

Sembrando agua, conservando la Tierra



Sembrando agua, conservando la Tierra

Editado por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED)
Sergio Martos Rosillo, editor y coordinador

*Al doctor Luciano Mateos Íñiguez, in memoriam, que dedicó gran parte de su carrera profesional
a estrechar los lazos científicos entre España y América*



La versión electrónica de este libro está disponible en acceso abierto en editorial.csic.es y se distribuye bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución-Non Comercial-No Derivadas 4.0. La información completa sobre dicha licencia puede ser consultada en <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>. Esta licencia afecta solo al material original del libro. El uso del material proveniente de otras fuentes (indicadas en las referencias), como diagramas, ilustraciones, fotografías o fragmentos de textos, requerirá permiso de los titulares del *copyright*.

Las noticias, los asertos y las opiniones contenidos en esta obra son de la exclusiva responsabilidad del autor/a o autores/as. La editorial, por su parte, solo se hace responsable del interés científico de sus publicaciones.

Cómo citar: Martos Rosillo, Sergio, ed. y coord. 2025. *Sembrando agua, conservando la Tierra*. CSIC.

Este libro es uno de los resultados de la Red de Investigación «Siembra y cosecha de agua en áreas naturales protegidas», del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<https://cpage.mpr.gob.es>

EDITORIAL CSIC: <http://editorial.csic.es> (correo: editorialcsic@csic.es)



© CSIC, 2025

© Sergio Martos Rosillo, edición y coordinación

© De las ilustraciones, las fuentes mencionadas a pie de figura

ISBN: 978-84-00-11514-2

e-ISBN: 978-84-00-11515-9

NIPO: 155-25-161-4

e-NIPO: 155-25-162-X

Depósito legal: M-21429-2025

Corrección y coordinación editorial: María Sánchez (Editorial CSIC)

Diseño y maquetación: Patricia Romero

Impresión y encuadernación: Lerko Print

Impreso en España. *Printed in Spain*

En esta edición se ha utilizado papel ecológico sometido a un proceso de blanqueado ECF, cuya fibra procede de bosques gestionados de forma sostenible.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

Un poco de historia de la humanidad y su relación con el agua

Juan José Durán Valsero

10

CAPÍTULO 2

Sistemas de siembra de agua en España: acequias de careo, pesqueras, caceras y zayas

Sergio Martos Rosillo y Jorge Jódar Bermúdez

18

CAPÍTULO 3

La siembra de agua en Sudamérica: amunas, qochaqochas, qochas, tapes, bofedales altoandinos y andenerías

Gricelda Herrera Franco, Juan Pablo Zamora Gómez, Mónica Ximena Guzmán Rojo, Adripino Jayo Huamaní, José María Martín Civantos y Sergio Martos Rosillo

34

CAPÍTULO 4

Cultura y comunidad. La siembra y cosecha de agua como conocimiento ancestral y práctica campesina

José María Martín Civantos y Milka Slavia Castro Lucic

56

CAPÍTULO 5

La siembra y cosecha de agua, y las soluciones basadas en la naturaleza

Jorge Julián Vélez Upegui, Marco Albarracín Rodas, Alfredo Durán Núñez del Prado y Sergio Martos Rosillo

68

Sembrando agua, conservando la Tierra

Editor y coordinador:

Sergio Martos Rosillo

Autores y autoras:

Sergio Martos Rosillo. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España

Juan José Durán Valsero. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España

José María Martín Civantos. Universidad de Granada. España

Milka Slavia Castro Lucic. Universidad de Chile. Chile

Gricelda Herrera Franco. Universidad Península de Santa Elena. Ecuador

Jorge Julián Vélez Upegui. Universidad Nacional de Colombia. Colombia

Marco Albarracín Rodas. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador

Mónica Ximena Guzmán Rojo. Universidad Católica Boliviana. Bolivia

Jorge Jódar Bermúdez. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España

Adripino Jayo Huamaní. Colectivo Hatun Pampas Mayu. Perú

Alfredo Durán Núñez del Prado. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia

Juan Pablo Zamora Gómez. Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Agricultura Familiar Región NOA – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (IPAF NOA – INTA). Argentina

Las autoras y autores contribuyen a esta publicación a título personal y sus afiliaciones solo se mencionan con fines de identificación.

Portada:

Rocío Espín y Patricia Romero

Ilustraciones:

Rocío Espín y Sergio Martos Rosillo

Derrame de agua para su infiltración en la ladera desde la acequia de careo de Bérchules. Mecina Bombarón, Granada, España (Autor: Sergio Martos)





CAPÍTULO 1

Un poco de historia de la humanidad y su relación con el agua

Juan José Durán Valsero

La humanidad, tal como la conocemos actualmente, ha ocupado un corto periodo de la historia de la Tierra. Tan solo en los últimos (dos o tres) millones de años nuestros ancestros han campado por la faz de la tierra, compartiendo el territorio y los recursos disponibles para su existencia, con el resto de los seres vivos del planeta. Uno de los recursos básicos fundamentales para la supervivencia, si no el que más, es el agua.

Las primeras sociedades humanas de cazadores-recolectores necesitaban agua para subsistir, allá donde fueran en sus continuos desplazamientos. Posiblemente, la localización de las diversas fuentes de agua dulce, potable, para las comunidades humanas iniciales, sobre todo en zonas áridas y semiáridas, donde los cauces superficiales se secan durante el estiaje, vino de la mano del seguimiento de algunas especies

Sima de las Arroyadas. Mecina Bombarón, Granada, España. (Autor: Thomas Zakaluk)



1. Un poco de historia de la humanidad y su relación con el agua

animales, que muestran una elevada capacidad para localizar lugares donde aprovisionarse de este recurso vital, como ocurre, por ejemplo, en la actualidad con los elefantes africanos.

Sin embargo, el conocimiento del ciclo hidrológico, tal como lo conocemos ahora, no comenzó a tomar forma hasta los siglos XVIII y XIX. De hecho, en la Antigüedad clásica y hasta bien entrado el siglo XVII, se popularizó la creencia de que el agua salada de todos los mares conocidos se filtraba a través de sumideros existentes en los fondos oceánicos, viajando por el subsuelo y perdiendo la sal hasta surgir de nuevo en las montañas, en los manantiales, impulsada por vapores subterráneos. De cualquier manera, es seguro que una parte del conocimiento científico necesario para su establecimiento bebió en la experiencia empírica sobre el agua que los diversos pueblos y civilizaciones acumularon a lo largo de la prehistoria y de la historia.

Un paso crucial para la historia de la relación de la humanidad con el agua fue la llamada *revolución neolítica*, que trajo consigo el paso de sociedades nómadas cazadoras-recolectoras a sociedades sedentarias, agrícolas y ganaderas. La necesidad de «domesticar» los recursos de todo tipo comenzó, efectivamente, con los recursos vegetales (agricultura) y animales (ganadería), pero también con la «domesticación» del agua, sobre todo en lugares áridos y semiáridos, así como en lugares muy húmedos y lluviosos, para buscarla y almacenarla o para evitar los riesgos asociados a su abundancia extrema, respectivamente.

Esta necesidad de «domesticar» el agua se dio cuando solo existía en el planeta una única especie de homínidos, el *Homo sapiens sapiens*, habiendo dejado atrás en la evolución muchas otras especies del género *Homo*.

