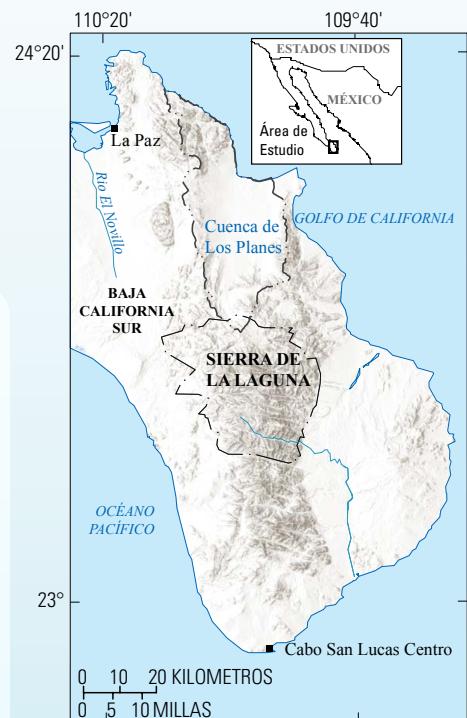


# Preservación e Incremento de Recursos Hídricos Mediante Infraestructura Natural en Arroyos de Tierras Áridas en Baja California Sur, México

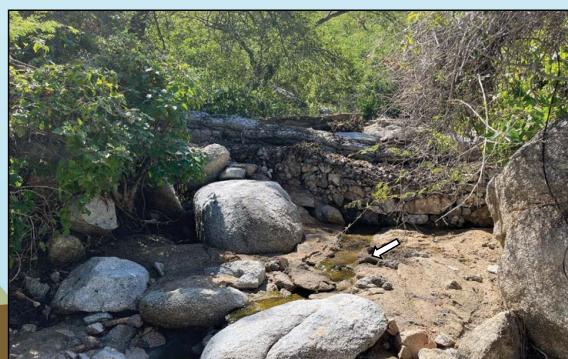
La cuenca de Los Planes, ubicada en Baja California Sur, México, y su acuífero subyacente, están sufriendo una disminución de las aguas subterráneas debido a la baja precipitación media anual (28.1 centímetros por año) y la alta demanda de agua por parte de una población creciente y la actividad agrícola. Esta disminución de la disponibilidad de agua puede conducir a la desertificación—un proceso que por medio de la degradación del suelo y la vegetación convierte a la tierra cultivable en desierto—representando un serio desafío para los medios de vida de las personas.

Para abordar estos problemas, un rancho en la cuenca de Los Planes ha instalado numerosas obras de Infraestructura Natural en Arroyos de Tierras Áridas (INATS) para conservación del suelo y del agua. En 2022, el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) comenzó a trabajar con investigadores regionales y gestores de tierras para estudiar los efectos de INATS en los procesos biológicos, geoquímicos y físicos, y determinar su eficacia en el aumento de los recursos hídricos en la cuenca de Los Planes. El USGS se ha asociado con instituciones académicas y organizaciones locales sin fines de lucro para crear oportunidades educativas públicas centradas en la hidrogeología de la zona. Estos y otros esfuerzos colaborativos con la Asociación del Agua de Estados Unidos (U.S. Water Partnership) e Innovaciones Alumbra, tienen como objetivo mejorar el uso de los recursos hídricos en la región de Baja California Sur, promover la seguridad hídrica y proteger el bienestar de la comunidad.



Mapa base de Esri y sus licenciantes, copyright 2024  
Universal Transverse Mercator, zona 12 norte  
North American Datum de 1983

**Mapa de la parte sur de Baja California Sur, México, mostrando el área de estudio ubicado en la cuenca de Los Planes.**



**Fotografías de presa construida con material de yute y presa de mampostería cuales son consideradas como infraestructura natural en arroyos de tierras áridas (más conocido como INATS). Las flechas blancas representan la dirección del flujo.**

