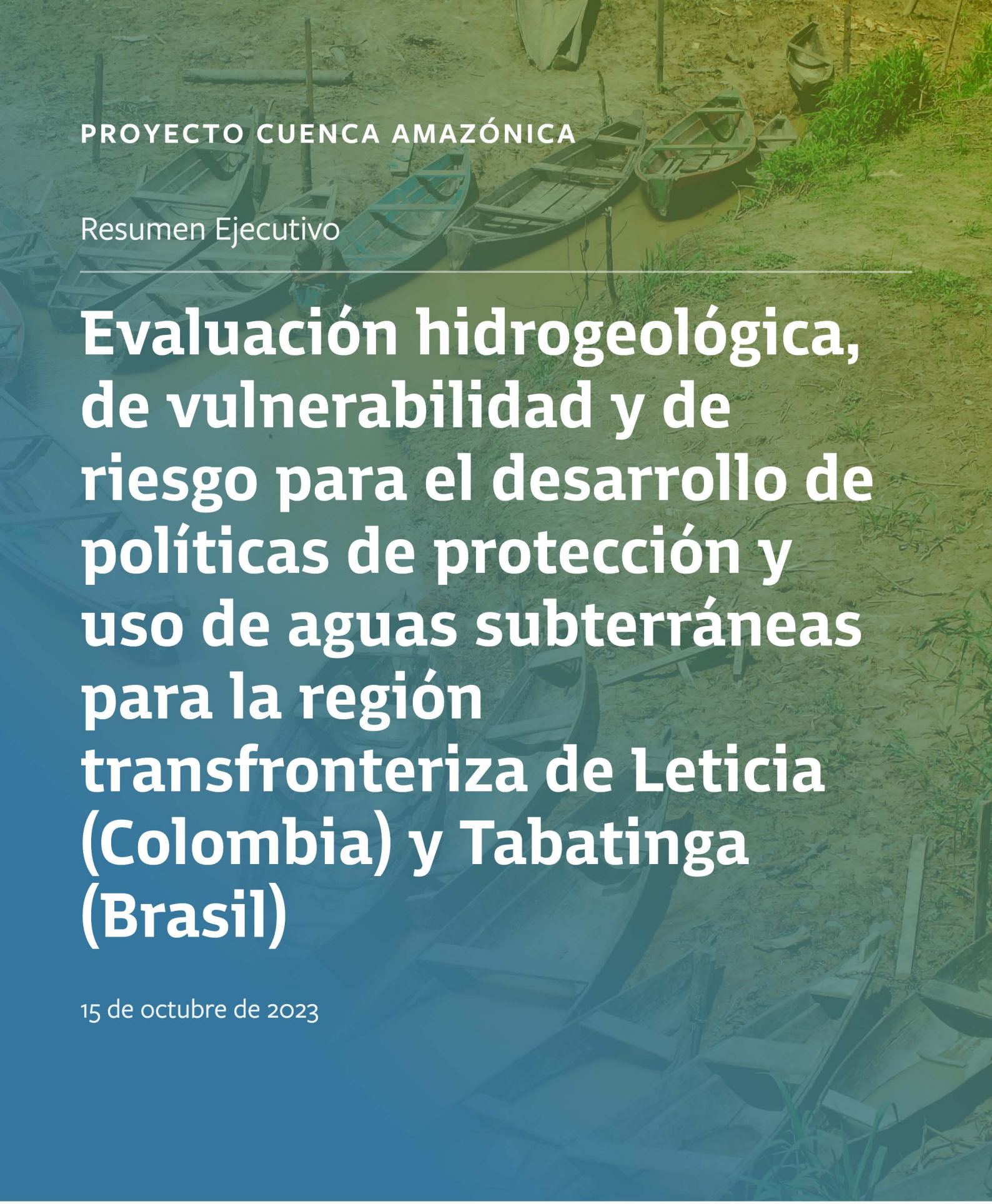


PROYECTO CUENCA AMAZÓNICA

Resumen Ejecutivo

Evaluación hidrogeológica, de vulnerabilidad y de riesgo para el desarrollo de políticas de protección y uso de aguas subterráneas para la región transfronteriza de Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil)

15 de octubre de 2023

OTCA
Organización del Tratado de Cooperación Amazónica

CuencAmazónica
IMPLEMENTACIÓN DEL PAE

ONU medio ambiente
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

gef

PROYECTO:

Implementación del Programa de Acciones Estratégicas para Asegurar la Gestión Integrada y Sostenible de los Recursos Hídricos Transfronterizos en la Cuenca del Río Amazonas Considerando la Variabilidad Climática y el Cambio Climático



INFORME FINAL

Evaluación hidrogeológica, de vulnerabilidad y de riesgo para el desarrollo de políticas de protección y uso de aguas subterráneas para la región transfronteriza de Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil)

SERVICIOS HIDROGEOLÓGICOS INTEGRALES

SHI SAS

OCTUBRE DE 2023

EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA, DE VULNERABILIDAD Y DE RIESGO PARA EL DESARROLLO DE POLÍTICAS DE PROTECCIÓN Y USO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA LA REGIÓN TRANSFRONTERIZA DE LETICIA (COLOMBIA) Y TABATINGA (BRASIL)

RESUMEN EJECUTIVO

SERVICIOS HIDROGEOLÓGICOS INTEGRALES
SHI SAS

CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS
GEF/MC/ 650 /2023

OCTUBRE DE 2023

1. RESUMEN EJECUTIVO

El estudio *"Evaluación hidrogeológica, de vulnerabilidad y de riesgo para el desarrollo de políticas de protección y uso de aguas subterráneas para la región transfronteriza de Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil)"* se enmarca en la implementación del Programa de Acciones Estratégicas (PAE) del proyecto Cuenca Amazonas propuesto por la Organización del tratado de Cooperación Amazónica – OTCA, el Programa de las Naciones Unidades para el Medio Ambiente - PNUMA, y el "Global Enviroment Facility - GEF, el cual fue resultado de una visión compartida por los 8 Países Miembros de la OTCA para impulsar la Gestión Integral del Recurso Hídrico en la región. Este estudio binacional cubre la zona urbana de Tabatinga en Brasil que se extiende por aproximadamente 20,5 km^2 y 50 km^2 de la zona urbana y parte de la suburbana de Leticia en Colombia (Figura 1). Estas "ciudades gemelas" cuentan con una población estimada para 2022 de 72.764 habitantes en Tabatinga (67% en la zona urbana y 33% en zona rural según la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Amazonas - SEMA) y 45.187 habitantes en Leticia (25% en la zona rural y 75% en zona urbana según el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE), donde el agua subterránea constituye una fuente de abastecimiento para aproximadamente el 15% de la población.

Las actividades de esta intervención buscaron comprender el uso de las aguas subterráneas en la región para proponer acciones locales en busca de la protección de los acuíferos, así como para la prevención y reducción de su contaminación, para ello se tuvieron los siguientes objetivos específicos:

- Actualizar la línea base de la demanda de agua subterránea, a partir de un inventario de puntos de agua subterránea.
- Evaluar la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero binacional, identificando las fuentes potenciales de contaminación y realizar un análisis de riesgos de contaminación de las aguas subterráneas.
- Diseñar una red de monitoreo de calidad y niveles del agua subterránea y definir una estrategia para darle continuidad a su operación en el tiempo.
- Definir un conjunto de pautas locales para el uso, la protección de fuentes de aguas subterránea y una estrategia para mitigación de los riesgos de contaminación evidenciados.

Los principales hallazgos del estudio y las recomendaciones para su escalamiento se presentan en el Box 1 y Box 2, respectivamente.

PRINCIPALES HALLAZGOS

Conclusiones

- En total, se visitaron **68 puntos** de agua subterránea, donde el 59% son para uso *doméstico*, y se registran un total de **5.802 usuarios**
- El 76% de la zona presenta **vulnerabilidad a la contaminación del acuífero media** y el 23% alta.
- El 55% de la zona está expuesta a un **peligro de contaminación bajo** y moderado, y el 45% a peligro alto y muy alto.
- Los análisis químicos del agua mostraron **aguas poco mineralizadas** con un ligero aumento en los iones principales hacia Tabatinga.
- La población de la región transfronteriza pasará de 111.781 habitantes en 2022 a aproximadamente 134.259 en 2044, los cuales se proyecta que **pasarán de demandar 2'593.084 m³/año de agua en 2022 a 1'357.853 m³/año en 2044**.
- Se propone una red de monitoreo con **32 puntos**, 26 pozos existentes y 6 piezómetros, nuevos donde se realicen muestreos, **mínimo 2 veces al año**: época seca y húmeda.
- El tema de **la calidad del agua es un tema de salud pública**, y debe ser asumido por las secretarías de salud municipales y por los organismos estatales/departamentales de salud.

Box 1. Principales hallazgos del estudio

ESCALAMIENTO EN LA CUENCA AMAZÓNICA

Recomendaciones

- Es fundamental realizar una socialización un mes antes al inicio de las actividades de campo, con trabajadores sociales, para sensibilizar e involucrar a todos los interesados en la gestión y uso del recurso hídrico.

- Mayor participación de las corporaciones o entidades ambientales reguladoras del recurso hídrico, que acompañen las actividades de campo, realicen aportes y faciliten la recolección de información.

- Es recomendable que, en estudios transfronterizos, el área de la intervención de cada país sea similar en extensión e incluya tanto la parte rural como la urbana.

