



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA



Universidad Católica Boliviana "San Pablo"  
**SCECIV**  
Secretaría Científica, Ecológica y de Ingeniería Civil



**Iwast**  
International Congress of  
Water Sustainability  
and Technology



**SCZ** Gobierno  
Autónomo  
Departamental  
Santa Cruz



Asociación Internacional de Hidrogeólogos  
Grupo Español

# HIDROGEÓLOGÍA 2025



## VERTIENTES Y AGUA SUBTERRÁNEA EN SAN JOSÉ DE CHIQUITOS

Viernes 14 marzo del 2025

Hora de salida: 08:00

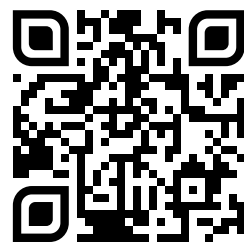
Hora de llegada: 12:30 (estimado)

### EVENTO GRATUITO

Recomendaciones: zapatos deportivos con buena tracción, ropa cómoda, impermeable, gorra o sombrero, gafas de sol, bloqueador solar, mochila ligera.

Snacks: frutos secos, barras energéticas y botella agua bebible.

QR DE INSCRIPCIÓN:



CUPOS LIMITADOS

## EL HIDROGEODÍA

El Hidrogeodía es una jornada de divulgación de la Hidrogeología y de la profesión del hidrogeólogo, con motivo de la celebración del Día Mundial del Agua (22 de marzo), promocionada por el Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH-GE). La jornada consta de actividades gratuitas, guiadas por hidrogeólogos y abiertas a todo tipo de público, sin importar sus conocimientos en la materia.

En San José de Chiquitos, Bolivia, el Hidrogeodía 2025 se realizará en la Unidad de Conservación del Patrimonio Natural (UCPN) Santa Cruz La Vieja, específicamente en la vertiente de agua El Sutó. Este recorrido permitirá comprender cómo se infiltra el agua de lluvia, qué papel cumple la vegetación y qué factores geológicos la guían en el subsuelo. Asimismo, se abordarán las amenazas que enfrenta la región, cómo estas interactúan con el balance hídrico y por ende con la capacidad de recarga hídrica, con miras a fomentar una gestión responsable y sostenible del agua.

## CÓMO LLEGAR

El punto de encuentro será en la esquina de la plaza, frente al frontis de la Subgobernación de Chiquitos (véase Fotografía 1). Se recomienda llevar ropa y calzado cómodos, así como repelente y protección solar, dado el clima local. También es aconsejable llegar con al menos 15 minutos de anticipación para organizar el grupo y realizar una breve presentación antes de partir.



Fotografía 1: Punto de encuentro (P-0) en la plaza principal. Esquina donde se ve el frontis de la Subgobernación de Chiquitos. Extraído de Wikimedia.org.

## LA SERRANÍA DE SAN JOSÉ DE CHIQUITOS

Para comprender cómo funcionan las vertientes de agua y particularmente la de El Sutó, se debe conocer primero el contexto de la serranía que las alberga.

La UCPN Santa Cruz La Vieja, que intersecta con la cara norte de la Serranía de San José, presenta una combinación entre bosque seco chiquitano y formaciones de tipo cerrado chaqueño con sus distintos elementos transicionales. Se trata de bosque bajo sobre suelos arenosos de la Chiquitanía, en transición al Chaco, que muestra mayor heterogeneidad en las zonas más bajas (Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz, 2025).

Durante la estación seca (mayo a septiembre), muchos árboles pierden sus hojas para ahorrar agua, dando al entorno un aspecto más abierto. Al llegar las lluvias (noviembre a marzo), el bosque reverdece (Quisnancela Cabay, 2021). En ambos períodos, la vegetación influye de manera determinante en la distribución del agua de lluvia una vez que esta alcanza la superficie (follaje + suelo) (ver Figura 1).

Para comprender mejor esta distribución de agua gobernada por el balance hídrico, recordemos que por cada litro de agua de lluvia (P):

- Una fracción es interceptada por la vegetación (I).
- Otra porción se evapora del suelo (Ev).
- Una parte transpira a través de las hojas (Tr).
- Cierta cantidad escurre (Sr).
- Finalmente, el remanente percola y se convierte en recarga hídrica (R).

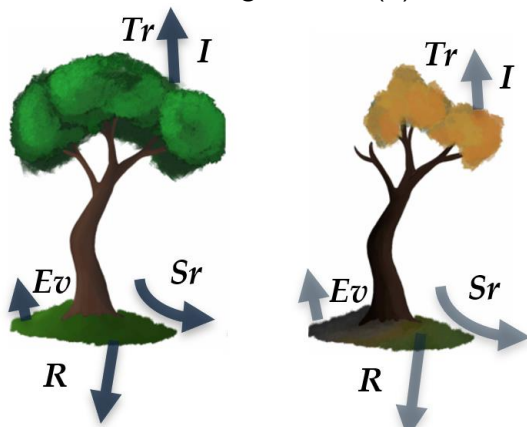


Figura 1: Representación conceptual de la estacionalidad de la vegetación y su relación con el balance hídrico. Las flechas más claras en el esquema de la derecha indican la disminución de la lluvia en época seca. Adaptado de Guzmán-Rojó et al. (2025)

Para visualizarlo con un ejemplo sencillo, imaginemos que sobre cada metro cuadrado de bosque cae un litro de lluvia. Una parte de ese litro ‘rebota’ en las hojas (intercepción),

otra se evapora, otra se infiltra bajo tierra y otra corre por la superficie. Cada gota tiene su propio destino. De la parte que logra percolar, surge luego el agua subterránea que abastece vertientes como El Sutó.

