

# Abastecimiento de agua rural en Chiquitania

Considerando la infraestructura hídrica descentralizada y el cambio de uso del suelo en el análisis hidrológico



---

## SEI factsheet

Mayo 2022

Marina Mautner

Marisa Escobar

El bosque seco Chiquitano en Bolivia es uno de los bosques secos más grandes y amenazados que quedan en el mundo, y se enfrenta a las amenazas interrelacionadas de mega incendios y deforestación. Estas amenazas se deben principalmente al cambio rápido en el uso de suelo que crea nuevas presiones sobre los recursos naturales por parte de los usuarios agrícolas y urbanos. Esto incluye presiones paulatinas sobre los recursos de aguas superficiales y subterráneas, como lagos, ríos y acuíferos, que también evolucionan con el paisaje cambiante.

Para evaluar estas amenazas y desarrollar experiencia local para apoyar la planificación de recursos hídricos a largo plazo en la región, SEI ha comenzado a trabajar con actores clave, incluyendo autoridades regionales, el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), investigadores de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno - Santa Cruz (UAGRM), y la Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano (FCBC). Dicha campaña se ha concentrado en el departamento de Santa Cruz, donde se encuentra la gran mayoría del bosque seco Chiquitano.

## Hidrología y entorno del bosque seco Chiquitano

Hasta ahora, gran parte del trabajo de investigación sobre el medio ambiente en esta zona se ha centrado en los cambios causados por los incendios forestales cada vez más dañinos en la región. Sin embargo, se sabe poco sobre los efectos de los cambios simultáneos en el uso del suelo y el agua que ocurren en los sistemas hidrológicos y ecológicos locales. La mayoría de los cambios en el uso del suelo y el agua son impulsados por la expansión agrícola de los pastizales para el pasto del ganado y las crecientes demandas municipales para apoyar dicha expansión.

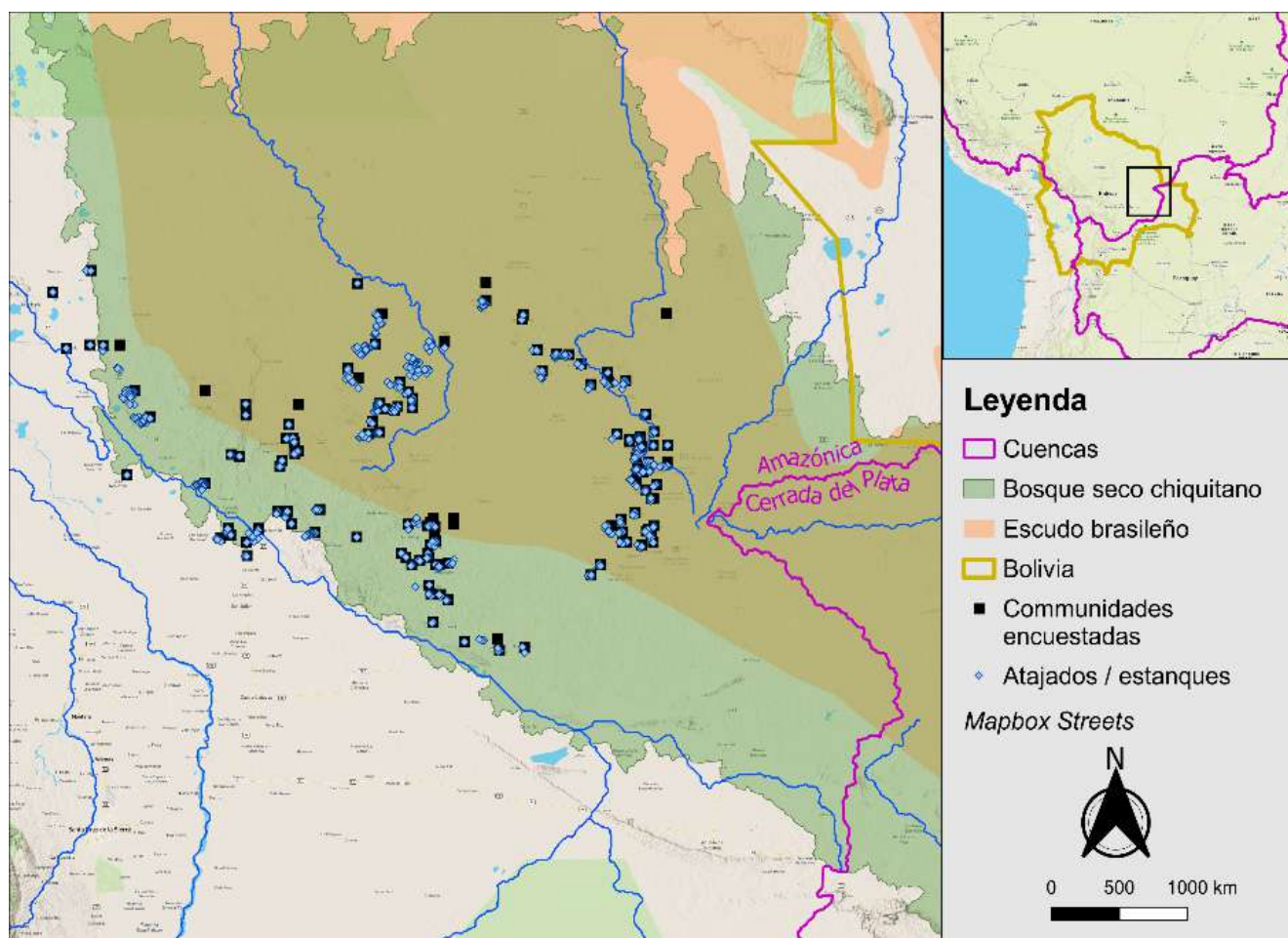
Situado entre las cuencas de los ríos Amazonas y de la Plata, el bosque seco Chiquitano cubre unas 143 000 kilómetros cuadrados (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010).