## Infraestructura Natural en Arroyos de Tierras Áridas: Adaptación y Mitigación De Paisajes Degradados

El USGS ha documentado extensamente los servicios ecosistémicos de los INATS en el suroeste de Estados Unidos y el norte de México. Los INATS son estructuras naturales o antropogénicas hechas de lodo, madera, escombros, rocas u otros materiales. Los INATS reducen la velocidad del escurrimiento rápido del agua lo cual permite su infiltración creando suelos profundos y saludables capaces de secuestrar carbono y extender la longevidad y el área de crecimiento verde. La mejora de la salud de la vegetación y el aumento de la

disponibilidad de agua reducen las temperaturas del aire y de la superficie al proporcionar sombra y facilitar la evaporación del agua del suelo, de las aguas superficiales y de las plantas hacia la atmósfera a través de la evapotranspiración. La vegetación también estabiliza laderas, y reduce la erosión y el movimiento de sedimentos. Los INATS son soluciones efectivas, de bajo costo y baja tecnología basadas en la naturaleza, que ayudan a revertir la degradación y desertificación de paisajes y favorecen la recarga de aguas subterráneas.

## Descripción General del Estudio

Este estudio implementa un enfoque de cuencas pareadas, que consiste en comparar cuencas hidrográficas similares para evaluar los efectos de prácticas de manejo del suelo sobre el fenómeno de interés como, por ejemplo, potencial de recarga del agua subterránea, control de erosión y escurrimiento, o cambios en la vegetación. Se seleccionaron cuencas más pequeñas dentro de la cuenca de Los Planes las cuales sirvieron como cuencas de control o tratamiento. Esta selección les permite a los investigadores entender las condiciones de referencia sin la instalación de INATS y compararlas con áreas en donde las INATS están presentes mediante el monitoreo y análisis del impacto de los INATS en el paisaje, en los suministros de agua y en su disponibilidad general (balance hídrico).

El USGS y científicos locales han instalado estaciones meteorológicas e instrumentos de monitoreo hidrológico que capturan datos climáticos incluyendo precipitación, niveles de agua subterránea y superficial, y la descarga de agua superficial. Los pozos de agua subterránea en el rancho fueron instrumentados para entender los cambios en el nivel del agua en respuesta a los efectos de la precipitación, disponibilidad del agua, y de los INATS. La profundidad hasta la roca madre fue mapeada usando radar de penetración terrestre (GPR, por sus siglas en inglés). Esto contribuye al conocimiento de las propiedades del acuífero que influyen en el movimiento de agua en las fracturas de la roca madre. Se están utilizando técnicas de teledetección combinadas con observaciones de campo para desarrollar un mapa de uso del suelo y su cobertura, estimaciones de evapotranspiración, y documentar cambios en la vegetación. Los productos resultantes y los datos de monitoreo se están utilizando para desarrollar y calibrar modelos de agua superficial y subterránea para mejorar la estimación del balance hídrico, y para entender cómo los INATS están impactando las respuestas de la cuenca a la precipitación. Al configurar la infraestructura para el monitoreo continuo del clima y la hidrología junto con una mejor comprensión de los sistemas de agua de la región, ayuda a mejorar la gestión ambiental y el manejo del agua. Esto, a su vez, respalda a las comunidades en sus esfuerzos para tener seguridad hídrica y resiliencia al clima.



**Fotografía mostrando el monitoreo de pozos de agua subterránea realizado por personal del USGS, Jason Sorenson, y personal de Innovaciones Alumbra, Carlos Lim.**



**Fotografía de investigadores desarrollando un protocolo de monitoreo compartido, de izquierda a derecha: Carlos Lim (Innovaciones Alumbra), Blanca R. Lopez (CIBNOR), Natalie R. Wilson (USGS), y Florence Cassassuce (Innovaciones Alumbra)**

## Implicaciones más Amplias

La documentación de los INATS y su eficacia puede ayudar a respaldar su aplicación generalizada como práctica de gestión sostenible del suelo que puede replicarse en otras áreas estratégicas. Las áreas estratégicas incluyen aquellas con mayor potencial de recarga y (o) que necesitan control de la erosión. Las actividades del estudio se agrupan en 8 tareas que están programadas para converger en la formación del Centro de Estudios Aplicados de Agua en Zonas Áridas. Este instituto podría proporcionar a las comunidades científicas de la región de Baja California Sur una plataforma que respondería al creciente interés global en la restauración de desiertos y tierras áridas.