Vista aérea oblicua de la Motilla del Azuer, Daimiel, Ciudad Real, España, en la que se observa en primer término el pozo de captación de agua subterránea construido en la Edad del Bronce. (Autor: Servicio de Trabajos Aéreos del IGME, CSIC)





Desde ese momento, las tecnologías de acceso y control del agua han sido muy variadas, pero basadas siempre en la necesidad de disponer de agua para los distintos usos durante todas las estaciones del año, intentando desvincular el momento de su precipitación del momento de su uso, mediante mecanismos de almacenamiento, regulación o infiltración.

De alguna manera puede decirse que el ser humano ha intentado continuamente «entretener» de manera artificial, y en su beneficio, la circulación del agua a través de su ciclo natural.

Los métodos de regulación del agua superficial más generalizados han sido los aljibes, estanques y presas de distinto tipo y tamaño, mientras que para su distribución fueron los canales. Las aguas subterráneas han visto la luz mediante obras de captación, fundamentalmente pozos verticales y galerías subhorizontales, que han permitido conectar las

aguas subterráneas presentes en el subsuelo (es decir, en los acuíferos) con la superficie, donde ha sido utilizada extensamente por las comunidades humanas de todo el planeta.

Las técnicas relacionadas con el agua subterránea tienen un origen históricamente acreditado muy antiguo, hace más de 10 000 años. Surgieron en diferentes lugares, posiblemente de manera independiente, y las desarrollaron todas las grandes civilizaciones de los primeros continentes poblados. Posteriormente, se han diversificado y sofisticado, apareciendo restos de la presencia de infraestructuras hídricas antiguas en Asia, Europa, África y América.

El medio físico y la cosmovisión de cada lugar han dado origen a técnicas distintas, en algunas de las cuales la interacción de las comunidades humanas con elementos de la naturaleza, como montañas, ríos, lagunas,

Galería subterránea del Cabezo de la Jara, Huércal-Overa, Almería, España. (Autor: Antonio González Ramón)

1. Un poco de historia de la humanidad y su relación con el agua

cuevas o manantiales ha sido muy estrecha, formando parte de su sistema de creencias y de sus rituales.

Una de esas técnicas, repartida por varios continentes y con una estrecha vinculación con las comunidades humanas es la siembra y cosecha de agua, en sus diversas variedades. Desde hace algunos milenios y hasta la actualidad, existen enclaves, sobre todo montañosos y semiáridos, donde la «siembra» de agua mediante diferentes estrategias (excavación de balsas de infiltración, creación de barreras artificiales en pequeños cursos de agua o en lagunillas, modificación de las trayectorias de cursos de agua en bofedales o zonas húmedas, construcción de acequias para infiltrar el agua en ciertos puntos, entre muchas otras) ha permitido la presencia de agua disponible para las comunidades humanas (y de paso también para los ecosistemas vinculados a estos sistemas) durante las estaciones secas.

La siembra y cosecha de agua ha permitido, mediante la aplicación de estas técnicas ancestrales y su estrecha vinculación simbólica entre las comunidades humanas y su naturaleza circundante, la vida de numerosos colectivos en zonas de difíciles condiciones ambientales, generando lazos de gran intensidad, que han garantizado el viaje a través de numerosas generaciones hasta el presente. Igualmente, la siembra y cosecha de agua ha funcionado como un antídoto 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 letales, como desgraciadamente ha ocurrido históricamente en otras civilizaciones ajenas a estas técnicas hidrológicas.

Trabajo
colaborativo (Ayni)
de la comuna de
Colchane, Turuna,
Chile. (Autor: Diego
Aranibar Esteban)



CAPÍTULO 2

Sistemas de siembra de agua en España: acequias de careo, pesqueras, caceras y zayas

Sergio Martos Rosillo y Jorge Jódar Bermúdez

En España existen distintos ejemplos vivos de siembra y cosecha de agua. El más conocido e investigado es el de las acequias de careo de Sierra Nevada, el macizo montañoso de mayor elevación de la península ibérica.

En Sierra Nevada se siembra y cosecha agua desde la época de al-Ándalus (Edad Media) mediante las denominadas *acequias de ca-*

reo. Consisten en unos canales excavados en el terreno y sin revestir, con los que se deriva el agua de la cabecera de los ríos, durante la época de deshielo (abril-junio) para su infiltración en las laderas. Las acequias de careo presentan longitudes comprendidas entre decenas de metros y más de diez kilómetros de longitud. Su sección es trapezoidal, con unos ochenta centímetros de ancho por

Acequia de careo de Trevélez, Granada, España. (Autor: Sergio Martos)





- ♂ Manantial
- Dirección del flujo de agua
- Ac Acequia de careo
- Ar Acequia de riego

cincuenta o sesenta de profundidad, aunque hay acequias de mayores dimensiones. Estas acequias pueden transportar e infiltrar caudales de entre 10 l/s y 1500 l/s.

El sistema de funcionamiento es sencillo a la vez que eficiente y su motor es la fuerza de la gravedad. El agua derivada de la cabecera del río circula por la acequia dirigiéndose a diferentes lugares (simas, calaeros o matas) donde se vierte para su infiltración. Parte del agua que circula por la acequia también se infiltra a lo largo de su cauce. Una vez que el agua llega a los materiales acuíferos, que se desarrollan en las laderas de la montaña, comienza a circular lentamente, con velocidades promedio de 1 m/día, buscando los manantiales y ríos situados a menor altitud. El desfase temporal ocurrido desde la siembra o infiltración del agua hasta que esta sale a superficie nuevamente (y se cosecha) permite que los manantiales y los ríos tengan un caudal prácticamente cons-

tante a lo largo de todo el año, especialmente durante los periodos de sequía.

El agua sembrada en estas acequias permite el suministro de agua potable a las poblaciones serranas y al ganado, así como el riego de pastos y cultivos durante los periodos estivales, contribuyendo, a su vez, al mantenimiento de innumerables ecosistemas asociados y al incremento de la biodiversidad. Las investigaciones hechas hasta el momento han demostrado la antigüedad, la eficiencia y la resiliencia de este sistema de manejo del agua. Así lo ha entendido la UNESCO, que ha reconocido a las acequias de careo de Sierra Nevada como el primer sitio demostrativo de España y, el trigésimo a nivel mundial, donde se hace un manejo ecohidrológico del agua.

Hasta hace poco tiempo, se pensaba que las acequias de careo eran el único sistema de siembra de agua operativo en la península

Esquema de funcionamiento hidrogeológico de una acequia de careo.

2. Sistemas de siembra de agua en España: acequias de careo, pesqueras, caceras y zayas

ibérica. Sin embargo, existen otros sistemas muy parecidos y, probablemente, también de origen antiguo, quizás medieval. Es el caso de las pesqueras de la comarca de La Vera, en la provincia de Cáceres, las regaderas de la sierra de Gredos, las caceras de la sierra de Guadarrama o el de las zayas de la comarca de La Valduerna, en León, al noroeste de España.

