PROYECTO CUENCA AMAZÓNICA

Informe Final – Monitoreo Participativo

Monitoreo participativo del agua subterránea en Leticia y Tabatinga: calidad del agua, niveles piezométricos y condiciones sanitarias

16 de junio de 2026

OTCA
Organización del Tratado de Cooperación Amazónica

CuencAmazónica
IMPLEMENTACIÓN DEL PAE

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

gef

Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA)

MARTÍN VON HILDEBRAND
Secretario General

VANESSA GRAZZIOTIN
Directora Ejecutiva

EDITH PAREDES
Directora Administrativa

CARLOS SALINAS
Coordinación Ambiental

Unidad de Coordinación Regional del Proyecto Cuenca Amazónica (UCR)

MARIA APOSTOLOVA
Coordinadora Regional

FERNANDO CISNEROS
Especialista Técnico en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

NINA RODRIGUES
Especialista en Comunicación

PAULO CAVALCANTI
Oficial Administrativo y Financiero

JANET HERRERA
Asistente Administrativa

Unidad de Coordinación de Proyecto Nacional - Colombia

NATALIA ACERO MARTINEZ
Directora de Gestión Integral de Recurso Hídrico
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Coordinadora UNCP

ELVIA JOHANNA GELVEZ BERNAL
Profesional Especializada
Dirección de Gestión Integral de Recurso Hídrico, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Punto Focal Técnico

FORTALECIMIENTO DE COMUNIDADES USUARIAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA REGIÓN TRANSFRONTERIZA DE LETICIA (COLOMBIA) Y TABATINGA (BRASIL) A TRAVÉS DE LA CAPACITACIÓN TEÓRICA Y PRÁCTICA PARA EL MONITOREO PARTICIPATIVO DE ESTE RECURSO

En marco del proyecto:

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

INFORME FINAL

Presentando por:

Juan Carlos Cueva Orjuela
Profesional Experto en Monitoreo



Presentado a:

Organización del Tratado de Cooperación Amazónica – OTCA
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia
Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)

Leticia, Colombia
Junio del 2026

Tabla de Contenido

Resumen ejecutivo 5

Introducción 7

1. Metodología general 7

2. Fase O – Insumos para la Elaboración del Plan de Trabajo 8

3. Fase I - Convocatoria y socialización comunitaria 8

3.1. Elaboración de contenidos sobre resultados del proyecto OTCA & SHI, 2023 9

3.2. Diseño e implementación de la estrategia de socialización 11

3.3. Diseño de metodología para convocatoria de voluntarios 15

4. Fase II - Selección de los voluntarios 17

4.1. Revisión de documentos obtenidos en los resultados de la convocatoria – selección de puntos 17

4.2. Elaboración de mapa de los puntos para el monitoreo 24

4.3. Elaboración de ruta y cronograma del monitoreo 26

5. Fase III - Capacitación teórico – práctica 27

5.1. Diseño metodológico de la capacitación 28

6. Fase IV - Monitoreo 38

6.1. Ruta metodológica 38

6.2. Ejecución del monitoreo 40

6.3. Toma de datos hidrogeológicos y de calidad del agua en los predios 46

6.4. Inspección sanitaria de las captaciones en los predios 47

6.5. Kits de monitoreo entregados 49

7. Fase V - Evaluación 50

7.1. Análisis de resultados de calidad del agua 50

7.2. Análisis de resultados de niveles piezométricos 62

7.3. Condiciones sanitarias de las captaciones 65

7.4. Análisis de percepciones de la comunidad 66

8. Fase VI - Divulgación de resultados 69

8.1. Realización de video 69

8.2. Webinar de Resultados 69

8.3. Infografía de Resultados 70

9. Presupuesto ejecutado 70

10. Recomendaciones 71

11. Conclusiones 72

12. Referencias 74

13. Anexos 75

Lista de Figuras

Figura 1 . Ruta metodológica planteada para el proyecto. Fuente: Elaboración propia. 8
Figura 2. *Portada de la presentación elaborada para socializar los resultados del proyecto OTCA & SHI, 2023. Fuente: Elaboración propia.* 10
Figura 3. *Línea de tiempo como parte de los contenidos elaborados para socializar los resultados del proyecto OTCA & SHI, 2023. Fuente: Elaboración propia.* 10
Figura 4. *Folleto divulgativo de los resultados del proyecto OTCA & SHI, 2023.* 11
Figura 5. *Síntesis del diseño de la estrategia de socialización y convocatoria. Fuente: Elaboración propia.* 12
Figura 6. *Socialización de resultados del estudio OTCA & SHI (2023) en espacio institucional del COTSA.* 13
Figura 7. Socialización de resultados del estudio OTCA & SHI (2023) en espacio abierto. 13
Figura 8. Publicaciones en redes sociales de las convocatorias realizadas a los espacios de socialización y talleres. 14
Figura 9. Invitaciones radiales dirigidas a la comunidad de Leticia y Tabatinga, para participar de la socialización, los talleres y el monitoreo 14
Figura 10. Formulario de Google Forms diseñado para la inscripción de voluntarios para pertenecer a la red de monitoreo participativo de aguas subterráneas 2026 en Leticia y Tabatinga. 16
Figura 11. Resultado del Formulario de Google Forms diligenciado por los voluntarios. 16
Figura 12. Localización de los puntos de agua subterránea inventariados entre Leticia y Tabatinga en los diferentes estudios. Fuente: OTCA & SHI (2023). 18
Figura 13. Propuesta base de red de monitoreo hidrogeológico en la zona transfronteriza Leticia - Tabatinga. Fuente: OTCA & SHI (2023). 19
Figura 14. Propuesta preliminar de red de monitoreo hidrogeológico en la zona transfronteriza Leticia - Tabatinga. Fuente: Elaboración propia con base en OTCA & SHI (2023). 21
Figura 15. Agenda de la capacitación teórica – práctica para el fortalecimiento de comunidades usuarios del agua subterránea en la región transfronteriza de Leticia – Colombia y Tabatinga - Brasil. 28
Figura 16. Portada y contraportada de la Guía práctica para el monitoreo participativo de aguas subterráneas en la región transfronteriza de Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil). 30
Figura 17. Instalación del espacio de capacitación por parte de Minambiente en representación del grupo binacional (OTCA, ANA y MADS). 32
Figura 18. Jornada de capacitación teórica 16 de abril de 2026 – Unidad 1. 33
Figura 19. Jornada de capacitación teórica 16 de abril de 2026 – Ponente invitado Unal – Amazonia. 33
Figura 20. Desarrollo de la capacitación en la jornada teórica del 16 de abril de 2026 y actividades grupales de percepciones sobre el acuífero. 33
Figura 21. Jornada de capacitación teórica 16 de abril de 2026 – Ponente invitado SENA. 34
Figura 22. Jornada de capacitación teórica 16 de abril de 2026 – Unidad 2. 34
Figura 23. Jornada de capacitación práctica 17 de abril de 2026 – Definiciones del monitoreo participativo. 35
Figura 24. Equipos dispuestos para la jornada de capacitación práctica 17 de abril de 2026. 36
Figura 25. Desarrollo de la capacitación en la jornada práctica del 17 de abril de 2026. 37
Figura 26. *Cierre de la capacitación en la jornada práctica del 17 de abril de 2026.* 38
Figura 27. *Propuesta de metodología del monitoreo participativo de aguas subterráneas en la región transfronteriza de Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil). Fuente: Elaboración propia.* 40
Figura 28. Ruta y cronograma ejecutado durante las jornadas de monitoreo participativo. Fuente: Elaboración propia. 41
Figura 29. Estudiantes y profesores del Colegio INEM en el ejercicio de monitoreo participativo. 43
Figura 30. Estudiantes de la Escuela Normal en el monitoreo participativo. 44

Figura 31. Aprendices del SENA en el monitoreo participativo. 44
Figura 32. Monitoreo participativo en la Cruz Roja Colombiana Seccional Amazonas. 45
Figura 33. Capacitaciones y dialogo en torno a las aguas subterráneas en el ejercicio del monitoreo participativo en la comunidad del Km 11. 45
Figura 34. Jornadas de monitoreo comunitario de aguas subterráneas en Leticia. 47
Figura 35. Condiciones sanitarias de algunos pozos en la región transfronteriza de Tabatinga (imagen izquierda) y Leticia (imagen derecha). 48
Figura 36. Registro de percepciones sobre la jornada de monitoreo participativo. 49
Figura 37. Miembros de la red de monitoreo evaluando las propiedades organolépticas del agua. 51
Figura 38. Percepción de los usuarios sobre el color del agua subterránea. Fuente: Elaboración propia. 51
Figura 39. Percepción de los usuarios sobre la apariencia del agua subterránea. Fuente: Elaboración propia. 52
Figura 40. Percepción de los usuarios sobre el olor del agua subterránea. Fuente: Elaboración propia. 52
Figura 41. Registro de pH en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia. 53
Figura 42. Registro de temperatura en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia. 53
Figura 43. Registro de Oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia. 54
Figura 44. Registro de conductividad eléctrica en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia. 55
Figura 45. Distribución espacial de la conductividad eléctrica en los puntos de monitoreo en la región transfronteriza. Fuente: Elaboración propia. 56
Figura 46. Registro de solidos disueltos totales en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia. 57
Figura 47. Registro de potencial de oxido-reducción en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia. 58
Figura 48. Uso de tiras de medición rápida de calidad del agua. 58
Figura 49. Registro de dureza total en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia. 59
Figura 50. *Registro de nitratos en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.* 59
Figura 51. *Distribución espacial de la concentración de nitratos en los puntos de monitoreo en la región transfronteriza. Fuente: Elaboración propia.* 60
Figura 52. *Registro de carbonatos en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.* 61
Figura 53. Registro de amonio en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia. 62
Figura 54. Registro de cloro en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia. 62
Figura 55. *Registro de profundidad de niveles freáticos en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.* 63
Figura 56. Distribución espacial de la profundidad de nivel freático en los puntos de monitoreo en la región transfronteriza. Fuente: Elaboración propia. 64
Figura 57. Distribución espacial de los niveles piezométricos en los puntos de monitoreo en la región transfronteriza. Fuente: Elaboración propia. 65
Figura 58. *Síntesis de las condiciones sanitarias evaluadas en los puntos de monitoreo en la región transfronteriza Leticia – Tabatinga*. Fuente: Elaboración propia. 66
Figura 59. *Invitación al Webinar de presentación de resultados* 69
Figura 60. Webinar transmitido por YouTube 70

Resumen ejecutivo

El presente proyecto tuvo como propósito fortalecer la gestión participativa y la protección de las aguas subterráneas en la región transfronteriza de Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil). Esto se logró mediante la consolidación de una red participativa de monitoreo de aguas subterráneas articulada con instituciones, organizaciones sociales, comunidades indígenas y usuarios del recurso hídrico subterráneo. Su objetivo principal fue avanzar en la implementación del Programa de Acciones Estratégicas (PAE) acordado por los ocho países miembros de la OTCA, promoviendo la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). Esta iniciativa regional impulsa los acuerdos previos de los países amazónicos que resultaron en una visión compartida y una estrategia común para la GIRH contenida en dicho PAE.

En este contexto, el proyecto apoya a las naciones para fortalecer la capacidad nacional y la gobernanza regional para la GIRH, mejorar la adaptación al cambio climático y garantizar datos regionales sólidos que optimicen la toma de decisiones y la coordinación sobre la gestión de los recursos hídricos de la Cuenca Amazónica, desde las fuentes en los Andes hasta el delta del río en el Atlántico, en pro de un de un ecosistema amazónico más saludable. Bajo este marco, se vienen promoviendo e impulsando de manera conjunta diferentes intervenciones e iniciativas exitosas e innovadoras que permitan su visualización, posicionamiento, replicabilidad y escalabilidad a nivel regional. Como parte de este proceso, la SP/OTCA y los Gobiernos de Brasil y Colombia ejecutaron entre los años 2022 y 2023 el proyecto de *"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)".*

Como punto de partida, se realizó la revisión de los resultados obtenidos en el proyecto denominado *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),* OTCA & SHI (2023), enfocados en la caracterización hidrogeológica, la vulnerabilidad y el riesgo a la contaminación del sistema acuífero de la región transfronteriza, con el objetivo de adecuar el lenguaje técnico y facilitar su comprensión y transmisión a la comunidad.. A partir de esta información se diseñó e implementó una estrategia integral de socialización y convocatoria, orientada a fortalecer la apropiación social del conocimiento sobre el agua subterránea y promover la participación de la comunidad en los procesos de capacitación y monitoreo participativo.

En el marco de la Fase I – Convocatoria, socialización y vinculación comunitaria, se elaboraron materiales pedagógicos bilingües (folletos en español-portugués), piezas gráficas para redes sociales, cuñas radiales, presentaciones divulgativas y actividades de socialización comunitaria e institucional. Estas acciones permitieron ampliar el alcance territorial del proyecto, incluyendo sectores rurales y periurbanos con limitada conectividad digital, así como fortalecer la articulación binacional e interinstitucional entre entidades ambientales, académicas y comunitarias.

La socialización de resultados del proyecto OTCA & SHI (2023) se desarrolló mediante espacios institucionales, encuentros comunitarios, estrategias puerta a puerta y difusión en medios radiales y digitales. Entre las actividades destacadas se encuentran la participación en la Mesa del Consejo Territorial de Salud Ambiental (COTSA) del Amazonas, las jornadas abiertas a la comunidad y los procesos de acercamiento a comunidades indígenas del eje vial Leticia–Tarapacá, donde se promovieron discusiones relacionadas con la calidad del agua subterránea, riesgos sanitarios, protección de captaciones y gobernanza comunitaria del recurso hídrico.

Como resultado de la convocatoria se consolidó una base de datos de actores estratégicos interesados en participar en la red de monitoreo participativo, para ello se emplearon herramientas físicas y digitales como formularios virtuales, códigos QR, planillas físicas y

mecanismos de voz a voz comunitario. El proceso permitió registrar un total de 52 personas interesadas en integrarse a la red.

Posteriormente, en la Fase II –, se desarrolló el proceso de selección y consolidación definitiva de la red de monitoreo participativo de aguas subterráneas. Para ello se aplicó un análisis multicriterio ponderado que consideró aspectos como la voluntad de participación, la representatividad espacial, el uso del agua, las condiciones de monitoreo y el riesgo de contaminación. Como resultado, se conformó una red de 26 puntos de monitoreo distribuidos estratégicamente entre Leticia y Tabatinga, incluyendo pozos productivos, manantiales y captaciones de agua subterránea para uso comunitario e institucional.

Para verificar la cobertura, distribución y representatividad hidrogeológica de los puntos se emplearon herramientas SIG y georreferenciación GPS. Adicionalmente, se definieron rutas logísticas y cronogramas de monitoreo que optimizaron tiempos de desplazamiento y facilitaron la participación de comunidades indígenas, instituciones educativas y usuarios priorizados.

En la Fase III – Capacitación teórico-práctica, se ejecutó el componente de fortalecimiento de capacidades comunitarias en monitoreo participativo de aguas subterráneas. El proceso formativo abordó conceptos relacionados con hidrogeología básica, funcionamiento del acuífero, vulnerabilidad a la contaminación, calidad del agua y técnicas de monitoreo participativo. La metodología combinó sesiones teóricas y ejercicios prácticos de campo, contando además con la participación de instituciones académicas y técnicas de Colombia (Universidad Nacional de Colombia y SENA) y Brasil (Universidad del Estado del Amazonas).

Como parte del fortalecimiento técnico de la red, se adquirieron y utilizaron equipos especializados para medición de niveles y parámetros fisicoquímicos del agua subterránea, incluyendo sondas de medición del nivel comerciales, artesanales y equipos multiparámetro portátiles. Además, se entregaron kits de monitoreo comunitario (un total de 24) para promover la continuidad del seguimiento hidrogeológico por parte de los usuarios participantes.

Posteriormente, en la Fase IV – Ejecución del monitoreo participativo, se desarrollaron las jornadas de monitoreo en los puntos seleccionados de la red, con participación activa de voluntarios, comunidades indígenas, instituciones educativas y usuarios del agua subterránea. Durante estas jornadas se realizaron mediciones de niveles de agua y parámetros fisicoquímicos *in situ*, así como actividades de registro y sistematización de información técnica y comunitaria. Esta fase permitió fortalecer las capacidades prácticas de los participantes y generar información hidrogeológica de utilidad para el seguimiento y la protección del acuífero transfronterizo.

En la Fase V – Sistematización y análisis de resultados, se consolidó la información recopilada durante las actividades de monitoreo, capacitación y socialización, integrando bases de datos, registros de campo, información geográfica y resultados técnicos obtenidos en el desarrollo del proyecto. Se confirmaron características y parámetros hidrogeológicos evidenciados en los estudios anteriores, como las direcciones principales de flujo, zonas de recarga y descarga, profundidad de niveles freáticos. Adicionalmente se evidenciaron algunas captaciones con fuentes potenciales de contaminación local, de igual manera se evaluaron las condiciones sanitarias de todas las captaciones visitadas, brindando recomendaciones para mejorarlas.

Finalmente, en la Fase VI – Elaboración de productos finales, se estructuraron los informes técnicos, materiales de soporte, bases de datos y productos cartográficos derivados del proyecto, consolidando los resultados obtenidos y las recomendaciones orientadas a la continuidad del monitoreo participativo y la protección de las aguas subterráneas en la región transfronteriza Leticia–Tabatinga

Introducción

El presente informe contiene los resultados obtenidos en el proyecto *"Fortalecimiento a las comunidades usuarias del agua subterránea en la región transfronteriza de Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil), a través de la capacitación teórica y práctica para el monitoreo participativo de este recurso"*, con relación a mis actividades como Consultor del Monitoreo. Este proyecto se enmarca en el Proyecto Cuenca Amazónica, específicamente bajo la implementación del Programa de Acciones Estratégicas (PAE) para la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos transfronterizos, liderado por la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

El objetivo de la consultoría en monitoreo es liderar las acciones de monitoreo participativo para el fortalecimiento a las comunidades usuarias del agua subterránea en la región transfronteriza. El desarrollo de este informe se estructuró en las seis (6) fases metodológicas de acuerdo con lo programado para la Consultoría del Monitoreo: 1) convocatoria y socialización comunitaria, 2) selección de voluntarios, 3) capacitación teórica-práctica, 4) monitoreo participativo, 5) evaluación de la información, y 6) divulgación de resultados. La ejecución se realizó en la zona transfronteriza de Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil), donde se comparte el recurso hídrico subterráneo que se aloja en el acuífero aluvial (HQalTsa), el cual es de tipo libre, y constituye la principal fuente de abastecimiento de agua dulce para miles de habitantes de ambas ciudades.