Box 2. Recomendaciones generales para su escalamiento

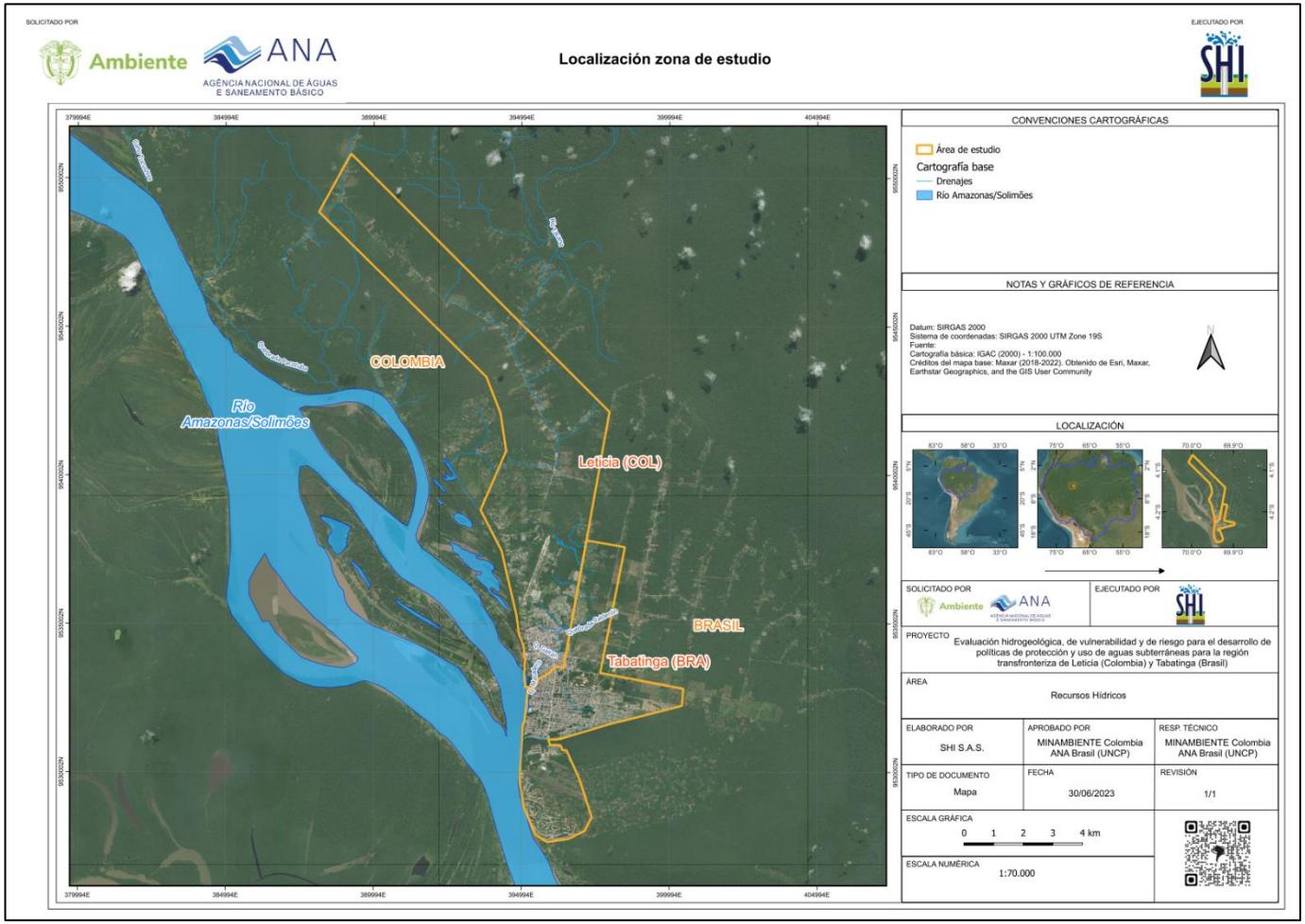


Figura 1. *Localización del área de estudio. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023). Mapa base: Maxar (2018-2022).*

Como parte fundamental de la intervención, se llevaron a cabo dos talleres regionales para el para compartir información sobre el proyecto y recoger los aportes de las autoridades y comunidad interesada. El primer taller regional tuvo lugar el día 13 de septiembre del 2022, en el hotel Anaconda de la ciudad de Leticia, Colombia (Figura 2), y el segundo se realizó el 14 de junio de 2023, en el salón de eventos del Instituto Federal del Amazonas (IFAM) de la ciudad de Tabatinga, Brasil (Figura 3).



Figura 2. *Infografía del primer taller regional. Leticia, Colombia. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023).*



Figura 3. *Infografía del segundo taller regional. Tabatinga, Brasil. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023).*

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos para los 4 objetivos principales:

- **Actualizar la línea base de la demanda de agua subterránea, a partir de un inventario de puntos de agua subterránea.**

En total, la bibliografía resume 5 fuentes de información secundaria identificadas para el acuífero aluvial transfronterizo Leticia – Tabatinga, con un total de 1205 puntos entre ambos países lo cual constituye la línea base. En este estudio se realizó una actualización del inventario de puntos de agua subterránea entre el 14 de septiembre y el 23 de noviembre de 2022, que comprendió 68 puntos, 39 en Leticia y 29 en Tabatinga (Figura 4), y se observó que los pozos alcanzan profundidades promedio de 18 metros, donde la mayoría se encuentran activos y únicamente 2 pozos se encuentran abandonados. Además, en la zona de estudio el agua subterránea es empleada principalmente para fines domésticos individuales y colectivos, y en menor medida para abastecimiento público (consumo), usos industriales, de recreación y pecuarios.

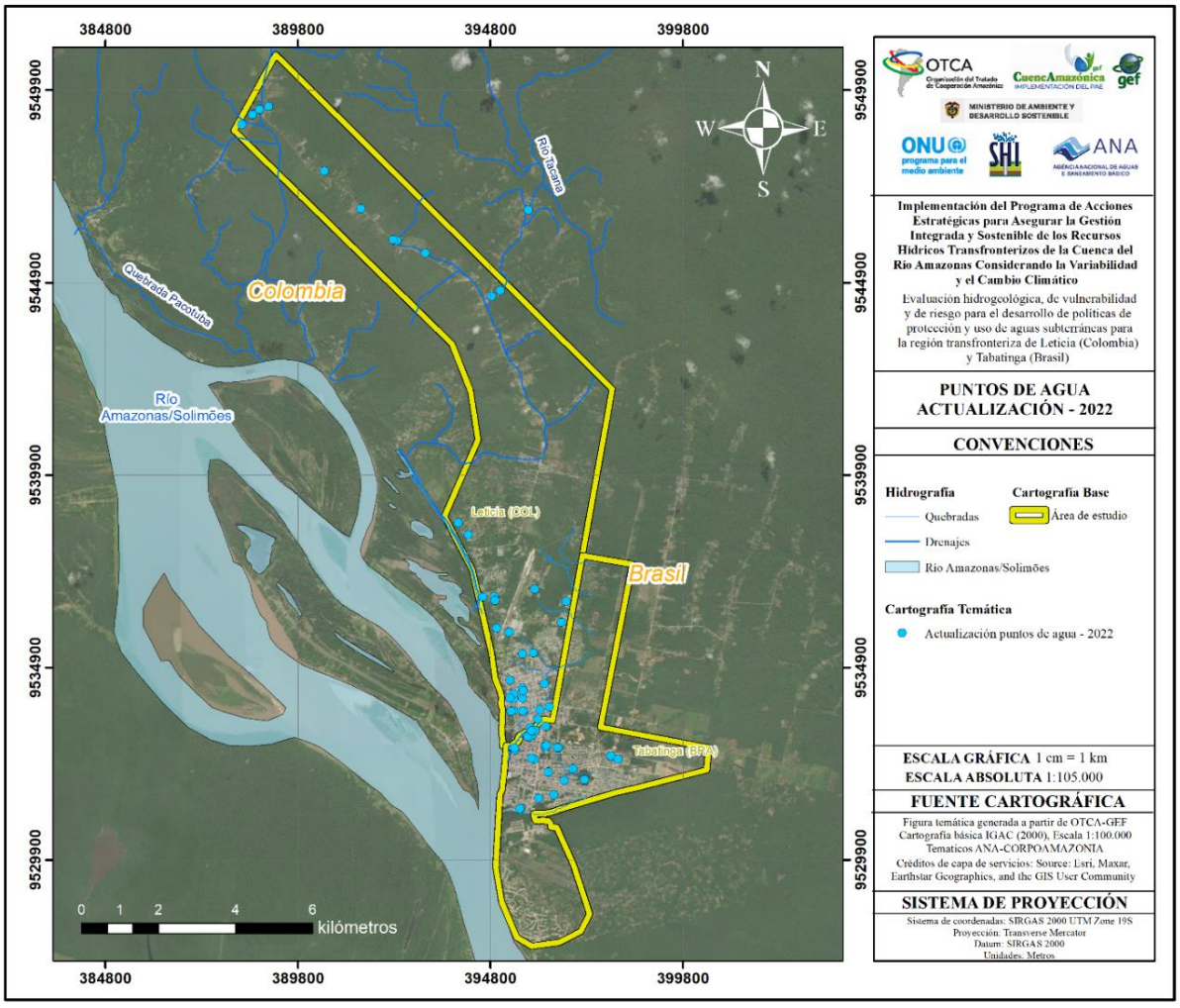
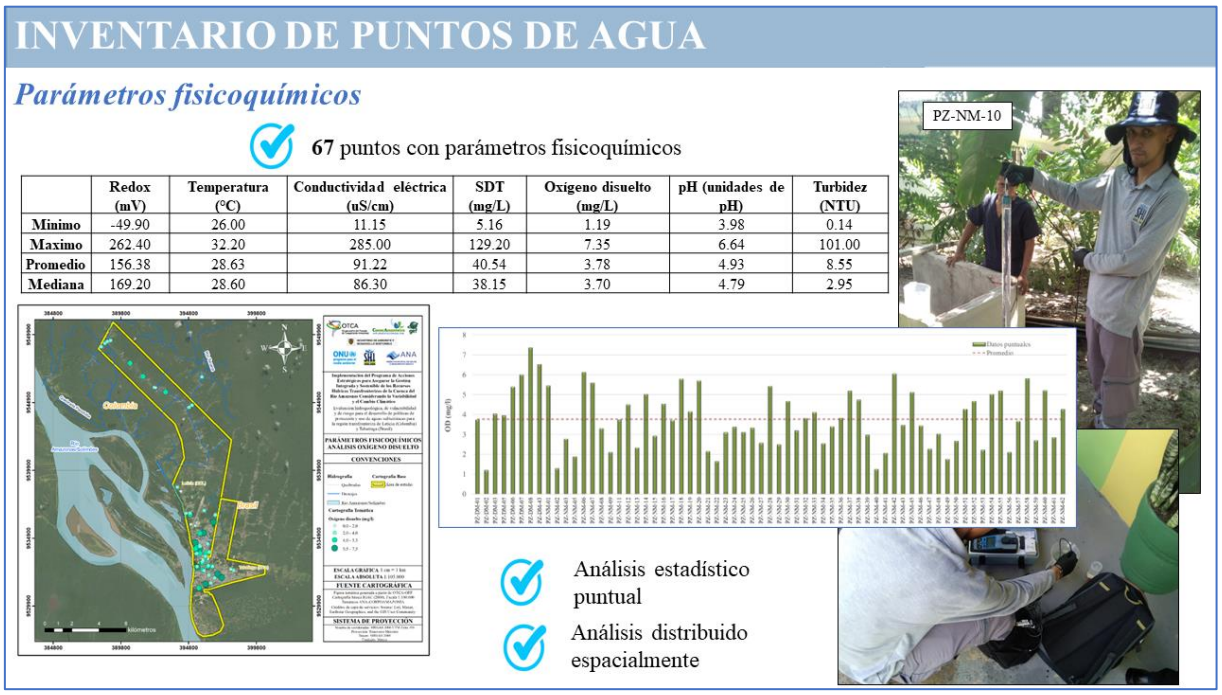


