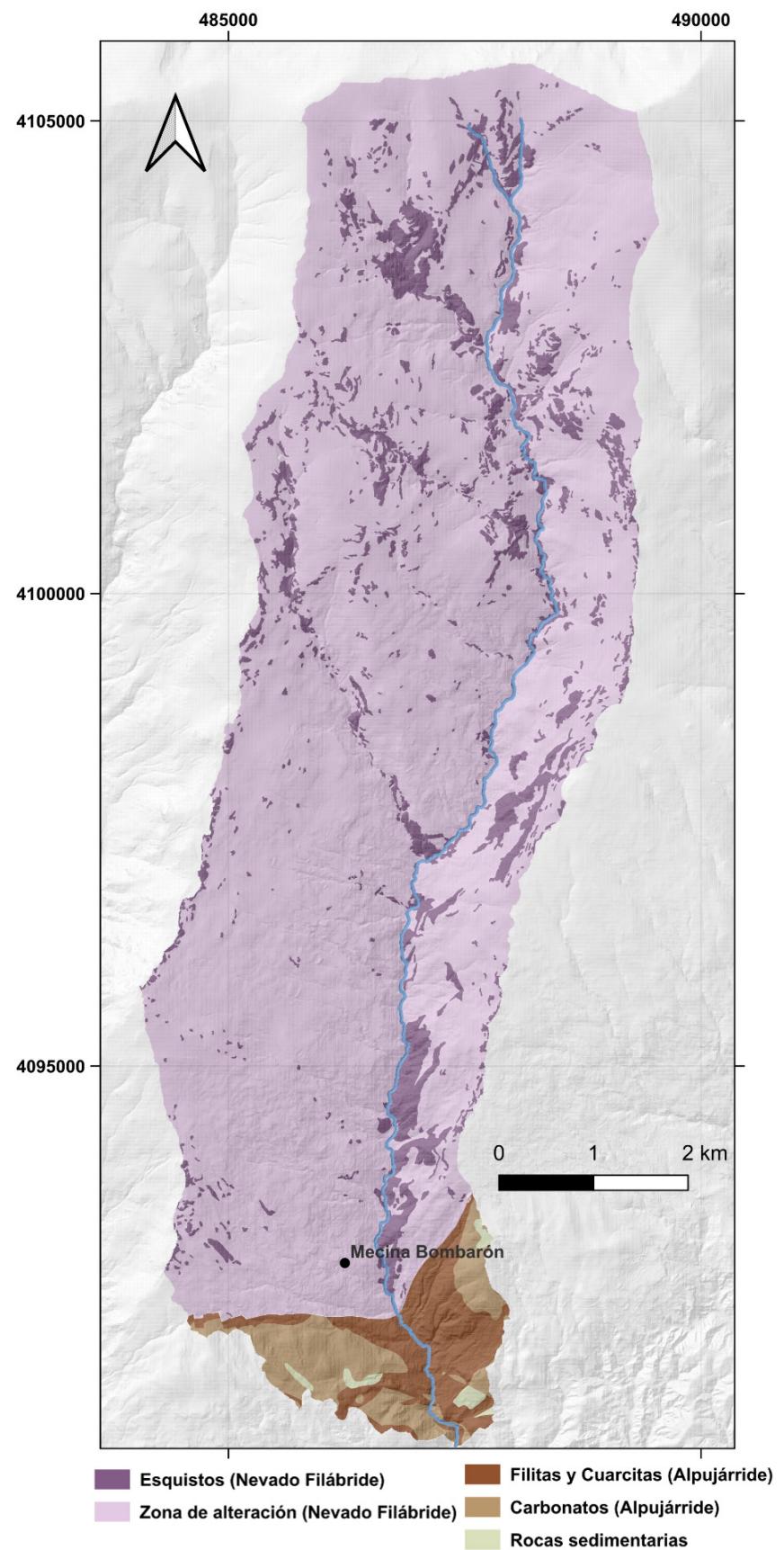
El clima de la zona es de tipo mediterráneo, con veranos calurosos e inviernos fríos y relativamente húmedos. La precipitación media anual en la población de Mecina es algo inferior a los 600 litros al año por metro cuadrado o lo que es lo mismo 600 milímetros al año, mientras que en la parte alta de la cuenca del río Mecina, supera ligeramente los 700 mm al año. Estas precipitaciones se distribuyen mayoritariamente entre los meses de octubre y abril. Entre junio y septiembre, la precipitación acumulada suele ser mínima. La temperatura media anual está comprendida entre los 14 grados de la zona de menor altitud de la cuenca y los 6 de la parte alta. En verano las temperaturas medias mensuales son del orden de 20 a 22° C y en invierno de 7 a 8°C. El periodo de deshielo, entre abril y junio, es el periodo en el que las acequias de careo están en funcionamiento.

Esta cuenca destaca por el profundo encajamiento del cauce principal, que provoca la existencia de laderas con fuertes pendientes, especialmente la oriental. Si nos fijamos en la posición del cauce, se puede comprobar que este no está en el centro de la cuenca, sino que está desplazado hacia la parte oriental, dejando una la parte occidental, en la margen derecha del río, más tendida, en la que se puede cultivar y en la que se ubica la localidad de Mecina, y una margen izquierda, de mayor pendiente y de menos extensión, en la que no hay prácticamente agricultura. Este hecho condiciona el que en la margen derecha del río existan más acequias de careo y de riego que en la margen izquierda. En esta margen las altas pendientes dificultan la existencia de zonas regables, por eso, desde esta margen se trasvasan aguas, mediante la acequia de Yegen, a la cuenca vecina, durante las épocas en las que no se riega en Mecina. Al sur de la localidad de Mecina, el abrupto relieve de la sierra se suaviza, y aparece la depresión de Ugíjar, donde la geología, la vegetación y el paisaje nada tienen que ver con el paisaje serrano.



Geología

El acercamiento entre las placas tectónicas africana y europea dio lugar, hace unos diez millones de años, al nacimiento de Sierra Nevada. Esta colisión hizo que emergieran a la superficie grandes cantidades de rocas metamórficas. Estas rocas se forman a gran profundidad, donde están sometidas a unas condiciones de alta presión y temperatura. En la cuenca del río Mecina afloran mayoritariamente rocas metamórficas, destacando, por su abundancia los esquistos del complejo Nevado Filábride, con antigüedades del orden de 350 millones de años. Los esquistos son rocas duras que se caracterizan por tener sus minerales alineados en bandas paralelas, dando lugar a una estructura laminada. Cuando no están alterados son muy poco permeables y dificultan el paso del agua por su interior, pero si aparecen disgregados en la superficie del terreno el agua subterránea puede circular por estas zonas superficiales de alteración. Aguas abajo de Mecina, cerca de la población del Golco, ya aflora otro conjunto de rocas metamórficas, conocido como Complejo Alpujárride (240 a 210 millones de años), en el que predominan rocas carbonatadas como mármoles y calizas, que son permeables, y las metapelitas, que no lo son. Estas últimas son unas rocas parecidas a las pizarras, pero más blandas, conocidas localmente como "launas" y usadas en La Alpujarra para impermeabilizar los techos de las casas. En la parte más alta de la cuenca, por encima de los 2300 m de altitud, hay muchos sedimentos de origen glaciar y periglaciar.



| Mapa geológico de la cuenca del río Mecina

Consisten en fragmentos de roca de distintos tamaños que se han formado durante las últimas eras glaciares. En los cauces de los ríos también encontramos sedimentos aluviales, como gravas y arenas, fundamentalmente, generados por la alteración y el arrastre de los materiales que afloran en la cuenca de este río.



Hidrología

El trazado, bastante rectilíneo, que de norte a sur sigue el río Mecina, define el eje de la ruta que se propone en este folleto. Al norte de la cuenca del río Mecina se encuentra la divisoria con la cuenca del Guadalquivir, desde donde parten los ríos que pasan por la localidad de Lanteira. Al oeste, se encuentra el río Bérchules, del que llega la acequia del mismo nombre y al este el río Valor.

El río Mecina tiene una longitud de 19 km y su cuenca tiene un área de 51 km², con altitudes comprendidas entre los 790 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.) y los 2768 m s.n.m. del Peñón del Lobo. Aguas abajo de Mecina Bombarón este río se une con el de Nechite, antes de confluir ambos en el embalse de Beninar, desde donde parte el río Adra en dirección al mar Mediterráneo.

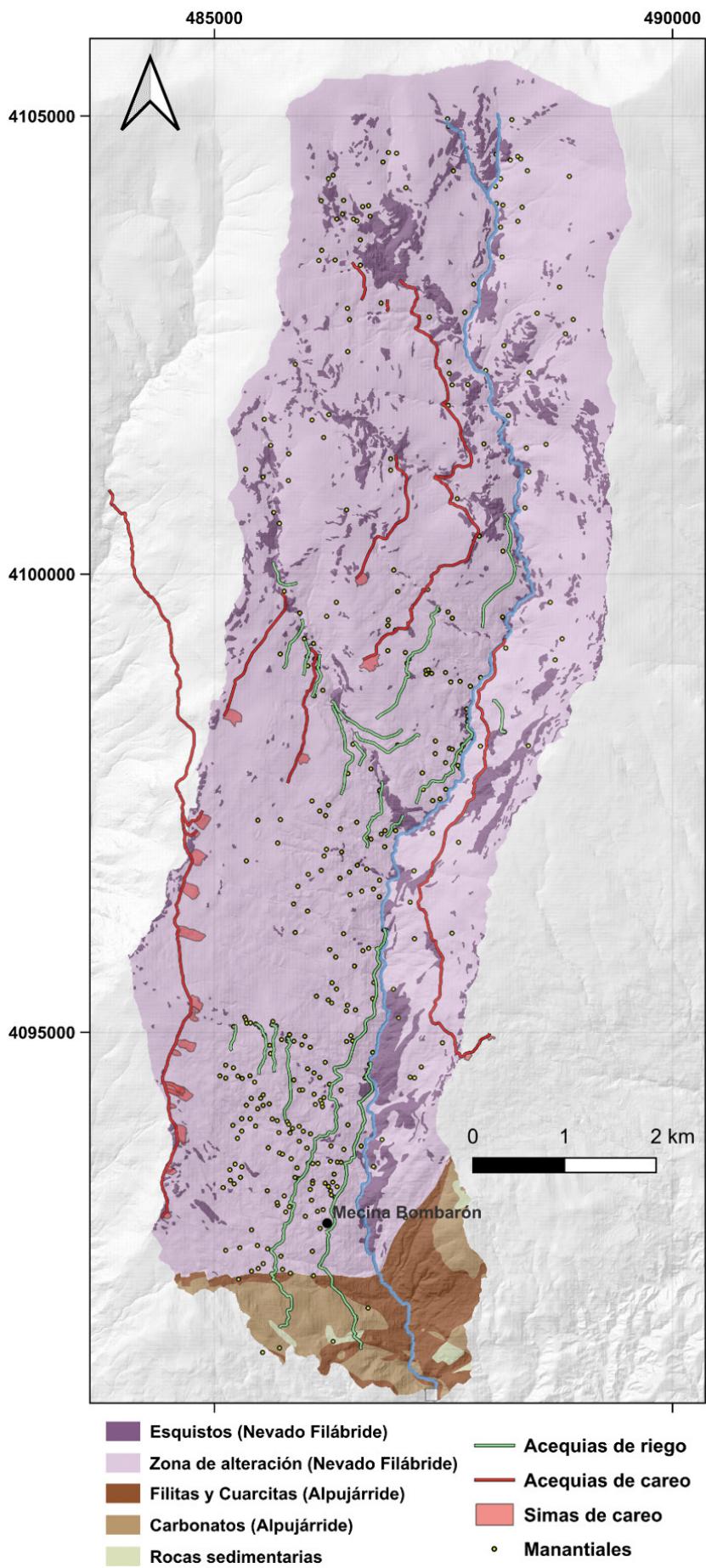
El caudal del río Mecina a su paso por esta localidad es muy bajo. En el periodo comprendido entre marzo de 2021 y octubre de 2024, en el que el Instituto Geológico y Minero del CSIC ha controlado su caudal, a la altura del cruce de la carretera A-4130, presentó un caudal medio de 36 litros por segundo (l/s), con puntas de caudal de 1200 l/s y periodos en los que quedó seco por completo. Hay que señalar que el periodo de control ha sido muy seco, con precipitaciones anuales por debajo de la media y que, aguas arriba del pueblo, las acequias Alta y Baja de Mecina y la acequia de Yégen, están derivando agua para riego durante todo el estío.

Hidrogeología

La configuración geológica de la cuenca de Mecina hace que existan dos tipos de materiales acuíferos (materiales que permiten el almacenamiento y la circulación del agua a su través). A mayor altitud se encuentran las formaciones cuaternarias de alteración glaciar y periglaciar, que afloran sobre los esquistos en la cabecera de la cuenca hidrológica. A este tipo de formaciones permeables se les suele llamar acuíferos alpinos. A menor cota se encuentran los afloramientos de la capa de alteración de los esquistos, que ocupan la mayor parte de la cuenca del río Mecina. Estas formaciones dan lugar a lo que se denomina acuíferos en pendiente desarrollados sobre rocas duras.

Los espesores de los acuíferos alpinos pueden llegar a superar la decena de metros. Bajo las formaciones glaciares y periglaciares, permeables, se encuentran los esquistos sin alterar, de muy baja permeabilidad, que hacen de base o muro de estos acuíferos. La alta permeabilidad de estas formaciones de materiales periglaciares favorece que existan algunos manantiales, de caudal moderado. El agua subterránea almacenada en estos acuíferos se limita a una delgada capa saturada que se acomoda a la pendiente de la zona de contacto entre la roca sin alterar y la base de los materiales alterados.

En los acuíferos en pendiente, destaca la presencia de una extensa, discontinua y delgada zona superficial de alteración y fracturación por la que el agua subterránea circula y que da lugar a amplios acuíferos desarrollados en la capa de alteración de los esquistos, en las laderas de la cuenca del río Mecina. El nivel freático o nivel del agua subterránea queda muy próximo a la superficie durante la época de lluvias, debido a la moderada permeabilidad de la zona de alteración de los esquistos, descendiendo



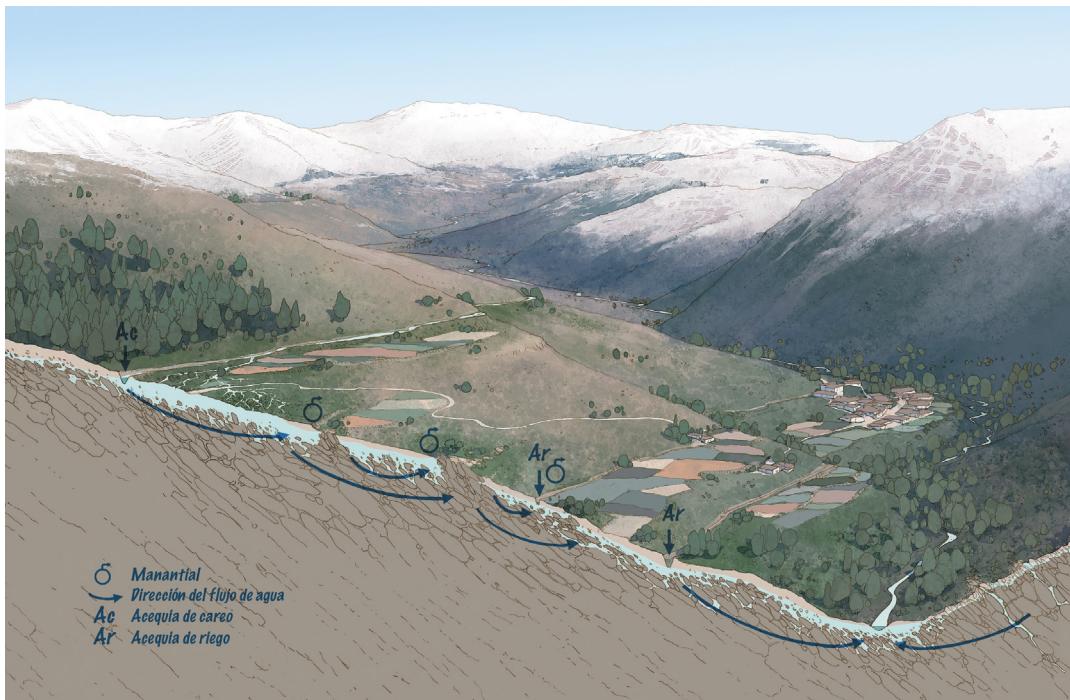
Mapa hidrogeológico de la cuenca del río Mecina

durante el estiaje en las zonas altas de las laderas. En estos acuíferos, la alta pendiente del terreno, la presencia de numerosos afloramientos de roca sin alterar y la existencia de barrancos de primer orden encajados en los esquistos, dan lugar a abundantes manantiales de bajo caudal. El agua que surge por estos manantiales se vuelve a infiltrar aguas abajo de donde surge, creando un flujo en cascada a lo largo de las laderas.

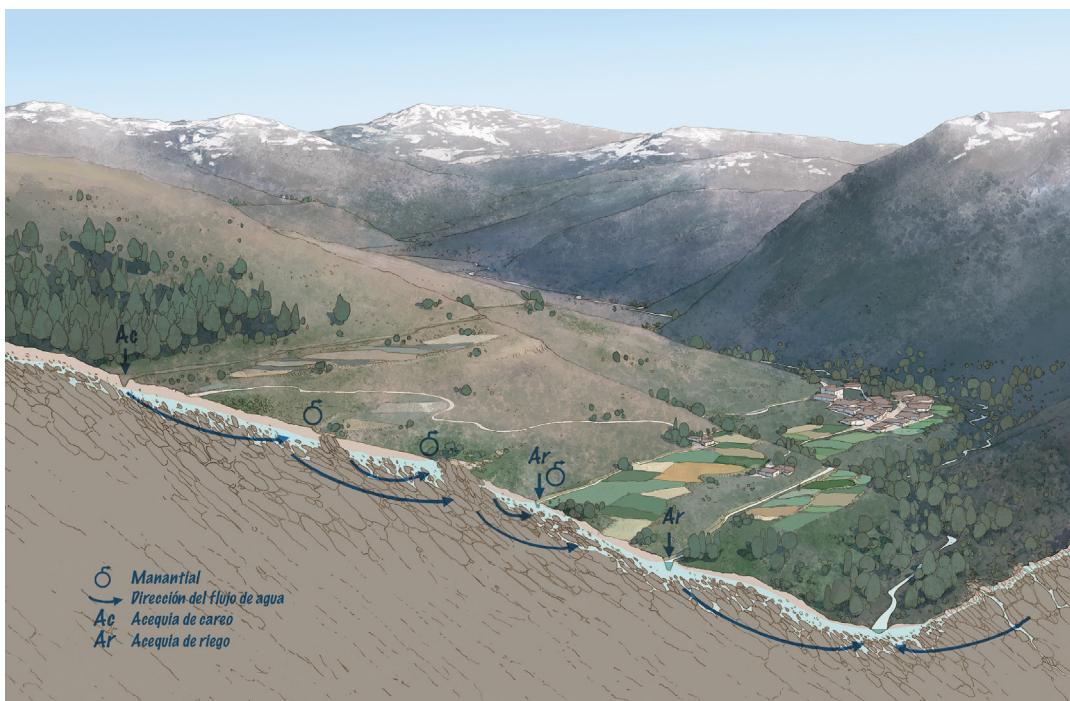
La infiltración del agua de precipitación, más la filtración de agua que circula por acequias de careo y los retornos del riego de pastos y de los cultivos en las terrazas de riego es el agua que va a formar parte de la recarga de los materiales acuíferos que existen en la cuenca del río Mecina. Toda el agua infiltrada en las laderas de esta cuenca acaba surgiendo, finalmente por el río Mecina.

Siembra y Cosecha del Agua: las acequias de careo de Sierra Nevada

Una de las principales singularidades de Sierra Nevada consiste en el ancestral procedimiento de manejo del agua que realizan sus habitantes. En Sierra Nevada se siembra agua para luego cosecharla. Regantes y ganaderos manejan una extensa red de canales excavados en el suelo (acequias de careo y de riego tradicional), para infiltrar el agua del deshielo en las laderas. Una vez que el agua se infiltra ladera abajo, discurre lentamente, por la zona de alteración de las rocas metamórficas que forman esta montaña, para tiempo después, alimentar a los ríos y a los manantiales.



Esquema hidrogeológico de funcionamiento de los acuíferos en pendiente recargados con acequias de careo durante el periodo de deshielo



Esquema hidrogeológico de funcionamiento de los acuíferos en pendiente recargados con acequias de riego durante el verano

Esta forma de entretenir el agua, de ralentizar el ciclo hídrico, implantada al menos desde el siglo VIII, ha provocado una notable transformación del paisaje, donde las terrazas de cultivo y los pastos coexisten con sistemas de alto valor ecológico. Al mismo tiempo, ha permitido que los habitantes de Sierra Nevada hayan podido superar los drásticos cambios climáticos y culturales acaecidos durante el último milenio.