## EL RÉGIMEN DE LLUVIAS Y SU EFECTO EN LAS VERTIENTES

La región se clasifica como tropical subhúmeda, con diferencias marcadas entre la época lluviosa y la seca. La precipitación promedio varía entre 800 y 1200 mm/año, aunque más de la mitad de esa lluvia puede concentrarse en unos pocos meses, evidenciando una fuerte estacionalidad (Guzmán-Rojó, 2024a). Las temperaturas promedian 25–26 °C anuales, pero pueden acercarse a los 30 °C en verano. Estas condiciones favorecen la formación de vertientes como El Sutó y la existencia de humedales estacionales (curichis, en dialecto Bésiro), muy dependientes del agua subterránea. Esta dependencia está estrechamente relacionada con las formaciones geológicas que permiten o impiden la infiltración.

## ENTORNO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

El municipio de San José de Chiquitos se encuentra en una zona donde confluyen rocas muy antiguas (del escudo brasileño) y formaciones más jóvenes (sedimentos y areniscas) que conforman la Serranía de San José (véase Figuras 2 y 3). La geología influye directamente en la aparición de vertientes y manantiales, así como en la calidad del agua subterránea.

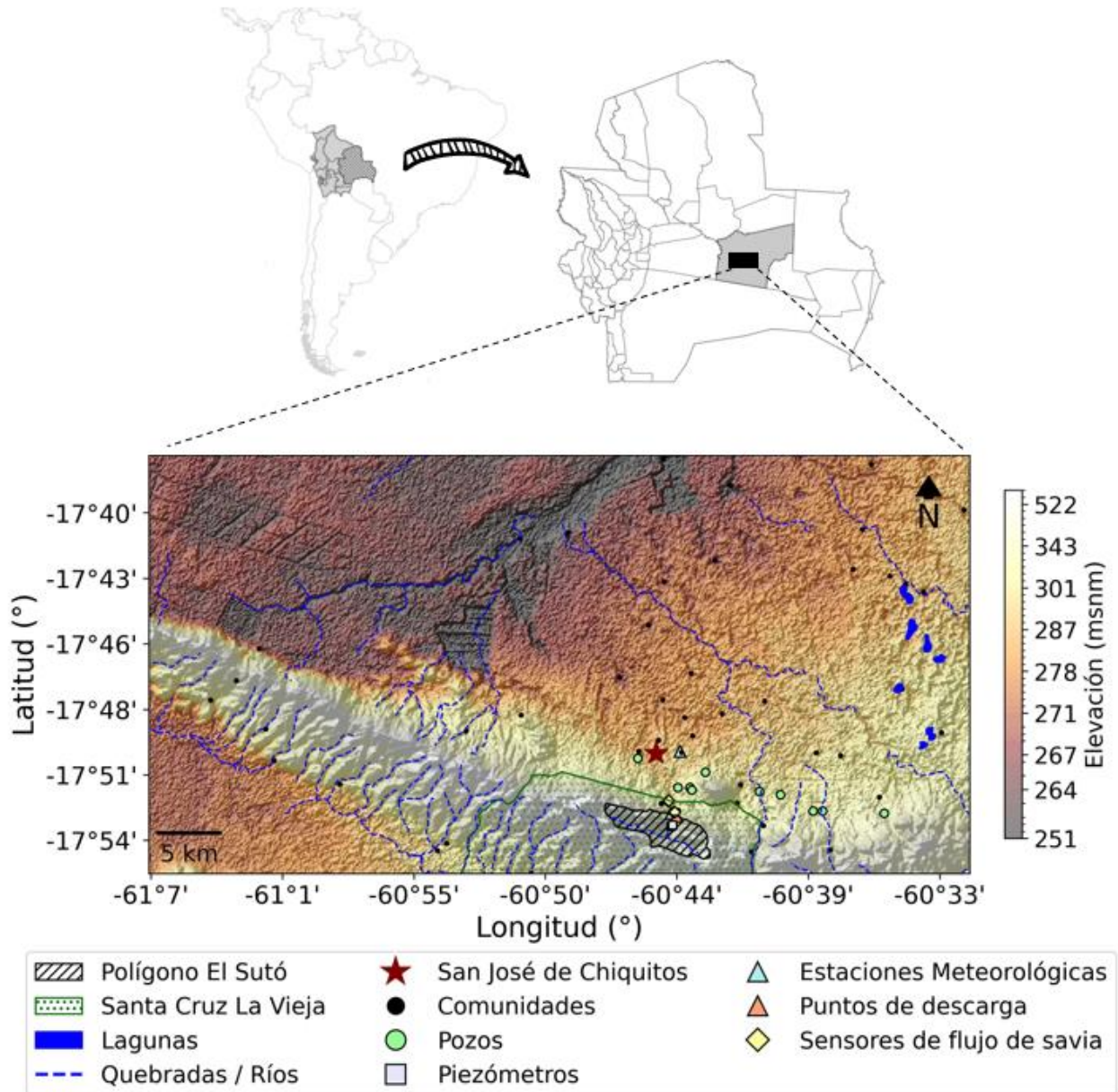


Figura 2 Ubicación de la vertiente El Sutó, que ilustra la intersección con la zona protegida de Santa Cruz la Vieja (SCLV). También se muestra la ubicación de la instrumentación hidrológica (p. ej., piezómetros, sensores de flujo de savia) el centro urbano de San José de Chiquitos, las comunidades vecinas y pozos de agua. Adaptado de Guzmán-Rojo et al. (2025)