Figura 4. *Distribución espacial de los puntos de agua. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023). Mapa base: Maxar (2018-2022).*

Para tener una visión inicial de las condiciones físicas y químicas del acuífero, durante las campañas de campo se analizaron muestras de agua en el sitio de captación. Como resultado se presentan gráficas de barras con los valores de cada parámetro obtenido en cada punto y un mapa de distribución en la zona (Figura 5).

Los parámetros fisicoquímicos medidos en campo evidenciaron que las aguas subterráneas son ácidas a ligeramente ácidas (pH entre 3,98 y 6,4 unidades de pH); la temperatura varía entre 26 a 32,2 °C, en respuesta principalmente a las características climáticas de la zona; los valores de conductividad eléctrica se encontraron entre 11 y 285 µS/cm, siendo relativamente bajos y correlacionándose con bajas concentraciones de sólidos disueltos en el agua; los valores de redox son predominantemente positivos entre 22 y 262,4 mV, con un único valor negativo con potencial reductor de -49,9 mV; y los valores de oxígeno disuelto oscilan entre 1,9 y 7,3 mg/l, cuyos valores más altos podrían indicar una relación directa con el rio Amazonas, otras fuentes superficiales y la recarga por precipitación.



	Redox (mV)	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	SDT (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH (unidades de pH)	Turbidez (NTU)
Mínimo	-49.90	26.00	11.15	5.16	1.19	3.98	0.14
Maximo	262.40	32.20	285.00	129.20	7.35	6.64	101.00
Promedio	156.38	28.63	91.22	40.54	3.78	4.93	8.55
Mediana	169.20	28.60	86.30	38.15	3.70	4.79	2.95

Figura 5. *Resumen gráfico de los resultados del inventario de puntos de agua. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023).*

A su vez, las mediciones de los niveles de agua en las captaciones permitieron observar que el nivel freático en al acuífero se encuentra superficial, variando entre 1,3 y 13 metros de profundidad, y que la dirección principal del flujo de agua subterránea es en sentido norte-sur. Estos niveles solo fueron medidos en 44 de los 68 puntos de agua inventariados, debido a que en muchos casos el diseño de las captaciones impedía el acceso de la sonda. Este resultado se presenta gráficamente en la Figura 6.

Adicionalmente, para el diagnóstico sanitario de las captaciones se tuvieron en cuenta las características mínimas de la infraestructura, tales como: el cerramiento exterior, piso de cemento y tapa alrededor del punto de captación y/o succión, y la presencia o no de un sello sanitario en la infraestructura entubada, de lo cual se concluyó que el 69% de los puntos inventariados cumple con las cuatro condiciones mínimas, mientras que en el 16% se cumplen

al menos 2 condiciones sanitarias, y en el 15% restante no cumple ninguna de las condiciones mínimas de sanidad (Figura 7).

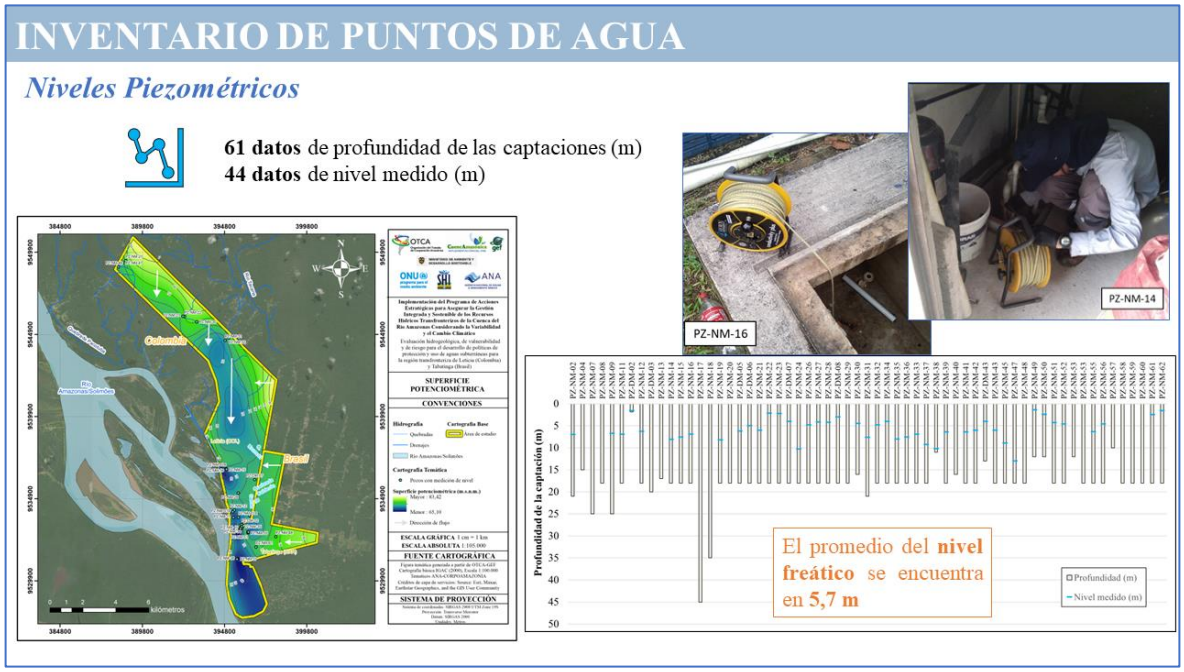


Figura 6. *Resumen gráfico de los niveles de agua en el acuífero. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023).*