En la cuenca del río Mecina, la mayor parte del agua se siembra en la margen derecha del río, donde el riego y el abastecimiento de Mecina Bombaron dependen del agua careada. La acequia de careo que parte a mayor altura, a 2200 m s.n.m. es la de los Horcajos, que carea en la sima del Postero. Por debajo de esta, están otras acequias de careo, de menor capacidad de infiltración que son las de Poyo Colcutar, Arenal y Riachuelo. A unos 1970 m de altitud, entra en la cuenca del Mecina, la acequia de Bérchules, en la que el IGME ha llegado a medir caudales puntuales del orden de 1000 L/s, desde la que se aportan volúmenes de agua anuales esenciales para mantener el abastecimiento, el riego y la ganadería de Mecina Bombarón. Por la margen izquierda, la acequia de Yegen, cementada en todo su trayecto, trasvaza las aguas a la cuenca del río Valor, por encima de Yegen, donde son careadas en el deshielo y usadas para riego en el estío.

Basándonos dos en los datos obtenidos durante el periodo de estudio se ha podido demostrar que la recarga total de aguas subterráneas en la cuenca del río Mecina se incrementa más del doble gracias a las acequias de careo, y que esto es de especial importancia en la época de estiaje, donde la práctica totalidad del caudal que circula por el río es agua que previamente fue infiltrada por las acequias de careo.

Los principios que rigen la Siembra y la Cosecha del Agua, que se hace en la cuenca del río Mecina, son los mismos que persigue el actual paradigma de la Gestión Integrada del Agua y están en total consonancia con el concepto de Soluciones Basadas en la Naturaleza (al usar procesos naturales como son el paso del agua por el suelo y por los acuíferos para conseguir su mejor gestión). La recuperación de las acequias abandonadas, en la segunda mitad del siglo pasado, está contribuyendo a mejorar las obsoletas técnicas de gestión del agua basadas en el uso exclusivo de "infraestructura gris", a dar mayor seguridad hídrica ante el actual escenario de cambio climático y a prestar otros servicios ecosistémicos que están en armonía con los objetivos de la Agenda 2030.



7. CARACTERIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN Y DE LA HIDROGEOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE SyCA INVENTARIADOS

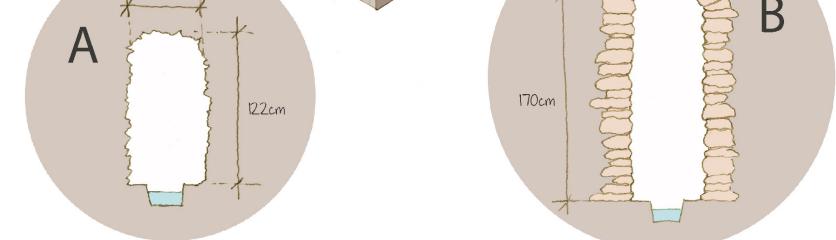
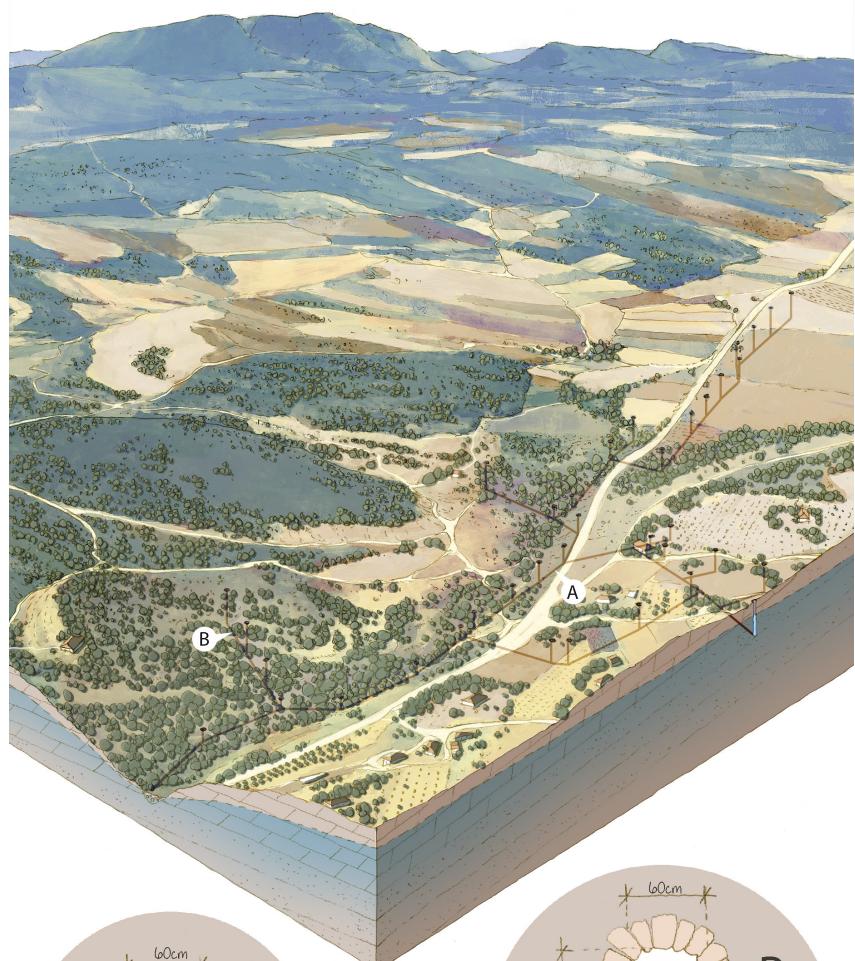
La distribución de los principales sistemas de Siembra y Cosecha del Agua en la península se ha representado sobre el mapa de los principales tipos de acuíferos, del IGME, incluido en la Figura 2.



Existe un grupo de sistemas de siembra de agua que suele encontrarse mayoritariamente en zonas de montaña y sobre sustratos con rocas de tipo metamórfico e ígneo. Es el caso de las acequias de infiltración de montaña (pesqueras, caceras, regaderas y careos), el riego de pastos de montaña y los ribazos. Esta cuestión no es casual. En la mayoría de las montañas afloran lo que en hidrogeología se denominan rocas duras. Quedan incluidas en este grupo las rocas plutónicas, como los granitos, y las rocas metamórficas, como los esquistos y las pizarras. Este tipo de rocas cuando no están alteradas tienen una permeabilidad muy baja, dificultando el flujo del agua subterránea, pero cuando afloran en la superficie del terreno, se alteran, y es en esa zona de alteración, que incluso puede llegar a alcanzar los 20 o 30 m de profundidad, por donde circula lentamente el agua subterránea. La importancia de los acuíferos asociados a la zona de alteración de las rocas duras, desde el punto de vista de los planificadores y gestores del agua, ha sido muy baja. Las reservas hídricas de estos acuíferos son poco importantes, cuando se comparan con los grandes acuíferos detríticos. Sin embargo, el papel del flujo subterráneo que circula por la zona de alteración, de las rocas que afloran mayoritariamente en nuestras montañas, es esencial desde el punto de vista ambiental, pues mantiene el caudal de manantiales, el caudal de base de los ríos de montaña y los bosques de ribera y todos los ecosistemas asociados a esta descarga de agua subterránea. Recientes estudios de investigación del CSIC y de distintas universidades ya están poniendo de manifiesto como las acequias de careo contribuyen a reducir los efectos de las sequías en la vegetación situada aguas abajo de las acequias y a incrementar la biodiversidad. Todos estos efectos se repiten cuando se riegan pastos de montaña con estas mismas acequias o con manantiales captados a mayor cota y cuando los ribazos retienen e infiltran las aguas de escorrentía durante las tormentas.

En las zonas llanas, donde afloran los grandes acuíferos detríticos y aluviales existen sistemas de siembra intencionada como las zayas de la Valduerna, en León. Sin embargo, en las zonas llanas de las cuencas sedimentarias de los principales ríos, los sistemas de siembra de agua son, mayoritariamente, no intencionados. Es el caso del retorno de los riegos de inundación que se producen por toda la península y el de los riegos de invierno, que están documentados en las vegas de Granada y Guadix y en los arrozales valencianos.

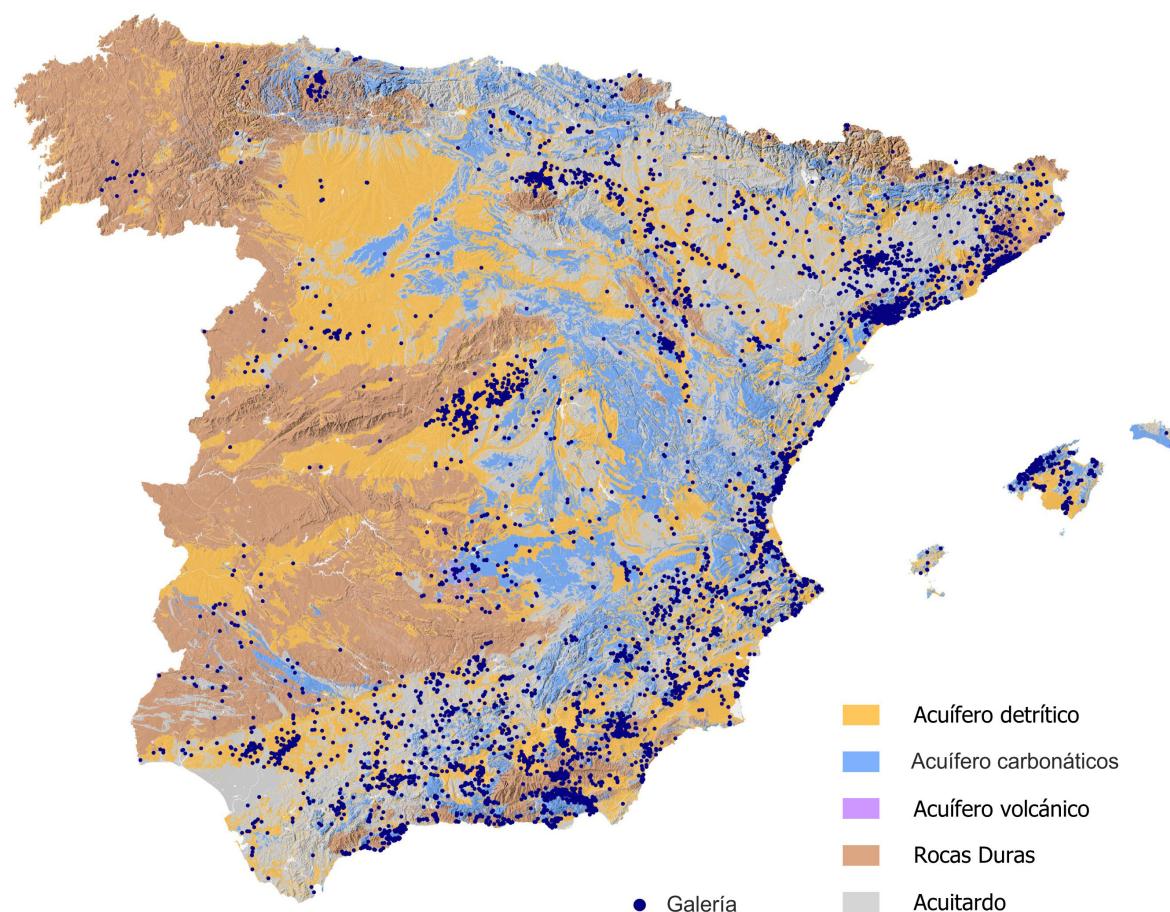
Los sistemas de riego por entarquinado y las boqueras se localizan también en acuíferos detríticos, asociados, en este caso, a ramblas de caudal intermitente. Este tipo de ramblas, que solo funcionan durante los episodios de tormentas se encuentran en todo el levante peninsular, especialmente entre Castellón y Almería.



| Qanat conocido como Mina del Agua de Zucaña (Almansa, Albacete)

Por último, entre los sistemas de siembra de agua debemos destacar el único tape operativo que hemos documentado, ubicado en Turre, Almería. Este tipo de estructura perpendicular a la dirección del flujo en un cauce de caudal intermitente tiene una particularidad especial, dado que deriva el agua hacia una sima kárstica, siendo uno de los pocos sistemas históricos de siembra intencionada de agua en acuíferos carbonáticos en nuestra península. Es cierto, que algunas acequias de careo de la falda sur de Sierra Nevada también vierten agua sobre este tipo de materiales geológicos para provocar su infiltración, pero no es una práctica habitual, habida cuenta de la alta capacidad de infiltración de las rocas kársticas.

En cuanto a los sistemas de cosecha de agua se refiere, en este proyecto se ha hecho un inventario de galerías drenantes a nivel peninsular, que se ha presentado en la Figura 3. Hay que señalar que este arduo trabajo de recopilación y procesado de información procedente de distintas bases de datos, ha sido el resultado del Trabajo Fin de Máster titulado “Galerías drenantes como sistemas de captación de aguas subterráneas: estado de la cuestión y recopilación en el ámbito español” realizado por María del Valle López-Guadalupe y codirigido por José María Martín Civantos y Sergio Martos Rosillo, en el marco del proyecto WaSHA. Se han inventariado un total de 7348 galerías. En relación con su distribución espacial cabe señalar que hay galerías inventariadas en la mayoría del territorio peninsular. No obstante, estas son más abundantes en zonas de orografía montañosa (no necesariamente elevada) y con condiciones climáticas de semiaridez. La confluencia de ambas cuestiones justifica el importante número de galerías en la zona sur y este de la península, siendo muy escasas en los valles del Ebro, Duero, Tajo y Guadalquivir. Atendiendo a cuestiones de tipo hidrogeológico, las galerías drenantes suelen excavarse en materiales blandos, en pies de monte, en acuíferos aluviales y en calcarenitas, pero también existen minas en rocas duras y en calizas, aunque de escasa longitud y en menor número.



| Figura 3. Mapa del inventario de galerías drenantes

8. DESARROLLO DE PROPUESTAS DE RESTAURACIÓN Y REACTIVACIÓN DE SISTEMAS DE SyCA

La mayoría de los sistemas históricos de Siembra y Cosecha del Agua se abandonan en nuestro país en la segunda mitad del siglo XX, coincidiendo con el gran éxodo de la población rural a las ciudades. Los sistemas de siembra de agua ubicados en zonas de montaña, como las acequias de infiltración y los riegos de pastos, son verdaderamente afectados. Así mismo, los riegos de entarquinado y las boqueras prácticamente desaparecen en su totalidad en esa época. En este sentido tenemos que señalar que no hemos encontrado ningún sistema de riego por boqueras operativo. También a finales del siglo anterior irrumpen en el mercado las bombas electro-sumergibles y crece de forma notoria el número

Riegos de
la Vega de
Granada
(Regadiohisto-
rico.es/
argumenta-
rio)



de equipos de perforación de pozos, lo que se ha traducido en un descenso generalizado de los niveles piezométricos de los acuíferos y en el agotamiento de innumerables galerías drenantes y de pozos excavados históricos. Más recientemente, la desorbitada y poco planificada transformación de riego por inundación a riego localizado hecha en nuestro país ha reducido de forma significativa la recarga de agua que se producía por el retorno de los riegos que se hacen en las principales zonas agrícolas.

El poder revertir esta situación parece una tarea imposible, sin embargo, existen experiencias de éxito que han conseguido recuperar y/o reactivar el funcionamiento de sistemas de SyCA que estaban en vías de abandono o abandonados desde hace décadas. Se puede citar el caso de Sierra Nevada, con una intervención coordinada por el Espacio Natural de Sierra Nevada, que incluye al Parque Nacional y al Parque Natural, mediante distintos proyectos para la recuperación de acequias de careo. El primero se llevó a cabo entre los años 2008 y 2011 con un presupuesto de 5,3 millones de euros. La segunda actuación se está ejecutando en la actualidad, con otros dos proyectos que cuentan con una financiación de 2,5 millones de euros.

A nivel más local, la UGR, a través del grupo de investigación del MemoLab, dirigido por el profesor José María Martín Civantos, ha trabajado con distintas comunidades de regantes promoviendo la recuperación de estos sistemas y de los saberes asociados. Son más de 30 intervenciones de voluntariado, en 20 comunidades de regantes, a lo largo de los 11 últimos años, con las que se han intervenido más de 120 km de acequias, que constituyen un ejemplo de implicación de una universidad, en este caso la UGR, con el territorio y con sus habitantes.

Hay que destacar que el modelo participativo de recuperación de sistemas de Siembra y Cosecha del Agua promovido por el MemoLab de la UGR ha sido exportado, con el apoyo de este equipo, a otras regiones. Es el caso de las caceras de Segovia y el de las pesqueras de la Vera de Cáceres, que ahora se está extendiendo al de las regueras de las poblaciones del Alto Tormes en Ávila. Estas experiencias demuestran que la recuperación de estos sistemas de SyCA es posible, si estas infraestructuras existen, aunque estén deterioradas, y si existen colectivos que se impliquen en su recuperación y en su mantenimiento, una vez que están operativos.

Atendiendo a cuestiones de tipo fisiográfico, meteorológico e hidrogeológico, las condiciones para que los sistemas de siembra de agua de montaña sean operativos requieren de la existencia de acuíferos formados por la alteración de rocas duras, pendiente y veranos calurosos y secos. Teniendo en cuenta una pendiente de más de 6º y el afloramiento de rocas duras se ha realizado el mapa de la Figura 4.



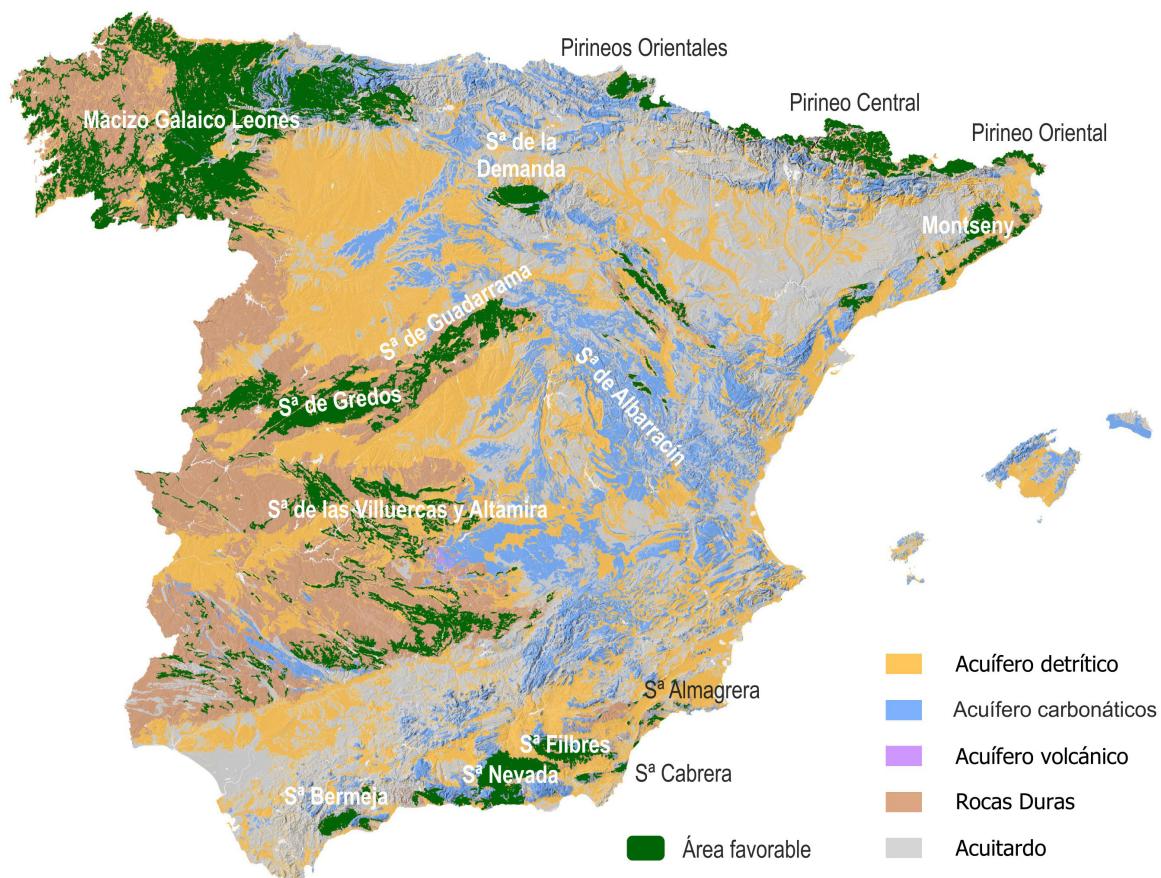


Figura 4. Mapa de zonas potenciales para la aplicación de sistemas de siembra de agua en zonas de montaña

En este proyecto hemos podido inventariar la existencia de acequias de infiltración en Sierra Nevada, Gredos y Guadarrama. Acequias, la mayoría abandonadas, y riegos de pastos hay en buena parte de los relieves representados en la Figura 4. Podemos, por tanto, afirmar que en los 23.824 km² representados en esta figura, sería posible desarrollar y/o recuperar sistemas de siembra de agua del tipo acequias de infiltración, riego de pastos, riego por inundación en terrazas y ribazos. Insistimos que en ese territorio se dan las condiciones físicas, sin embargo, para que estos sistemas se pongan en marcha la condición necesaria es que exista un colectivo que quiera y pueda poner en marcha la SyCA.