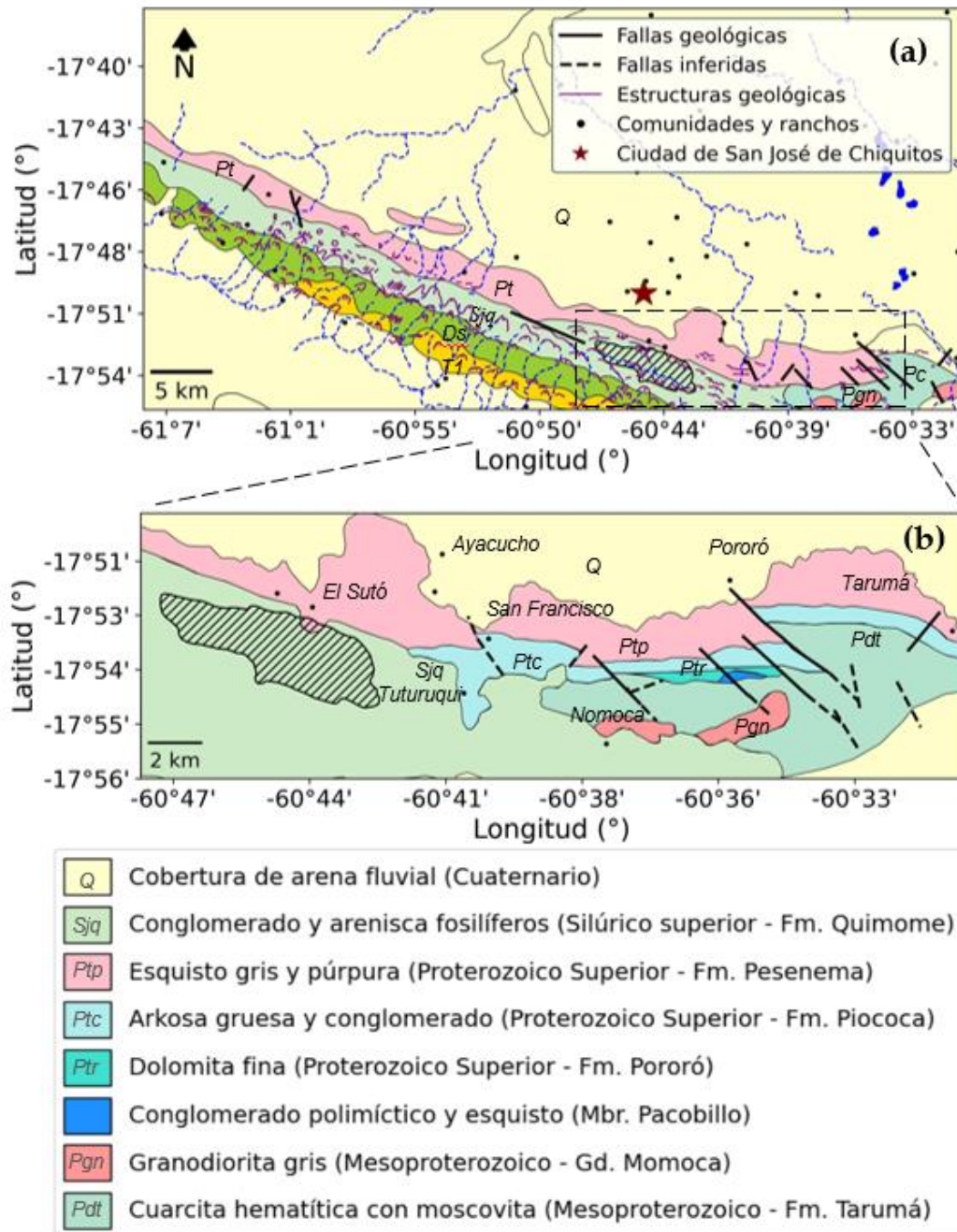


Figura 3. Formaciones geológicas de la Serranía de San José y aproximación al sitio de estudio. El mapa (a) se basa en el mapa geológico oficial de Bolivia (SERGEOMIN & YPFB, 2001), mientras que el mapa (b) se adapta del “Proyecto Precámbrico” (Appleton & Llanos, 1982). El segundo mapa destaca la zona de El Sutó, resaltando formaciones geológicas importantes. Adaptado de Guzmán-Rojo et al. (2025)

Algunos conceptos claves para entender este entorno:

- **Macizo Chiquitano:** Formado por rocas proterozoicas, como esquistos, cuarcitas y gneises. Son rocas muy antiguas, de gran dureza, que han sido sometidas a altas presiones y temperaturas en el interior de la Tierra.
- **Formaciones sedimentarias:** Sobre estos bloques de rocas cristalinas se han depositado, a lo largo de millones de años, capas de arenas y carbonatos que, por litificación, se transformaron en areniscas y dolomías (Formaciones Quimome y Pororó, respectivamente). Estas resultan esenciales para la infiltración y surgencia del agua subterránea.
- **Relieve y surgencias:** Las elevaciones y pendientes de la Serranía favorecen que el agua que se filtra por la arenisca aflore en puntos específicos al encontrarse con capas menos permeables.