La hidrología en la región generalmente depende de la geología subyacente, que se caracteriza por sedimentos aluviales profundos que se originan en el sur y el este de los Andes, y en la roca madre formada por el Escudo Brasileño en el norte y el oeste. La región del bosque seco Chiquitano se encuentra principalmente sobre el Escudo Brasileño, una formación geológica, caracterizada por acuíferos, compuesta por roca madre fracturada o franjas de depósitos aluviales localizadas a lo largo de los ríos, lo que los hace generalmente variables y difíciles de caracterizar.

FOTO (ARRIBA):

© CREADA POR TOMAS ZRNA / GETTY

Figura 1. Comunidades muestreadas por socios del SEI en UAGRM en la sección de la cuenca del río Amazonas del bosque seco Chiquitano en el departamento de Santa Cruz de Bolivia. Datos del Escudo Brasileño de Schenk et al. (1998).



La mayor parte de la recarga de los arroyos y ríos locales proviene de la precipitación, con unas lluvias de media anual que oscilan entre los 1300 mm sobre el Escudo Brasileño y los 500 mm en las llanuras, entre los meses de verano, de diciembre a marzo. Usamos la herramienta de Evaluación y Planificación del Agua (WEAP por sus siglas en inglés) para modelar el balance de agua superficial en las cuencas que cubren el bosque seco Chiquitano desde 1980 hasta 2015. Los resultados indican un caudal total de 5220 metros cúbicos por segundo, o  $m^3/s$  (184358 pies cúbicos por segundo, o cfs) como promedio durante el mes más lluvioso de febrero, 198  $m^3/s$  (6990 cfs) durante el mes más seco de septiembre, y un promedio anual de 1677  $m^3/s$  (59227 cfs). Estas cuencas comprenden 727 localidades con una población de 232793 habitantes y proporcionan recursos hídricos a miles de usuarios río abajo y áreas ecológicamente sensibles.

Además de los usuarios de agua domésticos; los usuarios de agua con fines agrícolas constituyen una porción cada vez mayor de la demanda de agua en la región. Por ejemplo, según la Fundación Amigos de la Naturaleza, en el distrito de San Ignacio de Velasco, que es representativo de la región forestal en general, las tasas anuales de deforestación aumentaron de 30 kilómetros cuadrados ( $km^2$ ) por año en 2005 a 210  $km^2$  en 2018 (de la Vega-Leinert, 2020).

A medida que el desarrollo urbano y agrícola en la región se extiende a lo que

actualmente son pueblos y municipios muy rurales, la infraestructura de suministro de agua evolucionará para adaptarse a las necesidades de las comunidades. Los gobiernos regionales ya han presentado informes sobre el aumento del bombeo de agua subterránea y la infraestructura de agua no regulada, lo que genera alarma sobre la disponibilidad de recursos de agua superficial y subterránea para todos.