El proyecto WaSHA, con la ayuda del equipo de investigación de Margarita García Vila del Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC, ha hecho un importante esfuerzo en hacer un primer análisis de la potencialidad de la siembra de acuíferos mediante riegos de invierno en el territorio nacional peninsular. El objetivo de esta tarea fue el de generar un mapa de zonas potenciales para la recarga de acuíferos utilizando infraestructuras de regadío existentes durante períodos invernales. La propuesta parte de la premisa de que, en campañas con excedente de agua superficial, esta podría emplearse para inundar de forma controlada superficies agrícolas de regadío (con cultivos con reposo invernal o en barbecho) situa-



das sobre acuíferos detríticos libres, permitiendo así la infiltración del excedente de agua. Con este planteamiento, se buscó identificar y cuantificar las superficies de regadío que pudieran servir para esta finalidad. Para ello, ha sido necesario realizar una intersección entre las superficies de regadío, los mapas de patrón de cultivos y las áreas de afloramientos de acuíferos detríticos libres. El proceso ha sido muy complejo y laborioso, fundamentalmente porque la información necesaria procedía de distintas fuentes y estaba fragmentada. Las principales fuentes cartográficas utilizadas fueron:

- a) Perímetros de Regadío (MITECO) 2014:** datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura que incluyen información sobre comunidades de regantes, sociedades agrarias y regadíos privados.
- b) Regadíos de Demarcaciones Hidrográficas (DH):** datos más recientes de regadíos aportados por las distintas Demarcaciones Hidrográficas.
- c) Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) 2024:** base parcelaria a nivel nacional que asigna un uso agrario concreto a cada parcela, permitiendo calcular porcentajes de cultivo dentro de cada unidad regable.
- d) Afloramientos Detríticos Libres:** cartografía de zonas permeables (>1 km) para recarga de acuíferos del Instituto Geológico Minero de España (IGME-CSIC).

TIPO DE CULTIVO	SUPERFICIE (ha)	% DEL TOTAL
Tierras Arables	1.612.665	87,9%
Frutos de Cáscara	102.643	5,6%
Pastos	35.244	1,9%
Arrozales	77.385	4,2%
Choperas	6.808	0,4%
TOTAL	1.834.745	100%

Tabla 1. Superficie de diferentes tipos de cultivos situados sobre acuíferos detríticos libres que permitirán la siembra de agua mediante riegos invernales en el territorio nacional peninsular

Una vez hecho el procesamiento de datos para la hacer la intersección final entre la capa de afloramientos detríticos libres y las zonas regables clasificadas por cultivo, se obtuvo la superficie de recarga potencial mediante riegos de invierno que se desglosa en la Tabla 1 y que se representa en la Figura 5.

Estos resultados ponen de manifiesto que las tierras arables y los cultivos de frutos de cáscara concentran la mayor parte de superficie idónea para la siembra de agua mediante riego durante la temporada invernal. Se demuestra, de igual modo el gran potencial del uso de los riegos invernales para la recarga de acuíferos si se aprovecha la disponibilidad hídrica invernal sobre los cultivos estudiados.

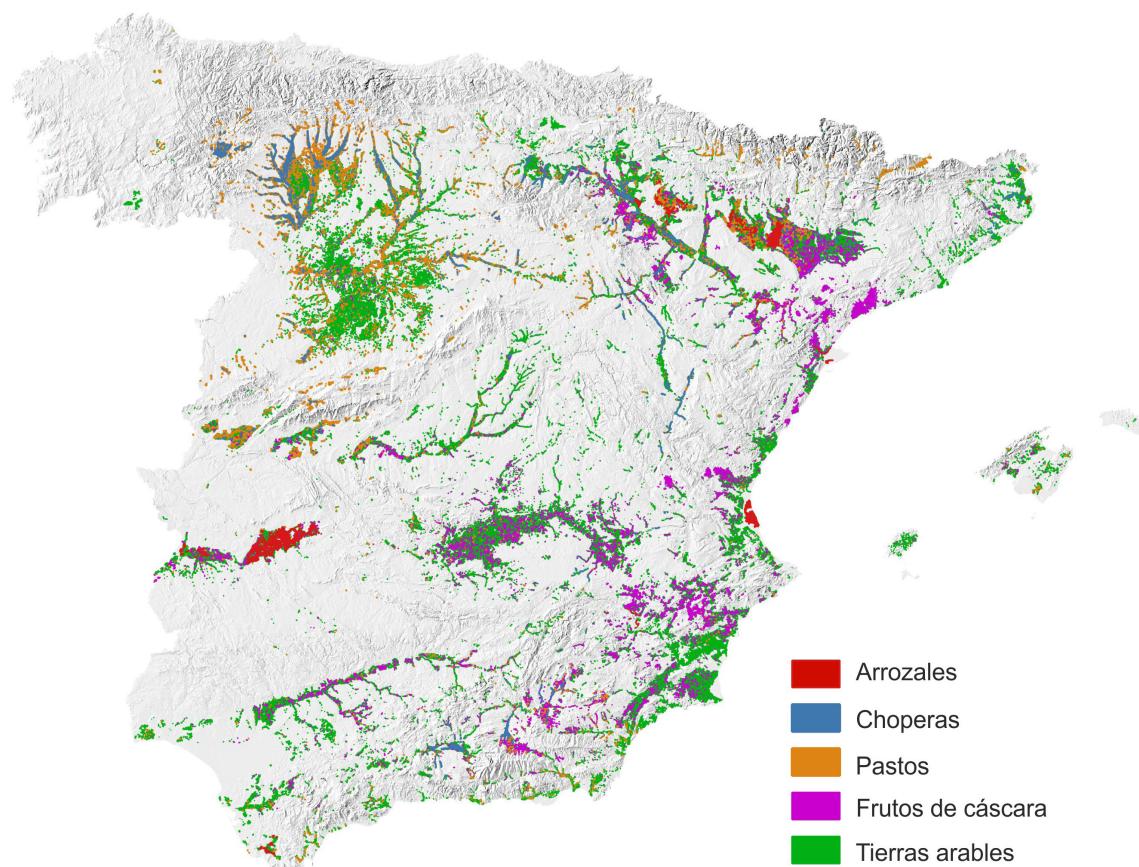


Figura 5. Distribución de diferente tipo de cultivos situados sobre acuíferos detríticos libres que permitirían la siembra de agua mediante riegos invernales en el territorio nacional peninsular

9. RECOMENDACIONES DE GESTIÓN



Los resultados del proyecto WaSHa permiten hacer unas propuestas para la mejora en la gestión de las zonas investigadas con detalle, donde la SyCA está operativa. Nos centramos en los casos de estudio específicos como ejemplos que pueden ser extrapolables desde el acuífero interfluvial Duerma-Peces, en la comarca leonesa de la Valduerna, en la cuenca de la Garganta de San Gregorio, en Aldenueva de la Vera (Cáceres), y en la cuenca del río Mecina, en Mecina Bombarón (Granada). Asimismo, se hacen unas recomendaciones para la futura implementación a nivel nacional de la recarga de acuíferos, replicando los sistemas de siembra de agua, con riegos de invierno, en todo el territorio nacional. En el siguiente apartado de esta memoria se hacen una serie de recomendaciones políticas, para la puesta en valor de la SyCA.

9.1. Recomendaciones de gestión de la siembra de agua en el acuífero interfluvial Duerna – Peces (León).

1

Formar una Comunidad de Usuarios. Es necesario y urgente crear una Comunidad de Usuarios del Acuífero interfluvial Duerna-Peces, con el debido asesoramiento técnico, científico y legal. Esta comunidad de usuarios deberá hacer de interlocutora con la Confederación Hidrográfica del Duero, gestionar el acuífero, su recarga y redistribuir los bombeos para garantizar la demanda de agua subterránea de sus usuarios.

2

Adelantar en el tiempo la toma de aguas superficiales y aumentar el número de zayas para la recarga del acuífero. Hay que adelantar a los meses de invierno la toma de aguas del Duerna y del Peces, cuando lleve caudal, para recargar el acuífero mediante las zayas. Esto permitirá almacenar recursos en el acuífero para cubrir la demanda estival.

3

Implementar riegos de invierno. Hay que planificar y estudiar los riegos de invierno en zonas estratégicas del acuífero para mejorar su recarga. Esto se debe de realizar tanto con un enfoque agronómico como hidrogeológico, dado que además de recargar el acuífero hay que hacerlo de forma que no se afecte al rendimiento y a la salud de los cultivos.

4

Continuar la investigación hidrogeológica. Es necesario hacer un estudio hidrogeológico de, al menos, dos o tres años de duración, con objeto de ver la respuesta del acuífero en años secos y en años húmedos. Hay que mejorar la evaluación de la explotación y de la recarga, de los retornos de riego, las relaciones río-acuífero, incorporar nuevos datos de permeabilidad y mejorar la geometría del acuífero con nuevas campañas de prospección geofísica. El estudio de este acuífero puede ser de gran ayuda para otros donde se podría implementar esta técnica de recarga.

5

Reconocer y dar a conocer la potencialidad de este sistema de SyCA como Solución Basada en la Naturaleza para la Gestión del Agua.

6

Dar a conocer la importancia del acuífero interfluvial Duerna-Peces como laboratorio natural de investigación para la Recarga Gestiónada de Acuíferos mediante la Agricultura (Ag-MAR), a nivel nacional. Este pequeño acuífero dispone de una serie de características y condiciones que lo hacen constituirse como un candidato ideal para la investigación de la recarga de acuíferos mediante técnicas agrícolas. Por ello, sería conveniente seguir con su investigación y combinar estudios agronómicos e hidrogeológicos para explorar y mejorar el conocimiento de la recarga de acuíferos mediante técnicas de riego e inundación, dado el gran potencial que supondría para la región e incluso a nivel nacional.

9.2. Recomendaciones de gestión de la siembra de agua en la garganta de San Gregorio, en Aldenueva de la Vera (Cáceres).

1

Se debe seguir con la recuperación y puesta en funcionamiento de las pesqueras abandonadas y cartografiadas, comenzando por las situadas a mayor altitud y sin dejar de mantener las ya recuperadas. Así mismo, sería conveniente recuperar el riego de los pastos situados en la cabecera de la garganta y adelantar al comienzo del año hidrológico la toma de aguas superficiales para su siembra.

3

Hay que apoyar desde la Administración a esta pequeña comunidad de regantes para actualizar las concesiones de riego, incluyendo las de las pesqueras usadas para la siembra de agua, como uso no consumutivo, tal y como se ha hecho en la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, en el caso de distintas comunidades de regantes que usan las acequias de careo para la siembra de agua. Hay que indicar que en Sierra Nevada la ayuda prestada no solo se ha hecho a nivel administrativo, sino que también se ha dispuesto de ayudas para la recuperación y reparación de acequias de careo con Fondos de Recuperación de la Unión de la Europea.

2

La Comunidad de Regantes Ocho Caños debe liderar estas iniciativas con el apoyo del Ayuntamiento de Aldeanueva, con el que debería firmar algún tipo de acuerdo de colaboración mutua. Así mismo, se debería contar con el apoyo de la Confederación Hidrográfica del Tajo (CHT) y con el de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Sostenible y el de la Consejería de Gestión Forestal y Mundo Rural de la Junta de Extremadura.

4

Continuar la investigación hidrogeológica. Es necesario hacer un estudio hidrogeológico de varios años de observación para analizar la respuesta del río a la siembra de agua con las pesqueras, tanto en los años secos, como en los años húmedos. Hay que mejorar la evaluación del caudal que circula por la garganta y la evaluación de la precipitación y de la evapotranspiración. El estudio de esta cuenca hidrológica puede ser un referente para el resto de cuencas en donde se está reactivando la recuperación de pesqueras en la Sierra de Gredos.

5

Reconocer y dar a conocer la potencialidad de este sistema de SyCA como Solución Basada en la Naturaleza. Para alcanzar este objetivo habrá que aplicar los criterios de la IUCN que permiten clasificar una solución de manejo del agua como SbN. En ese sentido será necesario potenciar la realización de estudios ecohidrológicos que demuestren el beneficio de la SyCA en los ecosistemas y en la biodiversidad.

6

Dar a conocer la importancia de las actuaciones llevadas a cabo para la recuperación de las pesqueras en la cuenca de San Gregorio, mediante la incorporación de esta cuenca en la Red UNESCO ECOHYDROLOGY, que reconoce a los lugares donde se hace un manejo ecohidrológico.



9.3. Recomendaciones de gestión de la siembra de agua en la cuenca del río Mecina (Mecina Bombarón, Granada).

1

Sería conveniente recuperar el funcionamiento de las acequias de careo del Arenal, del Riachuelo y de Poyo Colcutar, así como reparar los tramos afectados de la acequia de careo de Bérriches. Asimismo, habría que acondicionar las dos galerías de drenaje y la cimbra utilizadas para el abastecimiento a la población.

2

El preocupante crecimiento de la superficie de riego intensivo para el cultivo de tomate cherry, en la cuenca del río Mecina, debería hacerse de forma más planificada y sostenible. Hay que evitar que siga aumentando el número de balsas impermeabilizadas de forma indiscriminada y revertir en buena medida la situación generada por este desarrollo irregular. Por otro lado, cuando se transforma una parcela de riego por inundación a riego localizado, se pierden los retornos de riego que utilizaban los regantes situados aguas abajo, en el sentido del flujo subterráneo. Estas afecciones deben ser investigadas, consideradas y compensadas antes de autorizar el cambio del sistema de riego en las parcelas.

3

Habría que aprovechar más el reconocimiento hecho por UNESCO a esta cuenca como sitio demostrativo de la Red UNESCO ECOHYDROLOGY, promoviendo el turismo responsable, el consumo de productos hortícolas y cárnicos producidos en esta cuenca hidrológica y vinculados con la siembra de agua.

9.4. Recomendaciones para la implantación de la recarga de acuíferos mediante riegos de invierno a nivel nacional.

El amplio potencial territorial detectado con el proyecto WaSHa para la recarga gestionada de acuíferos mediante técnicas agrícolas inspiradas en los sistemas de siembra de agua mediante riegos invernales sugiere que esta podría ser una práctica estratégica para la gestión hídrica de nuestro país. De hecho, los países más avanzados en la gestión conjunta de las aguas superficiales y las aguas subterráneas están comprobando que los sistemas de recarga de acuíferos mediante la agricultura y con inundación, reconocidos en inglés por sus siglas como Ag-MAR y Flood-MAR, respectivamente, son los sistemas más prometedores de recarga gestionada de acuíferos. Primero, por la enorme extensión de superficie de riego sobre acuíferos permeables, segundo, porque si se utiliza infraestructura agrícola tradicional los sistemas funcionan con la fuerza de la gravedad y tercero, y no menos importante, porque se implicaría a los principales usuarios del agua subterránea, los regantes, en la recarga y en la gestión de los acuíferos.

No obstante, es necesario validar estos hallazgos mediante la investigación correspondiente. En este sentido habría que empezar a investigar con la mayor brevedad distintos ensayos de campo que midan la eficiencia de infiltración en distintos tipos de suelo y cultivos, que cuantifiquen la recarga a los acuíferos y que evalúen los impactos agronómicos sobre el cultivo, la salinización del suelo y la modificación de la calidad del agua infiltrada, que esta práctica puede suponer si no se hace de la forma debida.



10. RECOMENDACIONES POLÍTICAS PARA LA PUESTA EN VALOR DE LA SIEMBRA Y COSECHA DEL AGUA



La Siembra y Cosecha del Agua (SyCA) consiste en un conjunto de técnicas ancestrales con las que se consigue aumentar la recarga de acuíferos y la humedad de agua en el suelo (siembra), mediante la captura e infiltración del agua de lluvia y de escorrentía con distintos procedimientos o mediante el manejo adecuado de zonas de regadío tradicional y pastos, con el objetivo de poder recuperarla (cosecha) tiempo después.

Los sistemas de SyCA que han llegado hasta nuestros días, alguno de ellos con más de mil años de antigüedad, son ejemplos vivos de adaptación al cambio climático y de resiliencia, dado que han permitido superar distintas crisis climáticas y sociales.

La SyCA funciona con la fuerza de la gravedad, con materiales locales y aprovecha la capacidad de regulación y de depuración que nos prestan los ecosistemas, el suelo, los acuíferos y los ríos. La SyCA además de incrementar la recarga de acuíferos y el agua disponible para las plantas, mejora el estado de los ecosistemas, incrementa la biodiversidad y ofrece un gran conjunto de servicios ecosistémicos en los entornos donde se lleva a cabo. Por todo lo anterior y por su gestión colectiva y participativa, la SyCA es un ejemplo de Solución basada en la Naturaleza para la Gestión del Agua, susceptible de ser replicada, para reducir los efectos de los desastres asociados al agua, como las sequías y las inundaciones.

El desarrollo del proyecto WaSHa ha permitido elaborar las siguientes recomendaciones políticas para la recuperación y puesta en valor de los sistemas de Siembra y Cosecha del Agua de nuestro país:

1

Es necesario **apoyar la investigación transdisciplinar** de las prácticas de SyCA y los manejos tradicionales de agua en general, con especial atención a sus valores ambientales, sociales, culturales y agronómicos; monitoreando y analizando los servicios ecosistémicos que prestan y su potencial como herramienta de adaptación al Cambio Climático.



2

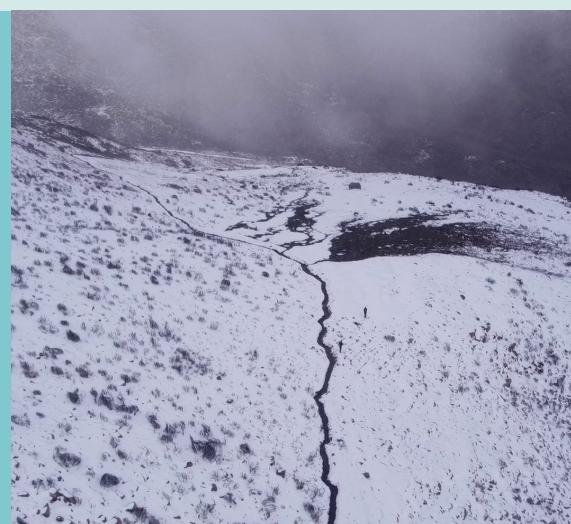
Con el proyecto WaSHa solo se ha podido inventariar una pequeña parte de los sistemas de SyCA existentes en la península ibérica. Existen multitud de sistemas de siembra de agua abandonados, es el caso de las acequias y pastos de montaña, ribazos, boqueras, tapes y miles de hectáreas de riegos tradicionales. Lo mismo se puede decir de los sistemas de cosecha de agua como pozos excavados y galerías de drenaje, muchos de ellos abandonados durante la segunda mitad del siglo XX. El conocimiento asociado a la SyCA desaparecerá cuando lo hagan los últimos que los conocieron y manejaron. **El inventario de los sistemas de SyCA debe seguir** y debe hacerse a la mayor brevedad posible.

3

La SyCA requiere de un colectivo que la practique. Detrás de cada sistema de SyCA operativo hay una comunidad local, una comunidad de regantes, grupos de ganaderos o de pastores que gestionan, manejan y custodian de forma colectiva el agua y el suelo. Sin estos colectivos no hay SyCA. **El apoyo de las administraciones a las comunidades locales que practican estos sistemas** de manejo del agua es fundamental, así como el respeto a sus tradiciones y conocimientos locales. Esto supone, en primer lugar, un **reconocimiento oficial de la labor, valores y servicios ecosistémicos prestados**. Este reconocimiento debe de trasladarse al ámbito administrativo, mediante un apoyo efectivo a nivel administrativo o en las concesiones de agua de carácter no consuntivo.

4

El mantenimiento de estos sistemas requiere de la remuneración a estas comunidades y colectivos mediante el **pago por los servicios ecosistémicos** que ellos mantienen y de los que nos beneficiamos el resto de la sociedad.