Las pesqueras de la comarca de La Vera son unas acequias muy parecidas a las de careo. Están excavadas en la zona de alteración de las rocas graníticas. Con las pesqueras se extrae el agua de las zonas de mayor altitud de las gargantas fluviales, durante buena parte del año, para regar pastos e infiltrarla, con objeto de recargar agua en la zona de alimentación de los manantiales ubicados a media ladera. El agua que surge por estos manantiales permite que estos tengan mayor caudal en época estival. Este hecho es de vital importancia, dadas las altas temperatu-

ras y las escasas lluvias que se producen en verano en esta región. Buena parte del agua infiltrada también contribuye a incrementar el agua que circula por las gargantas durante los periodos de estiaje. Muchas fuentes públicas y casas de campo que antiguamente abundaban, dispersas en la montaña, están alimentadas por manantiales abastecidos por pesqueras. Los primeros trabajos de recuperación de pesqueras abandonadas se están realizando en la localidad de Aldeanueva de La Vera, en Cáceres. Las pesqueras cartografiadas hasta el momento en la garganta de San Gregorio, tienen longitudes comprendidas entre 1200 m y 3200 m, con secciones medidas de 80 cm de ancho por 40 cm de profundidad. Estas acequias presentan capacidades de transporte e infiltración de agua comprendidas entre 60 l/s y 190 l/s. Se desconoce el número de pesqueras abandonadas en la comarca de La Vera; sin embargo, las iniciativas de recuperación como

Acequero derivando el agua de la acequia de Bérchules para su infiltración en la sima de las Arroyadas. (Autor: Sergio Martos)







la que se está llevando a cabo la Comunidad de Regantes Ocho Caños, son muy prometedoras, habiéndose recuperado más de 10 km de pesqueras, en poco más de dos años, mediante campañas de voluntariado.

Las caceras de la sierra de Guadarrama, en la provincia de Segovia, son acequias de riego de huertas, pastos y linares, aunque también se usan para abastecimiento. Además de cumplir estas funciones, las caceras ubicadas a mayor altitud también contribuyen a la siembra de agua allí por donde discurren. Los documentos más antiguos que hacen referencia a ellas son del siglo XI, y ya entonces se indicaba que estas provenían de época inmemorial. La mayoría de las poblaciones segovianas situadas al pie de la sierra de Guadarrama tenían sus caceras, que en muchos casos eran gestionadas entre varias poblaciones, al discurrir estas por distintos términos municipales. Actualmente existen

Vista aérea de la sima de las Arroyadas, donde se vierte el agua de la acequia de Bérchules para su infiltración. (Autor: Blas Ramos)

Acequia de careo
de El Almiar, a su
paso por el bosque
de robledales más
meridional de
Europa. Soportujar,
Granada, España.
(Autor: Sergio
Martos)







algunas comunidades de agua, asociaciones de regantes de varias poblaciones que gestionan de forma conjunta una cacera. Las longitudes de las caceras están comprendidas entre centenares de metros y 14 km, con una sección media de un metro de ancho por unos 50 cm o 60 cm de profundidad.

Otra zona de especial interés se localiza en la comarca de La Valduerna, en León, al noroeste de España, donde se denomina *zayas* a las acequias de infiltración. Se trata de canales excavados en el terreno, normalmente sobre arenas, gravas y arcillas, con longitudes comprendidas entre 2 km y 6 km, y secciones de 1,2 m de ancho por 70 cm de profundidad. Las capacidades de transporte de las *zayas* permiten la circulación de caudales comprendidos entre 100 l/s y 250 l/s. 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 riego (parte del agua utilizada para el riego que acaba infiltrándose en los acuíferos al no ser consumida por los cultivos), consiguen 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. Existen algunos molinos de agua sobre las *zayas* que datan del siglo XVIII, pero el sistema es probablemente bastante anterior. Una prueba experimental llevada a cabo por la Confederación Hidrográfica del Duero, con el asesoramiento de parte del equipo de la Red de Siembra y Cosecha de Agua (SyCA), comprobó la alta capacidad de infiltración de agua de las *zayas* y el incremento del agua

Trabajos de recuperación de pesqueras en Aldeanueva de la Vera, Cáceres, España. (Fuente: MEMOLab UGR)

2. Sistemas de siembra de agua en España: acequias de careo, pesqueras, caceras y zayas

almacenada en el acuífero. La investigación detallada de esta forma de manejar el agua, en esta zona llana de La Valduerna, permitió aplicar este sistema de uso conjunto de agua superficial y subterránea en buena parte de la superficie regable de España, dado que la configuración de la infraestructura hidráulica es muy parecida a la de las principales zonas de riego.

Siembra de agua
con caceras en
Trecasas, Segovia,
España. (Fuente:
Tenada del Monte)









Zaya de la comarca
de La Valduerna,
León, España.
(Autor: Víctor del
Barrio)

CAPÍTULO 3

La siembra de agua en Sudamérica: amunas, qochaqochas, qochas, tapes, bofedales altoandinos y andenerías

Gricelda Herrera Franco, Juan Pablo Zamora Gómez, Mónica Ximena Guzmán Rojo,
Adripino Jayo Huamaní, José María Martín Civantos y Sergio Martos Rosillo

En Sudamérica, particularmente en la región andina, las comunidades originarias, campesinas, juntas de regantes, y otras formas de organización, emplean una amplia variedad de técnicas ancestrales de siembra y cosecha de agua (SyCA) con las que se consigue una gestión ejemplar de este recurso. Los sistemas ancestrales de siembra de agua más conocidos son amunas o mamanteos, qochaqochas, qochas,

albarradas, jagüeyes, tapes, diques o atajados, bofedales y sistemas de riego en andenerías. Todos estos sistemas destacan por su alta eficiencia técnica, económica y ambiental, por su resiliencia y por ser ejemplos vivos de sistemas de adaptación al cambio climático.

En ocasiones, los humanos encontraron soluciones iguales o muy parecidas para el mane-

Labores de recuperación de una amuna en Tupicocha, Perú.
(Ilustración: Rocío Espín, basada en una fotografía de Forest Trends)



3. La siembra de agua en Sudamérica: amunas, qochaqochas, qochas, tapes, bofedales altoandinos y andenerías

jo del agua en contextos culturales completamente distintos y separados. Es el caso de las amunas peruanas y las acequias de careo de Sierra Nevada, en el sur de España. En ambos casos, se trata de canales excavados en el terreno que infiltran el agua en las partes altas de las laderas para que surja meses después a menor altitud, por manantiales, arroyos, galerías y pozos. Ambas soluciones fueron construidas hace al menos 1000 años: las primeras, en contextos preincaicos e incaicos, y las segundas, en época islámica.

El esquema de funcionamiento hidrogeológico de una amuna es el mismo que el de una acequia de careo. Sus dimensiones también son muy parecidas. Las secciones más frecuentes son de 50 cm a 60 cm de ancho y 40 cm a 50 cm de profundidad. En relación con su longitud, alguna amuna supera los 24 km, aunque la mayoría no suele tener más de 3 km. Actualmente, se pueden visitar amunas activas en las ca-

beceras de los principales ríos que abastecen a la gran ciudad de Lima: los ríos Chillón, Rimac y Lurín. Distintas instituciones públicas y privadas están haciendo un gran esfuerzo en mantener y recuperar estos eficientes sistemas de recarga de acuíferos, para, junto con los embalses de regulación, mejorar la seguridad hídrica de la capital de Perú. Aunque aún no se conocen trabajos de investigación contrastados, parece que también existen amunas en algunas regiones de Bolivia, Chile y Ecuador.

Exclusivas de América son las qochaqochas, que consisten en unas pequeñas balsas circulares excavadas en el terreno, sin impermeabilizar, mantenidas por los pastores de las regiones altoandinas de provincias como las de Ayacucho, Cangallo, Huancavelica y Huaytará. Se suelen ubicar por encima de los 4000 m de altitud, en el límite entre la zona nival y los pajonales de mayor altitud. En las zonas de mayor pendiente tienen superficies

Amuna infiltrando
agua en la ladera.