## Campañas de muestreo para comprender los componentes hidrosociales rurales

Para determinar con mayor precisión las fuentes de agua y la infraestructura hídrica de la región, los investigadores de la UAGRM llevaron a cabo una doble campaña de muestreo en las cuencas de los ríos Amazonas y de la Plata (Figura 1). A través de una combinación del análisis por teleobservación (Figura 2) y validación en persona (Figura 3), se identificaron estanques de agua superficial y pozos de agua subterránea en las comunidades muestreadas. Nuestros socios verificaron, a través de las campañas de muestreo, 212 estanques de agua superficial, conocidos localmente como atajados que suman alrededor de 584 000 m<sup>3</sup> (473 acre-pies), o alrededor de 234 piscinas olímpicas de almacenamiento de agua.

Después de la campaña, usamos la teleobservación en las comunidades muestreadas para identificar almacenamiento de agua adicional. Identificamos un total de 31,6

Figura 2. Un ejemplo de algunos de los atajados (estanques de almacenamiento de agua) desarrollados para abreviar ganado y abastecer de agua para uso doméstico a áreas que antes eran bosque seco Chiquitano.



Figura 3. Fotos de la verificación presencial de atajados concebidos para dar de beber al ganado, abastecimiento de agua para uso doméstico y pesca en áreas que antes eran bosque seco Chiquitano. (Photos: © SEI)



millones de  $m^3$  en estanques artificiales de almacenamiento sin revestimiento, la gran mayoría de los cuales sirven como abrevaderos para el ganado. El almacenamiento superficial artificial identificado representa el 18,7% del caudal natural total de las cuencas censadas durante el mes más seco y actualmente no está representado en los modelos hidrológicos de la región. Junto con los estanques artificiales identificados por teledetección, se determinaron alrededor de 51,4 millones de  $m^3$  de lagos y estanques naturales en las comunidades estudiadas que también se utilizan para fines domésticos, agrícolas y pesqueros.

Además, constatamos 361 pozos de agua subterránea en las comunidades (Figura

Figura 4. Los pozos de agua subterránea visitados durante la campaña de muestreo de la sección de la cuenca del río Amazonas del bosque seco Chiquitano, en el departamento de Santa Cruz de Bolivia, incluyen pozos poco profundos tanto como sistemas de bombeo manuales y sumergidos (Photos: © SEI)



4), de los cuales más de la mitad han sido perforados desde el año 2000. Como se ve en las fotografías tomadas durante la campaña, gran parte de la extracción de agua subterránea se realiza en pozos poco profundos o con bombas manuales. Sin embargo, el número y caudal de pozos privados para grandes usuarios agrícolas, y los pozos municipales con sistemas de bombeo eléctrico están aumentando. De los 146 pozos identificados con bombas eléctricas con una capacidad estimada de 257 437 m<sup>3</sup>/mes (209 acre-pies/mes), más de un tercio fueron perforados en los últimos 10 años. Además, hay muchos otros sin medir, lo que indica que la perforación de pozos está en curso, y aumentando a medida que se desarrolla la región.

## El papel de los atajados y la extracción de aguas subterráneas a escala local y regional

A medida que la explotación de aguas subterráneas se extiende, con poca comprensión regional de las capas freáticas y sus niveles históricos, la explotación de sistemas de aguas superficiales y subterráneas interconectados podría amenazar a los usuarios y ecosistemas río abajo. Asimismo, los cambios en el almacenamiento de agua superficial con la rápida construcción de atajados, principalmente para la ganadería, podrían cambiar la hidrología natural de los arroyos y afluentes río abajo (Figura 5).

Específicamente, los estanques de agua superficial generalmente no infiltran el agua a un ritmo elevado, ya que están diseñados para mantener los niveles de agua a medida que pasa el tiempo. Al mismo tiempo, los lagos y estanques naturales pueden permitir la invasión de especies forestales ribereñas que permiten la filtración profunda del agua. Sin embargo, la mayor parte de los estanques artificiales se limpian y se mantienen libres de árboles y arbustos para mejorar su uso. De manera similar, la presencia de ganado y el desbroce agrícola continuo reducen la cantidad de especies de árboles altos que interceptan la precipitación y ralentizan la escorrentía superficial. Finalmente, el almacenamiento superficial artificial evita que el agua acceda o avance río abajo en

Figura 5. Modelo conceptual que muestra los efectos del cambio de uso de suelo agrícola y el desarrollo del almacenamiento descentralizado de aguas superficiales en el balance hídrico. El desbroce de tierras agrícolas y el uso de atajados tienden a reducir la filtración profunda y el flujo base, mientras que al mismo tiempo aumentan la escorrentía superficial, lo que afecta a los ecosistemas y a los usuarios de aguas río abajo.