En la Serranía de San José, estudios basados en series prolongadas de datos (2000–2019) registran una recarga anual media de  $151 \pm 33$  mm de agua subterránea (ver Figura 4) de una precipitación promedio de 1050 mm/año. (Silva de Freitas, 2021). En otras palabras, de cada litro de agua que cae sobre 1 m<sup>2</sup>, alrededor de 0,15 litros se infiltra hasta el acuífero. El 80% de esa recarga ocurre entre noviembre y marzo. Sin embargo, se ha detectado una reducción anual de 2,5 mm/año, que en 20 años suma 50 mm. Comparada con otras zonas, esta tasa se ubica entre las más elevadas (Coritza Taquichiri, 2023). Si recordamos que 1 mm de lluvia equivale a 1 litro de agua por m<sup>2</sup>, también notaremos que una reducción de 2,5 mm/año durante 20 años suma 50 litros que ya no se infiltran en esa superficie. Multiplicando esa pérdida por miles de hectáreas, comprenderemos mejor la magnitud del problema.

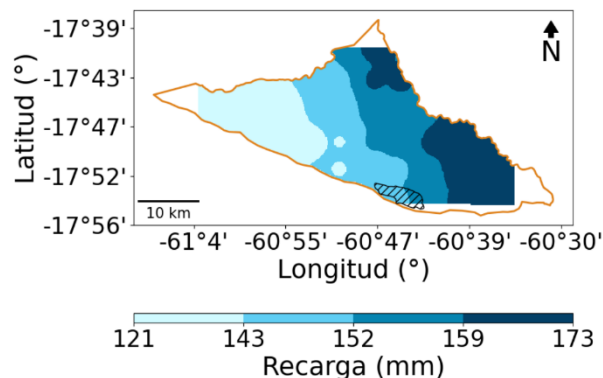


Figura 4. Recarga hídrica a gran escala en la zona de la serranía de San José. Adaptado de Guzmán-Rojo et al. (2025).

## ¿QUÉ ES LA HIDROGEOLOGÍA?

La hidrogeología es el punto de encuentro entre la geología y la hidrología que estudia el agua subterránea; dónde se acumula en el subsuelo, cómo se mueve entre rocas y sedimentos, y cuál es su relación con la superficie. En San José de Chiquitos, por ejemplo, nos ayuda a comprender por qué el agua brota en algunos sitios, como la Vertiente El Sutó, y cómo llegó allí. Conocer estos procesos permite planificar la ubicación y uso responsable de pozos, prevenir la sobreexplotación y mantener la recarga de los acuíferos para que no falte agua.

## TIPOS DE ROCAS Y ACUÍFEROS

En el suelo no todas las rocas dejan pasar el agua de la misma manera. Algunas forman acuíferos (espacios donde se almacena y circula el agua subterránea), mientras que otras actúan como barreras. En San José de Chiquitos destacan: las rocas areniscas fracturadas, las dolomías y las rocas metamórficas.

Las areniscas fracturadas (Formación Quimome) funcionan como esponjas subterráneas que retienen y conducen el agua. En cambio, las dolomías (Formación Pororó), más compactas, forman 'barreras' que impiden la libre circulación, dando lugar a acuíferos colgados que producen vertientes donde la arenisca queda bloqueada por esta capa. Este tipo de rocas actúa como acuitardos (formaciones que retienen y transmiten muy lentamente el agua).

También se tienen rocas metamórficas, estas son rocas como gneises o esquistos que, al fracturarse, pueden almacenar algo de agua en sus fisuras, pero no suelen ser tan productivas como las areniscas. Aun así, a pequeña escala pueden formar reservorios de agua que contribuyen a la complejidad hidrogeológica local.

Comprender la geología de la serranía permite entender cómo se forma el acuífero y, en consecuencia, cómo el agua subterránea puede aflorar en El Sutó. En base a lo anterior, podemos afirmar que la Serranía de San José funciona como una zona de recarga muy heterogénea: la lluvia penetra y circula por las areniscas fracturadas. Sin embargo, cuando el agua en su camino se topa con capas de dolomía (menos permeables), se ve obligada a salir en puntos específicos de la ladera, dando lugar a vertientes que son zonas de descarga local de agua subterránea. Estas vertientes proporcionan agua incluso en la estación seca, pues el acuífero libera lentamente el agua acumulada en época de lluvias.