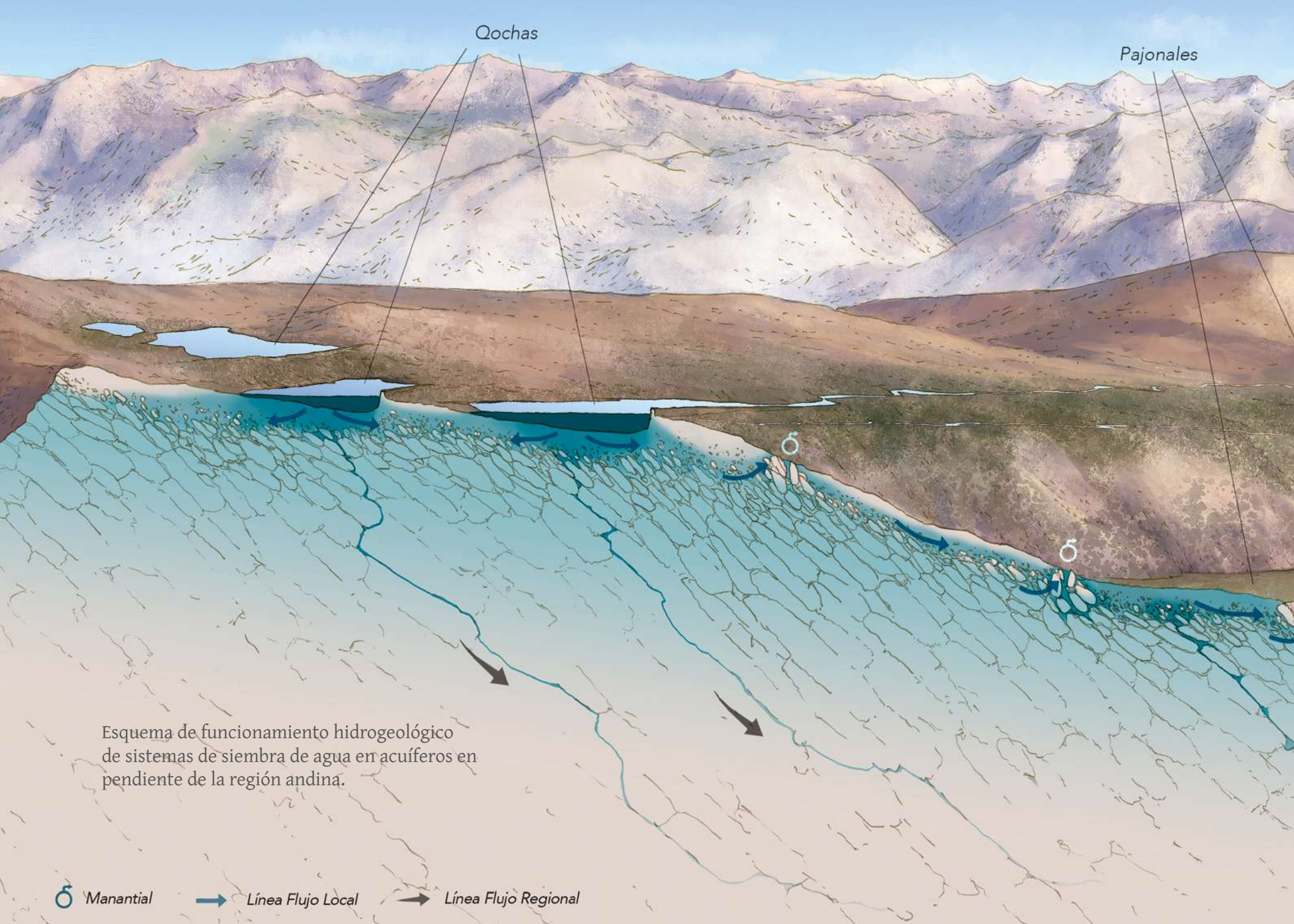


de lámina de agua con diámetros comprendidos entre 2 m y 20 m y profundidades de 25 m a 45 cm. En zonas llanas pueden llegar a alcanzar hasta 60 m de diámetro y profundidades próximas a 1 m. Se excavan con el objetivo de retener la escorrentía, generar abrevaderos y pastos y de recargar los manantiales que manan aguas abajo. En las zonas donde se realiza este tipo de siembra de agua hay cientos de qochaqochas por hectárea. En muchos de estos «campos de qochaqochas» estas aparecen colmatadas por su abandono, pero existen ciertas iniciativas que están por su investigación, revaloración y recuperación.

Las qochas de infiltración, también conocidas como albarradas o jagüeyes, son pequeñas lagunas recrecidas con muros de tierra y champas, que infiltran el agua de lluvia que escurre a través de los arroyos de cabecera de las cuencas hidrológicas. Al ser construidas sobre terrenos de moderada permeabili-

dad, permiten que el agua acumulada se filtre lentamente para recargar a los acuíferos, que serán aprovechados aguas abajo en los periodos secos. Estas estructuras hidráulicas ancestrales pueden tener una superficie que va desde los cientos hasta las decenas de miles de metros cuadrados, con capacidades de almacenamiento de agua que pueden alcanzan los 50 000 m³. Son muy frecuentes en las partes altas de las cuencas andinas, donde la población local las mantiene para garantizar un caudal continuo de descarga en los manantiales y arroyos que nacen aguas abajo. La existencia de estas surgencias, que funcionan durante todo el año, permite la creación de pequeños humedales donde crecen pastos utilizados para la ganadería. En Perú y en Ecuador las qochas de infiltración para la recarga de acuíferos son muy frecuentes, existiendo importantes inversiones de fondos públicos para su recuperación y réplica. Por lo que la investigación para la selección

Qochaqocha situada a 4380 m de altitud en la comunidad campesina de Llillinta, Pilpichaca, Huaytará-Huancavelica, Perú.
(Autor: Adripino Jayo)



Qochas

Pajonales

Esquema de funcionamiento hidrogeológico de sistemas de siembra de agua en acuíferos en pendiente de la región andina.



Manantial



Línea Flujo Local



Línea Flujo Regional



Amunas

Bofedal

♂

♂

♂



3. La siembra de agua en Sudamérica: amunas, qochaqochas, qochas, tapes, bofedales altoandinos y andenerías

de los lugares adecuados para su ubicación es fundamental.

Los tapes o atajados consisten en muros de piedra o tierra construidos en el cauce de los arroyos de caudal intermitente. Se levantan para acumular e infiltrar en el subsuelo el

agua de escorrentía que se genera durante los periodos de lluvias intensas. Este tipo de estructuras son muy comunes en todas las regiones áridas y semiáridas de nuestro planeta, siendo esenciales para garantizar el suministro de agua para uso de boca en buena parte del África subsahariana. En América del Sur,

Tape de tierra con el que se mejora la calidad y la cantidad de agua suministrada desde el acuífero aluvial a la población de Manglaralto en Ecuador.
(Fuente: ESPOL)



se pueden encontrar en zonas de montaña, como en Catacocha (Loja, Ecuador), sitio demostrativo de ecohidrología reconocido por la UNESCO, y en zonas llanas y costeras. Es el caso del litoral de la península de Santa Elena, también en Ecuador. Allí, los tapes de tierra contribuyen a incrementar la recarga de los

acuíferos y a reducir los problemas asociados a la intrusión de agua de mar. Los acuíferos recargados mediante los tapes son explotados con pozos, siendo digno de destacar el desarrollo de nuevos diques técnico-artesanales, diseñados por distintas universidades ecuatorianas e inspirados en los tapes ancestrales.