---

#### Publicado por

Instituto de Ambiente de Estocolmo  
Linnégatan 87D, Box 24218  
104 51 Stockholm, Sweden  
Tel: +46 8 30 80 44

#### Contacto autoras

marina.mautner@sei.org  
marisa.escobar@sei.org

#### Contacto de comunicaciones

lynsi.burton@sei.org

Visítanos: [sei.org](http://sei.org)

Twitter: [@SEIresearch](https://twitter.com/SEIresearch)  
[@SEIclimate](https://twitter.com/SEIclimate)  
[@SEIenEspañol](https://twitter.com/SEIenEspañol)

El Instituto de Ambiente de Estocolmo es una organización internacional de investigación y políticas sin fines de lucro que aborda los desafíos ambientales y de desarrollo. Conectamos la ciencia y la toma de decisiones para desarrollar soluciones para un futuro sostenible para todos.

Nuestro enfoque es altamente colaborativo: la participación de actores clave está en el centro de nuestros esfuerzos para desarrollar la capacidad de fortalecer las instituciones y equipar a los socios a largo plazo.

Nuestro trabajo abarca temas relacionados con el clima, el agua, el aire y el uso de la tierra e integra evidencia y perspectivas sobre gobernanza, economía, género y salud humana.

En nuestros ocho centros en Europa, Asia, África y América, participamos en procesos de políticas, acciones de desarrollo y prácticas comerciales en todo el mundo.

los cursos de agua superficial, lo que ayuda a disminuir el flujo del río en la estación húmeda. Como consecuencia, el almacenamiento superficial artificial controla las inundaciones, pero también crea caudales base excesivamente bajos en la estación seca. Cada uno de estos factores puede afectar los niveles naturales de agua subterránea y los flujos de agua, y a su vez, a las personas y los ecosistemas que dependen de ellos, en formas que aún no comprendemos.

Un desarrollo similar en los bosques del norte de California, estudiado más extensamente, ha llevado a un uso, no regulado y en rápida expansión, de desviaciones de agua hacia almacenamientos superficiales clandestinos. Los reguladores en California han percibido notables reducciones en los caudales durante los períodos de la estación seca, los cuales son fundamentales para los peces autóctonos y otras especies ribereñas en las cuencas afectadas. Este acontecimiento puede orientar nuestro conocimiento sobre cómo el desvío de agua afectará a comunidades en Bolivia. Tal almacenamiento superficial descentralizado puede tener consecuencias significativas para los ecosistemas y los usuarios de agua río abajo.

### Trabajos futuros

Identificar y describir los miles de estanques de riego y domésticos que se están desarrollando en la región es una tarea difícil. Los planificadores de la región deben continuar y ampliar el uso de encuestas y la teleobservación para mejorar la precisión de las estimaciones de almacenamiento descentralizado de agua regional y comprender mejor los efectos de dicho almacenamiento en los bosques y la hidrología regional. Más importante aún, actualmente, las autoridades municipales y departamentales no regulan el uso del agua subterránea. Los gobiernos locales podrían beneficiarse de un mayor conocimiento sobre los impactos actuales y potenciales de las desviaciones de aguas superficiales, particularmente el papel de los atajados, y el aumento de la extracción de aguas subterráneas, para informar tal legislación.

Al crear equipos formados por el gobierno local y los investigadores, los planificadores pueden seguir ampliando modelos hidrológicos para la región chiquitana, centrándose en el departamento más grande de Santa Cruz. Este diseño requerirá una contabilización precisa de la infraestructura hidráulica, el uso del suelo y los cambios en la cobertura terrestre. Prototipo que se puede obtener a través de métodos como la detección remota o la captura de imágenes desde drones. Con datos más detallados, los investigadores podrán aprovechar las herramientas de aprendizaje automático para caracterizar la presencia estacional de fuentes de agua superficial y, por lo tanto, las desviaciones de arroyos y ríos en un escenario cambiante en los usos de la tierra.

### Referencias

- de la Vega-Leinert, A. C. (2020). Too small to count? Making land use transformations in chiquitano communities of San Ignacio de Velasco, East Bolivia, visible. *Journal of Land Use Science*, 15(2–3), 172–202. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2020.1753834>
- Portillo-Quintero, C. A., & Sánchez-Azofeifa, G. A. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, 143(1), 144–155. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020>
- Schenk, C. J., Viger, R. J., & Anderson, C. P. (1998). *Maps showing geology, oil and gas fields and geologic provinces of the South America region* (Open-File Report No. 97-470-D). U.S. Geological Survey (USGS). <https://doi.org/10.3133/ofr97470D>