Específicamente en la Vertiente El Sutó, el agua subterránea circula por la arenisca fracturada hasta encontrar la capa de dolomía (Formación Pororó), que impide su descenso. Este "atasco" crea un acuífero colgado a media ladera (ver Figura 5.), y el agua finalmente aflora en la superficie. La velocidad del agua al

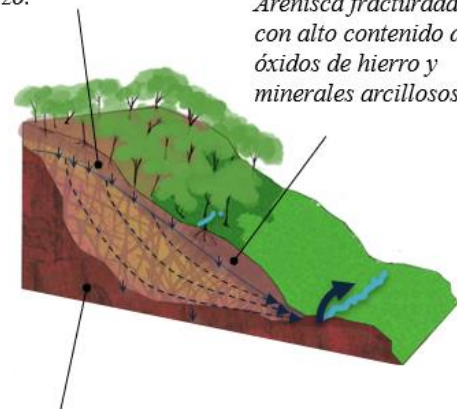
circular por esta arenisca no es homogénea, ya que presenta mayores permeabilidades en la zona alta y menores en la zona baja (Tovar Gaviria, 2020) lo cual responde al grado de consolidación y fracturamiento, la zona alta al tener menos vegetación ha hecho que la arenisca sea más sujeta a meteorización.



*Arenisca suelta y fracturada con alto contenido de granos de cuarzo.*



*Arenisca fracturada con alto contenido de óxidos de hierro y minerales arcillosos.*



*Dolomita con presencia de hierro y pequeñas fracturas rellenas de carbonatos o material arcilloso.*

Figura 5. Diagrama esquemático de la vertiente El Sutó, mostrando cómo la arenisca (Quimome) permite la infiltración y, al toparse con la dolomía (Pororó), se crea un acuífero colgado: El Sutó. En este esquema se puede apreciar algunas muestras de roca donde podemos notar sus diferentes características. Adaptado de Guzmán-Rojo et al. (2025) y Tovar Gaviria (2020)

En este contexto, datos recientes (Guzmán-Rojo et al., 2025) indican que, en la época lluviosa, 73.2% del agua caída logra infiltrar rápidamente, pero la mayor parte es consumida por las plantas y evaporada del suelo, dando lugar a una recarga media anual de 125 mm (últimos cinco años), aunque la precipitación anual en ese lapso ha bajado a rangos de 836–991 mm. Dicho de otra forma, un 16,4% de la lluvia total termina percolando hasta el acuífero (tras descontar la evapotranspiración).

## QUÉ VEREMOS

En nuestro recorrido por la vertiente podremos apreciar diferentes elementos en tres paradas principales (ver Figura 7):

**Parada 1 (P-1).** El primer tramo del recorrido nos conducirá a la zona exacta donde el agua subterránea de El Sutó emerge a la superficie. Allí observaremos el punto de afloramiento. A lo largo de esta primera parada, apreciamos por qué la vertiente se origina precisamente en ese punto de la ladera de la serranía. Conoceremos, además, los piezómetros (véase Fotografía 2) y los sensores de nivel instalados para monitorear el agua. Esta infraestructura de medición permite cuantificar la recarga anual y detectar variaciones del nivel freático, aportando datos fundamentales para el uso responsable de los pozos y la planificación hídrica.

Para entender mejor su utilidad, piensa en el piezómetro como un termómetro del agua subterránea: si el nivel freático está alto, significa que ha llovido lo suficiente para recargar el acuífero. Con estos datos, podemos planificar el uso responsable de pozos y prevenir la sobreexplotación.



*Fotografía 2. Imagen de un piezómetro instalado en la zona baja, que permite monitorear las variaciones del nivel freático.*

**Parada 2 (P-2).** Al ascender algunos metros hacia la zona media (oeste) de recarga, apreciamos como la vegetación nativa cumple un rol fundamental al permitir que el agua de lluvia penetre en el suelo y recargue los acuíferos subyacentes. En este lugar, se han instalado instrumentos para el estudio de la interacción agua-planta, como sensores de flujo de savia (o medición de la transpiración) y dispositivos que permiten evaluar la evaporación a través de parámetros críticos como el albedo (véase Fotografía 3). Estas mediciones aclaran de qué forma la cubierta vegetal, al retener parte del agua en su follaje y suelo, influye en la cantidad que finalmente se filtra. En esta segunda parada se

comprenderá mejor el delicado balance entre evaporación, transpiración, intercepción foliar y recarga efectiva. La transpiración de las plantas es como nuestro sudor: el agua que viaja por el tronco y se evapora por las hojas. Con los sensores de flujo de savia, medimos esa ‘evaporación vegetal’ y entendemos mejor cómo el bosque aprovecha el agua.



*Fotografía 3. Sensores experimentales instalados, que permiten monitorear el flujo de savia, humedades y albedo.*

Parada 3 (P-3). El recorrido culminará en un mirador panorámico que permitirá contemplar, desde lo alto, las capas de roca que constituyen la Serranía de San José y que sostienen el sistema de vertientes locales, incluidas otras que abastecen a comunidades ubicadas al pie de la serranía. Este punto ofrece una visión privilegiada de la arenisca (Formación Quimome) y de los afloramientos de dolomía (Formación Pororó), cuya disposición en el subsuelo da lugar a los denominados acuíferos colgados. Desde aquí, se aprecia cómo la arenisca domina la parte alta y la dolomía aparece más abajo, generando el surgimiento de manantiales al pie de la serranía.