Tapes de roca en la comunidad campesina de San Juan de Iris, Huarochiri, Lima, Perú. (Autor: Víctor Alarcón)

3. La siembra de agua en Sudamérica: amunas, qochaqochas, qochas, tapes, bofedales altoandinos y andenerías

En las regiones andinas del centro y el sur de Perú, Bolivia, norte de Chile y Argentina, a altitudes comprendidas entre 3500 m y 5200 m, suele ser frecuente la presencia de extensos humedales de altura conocidos como bofedales. Estos humedales se caracterizan por ser sistemas de una elevada producción primaria, en los que crece un amplio espectro de plantas hidrófilas, que generan importantes acumulaciones de turba y constituyen verdaderas esponjas para el secuestro de carbono, además de ser puntos calientes de biodiversidad y proveer otros valiosos servicios ecosistémicos. Lo que la mayoría desconoce es que estos humedales están fuerte y sabiamente intervenidos por las manos de la población indígena. Estas superficies verdes son irrigadas y recreadas mediante la creación de extensas redes de canales, conocidos localmente como camellones. Las aguas de los manantiales y de los ríos que nacen a los pies de los nevados son esparcidas de forma magistral, para incre-

mentar la superficie de pastos para la cría de camélidos. Al mismo tiempo la vegetación, los suelos y los sedimentos acumulados en estas zonas húmedas retienen y liberan lentamente el exceso de agua que les llega, agua que surge tiempo después por quebradas y manantiales, y que permite garantizar su suministro para distintos usos a la población local. Además de su interés ambiental, los bofedales y su manejo son una parte esencial del patrimonio cultural e histórico de los pueblos andinos originarios, por lo que su mantenimiento y protección es cada vez más evidente, al quedar muchos de ellos incluidos en zonas naturales y culturales de especial protección.

Por último, se describen los sistemas de regadío históricos en andenes, que, además de darle su nombre a la gran cadena montañosa de América del Sur, constituyen otro de los sistemas más importantes de siembra de agua. Una importante fracción del agua aplicada para rie-



Sección de un tape
de rocas activo.



Camellones
excavados en el
bofedal de Caquena,
Chile. (Autor:
Luciano Mateos)

go en las andenerías (entre un 30 % y un 40 %) no es consumida por las plantas. Esta importante cantidad de agua que se infiltra por debajo de la zona radicular se denomina *retorno de riego* y contribuye a alimentar el caudal de manantiales y ríos. En la región andina, la mayoría de las zonas de cultivo se hacen en

andenerías. La variedad y la superficie total de andenes en América del Sur es magnífica. Desde las imponentes andenerías prehispánicas de tipo cusqueño, en los espectaculares yacimientos arqueológicos de Machu Picchu, Piscac, Ollantaytambo, Moray o Tipón a las de otras no tan sofisticadas pero casi igual de efi-

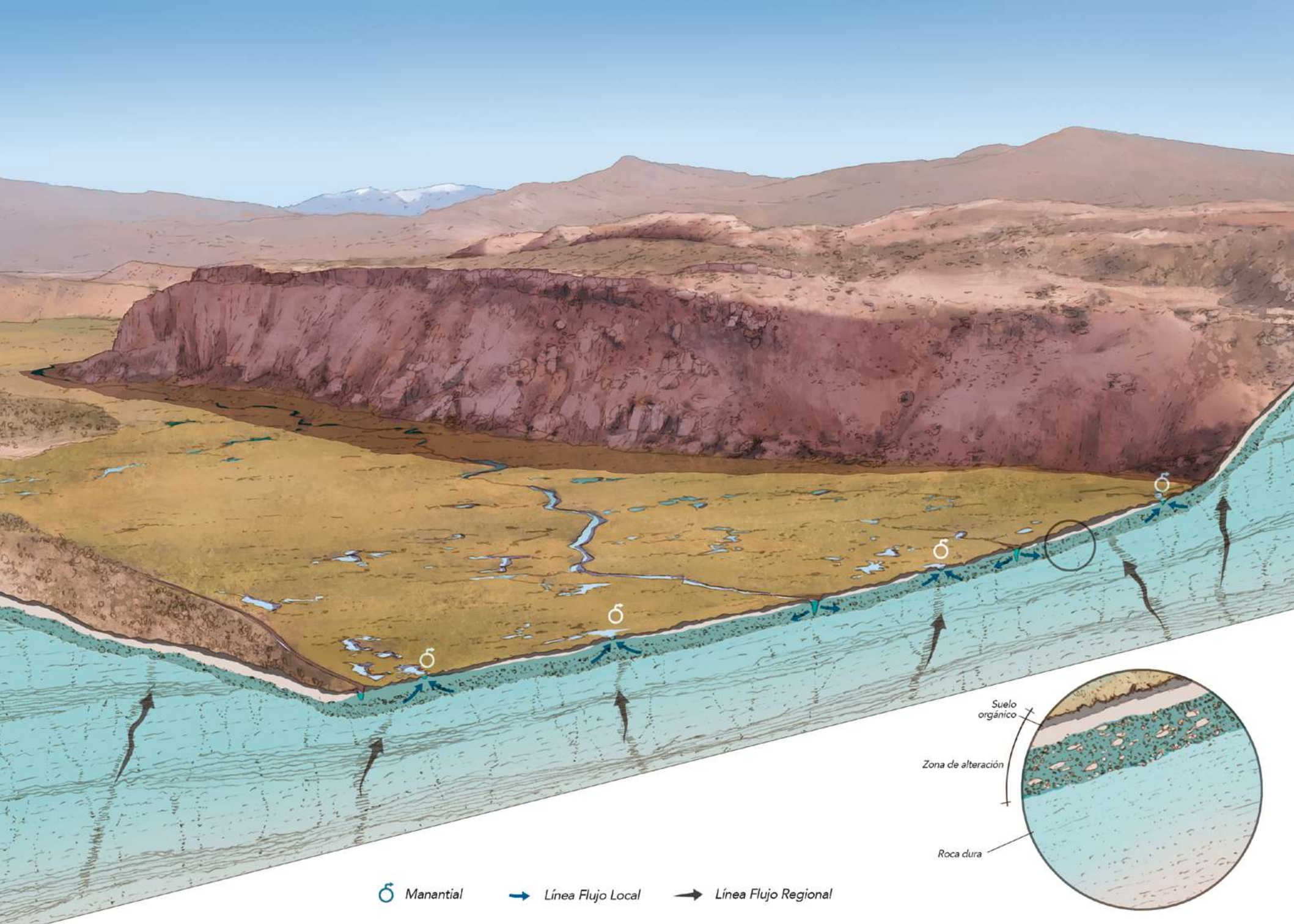


Andenerías de
tipo cusqueño.
Yacimiento
arqueológico de
Tipón, Cuzco, Perú.
(Autor: Sergio
Martos)

Andenerías
prehispánicas en la
Quebrada de
Humahuaca,
provincia
de Jujuy, Argentina.
(Autor: Juan Pablo
Zamora Gómez)