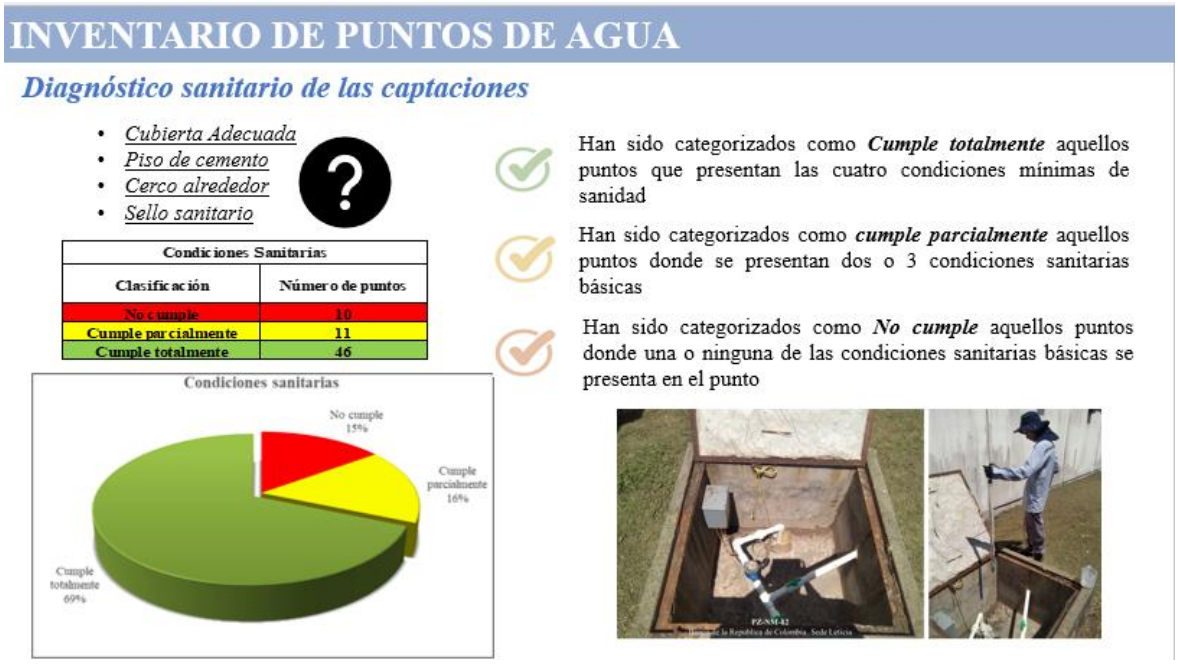
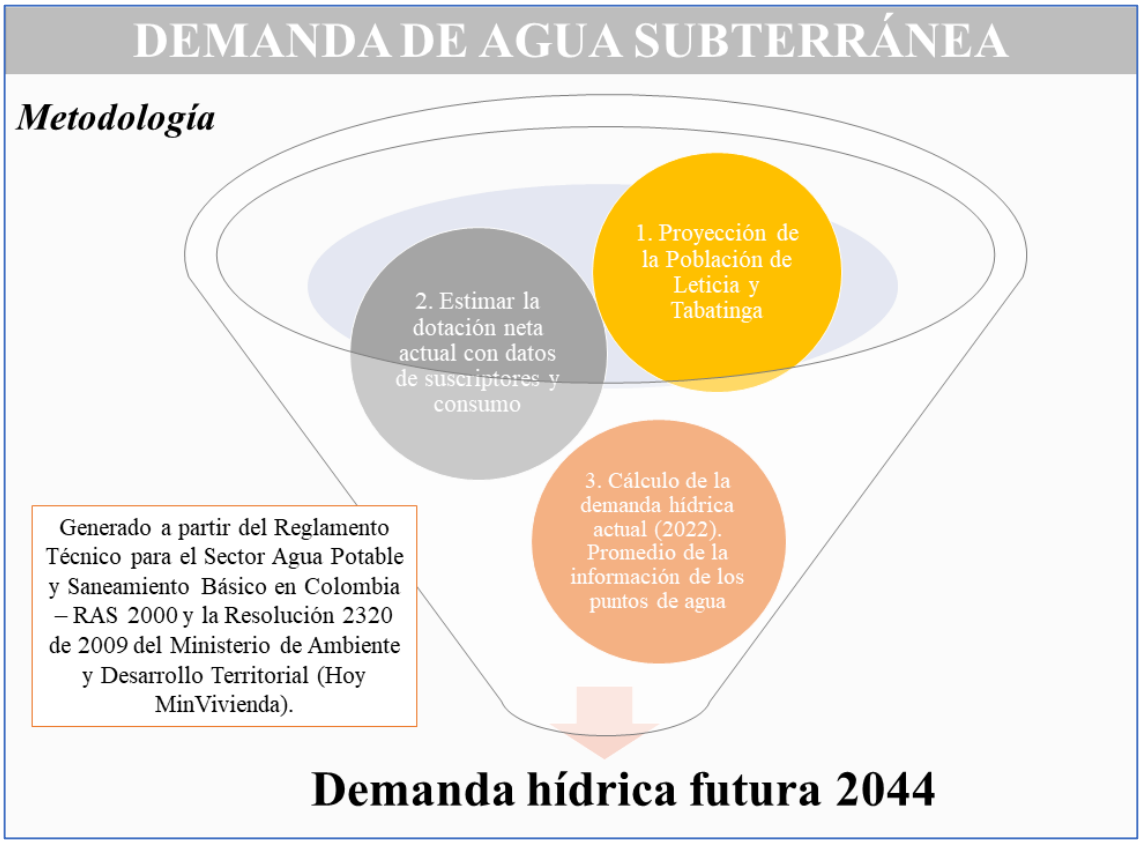


Figura 7. *Resumen gráfico del diagnóstico sanitario de la captación. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023).*

La demanda de agua subterránea es la cantidad de agua que requiere una población, de acuerdo con sus características sociodemográficas y económicas. La demanda de agua se calculó y proyectó a futuro utilizando información secundaria disponible de censos poblacionales, cantidad de usuarios, usos del agua, suscriptores a los sistemas de acueducto y alcantarillado, y

los consumos de agua de la población. Esta información fue obtenida de entidades oficiales (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas – DANE en Colombia, e Instituto Brasileño de Geografía y Estadística – IBGE en Brasil), así como otras entidades locales, como la Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios de Leticia – USPDL y la Compañía de Saneamiento del Amazonas – COSAMA en Tabatinga. La metodología usada se presenta en el Box 3.



Box 3. Metodología para la estimación de la demanda de agua subterránea

Para la proyección de la población (Figura 8), se consideraron 3 escenarios: pesimista, optimista y tendencial (según datos de censos), y se proyectaron utilizando datos de proyecciones hechas por el DANE (Leticia) y por el IBGE (Tabatinga), el escenario seleccionado fue el tendencial.

Para el cálculo y proyección de la demanda hídrica subterránea, se tuvieron en cuenta los mismos 3 escenarios anteriores; el escenario pesimista contempla un incremento de la demanda de agua en la población de hasta 135 l/hab/día; el escenario optimista donde se produce una disminución de hasta 100 l/hab/día en la demanda de agua; y el escenario tendencial donde se mantiene la tendencia observada en los datos históricos con una dotación de 135 l/hab/día.

Primero, se calcularon los usuarios de las aguas subterráneas usando los datos del inventario de puntos de agua de este estudio, luego se estimó la demanda actual de agua subterránea bajo 3 métodos de cálculo: a partir del inventario 2022 de OTCA & SHI SAS (este estudio), a partir de los inventarios de 2008, 2015 y 2022 (este estudio), y finalmente a partir de usuarios y dotación máxima de agua. El escenario empleado fue el tendencial y el método escogido para el cálculo de la demanda subterránea actual fue el del inventario 2022 de OTCA & SHI SAS,

donde se obtiene una demanda para 2022 de 12´316.390 m^3/año que se proyecta pasará a 6´375.507 m^3/año en 2044. El resumen gráfico se presenta en la Figura 9.

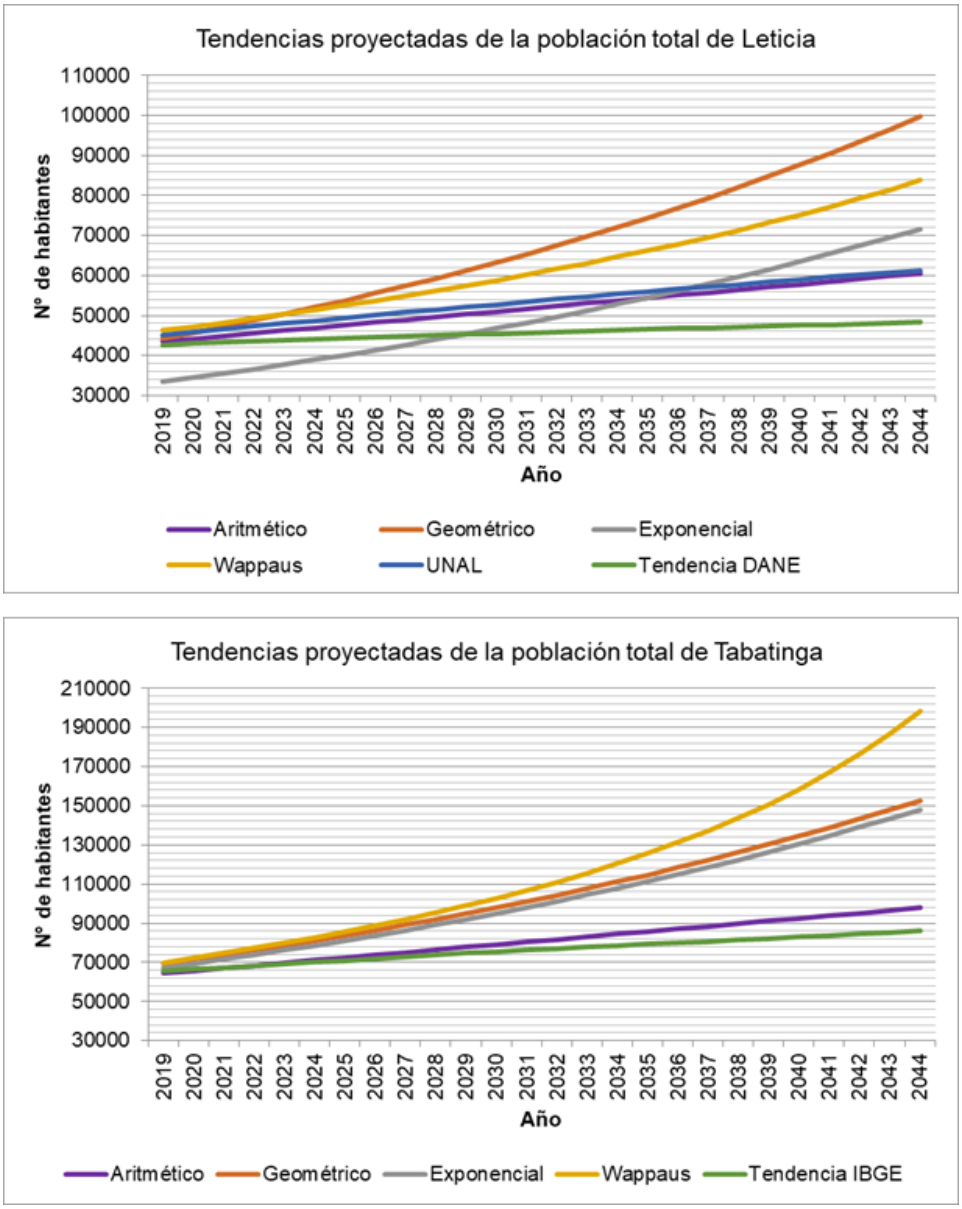


Figura 8. *Proyecciones de la población a 2044 de Leticia y Tabatinga – Escenario tendencial. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023).*