5

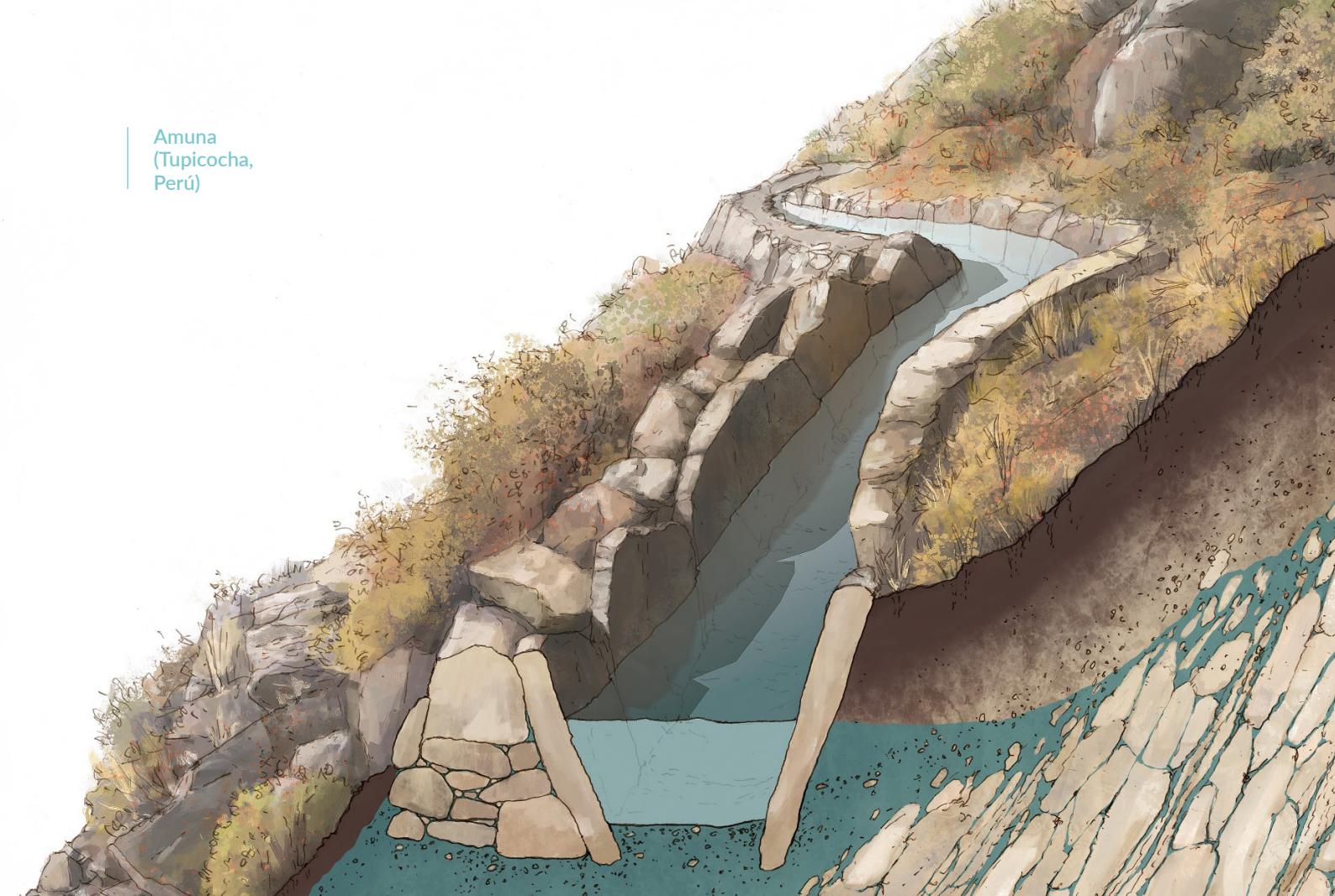
Sería necesario conseguir el **reconocimiento de los sistemas de SyCA como singularidades** desde el punto de vista jurídico, de modo que puedan tener un tratamiento particular en las políticas agrarias, ambientales, hídricas, territoriales y culturales y en políticas específicas que los protejan y apoyen. En este sentido, también sería interesante impulsar la declaración de la SyCA como Patrimonio de la Humanidad.



6

Los riegos por inundación, especialmente cuando se hacen en invierno, en terrazas, en zonas de barbecho, o en cultivos que lo permiten, como pueden ser la alfalfa, las viñas, los arrozales, los almendros o las choperas, entre otros, están siendo estudiados y **utilizados en países con condiciones climáticas mediterráneas para la Recarga Gestión de Acuíferos**. Sin embargo, en nuestro país estas técnicas de regadío reciben solo subvenciones para su transformación en zonas de riego localizado e intensivo. Esta situación debe ser revertida, al menos en los lugares donde se dan las circunstancias favorables para hacer Recarga Gestión de Acuíferos.





7

Es necesario realizar un esfuerzo en la **divulgación y visibilidad de este tipo de técnicas**, así como **promover la recuperación o puesta en marcha de experiencias piloto** en aquellos sitios donde existió o aún no existe, respectivamente.



8

Se debe impulsar el **diálogo respetuoso entre el conocimiento ecológico local y la ciencia**. Los sistemas de SyCA deben ser convenientemente investigados, para comprobar su eficiencia hidrológica, ambiental y social, generando así una base científica sobre la que planificar su recuperación y réplica.

ANEXOS

I. FICHAS DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE SyCA





NOMBRE DEL SISTEMA DE SIEMBRA

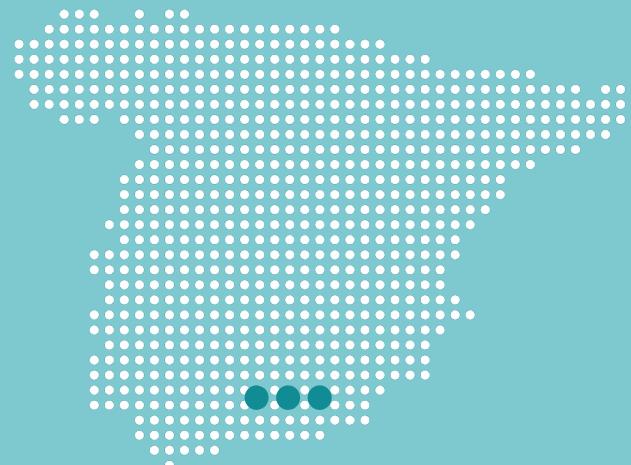
Acequias de careo.

LOCALIDADES IMPLICADAS

Municipios de Sierra Nevada en Granada y Almería.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA O MANEJO

Las acequias de careo son canales excavados en el terreno que toman el agua de la cabecera de los ríos de Sierra Nevada, durante el deshielo, o de manantiales ubicados a gran altitud con el objetivo de infiltrarla en la parte alta de las laderas. Este tipo de acequias se encuentran en la práctica totalidad de Sierra Nevada. El uso del término careo es común en la literatura científica, aunque localmente las denominaciones son muy variadas y cambian en función de la zona. Las acequias de careo no suelen tener la finalidad de irrigar los campos, sino casi exclusivamente la de recargar los acuíferos en ladera, aunque en algunos casos pueden utilizarse de forma mixta.

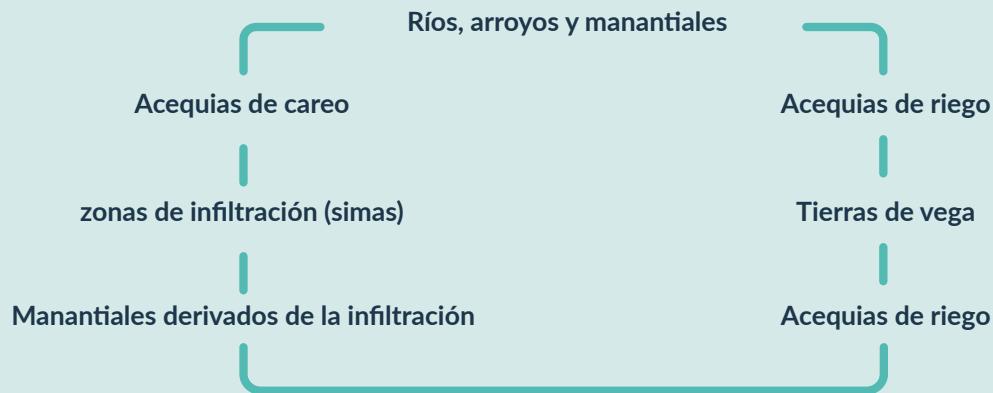


DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO

Las acequias presentan formas variadas. Su anchura puede variar de unas decenas de centímetros hasta 5 o 6 metros. Las longitudes son, asimismo, muy variables, encontrándose acequias de careo tanto de unas decenas de metros como de más de 10 km de longitud. Estas acequias se excavan tanto en terrenos sueltos como en roca dura. La mayoría de las acequias siguen estando excavadas en el terreno, pero a finales del siglo pasado, algunas se impermeabilizaron mediante cemento en algunos de sus tramos y a día de hoy se pueden identificar algunos tramos entubados con tuberías plásticas.

La función principal de las acequias de careo es la de infiltrar agua en las laderas para retardar la salida del agua de escorrentía superficial de la cuenca. El agua recargada hace que el número de manantiales sea mayor aguas abajo de las acequias y que los manantiales tengan un mayor caudal y una mayor periodo de actividad durante el año (los que se agotan). El agua se infiltra tanto a lo largo de su recorrido por la acequia como en determinadas zonas, de mayor capacidad de infiltración, donde es vertida de forma premeditada. Estas zonas reciben nombres muy diversos (simas, matas, calaeros, guíaderos, sumideros...). Algunas acequias de careo también cumplen la función de trasvasar agua para favorecer a los barrancos o a las cuencas más secas. Esta práctica es muy común en Sierra Nevada y puede hacerse dentro de una misma cuenca, entre barrancos contiguos, o entre distintas cuencas, involucrando en su gestión, en estos casos, a distintas comunidades de regantes. Otra de las funciones principales de las acequias de careo es la de generar y regar pastos de montaña. Muchos de los pastizales de alta montaña, denominados localmente como borreguiles (Delgado Calvo-Flores et al., 1982), han sido generados o agrandados gracias a este aporte adicional de agua. Muchos borreguiles también se ubican en zonas de descarga de agua subterránea asociadas con acequias de careo. El riego de pastos es esencial para la recarga de acuíferos en ladera de Sierra Nevada y en otras muchas montañas donde se realiza esta práctica de irrigación.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



ENTIDADES QUE OSTENTAN LA GESTIÓN

Las comunidades de usuarios de agua se han gestionado históricamente a través de la figura de la comunidad de regantes. Tradicionalmente, esta figura ha sido muy variable y ha presentado distintas escalas de organización, involucrando en ocasiones a toda la comunidad y en otras solo a pequeñas partes de la misma, lo que ha provocado resultados muy diversos en la formalización y constitución administrativa de las acequias de careo. En general, y especialmente en las acequias que utilizan el agua de trasvase desde otros puntos, esta práctica se ha mantenido gracias a la fijación de derechos consuetudinarios entre comunidades. Por otro lado, en los casos en los que las acequias de careo no salen de la cuenca, estas han sido mantenidas por los propios integrantes de la comunidad, aunque el abandono de las mismas ha sido notable, especialmente en aquellas en las que su mantenimiento recaía sobre los habitantes afincados en los cortijos y zonas de la sierra más alejadas.



ORIGEN DEL RECURSO MANEJADO

El origen del agua utilizada en el careo tradicional de Sierra Nevada se vincula con el excedente de agua que se genera en los ríos durante la época de deshielo. El deshielo en Sierra Nevada se infiltra en los materiales glaciares y periglaciares que afloran en las cumbres de Sierra Nevada y se descarga con gran intensidad en un breve espacio de tiempo, lo que conlleva el aumento importante del caudal en los ríos. Es en esos meses, normalmente entre marzo y mayo, cuando el agua es derivada hacia las acequias de careo. Durante el mes de junio, aunque esta fecha es variable en función del año, las acequias de careo dejan de funcionar y comienzan a derivar aguas las acequias de riego, situadas a menor altitud.

TERMINUS ANTE QUEM DE LA PRÁCTICA

Aunque muchas acequias de careo se han abandonado, especialmente las situadas en los municipios donde el descenso demográfico ha sido mayor, una buena parte de ellas siguen en funcionamiento, gracias a la labor realizada por las comunidades de regantes. Las acequias que trasvasan el agua desde otra comunidad han sido, sin duda, las menos afectadas por el proceso de abandono, ya que buena parte del regadío de las zonas que reciben el agua dependen de ese trasvase.

TERMINUS POST QUEM DE LA PRÁCTICA

Siglo X-XI.

DESCRIPCIÓN CRONOLÓGICA

Existen varias referencias relativas a la antigüedad de las acequias de careo. De la documentación escrita, las principales referencias a estos sistemas la encontramos inicialmente en el siglo XII en una suerte de documentos que mencionan el río Alhama de Guadix, Cogollos, Abrucena, Abla y el Zenete (Espinar Moreno, 2005, p. 14). Dichos documentos narran las desavenencias entre Jerez y las diferentes poblaciones vecinas, como Lubros en el s. XII, Lanteyra en el s.XV y posteriormente Cogollos en el XIII- XV, (González Palencia, 1940, p. 315). Dichas desavenencias versan en torno al agua y al sentido de la propiedad de esta, en su discusión a través de la red de acequias. El cambio sufrido tras la conquista castellana, aunque mantendrá el tipo de agricultura morisca en el marquesado, planteará nuevas dicotomías y tensiones entre cristianos viejos y nuevos, que continuará en el s.XVI y en el XVII con otros pleitos por el uso de las aguas (Espinar Moreno, 2005; Fernández Osorio, 2011). Se observa también cómo la generación de pastos de montaña para el ganado, están relacionados con el uso y el mantenimiento de los sistemas de regadío. El documento más antiguo en este sentido, viene recogido en la biografía del maestro sufí Abu Marwan al-Yuhanisi, natural de Ohanes, y que recorrió las cumbres de Sierra Nevada con motivo de sus constantes retiros espirituales (Boloix Gallardo, 2010). Dicha mención se realiza un siglo después, en el siglo XIII, y alaba las bendiciones de los pastos del municipio vecino de Lanteira, a tenor de trabajos de mantenimiento relacionados con la limpieza y el mantenimiento de las acequias (Al-Qastal, 1974).

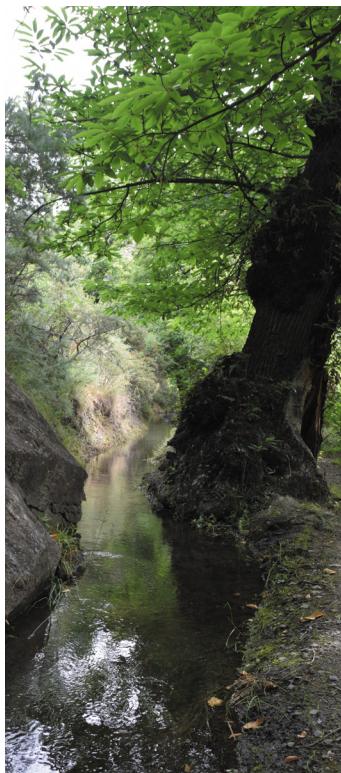
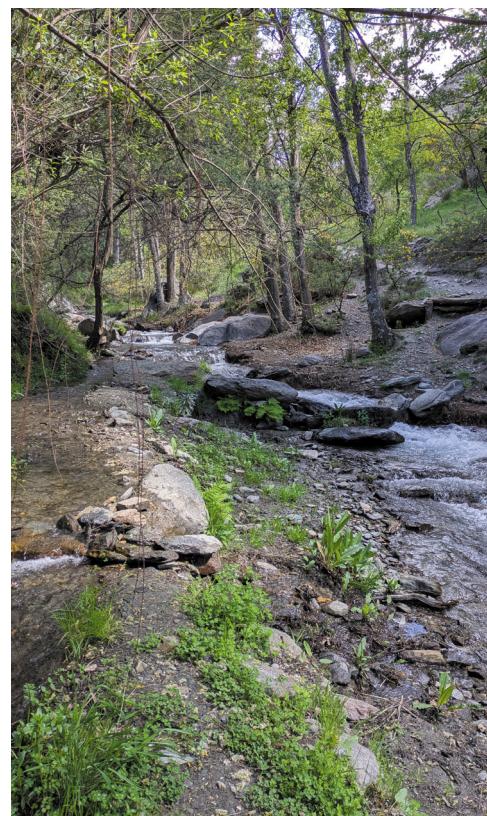
El documento más antiguo, sin embargo, es un pleito del siglo XII, editado por González Palencia (1940) entre las alquerías de *Bartillana* y *Lubros*. Esta disputa es conocida en la literatura especializada (Espinar Moreno, 1988; Martín Civantos, 2010). Llevada ante el *qadí* de Guadix en el 583 (en mayo de 1187), trataba acerca del agua de los manantiales de un lugar denominado *Murūy al-Sawdān* (Prados Negros) cerca del lugar denominado *Qabr al-'Ily* (sepultura del asno), al sur del camino a Granada (González Palencia, 1940, p. 308). Los vecinos de *Bartillana* reclamaban que el agua de estos manantiales les pertenecía debido a que parte del agua bajaba por la acequia que iba a su alquería. Sin embargo, los vecinos de *Lubros*, contestaban diciendo que ellos habían construido la parte occidental de esa acequia. La disputa se llevó ante expertos que dilucidaron que las fuentes y manantiales de la parte oriental pertenecen a *Bartillana* mientras que las de la parte occidental pertenecen a *Lubros*. Asimismo, se explicita como este acuerdo estaría sujeto a la condición de que las gentes de *Bartillana* no podrían levantar un *al-Barraŷūl* (muro de albardada) en los citados manantiales para cortar así el agua a las gentes de *Lubros* (González Palencia, 1940, pp. 323-328). Este texto podría hacer referencia a un antiguo trasvase aún visible entre las cuencas del río *Alhorí* y el *Bernal*. Se entiende que las acequias sobre las que la justicia del *cadí* de Guadix hubo de dirimir en 1187 ya estaban establecidas y con derechos relativamente bien consolidados, por lo que se puede asumir un origen para las acequias de careo de entre los siglos X y XI.

Por otro lado, más allá de la documentación histórica, una datación realizada mediante termoluminiscencia ópticamente estimulada sobre los sedimentos de la sima de careo del Espino, en Bérchules (Martos-Rosillo, et al., 2019), arrojó una datación de aproximadamente 1380 años (± 20 años) en un horizonte gravas, situado bajo otro de arena a aproximadamente un metro sobre el sustrato rocoso. Esta datación situó el momento de enterramiento del sedimento en el siglo VII, lo que abrió la posibilidad de sugerir un origen altomedieval y preislámico para esta práctica, un tema actualmente sometido a debate y que reabre nuevas posibilidades sobre la antigüedad de estos sistemas.



TIPO DE RECARGA INTENCIONAL/NO INTENCIONAL

La recarga de acuíferos en Sierra Nevada posee un enorme calado social entre la población de la zona. La enorme utilidad, tanto la red de trasvases como de la infiltración del agua para la recarga de los acuíferos de ladera son de sobra reconocidas por los usuarios de las acequias de careo. Esto ha implicado una enorme reproducción social de este sistema, basada en saberes locales, tradicionales y de origen campesino. La fijación de derechos sobre las aguas ha ido asentándose durante el paso de los siglos, de forma que cada comunidad reconoce cuales son sus derechos tradicionales sobre las aguas tanto de su propia cuenca, como de las que, en ocasiones, llegan de otras. Se trata, por lo tanto, de uno de los sistemas en los que la infiltración de agua y la recarga gestionada de los acuíferos forman parte del conocimiento tradicional de forma explícita. Además, el reconocimiento de esta práctica está bien asentado desde hace siglos, tal y como demuestran los distintos documentos previamente mencionados. En algunos casos, la gestión de las aguas subterráneas llegó a ser incluso motivo de riña entre los usuarios, siendo motivo de queja pública un reparto desigual de la infiltración entre zonas más cercanas o lejanas a los pueblos y los usuarios. En algunos lugares, como Mecina Bombarón, hay una clara relación entre las simas en las que se carea el agua y los usuarios de los manantiales generados por la infiltración en esas simas, algo constatado en el siglo XIX. En otros lugares, como Almegíjar, Notáez, Cástaras y Nieles, la supervivencia de los riegos de verano depende directamente del agua que es infiltrada durante el deshielo, y que proviene de las laderas del río Trevélez mediante un extenso trasvase para su infiltración. Esto mismo, se puede hacer extensible a la mayoría de las cuencas donde aún se mantienen las acequias de careo.



CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA RECARGADA

La gran mayoría de acequias de careo se encuentran sobre esquistos del Complejo Nevaldo-Filábride. Estas rocas metamórficas son muy poco permeables cuando no están fracturadas y/o alteradas. Sin embargo, los procesos de alteración que se dan cuando estos materiales quedan expuestos en superficie da lugar a una capa de alteración o regolito, que puede llegar a alcanzar en algunos puntos algunas decenas de metros. Esta capa de moderada permeabilidad, permite la lenta circulación del agua subterránea. La alta pendiente de las laderas donde las acequias de careo infiltran el agua, condiciona la dirección del flujo subterráneo que suele descargar en manantiales situados a media ladera y en cauces de primer orden. El agua que surge por estos manantiales se vuelve a infiltrar al discurrir de nuevo por esa zona de alteración, produciéndose un flujo es cascada muy frecuente en los acuíferos de ladera que se desarrollan sobre rocas duras en zonas de montaña.

NÚMERO DE PUNTOS INVENTARIADOS

En Sierra Nevada disponemos de 798 km de acequias de careo y de careo y riego cartografiados y hemos inventariado 1.146 manantiales en las 5 cuencas en las que hemos trabajado con más detalle, qué son las cuencas de los ríos Bérchules (609 manantiales), Mecina (363), Alhorí (119), Bernal (20) y Alcázar (35).

En el caso de la cuenca del río Mecina, donde hemos trabajado con más detalle, para una superficie regable de 440 ha, hay 25,5 km de acequias de careo y 254 km de ramales de riego, de los que la mayor parte comienzan captando el agua de un manantial alimentado por una acequia de careo.