♂ Manantial

→ Línea Flujo Local

→ Línea Flujo Regional

Suelo orgánico
Zona de alteración
Roca dura

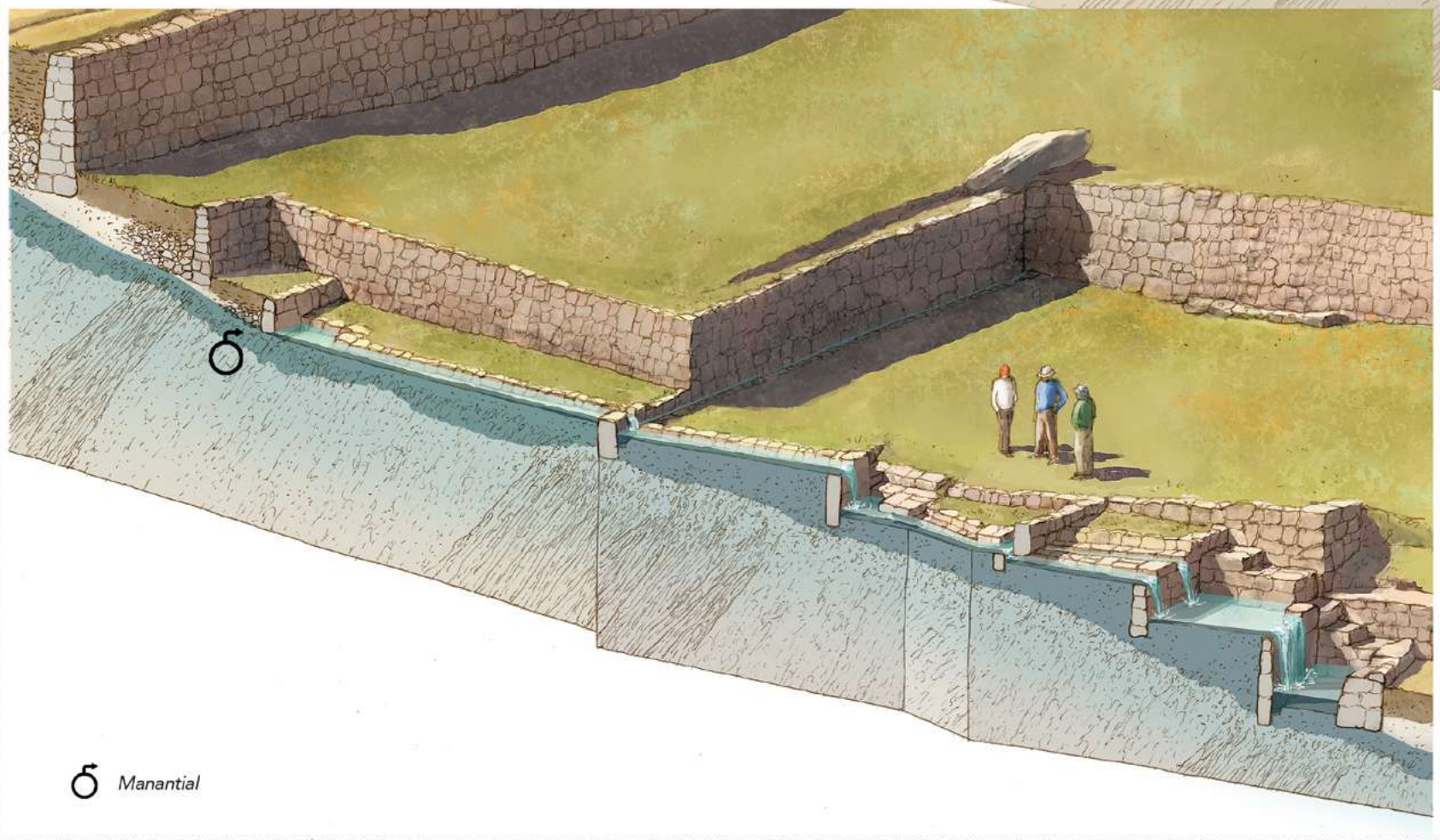
cientes, como las que se pueden encontrar en el noroeste argentino, donde existen numerosos complejos arqueológicos con este sistema de bancales.

Otra práctica asociada a los regadíos tradicionales y ancestrales la encontramos en muchas regiones de América del Sur, como en la Quebrada de Humahuaca, en la provincia de Jujuy, Argentina. En las andenerías ubicadas sobre las terrazas aluviales del río Grande se riegan por manto pastizales naturales, facilitando la infiltración de buena parte del caudal que pasa a alimentar al río principal a través de manantiales que se encuentran en la base de la terraza aluvial, permitiendo su utilización por otros regantes ubicados aguas abajo.

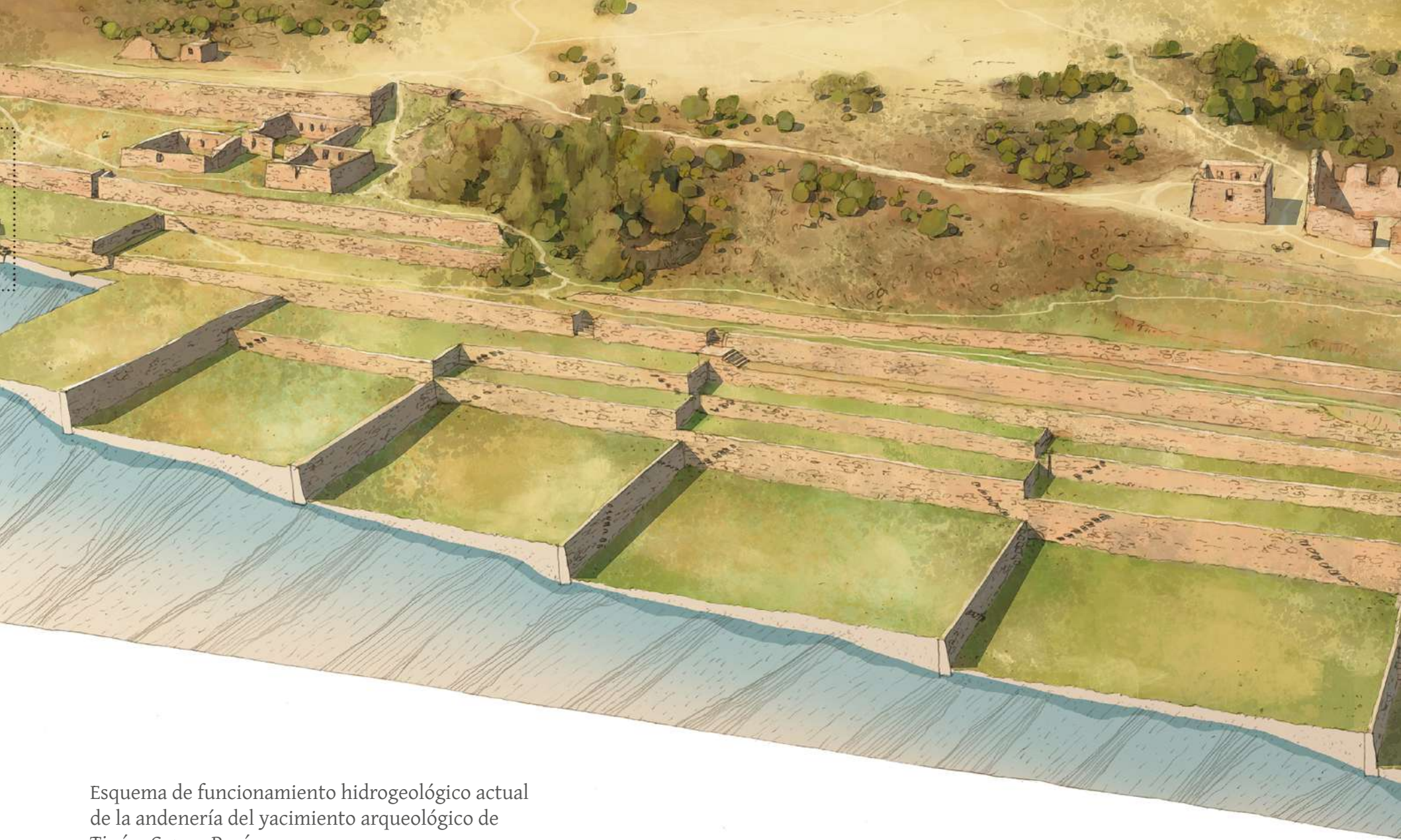
Todos estos sistemas ancestrales de manejo del agua están ligados al conocimiento ecológico de la población local y son resultado de un proceso histórico de adaptación del

ser humano a la naturaleza, de los cuales tenemos mucho que aprender. El paradigma de la nueva gestión de los recursos hídricos que persiguen los países más «avanzados», la gestión integral del agua, se lleva realizando en algunas zonas remotas de nuestro territorio desde hace más de mil años. Sin embargo, hemos buscado respuestas fuera cuando la gente humilde de nuestra tierra, tras muchos años de duro esfuerzo y observación, ya las había encontrado. La siembra y cosecha de agua es un ejemplo de resiliencia, adaptación al cambio climático y una solución basada en la naturaleza, pero, sobre todo, es parte de nuestro patrimonio, por lo que debemos preservarlo para las generaciones futuras.