Las actividades se llevaron a cabo durante los meses de abril a junio del año 2026. La fase de convocatoria y diseño metodológico se inició entre marzo y abril. Posteriormente, se realizó un taller teórico-práctico de capacitación para los días 16 y 17 de abril en la Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonia. Después, se ejecutó la jornada de monitoreo comunitario en campo entre el 18 y el 27 de abril de 2026, donde se visitaron las captaciones de los voluntarios inscritos para realizar mediciones fisicoquímicas y de niveles de agua. El análisis y síntesis de resultados, así como su divulgación final, se realizó durante el mes de junio de 2026.

Finalmente, se adjunta una serie de 16 anexos que soportan las actividades realizadas y los productos requeridos dentro de lo contemplado para mi consultoría del monitoreo de las aguas subterráneas en la región transfronteriza de Leticia y Tabatinga.

1. Metodología general

El desarrollo del proyecto se estructuró en seis (6) fases metodológicas (Figura 1), con una fase previa de presentación del Plan de Trabajo, orientadas a garantizar la convocatoria, la selección de voluntarios, la transferencia de capacidades técnicas, el monitoreo participativo, la evaluación de la información y la divulgación de resultados.



Figura 1 . *Ruta metodológica planteada para el proyecto. Fuente: Elaboración propia.*

2. Fase O – Insumos para la Elaboración del Plan de Trabajo

El Plan de Trabajo Individual fue enviado el 21 de marzo. De igual forma, el Plan de Trabajo de todo el equipo consultor fue enviado el mismo 21 de marzo. El Plan de Trabajo fue socializado y aprobado por el grupo binacional conformado por OTCA, MinAmbiente – Colombia y ANA – Brasil.

3. Fase I - Convocatoria y socialización comunitaria

En esta fase, el objetivo mío, el profesional experto en monitoreo, fue el apoyo en la definición de la estrategia de convocatoria para el ejercicio de monitoreo participativo, y para la socialización de los principales resultados del proyecto OTCA -SHI, 2023, diseñada. Inicialmente, se contempló la elaboración de dos productos independientes: un informe sobre la revisión de la información disponible y otro sobre la definición de la estrategia de convocatoria y socialización. Sin embargo, considerando la complementariedad de ambos procesos, se decidió integrar los resultados obtenidos en este mismo informe.

La primera fase tuvo como propósito socializar los principales resultados del proyecto OTCA-SHI del 2022-2023 para la población local, tanto de Leticia como de Tabatinga. La estrategia combinó mecanismos de comunicación presencial, institucional, radial y digital,

buscando garantizar cobertura territorial en las dos ciudades y en comunidades indígenas de la región transfronteriza. A continuación, se presenta el paso a paso de las actividades realizadas en la convocatoria a las comunidades y a la población en general a participar de la socialización, el taller y el monitoreo comunitario, para el correcto desarrollo de este proyecto.

3.1. Elaboración de contenidos sobre resultados del proyecto OTCA & SHI, 2023

3.1.1. Realización de la presentación (Power Point)

Se elaboró una presentación técnica y pedagógica de síntesis (Figura 2 y Figura 3) basada en los principales hallazgos hidrogeológicos y sanitarios obtenidos durante el estudio desarrollado por OTCA, ANA y MinAmbiente en el año 2023. La presentación permitió socializar de manera clara y accesible información relacionada con:

- Antecedentes: Línea de tiempo - Aguas subterráneas en la región transfronteriza
- Generalidades del proyecto OTCA & SHI del 2023
- Metodología implementada
- Área de estudio
- Demanda hídrica actual y futura
- ¿De dónde vienen las aguas subterráneas?
- Inventario de pozos
- Características de los pozos
- Fuentes potenciales de contaminación
- Peligro y vulnerabilidad a la contaminación
- Red de monitoreo de calidad y niveles de agua
- Red de monitoreo comunitario
- Talleres binacionales realizados
- Pautas locales para uso y protección de las aguas subterráneas

La presentación detallada se encuentra en el Anexo 1. Presentación Resultados_OTCASHI2023



Figura 2. *Portada de la presentación elaborada para socializar los resultados del proyecto OTCA & SHI, 2023. Fuente: Elaboración propia.*

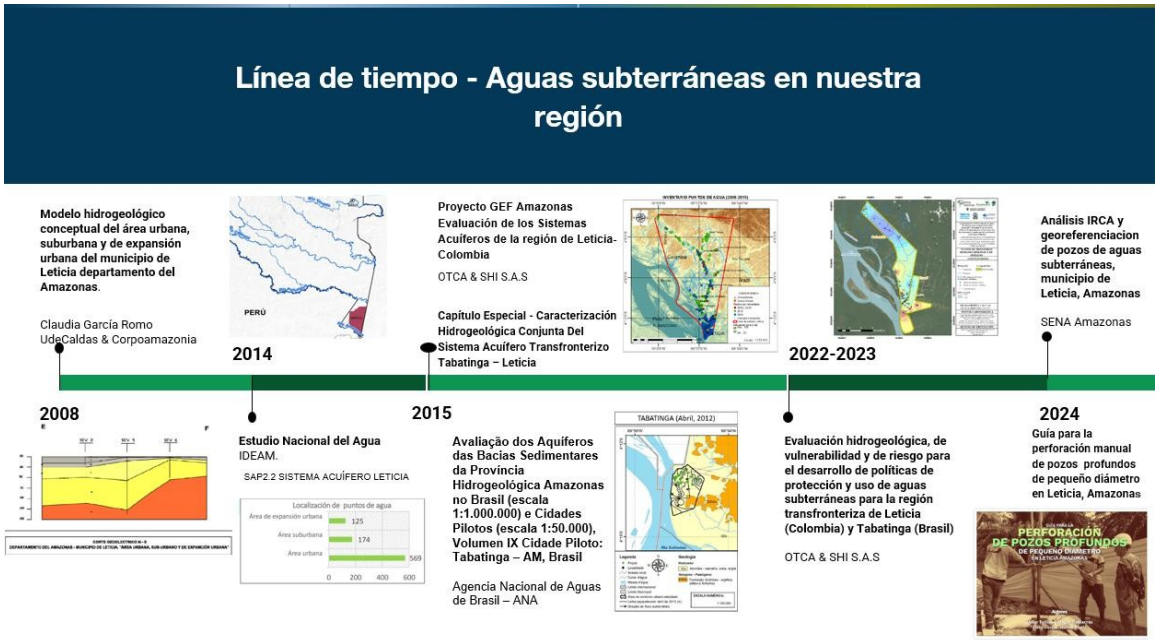


Figura 3. *Línea de tiempo como parte de los contenidos elaborados para socializar los resultados del proyecto OTCA & SHI, 2023. Fuente: Elaboración propia.*

3.1.2. Revisión de folletos

Se revisaron el diseño y el contenido de los folletos donde presentaban los resultados más importantes del estudio desarrollado por OTCA, ANA y MinAmbiente en el año 2023. Los folletos incluyen información relacionada con:

- Descripción del tipo de acuífero del cual se captan las aguas en la región
- Explicación de la dinámica de aguas subterráneas en la región
- Propiedades fisicoquímicas y calidad del agua subterránea

- Vulnerabilidad y riesgo por contaminación
- Buenas prácticas de protección sanitaria.
- Importancia del monitoreo participativo.
- Código QR con el enlace el audiovisual “Gotas de saber”, resultado del proyecto realizado en el 2023.

Los materiales incorporaron ilustraciones, diagramas y lenguaje simplificado adaptado al contexto comunitario e intercultural de la región transfronteriza. Los folletos fueron revisados por el grupo binacional (OTCA, Minambiente y ANA), quienes realizaron retroalimentación para mejorar las piezas comunicativas. El folleto final se presenta en la Figura 4 y en el Anexo 2. Folleto de resultados en ESP y POR.



Figura 4. *Folleto divulgativo de los resultados del proyecto OTCA & SHI, 2023.*

3.2. Diseño e implementación de la estrategia de socialización

La estrategia de socialización diseñada e implementada se resume en el esquema de la Figura 5. Esta estrategia fue presentada y aprobada en el Plan de Trabajo, e implementada

satisfactoriamente entre marzo y abril de 2026.

Los materiales divulgativos, base crucial de la estrategia, incluyeron el folleto informativo, el post para redes sociales y la presentación diseñada para los espacios de divulgación. Posteriormente se identifican los actores claves para convocar, para lo cual se revisó la información consignada en el informe del estudio de OTCA & SHI (2023), permitiendo identificar los usuarios de la red de monitoreo preliminar, así como actores que fueron convocados durante los talleres que se realizaron en el marco de dicho proyecto, de igual manera la base de datos de actores claves a convocar se complementó con la información suministrada por el grupo binacional en reuniones virtuales realizadas. Posteriormente se definen los mecanismos de convocatoria, que consisten en: 1) divulgación de invitaciones a los espacios de socialización y talleres a través de redes sociales, 2) divulgación en espacios radiales de los objetivos generales del proyecto y de la invitación a participar en los espacios de socialización y talleres, 3) divulgación en espacios televisivos, 4) envío de oficios a actores con invitación a participar en los espacios de socialización y talleres, 5) invitación puerta a puerta a actores clave para participar en los espacios de socialización y talleres. Finalmente, los mecanismos de socialización que se definieron fueron tres: 1) socialización con sectores institucionales en la Mesa de Aguas del COTSA (Consejo Territorial de Salud Ambiental en Leticia), 2) socialización en espacios abiertos a la comunidad y en entornos comunitarios, 3) entrega de folletos divulgativos de resultados en los espacios de socialización y talleres.

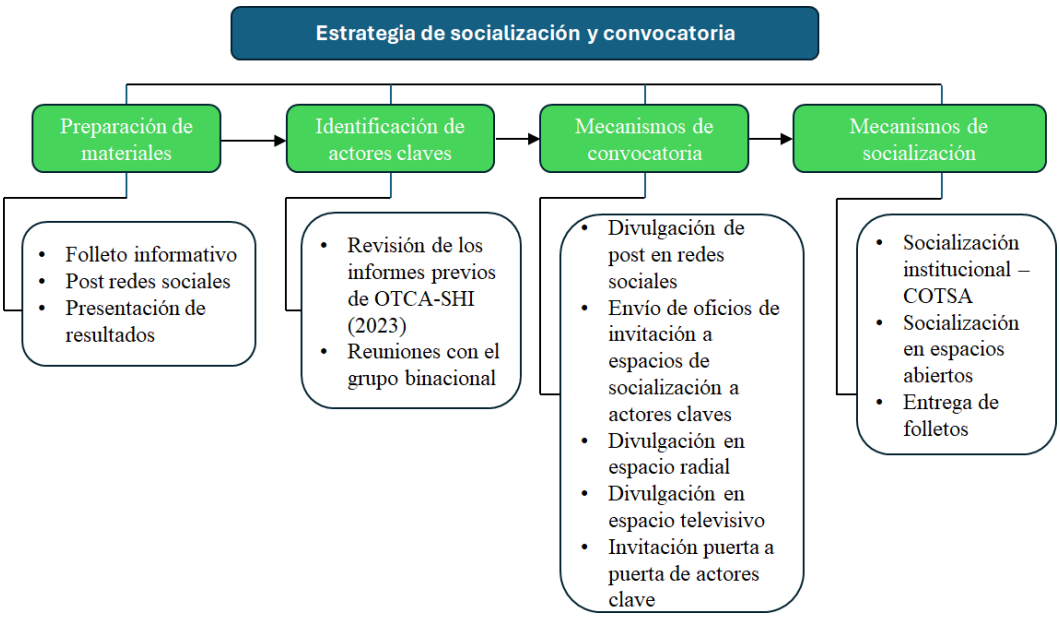


Figura 5. *Síntesis del diseño de la estrategia de socialización y convocatoria. Fuente: Elaboración propia.*

3.2.1. Socialización en la Mesa de Aguas del COTSA

El día 14 de abril de 2026 realicé la socialización de los resultados del proyecto OTCA & SHI (2023) en la Mesa de Aguas del COTSA (Consejo Territorial de Salud Ambiental), convocado por la Secretaría de Agricultura, Medio Ambiente y Productividad, por medio de solicitud oficial realiza por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. La socialización se llevó a cabo en el auditorio de Corpoamazonia (Figura) y contó con la

participación de 18 asistentes, que representaron diversos sectores institucionales entre ellos a la Gobernación del Amazonas, el Instituto SINCHI, Parques Nacional Naturales, entre otros. La lista de asistentes se encuentra en el Anexo 3. Listado asistentes COTSA 14 Abril.



Figura 6. *Socialización de resultados del estudio OTCA & SHI (2023) en espacio institucional del COTSA.*

Durante la socialización surgieron diversas preguntas por parte de los asistentes, la mayoría de ellas asociadas con las fuentes potenciales de contaminación y los puntos de monitoreo. Finalmente, se invitó a los asistentes a continuar su participación en los talleres teórico – prácticos a desarrollarse y a vincularse como voluntarios para el monitoreo participativo.

3.2.2. Socialización en espacios abiertos y comunitarios

El día 15 de abril de 2026, realicé la socialización abierta al público general, en el Teatrino del Centro de Convivencia Ciudadana (Figura 7), con una asistencia de 15 participantes, representando sectores institucionales, comunitarios y del sector privado, interesados en ampliar su conocimiento sobre el estado de las aguas subterráneas en la región. La lista de asistentes se encuentra en el Anexo 4. Asistencia socialización 15 de abril.

Durante este encuentro se presentaron los principales resultados del estudio de OTCA & SHI (2023). También, se mostró la estrategia de monitoreo participativo y se promovió la inscripción de voluntarios para integrar la red de monitoreo participativo.



Figura 7. *Socialización de resultados del estudio OTCA & SHI (2023) en espacio abierto.*

3.2.3. Socialización en redes sociales y medios audiovisuales

Adicionalmente se realizó la convocatoria a participar de los espacios de divulgación y taller teórico – práctico a través de redes sociales de medios locales (Figura 8) y medios audiovisuales, como la cadena radial local Tropical Radio Leticia y Amazonas News Radio (Figura 9).

La convocatoria fue difundida ampliamente mediante:

- Redes sociales institucionales.
- Canales comunitarios.
- Medios radiales locales.
- Redes de difusión de organizaciones aliadas.
- Plataformas digitales universitarias.



Figura 8. *Publicaciones en redes sociales de las convocatorias realizadas a los espacios de socialización y talleres.*



Figura 9. *Invitaciones radiales dirigidas a la comunidad de Leticia y Tabatinga, para participar de la socialización, los talleres y el monitoreo*

3.2.4. Listado de actores y grupos de interés

Se consolidó una base de datos de actores estratégicos vinculados al proyecto, incluyendo las de actores que participaron en el proyecto OTCA & SHI del 2023 que fue alimentada durante la invitación puerta a puerta donde se aprovechó para tomar algunos datos para tener información suficiente para enviar las cartas de invitación oficiales a entidades, actores e instituciones como:

- Instituciones públicas.
- Organizaciones sociales.
- Líderes comunitarios.
- Representantes indígenas.
- Instituciones académicas.
- Usuarios de pozos.
- Organizaciones ambientales y de salud.

Esta información permitió fortalecer la articulación interinstitucional y garantizar representatividad territorial dentro del proceso.

3.3. Diseño de metodología para convocatoria de voluntarios

La metodología de convocatoria a voluntarios para conformar la red de monitoreo participativo hizo parte integral de la estrategia de socialización, como se detalla en el esquema de la Figura 5, Adicionalmente la metodología incluyó convocatorias presenciales y digitales específicas, incorporando:

- Formularios virtuales mediante Google Forms (Figura 10).
- Registro mediante código QR (Figura 6).
- Planillas físicas para comunidades rurales.
- Socialización puerta a puerta.
- Estrategias de voz a voz comunitario.

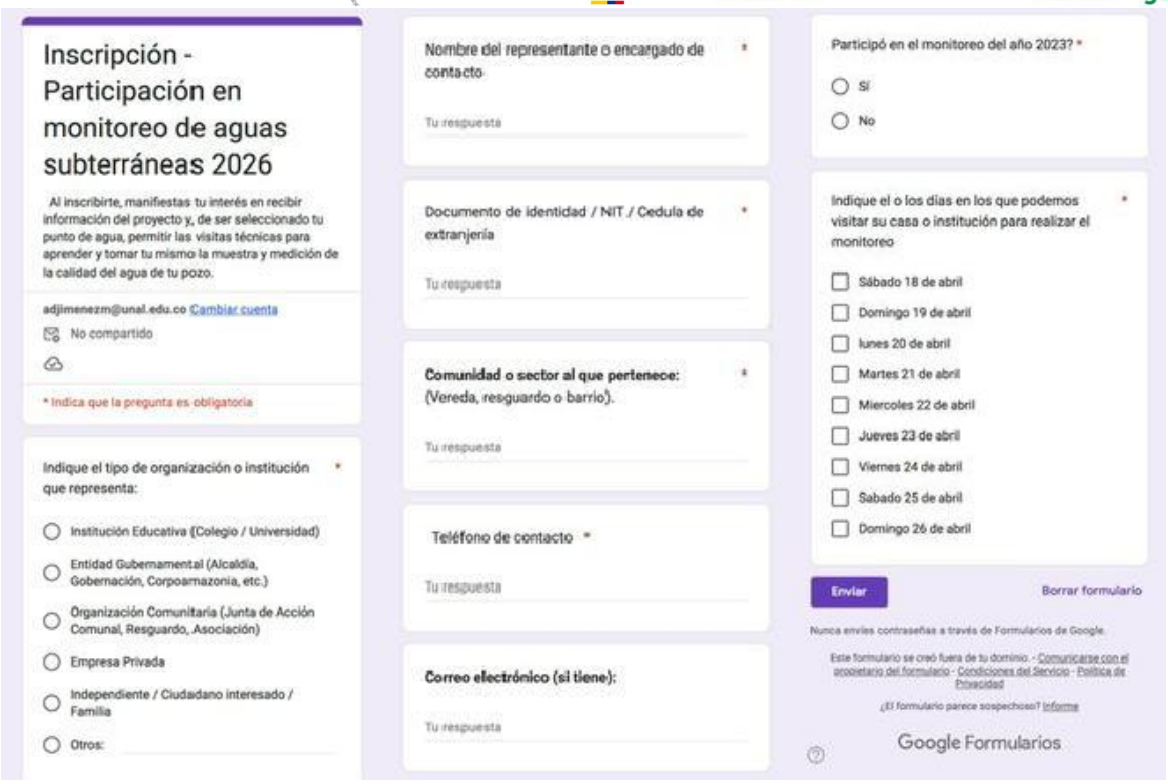


Figura 10. *Formulario de Google Forms diseñado para la inscripción de voluntarios para pertenecer a la red de monitoreo participativo de aguas subterráneas 2026 en Leticia y Tabatinga.*

Se diseñaron emplearon diferentes medios para sistematizar la información de los participantes:

- Formularios de inscripción.
- Listados de asistencia.
- Formatos de manifestación de voluntad.
- Bases de datos georreferenciadas.
- Actas de reunión.
- Registros fotográficos.