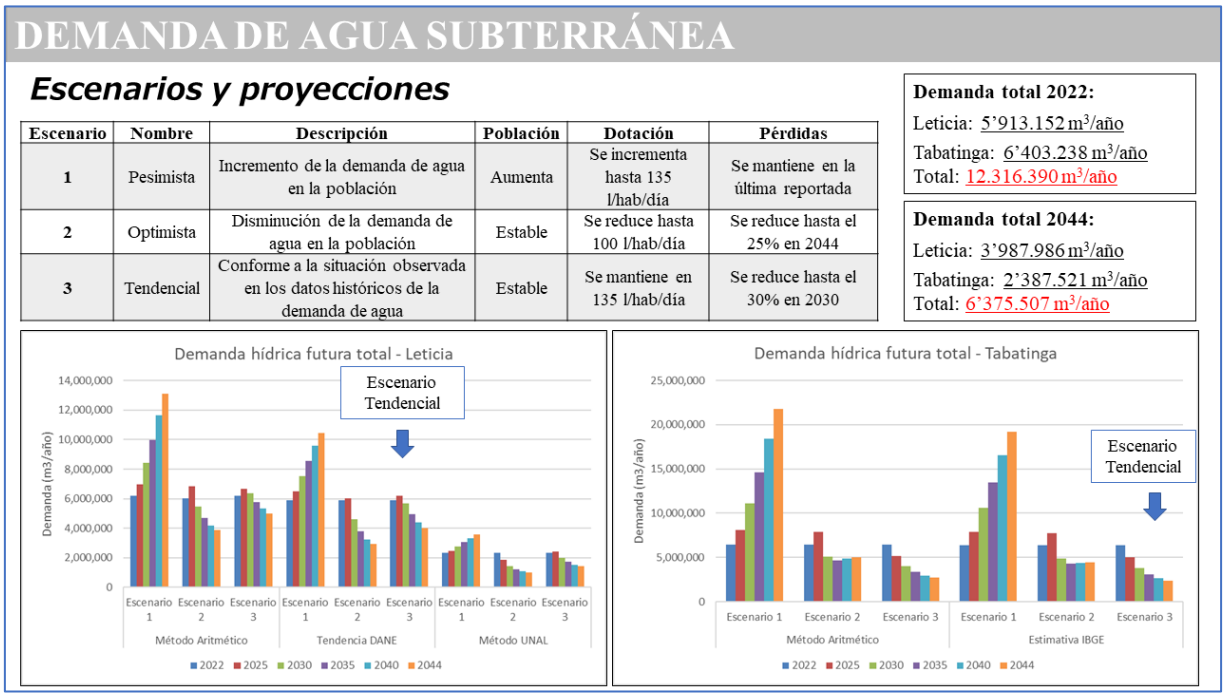


Figura 9. *Resumen gráfico de la proyección de la demanda hídrica subterránea a 2044. Fuente: OTCA & SHI SAS(2023).*

- Evaluar la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero binacional, identificando las fuentes potenciales de contaminación y realizar un análisis de riesgos de contaminación de las aguas subterráneas.

Por su parte, el inventario de las fuentes potenciales de contaminación del acuífero transfronterizo Leticia-Tabatinga se realizó a partir del reconocimiento de campo ejecutado de manera conjunta con el inventario de puntos de agua, y con información secundaria. Se identificaron un total de 45 fuentes potenciales de contaminación que fueron agrupados en 7 categorías que se asocian principalmente a zonas urbanas con un sistema de alcantarillado deficiente, lugares de disposición de residuos sólidos, lagunas de efluentes, estaciones de servicio y zonas de almacenamiento de hidrocarburos, explotación de minerales de arcilla, industrias, cementerios y plantas de sacrificio.

Sin embargo, al realizar un análisis distribuido, se destaca que el 70% de la zona de estudio está expuesta a cargas potencialmente contaminantes bajas que se ubican hacia la zona rural de ambos municipios y se asocian con cargas puntuales como cementerios y plantas de sacrificio, el 18% a cargas moderadas que se concentran en las cercanías a zonas de disposición de residuos sólidos, lugares de almacenamiento de hidrocarburos y las termoeléctricas, y solo el 12% a cargas potencialmente contaminantes altas, estas últimas ubicadas en Tabatinga y al sur de la zona urbana de Leticia, que corresponde principalmente a los vertimientos y al saneamiento in situ de las aguas residuales de origen doméstico y a la presencia de diversas fuentes de contaminación puntuales como estaciones de servicio e industrias (Figura 10).

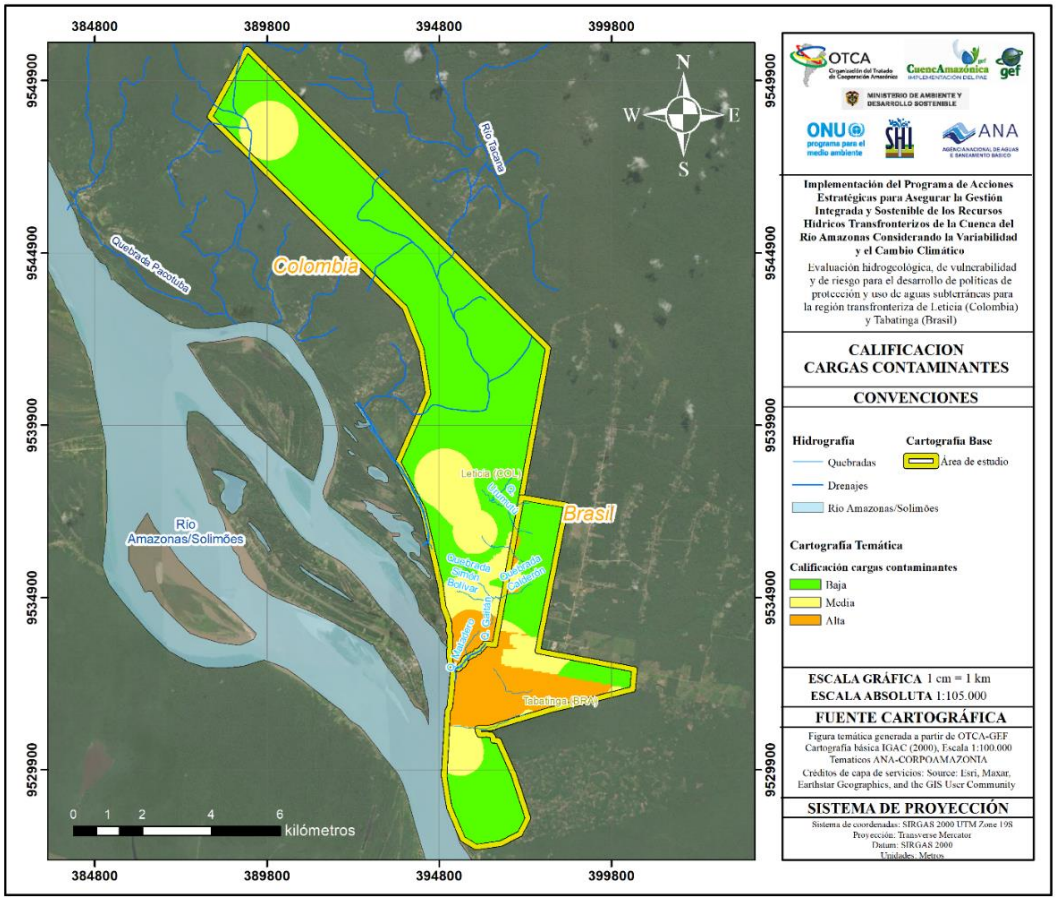
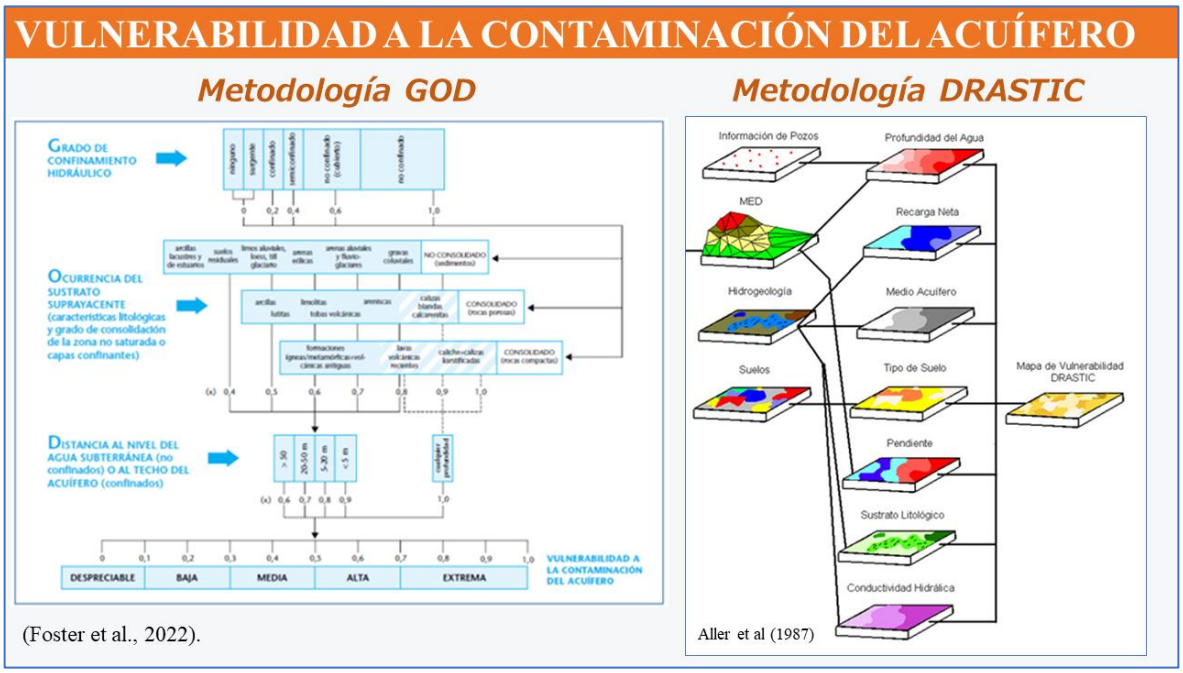