## TIPOS DE AGUA

Cuando el agua de lluvia o la de escorrentía superficial se infiltra y desciende a través de la serranía de San José, entra en contacto con distintos tipos de rocas: principalmente areniscas fracturadas (Formación Quimome) y, en menor medida, dolomías (Formación Pororó). El tiempo de residencia subterránea y el tipo de roca determinan la composición química del agua.

El agua de la vertiente El Sutó presenta baja salinidad (conductividad eléctrica en torno a 450–500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y composición bicarbonatada cálcica ( $\text{Ca}-\text{HCO}_3$ ). Esto sugiere una recarga local y un tránsito relativamente rápido por las fracturas de la arenisca, sin alcanzar a disolver demasiados minerales,

Pozos algo más profundos (100 m) al pie de la serranía pueden mostrar valores mayores de conductividad (hasta 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), evidenciando una interacción subterránea más prolongada con las rocas y, en consecuencia, mayor mineralización (Drew Roca, 2021).

Aun así, en ambos casos se mantiene una baja concentración de sales comparada con otras regiones más áridas, lo que indica, en términos generales, aguas de buena calidad para el consumo que puede requerir un tratamiento simple antes de ser consumida.

Al ser un acuífero con fuerte dependencia de la recarga estacional el agua que fluye en El Sutó “es relativamente joven”: no pasa demasiado tiempo en contacto con la dolomía subyacente. La fracturación de la arenisca y la rápida infiltración en época lluviosa explican por qué el agua presenta una salinidad baja y una composición mayormente bicarbonatada cálcica.

## AGUA Y SOCIEDAD

Históricamente, San José de Chiquitos se ha abastecido de vertientes naturales y también ha perforado pozos para extraer el agua subterránea cuando la demanda ha crecido o cuando hay sequías prolongadas. Hoy, la mayoría del suministro de agua potable para la zona urbana y diversas comunidades aledañas proviene de pozos profundos (80–120 metros) y captaciones de vertientes, como la de El Sutó.

Además, en épocas anteriores se usaban métodos más sencillos (pozos someros, acequias pequeñas), y con la ampliación de la población se han instalado tuberías y redes más grandes para llevar el agua desde pozos profundos (con bombas) hasta los hogares. También hay azudes (pequeñas represas) y tomas directas de arroyos estacionales para usos agrícolas o ganaderos.

Cabe señalar que muchas de estas fuentes de agua (pozos y vertientes) dependen, en última instancia, del mismo acuífero. Lo que hagamos en la zona de recarga (donde el agua de lluvia

se infiltra) puede afectar la disponibilidad de los pozos y vertientes más abajo. Por eso, evitar la contaminación y proteger las zonas de recarga es esencial para la sostenibilidad hídrica local.

## AGUAS SUBTERRÁNEAS Y MEDIO AMBIENTE

El bosque seco, los humedales estacionales y los ríos que se observan en los alrededores de San José de Chiquitos están muy ligados al acuífero. Aunque a veces no lo veamos, el agua fluye por debajo del terreno y emerge en ciertas zonas, aportando un caudal base a arroyos, humedales (llamados “curichis”) y vertientes.

En este sentido, los ambientes naturales que se benefician del agua subterránea incluyen ríos y arroyos estacionales ya que cuando la superficie se seca, el caudal base puede provenir del acuífero, que aflora discretamente. El mismo bosque chiquitano, cuyas raíces pueden aprovechar el agua infiltrada y árboles como el cuchi presentan adaptaciones para sobrevivir con mínima humedad. Y desde luego las vertientes y manantiales, donde el agua sube a la superficie por la presión interna o la topografía (como El Sutó). Allí se forman pequeños humedales y refugios de fauna.

Si se redujera drásticamente el nivel freático (por disminución de la recarga y/o sobrebombeo), muchos riachuelos podrían secarse más rápido y las vertientes perder caudal, afectando la biodiversidad local. Tras grandes incendios (frecuentes en la Chiquitania), el suelo puede volverse hidrofóbico y disminuir la recarga al acuífero (ver Figura 6), con secuelas graves en los ecosistemas.

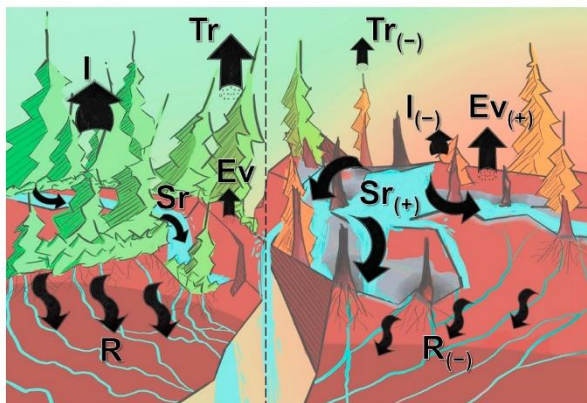


Figura 6. Representación de los procesos hidrológicos en un ecosistema forestal, que ilustra la alteración de los componentes del balance hídrico tras un incendio forestal. Extraído de Guzmán-Rojo et al. (2024b)

En base a lo expuesto, esta guía enfatiza la estrecha relación vida-aguas subterráneas. Proteger las zonas de recarga, evitar fuegos descontrolados y gestionar adecuadamente los residuos y otras fuentes de contaminación son acciones clave para asegurar el agua de hoy y de mañana.