La información recopilada permitió consolidar el inventario preliminar de participantes y puntos de monitoreo (Figura 8), el cual se presenta en el Anexo 5. Listado de voluntades - Participación en monitoreo de aguas subterráneas 2026 (Respuestas). Se obtuvo un total de 52 inscritos.

Marca temporal	Indique el tipo de organización o institución que representa:	Nombre del representante o encargado de contacto	Documento de identidad / NIT / Cedula de extranjería	Comunidad o sector al que pertenece: (Vereda, resguardo o barrio).	Teléfono de contacto	Correo electrónico (si tiene):	Participó en el monitor	Indique el o los días en los que podemos visitar su casa o institución para realizar el monitoreo
4/13/2026 11:25:12	mental (Alcaldía, Gobernación, Corp	Juan Camilo Pedreros Cachique	1018472520	Humarizal	3006600684	camilo.pedreros1209@gmail.com	Sí	abril, lunes 20 de abril, Martes 21 de abril, Mierc
4/13/2026 18:09:48	endiente / Ciudadano interesado / F	Juan Carlos Rubiano	1033721569	Barrio José María Fajardo	3203701383	jcrubianog@gmail.com	No	Sábado 18 de abril
4/13/2026 22:38:07	tución Educativa (Colegio / Universi	Sofía Sánchez	1010242280	Centro	3222342543	Bssr6045@gmail.com	No	s 21 de abril, Miercoles 22 de abril, Jueves 23 de
4/14/2026 0:22:54	endiente / Ciudadano interesado / F	Javier Andres Lozano Santos	80142178	Costa rica	3214256301	Boyko29@yahoo.es	No	lunes 20 de abril
4/14/2026 4:35:14	endiente / Ciudadano interesado / F	Carlos Cundumi	1053764599	Jose maría Hernandez	3134508607	acundumi@gmail.com	No	Domingo 19 de abril
4/14/2026 5:10:51	endiente / Ciudadano interesado / F	Patricia lozada	40177607	Barrio iane	3102349420	Becerratatiana1994@gmail.com	No	Sábado 18 de abril
4/14/2026 6:36:24	endiente / Ciudadano interesado / F	Carlos Enrique Angulo	6565939	Barrio el porvenir	3507857548	carlosangulo72@gmail.com	No	Sabado 25 de abril, Domingo 26 de abril
4/14/2026 7:56:28	endiente / Ciudadano interesado / F	Daniel Alberto Berrio Barahona	12195751	Colombia leticia amazonas	3107746997	daniel.berrio751@casur.gov.co	No	Sábado 18 de abril
4/14/2026 10:21:55	tución Educativa (Colegio / Universi	Adriana Aguilar	43627745	Km 11 reserva tanimboca	3108279412	Aaguilar@unal.edu.co	No	ibril, Domingo 19 de abril, Sabado 25 de abril, Do
4/14/2026 10:23:43	mental (Alcaldía, Gobernación, Corp	Andrea Jhoana Cano Polania	1121200877	Barrio	3227779220	ndreajhoanacanopolania@gmail.co	No	Sabado 25 de abril
4/14/2026 10:32:46	endiente / Ciudadano interesado / F	Nestor Leonel Muñoz Hoyos	4616099	Porvenir	3105875185	nemunozh@unal.edu.co	No	abril, lunes 20 de abril, Miercoles 22 de abril, Vie

Figura 11. *Resultado del Formulario de Google Forms diligenciado por los voluntarios.*

4. Fase II - Selección de los voluntarios

En esta fase, hice el apoyo en la definición de criterios técnicos para la selección de los pozos a monitorear. Es importante aclarar que, si bien en los Términos de Referencia (TdR) y en el Plan de Trabajo inicial se había planteado impartir el taller teórico-práctico únicamente a los voluntarios seleccionados en la Fase II, la estrategia metodológica se adaptó para responder al contexto del territorio. Durante la ejecución de la Fase I, se identificó un notable interés por parte de la comunidad en general, que, aunque no todos corresponden a usuarios directos del agua subterránea —como se plantea en el objetivo central del proyecto—, manifestaron su firme voluntad de vincularse al proceso.

Ante esta respuesta, se decidió extender la invitación al taller de manera amplia e incluyente durante la Fase I, en lugar de limitarla exclusivamente a un grupo preseleccionado. Esta apertura no solo favoreció una gran acogida de la capacitación, sino que incrementó significativamente el número de voluntarios inscritos, alcanzando un total de 52 personas.

Logísticamente, este cambio propició que la Fase II (Selección de voluntarios) se desarrollara de manera posterior a la Fase III (Capacitación teórico-práctica). Realizar los talleres con la totalidad de los inscritos permitió evaluar criterios de disponibilidad, horarios y distribución geográfica, facilitando así la selección definitiva de los voluntarios que efectivamente conformarían la red comunitaria para el desarrollo adecuado de la Fase IV: Monitoreo.

4.1. Revisión de documentos obtenidos en los resultados de la convocatoria – selección de puntos

Se consolidaron formularios de inscripción, listados de asistencia y formatos de manifestación de voluntad firmados por los participantes interesados en integrar la red de monitoreo. Durante la revisión de los formatos y formularios se verificaron aspectos relacionados con:

- Ubicación y accesibilidad de los pozos
- Disponibilidad de participación
- Uso del agua
- Representatividad territorial y espacial
- Condiciones de acceso y operación

Esta fase permitió establecer la red de monitoreo participativo de aguas subterráneas para esta iniciativa, a partir de la validación de la información obtenida durante la convocatoria y la manifestación voluntaria de participación por parte de los usuarios del agua y otros sectores. Los puntos de agua seleccionados fueron priorizados, considerando el uso del agua para el consumo humano y aquellos ubicados en zonas con alta vulnerabilidad y/o alto riesgo por contaminación.

4.1.1. Revisión de la red de monitoreo antecedente propuesta

De acuerdo con lo planteado en el Plan de Trabajo y las reuniones realizadas entre el equipo consultor y el grupo binacional, se planteó que la red de monitoreo participativo podría contar con un mínimo de 20 puntos y un máximo de 30, teniendo en cuenta factores como la duración del proyecto y los recursos económicos y logísticos disponibles, así como la extensión de la zona de estudio.

La selección preliminar de puntos consideró la base de datos de puntos de agua subterránea de Leticia - Tabatinga, consolidada en el marco del estudio denominado 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) (OTCA &

SHI, 2023), y suministrada por MinAmbiente.

A manera de contexto, en la Figura 12 se muestra el consolidado de puntos de agua subterránea inventariados hasta el momento en los diversos estudios realizados por OTCA en la región, de los cuales se tiene 1086 puntos de agua en Leticia y 121 en Tabatinga. Adicionalmente, en el estudio de OTCA & SHI (2023), se propuso una red de monitoreo, conformada por 33 puntos, la cual se presenta en la Figura 11. Esta red de monitoreo relacionada con la base de datos consolidada mencionada previamente, ha constituido un punto de partida fundamental para la convocatoria llevada a cabo en la Fase I y para la selección definitiva de los puntos que conforman la red de monitoreo participativo.

La red de monitoreo propuesta por OTCA & SHI (2023) está conformada por 11 pozos en Tabatinga, 15 pozos en Leticia y seis (6) piezómetros proyectados (construcción futura), tres en cada municipio. Tomando como base esta red de monitoreo propuesta, se retomó dicha red en sus 26 puntos existentes propuestos y se complementó con cuatro (4) puntos que se propusieron en el marco de la presente consultoría de los cuales tres estarían en Leticia y uno en Tabatinga. En la Tabla 1 y en la Figura 12 se presenta la red de monitoreo participativa preliminar que fue propuesta antes del desarrollo de las Fases I y III y que fue fundamental para las labores de convocatoria y socialización.

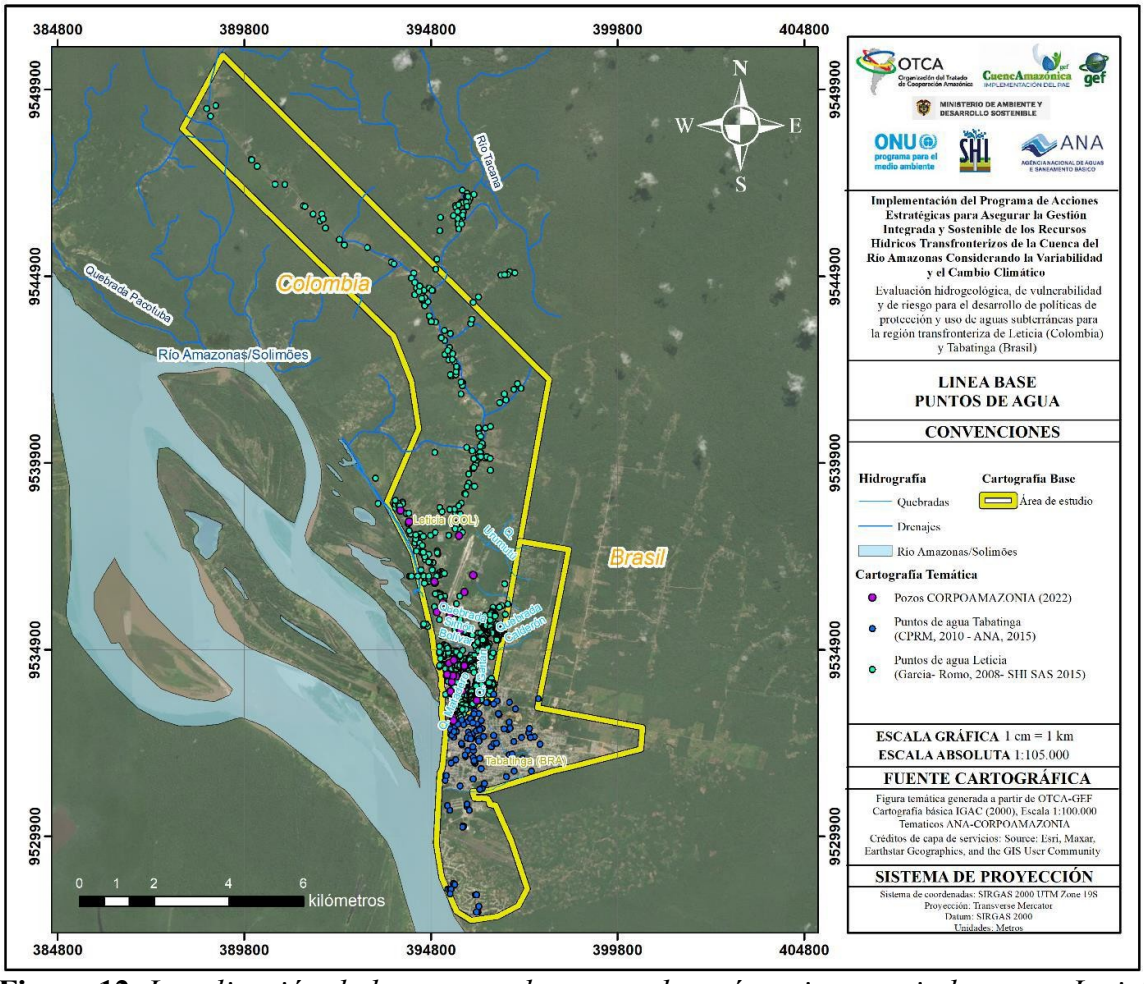


Figura 12. *Localización de los puntos de agua subterránea inventariados entre Leticia y Tabatinga en los diferentes estudios. Fuente: OTCA & SHI (2023).*

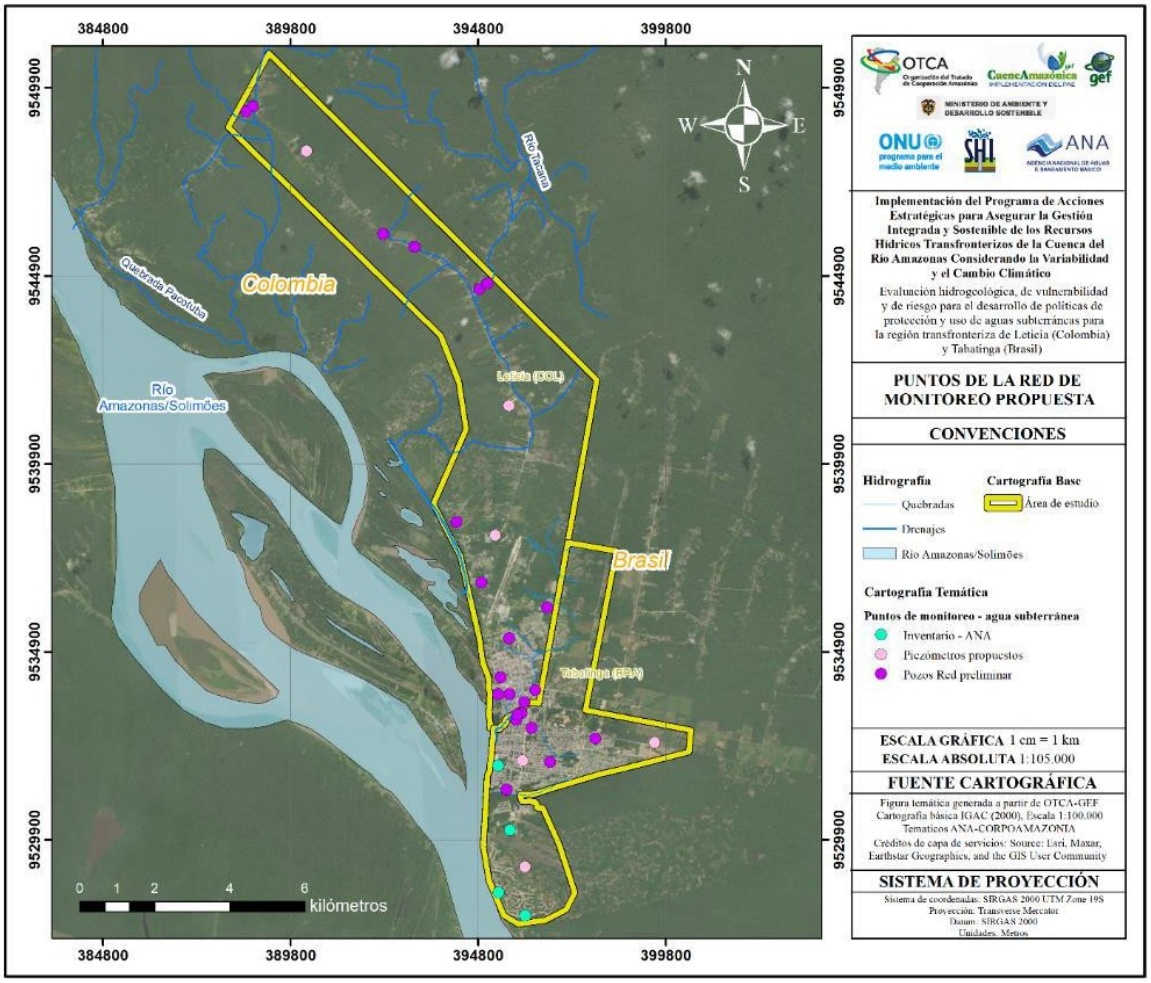


Figura 13. *Propuesta base de red de monitoreo hidrogeológico en la zona transfronteriza Leticia - Tabatinga. Fuente: OTCA & SHI (2023).*

Tabla 1. Red de monitoreo participativa propuesta - preliminar. Fuente: Elaboración propia con base en OTCA & SHI (2023).

Código	Tipo de punto	Este (m)*	Norte (m)*	Municipio	Descripción
PZ-NM-002	Red preliminar	394223.62	9538341.98	Leticia	Finca San Sebastián
PZ-DM-007	Red preliminar	396643.61	9536065.55	Leticia	Colegio Francisco Rosario Vela Sede B
PZ-NM-009	Red preliminar	396030.08	9533548.01	Leticia	Estación de servicio “El Porvenir”
PZ-NM-011	Red preliminar	395341.27	9533758.46	Leticia	Estación experimental de primates - FIDIC
PZ-NM-012	Red preliminar	395397.52	9534212.52	Leticia	Banco de la República - Colombia
PZ-NM-014	Red preliminar	395640.24	9533767.01	Leticia	Numae
PZ-NM-015	Red preliminar	394892.01	9536734.00	Leticia	Centro Recreacional CAFAMAZ
PZ-NM-021	Red preliminar	388790.93	9549402.93	Leticia	Comunidad del KM 18
PZ-NM-023	Red preliminar	392268.57	9546012.93	Leticia	Kilómetro 12 Vía Leticia-Tarapacá
PZ-NM-026	Red preliminar	396327.08	9533869.37	Leticia	Colegio Gaitán sede sagrado Corazón de Jesús

PZ-NM-028	Red preliminar	395630.20	9535247.85	Leticia	Carrera 7 con calle 16
PZ-NM-030	Red preliminar	393104.64	9545667.00	Leticia	Hebrón ONG
PZ-NM-031	Red preliminar	394834.10	9544542.67	Leticia	Comunidad km 11
PZ-NM-032	Red preliminar	395056.34	9544690.64	Leticia	Comunidad km 12
PZ-NM-033	Red preliminar	395820.96	9533076.92	Tabatinga	Rua Ana Nery 84 Barrio São Francisco
PZ-NM-038	Red preliminar	395565.04	9531225.06	Tabatinga	Beco Rua 13 de maio casa 68
PZ-NM-039	Red preliminar	395848.68	9533212.97	Tabatinga	Rua Marechal Rondon 2371
PZ-NM-047	Red preliminar	388620.47	9549265.34	Leticia	Km 8 vía Pichuna
PZ-NM-049	Red preliminar	397927.01	9532582.12	Tabatinga	Rua Castro Alves
PZ-NM-052	Red preliminar	395965.28	9533259.21	Tabatinga	Rua Marechal Rondon 233
PZ-NM-055	Red preliminar	396229.90	9532870.61	Tabatinga	Rua Rui Barbosa barrio centro casa 30
PZ-NM-061	Red preliminar	396719.22	9531963.16	Tabatinga	Rua T-2 casa 76
1300004144	Inventario ANA	396055.41	9527872.58	Tabatinga	Comunidade Umariacu II
1300004150	Inventario ANA	395345.59	9528485.94	Tabatinga	Comunidade Umariacu I
1300004156	Inventario ANA	395651.88	9530144.58	Tabatinga	Estrada do aeroporto
1300004165	Inventario ANA	395341.47	9531863.83	Tabatinga	Portobrás