Figura 10. *Distribución de la carga contaminante potencial al suelo. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023). Mapa base: Maxar (2018-2022).*

La vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del acuífero fue estimada mediante el método GOD y el método DRASTIC (Box 4). En el primer caso el 9% del área de estudio corresponde a zonas vulnerabilidad baja o insignificante, el 70% a vulnerabilidad moderada y el 21% a vulnerabilidad alta, donde la mayor vulnerabilidad del acuífero está asociada a zonas con niveles de agua someros. Comparativamente, en el segundo caso se observó una disminución de las áreas que corresponden a vulnerabilidad baja e insignificante, alcanzando únicamente el 1%, mientras que las áreas clasificadas como vulnerabilidad media y alta corresponden al 76% y al 23% de la zona de interés respectivamente, y se asocian con niveles freáticos más someros que coinciden con topografías más planas al oriente de Tabatinga y al noroccidente de la ciudad de Leticia. Los porcentajes asociados corresponden a los presentados en la Figura 11.



Box 4. Metodologías para la estimación de la vulnerabilidad. GOD – DRASTIC.

Asimismo, el peligro de contaminación del acuífero fue obtenido mediante una matriz que relaciona la carga contaminante con la vulnerabilidad del acuífero, tanto por el método GOD como por el método DRASTIC. En general, se evidenciaron grandes similitudes entre los dos métodos, donde la principal diferencia es el aumento de las áreas con peligro reducido en el método GOD respecto al DRASTIC. El análisis distribuido evidenció que aproximadamente el 55% del área de estudio se encuentra en zonas donde el peligro de contaminación es reducido y moderado, principalmente hacia las zonas rurales de ambos municipios donde se presentan cargas contaminantes bajas y vulnerabilidades moderadas. Por su parte, cerca del 45% corresponde a zonas de peligro elevado y muy elevado, que se ubican principalmente al sur de Leticia y en la zona urbana de Tabatinga donde predominan las cargas contaminantes medias y vulnerabilidades moderadas a altas (Figura 12).

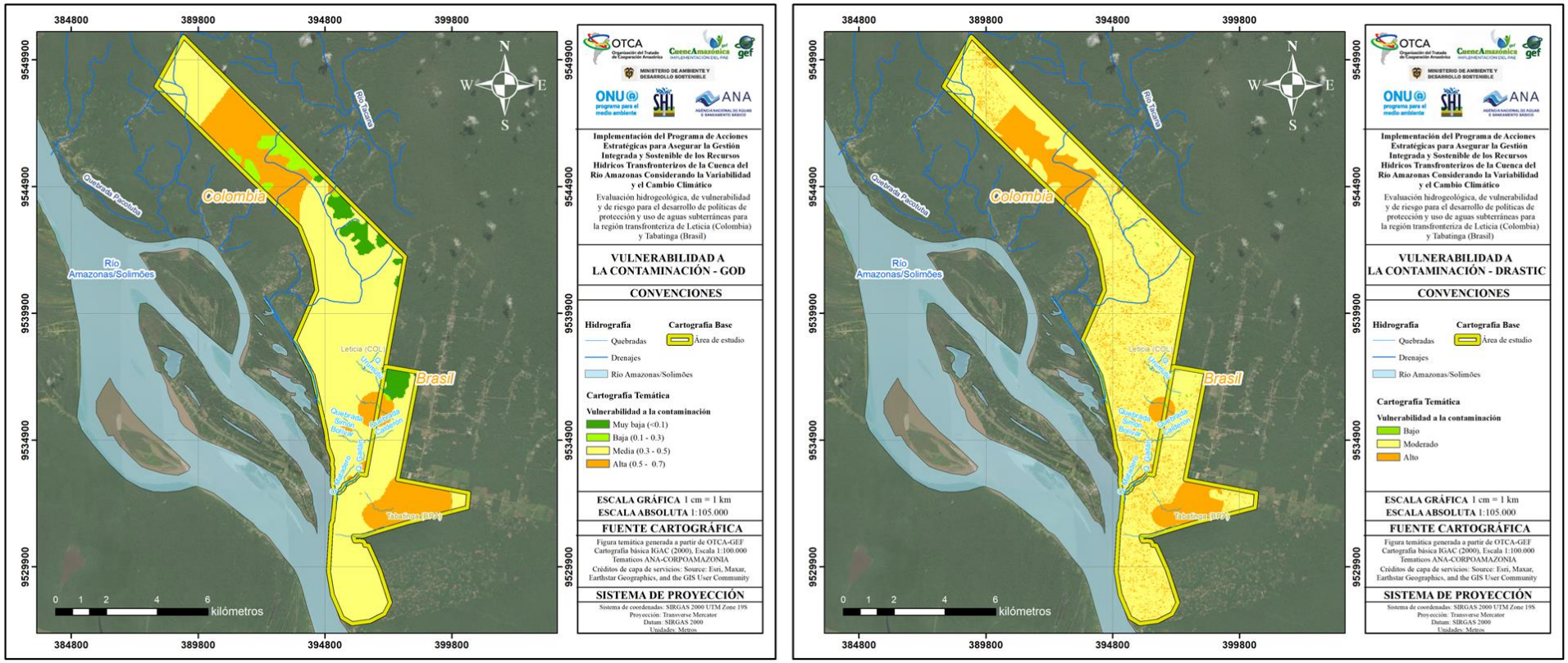


Figura 11. *Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del acuífero. Métodos GOD y DRASTIC. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023). Mapa base: Maxar (2018-2022).*