## AGRADECIMIENTOS

Esta guía fue escrita por Mónica Guzmán Rojo, responsable del Grupo de Investigaciones Hidrológicas (IHDRA) de la Universidad Católica Boliviana San Pablo (UCB), en coautoría con Paola Alvizuri investigadora del Centro de Investigación en Agua, Energía y Sostenibilidad (CINAES) de la UCB, y Jennyfer Viruez, Responsable de la UCPN-Santa Cruz La Vieja del Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz (GAD-SCZ),

Las autoras agradecen a Luis E. Poggi, coordinador del proyecto KOFI Bosques y Territorios de la ONG PRODECO, por su apoyo en la gestión de videos, fotografías y la difusión del evento.

En la misma línea agradecemos a las personas que aportaron con elementos de diseño, fotografías y videos, antes y/o durante el evento: Rocio Singo, Marsha Regina Lopez, José Carlos Quinteros, Lucía Martínez y Sebastián Soqueré.

Un especial agradecimiento a todas las instituciones patrocinadoras y colaboradoras, cuyas acciones hicieron posible el Hidrogeodía 2025 en San José de Chiquitos: Gobierno Departamental de SCZ a través de la Subgobernación de la Provincia Chiquitos, la Cooperativa de agua Primero de Mayo (COMAYO), PRODECO con el proyecto binacional Bosques y Territorios, a través de la campaña binacional “Más Bosque, Más Vida”, PROBIOMA con su programa de Monitores del Agua, The International Congress of Water Sustainability and Technology (IWaST) y The International Water Association (IWA-Bolivia).



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA



IWAST  
International Congress of  
Water Sustainability  
and Technology



## CONSIDERACIONES SOBRE EL HIDROGEODÍA SAN JOSÉ

Si durante el trayecto generas residuos (botellas plásticas, envoltorios), guárdalo contigo hasta el final. Recuerda que parte de la riqueza de la región reside en sus bosques secos y humedales, esenciales para mantener el equilibrio hídrico. Toma únicamente fotografías y déjalo todo tal como lo encontraste.

## LOS MONITORES DEL HIDROGEODÍA SAN JOSÉ 2025



Orlando López Rodas (UCB)



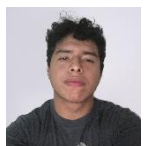
Ricardo Jiménez Gil (UCB)



Sergio Anderson Ch.F. (UCB)



Jorge Fernando Morales (UCB)



Gustavo Céspedes Angulo (UCB)



Marsha Regina López (UCB)

## PARA SABER MÁS

**Appleton, J.D., & Llanos, A. (1982).** *Prospección Geoquímica por Metales Base en la Ínsula de San José de Chiquitos (Technical Report No. 16, Ae-PRE-0016e).*

Ministerio de Minería y Metalurgia, República de Bolivia; Overseas Development Administration (ODA), Foreign and Commonwealth Office, Reino Unido.

**Coritza Taquichiri, E.F. (2023).** *Groundwater Recharge Estimation in Eastern Bolivia Using Remotely-Sensed Hydrometeorological Variables* [Tesis de Maestría, Vrije Universiteit Brussel & KU Leuven]. Bruselas, Bélgica.

**Drew Roca, N. A. (2021).** *Hidrogeoquímica del acuífero del centro urbano de San José de Chiquitos, Santa Cruz (Bolivia)* [Tesis de Licenciatura, Universidad Católica Boliviana San Pablo]. Cochabamba, Bolivia.

**Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz. (2025).** *Plan de Manejo de la Unidad de Conservación del Patrimonio Natural Santa Cruz La Vieja.* Santa Cruz, Bolivia [en revisión].

**Guzmán-Rojo, M. (2024a).** *Fire and Water: Assessing Vulnerability and Hydrological Alterations in Groundwater Recharge Post-Wildfire in the Chiquitano Dry Forest, Bolivia* [Tesis doctoral, Vrije Universiteit Brussel]. Bruselas, Bélgica.

**Guzmán-Rojo, M., Fernandez, J., d'Abzac, P., & Huysmans, M. (2024b).** *Impacts of Wildfires on Groundwater Recharge: A Comprehensive Analysis of Processes, Methodological Challenges, and Research Opportunities.* *Water*, 16(13), 2562. <https://doi.org/10.3390/w16182562>

**Guzmán-Rojo, M., Silva de Freitas, L., Taquichiri, E., & Huysmans, M. (2025).**

Groundwater Vulnerability in the Aftermath of Wildfires at the El Sutó Spring Area: Model-Based Insights and the Proposal of a Post-Fire Vulnerability Index for Dry Tropical Forests. *Fire*, 8(3), 86. <https://doi.org/10.3390/fire8030086>

**Quisnancela Cabay, E.L. (2021).**

*Assessing Evapotranspiration with Remote Sensing Data of the Natural Vegetated Area around “El Suto” Water Spring—Bolivia* [Tesis de Maestría, Vrije Universiteit Brussel & Katholieke Universiteit Leuven]. Bruselas, Bélgica.