* *: UTM Zone 19S*

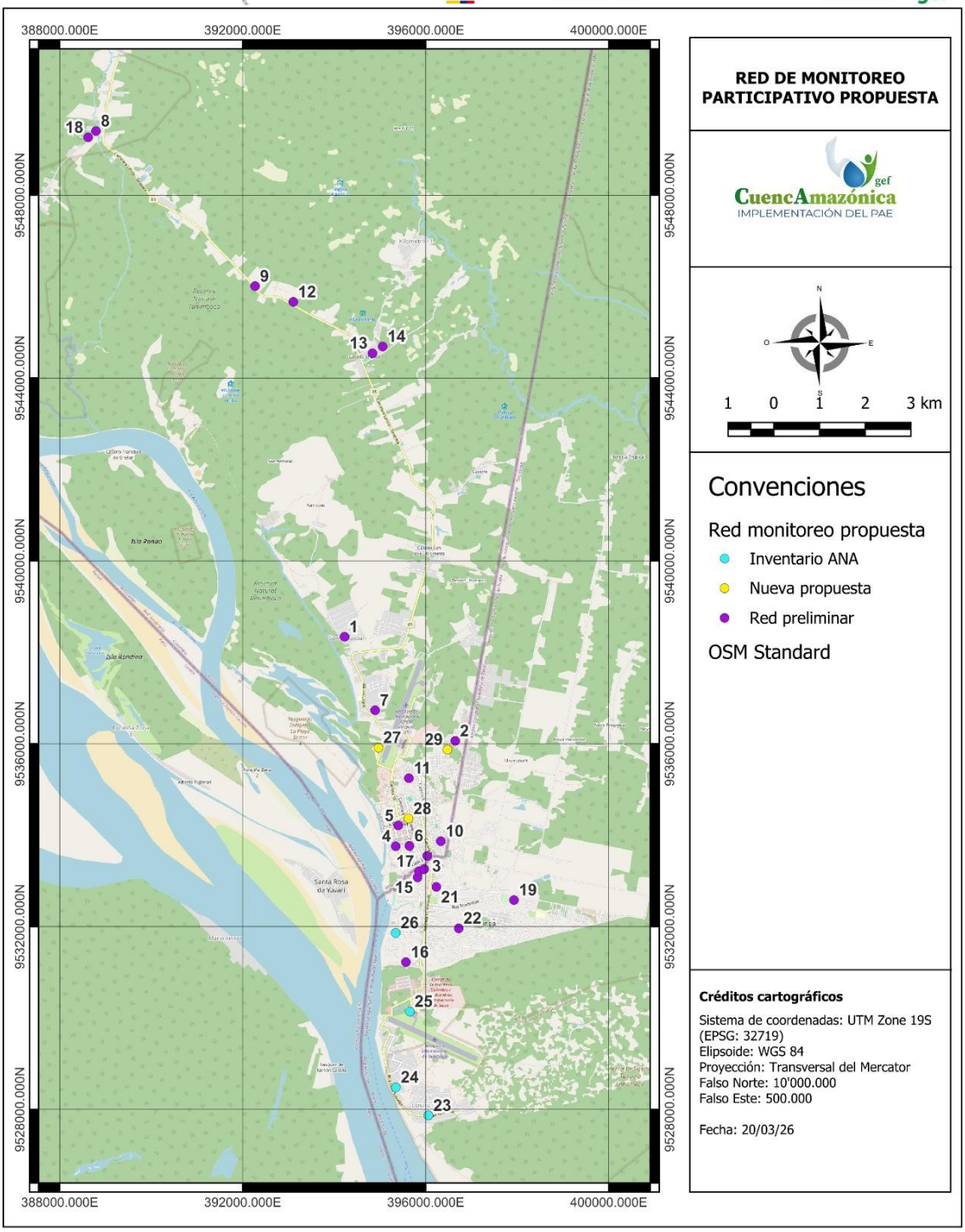


Figura 14. *Propuesta preliminar de red de monitoreo hidrogeológico en la zona transfronteriza Leticia - Tabatinga. Fuente: Elaboración propia con base en OTCA & SHI (2023).*

4.1.2. Definición final de puntos de la red de monitoreo participativo

Para la selección definitiva de los puntos a incluir en la red de monitoreo participativo de aguas subterráneas se cruzó la información de la red de monitoreo preliminar propuesta y el consolidado de usuarios que manifestaron interés en pertenecer a la red. Para la selección se aplicó un análisis multicriterio ponderado, que consideró los criterios y pesos que se listan en la Tabla 2. Los pesos y los criterios han sido definidos de manera conjunta por el equipo consultor con base en la experiencia obtenida en otros proyectos similares. El resultado del

análisis es un número de 0 a 100, donde entre más cercano a 100 sea la calificación, el punto será mejor calificado para pertenecer a la red, como criterio final de selección se escogen puntos representativos con calificación siempre mayor a 65.

En la Tabla 3 se presenta la información básica de identificación de los puntos finales que conforman la red de monitoreo participativo de aguas subterráneas en la región, mientras que en la Tabla 4 se presenta la calificación multicriterio de cada punto de la mencionada red, donde se evidencia que todos los puntos seleccionados cuentan con una calificación superior a 65.

Tabla 2. Criterios y pesos definidos para la evaluación multicriterio. Fuente: Elaboración propia.

Ítem	Criterio	Peso	Calificación
1	Voluntad manifiesta de pertenecer	30	de 0 a 100
2	Distribución espacial representativa	20	
3	Pertenencia a la red preliminar propuesta y/o ejecutada	10	
4	Actor representativo	10	
5	Uso del agua	5	
6	Condiciones adecuadas para el monitoreo	5	
7	Riesgo por contaminación	20	

Tabla 3. Puntos finales que conforman la red de monitoreo participativo. Fuente: Elaboración propia.

ID	Longitud (°)	Latitud (°)	País	Municipio	Tipo de punto	Condiciones del punto	Nombre/Razón social
1	-69.9881	-4.08924	Colombia	Leticia	Manantial	Productivo	Olga Oliveros
2	-69.9474	-4.12015	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Gregorio Saldaña
3	-69.9358	-4.16065	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Colegio Francisco Rosario Vela
4	-69.9363	-4.15981	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Francisco Javier Cumbra
5	-69.9358	-4.15954	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	José Manuyama
6	-69.936	-4.15944	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Ruben Dario Carvalho
7	-69.9437	-4.13473	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Libaniel Echeverri Marulanda
8	-69.9388	-4.21902	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Colegio Sagrado Corazón
9	-69.9362	-4.21064	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Colegio INEM “José Eustasio Rivera”

10	-69.9404	-4.21236	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Escuela Normal Superior de Leticia
11	-69.9315	-4.21942	Brasil	Tabatinga	Pozo	Productivo	Josefa Corihuazni
12	-69.9328	-4.22743	Brasil	Tabatinga	Pozo	Productivo	José Arnery Pereira Pinto
13	-69.9394	-4.22427	Brasil	Tabatinga	Pozo	Productivo	Manuel Antonio Pelaez
14	-69.9468	-4.191	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Centro Recreacional CAFAMAZ
15	-69.9386	-4.21211	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Laboratorio de Salud Pública Departamental
16	-69.9315	-4.20082	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Albeiro Zuluaga
17	-69.9432	-4.20452	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Cruz Roja Colombiana Seccional Amazonas
18	-69.9311	-4.22652	Brasil	Tabatinga	Pozo	Productivo	Alvaro Maldonado
19	-69.9337	-4.21785	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Daniel Berrio
20	-69.9379	-4.2179	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Ana Manjarres
21	-69.944	-4.20647	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Nohora Orjuela
22	-69.9465	-4.19816	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	SENA Regional Amazonas (Los Lagos)
23	-69.9454	-4.1917	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Leidy Tellez
24	-69.9397	-4.19208	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonia
25	-69.9324	-4.19882	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	José Molina
26	-69.9328	-4.19716	Colombia	Leticia	Pozo	Productivo	Natalia Salazar

Tabla 4. Calificación multicriterio de cada punto de la red final de monitoreo participativo. Fuente: Elaboración propia.

ID	Criterio							Calificación
	Voluntad manifiesta de	Distribución espacial renresentati	Pertenencia a la red preliminar	Actor representativo	Uso del agua	Condiciones adecuadas para el	Riesgo por contaminación	
1	100	100	0	100	50	100	100	87.5
2	100	100	100	100	100	100	60	92
3	100	100	0	100	100	60	60	80
4	100	50	0	50	100	50	90	70.5
5	100	50	0	100	100	100	90	78
6	100	50	0	80	30	60	90	70.5
7	100	100	0	50	70	100	50	73.5
8	50	100	100	100	70	100	90	81.5
9	100	100	0	100	100	100	60	82
10	100	100	100	100	100	50	60	89.5
11	100	100	0	50	70	50	60	73
12	100	100	0	50	70	100	80	79.5
13	100	100	0	50	70	50	70	75
14	100	100	100	100	70	100	50	88.5
15	100	100	0	100	70	100	50	78.5
16	100	100	0	50	70	100	80	79.5
17	100	100	100	100	50	100	50	87.5
18	100	100	0	50	70	100	60	75.5
19	100	100	0	50	70	100	90	81.5
20	100	50	0	50	70	100	70	67.5
21	100	70	0	50	70	60	50	65.5
22	100	100	100	100	100	100	50	90
23	100	50	0	50	70	100	60	65.5
24	100	100	0	100	100	50	50	77.5
25	100	100	0	50	70	100	90	81.5
26	100	50	0	50	70	50	90	69

4.2. Elaboración de mapa de los puntos para el monitoreo

Durante las visitas preliminares se tomaron las coordenadas de georreferenciación en cada uno de los puntos que conforman la red de monitoreo participativo de aguas subterráneas

entre Leticia y Tabatinga. Estas coordenadas fueron obtenidas mediante sistemas de posicionamiento global (GPS) en el sistema de referencia WGS84 (coordenadas geográficas) y posteriormente procesadas mediante software de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para su análisis espacial, las coordenadas fueron proyectadas al sistema de coordenadas planas UTM, zona 19 Sur, lo que permitió visualizar la distribución espacial de los puntos de monitoreo, verificar su representatividad y facilitar la planificación operativa de las actividades de seguimiento, tal como se presenta en la Figura 15. Como producto de esta actividad, se entrega el mapa de localización de los puntos de monitoreo de aguas subterráneas y el archivo vectorial en formato *shapefile* (Anexo 6). Adicionalmente, el análisis espacial permitió identificar:

- Distribución territorial de los puntos de agua subterránea a monitorear.
- Sectores prioritarios.
- Cobertura transfronteriza.
- Zonas de fortalecimiento y complemento futuro de la red
- Relaciones con zonas de vulnerabilidad, amenaza y riesgo

La red incluyó puntos ubicados en Leticia, Tabatinga y sectores rurales del eje vial Leticia–Tarapacá.

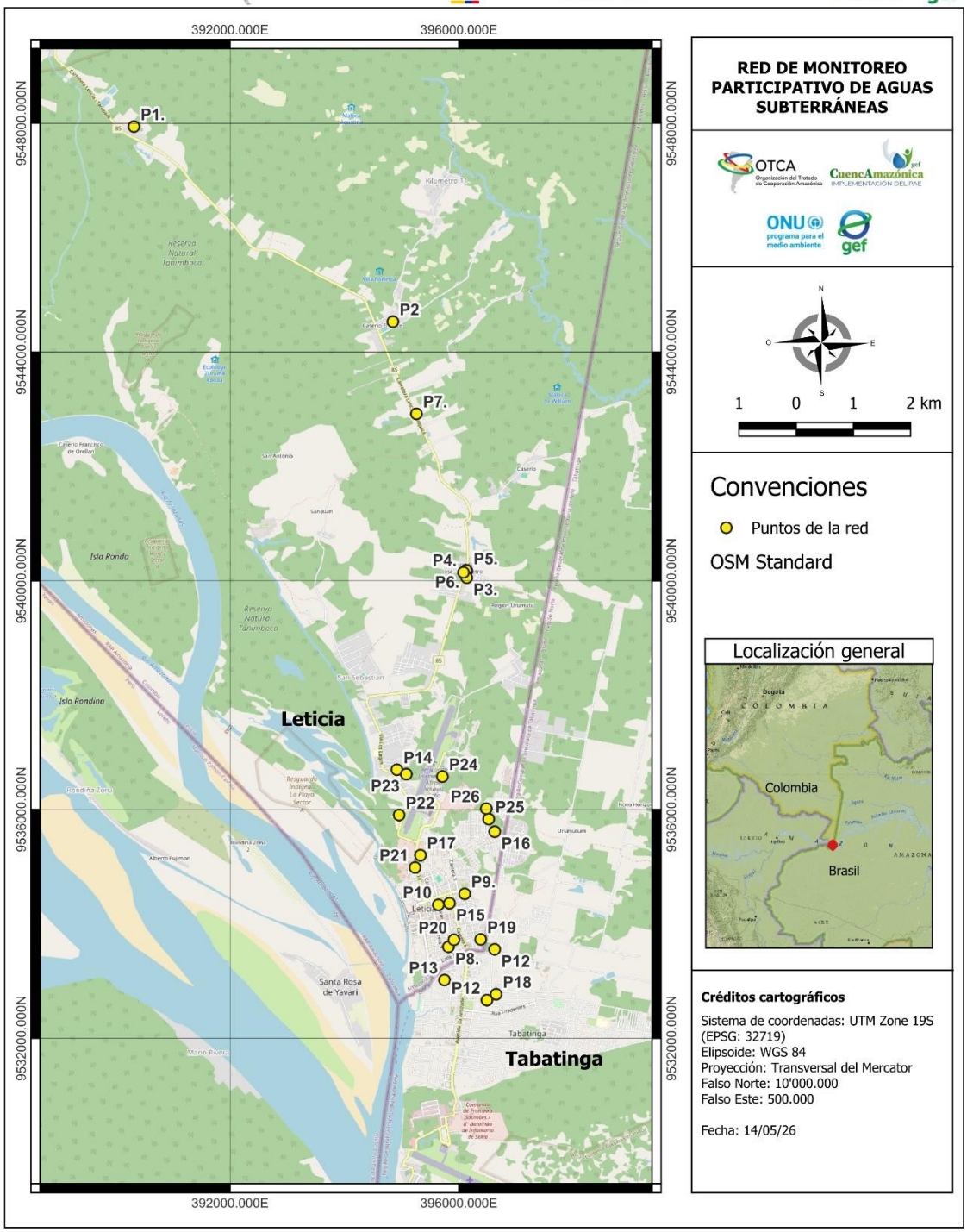


Figura 13. *Mapa con la distribución espacial de los puntos que conforman la red de monitoreo participativo de aguas subterráneas en la región transfronteriza. Fuente: Elaboración propia.*

4.3. Elaboración de ruta y cronograma del monitoreo

Las rutas de recorrido corresponden a la planificación logística de las jornadas de monitoreo en campo. Estas rutas permitieron organizar el desplazamiento hacia los puntos de monitoreo para facilitar la participación de los voluntarios seleccionados, garantizando una mejor representatividad de los sectores, población e instituciones priorizadas. Además, se buscó optimizar los tiempos y costos de desplazamiento para la realización de las jornadas, la entrega de kits de monitoreo y la recolección de información en campo.

A continuación, se presentan algunos factores importantes que se han tenido en cuenta para la realización de la ruta de monitoreo:

- *Población priorizada:* Comunidades indígenas multiétnicas que habitan en la zona de la carretera vía Tarapacá, estudiantes de colegios públicos, de instituciones técnicas y de educación superior, y usuarios del agua subterránea que participaron de ciclo de capacitaciones.
- *Sectores priorizados:* Priorización de sectores de Leticia y Tabatinga en su zona de frontera respectiva y en la zona de la carretera vía Tarapacá.
- *Distancias y accesibilidad:* Evaluación de las distancias, vías de acceso y facilidad de desplazamiento hacia los puntos de monitoreo.
- *Condiciones climáticas:* Consideración de las condiciones de lluvia que puedan afectar las jornadas de campo.
- *Disponibilidad de voluntarios:* Organización de las jornadas según la disponibilidad y participación de los voluntarios. Concertación de encuentros a través de comunicaciones previas vía llamadas y mensajería instantánea (WhatsApp).

Las jornadas de monitoreo participativo se planearon para realizarse durante 10 días, entre el 18 y el 27 de abril de 2026, como se observa en la Figura 14, posteriormente al desarrollo del taller teórico-práctico (Fase III) y a la selección definitiva de los voluntarios (Fase II). La programación consideró visitar entre 2 a 4 puntos por día, teniendo en cuenta que diversos de los puntos son del sector institucional y educativo, donde gracias a petición de los mismos usuarios se concertaron jornadas de capacitación más extensas con estudiantes y aprendices, lo cual demanda una mayor dedicación de tiempo.



Figura 14. *Ruta y cronograma planeado para la ejecución de las jornadas de monitoreo participativo. Fuente: Elaboración propia.*

5. Fase III - Capacitación teórico – práctica

En esta fase, realicé el apoyo en la capacitación teórica-práctica sobre las técnicas de monitoreo *in situ* de parámetros indicadores de la calidad del agua subterránea Se resalta que, si bien la capacitación estaba dirigida especialmente a los miembros de la red, la invitación y la

participación alcanzada se extendió al público en general, incluyendo comunidades locales, instituciones y organizaciones en las ciudades de Leticia y Tabatinga.

5.1. Diseño metodológico de la capacitación

La capacitación fue diseñada e impartida por el equipo de profesionales de la presente consultoría, adicionalmente se contó con la participación como ponentes de representantes del sector educativo de Leticia y Tabatinga que han venido desarrollando investigaciones hidrogeológicas locales, y que encontraron en el espacio de capacitación una oportunidad para divulgar sus resultados, permitiendo mediante el presente proyecto fortalecer lazos de cooperación entre instituciones en pro de avanzar en el conocimiento y cuidado de las aguas subterráneas en la región transfronteriza. Por mi parte, impartí el módulo de 2) Técnicas de monitoreo participativo del agua subterránea.

La capacitación siguió una estructura metodológica mixta, desarrollando un componente teórico y un componente práctico o aplicado, para lo cual se definió una duración del espacio de capacitación de dos (2) días. Durante el primer día se desarrolla la parte teórica relacionada con entender la importancia de las aguas subterráneas, desde un contexto global hasta un contexto local, exponiendo las problemáticas asociadas a las aguas subterráneas de la región transfronteriza, este componente teórico se complementa con las ponencias impartidas por parte del Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA y de la Universidad Nacional de Colombia sede Amazonía en asociación con la Universidad del Estado del Amazonas – UEA (Brasil). Durante el segundo día se complementan los conceptos relacionados con el monitoreo y monitoreo participativo del agua, se presentan los equipos y kits de monitoreo y se procede a la práctica, a realizar monitoreo de nivel y parámetros fisicoquímicos *in situ*.

Adicionalmente, la agenda integró espacios de socialización técnica, dinámicas participativas y ejercicios prácticos de monitoreo (Figura 15). La agenda completa puede consultarse en el Anexo 7. Agenda del Taller Teórico-Práctico.