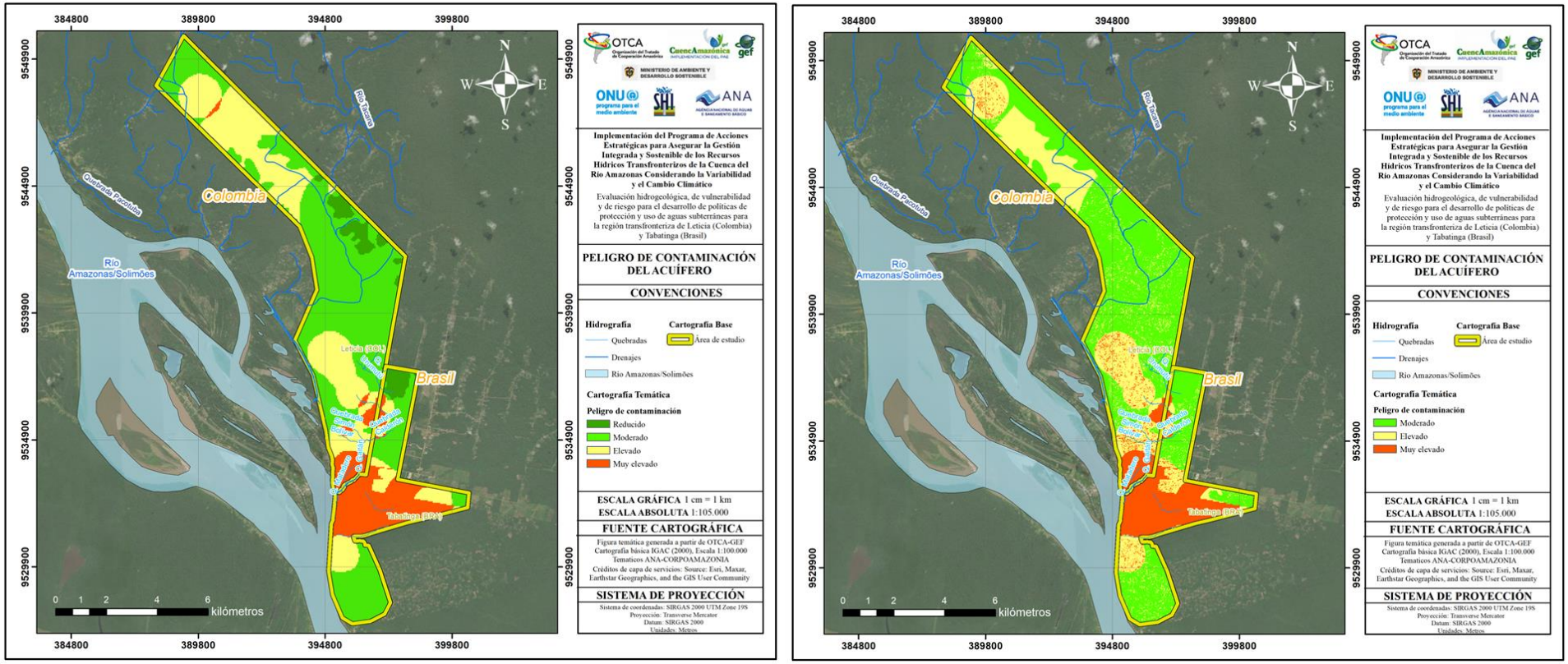


Figura 12. *Peligro de contaminación del acuífero obtenidos a partir de la vulnerabilidad intrínseca GOD y DRASTIC y la clasificación de las fuentes potencialmente contaminantes. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023). Mapa base: Maxar (2018-2022).*

- Diseñar una red de monitoreo de calidad y niveles del agua subterránea y definir una estrategia para darle continuidad a su operación en el tiempo.

La red de monitoreo preliminar consistió en 60 puntos, distribuidos en 35 en Leticia y 25 en Tabatinga. Los resultados de laboratorio y el análisis hidrogeoquímico obtenidos en los 60 puntos indicaron que las aguas del acuífero transfronterizo son poco mineralizadas, caracterizadas por una interacción constante con agua lluvia y superficial. Adicionalmente, existe una diferencia entre las aguas subterráneas de ambos municipios, ya que se presentó un incremento en los valores de conductividad eléctrica, sólidos disueltos, nitratos, cloruros y un mayor grado de mineralización de los pozos de Tabatinga respecto a los de Leticia. Esta variación puede responder a diversos factores como al enriquecimiento en ciertos iones asociado a un mayor tiempo de tránsito del agua en el medio subterráneo en Tabatinga, a una mayor influencia de drenajes y agua lluvia en Leticia o a la profundidad a la que se realizan las captaciones; a su vez, se pueden presentar casos de contaminación antrópica en lugares puntuales que aumentan localmente las concentraciones de cloruros, nitratos o coliformes.

De manera general, el 24% de los puntos de monitoreo en Leticia cumple con la normativa colombiana (resolución 2115 de 2007) para uso doméstico y el 76% supera el valor límite en al menos un parámetro; por su parte, todos los puntos empleados para consumo humano presentan valores de pH inferiores a lo estipulado en la normativa y, considerando los parámetros restantes, el 50% de los puntos son aptos para consumo humano mientras que el 50% restante presenta valores altos en parámetros como turbiedad, hierro o coliformes antes de tratamiento. Para el caso de Tabatinga, el 70% de los puntos asociados a consumo humano y uso doméstico no cumplen con la normativa y el 30% restante cumple con los valores límites expresados en la resolución brasileña (*Portaria* GM/MS n° 888/2021 y Resolución CONAMA n° 396/2008).

Basados en los resultados de la red mencionada anteriormente, se propuso una red de monitoreo de cantidad y calidad del agua subterránea, priorizando los pozos que son empleados para consumo humano, así como los que se ubican en las zonas de mayor vulnerabilidad y peligro de contaminación. En total se seleccionaron 32 puntos en los que es recomendable realizar el monitoreo del agua subterránea, entre los que se encuentran 22 pozos de la red de monitoreo preliminar, 4 del inventario suministrado por la Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento Básico - ANA (2015) y 6 piezómetros nuevos. La distribución espacial y los principales parámetros sugeridos para el monitoreo se presentan en la Figura 13.

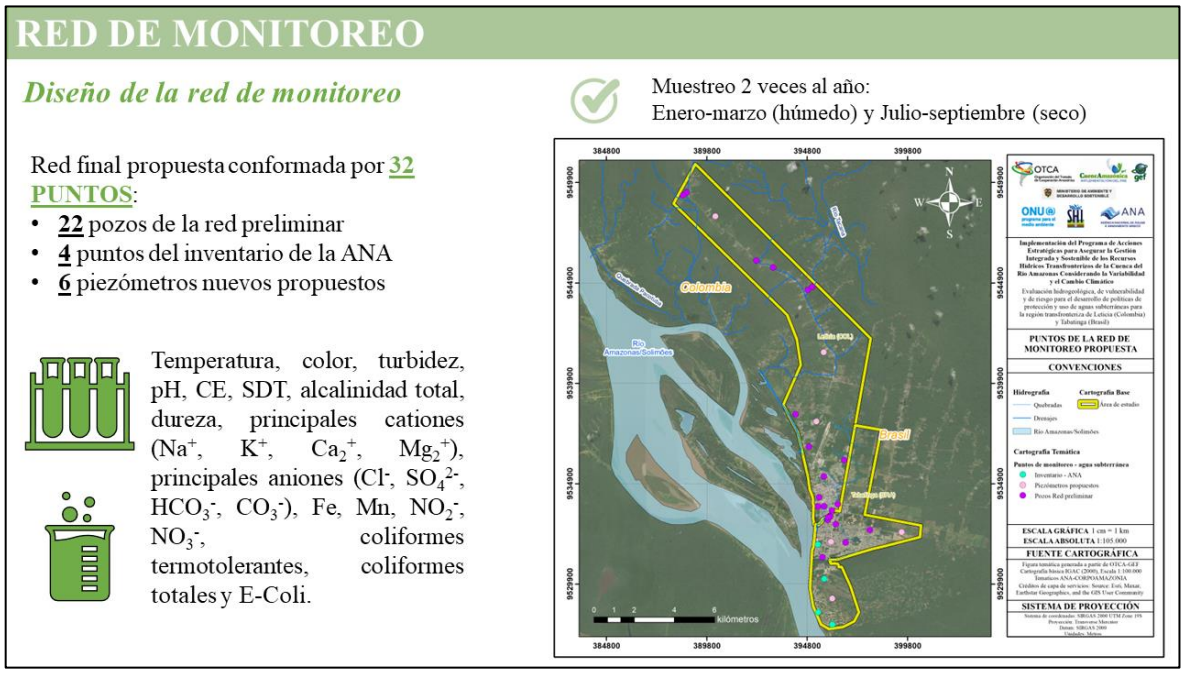


Figura 13. *Resumen gráfico de la red de monitoreo propuesta. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023).*

Para que sea ejecutado el monitoreo de cantidad y calidad se presentaron dos escenarios. En el primero, el monitoreo manual de los niveles freáticos se realiza mediante una sonda de nivel, con mediciones quincenales durante el primer año para crear una base de datos. Posteriormente, se considera ajustar la frecuencia de monitoreo en función de los resultados. En el segundo escenario, más recomendado, cada pozo de la red de monitoreo está equipado con un *levelogger* para medir automáticamente los niveles de agua subterránea. Esto le permite obtener datos con mayor frecuencia, incluso cada hora, y facilita la transmisión de información de forma remota o el almacenamiento de información local.

A su vez, el seguimiento de la calidad idealmente debería realizarse en dos campañas estacionales (lluviosa y seca). Lo ideal es que la calibración y limpieza de los sensores, así como la comprobación del estado de los dispositivos, se realicen cada 3 meses y junto con la recopilación manual de datos.

Entre las recomendaciones adicionales se encuentran: la implementación de bases de datos SQL para el almacenamiento y procesamiento de los datos, la recopilación y almacenamiento de datos complementarios o "metadatos", la validación de la información recopilada, la implementación de protocolos estrictos para el manejo de la base de datos y la elaboración de copias de seguridad periódicamente, tanto de los datos brutos como de la base de datos verificada, con el objetivo de mantener su integridad; también se propone la implementación de programas SIG que faciliten el procesamiento y, especialmente, la representación de los datos. Adicionalmente, y como actividad complementaria al monitoreo, se sugiere la implementación de modelación numérica para identificar perímetros de protección de las captaciones que contribuyan a aumentar el conocimiento sobre el comportamiento del agua subterránea en la región.

- Definir un conjunto de pautas locales para el uso, la protección de fuentes de aguas subterránea y una estrategia para mitigación de los riesgos de contaminación evidenciados.

En este estudio se han identificado problemas asociados al uso del agua subterránea en la zona; entre ellos se destaca la deficiencia en la cobertura de los servicios de acueducto, alcantarillado y recolección de basuras, la infraestructura inadecuada de captaciones de agua subterránea, la baja articulación institucional entre Tabatinga y Leticia, el poco conocimiento de la comunidad sobre el recurso subterráneo y el poco personal técnico de las instituciones reguladoras del recurso en ambas ciudades para atender las problemáticas asociadas al recurso hídrico (Figura 14). De acuerdo con estas problemáticas se han definido directrices y pautas locales para el uso sostenible y la protección de las fuentes de agua subterránea, a continuación, se mencionan algunas de las más importantes.