NOMBRE DEL SISTEMA DE SIEMBRA

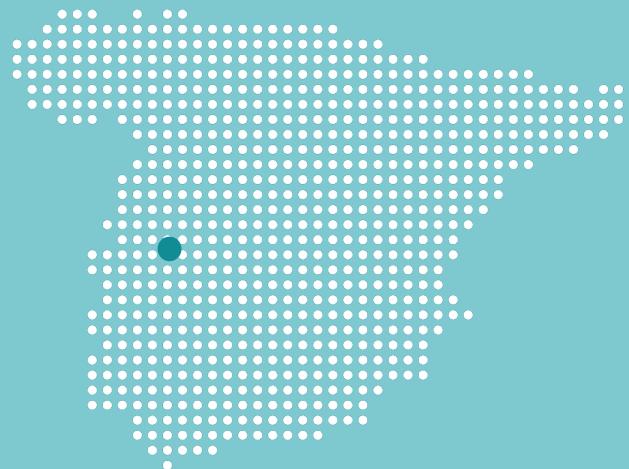
Pesqueras de la Vera de Cáceres.

LOCALIDADES IMPLICADAS

Comarca de la Vera.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA O MANEJO

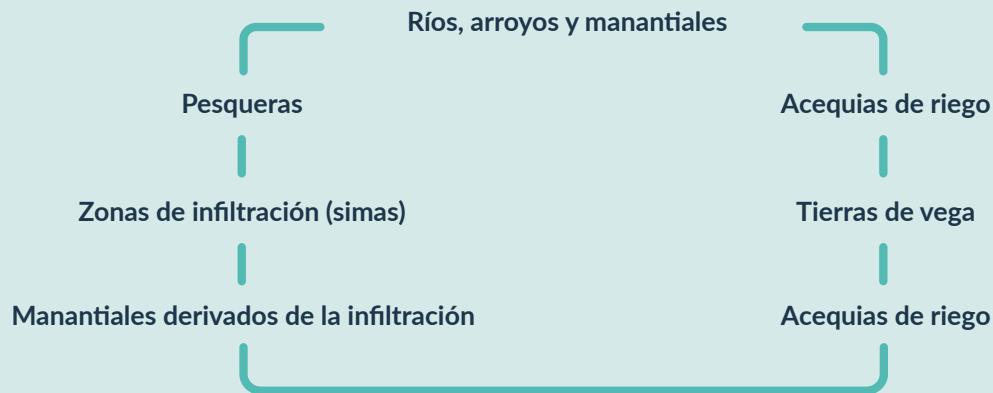
Pesqueras es el nombre local que reciben en esta zona lo que en otras partes como el Jerte o la zona norte de Gredos se denominan regaderas.



DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO

Las pesqueras son acequias de longitud variable, algunas alcanzan los 4 km, y por lo general disponen de alrededor de un metro de anchura, aunque en ocasiones más. Han sido utilizadas tradicionalmente en la gestión de los pastos de montaña, canalizando las aguas del deshielo o de las crecidas en las épocas de mayor afluencia de agua hacia las laderas. Existen varios manejos diferenciados: por un lado, la creación de pequeñas acequias que reparten el agua procedente de los manantiales que surgen en sedimentos de alteración perigraciar en las zonas de cumbres, y por otro, las acequias de larga distancia que parten de las cabeceras de las gargantas y transportan el agua entre varias cuencas. En ambos casos, hay una clara intencionalidad para repartir el agua sobre superficies más o menos extensas, generando pastizales y retardando la salida del agua de la cuenca. Algunas de estas acequias se utilizan conjuntamente para irrigar pastos cercados y zonas de cultivo, en las que el reparto entre unos y otros queda a cargo de un sistema de turnos de riego gestionado por la comunidad, que organiza las tandas de agua entre agricultores y ganaderos. Algunas áreas cercadas e irrigadas para la generación de pastos se convierten en extensas zonas de infiltración que permiten retener el agua de la cuenca, al infiltrarse está en la zona de alteración de los granitos, pasando a circular subterráneamente con una velocidad notablemente inferior a la que lo hace cuando discurre por un río.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



El esquema de funcionamiento de las pesqueras es muy parecido al de las acequias de careo de Sierra Nevada, en el sur de España. Las pesqueras de mayor altitud derivan el agua de los manantiales y de las cabeceras de los ríos para llevarla a zonas de pasto. En su camino infiltran parte del agua que derivan. Asimismo, el agua que no es consumida por los pastos acaba infiltrándose en el acuífero, para luego surgir por manantiales a media ladera, e infiltrarse de nuevo, aguas abajo. A menor altitud existen otras pesqueras de mayor longitud y mayor calado, que alcanzan las zonas regables de los pueblos y que cuando pasan por encima de los núcleos urbanos alimentan a los manantiales usados para el abastecimiento de la población. En estas pesqueras el uso fundamental es el de riego de pastos y de zonas de cultivo. Al igual que en Sierra Nevada, las pesqueras de mayor altitud dejan de utilizarse al comienzo del verano, para dejar más caudal en las pesqueras de menor altitud, en las pesqueras que riegan las zonas de cultivo en las vegas de los pueblos.

ENTIDADES QUE OSTENTAN LA GESTIÓN

Cada localidad del territorio del sur de Gredos organiza sus aguas a través de comunidades de regantes locales en cada uno de los pueblos y sistemas de regadío implicados.

ORIGEN DEL RECURSO MANEJADO

El origen del agua manejada por el sistema de siembra es diverso. Las pesqueras captan aguas procedentes de los manantiales asociados a los sedimentos de alteración periglacial y a la zona de alteración de los granitos, que es la roca que aflora mayoritariamente en la zona. También captan en el agua de las gargantas, que, aunque circule por estas, ha sido infiltrada previamente en los materiales alterados que afloran en las laderas. Buena parte del agua que precipita en forma de nieve o de lluvia se infiltra en los materiales de alteración y descarga en los cauces de primer orden. Una vez que pasa a circular por esas gargantas es captada por las pesqueras, para infiltrarse de nuevo en los pastos o en las parcelas de riego y surgir por otros manantiales situados aguas abajo.

TERMINUS ANTE QUEM DE LA PRÁCTICA

Aunque fueron progresivamente abandonadas durante la segunda mitad del siglo XX, las pesqueras se han seguido utilizando hasta la actualidad. Buena parte de ellas tienen que ver con dinámicas como el aumento poblacional del siglo XIX y la necesidad por generar nuevas zonas de cultivo o de pastos para el ganado, por lo que en muchas pesqueras pueden reconocerse técnicas de época Contemporánea, como el barrenado de la roca.

TERMINUS POST QUEM DE LA PRÁCTICA

Siglos XII-XIII al XIV.



DESCRIPCIÓN CRONOLÓGICA

Algunas de las referencias directas y más antiguas a los sistemas de regadío de la Vera se remontan a los siglos XV y XVI. La documentación del Sexmo de la Vera, los archivos relativos al dominio territorial del monasterio de Yuste o los distintos pleitos entre vecinos y grupos sociales por el uso de las pesqueras, muestran una tradición bien arraigada hace ya más de 500 años (Cepeda Hernández, 2013). El poblamiento medieval del piedemonte de la Sierra de Gredos en la Vera se puede retrotraer hasta el siglo XIII a través de la conquista y repoblación del territorio al sur de Ávila en tiempos de Alfonso VIII (Clemente Ramos & De La Montaña Conchiña, 2000). Algunos lugares como Jaraíz aparecen citados en 1217 dentro de la bula papal emitida por Honorio III para fundar nuevas iglesias en las poblaciones al sur de la sierra. Algunas décadas más tarde, otras localidades como Cuacos, Losar y Jarandilla ya disponen de iglesia. Sin embargo, algunos topónimos de la zona muestran denominaciones de origen árabe, por lo que no es de extrañar que, durante los siglos precedentes existiesen núcleos de población de origen islámico y/o anterior. En cualquiera de los casos, son varios los autores que señalan la importancia de la actividad ganadera en zona de frontera durante los momentos previos al esfuerzo repoblador del siglo XIII (Clemente Ramos & De la Montaña Conchiña, 1994; Clemente Ramos & De La Montaña Conchiña, 2000), algo que se alinea con el uso de las pesqueras para la generación de pastos para el ganado. La existencia de una continuidad en el poblamiento desde épocas precedentes no está bien estudiada en la zona, pero es de suponer que esta existió, como en otros puntos de la geografía de las zonas de frontera entre el mundo islámico y cristiano. Las referencias históricas, relativas a una práctica ya establecida durante los inicios de la Edad Moderna, las características de las prácticas ganaderas de las zonas de montaña durante el medievo y la existencia de sistemas de regadío respaldados por una toponimia de origen anterior a la conquista castellana, podrían retrotraer la práctica hacia una cronología inicial de entre los siglos XII al XIV (Clemente Ramos, 2005; Clemente Ramos & De la Montaña Conchiña, 1994). Las formas de manejo que se evidencian en la práctica de las pesqueras demuestran un interés por conservar los pastos de verano a través de su irrigación: este reparto de agua está diferenciado en las zonas altas con respecto a las bajas. Mientras que en las cumbres se llevaba a cabo un manejo integral de las aguas de manantial, que podía variar temporalmente, en las partes bajas, los derechos sobre el uso del agua por parte de la ganadería están adquiridos por parcelas destinadas a pastos privados y cercados, que quedan repartidas junto con los derechos de riego agrícola.

Hacia el siglo XIV se instituye en la zona el Marquesado de Jarandilla y Tornavacas, y a partir del siglo XV (Martín Martín & Sánchez Estévez, 1981), la información sobre el uso del agua se duplica, entre otros motivos, por la institución de centros monásticos como el de Yuste en Cuacos, que acapara importantes heredades de regadío. Son también comunes los pleitos entre los usuarios por el uso del agua para regar tierras de distinta clase: viñas, morales, frutales y especialmente castaños. Una curiosa noticia de esta fecha relata un pleito existente entre don García Álvarez de Toledo y el común de los vecinos al haberse apropiado este del derecho a pescar en las gargantas de Jaranda y Jarandilla gracias a su título señorial, un derecho que originalmente era de carácter comunal (Martín Martín & Sánchez Estévez, 1981). Especialmente perjudicado resultó para los vecinos de Aldeanueva, que, según refleja la documentación, subsistían gracias a ese pescado.

A partir del siglo XVI, tanto en las huertas de los campesinos de la Vera como en las heredades eclesiásticas, se comienzan a cultivar nuevas especies llegadas del Nuevo Mundo (Cepeda Hernández, 2013, 2015). Desde el siglo XVII en adelante, estas especies saldrán de las pequeñas huertas para adentrarse en los territorios de sementera con objeto de ser cultivados hacia una mayor producción. Destacarán sobremanera el pimiento y el tabaco. Desde finales de la Edad Moderna y a partir de la Edad Contemporánea, los territorios agrícolas ganarán cada vez más peso. Los documentos catastrales, como el *Catastro del Marqués de la Ensenada* hacia la mitad del siglo XVIII (Marqués de la Ensenada, 1750-1756), muestran el avance de los territorios de siembra hacia nuevas zonas: en Aldeanueva de la Vera se cuentan alrededor de 560 fanegas de sembradura que únicamente se cultivan cada 10 años, probablemente en terrenos ganados al monte. Además, se habla de una extensa vega en la que se irrigan 85 fanegas de hortalizas, 69 de parras, 127 de frutales y 123 de castaños... del total, el catastro relata que existen un total de 1314 fanegas de tierra inculta. Un siglo después, el *Diccionario Geográfico Estadístico* de Pascual Madoz reduce esta última cifra a 800 fanegas.

Aunque se ha observado un importante deterioro de la práctica durante el último tercio del siglo XX, el uso ha continuado hasta nuestros días. Algunas de las pesqueras no han dejado de ser utilizadas por su importancia en la irrigación de los terrenos de vega. Otras han sido mantenidas por su importancia para la generación de pastos.



TIPO DE RECARGA INTENCIONAL/NO INTENCIONAL

La intencionalidad de la práctica de la recarga de acuíferos en la comarca de la Vera sigue una complejidad mayor a la del binomio sobre intencionalidad o no. Esto se debe a que existe una clara conciencia de los efectos que provoca el reparto de agua en las laderas. Sin embargo, esta conciencia sobre la capacidad de recarga no ha promovido que esta actividad se desarrolle siguiendo dicha finalidad hasta tiempos recientes. Históricamente, la recarga de acuífero provocada por las pesqueras de la Vera ha sido un efecto secundario provocado por la gestión de los pastos de montaña, de los prados cercados de media ladera y de los retornos de riego en las terrazas irrigadas por inundación. A pesar de la conciencia de este efecto por parte de los campesinos, esta actividad ha seguido estando vinculada a la ganadería, por lo que no se han fijado derechos relativos al reparto de las aguas de infiltración, como si sucede en otros lugares. De esta manera, existe una importante intención por retener las aguas en los prados y en las zonas altas de la montaña, evitando que esta baje directamente hacia el río y buscando su mantenimiento en las laderas, especialmente de cara a la conservación de pastos.

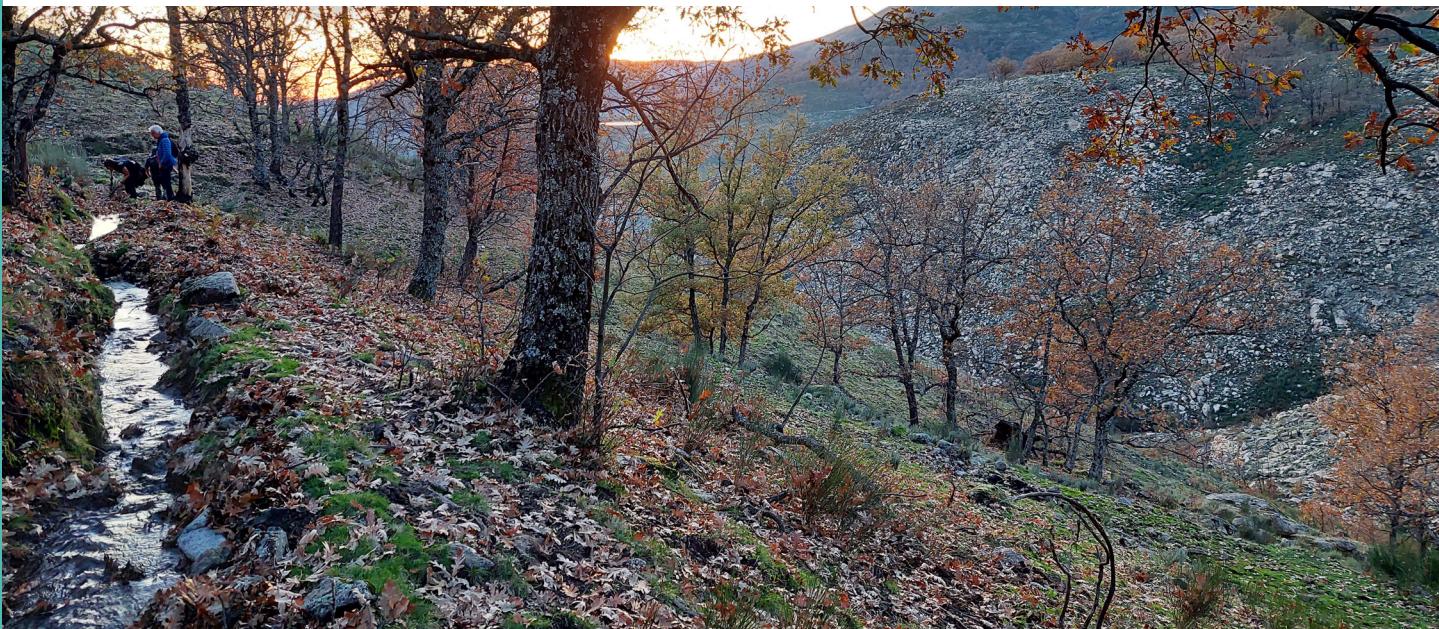


CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA RECARGADA

No existen masas de agua declaradas en las cuencas hidrológicas donde se sitúan las pesqueras investigadas. En estas cuencas afloran materiales graníticos, que en las zonas cimeras están superpuestos por materiales de alteración glaciar y periglaciar, mientras que, a menor cota, afloran extensas zonas de granitos alterados, en los que el agua se infiltrá y circula de forma subterránea, siguiendo la pendiente del terreno, pero a una velocidad notablemente inferior a la que lo hace cuando circula por un río. El agua que se recarga en este acuífero superficial se descarga por los numerosos manantiales situados a media ladera y por los cauces de primer orden. Se trata de aguas muy poco mineralizadas, con pH ácidos. Los datos de un año de control hidrológico en las principales pesqueras de la cuenca de San Gregorio han permitido confirmar que entre el 20 y el 30% de la recarga que se produce en esta cuenca se debe al agua infiltrada mediante las pesqueras.

NÚMERO DE PUNTOS INVENTARIADOS

En la localidad de Aldeanueva de la Vera, que ha sido tomada como referencia para este trabajo, se han cartografiado 70 km de pesqueras y 300 manantiales. La longitud media de las pesqueras es muy variable. Por lo general, las pesqueras más pequeñas tienen unas dimensiones de apenas varias decenas de metros. Por otro lado, las pesqueras más largas, que son las utilizadas para irrigar pastos de distinto tipo o regar las zonas de cultivo, pueden llegar a tener una longitud de hasta 4 km. La mayor parte de estos canales no superan el metro de anchura, siendo, en ocasiones, más pequeños.





NOMBRE DEL SISTEMA DE SIEMBRA

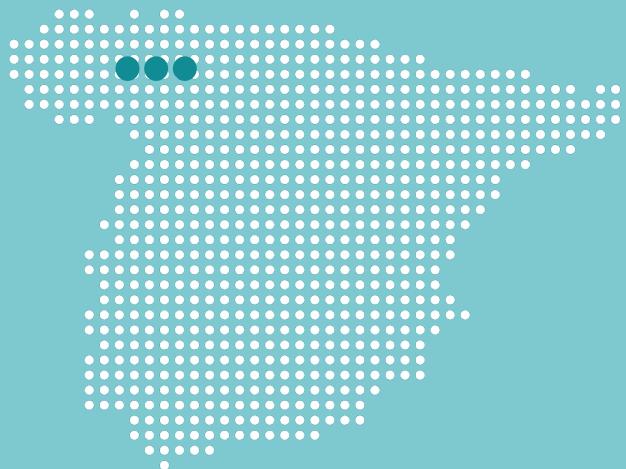
Zayas y regueras de León.

LOCALIDADES IMPLICADAS

Localidades del Valle de la Valduerna y comarcas de la Vega, ribera del Órbigo, Esla, Campos, Tierras de León y Astorga. Riberas de los ríos Órbigo, Tuerto, Esla, Tera, Peces, Duerna, Ería, Jamuz, Bernesga y Porma.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA O MANEJO

Se conoce como zayas, y en ocasiones como zaigas (ambos derivados del árabe clásico *sāqiyah*) a las regueras y acequias con las que se irrigan los campos de la Bañeza, Astorga, la Valduerna y otras zonas aledañas. El uso de este término se complementa con el de regueras o regueros.



DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO

Las zayas y regueras son acequias de riego excavadas en tierra que actúan como una densa red de reparto de agua a lo largo de las llanuras aluviales al noroeste de la submeseta norte. Estas regueras parten de azudes realizados directamente sobre los cauces principales, y se densifican en distintos ramales que en ocasiones pueden acumular varios cientos de kilómetros de longitud. En las localidades de la Valduerna, en el río Duerna, se ha calculado que existió una red de zayas de aproximadamente 500 km de longitud durante la década de los cincuenta, en una zona regable de 42 km². En ocasiones, las zayas principales pueden llegar a acumular una anchura de entre 3 y 8 metros, especialmente en las tomas desde donde se deriva el agua hacia los campos. Tradicionalmente, el agua se ha derivado por las zayas y regueras durante el todo el año. El agua que circulaba por la red durante el invierno, servía para abastecer los molinos, herrerías, ingenios de mazos y viviendas de la zona, pero también se empleaba para infiltrarla en el subsuelo y luego poder extraerla mediante pozos al final del verano. Despues del uso invernal, el agua se empleaba para el regadío durante la primavera y, si el año hidrológico era bueno, durante el primer mes del verano. Con la llegada del estío algunos cauces como el Duerna y el Peces se secaban o quedaban con muy poco caudal. A partir de este momento, el regadío se completaba extrayendo el agua de pozos excavados a mano hasta alcanzar el nivel freático. Estos pozos podían ser construidos por uno o varios particulares asociados entre sí para alumbrar agua hacia varias parcelas cuyo pozo era gestionado por el conjunto de usuarios asociados. El agua se extraía mediante pozos de noria tirados con caballerías. En estos acuíferos, de escaso espesor, la mayoría no alcanza los diez metros, el nivel freático variaba de forma visible a lo largo del año. Este se quedaba próximo a la superficie en los meses de marzo o abril y descendía hasta el final del verano. En la comarca, la subida del nivel freático es de sobra conocida que estaba directamente relacionada con el uso de las zayas durante el invierno: si el agua había circulado durante todo el año por las zayas y regueras, con uso para los molinos, viviendas y pastos comunales, los pozos tendrían más agua durante el verano. Si el agua no había circulado, los pozos se secarían antes. El abandono de los molinos, herrerías y batanes, y el cambio de uso del agua doméstica, ha implicado la pérdida del uso de las zayas durante el invierno con la consecuente merma sobre la recarga del acuífero.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



ENTIDADES QUE OSTENTAN LA GESTIÓN

Cada localidad gestiona el agua a través de su propia comunidad de regantes, que, antes de la formalización administrativa de las mismas, se componía por juntas de vecinos reunidas anualmente para organizar el uso del agua.