Ambiente

AGENDA TÉCNICA: FORTALECIMIENTO DE COMUNIDADES USUARIAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA REGIÓN TRANSFRONTERIZA DE LETICIA - COLOMBIA Y TABATINGA - BRASIL

Implementación de la iniciativa de fortalecimiento de comunidades usuarias del agua subterránea en la región transfronteriza de Leticia-Colombia y Tabatinga-Brasil a través de la capacitación teórica y práctica para el monitoreo participativo de este recurso.

OBJETIVOS DEL TALLER

- **General:** Capacitar a los actores clave y voluntarios de la región transfronteriza en técnicas de monitoreo *in situ* de parámetros de calidad y niveles del agua subterránea.
- **Específicos:**
  - Socializar los resultados técnicos del estudio hidrogeológico y de vulnerabilidad realizado en 2023 por OTCA, Minambiente y ANA.
  - Fomentar el reconocimiento de los asistentes como actores estratégicos para la gobernanza del agua en el territorio.
  - Transferir conocimientos técnicos sobre el uso de equipos de medición (multiparámetros, cintas de medición de nivel, etc.).
  - Habilitar a los participantes para el ejercicio de monitoreo comunitario programado del 18 al 27 de abril.

Figura 15. *Agenda de la capacitación teórica – práctica para el fortalecimiento de comunidades usuarios del agua subterránea en la región transfronteriza de Leticia – Colombia y Tabatinga - Brasil.*

5.1.1. Elaboración de materiales para la capacitación

En esta etapa se prepararon las presentaciones que los profesionales del equipo técnico usaron para impartir los diferentes módulos del taller, dichas presentaciones y otro material audiovisual de soporte, como las presentaciones de las instituciones educativas que participaron como ponentes, que constituyen las memorias de la capacitación y se disponen digitalmente en links para acceso a los participantes del evento: Anexo 8. Memorias de la capacitación. Los contenidos generales abordaron:

- Hidrogeología básica
- Funcionamiento del acuífero.
- Calidad del agua.
- Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación, amenaza y riesgo
- Diagnóstico sanitario de pozos.
- Monitoreo participativo.

También se prepararon preguntas orientadoras para la realización de actividades grupales participativas, que permitieron que los asistentes abrieran un espacio de discusión sobre temáticas como la responsabilidad compartida del cuidado de las aguas subterráneas, actividades potencialmente contaminantes, sostenibilidad futura del recurso hídrico subterráneo. Dichas preguntas también se disponen en las memorias del evento.

5.1.2. Elaboración de guía para el monitoreo participativo

Como segundo producto para esta fase, suministré la *"Guía práctica para el monitoreo participativo de aguas subterráneas en la región transfronteriza de Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil)",* como se observa en la Figura 16 y se encuentra en el Anexo 9. Manual de monitoreo comunitario, donde se presentan, de manera sencilla y didáctica, conceptos básicos sobre monitoreo comunitario de aguas subterráneas y se propone una metodología participativa de ocho pasos: 1) convocatoria de voluntarios, 2) capacitación teórica-práctica, 3) definición de puntos de monitoreo, 4) jornadas de monitoreo, 5) toma de datos de los voluntarios, 6) organización y análisis de los datos, 7) socialización de los resultados, y 8) seguimiento y continuidad.

La guía incorpora lineamientos para el uso de herramientas prácticas para medir niveles de agua en pozos, aguas lluvias y parámetros básicos de calidad del agua mediante instrumentos de bajo costo y fácil uso. También incluye formatos para el registro de datos de monitoreo y espacios de observaciones, con el fin de facilitar la organización y el seguimiento de la información recolectada en campo por los voluntarios.

La guía fue presentada al grupo binacional y se recibió retroalimentación de su parte para la mejora de este material, que fue incorporada en la versión definitiva de la guía.

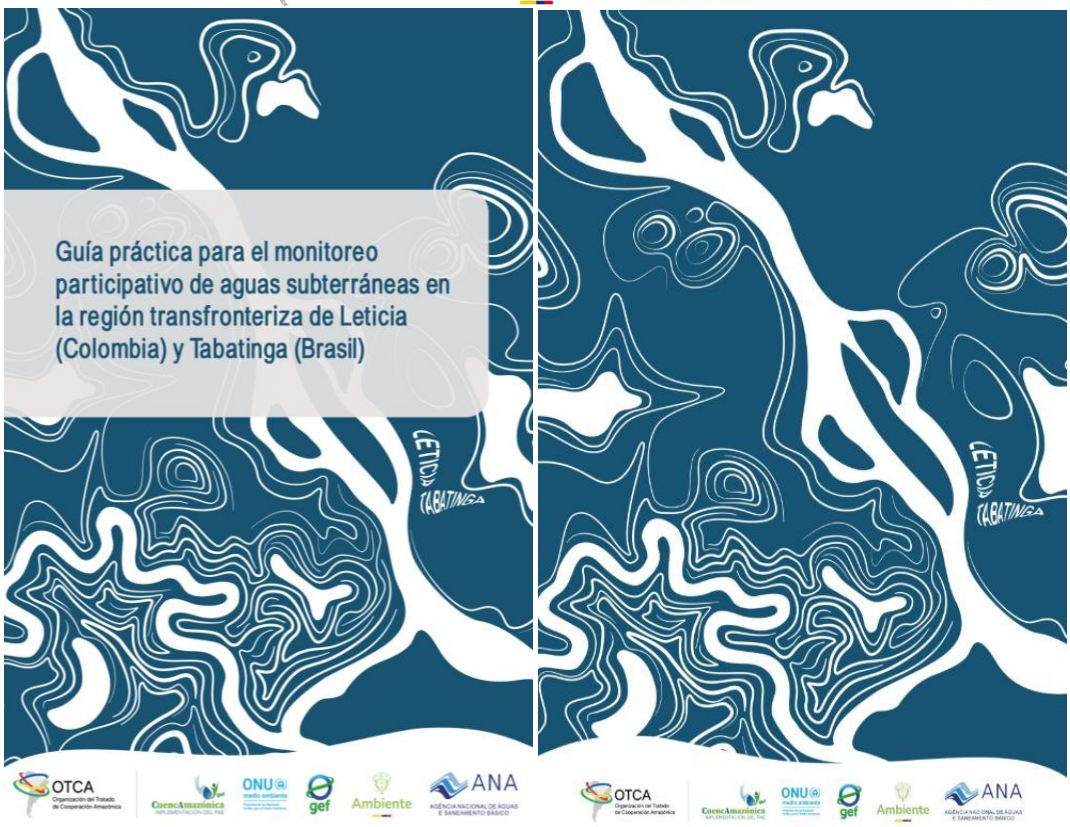


Figura 16. *Portada y contraportada de la Guía práctica para el monitoreo participativo de aguas subterráneas en la región transfronteriza de Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil).*

5.1.3. Logística para la realización de los talleres

Con suficiente antelación se preparó la logística para el desarrollo de la capacitación teórico – práctica, acordada para los días 16 y 17 de con el grupo binacional, se evaluaron diferentes espacios aptos para tal propósito dentro de los cuales se encontraban el Instituto de Investigaciones Amazónicas SINCHI, Resguardo del KM 7 y la Universidad Nacional de Colombia – Sede Amazonia, la cual finalmente se seleccionó dado que cuenta con los espacios para desarrollar el componente teórico de la capacitación (en auditorios o salones) y el componente práctico (medición de parámetros hidrogeológicos) al contar con dos captaciones de agua subterránea tipo pozos. Los espacios fueron solicitados y aprobados de manera formal.

Adicionalmente, se contrataron los servicios de alimentación (refrigerios y almuerzos) para los dos días de capacitación, para todos los asistentes en la jornada de la mañana y la tarde en ambos días, así como almuerzo y estación de café.

5.1.4. Realización de talleres

Esta fase constituyó el eje central de transferencia de conocimiento técnico y apropiación social del proceso en un espacio amplio y general, que se complementó con el desarrollo posterior de la Fase IV de Monitoreo en un espacio específico y detallado por usuario. Este taller tuvo una participación representativa de la comunidad, entidades aliadas, instituciones educativas, empresas y cabezas de familia de la región transfronteriza, con una participación en el primer día de 67 asistentes y el segundo día de 32 asistentes.

Las evidencias de asistencia a dichos eventos se encuentran en el Anexo 10. Listado de asistentes Taller Dia 1, 16 Abril y en el Anexo 11. Listado De Asistencia Taller Dia 2, 17 Abril.

5.1.4.1. Jornada teórica 16 de abril

El día 16 de abril de 2026 se desarrolló el componente teórico, se contó con la participación de

67 personas, representando diferentes actores sociales del territorio que tienen relación con las aguas subterráneas. La jornada fue moderada por el profesional en hidrogeología, se dio instalación e inicio del taller con la intervención de profesionales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, quienes en representación del grupo binacional (incluyendo OTCA y ANA) dieron la bienvenida a los asistentes y la contextualización general del proyecto (Figura 17). Posteriormente se dio la presentación de los asistentes a la jornada.

La capacitación empezó con la Unidad 1 (Figura 18). Sobre la importancia de las aguas subterráneas desde un contexto global a un contexto local, y la explicación del funcionamiento del sistema acuífero transfronterizo de Leticia y Tabatinga, con base en los resultados de los estudios de OTCA, especialmente el más reciente (OTCA & SHI, 2023), esta unidad a cargo del profesional en hidrogeología. Durante esta unidad los participantes pudieron conocer los conceptos básicos y fundamentales de la hidrogeología, su importancia partiendo desde un contexto de escala global y aterrizando dicha importancia al contexto regional y local, además de conocer y entender mejor las características del acuífero del cual hacen uso, y el diagnóstico general que se tiene de sus condiciones de cantidad de agua.

Posteriormente, se contó con la participación como ponentes de profesores y estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonia donde se presentó el contexto y resultados parciales del proyecto de investigación *Construcción de una herramienta digital para el monitoreo y gestión del acuífero aluvial transfronterizo de Leticia (Colombia) – Tabatinga (Brasil).* Posteriormente, se realizó la participación internacional y binacional desde Brasil, por parte de la Universidad del Estado del Amazonas Sede Tabatinga (Figura 19), donde exhibió el proyecto *Sistema de Monitoramento Inteligente de Recursos Hidricos na Amazonia*, que trata sobre el uso de modelaje predictivo con IA para estimación de niveles del río Amazonas. Estas iniciativas evidencian que, desde las instituciones académicas de la región amazónica, tanto de Colombia como de Brasil, se están desarrollando proyectos de investigación orientados al monitoreo, la gestión y la protección de los recursos hídricos. La articulación adecuada entre estas experiencias académica podría contribuir a la sostenibilidad de los monitoreos continuos de los recursos hídricos en la región.

Para finalizar la jornada de la mañana, se realizó una actividad participativa, sobre percepciones alrededor de las aguas subterráneas en los municipios de Leticia y Tabatinga (Figura 20), orientada a identificar los conocimientos previos y los aprendizajes adquiridos durante el proceso, para ello, se plantearon las siguientes preguntas orientadoras:

- **La interconexión del territorio:** Si el acuífero es un "recurso invisible" que fluye por debajo de la frontera sin detenerse, ¿qué responsabilidades compartidas tenemos los habitantes de Leticia y Tabatinga? ¿Qué pasaría si una ciudad cuida el agua y la otra no?
- **El dilema del crecimiento urbano:** Con más de 3,000 pozos estimados y una población en crecimiento, ¿creen que el agua subterránea es un recurso infinito para la región? ¿Cómo imaginan que será la calidad y cantidad de agua en sus pozos dentro de 10 años si seguimos con el ritmo actual de construcción?

A partir de estos interrogantes, se recogieron las siguientes percepciones, las cuales fueron trabajadas y consensuadas grupalmente:

Frente a la interconexión del territorio, la percepción colectiva presenta convergencia: la responsabilidad sobre el cuidado del acuífero es ineludiblemente compartida. Los grupos de trabajo concluyeron que, si una ciudad implementa acciones de protección y la otra no, los

esfuerzos fracasarán, perjudicando a toda la región. Se reconoció que el agua no tiene fronteras políticas y que existe la falsa creencia de que los residuos "desaparecen", cuando en realidad terminan infiltrándose y contaminando el recurso de ambos territorios. Por ello, se enfatizó en la necesidad de generar una comunicación constante y acciones colectivas articuladas entre Leticia y Tabatinga.

Al abordar el dilema del crecimiento urbano, los participantes evidenciaron una profunda preocupación frente al mito de que el agua subterránea es un recurso infinito por ser de libre acceso o "gratis". Las mesas de trabajo dejaron claro que, si bien la reserva es grande, es altamente vulnerable ante una demanda dada por el aumento poblacional y debido a la variabilidad y al cambio climático. Una muestra tangible reportada por la comunidad es que, durante las épocas de sequía de 2023, muchos de los pozos se secaron. Se concluyó que el recurso puede conservarse para el futuro, pero solo si se implementan buenas prácticas de manera urgente en el presente.

Al evaluar las amenazas actuales, las comunidades alertaron que el deterioro del agua no obedece a un único factor, sino que es la unión de varias causas a nivel local. Se presentó preocupación generalizada respecto a los impactos del relleno sanitario ubicado en el kilómetro 17. Se indicó por parte de algunos asistentes que el paso constante de camiones y la disposición de residuos afectan el corredor de la vía Leticia-Tarapacá, donde habitan numerosas comunidades indígenas (como los Resguardos del KM 6 y 11), contaminando cuerpos hídricos vitales como el río Tacana, y la quebrada Yahuarcaca y el caño Pichuna. A esto se sumó la preocupación por la introducción de materiales altamente contaminantes (aceites, plásticos, pilas, tóners) por parte de algunos sectores empresariales que carecen de prácticas adecuadas de disposición.



Figura 17. *Instalación del espacio de capacitación por parte de Minambiente en representación del grupo binacional (OTCA, ANA y MADS).*



Figura 18. *Jornada de capacitación teórica 16 de abril de 2026 – Unidad 1.*



Figura 19. *Jornada de capacitación teórica 16 de abril de 2026 – Ponente invitado Unal – Amazonia.*



Figura 20. *Desarrollo de la capacitación en la jornada teórica del 16 de abril de 2026 y actividades grupales de percepciones sobre el acuífero.*



Figura 21. *Jornada de capacitación teórica 16 de abril de 2026 – Ponente invitado SENA.*



Figura 22. *Jornada de capacitación teórica 16 de abril de 2026 – Unidad 2.*

Una percepción adicional que surgió del diálogo grupal fue la estrecha relación entre la calidad del agua de los pozos y la salud pública. Los participantes expresaron su preocupación al notar que, en ciertas zonas y temporadas, el agua extraída presenta un color amarillento y mal olor, lo cual asocian directamente con el riesgo de enfermedades para sus familias. Proteger las aguas subterráneas, fue reconocido no solo como un tema ambiental, sino como una garantía de bienestar y salud vital para los hogares.

Así mismo, los grupos resaltaron que las soluciones tecnológicas o normativas no serán suficientes si no se acompañan de un cambio cultural. Se hizo un llamado a fortalecer la educación ambiental integrando las visiones y el respeto por la naturaleza propios de las comunidades de la región. Los participantes insistieron en que la divulgación, la investigación y la socialización sobre el cuidado de las aguas deben ser procesos continuos y adaptados al lenguaje y realidad del territorio.

En la jornada de la tarde se dio apertura con la ponencia invitada a cargo de los instructores del Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA territorial Amazonas (Figura 21), quienes presentaron los resultados del proyecto de investigación *El agua subterránea, un recurso potencial para el abastecimiento de agua potable en el municipio de Leticia.* En dicha presentación se mostraron los esfuerzos realizados por el SENA para realizar inventario de pozos en la zona urbana de Leticia, así como monitoreo de calidad en puntos seleccionados, calculando el índice de riesgo por calidad del agua – IRCA, mostrando un mapa interactivo con dichos resultados para el acceso de la comunidad y presentando la guía para la Perforación de pozos profundos de pequeño

diámetro en Leticia – Amazonas.

Finalizada la ponencia del SENA, se procedió a la presentación de la Unidad 2. Relacionada con Calidad del agua subterránea en la región transfronteriza, vulnerabilidad, amenaza y riesgo por contaminación, a cargo del profesional en monitoreo (Figura 22). Se abordaron conceptos básicos sobre calidad de aguas subterráneas, normativa colombiana y brasilera sobre parámetros para consumo humano y factores que pueden afectar el recurso hídrico. También se presentaron los resultados del estudio OTCA & SHI (2023) de la red de monitoreo implementada sobre el inventario de pozos, condiciones fisicoquímicas y fuentes potenciales de contaminación en Leticia y Tabatinga.

Con el desarrollo de la Unidad 2 se dio cierre a la jornada teórica del 16 de abril, se finaliza reforzando la invitación y la importancia de continuar con la capacitación en la jornada práctica del día 17 de abril. Adicionalmente, durante todo el espacio del taller, se dispuso de la lista de asistencia y la lista de inscripción para hacer parte de la red de monitoreo participativo.

5.1.4.2. Jornada práctica 17 de abril

El día 17 de abril de 2026 se desarrolló el componente práctico, se contó con la participación de 32 personas, representando diferentes actores sociales del territorio que tienen relación con las aguas subterráneas, especialmente usuarios del agua. La jornada empezó recordando el contexto del taller y lo abordado en la jornada anterior, y se procedió a presentar las bases sobre el monitoreo participativo, a cargo del profesional en monitoreo (Figura 23), quien socializó la propuesta de monitoreo comunitario de aguas subterráneas, con su definición y tipos de monitoreo, a través de la *"Guía práctica para el monitoreo participativo de aguas subterráneas en la región transfronteriza de Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil)*", donde se detallan los procesos para la medición de niveles de agua, aguas lluvias y calidad del agua.

Posteriormente, se presentaron de manera general los equipos requeridos para el monitoreo (Figura 24), y se realizó el desplazamiento hacia los espacios prácticos, el primer sitio fue el pozo principal de la sede de la universidad, y el segundo sitio fue el pozo de los alojamientos de la universidad, en dichos espacios se explicaron cada uno de los equipos de monitoreo (multiparámetro, phmetros de bolsillo, sondas de nivel y sondas de nivel artesanal), mostrando su funcionamiento y uso general (Figura 25). Se explicó el uso de equipos multiparamétricos, medición y lectura de pH, conductividad eléctrica, solidos disueltos totales, concentración de oxígeno disuelto y potencial REDOX, uso de sondas técnicas y artesanales, medición de niveles, uso de tiras químicas para nitratos, nitritos, amonio y dureza, toma de muestras, e identificación de condiciones sanitarias de las captaciones *in situ.* En dicha jornada surgieron diversas dudas prácticas que fueron resueltas de manera oportuna, los participantes del taller tuvieron la oportunidad también de medir diversos parámetros.