**Servicio Nacional de Geología y Minería (SERGEOMIN) & Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB). (2001).**

*Mapa Geológico de Bolivia, Escala 1:1.000.000.* SERGEOMIN|YPFB.

**Silva de Freitas, L. (2021).**

*Remotely-Sensed Estimate of Groundwater Recharge and Its Correlation with Deforestation and Fire in Eastern Bolivia* [Tesis de Maestría, Katholieke Universiteit Leuven & Ghent University].

**Tovar Gaviria, A. (2020).**

*Development of a Geological Methodology to Identify Potential Recharge Zones Based on Permeability and Fracture Density of the Rocks: A Case Study in San José Range, San José de Chiquitos (Bolivia)* [Tesis de Maestría, Vrije Universiteit Brussel & KU Leuven].



## RECORRIDO DEL HIDROGEODÍA SAN JOSÉ 2025

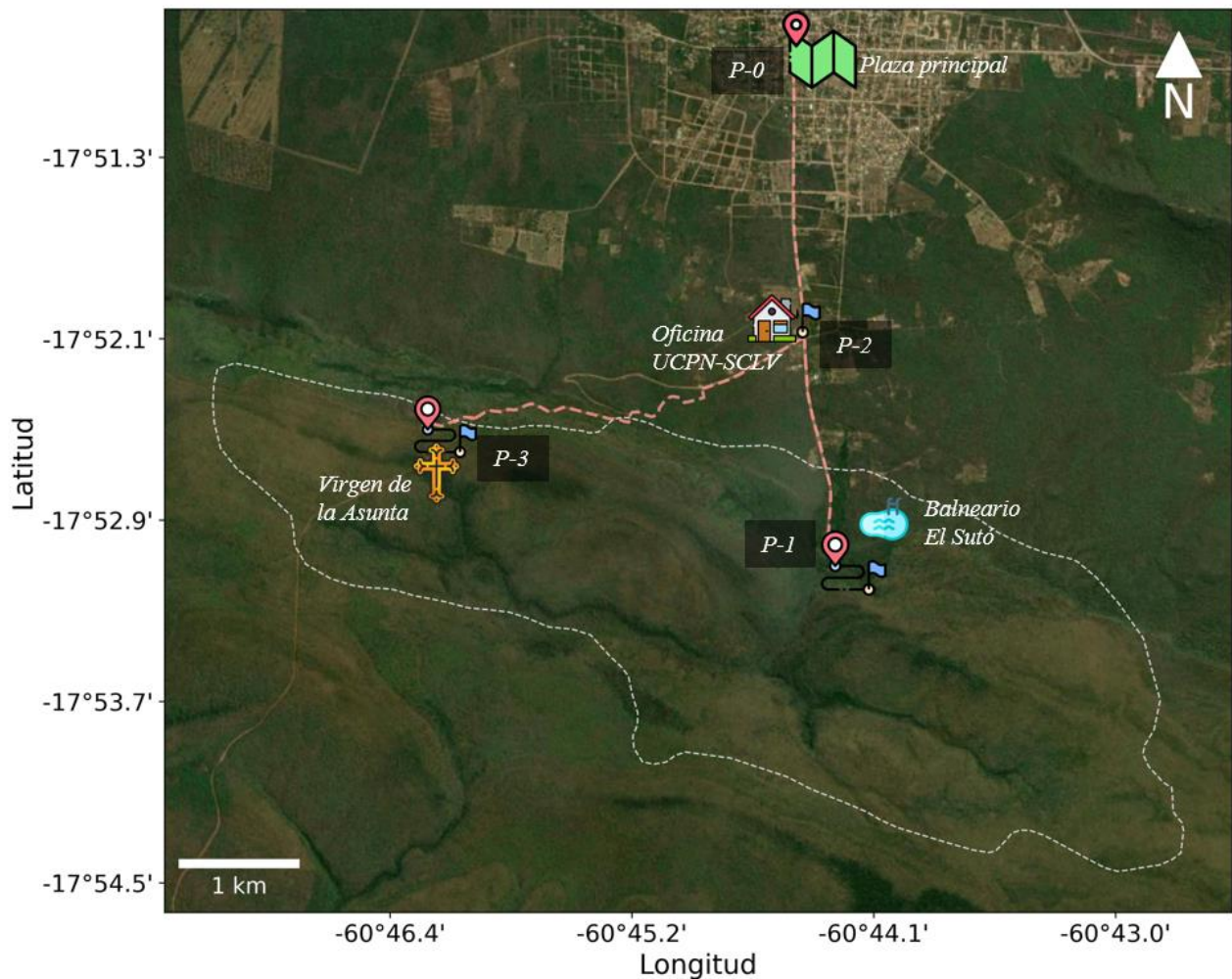


Figura 7. Ruta con tres puntos de caminata en el área de la vertiente El Sutó. (P-1, P-2 y P-3). La caminata inicia en la Plaza Principal (P-0) y se dirige primero a la zona de afloramiento (P-1). Posteriormente se asciende hacia la zona media (P-2), donde se aprecian los sensores de medición hidrológica, y finalmente se sube hasta un mirador panorámico (P-3).