ORIGEN DEL RECURSO MANEJADO

El origen del agua empleada está vinculado con el nivel de caudal de los ríos principales que van integrándose progresivamente en el Esla antes de unirse al Duero. Las precipitaciones invernales y primaverales son las que rigen el posterior caudal de agua superficial empleada para el regadío y para la siembra de agua en los acuíferos. Las captaciones de agua se toman directamente a través de azudes o presas.

TERMINUS ANTE QUEM DE LA PRÁCTICA

Las zayas han sufrido cambios sustanciales, especialmente en lo relativo a la gestión parcelaria y a la cantidad de regueras y acequias de menor tamaño. Originalmente, los sistemas irrigados por las zayas eran más intrincados, a tenor de una fragmentación parcelaria mayor y una red de zayas más amplia. La concentración parcelaria acontecida durante la década de los años 70 implicó borrar una buena parte de los trazados antiguos de los regueros, aunque las zayas principales mantuvieron su uso y apenas sufrieron modificaciones. Este proceso fue más o menos profundo en cada zona. Sin embargo, con la llegada de la industrialización del campo, no ha existido un proceso de abandono sistemático de las zayas como sí ha ocurrido con otros sistemas de irrigación, especialmente los ubicados en zonas de montaña. Las zayas se adaptaron al nuevo modelo de regadío mucho más intensivo, transformando el tamaño de las parcelas y adaptándose a formas más intensivas de gestión de la parcela.

TERMINUS POST QUEM DE LA PRÁCTICA

Siglos XI-XII.



DESCRIPCIÓN CRONOLÓGICA

No es fácil establecer un origen concreto para las zayas sin un estudio en profundidad de las mismas en los distintos territorios en los que se produce esta práctica. Es evidente que el regadío a través de las zayas fue común durante toda la Edad Contemporánea y, por supuesto, durante la Edad Moderna. Los primeros testimonios escritos, relativos a los molinos que se alimentaban con el agua de las zayas, pueden localizarse a finales de la Edad Media, concretamente en el año 1433, por lo que esta práctica ya estaba bien arraigada durante el siglo XV y es perfectamente plausible que hubieran sido utilizadas en siglos anteriores. La fundación del Reino de León, con la consecuente reorganización del territorio y la repoblación de territorios que estaban afectados por la guerra durante los siglos X y XI, hubo de ser el origen de un poblamiento mucho más cercano al que se puede apreciar hoy en día, con el abandono de los antiguos castros y asentamientos de altura y la movilización de la población desde las zonas de montaña hasta el llano. Con una mayor estabilidad social y una agricultura mucho más reiterada, el poblamiento se consolida en las zonas llanas y la irrigación se convierte en una utilidad. Algunos elementos históricos de la zona, como la iglesia de Destriana, sugieren la existencia de un poblamiento en las zonas agrícolas ya en el siglo XI. La influencia de arcaísmos mozárabes en esta clase de construcciones se ve en algunos elementos arquitectónicos, como la presencia de arcos de herradura o hexapétalas. La influencia cultural de al-Andalus no solo se deja notar en la iconografía, ya que la misma palabra para designar las acequias, zaya o zaiga, está directamente relacionada con el árabe *sāqiyah*, de donde deriva el propio término 'acequia'.

TIPO DE RECARGA INTENCIONAL/NO INTENCIONAL

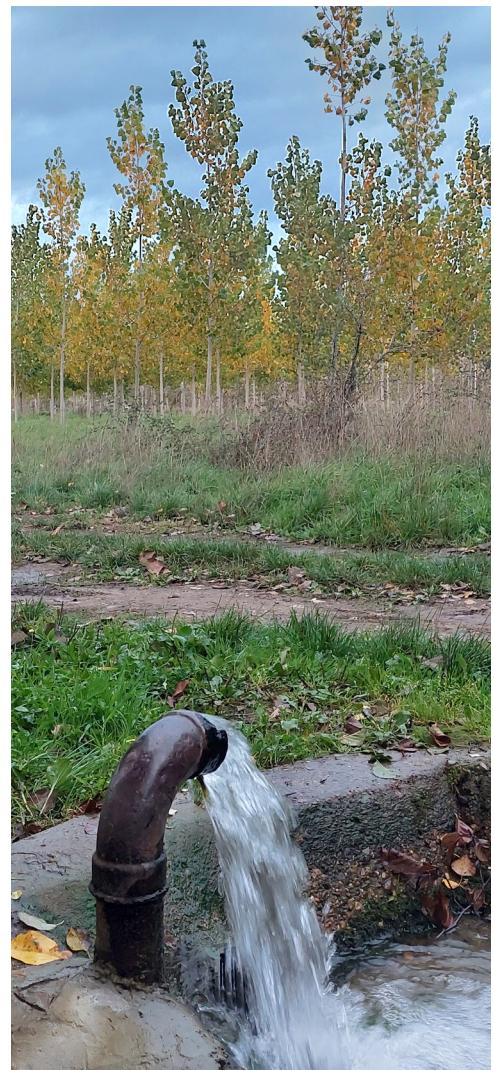
Entre los agricultores y campesinos de algunas zonas, como el valle de la Valduerna, existe una clara conciencia de la capacidad de las zayas para recargar los acuíferos. Esta acción es claramente indirecta, ya que está relacionada con un uso normal y comúnmente aceptado por toda la comunidad de las regueras como infraestructuras hidráulicas tradicionales multifuncionales. Aunque durante el estío las zayas son una red de irrigación de primer orden, el resto del año su uso está ligado a la actividad doméstica y artesanal de todas las localidades implicadas. En este sentido, las zayas se utilizan como una infraestructura hidráulica que tradicionalmente incluía el abastecimiento, el funcionamiento de ingenios hidráulicos como molinos, písones, batanes, serrerías y forjas, el uso doméstico e incluso la pesca. Además, el uso invernal incluía el riego de las dehesas de propiedad comunal, en donde descansaba el ganado de tiro de todos los miembros de la comunidad. El riego del pasto durante el invierno posee una funcionalidad manifiesta idéntica a la de otras comunidades que lo practican, como las localidades abulenses y extremeñas de Gredos, la práctica de los *lameiros* en el norte de Portugal, Galicia y otros puntos de la cornisa cantábrica o el riego invernal de las dehesas segovianas; evitar heladas en la hierba y permitir un crecimiento gradual de la misma durante los meses más fríos al someterla a una temperatura ligeramente superior.

La desaparición de las zayas como infraestructura azul en uso continuado durante todo el periodo en el que los ríos transportan agua (generalmente entre octubre y junio) está ligada a un descenso precipitado del nivel de agua recargada directamente en el acuífero. Este descenso en las entradas de agua subterránea por el desuso invernal de dichas infraestructuras se ve reflejado en el mayor descenso del nivel piezométrico de los pozos con los que se completa el regadío estival, lo que resulta en motivo de agravio para las distintas comunidades que compartían sus redes de abastecimiento hidráulico a través del manejo tradicional e integral del agua. Por ejemplo, la falta de entradas de agua hacia el acuífero durante el invierno se traduce en una sequía casi perpetua de los cauces menores vinculados a este, como el río Peces, del que se abastecían los regadíos de varias comunidades situadas río abajo. Asimismo, es común en la conciencia colectiva el hecho de que, en algunas zonas, como Palacios de la Valduerna, las plantas típicas del regadío podían criarse tradicionalmente en régimen de secano dado el elevado nivel piezométrico del acuífero tras haber sido empleadas las aguas durante el invierno en las zayas más altas del valle.



CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA RECARGADA

En este proyecto se ha realizado una caracterización hidrogeológica de detalle del acuífero interfluvial Duerna-Peces, en la comarca de la Valduerna (León) (De la Losa-Román et al., 2024a,b y c.). El acuífero que se forma en la llanura comprendida entre los ríos Duerna y Peces tiene una superficie de 44 km² y una profundidad media de 8 m. Lo forman cantos de cuarcitas, cuarzo, pizarras y areniscas, arenas, gravas y limos. En los poros que quedan entre esos materiales de distinto tamaño de grano y que ocupan entre un tres y un ocho por cien del volumen de todos los sedimentos acumulados, el agua subterránea se mueve por efecto de la gravedad, desde el oeste al este. Pese a su escaso espesor, el acuífero puede almacenar 12 hm³. En este acuífero se han contabilizado 170 pozos, con profundidades medias de 6 m y un diámetro medio de 1,7 m. Se trata de antiguos pozos excavados a mano y revestidos con mampostería, si bien, los más modernos son excavados con retroexcavadoras, bivalvas o con perforadoras de helicoidal y son revestidos con anillos de hormigón. Algunos de estos pozos pueden llegar a proporcionar caudales de 40 litros/segundo. Se usan fundamentalmente para riego. Actualmente son explotados con bombas de aspiración que se conectan a las redes de aspersores y a modernos cañones de riego, sistemas que sustituyeron al riego en caballones por gravedad, con el agua de las zayas y la extraída de los pozos con norias de sangre. Este acuífero se alimenta por la infiltración del agua de lluvia que cae sobre él, por la infiltración de parte del agua que circula por las zayas y por el río Peces y por los retornos de riego (parte del agua utilizada para el riego que acaba infiltrándose en los acuíferos al no ser consumida por los cultivos). Las salidas se producen por bombeo y por descarga lateral hacia el río Duerna y el río Tuerto. La calidad del agua subterránea es excelente y con una baja salinización, con una composición muy parecida a la del río Duerna. Bajo el acuífero Duerna-Peces y entre los materiales arcillosos que constituyen la base impermeable del acuífero cuaternario, existen ciertos niveles de arenas que dan lugar a un acuífero situado a unos 80-90 metros de profundidad en la zona de Valle de la Valduerna. Estas arenas al estar embebidas dentro de los citados niveles de baja permeabilidad se encuentran a presión y dan lugar a lo que se conoce como un acuífero confinado que, gracias a esta presión, hace ascender el agua hasta la superficie sin la necesidad de utilizar ningún tipo de bomba.



NÚMERO DE PUNTOS INVENTARIADOS

Para este trabajo se ha tomado como referencia de estudio el valle de la Valduerna. El área acotada (45 km²) comprende desde Castrillo hasta Santiago de la Valduerna y está comprendida entre los ríos Duerna y Peces. En esta área se han cartografiado 250 km de regueras y zayas. Además, a través de la teledetección, la comparación con las series de ortofotografías de vuelos históricos, y la encuesta etnográfica, se ha representado la red hidrográfica existente durante la década de los años 50, del pasado siglo, correspondiente a un total de 503 km de regueras y zayas. También se han inventariado 24 puntos relativos a ingenios hidráulicos en la zaya principal de Castrillo y Robledo. A lo largo de esta área, se han inventariado un total de 177 pozos, una cantidad sensiblemente inferior a los 650 pozos que se localizan en los momentos previos a la concentración parcelaria de los años setenta.



NOMBRE DEL SISTEMA DE SIEMBRA

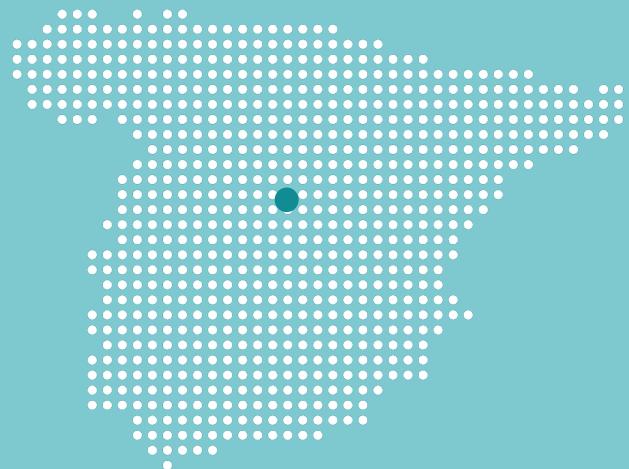
Caceras de riego de la Sierra de Guadarrama y noreste de Gredos.

LOCALIDADES IMPLICADAS

Varias localidades de la comarca de las Tierras de Segovia, como Palazuelos de Eresma, Trescasas, San Cristóbal de Segovia, La Las-trilla, Revenga... entre otras.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA O MANEJO

Las acequias de riego empleadas en los alrededores de la localidad de Segovia y especialmente en la zona norte y este de la Sierra de Guadarrama reciben la denominación local de Caceras. Dicho nombre deriva de su utilización en los molinos e ingenios hidráulicos de la zona, donde se comportan como "caces", canales que suministran agua a estas infraestructuras.



DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO

Las caceras se comportan de forma similar a las acequias de riego que se distribuyen por toda la geografía peninsular de forma general y funcionan de la misma forma que otros sistemas, como las regueras, las regaderas o las zayas. En ocasiones, el nombre de regadera puede utilizarse de forma genérica o como cultismo frente a la voz "cacería", al igual que sucede en algunas zonas de la comarca extremeña de la Vera, donde la palabra "pesquera" se considera una forma menos culta de la palabra "regadera". Se trata de canales excavados en el terreno, con una anchura variable (de entre 1 y 4 metros), sin revestir, a menudo sobre tierra o directamente circulando sobre la roca, de la misma manera en la que funcionan las acequias de otros puntos de la geografía peninsular. A pesar de la sencillez en su funcionamiento y la similitud con otros sistemas, las caceras llegan a formar imbricadas redes de reparto de agua que involucran a varias comunidades. Como ejemplo, la cacería de San Medel, que parte del río Pirón, alimenta a varias localidades del este de Segovia, como Santo Domingo de Pirón, Basardilla, Adrada de Pirón, Brieva, Espirdo, Tizneros, Cabanillas, Torrecaballeros y la Aldehuela, lo que supone una longitud total de 150 km. A su paso por las distintas localidades, genera numerosos puntos de alto valor ecológico, hidráulico e histórico: pozas de lino, irrigación de las dehesas boyales, uso para el lavado en frío de la lana en los esquileos, molinos hidráulicos... entre otros. Este último aspecto destaca su importancia histórica y pone de relevancia su función como infraestructura verde. Algunas de las pozas de lino, de carácter comunitario, donde antiguamente se remansaba el agua durante largos períodos de tiempo con objeto de "cocer" la cosecha de lino para su posterior trabajo textil, han sido recuperadas hoy en día como reservorios de agua de alto valor ecológico para la fauna. Asimismo, en la conciencia colectiva queda clara la funcionalidad de estas infraestructuras para la regulación de algunos manantiales, los cuales, según se denomina localmente "toman sangre" gracias a la acción de la cacería.



Más allá de la propia infraestructura de las caceras, su uso está ligado al riego de prados, huertas y dehesas. Este riego se ha gestionado de forma histórica a través de su organización en turnos, dentro de un sistema de gestión que involucra tanto elementos privados como públicos y comunales. Las huertas y terrenos de siembra, ligados normalmente a las zonas cercanas a los pueblos, se irrigan de forma general a partir de la primavera y el verano y se organizan en función del reparto en turnos. El riego de pastos cercados, para la obtención de una cosecha de hierba segada manualmente para el ganado, tiene lugar normalmente durante la primavera, y es regulado temporalmente por cada comunidad, limitándose en el tiempo en función de las necesidades hídricas de los cultivos y las huertas. Por último, el riego de las dehesas boyales, de carácter comunal, en las que se agolpaba el ganado (generalmente de tiro y carga) se producía durante todo el invierno y la primavera con el objeto de mantener la hierba de la que éste se alimentaba.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



ENTIDADES QUE OSTENTAN LA GESTIÓN

Juntas de los distintos pueblos y comarcas de la zona este de Segovia, como la Noble Junta de Cabezuelas o Junta de Borregos.

ORIGEN DEL RECURSO MANEJADO

Las caceras emplean las aguas provenientes del deshielo y de los manantiales formados en la Sierra de Guadarrama. El agua se capta desde los ríos y arroyos y es derivada para su posterior uso en campos de cultivo y pastos.

TERMINUS ANTE QUEM DE LA PRÁCTICA

Aunque una buena parte de las caceras se ha visto relegada al abandono debido al deterioro de la infraestructura, muchas de ellas continúan en uso, por lo que las fechas más recientes de manejo de esta práctica continúan durante los siglos XX y XXI.

TERMINUS POST QUEM DE LA PRÁCTICA

Por diversas referencias documentales es posible retrotraer las caceras hasta los siglos XI-XII, según se desprende de los primeros documentos del siglo XIII que ya sitúan la gestión y el manejo de las aguas a través de la noble Junta de Cabezuelas.

DESCRIPCIÓN CRONOLÓGICA

El origen cronológico de las caceras podría estar relacionado con la conquista cristiana de este territorio por parte de Alfonso VI en 1076 y su posterior repoblación, aprovechando estructuras que podrían existir ya de forma precedente o que se practicaban desde hace relativamente poco tiempo en este territorio, influenciadas por la revolución verde medieval acontecida en el mundo islámico en general y en al-Andalus en particular. En cualquiera de los casos, las primeras referencias documentales al uso de las caceras se sitúan en el siglo XIII, una época en la que el uso de las acequias se encuentra generalizado en otros territorios de la España peninsular. Una tradición reseñable por su valor histórico y antropológico es la costumbre, durante la hacendera (limpieza de mantenimiento de las caceras) de la Cacería Mayor del río Cabrones, de dibujar una media luna y una cruz en el borde de la cacería por parte de los trabajadores, lo cual se ha interpretado como una señal histórica del traspaso de conocimiento, colaboración y coexistencia entre las comunidades cristiana y musulmana durante el siglo XI y XII. En 1221 un documento regula el uso de las aguas en un acuerdo entre varios pueblos y el monasterio cisterciense de Santa María de la Sierra, en Collado Hermoso, siendo este el documento más antiguo conocido hasta el momento para probar la existencia de las caceras. Otras cacerías de la zona, como las de Caballar y Turégano, Ceguilla, Truchas y Pinar, Navalcaz y Cabrones arrojan como documentos más antiguos los de los siglos XV y XVI, aunque es bastante probable que estos no pongan fecha al primer uso de las caceras, sino más bien a su primer reconocimiento administrativo o legal, existiendo prácticas precedentes de tradición consuetudinaria y oral.



TIPO DE RECARGA INTENCIONAL/NO INTENCIONAL

Las caceras no actúan como sistemas de recarga artificial de acuífero de modo directo e intencional. Sin embargo, los numerosos usos del agua reparan en la generación de manantiales, en su incremento de caudal y en el mantenimiento de los niveles freáticos del acuífero asociado a la zona de alteración de los granitos. Esto es debido tanto al efecto de entrada de agua que producen las caceras como tal, como a acciones como el riego de prados, el mantenimiento casi constante del agua en las dehesas boyales durante el invierno, el riego por inundación y el almacenaje del agua en las pozas de lino, hoy en día prácticamente desaparecidas. De esta forma, las caceras actúan como un elemento clave para el mantenimiento del agua tanto en el agroecosistema como en el subsuelo, facilitando su recarga en los acuíferos.

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA RECARGADA

La mayor parte las caceras discurren sobre rocas ígneas, de manera que recargan a los acuíferos asociados al regolito que se forma en la zona de alteración. Los retornos de riego de cultivos y pastos también contribuyen a la recarga de estos acuíferos, que descargan hacia los cauces y hacia los manantiales ubicados aguas abajo de las caceras.





NOMBRE DEL SISTEMA DE SIEMBRA

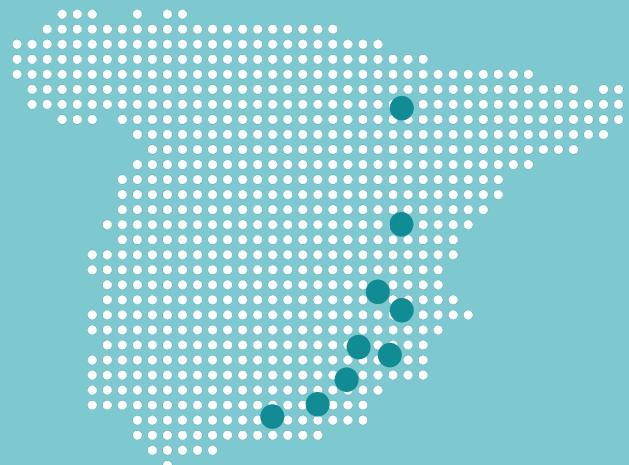
Boqueras.