Figura 23. *Jornada de capacitación práctica 17 de abril de 2026 – Definiciones del monitoreo participativo.*



Figura 24. *Equipos dispuestos para la jornada de capacitación práctica 17 de abril de 2026.*



Figura 25. *Desarrollo de la capacitación en la jornada práctica del 17 de abril de 2026.*

Finalmente, una vez realizado el monitoreo fisicoquímico de las aguas de los pozos, así como el monitoreo de nivel freático y la valoración de las condiciones sanitarias de los pozos, se retornó al auditorio donde se dio cierre oficial a la jornada de capacitación (Figura 26), escuchando las

percepciones finales de los asistentes, entre las cuales se destaca un alto nivel de satisfacción con el espacio ofrecido y un agradecimiento a las entidades organizadoras y patrocinadoras y al equipo consultor, sin embargo también se resaltó un llamado de atención las entidades gubernamentales locales. Durante el desarrollo de los talleres, los participantes aprovecharon el espacio para manifestar sus preocupaciones ambientales relacionadas con el relleno sanitario y la gestión de residuos en la región. La comunidad expresó su frustración ante la percepción de que se realizan múltiples investigaciones en el territorio que no se traducen inmediatamente en mejoras sanitarias ni en ayudas concretas para proteger los recursos naturales. Ante esto, exigieron que los datos técnicos y la información recolectada por el proyecto sirvan como una base sólida y una herramienta de gestión para que las autoridades y gobiernos competentes asuman sus responsabilidades e implementen soluciones reales. Asimismo, plantearon alternativas que están a su alcance, como proyectos de reciclaje comunitario que ayuden a mitigar la contaminación y generen beneficios económicos locales. Si bien la ejecución de estas soluciones estructurales excede el alcance técnico y administrativo del presente proyecto, este se consolida como un canal fundamental para transferir el conocimiento necesario que permita fundamentar dichas demandas e impulsar las acciones gubernamentales.



Figura 26. *Cierre de la capacitación en la jornada práctica del 17 de abril de 2026.*

6. Fase IV - Monitoreo

En esta fase, mi aporte fue apoyar el ejercicio de monitoreo comunitario y en la interpretación de resultados obtenidos en campo tanto de calidad como nivel de agua subterránea.

6.1. Ruta metodológica

El monitoreo de aguas consiste en la recolección periódica de datos sobre su calidad y su cantidad. Posteriormente, la información obtenida se analiza para evaluar las condiciones del agua según los distintos usos y determinar si la disponibilidad existente es suficiente para cubrir las necesidades de una población (Alem, 2017). El monitoreo permite identificar cambios en la calidad o disponibilidad del agua a lo largo del tiempo determinado.

Por su parte, el monitoreo participativo o monitoreo comunitario participativo, de acuerdo con

el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) en Yepes et al. (2018), implica la participación de actores locales que, aunque no cuentan con formación técnica especializada, poseen distintos niveles de conocimiento, experiencia, intereses y roles dentro de la comunidad. Mediante procesos continuos de observación, registro sistemático y reflexión sobre la información recopilada, las comunidades pueden orientar el cuidado de las aguas subterráneas a partir de los aprendizajes obtenidos. De igual forma, Yepes et al. (2018) destacan que la comunidad debe asumir un papel activo y protagónico tanto en el diseño e implementación de la propuesta de monitoreo como en el análisis, interpretación y uso de la información generada.

Los niveles de participación en el monitoreo comunitario pueden clasificarse en autónomos, cocreados o contributivos, según el grado de involucramiento de la comunidad en actividades como el diseño, la recolección de datos, el análisis y la toma de decisiones. En el monitoreo autónomo, la comunidad lidera todas las etapas del proceso. En el cocreado, existe una colaboración entre comunidades e investigadores. Para el contributivo, la participación comunitaria se centra en la recolección de información siguiendo protocolos establecidos (Premauer, 2024).

Por lo tanto, el monitoreo participativo de aguas subterráneas es un proceso en el que la comunidad se involucra directamente en la observación, medición, registro y/o seguimiento de los cambios en la calidad y disponibilidad del agua subterránea. Este tipo de monitoreo permite entender cómo se comporta el agua en el subsuelo, identificar variaciones en los niveles de agua y analizar la influencia de factores como la lluvia y la infiltración.

El monitoreo de los niveles del agua subterránea es una tarea crucial para la gestión integral y colectiva de los acuíferos, puesto que dichos niveles pueden cambiar de manera natural dependiendo de las épocas de lluvia o sequía, así como de la cantidad de agua que logra infiltrarse al suelo. El monitoreo del nivel ayuda a comprender estos cambios e identificar a tiempo disminuciones atípicas en los niveles que puedan afectar la disponibilidad del recurso. De igual manera, la medición de la lluvia contribuye a entender los procesos de recarga del acuífero. Y, el monitoreo de la calidad del agua permite evaluar si presenta condiciones adecuadas para diferentes usos, especialmente para el consumo humano.

De acuerdo con OTCA & SHI (2023), para que un monitoreo de aguas subterráneas sea efectivo, es necesario que sea flexible y considere las condiciones hidrogeológicas regionales y locales, el uso y ocupación de la tierra, las demandas de agua y las particularidades de los usuarios. Para ello, es necesario definir el área de monitoreo, diseñar la red de puntos, establecer métodos de muestreo y análisis, definir las variables y frecuencias de medición, y realizar el análisis e interpretación de los datos obtenidos.

En la Figura 27 se propone la metodología del monitoreo participativo de tipo co-creado de aguas subterráneas para Leticia y Tabatinga. El proceso busca promover la participación de las comunidades usuarias en el conocimiento y seguimiento de las aguas subterráneas sobre su disponibilidad y calidad. La metodología consiste en una serie de ocho (8) fases: I) convocatoria de voluntarios, III) capacitación teórica-práctica, III) definición de puntos de monitoreo, IV) jornadas de monitoreo, V) toma de datos de los voluntarios, VI) organización y análisis de los datos, VII) socialización de los resultados, y VIII) seguimiento y continuidad.



Figura 27. *Propuesta de metodología del monitoreo participativo de aguas subterráneas en la región transfronteriza de Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil). Fuente: Elaboración propia.*

6.2. Ejecución del monitoreo

Posterior a las capacitaciones se desarrolló la fase de monitoreo participativo en predios de los integrantes de la red comunitaria. Las jornadas de campo se ejecutaron teniendo en cuenta la ruta metodológica y el cronograma de monitoreo planteado en la Fase II, recorriendo sectores urbanos, periurbanos y rurales de Leticia y Tabatinga.

Gracias a la disponibilidad y el amplio interés de los usuarios y la comunidad en general por participar en estas jornadas de monitoreo, las mismas se pudieron realizar en un periodo más acotado, entre el 18 y el 22 de abril de 2026, como se sintetiza en la Figura 28, adicionalmente la buena participación de los voluntarios, la organización de las rutas de recorrido y las condiciones favorables para el desarrollo de las actividades en campo favorecieron esta condición.



Figura 28. *Ruta y cronograma ejecutado durante las jornadas de monitoreo participativo. Fuente: Elaboración propia.*

La selección de los territorios aledaños a la vía Leticia-Tarapacá y del casco urbano en la zona de frontera para establecer los puntos de monitoreo respondió a la dinámica interconectada del acuífero, así como a la representatividad espacial. Al tratarse de un recurso hídrico transfronterizo, el agua subterránea fluye de un país a otro sin reconocer límites políticos o geográficos. En este escenario, se priorizó la frontera por ser fundamental para entender que las acciones en Leticia impactan directamente a Tabatinga y viceversa. En este corredor vial y fronterizo convergieron diversas dinámicas de ocupación que demostraron que la vulnerabilidad y el riesgo de contaminación del agua no obedecen a un solo factor aislado, sino que la afectación del recurso hídrico puede darse por la convergencia de diversas causas locales derivadas de la presión antrópica.

Para que este esfuerzo de conservación territorial fuera sostenible y verdaderamente integral, se priorizó la articulación con una red diversa de actores estratégicos. La inclusión de instituciones públicas y ONG, como Corpoamazonia, el Instituto SINCHI y la Gobernación, fue vital para que en el marco de sus competencias coadyuven en la búsqueda de soluciones a las problemáticas relacionadas con la calidad del agua subterránea empleada para el consumo humano. De igual manera, integrar a los centros de salud permitió conectar el monitoreo del acuífero con la prevención en salud pública. Por su parte, vincular a colegios y universidades propende por cultivar y fortalecer la educación ambiental en las nuevas generaciones, mientras que la inclusión de las empresas buscó fomentar una corresponsabilidad directa para el cuidado y protección del recurso hídrico subterráneo.

Finalmente, el esfuerzo de consolidar esta red participativa se materializó a través de la entrega de los kits de monitoreo a los actores y predios priorizados. La dotación de estos equipos marca un hito relevante en la región, para trascender de la teoría a la acción en el territorio. Al contar con los kits en sus instalaciones y hogares, las comunidades indígenas, instituciones, centros educativos y empresas adquirieron la capacidad instalada y la autonomía necesaria para vigilar de manera básica pero frecuente las condiciones de calidad y cantidad del agua subterránea en

sus pozos, propendiendo por la protección local de las aguas subterráneas, lo que mancomunadamente puede trascender a la protección regional, dicha protección se debe ejercer bajo un marco de gobernanza, como un ejercicio práctico, intersectorial y permanente.

A continuación, se describen algunos aspectos relevantes de lo que fue la jornada de monitoreo, resaltando algunos sectores y actores priorizados para la región.

Instituciones educativas públicas: Como parte de la estrategia de monitoreo participativo, se priorizó la vinculación de instituciones educativas de la ciudad de Leticia con el propósito de fortalecer la participación de los niños, jóvenes, adultos y profesores en la educación ambiental con relación al entendimiento y cuidado del agua subterránea.

Las instituciones educativas de grado medio priorizadas fueron el Colegio INEM "José Eustasio Rivera" (Figura 29) y la Escuela Normal Superior Sección B *"Monseñor Marceliano Eduardo Canyes Santacana"* (Figura 30). La institución educativa de grado técnico fue el SENA Regional Amazonas "Centro para la Biodiversidad y el Turismo del Amazonas", donde participaron estudiantes del Técnico en Saneamiento Ambiental (Figura 31).

En todas las instituciones se desarrollaron jornadas de socialización y sensibilización sobre la importancia de las aguas subterráneas en la región transfronteriza, abordando aspectos relacionados con la conceptualización básica de los acuíferos, los estudios hidrogeológicos realizados previamente en la zona, la importancia del monitoreo participativo y la medición de parámetros de nivel y de calidad del agua.

De igual forma, se realizaron mediciones en los pozos presentes en las instituciones educativas, utilizando equipos portátiles y tiras de medición. Estas actividades permitieron involucrar a estudiantes y docentes en ejercicios prácticos de observación, toma de datos e interpretación básica de variables asociadas al agua subterránea.





Figura 29. *Estudiantes y profesores del Colegio INEM en el ejercicio de monitoreo participativo.*



Figura 30. *Estudiantes de la Escuela Normal en el monitoreo participativo.*



Figura 31. *Aprendices del SENA en el monitoreo participativo.*

ONGs: Entre las organizaciones vinculadas se encuentra la Cruz Roja Colombiana Seccional Amazonas (Figura 32), institución con experiencia en trabajo comunitario y gestión del riesgo. De igual forma, la institución ha participado en intervenciones y apoyo a sistemas de abastecimiento de agua en comunidades indígenas de la región amazónica. La articulación

con este tipo de instituciones contribuyó a fortalecer los espacios de participación interinstitucional alrededor de la gestión y protección de los acuíferos



Figura 32. *Monoreo participativo en la Cruz Roja Colombiana Seccional Amazonas.*

Comunidades indígenas: Dentro de una visión diversa del territorio, las comunidades indígenas asentadas a lo largo de la vía Leticia - Tarapacá en Leticia, representaron una población priorizada e indispensable. Su vinculación directa reconoció su rol vital en la protección del entorno y garantizó que la gestión del agua integrara y respetara sus realidades. Durante el proceso, estas comunidades evidenciaron un profundo y genuino interés por evaluar la calidad de sus fuentes hídricas subterráneas, motivadas por la constante alarma frente a la proximidad del relleno sanitario del kilómetro 17, el manejo de residuos líquidos y sólidos y las filtraciones directas de aguas residuales que pueden amenazar la calidad de las aguas subterráneas. Las comunidades indígenas integradas en el proceso de monitoreo fueron las del Km 11 y del Km 6 de Leticia. Las jornadas de capacitación tuvieron lugar en los espacios propios de la comunidad, por ejemplo, en el Km 11 se desarrolló en la maloca (Figura 33), la metodología del encuentro se adaptó a sus espacios tradicionales de pensamiento, siendo los voceros locales quienes ejercieron y conservaron la vocería durante la totalidad del encuentro, desarrollándose un intercambio de ideas y un dialogo de saberes, en torno a las aguas subterráneas.



Figura 33. *Capacitaciones y dialogo en torno a las aguas subterráneas en el ejercicio del monitoreo participativo en la comunidad del Km 11.*

6.3. Toma de datos hidrogeológicos y de calidad del agua en los predios

Durante el desarrollo de las visitas de campo, se llevó a cabo el levantamiento de información primaria a través de mediciones participativas *in situ*. Con el fin de caracterizar el estado actual de las aguas subterráneas y evaluar posibles riesgos locales, se evaluaron parámetros fisicoquímicos fundamentales que incluyeron la profundidad del nivel piezométrico, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, potencial REDOX y temperatura. Así mismo, para identificar factores básicos de calidad y posibles alteraciones, se midieron indicadores específicos como nitratos, nitritos, amonio, alcalinidad y dureza total (Figura 34).

De manera complementaria a los análisis cuantitativos, se llevó a cabo una evaluación organoléptica en cada punto de captación. En esta fase se registraron observaciones cualitativas relacionadas con la apariencia, el color, el olor y las condiciones físicas generales del agua subterránea que se capta en cada punto.

Un aspecto transversal y de gran relevancia durante estas jornadas fue que la totalidad de las mediciones se desarrollaron de forma conjunta y pedagógica con los propietarios de las captaciones y los usuarios locales. Esta interacción directa no solo facilitó la recolección de los datos técnicos, sino que fue un factor determinante para fortalecer la apropiación práctica del conocimiento y del proceso de monitoreo. Al involucrar a la comunidad en el uso de los equipos y la interpretación de los resultados, se propende por empoderar a los habitantes en la vigilancia y el cuidado del recurso hídrico subterráneo en sus propias captaciones.

El soporte documental de estas actividades y la consolidación técnica de la información recolectada se encuentran detallados en el Anexo 12. Listado de asistencia Monitoreo Km 17 Y 11 y el Anexo 13. Formatos de datos monitoreo 26 puntos. Los formatos de recolección de información fueron previamente diseñados, y durante el ejercicio de monitoreo se diligenciaron con los usuarios, el formato físico diligenciado se entregó a cada usuario, para cumplir con un principio fundamental del monitoreo participativo y los ejercicios de gobernanza, y es que la información del territorio quede para el territorio.



Figura 34. *Jornadas de monitoreo comunitario de aguas subterráneas en Leticia.*

6.4. Inspección sanitaria de las captaciones en los predios

Como se ha mencionado en diversas secciones de este informe, el ejercicio de monitoreo participativo incluyó la inspección y evaluación de condiciones sanitarias de las captaciones (Figura 35), durante las inspecciones es posible identificar: condiciones constructivas de la captación, material de revestimiento, presencia y cercanía de fuentes potenciales de contaminación, presencia de fuentes de escorrentía superficial, estado general de protección sanitaria (piso alrededor de la captación, cerco adecuado, tapa, sello sanitario). En general se identificaron problemáticas asociadas en diversos casos a: Ausencia de tapas herméticas, vulnerabilidad al ingreso de agua superficial contaminada, ausencia de mantenimiento. En todos los casos las condiciones sanitarias de las captaciones se registraron en los formatos de toma de datos y se realizaron las observaciones y recomendaciones a los usuarios, es decir, un reforzamiento local de buenas prácticas. El análisis de resultados de la inspección se presenta en la sección 6.3.



Figura 35. *Condiciones sanitarias de algunos pozos en la región transfronteriza de Tabatinga (imagen izquierda) y Leticia (imagen derecha).*

6.4.1. Reforzamiento de buenas prácticas y percepciones

Durante las visitas se reforzaron a los usuarios las recomendaciones de buenas prácticas para la protección de las aguas subterráneas, entre ellas, las relacionadas con:

- Protección sanitaria de pozos.
- Tratamiento doméstico del agua.
- Filtrado y ebullición.
- Monitoreo periódico.
- Mantenimiento preventivo.
- Protección colectiva del acuífero y participación en espacios de capacitación

Asimismo, se recopilaron por medios audiovisuales las percepciones comunitarias sobre la importancia del monitoreo participativo y la gestión sostenible del agua subterránea en el territorio (Figura 36).



Figura 36. *Registro de percepciones sobre la jornada de monitoreo participativo.*

6.5. Kits de monitoreo entregados

Durante las visitas de monitoreo, se evaluaron las condiciones de los puntos y de los usuarios, para suministrarles Kits de monitoreo, dichas condiciones evaluadas contemplaron los siguientes criterios: utilidad del kit para el usuario, interés del usuario para seguir monitoreando, representatividad espacial del punto, importancia del usuario como actor relacionado con las aguas subterráneas, condiciones potenciales de contaminación registrada que requieran seguir monitoreando, condiciones de afectación de niveles freáticos que requieran seguir monitoreando, usuarios que priorizan el uso del agua para consumo humano y/o comunitario, condiciones adecuadas de la captación para seguir monitoreando. Dicho lo anterior, es claro que los kits entregados a los usuarios no son los mismos, puesto que todos los equipos no son de utilidad para todos los usuarios. En la Tabla 5 se resumen los equipos entregados para cada usuario. En total se entregaron 24 Kits de monitoreo a 24 usuarios, 20 en Leticia y cuatro (4) en Tabatinga.

Tabla 5. Kits de monitoreo participativo entregados a los usuarios.