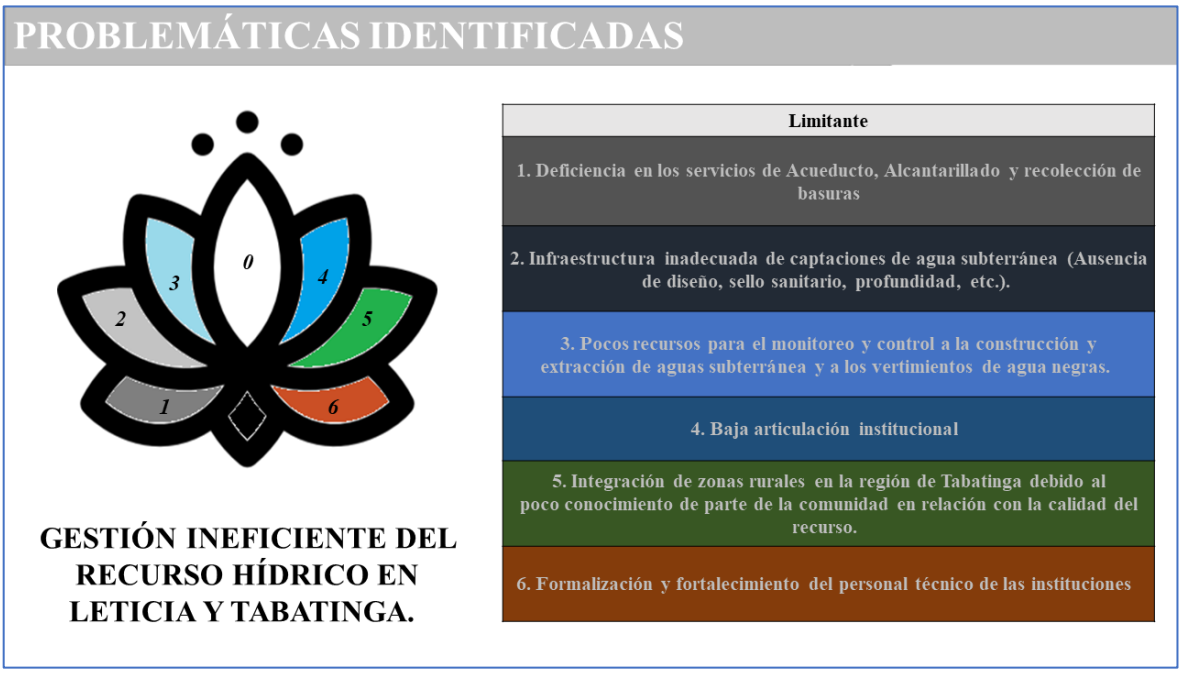


Figura 14. *Resumen gráfico de las problemáticas y limitantes identificadas. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023).*

Con el fin de abordar de manera adecuada el objetivo de afianzar los resultados del presente estudio, se construyeron 8 directrices para definir pautas locales para la gestión eficiente del recurso hídrico a mediano y largo plazo. Estas directrices locales se resumen gráficamente en la Figura 15.

En general, se sugiere crear espacios anuales que promuevan la discusión aprovechando los mecanismos binacionales existentes, como la Comisión de Vecindad, que aborda diversos temas importantes en las ciudades fronterizas de Colombia y Brasil que deben ser analizados de manera conjunta por ambos países. Dado que esta comisión ya tiene reconocimiento gubernamental, las alcaldías, instituciones científicas y los ministerios de cada país (asociados

con el recurso hídrico) podrían brindar su apoyo en este ámbito, incluyendo dentro de la agenda y los ejes temáticos de esta comisión , la protección y conservación de las aguas subterráneas, para que posteriormente las entidades competentes analicen como pueden incorporar este tema en sus presupuestos, planes y programas y puedan cooperar entre ambos países.

Estos espacios deben soportarse con una eficiente colaboración entre diversas entidades, incluyendo entidades públicas, privadas e instituciones educativas, lo que refuerza la base de conocimientos y recursos disponibles para una toma de decisiones más informada. En ese sentido se deben asignar los recursos necesarios para identificar fugas en el sistema y realizar una mejora completa de la red de acueducto y alcantarillado. Además, para mejorar el ingreso de los recursos económicos para la operación de estos sistemas en ambas ciudades, se puede evaluar la implementación de tarifas diferenciales por parte de las empresas prestadoras de servicios públicos en ambas ciudades, acorde con los niveles socioeconómicos de cada ciudad. En relación con las captaciones subterráneas de abastecimiento público, se debe impulsar soluciones integradas con las entidades responsables, lo cual requiere una vigilancia más intensiva.

Dentro de las problemáticas más importantes, es importante destacar que se desconocen las características de los pozos (como datos constructivos, flujos, información de calidad) y no hay manera de gestionar adecuadamente lo que no se conoce. Para abordar esta situación, es necesario llevar a cabo una campaña de identificación y legalización diferenciada de todas las captaciones de agua subterránea en la región, sin que se derive en sanciones ni cargos económicos para los usuarios, sino que debe centrarse en registrar las características de los pozos y la cantidad de agua explotada.

El primer paso para proteger el recurso implica incorporar en los instrumentos de planificación y ordenamiento urbano las áreas estratégicas establecidas por las autoridades ambientales, las cuales están destinadas a la protección de las aguas subterráneas y de los servicios ecosistémicos que de ellas derivan. Lo que se recomienda en este caso es que, debido a la importancia del río Amazonas como fuente principal de recarga, velar por la protección de las márgenes y de las zonas de inundación del río, permitiendo el flujo normal del agua desde el río hacia el acuífero.

De manera complementaria a la generación/adopción de los planes de ordenamiento territorial y ambiental, es necesario realizar campañas masivas de sensibilización a la población sobre la importancia del acuífero y sobre las entidades gestoras del recurso, así como la difusión de la información ambiental relevante del acuífero en portales en línea con acceso libre. También es importante dar a conocer las campañas de monitoreo para contar con el apoyo de los dueños de las captaciones y evitar una comunidad desconfiada de brindar información por temor a comparendos ambientales.

Finalmente, es importante destacar que de toda la información hidrológica, hidrogeológica, territorial, ambiental, legal, institucional, social, económica, y de las intervenciones realizadas por la comunidad, puede surgir la información base para la construcción de un plan de manejo integral del acuífero (en Colombia, responsabilidad de CORPOAMAZONÍA), que contenga todos los elementos necesarios para prevenir la sobreexplotación, garantizar disponibilidad del agua y asegurar el uso sostenible del recurso, por medio de aspectos técnicos, económicos, financieros, sociales, y de protección ambiental, que se han recopilado a lo largo de todos los

estudios sobre el acuífero. En el caso de la legislación brasileña en la cual este instrumento no está previsto estos elementos deben ser presentados en los planes de cuenca hidrográfica, en este caso la cuenca del río Amazonas.

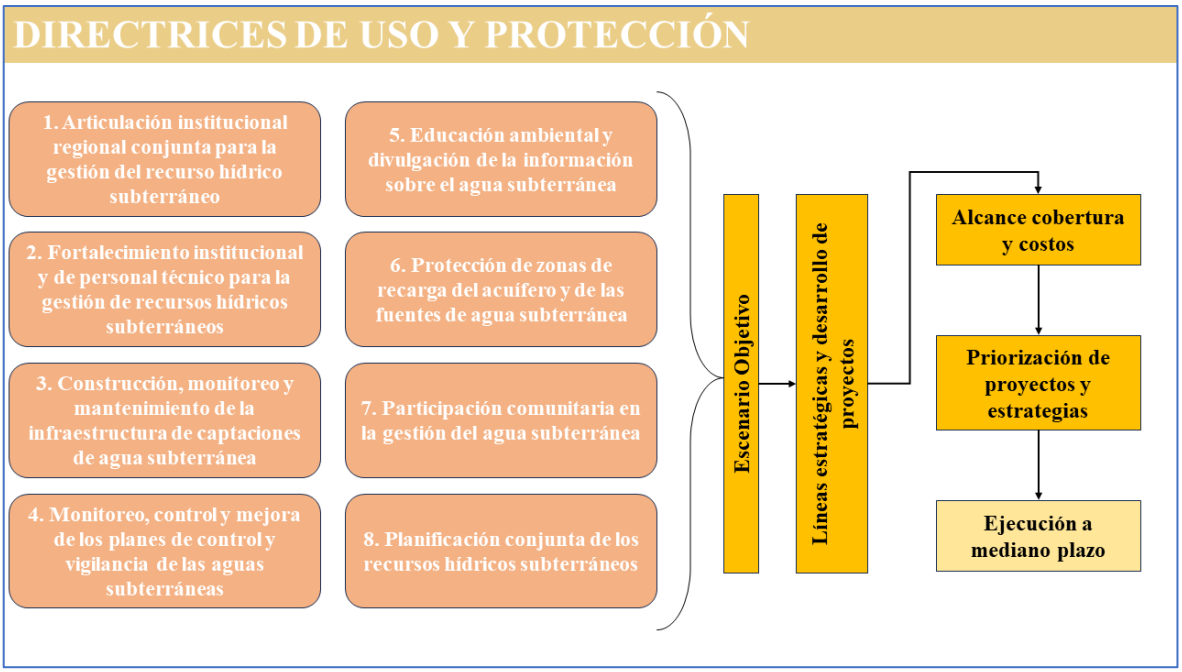


Figura 15. *Diagramación conceptual de las directrices para la definición de pautas locales para la gestión eficiente del recurso hídrico. Fuente: OTCA & SHI SAS (2023).*