LOCALIDADES IMPLICADAS

Provincias de Almería, Granada, Murcia, Alicante, Valencia, Huesca.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA O MANEJO

Con el nombre de boqueras se refiere a la práctica tradicional de recogida de aguas de escorrentía en varias zonas del levante y sureste peninsular. El nombre "boqueras" podría hacer referencia a las dimensiones de las captaciones de aguas turbias, normalmente sobredimensionadas frente a otros sistemas no eventuales debido a las características violentas de las riadas que producen los riegos de ocasión. En Valencia también existe el término *riegos de alfait* o *alfaya*, que podría considerarse como término heredero del arábismo con el que se designa dicha práctica, y derivado del término "fay", "crecida" (Pocklington 1984). Este tipo de práctica recibe denominaciones muy distintas en función del lugar y las dimensiones de la práctica: aunque hemos utilizado 'boqueras' como genérico por lo reconocido del término en el levante peninsular, hay formas mucho más simples de recogida de aguas de escorrentía para irrigación de parcelas pequeñas, como las agüeras en Aragón, así como nombres distintos en función de la zona: gavias en Fuerteventura, cap de rec en Mallorca, Peixeria en Valencia...



DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO

Las boqueras son un ingenioso sistema de captación de aguas de escorrentía tradicionalmente desarrollado en las provincias andaluzas de Almería y Granada, en toda la región de Murcia, en Valencia y Alicante y presumiblemente en otras zonas del levante peninsular (así como en las islas, donde reciben denominaciones distintas, como *gavias* o *cap de rec*). Históricamente, estos sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales y de escorrentía típicos del levante peninsular han recibido numerosos elogios en la bibliografía decimonónica, así como abundantes denominaciones y efectos derivados de su uso. En ocasiones, esta práctica no se separa de otras cuestiones como el abonado con sedimentos arrastrados por la avenida. De hecho, resulta común que los autores que han tratado esta cuestión pongan el foco en sus propiedades fertilizadoras sobre los beneficios competentes al balance de los recursos hídricos. En cualquier caso, la acción conjunta de ambos elementos no puede separarse, ya que de por sí se entiende que la fertilización aportada por el riego de aguas turbias reside tanto en el agua como en la tierra. Por tanto, no se trata de un sistema de riego, sino de un sistema de riego y fertilización conjunta, en el que los materiales finos (limos y arcillas) actúan tanto como elementos que permiten una retención mayor de la humedad a largo plazo en la parcela regada (y, por tanto,

prolongan los beneficios del riego) y también como elementos que aportan materia orgánica (unida al complejo arcillo húmico que es arrastrado desde las laderas), suponiendo así una mejora sustancial de la tierra fertilizada. Además de la evidente mejora del terreno, el aporte de materia orgánica, arcillas y limos, el riego por boqueras (así como otras formas de gestión de aguas turbias, como los entarquinados y enfangados) permite suplir la carestía de agua en regiones donde la precipitación es capturada por las zonas montañosas o donde no se producen eventos de lluvias importantes. En aquellos lugares donde las precipitaciones se producen de forma rápida y torrencial, o donde existe especial afluencia de fenómenos como la DANA o *flash flood*, las boqueras se comportan como un sistema mixto de riego-fertilización especialmente adaptado a tales condiciones. De esta forma, los riegos con aguas turbias como los de boquera permiten aportar unos riegos esenciales para los cultivos, en estas zonas de gran aridez, donde la infiltración del agua de lluvia brilla por su ausencia. La captura del agua que se habría arrastrado rápidamente hacia el mar, y su retención en parcelas adecuadamente preparadas para recibir el aluvión también implica la retención en el suelo de importantes volúmenes de agua que recargarán en los acuíferos subyacentes. Así, las parcelas preparadas para recibir el agua de las boqueras, que se encuentran abancaladas mediante *ribazos*, actúan como zonas de captación y recarga del acuífero. En muchos sistemas es común encontrar ribazos de riego por boquera cerca o conjuntamente con galerías drenantes y con pozos con noria. La mera presencia de galerías drenantes y de pozos en relación directa con los ribazos y boqueras demuestra la existencia de un conocimiento vernáculo sobre el funcionamiento del agua subterránea. Se trata de un ejemplo magistral de Siembra y Cosecha del Agua.

El poder mantener este entramado de circulación, retención y reparto de agua, materia orgánica y sedimentos es una tarea compleja que requiere de la participación de la comunidad. Este sistema mixto de riego, fertilización y recarga requiere maximizar su mantenimiento y exige un enorme grado de cohesión social para su uso. Las boqueras deben estar debidamente preparadas para recibir una avenida en cualquier momento y la sociedad que las emplea ha de tener conocimiento sobre los fenómenos meteorológicos, cómo, cuándo y con qué magnitud se podrían producir, de cara a prever su gestión. Asimismo, los encargados del riego en cada una de las parcelas están obligados a entenderse entre sí para manejar el agua de forma correcta, ya que se trata de un sistema escalonado en el que un fallo en alguno de los predios superiores podría arruinar el resto de parcelas. Ante esta situación, la cooperación comunitaria debe estar garantizada para que el riego se efectúe de forma correcta, ordenada y sin producir daños. Avisar de la llegada del agua de un punto a otro, sobre todo en sistemas muy amplios, era una tarea que debía estar coordinada. Para ello, en muchas ocasiones se utilizaban métodos de aviso visuales o sonoros (como hacer sonar una caracola de mar). Esta cuestión determina que, con la industrialización y el éxodo rural, este sistema haya sido de los primeros en ser completamente abandonados, dadas las exigencias sociales que requiere.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



ENTIDADES QUE OSTENTAN LA GESTIÓN

Apenas existen entidades que ostenten la gestión de esta práctica debido a su abandono a partir de la segunda mitad del siglo XX. A pesar de ello, puede aventurarse que buena parte de las boqueras fueron gestionadas por comunidades de regantes similares a las de las acequias de riego más comunes de cada zona. De hecho, es plausible que la desertificación del territorio haya acabado por convertir antiguos sistemas mixtos de irrigación tradicional y riegos de avenidas en sistemas únicamente de riego de avenidas. En otros casos, especialmente en las tierras de secano beneficiadas por los riegos de ocasión, la gestión debía recaer sobre todos los usuarios del conjunto parcelario, los cuales debían volcarse de forma comunitaria en la conservación de las infraestructuras y la organización del riego.

ORIGEN DEL RECURSO MANEJADO

El agua empleada en los riegos por boquera es el agua de escorrentía generada en episodios de lluvias torrenciales. Por tanto, esta práctica es relativa a episodios concretos en los que este fenómeno se produzca (DANA, lluvias torrenciales, tormentas, etc.)

TERMINUS ANTE QUEM DE LA PRÁCTICA

Mediados del siglo XX.

TERMINUS POST QUEM DE LA PRÁCTICA

Siglo X.

DESCRIPCIÓN CRONOLÓGICA

El riego por boqueras ha sido aclamado por la literatura desde el siglo XVIII hasta el XX. Esta práctica reunía una serie de características que la hacían muy prolífica en este sentido: suponía una técnica vistosa, era fácilmente reproducible por organizaciones campesinas pequeñas, podía aplicarse tanto a tierras de regadío (en cuyo caso suele hablarse de *entarquinados* o *enfangados*) como de secano (algunas referencias hablan de un "secano mejorado" y desdibujan, como es común en el mundo campesino, las lógicas de secano y regadío como elementos yuxtapuestos) y contaba con múltiples beneficios. Las aguas turbias eran codiciadas por los regadores y hortelanos, lo que motivó que su uso tuviera que ser regulado. Así se refleja en 1713 en las *Ordenanzas y privilegios de la muy noble y leal Ciudad de Lorca*: "el día que venga aguaducho, el que no fuere regador de aquel día no puede tomar mas agua que la que saltare por encima del acequia, y que en ninguna parte hagan rafa, e que si el aguaducho no saliere fuera de la cequia que sea del regador de aquel día, e que otro alguno no la tome", lo que refleja una práctica consensuada y asentada en sistemas de regadío permanentes que se reproduciría también en las tierras de secano, donde solo se dispone de agua de forma ocasional (Calvo 2016). Hay profusas referencias a los beneficios del riego por boqueras y el entarquinado en las obras modernas y contemporáneas. En 1797, Antonio Cavanilles deja sendas explicaciones sobre el uso del tarquín en el levante peninsular:

"Quien ignore ser suma la escasez de agua en aquella parte del reyno, y que à veces un solo riego basta para asegurar y aumentar las cosechas, extrañará ver salir los labradores hacia sus haciendas quando empieza á tronar, ó amenaza alguna tempestad: los truenos, que en otras partes del reyno sirven de señal para retirarse á sus habitantes lo son aquí para desemparalas y salir en busca de las aguas y deseado riego: se fecundan entonces los olivos, higueras, almendros, viñas y algarrobos: y el suelo entero se mejora con el cieno que traen las aguas"

La reconocida capacidad de los riegos con aguas turbias para fertilizar las cosechas hace que esta práctica no deba ser reiterada con frecuencia. En 1847 José Musso y Fontes afirma en su "Historia de los riegos de Lorca" que "en una tierra entarquinada se coje una buena cosecha de trigo con un solo riego que se dé por enero" (MUSSO y FONTES, J.: Historia de los riegos de Lorca, Murcia, 1847, p.156). En similares términos hablan los autores andalusíes: al Udri en el siglo XI y al Hlimyari en el siglo XIV dicen, respectivamente sobre la ciudad de Lorca: "se parece al Nilo, puesto que se riega una sola vez y no necesita más" y "Cerca de la ciudad se extienden vastos campos sembrados a los cuales basta un solo riego al año, procedente de este río, al igual que sucede a la tierra de Egipto" (POCKLINGTON), una comparativa con las crecidas del Nilo que hace hincapié en el uso del fango para enriquecer las tierras y que sitúa esta práctica ya en el siglo XI y que sería aplicable tanto a tierras de regadío como de estricto secano.

TIPO DE RECARGA INTENCIONAL/NO INTENCIONAL

El riego por boqueras tiene una finalidad clara: retener el agua que desciende por las ramblas y aplicarla a las tierras de labor. Esto tiene varias lecturas: en los casos en los que la avenida se arrastre hasta un lugar en el que no está lloviendo, el beneficio será doble (irrigación y aporte de sedimentos). En el caso en el que se esté produciendo una lluvia copiosa, el riego por boqueras cumplirá únicamente la función de aportar sedimentos, abonando así la parcela con el material arrastrado. En cualquiera de ambos casos, la retención de agua y sedimentos aplica una lógica de conservación de los recursos y funciona a modo de reciclaje de los mismos: los elementos orgánicos e inorgánicos que se lavan de las laderas superiores son recirculados en los fondos de los valles. La retención del agua trae consigo la circulación de la misma hacia los acuíferos, lo que en un ámbito de actuación a mayor escala podría permitir la recarga del acuífero y el posterior aporte de este hacia otros sistemas de extracción (galerías drenantes y pozos). Es común la asociación de sistemas de extracción de agua subterránea y boqueras, por lo que la recirculación de los elementos debía ser bien conocida y aprovechada, siendo la recarga del acuífero una condición directamente derivada de este tipo de riegos.

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA RECARGADA

Todos los riegos por boquera se hacen en materiales aluviales en cauces de caudal intermitente. Se trata por tanto de acuíferos detríticos formados por sedimentos aluviales en los que se mezclan bloques, cantos, arenas y gravas. Cuando estos materiales se encajan sobre sedimentos de menor permeabilidad dan lugar a acuíferos bien definidos en los que el acceso al agua subterránea es sencillo mediante la construcción de galerías drenantes, cimbras y pozos.





NOMBRE DEL SISTEMA DE SIEMBRA

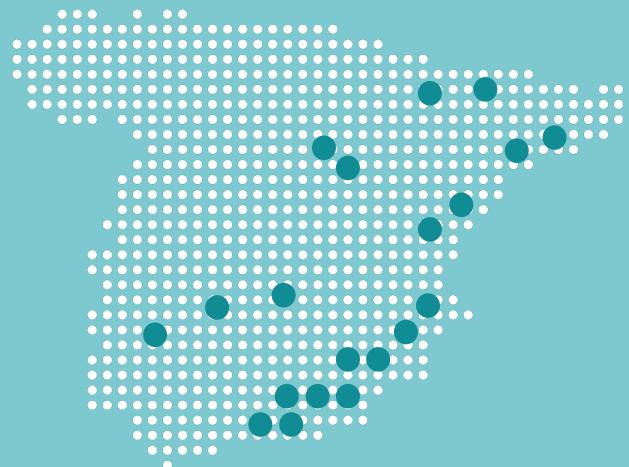
Ribazos.

LOCALIDADES IMPLICADAS

Generalmente todo el sur y este peninsular, zonas de clima mediterráneo y de escasa pluviometría.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA O MANEJO

El término ribazos suele hacer referencia a distintos tipos de manejos del terreno. Es común que sea aplicado a los linderos o bordes de un terreno sembrado, también, en ocasiones, se aplica a construcciones en piedra seca en tierras de secano. Otro uso del término es relativo a franjas de vegetación dejadas entre los cultivos con objeto de evitar la erosión en terrenos pendientes o como vías de paso, aunque este último uso suele recibir otros nombres, como el de "menchón". En este caso, el significado del término ribazo hace referencia a las construcciones de tierra (y en ocasiones piedra y tierra conjuntas) que se realizan en las orillas de las parcelas para retener las aguas, ya sean pluviales o de riego. En ocasiones recibe también otros nombres, como malecón, costón, costanera, costera, bordes o simplemente paredes.



DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO

Los ribazos funcionan como un elemento pasivo de retención e infiltración de aguas, independientemente de cual sea el origen del recurso. Son utilizados en cultivos realizados en zonas llanas, en altiplanos y en terrenos abancalados. Esta práctica consiste en el levantamiento de un borde, en ocasiones de más de un metro de altura y grosor, que cierra por completo la linde de una parcela, parata, bancal o haza. En ocasiones, sobre todo en terrenos de mayor pendiente, este borde se levanta sobre la base de un muro de mampostería de piedra seca que puede presentar una (cara externa e interior a tierra) o dos caras (cara externa visible y cara interna no visible). Inmediatamente sobre este zócalo, se levantan los gruesos muros de tierra en forma de "caballones", "surcos" o "bordes", los cuales, conjuntamente con el nivelado de la tierra, actúan como freno para el agua contenida en la parcela.

Esta práctica es fundamental tanto en los terrenos de regadío tradicional como en los cultivos de secano y de riego de ocasión. El objetivo de generar

un muro o borde, ya sea de tierra, piedra o mixto, que suponga un freno efectivo para el agua, provocando una práctica de infiltración directa sobre el terreno. Esta práctica se lleva a cabo tanto en espacios pequeños (desde parcelas pequeñas, espacios de regadío de reducidas dimensiones o incluso sobre un único árbol o cultivo) como sobre extensiones del terreno mucho más grandes (zonas de riego de escorrentía por boqueras u otras formas de manejo, grandes extensiones de secano, etc.). En los terrenos de regadío, esta práctica ha estado ligada directamente al riego por inundación como una forma efectiva de control del mismo. Numerosas prácticas tradicionales de riego “a manta” se fundamentan en una estructura de caballones y ribazos: entarquinados y enfangados, la práctica de “cajas de agua” y “albercas”, el riego por boqueras y algunas formas de riegos de invierno. En las tierras de secano, los ribazos, así como cualquier otra práctica de diques de retención de agua a través de obstáculos de tierra o piedra manejados siguiendo prácticas tradicionales, conllevan acciones para la retención del agua en el territorio. Esta lógica subyace a otras construcciones, tales como los muros de piedra seca en las cañadas. Muchos ribazos situados en zonas de secano permiten el embalsamamiento del agua de lluvia, especialmente si reciben un aporte desde una zona de captación, convirtiéndose así en zonas de riego de ocasión o, directamente, en terrenos con capacidad para recibir un aporte hídrico superior al que recibiría en condiciones normales gracias a la capacidad de retención adicional que genera la construcción de ribazos. En función de diversas características, tales como el tipo de construcción, el manejo del recurso y las características geológicas de la zona, los ribazos, junto con otros sistemas de retención pasiva de agua de lluvia o de riego, sea eventual o no, permiten la recarga o la siembra de agua en los acuíferos.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



ENTIDADES QUE OSTENTAN LA GESTIÓN

Al tratarse de un sistema de infiltración pasivo, el mantenimiento de los ribazos y otras formas de gestión de los recursos locales para la retención de agua recae sobre cada uno de los usuarios de las parcelas en las que se realizan. Sin embargo, en sistemas mayores, como los que emplean el riego por boqueras o la derivación de agua en madres, el mantenimiento del sistema implica la necesidad de que los distintos usuarios se pongan de acuerdo, especialmente en lo relativo al gobierno común del recurso. En este sentido, en ocasiones es necesario que exista una custodia acerca del cumplimiento de las tareas de reparación y mantenimiento que garantizarán el correcto funcionamiento del sistema, con mayor o menor grado de complejidad técnica y social. Así pues, la gestión de ribazos puede recaer sobre comunidades de regantes o de usuarios de un conjunto parcelario (en función, también, del régimen de uso del agua).

ORIGEN DEL RECURSO MANEJADO

El agua empleada para la infiltración en ribazos y otras prácticas de retención similares es tan variada como la propia naturaleza de la misma. Por lo tanto, el agua infiltrada por esta práctica puede ser tanto de origen pluvial como de riego desde manantiales, ríos, arroyos o pozos.

TERMINUS ANTE QUEM DE LA PRÁCTICA

Actualidad.

TERMINUS POST QUEM DE LA PRÁCTICA

Indeterminado.

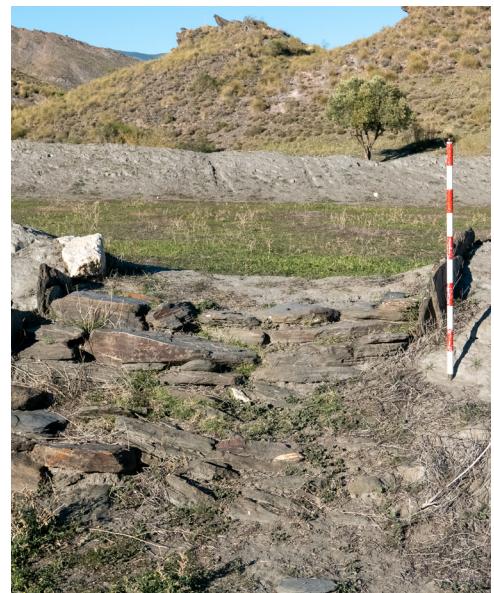
DESCRIPCIÓN CRONOLÓGICA

La referencia a los ribazos es tan antigua como la propia difusión de las técnicas de regadío en la agricultura. Como es lógico, al tratarse de un sistema de retención pasiva o que acompaña a otras prácticas que manejan directamente el agua como recurso central, no existen apenas referencias a esta práctica, cuya presencia se da por sentada en casi todos los sistemas agrícolas irrigados desde su origen hasta la actualidad. Es posible que, en sistemas de secano, esta práctica también se lleve a cabo desde la concepción misma de las primeras formas de agricultura, aunque sin la presencia de testimonios arqueológicos directos, no es posible ofrecer un punto inicial para la realización de esta práctica.



TIPO DE RECARGA INTENCIONAL/NO INTENCIONAL

Del mismo modo que se produce una afección directa sobre los ciclos de agua subterránea por medio del aterrazamiento y el riego en zonas niveladas, los ribazos son uno de los elementos clave en la recarga de los acuíferos a través de la infiltración del agua que llega hacia los terrenos allanados y preparados para tal fin, tanto por medio de la irrigación como por parte del agua de lluvia o de escorrentía. En los terrenos de menor permeabilidad, la infiltración lenta gracias a la acción del agua retenida en los bordes de la parcela, permite que esta pase de forma gradual hacia el subsuelo. Este manejo del terreno tiene diferentes concepciones para las sociedades que los han practicado: a pequeña escala (por ejemplo, pozas o diques practicados alrededor de árboles y cultivos de secano) no suele contemplar efectos directos. Sin embargo, a medida que se amplía tanto la superficie donde se practica como la cantidad de agua que se aporta al sistema, los efectos se van dejando ver en lo que tradicionalmente se llaman "remanentes" o "veneros" de agua, especialmente en acuíferos desarrollados en pendiente y con sustratos de rocas duras. El funcionamiento de este tipo de acuíferos y la afección directa de estos sistemas de riego es de sobra conocido por las sociedades campesinas.



CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA RECARGADA

Los ribazos se encuentran en todo tipo de acuíferos. Se dan en rocas duras, esquistos y rocas ígneas, en acuíferos kársticos, en rocas volcánicas y en acuíferos detriticos. Es en las rocas duras y en las rocas volcánicas en los que la siembra y la cosecha de agua es más evidente, y por tanto más conocida y aprovechada por las comunidades locales.

NÚMERO DE PUNTOS INVENTARIADOS

En este proyecto se presenta la técnica, pero no se ha hecho inventario de ribazo, dado que estos existen por centenares de miles a lo largo y ancho de toda nuestra geografía.





NOMBRE DEL SISTEMA DE SIEMBRA

Galerías drenantes.