ID	Nombre/Razón social	Kits: cantidad de equipos entregados				
		Sonda de nivel artesanal	Phmetro digital 4 en 1	Phmetro digital 6 en 1	Tiras de medición de parámetros*	Pluviómetro
P01	Olga Oliveros		1		x	1
P02	Gregorio Saldaña	1		1	x	1

P05	José Manuyama	1	1		x	1
P07	Libaniel Echeverri Marulanda	1	1		x	
P08	Colegio Sagrado Corazón	1	1		x	
P09	Colegio José Eustasio Rivera (INEM)	1	1		x	1
P10	Escuela Normal de Leticia		1		x	
P11	Josefa Corihuazni (Fabricio Carvalho)		1			1
P12	José Arnery Pereira Pinto	1	1			
P13	Manuel Antonio Pelaez		1		x	
P14	Centro Recreacional CAFAMAZ		1		x	
P15	Laboratorio de Salud Pública Departamental	1	1			
P16	Albeiro Zuluaga			1		1
P17	Cruz Roja Colombiana Seccional Amazonas	1		1	x	
P18	Alvaro Maldonado	1	1		x	
P19	Daniel Berrio		1		x	
P20	Ana Manjarres		1		x	
P21	Nohora Orjuela	1				
P22	SENA Regional Amazonas (Los Lagos)	2	1			1
P23	Leidy Tellez			1	x	
P24	Universidad Nacional de Colombia	3		1	x	1
P25	José Molina	1			x	
P26	Natalia Salazar	1			x	
	Corpoamazonia	3			x	1
Total equipos		**20**	**15**	**5**	**x**	**9**

**: se entregan varias tiras por usuario, normalmente entre tres y cinco.*
***: usuarios resaltados en verde se encuentran en Tabatinga.*

7. Fase V - Evaluación

Esta fase permitió consolidar y analizar los resultados obtenidos durante el monitoreo participativo y evaluar el proceso de transferencia de capacidades comunitarias. En esta fase se realizan la consolidación, organización y análisis durante el monitoreo participativo de las comunidades usuarias del agua subterránea. Se incluyen parámetros de propiedades organolépticas del agua, de nivel, fisicoquímicos y de inspección sanitaria. En el Anexo 14. Sistematización de datos de monitoreo se encuentra los datos obtenidos.

7.1. Análisis de resultados de calidad del agua

Se organizaron y analizaron los datos fisicoquímicos obtenidos durante las jornadas de monitoreo para su análisis.

7.1.1. Propiedades organolépticas del agua

Las propiedades organolépticas se refieren a las características del agua que pueden ser percibidas por los sentidos, como el color, el olor, el sabor y la turbidez (Marín, 2009). En todos los puntos de monitoreo, se pidió a las personas que realizaran una percepción cualitativa sobre las características del agua relacionadas con el color, el olor y la apariencia (Figura 37).



Figura 37. *Miembros de la red de monitoreo evaluando las propiedades organolépticas del agua.*

Con relación al color del agua, el 85 % de las personas reportaron que el agua es incolora, mientras que el 12 % la perciben de color amarillo y el 3,8 % mencionan otros colores como se detalla en la Figura 38.

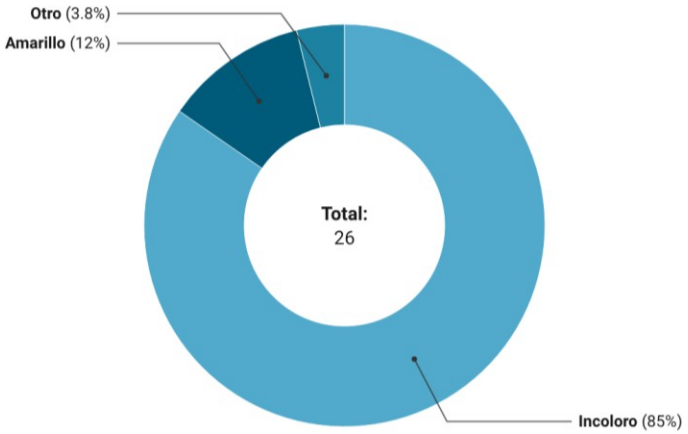


Figura 38. *Percepción de los usuarios sobre el color del agua subterránea. Fuente: Elaboración propia.*

Sobre la apariencia del agua, el 77 % de las personas manifestaron que el agua es clara, mientras que el 23 % la perciben como turbia (Figura 39).

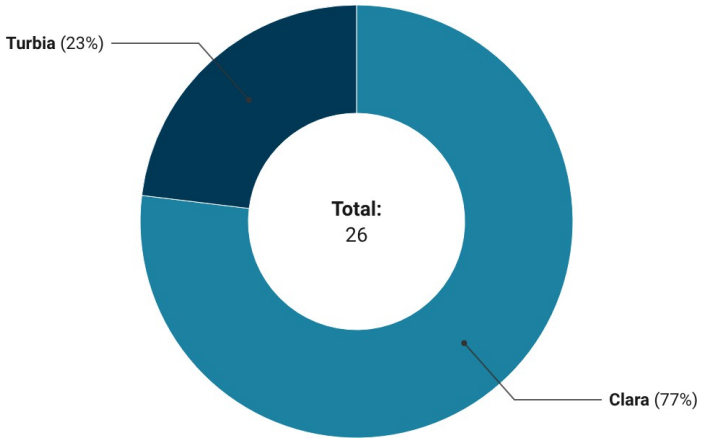


Figura 39. *Percepción de los usuarios sobre la apariencia del agua subterránea. Fuente: Elaboración propia.*

Respecto al olor del agua, la Figura 40 muestra que el 73 % de las personas manifestaron que el agua es inolora. Sin embargo, algunas personas identificaron olores asociados a materia orgánica (12 %), a un olor similar al óxido de hierro (12 %) y a olor a cloro (3,8 %).

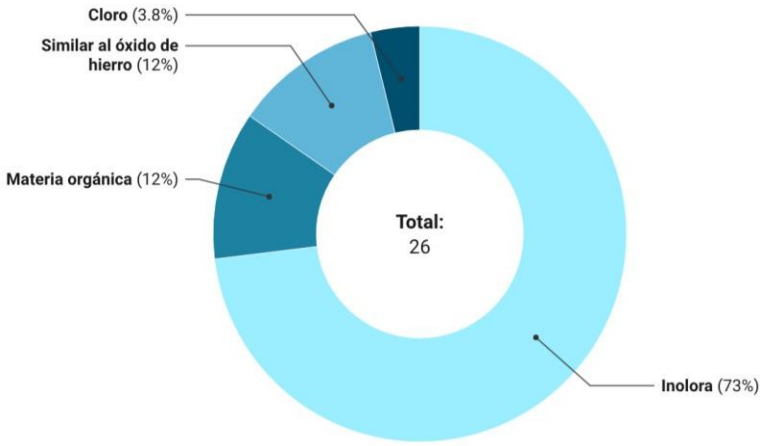


Figura 40. Percepción de los usuarios sobre el olor del agua subterránea. Fuente: Elaboración propia.

7.1.2. Parámetros de calidad del agua

Para la medición de algunos parámetros *in situ* de calidad del agua se utilizó el equipo multiparámetro HI98194, los equipos multiparámetro de bolsillo y las tiras de medición rápida. Para esta fase de evaluación se priorizan los resultados obtenidos con el equipo HI98194 por su mayor precisión.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada punto de monitoreo a partir del uso del equipo multiparamétrico con la participación de los voluntarios:

7.1.2.1. pH

El promedio de pH registrado fue de 5.18, lo que evidencia condiciones ácidas en los acuíferos monitoreados (Figura 41). Los valores obtenidos oscilaron entre 4.1 y 6.6. Aunque se registraron algunos valores cercanos a pH 6,0, predominan las condiciones más ácidas, con una mayor concentración de datos entre pH 4 y 5. En Leticia, los valores más ácidos, cercanos a pH 4,0, se localizaron principalmente en los puntos monitoreados en la zona de los kilómetros de la vía Tarapacá. En los puntos de Tabatinga, el pH promedio fue de 5.01, ligeramente más ácido en comparación con Leticia.

Los resultados de pH obtenidos se relacionan con la actualización de la línea base de calidad del agua desarrollada por la OTCA & SHI (2023), donde los valores registrados variaron entre 4.1 y 6.5, con un promedio general de 5,01, y con una tendencia hacia condiciones más ácidas en los puntos monitoreados en Tabatinga. El pH bajo en la región transfronteriza se asocia principalmente a la misma composición mineralógica de la unidad hidrogeológica, con presencia significativa de oxisoles, caracterizados por pH bajos, con niveles típicamente inferiores a 5.5.

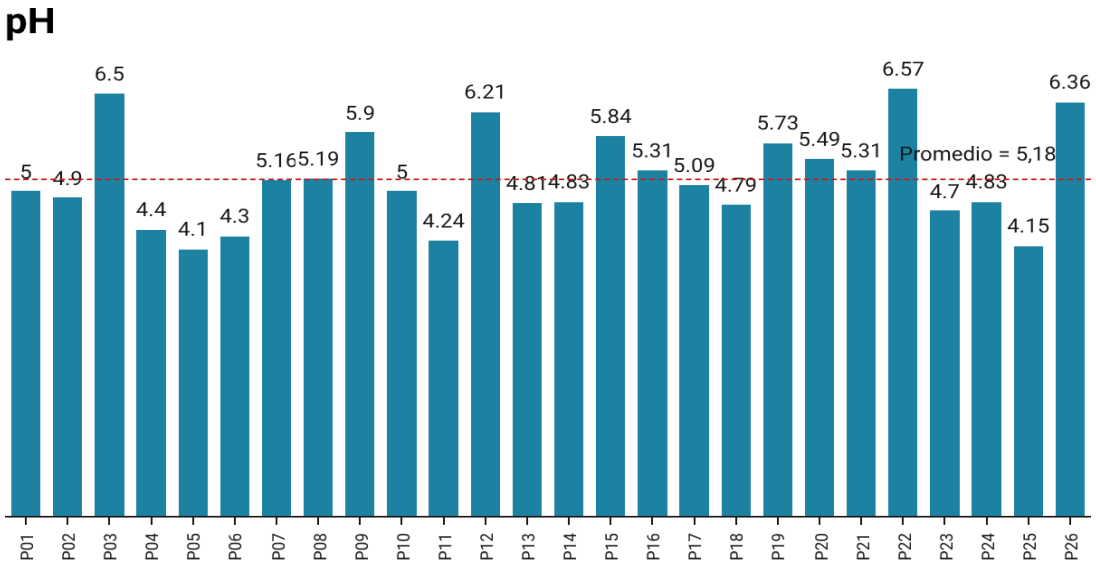


Figura 41. *Registro de pH en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.*

7.1.2.2. Temperatura

De acuerdo con la Figura 42, la temperatura promedio registrada fue de 28.29 °C. Los valores obtenidos oscilaron entre 26.0 y 32.8 °C. En general, los valores de temperatura observados se mantienen estables en casi todos los puntos y son acordes con las condiciones climáticas características de la región.

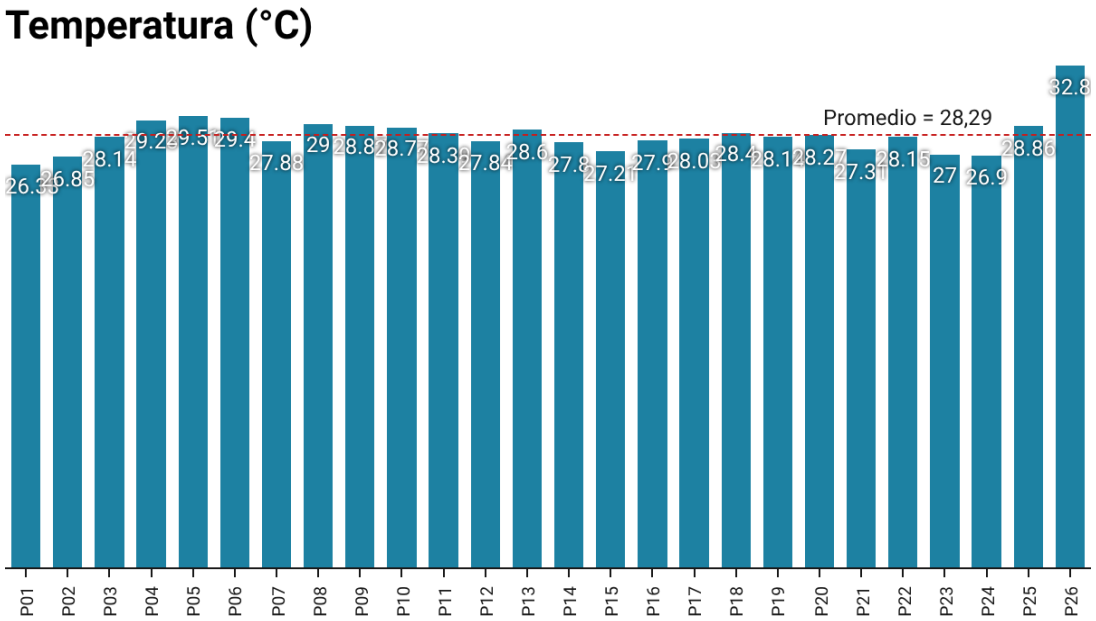


Figura 42. *Registro de temperatura en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.*

7.1.2.3. Oxígeno disuelto

La Figura 43 presenta los datos obtenidos de la concentración de oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto promedio es de 3.07 mg/L. El valor máximo de oxígeno disuelto es de 5.6 mg/L mientras que el valor mínimo es de 1.1 mg/L. En los puntos de monitoreo de Leticia, algunos de los valores más altos de oxígeno disuelto se encuentran en la zona de la carretera de la vía entre Leticia y Tarapacá. En promedio, los valores de oxígeno disuelto son levemente más altos en Leticia que en Tabatinga, esto asociado en buena medida a las tendencias de flujo del acuífero.

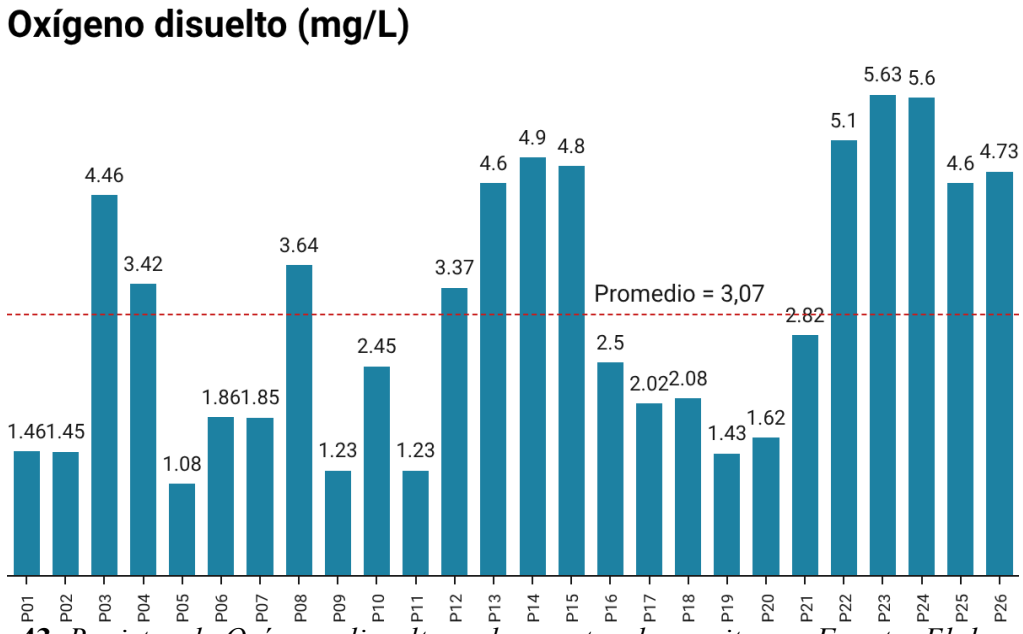


Figura 43. *Registro de Oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.*

Espacialmente se encontró que la concentración de OD sigue una tendencia similar pero inversa a la de la CE, con mayores niveles de OD en la zona de la vía Leticia – Tarapacá y menores concentraciones hacia los sectores centrales de los cascos urbanos de Leticia y Tabatinga.

7.1.2.4. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) se define como la capacidad que tiene una sustancia para conducir cargas eléctricas, se da por especies cargadas eléctricamente, es decir por los iones que se encuentran disueltos en el agua, por lo tanto, a mayor conductividad eléctrica mayor es la concentración de iones y de sólidos disueltos (Domenico & Schwartz, 1998).

En la Figura 44 se observan los datos obtenidos de conductividad eléctrica (CE). El promedio es de 100.85 µs/cm. Los valores oscilan entre 28 y 297 hasta µs/cm. Las conductividades más bajas se encuentran principalmente en la zona de carretera vía Leticia hacia Tarapacá, mientras que las mayores se encuentran en la zona fronteriza urbana entre Leticia y Tabatinga, con algunas anomalías locales en el sector del km 6 (Figura 45). El promedio de CE en los puntos de Tabatinga es ligeramente mayor con 134.24 µs/cm comparado con los puntos de Leticia de 97.24 µs/cm. Los resultados son similares a la línea base de calidad del agua actualizada realizada por OTCA & SHI (2023), donde la conductividad varió entre 11.8 y 264 µs/cm y con un promedio de 90.7 µs/cm.