Esquema de funcionamiento hidrogeológico de un bofedal altoandino.



σ Manantial



Esquema de funcionamiento hidrogeológico actual de la andenería del yacimiento arqueológico de Tipón, Cuzco, Perú.

Riego por manto
en una terraza
aluvial del río
Grande, Quebrada
de Humahuaca. El
retorno de riego
aflora en la base de
esta, en forma de
manantial. (Autor:
Juan Pablo Zamora
Gómez)





CAPÍTULO 4

Cultura y comunidad. La siembra y cosecha de agua como conocimiento ancestral y práctica campesina

José María Martín Civantos y Milka Slavia Castro Lucic

Los sistemas históricos de manejo de agua, en general, y la siembra y cosecha de agua, en particular, están ligados a complejos conocimientos ecológicos locales y a prácticas tradicionales inseparables en buena medida de lo colectivo (lo familiar o lo comunitario), pero también de visiones del mundo que permiten explicar los fenómenos de la naturaleza, los ciclos vitales, la trascendencia, la propia vida y la muerte.

Los conocimientos ecológicos locales tienen como base la observación y la experimentación (ensayo y error), y están en continua evolución. Son, en realidad, sistemas de conocimiento, con complejos mecanismos no solo de formación y evolución, sino también de transmisión a través de nuevo de la observación y la experimentación, pero sobre todo de la práctica. Son el resultado de procesos de

Comunidad local tras la recuperación de una qocha en la región de Ayacucho, Perú. (Autor: Luis Acosta)





relación con la naturaleza y de la propia necesidad de subsistir, de garantizar la producción y reproducción del grupo campesino. Son conocimientos que no abarcan solo un aspecto, o un recurso, ni se presentan aislados. En las propias prácticas y manejos de siembra y cosecha de agua no solo encontraremos conocimientos sobre aguas, superficiales y subterráneas, en forma líquida o sólida, sino también sobre suelos, hidrogeología, mineralización de las aguas, y su relación con plantas y animales. No todos los miembros de una comunidad poseen la totalidad de los conocimientos atesorados en la misma. También hay roles y diferencias en esos saberes que dependen, en buena medida, de la necesidad, pero también de otra característica innata al ser humano: la curiosidad. Son, además, conocimientos que se renuevan y evolucionan, adaptándose a nuevas circunstancias, a crisis, ciclos climáticos e incluso a desastres. Son, en su mayoría, responsables de la capacidad no solo produc-

tiva o de subsistencia, sino también de la capacidad de resiliencia de las propias comunidades.

Las prácticas tradicionales dependen en buena medida de esos conocimientos ecológicos locales, pero también de condicionantes sociales: el papel de la familia, extensa normalmente, de la comunidad, de las formas de relación internas o de la existencia de presiones externas a la misma, de los roles de género, la edad o la propia especialización del trabajo (los niños, por ejemplo, hacen muchas veces de pastores; las mujeres son a menudo las custodias de las semillas, etc.). Como decimos, la práctica es una forma esencial de transmisión de los conocimientos, no solo intergeneracional, sino también entre miembros de la comunidad o, incluso, de acogimiento de nuevos integrantes. La práctica está, además, íntimamente ligada a diferentes niveles de lo colectivo. De nuevo podemos partir de lo fa-

Nivelación para la recuperación de la acequia de careo de Barjas, Cádiz, Granada, España. (Fuente: MEMOLab UGR)

4. Cultura y comunidad. La siembra y cosecha de agua como conocimiento ancestral y práctica campesina

miliar, entendido normalmente como familia extensa (hasta llegar a la tribu), pasando por el intercambio o cooperación entre vecinos (intercambio de dones, como las semillas, o de trabajo), para llegar a lo comunitario, que se instituye con sistemas de gobernanza para el establecimiento de derechos y obligaciones, la toma de decisiones o la resolución de conflictos. El agua es, por lo general, un bien comunal, ya se entienda desde la trascendencia como un don divino o bien como un elemento esencial a compartir entre todos para el bien común. Será de hecho muy raro poder ver alguna de las prácticas de Siembra y Cosecha o de manejo de agua en general que no sea comunitaria.

Y, finalmente, lo divino y el bien común, están íntimamente ligados a formas de concebir y explicar el mundo, los ciclos vitales, la vida y la muerte. La posibilidad de garantizar

la subsistencia, la producción y reproducción del grupo campesino, la dureza del trabajo, la necesidad de la colaboración o de establecer sistemas de gobernanza, la incertidumbre o la certeza de la muerte han llevado al ser humano no solo a pensar en su propia existencia en este mundo, sino en la trascendencia. Las formas en las que los distintos contextos civilizatorios han concebido el mundo, la naturaleza, la vida y la muerte o el más allá y las relaciones entre ellas han dado lugar a diferentes creencias y cosmovisiones a lo largo de la historia. Estas han tenido manifestaciones de lo más variado, pero siempre han intentado dar respuestas y servir como elemento de cohesión de la comunidad y de construcción de identidad, como garante de la continuidad de las prácticas y de los conocimientos, como limitante de las actividades abusivas y destructivas con el medio o de la reproducción del grupo campesino.

Recopilación de los conocimientos ecológicos locales durante el trabajo de campo, en la falda sur de Sierra Nevada, España.
(Fuente: MEMOLab UGR)



4. Cultura y comunidad. La siembra y cosecha de agua como conocimiento ancestral y práctica campesina

En el occidente europeo, la tradición judeocristiana modificó radicalmente la relación con la trascendencia y con la naturaleza y sus formas de expresión, de manera que resulta muy difícil hablar de cosmovisiones más allá del relato de la creación ligado sobre todo a un discurso de dominación sobre el medio. Sin embargo, en la cultura campesina sí quedaron muchos elementos, tanto de religiosidad popular o de creencias locales (santos, romerías, fechas señaladas en el calendario) como de mistificación de la naturaleza (al agua se le atribuyen características casi como si fuera un ser vivo) o de relación social (de nuevo, lo comunitario, lo familiar) y formas de expresión (refranes, canciones), que son reflejo de esa relación con la naturaleza.