LOCALIDADES IMPLICADAS

Todas las provincias españolas.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA O MANEJO

Una galería drenante es “[...] un túnel que se abre por debajo de la superficie terrestre, cuya suave pendiente permite la captación y extracción al exterior, por la acción de la gravedad, de las aguas freáticas desde los acuíferos más superficiales o colgados” (Hermosilla e Iranzo 2006).



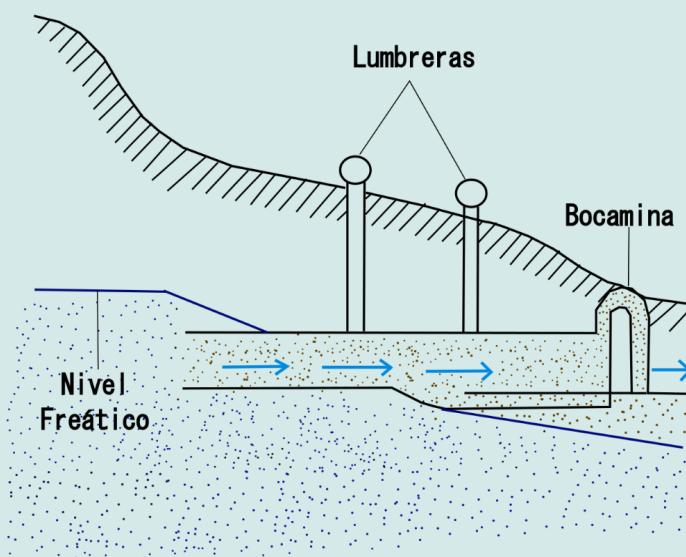
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO

Las galerías drenantes presentan formas variadas. En función de las características geográficas del área en la que se insertan presentan adaptaciones específicas, dando lugar a un amplio abanico tipológico. El origen de la técnica parece proceder de la tradición de los *qanat*(s) y *foggaras* de Asia y Norte de África, aunque parte de la comunidad científica considera que la perforación de una galería horizontal en busca de una surgencia para la captación de agua subterránea no es estrictamente un *qanat*, sino que un *qanat* o *foggara* es un túnel subterráneo excavado en la roca o sedimento para conducir el agua captada de un pozo madre al exterior por acción de la gravedad (Hermosilla et al. 2004). De forma general este sistema se compone de una cabeza en la que se sitúa el punto de captación del agua, seguida de un túnel o galería horizontal que finaliza en una bocamina por la que se expulsa el agua al exterior, la cual puede desembocar en un espacio de almacenamiento como una alberca o ser distribuida a través de una red de acequias (Hermosilla e Iranzo 2006).

Estas estructuras se realizan en diferentes ambientes, por ejemplo, montaña, piedemonte o en cursos y terrazas fluviales, generando distintas tipologías en función de su ubicación y agua captada (Hermosilla e Iranzo 2006).



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



ENTIDADES QUE OSTENTAN LA GESTIÓN

La gestión de este sistema recae en una gran diversidad de entidades. Algunas galerías, en particular las de mayor envergadura que son empleadas para la captación de agua con destino al riego agrícola, son gestionadas por comunidades de regantes. Estas son reconocidas por el derecho público como corporaciones con autonomía interna para su gestión con sus propias ordenanzas y reglamentos. Es una organización sin ánimo de lucro para la organización y administración de los recursos hídricos (Sanchis-Ibor *et al.* 2009).

Por otro lado, existen galerías drenantes gestionadas por particulares de manera privada. Esta gestión está ligada a la explotación a pequeña escala, vinculada a galerías de menor tamaño que abastecen fincas, cortijos u otras explotaciones rurales. Esto resulta coherente con lo establecido en el artículo 54 de la Ley 29/1985 de Aguas que establece que se podrá hacer uso de las aguas subterráneas situadas en el interior de la propiedad, siempre y cuando el volumen total anual no sobrepase los 7.000 metros cúbicos o los acuíferos no hayan sido declarados como sobreexplotados o en riesgo de estarlo.

Asimismo, otro organismo que gestiona estas estructuras son las confederaciones hidrográficas, organismos públicos estatales adscritos al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. El dominio público hidráulico está compuesto tanto por aguas superficiales como subterráneas y su control y vigilancia es competencia de estos órganos (MITECO s.f.).

Finalmente, destacar que algunas galerías pueden ser competencia de administraciones municipales.

ORIGEN DEL RECURSO MANEJADO

El origen del agua captada por este sistema es diverso. Por un lado, captan aguas subterráneas que proceden de acuíferos fracturados, kársticos, junto con detríticos terciarios y cuaternarios que no se encuentran en ambientes de cursos y terrazas fluviales. Por otro lado, están las aguas subálveas asociadas a acuíferos detríticos aluviales y, finalmente, hay galerías que captan aguas subterráneas y superficiales (Antequera *et al.* 2014).

TERMINUS ANTE QUEM DE LA PRÁCTICA

A día de hoy muchas galerías drenantes se encuentran en un estado de deterioro y abandono, aunque algunas siguen en funcionamiento. Puede decirse que, en general, hay muchas galerías potencialmente utilizables si las condiciones hidrogeológicas lo permiten.

TERMINUS POST QUEM DE LA PRÁCTICA

Al menos desde el siglo VIII-X.

DESCRIPCIÓN CRONOLÓGICA

El origen de la técnica se sitúa al sur del Cáucaso y en Próximo Oriente (Hermosilla e Iranzo 2006) donde se empleaba desde hace más de 2500 años (Kobori 1973). Esta teoría ha sido respaldada por otros investigadores como López Fernández (2022) que, en base a los estudios realizados por Al Karaimeh (2019) y Wilkinson (1977) indica que comenzó a emplearse en el antiguo territorio persa, concretamente en Asia Occidental junto con el norte de Egipto y Arabia (López 2022). Por su parte, Salih (2005) establece que el origen de la técnica se sitúa en Irán donde se conoce desde hace más de 5000 años (Salih 2005). Por otro lado, Evenari *et al.* (1961) junto con English (1968) expone que se difundió hacia Egipto, Siria y Palestina en el siglo V a.C. (Medina *et al.* 2018). Rotolo (2014) plantea tres posibilidades en los escenarios de difusión de este sistema: por un lado, argumenta una expansión desde Oriente Próximo hacia el Magreb y hacia al-Andalus de forma independiente; otro escenario de difusión es el que supone una expansión desde al-Andalus hacia el Magreb, habiéndose documentado que el término *khattāra* llegó primero a al-Andalus y, finalmente, se apunta la posibilidad de una difusión tecnológica desde el Norte de África hacia la Península Ibérica (Rotolo 2014). Gerrard y Gutiérrez afirman que algunos investigadores son defensores de que los hallazgos y registros de derechos de agua sugieren que este sistema estaba presente a mediados del siglo V a.C. en la Península Arábiga (Gerrard y Gutiérrez 2018). Por último, Goblot (1979) sugiere el desarrollo de las galerías drenantes en Armenia y Mesopotamia durante los siglos III y I a.C. (Goblot 1979).

Existe cierta controversia sobre el origen de la presencia de esta técnica en la península Ibérica ya que algunos investigadores defienden un origen grecorromano de la misma, en lugar de un desarrollo por parte de los árabes desde Medio Oriente (Martos *et al.* 2018). A este respecto, Martos *et al.* (2018) indican que la teoría más plausible es la existencia de dos oleadas de transmisión de la técnica a la península ibérica: una primera oleada romana que centró el uso de la técnica para drenaje minero y el abastecimiento urbano y una segunda oleada árabe que empleó este sistema para el regadío y el abastecimiento.

Acerca del uso de esta técnica durante el periodo romano, son diversos los ejemplos de este tipo de galerías en el mundo romano, como la de Gigens, Oescus o Novae en Bulgaria, Nicópolis o Emmaus en Israel o el acueducto de Mont d'Or de Lyon (De la Peña 2020). Hay diversos hallazgos arqueológicos en el territorio peninsular español que permitan aportar evidencias para sustentar esa hipótesis. Uno de los casos más representativos en la península Ibérica es el sistema de captación y abastecimiento del acueducto de Almuñécar (Granada), donde se han localizado en los términos municipales de Otívar y Jete restos de una canalización abovedada subterránea bajo el lecho del río cerca de Peñón Rodado y una galería ubicada a cinco metros bajo el río en el Paraje de Las Angosturas (Sánchez 2012). La galería está constituida por una bóveda de piedras y siete lumbreras circulares, así como una lumbrera transversal en cada extremo (Sánchez 2012). Cabe destacar el caso de *Onuba* donde Cabezo de El Conquero parece estar minado por numerosas galerías, así como el caso de *Segobriga* en donde se localizó una mina abovedada excavada en la roca en la que se abrieron registros cada 30 metros que estaban tapados con bloques de piedra (Sánchez 2012). En el caso de *Tarraco* los romanos supieron aprovechar la estructura geológica de la colina en la que se hizo uso de una red de galerías naturales generadas por el efecto químico del agua pluvial para construir un sistema hidráulico subterráneo, combinando las cavidades naturales con galerías excavadas, cuya conducción principal parece que abastecía un gran ninfeo monumental (Ruiz *et al.* 2015).



CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA DE COSECHA

Los distintos tipos de galerías de drenaje se ubican en zonas de descarga en todo tipo de acuíferos. La mayoría se excavan en materiales detríticos de fácil excavación, en pies de monte, en acuíferos aluviales y en calcarenitas, pero también existen minas en rocas duras y en calizas, aunque de escasa longitud y en menor número.

NÚMERO DE PUNTOS INVENTARIADOS

7.348 galerías.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Fichas)

- Al Karimeh, S. (2019). "Maintaining desert cultivation: Roman, Byzantine and Early Islamic water-strategies at Udhruh region, Jordan". *Journal of Arid Environments* 166, pp. 108-115. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.03.007>
- Amorós, M. B. (1990). Un ejemplo tardío de riego de boquera: la presa del Ma- droñal (Ibí). *Investigaciones Geográficas (Esp.)*, (8), 51-57.
- Amorós, M. B. (1992). II. El regadío medieval en España: época árabe y conquista cristiana. *Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante*, 49-89.
- Antequera Fernández, A; Iranzo García, E. & Hermosilla Pla, J. (2014). "Las galerías drenantes en España: cuantificación y clasificación tipológicas de los sistemas horizontales de captación de aguas subsuperficiales". En: Sanchis-Ibor, C; Palau-Salvador, G; Mangue Alferez, I. & Martínez-Sanmartín, L.P. (Eds.). *Irrigation, Society, Landscape. Tribute to Thomas F. Glick*. Valencia: Universitat Politècnica de València. <http://dx.doi.org/10.4995/ISL2014.2014.216>
- Bermúdez, F. L. (2014). El riego por boquera en agricultura de secano, técnica hidráulica tradicional de lucha contra la desertificación en el sureste ibérico semiárido. In *Geoecología, cambio ambiental y paisaje: homenaje al profesor José María García Ruiz* (pp. 405-414). Instituto Pirenaico de Ecología.
- Calvo García-Tornel, F. (2016). Riego por avenida en laderas subáridas: el río Guadalentín en Lorca. In *Paisaje, cultura territorial y vivencia de la geografía: Libro homenaje al profesor Alfredo Morales Gil* (pp. 1049-1070). Instituto Interuniversitario de Geografía.
- Carmona, A. (2008). Lorca y la formación de Tudmir. *Clavis*, 4-5.
- Castellarnau Visús, À., & Cuchí Oterino, J. A. (2015). Los riegos de oportunidad de Santolaria de Galligo/Santa Eulalia de Gállego.(Estudio de caso de una gestión eficiente de un bien escaso y común). *Irrigation, Society and Landscape. Tribute to Tom F. Glick*, 805-819.
- Cepeda Hernández, Á. (2013). Cultivadores de Pimiento y de Tabaco en Jaraíz de la Vera: adaptación cultural y transformación social en un pueblo del Oeste español. *Etnicex: Revista de Estudios Etnográficos.*, 5, 169-183. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4761716&info=resumen&idioma=ENG>
- Cepeda Hernández, Á. (2015). Ecología y cambio cultural en una comunidad del oeste español: tensiones en torno a los cultivos del tabaco y el pimiento en Jaraíz de la Vera.
- Clemente Ramos, J. (2005). La organización del terrazgo agropecuario en Extremadura (siglos XV-XVI). En *La España Medieval*, 28, 49-80. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1226580&info=resumen&idioma=ENG>
- Clemente Ramos, J., & De la Montaña Conchiña, J. L. (1994). La Extremadura cristiana (1142 - 1230). Ocupación del espacio y transformaciones socioeconómicas. Historia. Instituciones. Documentos., 21, 83-124.
- Clemente Ramos, J., & De La Montaña Conchiña, J. L. (2000). Repoblación y ocupación del espacio en Extremadura (1142-C. 1350) *. In J. Clemente Ramos & J. L. De La Montaña Conchiña (Eds.), *Actas de las I Jornadas de Historia Medieval de Extremadura* (pp. 13-40).
- De la Losa Román, A ; J.A Ventura González ; C. Marín Lechado ; Carolina Guardiola Albert ; Giuseppe Massone ; Sergio Martos-Rosillo. (2024a). Investigación de sistemas ancestrales de Siembra de Agua, como ejemplo de Solución Basada en la Naturaleza para la recarga de acuíferos. Las zayas de la Valduerna (León). *Geotemas* (Madrid), ISSN 1576-5172, N.º 20, 2024 (Ejemplar dedicado a: XI Congreso Geológico de España), págs. 620-623
- De la Losa Román, A; J.A Ventura González; C. Marín Lechado; C. Guardiola-Albert; G. Massone; S. Martos-Rosillo. (2024b). Unveiling Ancestral Water Sowing Systems: A Nature-Based Solution for Aquifer Recharge Illustrated by the Zayas of la Valduerna (León, Spain). *World Groundwater Congress* (IAH 2024 Davos, Suiza).
- De la Losa-Román, A; N. Naranjo-Fernández; J.M. Ruiz- Hernández; C. Marín; C. Guardiola-Albert; J.A. Ventura; S. Martos-Rosillo. (2024c). Las zayas de la Valduerna, un sistema ancestral de uso conjunto de agua superficial-agua subterránea replicable en las principales zonas de riego españolas. Congreso Ibérico de las Aguas subterráneas. A Coruña.
- English, P.W. (1968). "The origin and spread of qanats in the Old World". *Proceedings of the American Philosophical Society* 112(3), pp. 170-181. <http://www.jstor.org/stable/986162>
- España. Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio. Texto refundido de la Ley de Aguas. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-14276>.
- Evenari M; Shanan L; Tadmor, N. & Aharoni, Y. (1961). "Ancient agriculture in the Negev". *Science* 133(3457), pp. 979-996. <https://www.jstor.org/stable/1706491>
- Gerrard, C. & Gutiérrez, A. (2018). "The Qanat in Spain: Archaeology and Environment". En: Berking, J. (ed.). *Water Management in Ancient Civilizations*. Berlín: Edition Topoi. <https://doi.org/10.17171/3-53-8>
- Gil Meseguer, E. (2016). Aprovechamientos de escorrentías superficiales even- tuales y de subáveos en la rambla de Oria-Albox (Almería).
- Gil, A. M. (1968). El riego con aguas de avenida en las laderas subáridas. *Papeles de Geografía*.
- Goblot, H. (1979). *Les qanats. Une technique d'adquisition de l'eau*. Paris-La Haye-New York: Mouton Éditeur.
- Hermosilla Pla, J. & Iranzo, E. (2006). "Capítulo 1. Los sistemas de captación horizontales. Las galerías drenantes." En: Hermosilla Pla, J. (dir.). *Las galerías drenantes del sureste de la Península Ibérica. Uso tradicional y sostenibilidad en el mediterráneo español*. Madrid: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente, pp. 11-21.
- Hermosilla Pla, J; Iranzo García, E; Pérez Cueva, A; Antequera Fernández, M. & Pascual Aguilar, J.A. (2004). "Las galerías drenantes de la provincia de Almería: análisis y clasificación tipológica". *Cuadernos de Geografía* 76, pp. 125-154.
- Hernández, M. H., & Gil, A. M. (2013). Los aprovechamientos tradicionales de las aguas de turbias en los piedemontes del sureste de la península ibérica: estado actual en tierras alicantinas. *BAGE. Boletín de la Asociación Española de Geografía*, (63), 105-124.
- Hernández, M. H., & Gil, A. M. (2013). Traditional use of muddy water on the foothills of the southeast of Spain: the current situation of these casual irrigation systems. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*.
- Kobori, I. (1973). "Somes notes on diffusion of qanats". *Orient* 9, pp. 43-66. <https://doi.org/10.5356/orient1960.9.43>
- López Fernández, J.A. (2022). "Paisajes tradicionales asistidos por galerías drenantes: un patrimonio cultural y territorial amenazado". *Documents d'Anàlisi Geogràfica* 68(1), pp. 55-79. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.695>
- Martín Martín, J. L., & Sánchez Estévez, J. M. (1981). Plasencia y su tierra en el siglo XV. *Norba: Revista de Arte, Geografía e Historia*, 2, 193-204. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=69109>
- Martínez Medina, R; Gil-Meseguer, E. & Gómez Espín, J.M. (2018). "Research qanats in Spain". *Water History* 10, pp. 339-355.
- Martos, S; Morales, R. y Durán, J. (2018). El agua subterránea en la historia. De cómo la humanidad se ha abastecido mediante aguas subterráneas desde el Paleolítico hasta la época de las catedrales góticas. Madrid: IGME y Catara.
- Martos-Rosillo, S., Ruiz-Constán, A., González-Ramón, A., López, R. M. M., Martín Civantos, J., Martínez-Moreno, F., Jódar, J., Marín-Lechado, C., Medialdea, A., Galindo-Zaldívar, J., Pedrera, A., & Durán, J. J. (2019). The

- oldest managed aquifer recharge system in Europe: New insights from the Espino recharge channel (Sierra Nevada, southern Spain). *Journal of Hydrology*, 578, 124047. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124047>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (s.f.). "Regulación de usos y aprovechamiento del Dominio Público Hidráulico". <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/regulacion-usos-aprovechamiento.html> [Consultado el 9 de julio de 2025].
- Molina, J. A. M., Font, P. G., & Cerdán, A. P. (2021). Aprovechamiento tradicional de las aguas de avenida y transformaciones de los sistemas fluviales del sureste de la Península Ibérica: la Rambla de Abanilla-Benferri. *Cuadernos de geografía*, (107), 149-174.
- MONTEAGUDO, Diego García. Las aguas de Marín: un sistema tradicional de riego en la rambla de la Esteruela (Casas de Eufemia). *Oleana: Cuadernos de Cultura Comarcal*, 2016, no 30, p. 333-347.
- Pocklington, R. (1984). Nuevos arabismos en los textos alfonsíes murcianos. *Mis celánea medieval murciana*, 263-295.
- <https://revistas.um.es/mimemur/article/download/5941/5781/0>
- Pocklington, R. (1989). Observaciones sobre el aprovechamiento del agua torrencial para la agricultura en Murcia y Lorca durante la época árabe. In *Murcia musulmana* (pp. 375-383). Centro de Estudios Arabes y Arqueológicos" Ibn Arabi".
- Rotolo, A. (2014). "Drainage galleries in the Iberian Peninsula during the Islamic period". *Water History* 6, pp. 191-210. <https://doi.org/10.1007/s12685-013-0093-z>
- Ruiz de Arbulo, J; Mar, R; Beltrán-Caballero, J.A.; Costa, A; Gris, F. & Guidi-Sánchez, J.J. (2015). "La gestión del agua en la antigua Tarraco". En: Bora, L. & Borlenghi, A. (coords.). *Aquae Ductus: actualité de la recherche en France et en Espagne: Actes du colloque international de Toulouse, 15-16 février 2013*. Francia: Fédération Aquitania, pp. 117-137.
- Salih, A. "Qanats a Unique Groundwater Management Tool in Arid Regions: The Case of Bam Region in Iran". International Symposium on Groundwater Sustainability (ISGWAS).
- Sánchez López, E. (2012). *Aqua Sextana. La relación del acueducto de Almuñécar con Sexi Firmum Iulium y su territorio*. [Tesis Doctoral, Universidad de Granada]. Recuperado de: <https://digidug.ugr.es/handle/10481/19677>
- Sanchis-Ibor, C; García Mollá, M; Calafat, C. & Vega, V. (2009). "Capítulo 4. Las entidades de riego en común. Aspectos institucionales.". En: Gómez-Limón, J.A; Calatrava, J; Garrido, A; Javier Sáez, F. & Xabardia, A. (Eds.). *La economía del agua de riego en España*. S.I.: Cajamar Caja Rural, Sociedad Cooperativa de Crédito, pp. 75-94.
- Seguido, Á. F. M. (2013). El aprovechamiento de turbias en San Vicente del Raspeig (Alicante) como ejemplo de sistema de riego tradicional y sostenible. *Investigaciones Geográficas (España)*, (59), 147-169.
- Wilkinson, J.C. (1977). *Water and tribal settlement in South-East Arabia. A study of the Aflaj of Oman*. Oxford: Clarendon Press.



Inventario y caracterización de **sistemas ancestrales de Siembra y Cosecha del Agua** para la **adaptación al Cambio Climático. El proyecto WaSHa**

MEMORIA FINAL