## Objetivos Principales de la Investigación



Incrementar el entendimiento hidrogeológico del área.



Comparar sitios de control (sin INATS) versus sitios “tratados” (con INATS) en relación con los impactos en el agua superficial y subterránea, control de erosión y cambios en la vegetación.



Apoyar los esfuerzos enfocados en las necesidades del lugar destinados a aumentar la disponibilidad de agua en la cuenca de Los Planes para construir comunidades resilientes al clima.

## Alcance Comunitario

El USGS ha organizado varios talleres educativos en diferentes comunidades para adultos y jóvenes. En marzo 2024 el USGS colaboró con Kumutú STEAM <https://sites.google.com/view/steam-la-paz-bcs>, un programa de Ándale La Paz AC, Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental <https://cerca.org.mx>, Agua Viva BCS <https://aguavivainternational.org>, y Pronatura <https://pronatura.org.mx> para organizar el Festival “Caminos del Agua” con ayuda de la Licenciatura en Gestión y Ciencias del Agua de la Universidad Autónoma de Baja California Sur <https://www.uabcs.mx/dact>. El Festival “Caminos del Agua,” se llevó a cabo en el centro comunitario Los Girasoles en El Sargento, Baja California Sur. Mediante ponencias, exhibiciones y actividades interactivas, se resaltó la necesidad de crear conciencia sobre los retos locales con respecto a temas del agua y la necesidad de fomentar la participación activa de la comunidad. Ciento quince estudiantes de la escuela secundaria y preparatoria local, junto con sus maestros, participaron en diversas actividades prácticas enfocadas en:

- Calidad del agua
- Recarga de acuíferos
- Uso de soluciones basadas en la naturaleza, tales como la infraestructura natural en arroyos de tierras áridas (INATS)
- Métodos Científicos
- Realidad virtual y la salud ambiental
- Concientización sobre el agua

Estas actividades se basaron en esfuerzos previos para mejorar el monitoreo climático en la región, incluyendo la construcción de pluviómetros caseros con jóvenes y la instalación de nuevos equipos de monitoreo. Los estudiantes exploraron cómo se mueve el agua en una cuenca, los impactos de la contaminación ambiental en los ecosistemas y la salud humana, y la protección del agua.



**Fotografía de un estudiante terminando su rompecabezas del ciclo de agua después de haber participado en todas las estaciones del festival. Fotografía por Alfredo Martínez, 11 de marzo de 2024.**

Este volante también está disponible en inglés y se puede encontrar en <https://doi.org/10.3133/fs20253042>.

Por Alma Anides Morales, Laura M. Norman,  
y Thomas J. Mack

Editado por Phil Frederick  
Formato y diseño por Kimber Petersen y David Bruce

## Agradecimientos

Esta investigación ha sido posible gracias al apoyo de la Asociación del Agua de los Estados Unidos y de Innovaciones Alumbra. Extendemos nuestro agradecimiento a Agua Viva BCS, Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Kumutú STEAM, Niparajá, Pronatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, y al Ing. Vicente Aguilar por compartir sus experiencias y conocimientos. Agradecemos al Ing. José Rodríguez por sus revisiones del texto en español. La traducción al español fue financiada por Innovaciones Alumbra y realizada por Alejandra I. Campos.

## Para mas Información

**Research in the Los Planes watershed; water cycle augmentation—**  
<https://www.usgs.gov/index.php/centers/western-geographic-science-center/science/research-los-planes-watershed-water-cycle>.

**A review of rock detention structures in the Madrean Archipelago ecoregion—**<https://doi.org/10.1177/1178622120946337>.

**La Infraestructura Natural en Arroyos de Tierras Áridas (INATS) puede establecer sumideros de humedales regenerativos que reviertan la desertificación y fortalezcan la resiliencia climática—**  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157738>.