En Sudamérica, esta tradición cultural es más evidente en el sustrato indígena, pero también en muchas formas de hibridación colonial. La particularidad fundamental de este conoci-

miento radica en no separar lo empírico de su concepción sacralizada de la naturaleza, entendida esta como el espacio habitado por los espíritus de sus ancestros de quienes heredaron las formas de trabajar, con los elementos que ella les concede y que tienen vida. Es así como, cada actividad en y con la naturaleza es un verdadero diálogo con la Madre Tierra, Pacha Mama, que se expresa en los objetos, palabras, acciones o gestos ceremoniales, que utilizan con gran prolijidad y respeto en cada ritual, reavivando los saberes y renovando los vínculos con ella. Un mecanismo de control de ese equilibrio lo encontramos en que, si no se realiza un ritual en tales términos, hay riesgo de que la naturaleza «cobre» por el incumplimiento de las costumbres y que sancione con sequías, plagas o enfermedades, entre otras calamidades. Esta concepción se interpreta hoy como los derechos de la naturaleza, en una disputa que deja al descubierto las diferencias entre el sentido de la cultura ances-

Limpieza de
camellones en
el bofedal de
Colchane, Tarapacá,
Chile. (Autor: Diego
Aranibar Esteban)



4. Cultura y comunidad. La siembra y cosecha de agua como conocimiento ancestral y práctica campesina

tral de los pueblos indígenas, que integra en su cosmovisión holística sus propias formas de vida, la naturaleza, la relación humanizada con todos los componentes del paisaje —por ejemplo, el agua, los ríos, las montañas, las piedras y las plantas—, y la cosmovisión de la cultura occidental heredera del naturalismo. Esto significa que, cuando se ignora la cosmovisión y se extrae solo la técnica, se está desgajando el entramado valórico ancestral, representado por la figura de la Pacha Mama que, en la concepción de los pueblos originarios, tiene como esencia el respeto a la sabiduría de la naturaleza, la Madre Tierra. No obstante, es muy frecuente que, ante la mirada científica, oculten esta particular cosmovisión propia de pueblos indígenas.

Estos conocimientos, prácticas y cosmovisiones se encuentran en un acelerado proceso de desaparición o transformación en el contexto globalizado actual. Sin embargo, en el para-

digma de la cooperación internacional para el desarrollo sostenible, se promueve cada vez más la necesidad de aumentar el conocimiento sobre las prácticas indígenas y campesinas ancestrales, reconociendo en ellas su armónica relación con la naturaleza, a través de las técnicas y conocimientos para el buen manejo del agua. Este particular saber ancestral, que recibe hoy gran atención por constituir ejemplo de buenas prácticas en la lucha contra la crisis ambiental y el cambio climático, se aleja cada vez más de aquel pensamiento que supone la existencia de sociedades modernas o civilizadas, en oposición a aquellas tradicionales, campesinas o «salvajes», condenadas a desaparecer.

Lo moderno no tiene por qué implicar necesariamente la destrucción de todos aquellos valores, conocimientos y prácticas que han demostrado ser enormemente sostenibles y resilientes a lo largo de centenares de años



y generaciones. La eficiencia de nuestros sistemas productivos debería también medirse con criterios de sostenibilidad y resiliencia, desde la multifuncionalidad y no solo desde una concepción desarrollista y economicista que debería estar ampliamente superada por sus enormes impactos a nivel global.

Medición tradicional de volumen de agua en una balsa de riego para su reparto, Sierra Nevada, España. (Fuente: MEMOLab UGR)





Trabajos
comunitarios
en Cáñar,
Granada, para
la recuperación
de acequias de
careo. (Fuente:
MEMOLab UGR)

CAPÍTULO 5

La siembra y cosecha del agua, y las soluciones basadas en la naturaleza

Jorge Julián Vélez Upegui, Marco Albarracín Rodas, Alfredo Durán Núñez del Prado
y Sergio Martos Rosillo

Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) se refieren a un conjunto de acciones que aprovechan procesos naturales para abordar algunos de los desafíos sociales y ambientales más urgentes, como la amenaza de la escasa disponibilidad del agua, el creciente riesgo de desastres naturales o el cambio climático. Estas soluciones siguen las mismas estrategias que utiliza la naturaleza para enfrentar los

problemas más importantes que se presentan en la actualidad. Las SbN permiten, simultáneamente, proteger, restaurar, gestionar y aprovechar de manera sostenible los diversos ecosistemas y los servicios que estos proveen, para que aumente la resiliencia y la capacidad de respuesta a las demandas sociales, al tiempo que se mejoren la biodiversidad y el bienestar ambiental. Las SbN hacen que los luga-

Acequia de riego en
Sierra Nevada. (Autor:
Sergio Martos)





res donde vivimos sean más seguros y fuertes ante los desastres naturales y que las comunidades sean capaces de cuidarse, al mismo tiempo que cuiden de la fauna, las plantas y el territorio común en el que habitan.

Las SbN abarcan una amplia gama de enfoques y prácticas, que van desde la restauración de hábitats, la gestión de recursos hídricos, la reducción del riesgo ante desastres o la infraestructura verde para mejorar la calidad de los servicios ecosistémicos. Parten de la noción de que cuando los ecosistemas son saludables y están bien administrados, estos brindan beneficios y servicios esenciales a las personas. Algunos de estos beneficios son la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para reducir los impactos del cambio climático, el incremento de la seguridad de los recursos hídricos, la contribución a la limpieza del aire o una mayor seguridad alimentaria.

Qocha o albarrada
«Pisaca», Loja, Ecuador.
(Autor: César Aguirre)

Desde la Cumbre sobre la Acción Climática convocada por el secretario general de las Naciones Unidas el pasado 23 de septiembre 2019, las SbN son reconocidas como una de las áreas de acción prioritarias para cumplir con las metas establecidas en el Acuerdo de París sobre el clima. Las SbN están muy ligadas con acciones para la gestión del agua, especialmente en campos como la sociohidrología, la hidrología, ecohidrología, la ingeniería ambiental, la gestión integral de los recursos hídricos y en general con las ciencias de la Tierra. En todos los casos, el objetivo es la búsqueda de soluciones sustentables ante los problemas hídricos y socioambientales presentes en numerosos lugares del planeta.

De la lectura de este libro se puede concluir que la siembra y cosecha de agua se hace siguiendo procesos que imitan a la naturaleza y que generan importantes beneficios hidrológicos, ambientales, sociales y culturales. Se

5. La siembra y cosecha de agua, y las soluciones basadas en la naturaleza

Acequia de careo de Sierra Nevada, vertiendo agua en una sima para su infiltración.
(Autor: Sergio Martos)

trata, por tanto, de una solución basada en la naturaleza, que en algunas regiones del ámbito iberoamericano lleva más de mil años funcionando. Además de los claros beneficios para las comunidades locales, la biodiversidad y su contribución al cumplimiento de algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por Naciones Unidas, constituyen una herramienta de adaptación y mitigación frente al cambio climático, que ya ha demostrado su validez y su resiliencia. Por otro lado, el saber ecológico y popular de los pueblos iberoamericanos es un bien de especial interés patrimonial que debe ser preservado y protegido, para que este sea conocido y valorado por las generaciones venideras.





La siembra y cosecha de agua es el proceso mediante el cual el ser humano recolecta e infiltra (siembra) el agua de lluvia y de escorrentía en el subsuelo para poder recuperarla (cosecharla) un cierto tiempo después. Esta técnica sigue los saberes ecológicos que las comunidades locales han generado tras numerosos siglos de observación de la naturaleza. Su uso estaba generalizado en la región andina antes de la colonización española y en la península ibérica desde, al menos, la época de al-Ándalus.

En este libro divulgativo se describe qué es la siembra y cosecha del agua, y se presentan sus principales tipologías en América Latina y en España. Además, se tratan temas relativos a su ancestralidad y se aborda la relación de estas técnicas milenarias con las soluciones basadas en la naturaleza para la gestión integrada del agua.