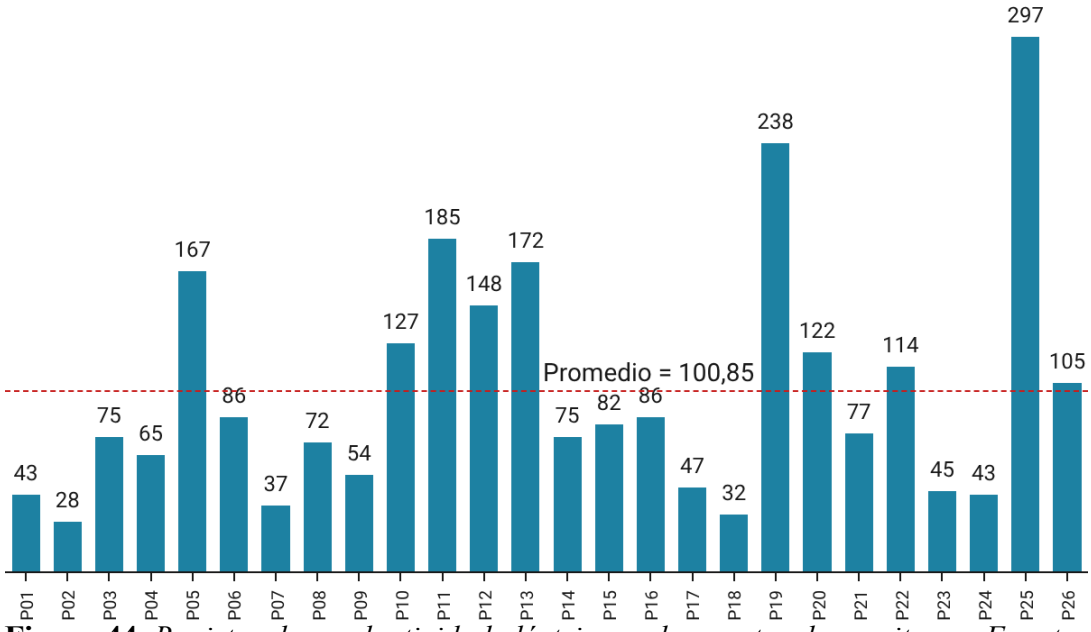


Figura 44. *Registro de conductividad eléctrica en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.*

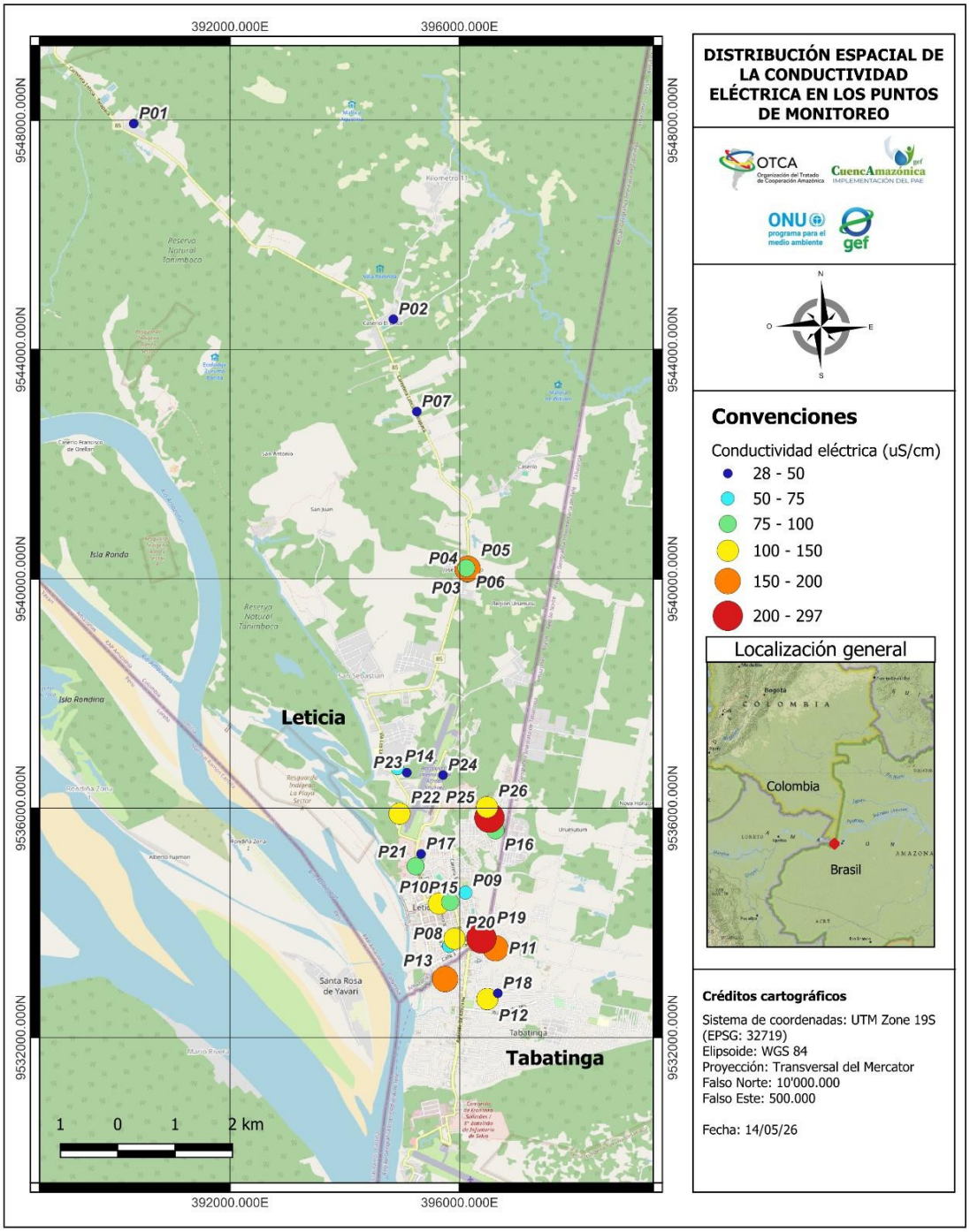


Figura 45. *Distribución espacial de la conductividad eléctrica en los puntos de monitoreo en la región transfronteriza. Fuente: Elaboración propia.*

Los bajos valores de conductividad eléctrica y las altas concentraciones de oxígeno disuelto registradas en los puntos ubicados sobre la carretera entre Leticia y Tarapacá podrían estar asociados a procesos de recarga reciente del acuífero. De acuerdo con OTCA & SHI (2023), la recarga del acuífero se asocia fundamentalmente a precipitación, la cual genera infiltración reciente, lo que explica los bajos niveles de conductividad y niveles altos de oxígeno disuelto, así como por la influencia de algunos drenajes locales, mientras que en zonas más cercanas al río Amazonas, es decir hacia la zona de descarga, el nivel de oxígeno tiende a disminuir, dado que por el recorrido por el medio hidrogeológico el oxígeno es consumido y el agua se enriquece en iones disueltos, aumentando así su conductividad eléctrica. En algunos pozos del Km 6 de la vía Leticia – Tarapacá se destacan niveles de CE anómalos en comparación con la tendencia espacial cercana, lo que podría estar indicando posibles afectaciones por potencial contaminación local,

es de resaltar que dicha zona carece de sistema de alcantarillado y múltiples flujos de agua residuales y conducen a cunetas superficiales.

7.1.2.5. Solidos disueltos totales

El promedio de sólidos disueltos totales registrado fue de 50.5 mg/L (Figura 46). Los valores obtenidos oscilaron entre 14.0 y 149 mg/L. En términos generales, los puntos evaluados en Tabatinga presentaron concentraciones ligeramente mayores, con un promedio de 67 mg/L, en comparación con el promedio registrado en Leticia, correspondiente a 48.76 mg/L. Los valores más bajos de sólidos disueltos se encuentran mayormente en la zona de la carretera de la vía entre Leticia y Tarapacá.

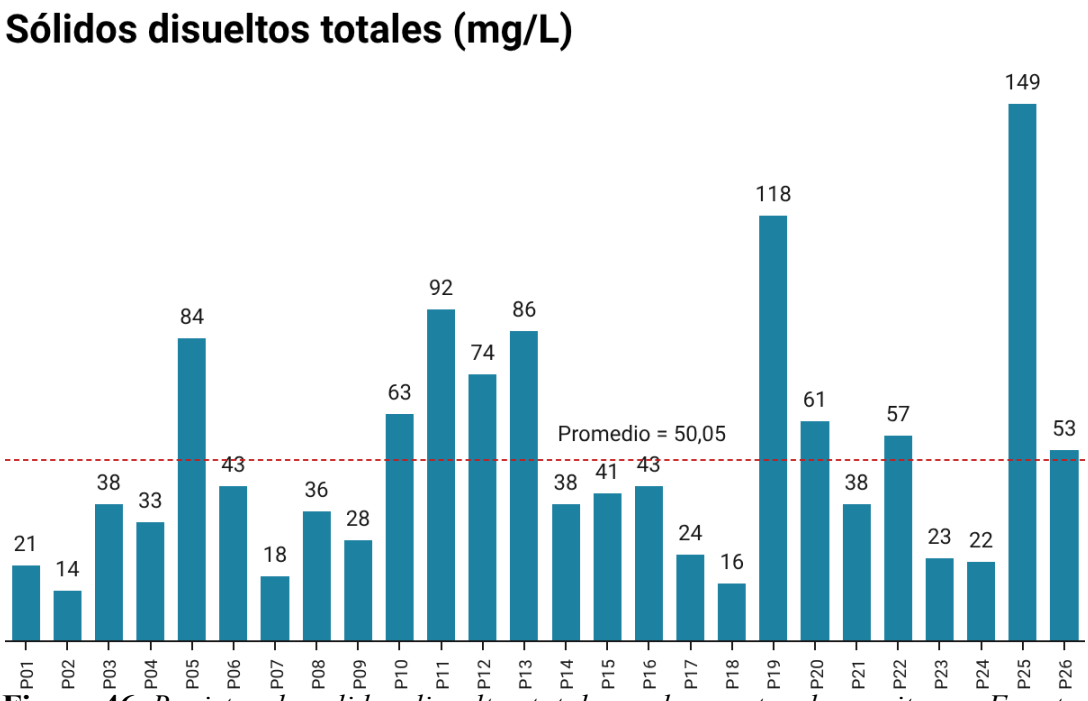


Figura 46. *Registro de solidos disueltos totales en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.*

7.1.2.6. Potencial REDOX

El Potencial de Óxido-Reducción (ORP), también conocido como potencial redox (Eh), es una medida de la actividad de los electrones en un sistema acuoso y refleja la capacidad de una solución para ganar o perder electrones, es decir, su tendencia a oxidar o reducir sustancias químicas. Su valor, expresado habitualmente en milivoltios (mV), es un indicador crítico del estado geoquímico del acuífero: valores positivos elevados indican un ambiente aerobio u oxidante, mientras que valores negativos o bajos sugieren un ambiente anaerobio o reductor (APHA; AWWA; WEF, 2017). Tradicionalmente ambientes oxidantes de manera natural suelen asociarse con zonas de recarga, pues las condiciones son de presencia de oxígeno disuelto, mientras que los ambientes reductores suelen asociarse a zonas de descarga, pues el oxígeno disuelto tiende a consumirse.

En la Figura 47 se presentan los datos de potencial Redox registrados en los puntos de monitoreo. El valor promedio fue de 322.28 mV, con un rango entre 128.3 mV y 652.9 mV, lo que indica el predominio de un ambiente oxidante, es decir asociado potencialmente a zonas de recarga, es de aclarar que como lo indica OTCA & SHI (2023) y Vélez & Bastidas (2018), la recarga directa se da en casi toda la zona transfronteriza Leticia – Tabatinga presenta niveles altos, por lo que resulta esperable encontrar ambientes típicamente oxidante en todos los puntos monitoreados de acuerdo con el potencial Redox. Los resultados obtenidos no evidencian una tendencia espacial

clara a lo largo de la zona de estudio.

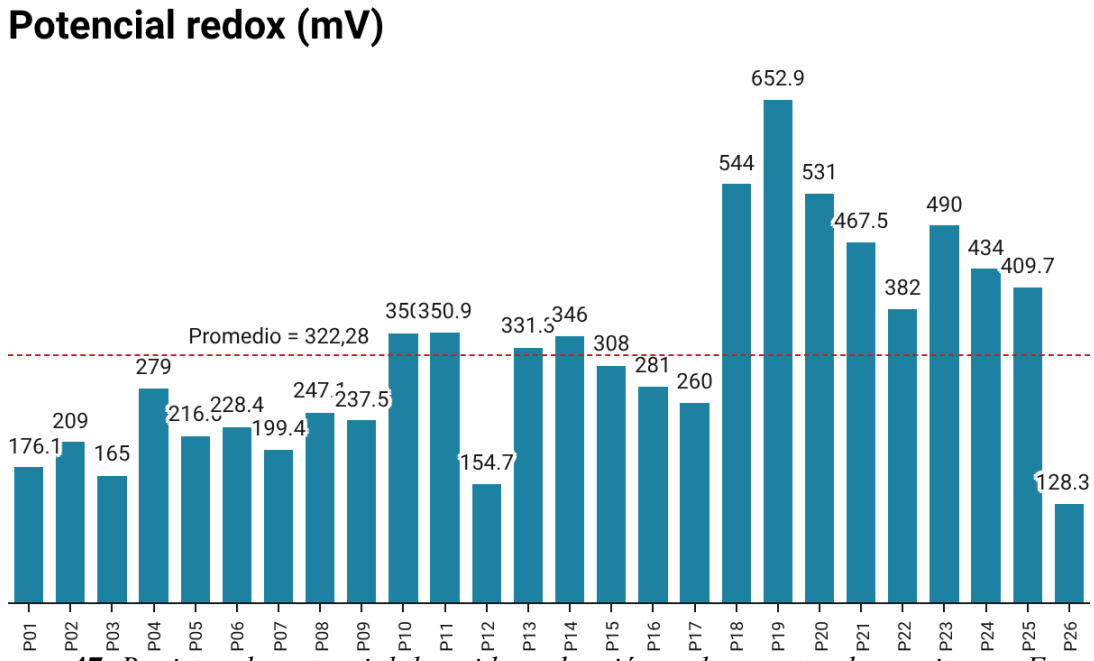


Figura 47. *Registro de potencial de oxido-reducción en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.*

Con pruebas de tiras de medición rápida se evaluaron parámetros como dureza total, nitratos, nitritos, carbonatos, cloro y amonio en los puntos de monitoreo comunitario (Figura 48). Estos ensayos permiten obtener una aproximación preliminar de la calidad del agua de manera sencilla, rápida e *in situ*. Sin embargo, estas pruebas presentan limitaciones en precisión y sensibilidad en comparación con equipos portables o análisis de laboratorio estandarizados, por lo que sus resultados deben analizarse y considerarse con cautela.



Figura 48. *Uso de tiras de medición rápida de calidad del agua.*

7.1.2.7. Dureza total

El promedio de dureza total es 24.42 mg/L (ver Figura 49). La mayoría de los puntos monitoreados presentaron valores de dureza cercanos a 25 mg/L, evidenciando una relativa homogeneidad en gran parte de la zona de estudio. Sin embargo, se identificaron algunos puntos con valores más elevados, como P12 y P26 con 60 mg/L, y P22 con 75 mg/L. La presencia de dureza en el agua se asocia principalmente al contenido de calcio y magnesio disueltos, influenciado por la composición geológica del área. Los valores altos de dureza podrían relacionarse con procesos naturales del subsuelo y descargas con altos niveles de carbonato de calcio.

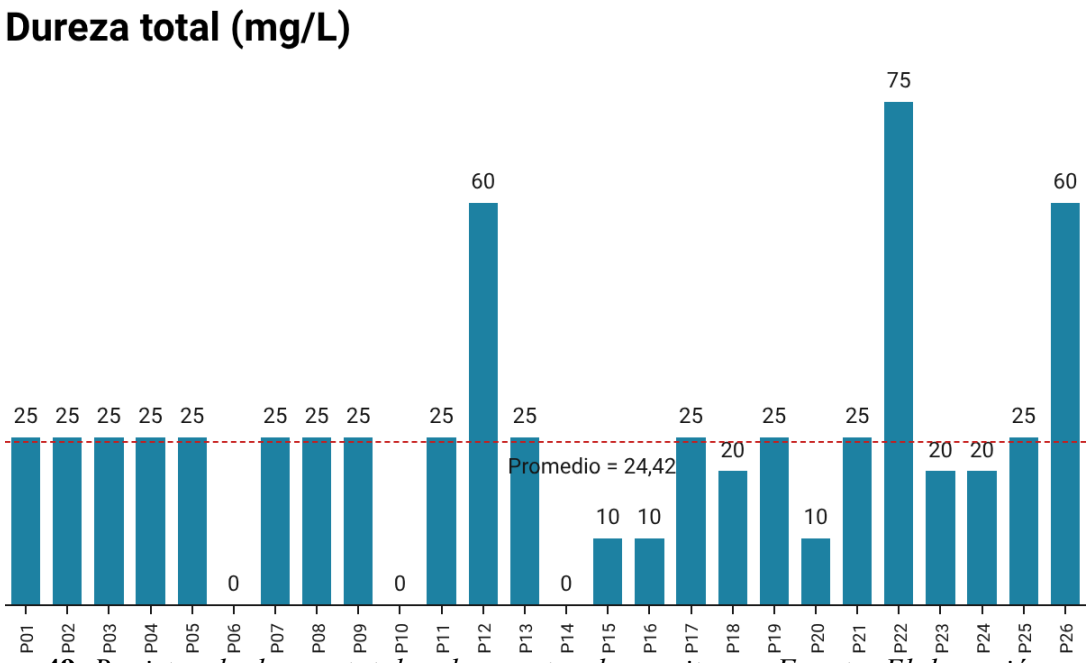


Figura 49. *Registro de dureza total en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.*

7.1.2.8. Nitratos

De acuerdo con la Figura 50, se evidenció presencia de nitratos en ocho (8) puntos de monitoreo, destacándose cuatro (4) puntos con concentraciones iguales o superiores a 25 mg/L. Normalmente, los nitratos y nitritos se encuentran en bajas concentraciones en el acuífero. No obstante, sus niveles pueden aumentar por el ingreso de contaminantes provenientes de actividades agrícolas y desechos humanos o animales que llegan al subsuelo mediante procesos de infiltración o escorrentía (OTCA & SHI, 2023). A nivel espacial (Figura 51), no se identificó una tendencia clara en la distribución de este parámetro dentro de la zona de monitoreo, sin embargo sí se evidencian zonas de anomalías de este parámetro, donde su concentración es alta, estas zonas corresponden a dos puntos en el sector del Km6 en la vía Leticia – Tarapacá, un punto en el barrio Afasinte de Leticia y un punto sobre Rua Nova en Tabatinga, pudiendo asociarse a factores potenciales de contaminación local.

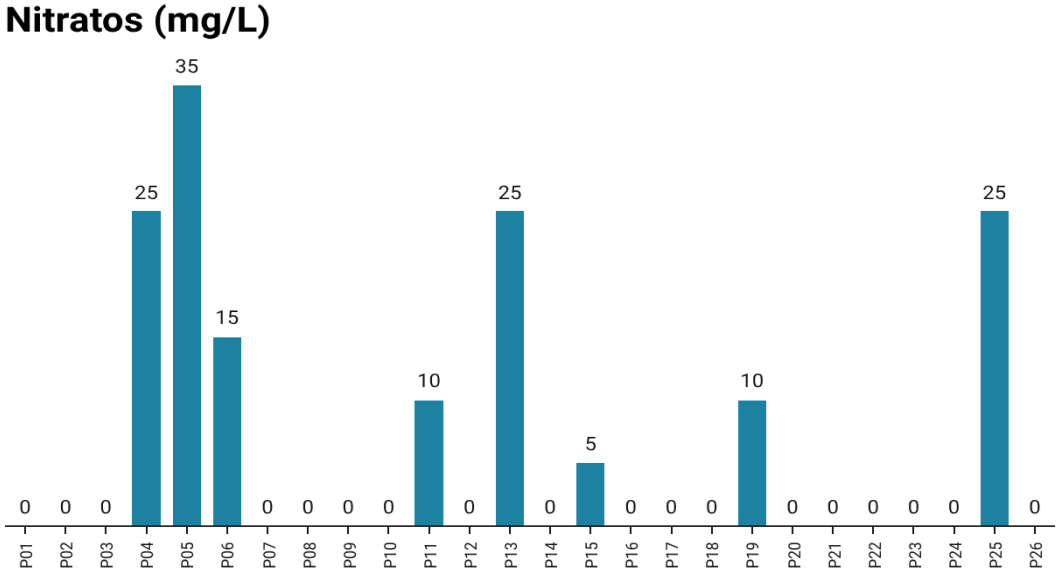


Figura 50. *Registro de nitratos en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.*

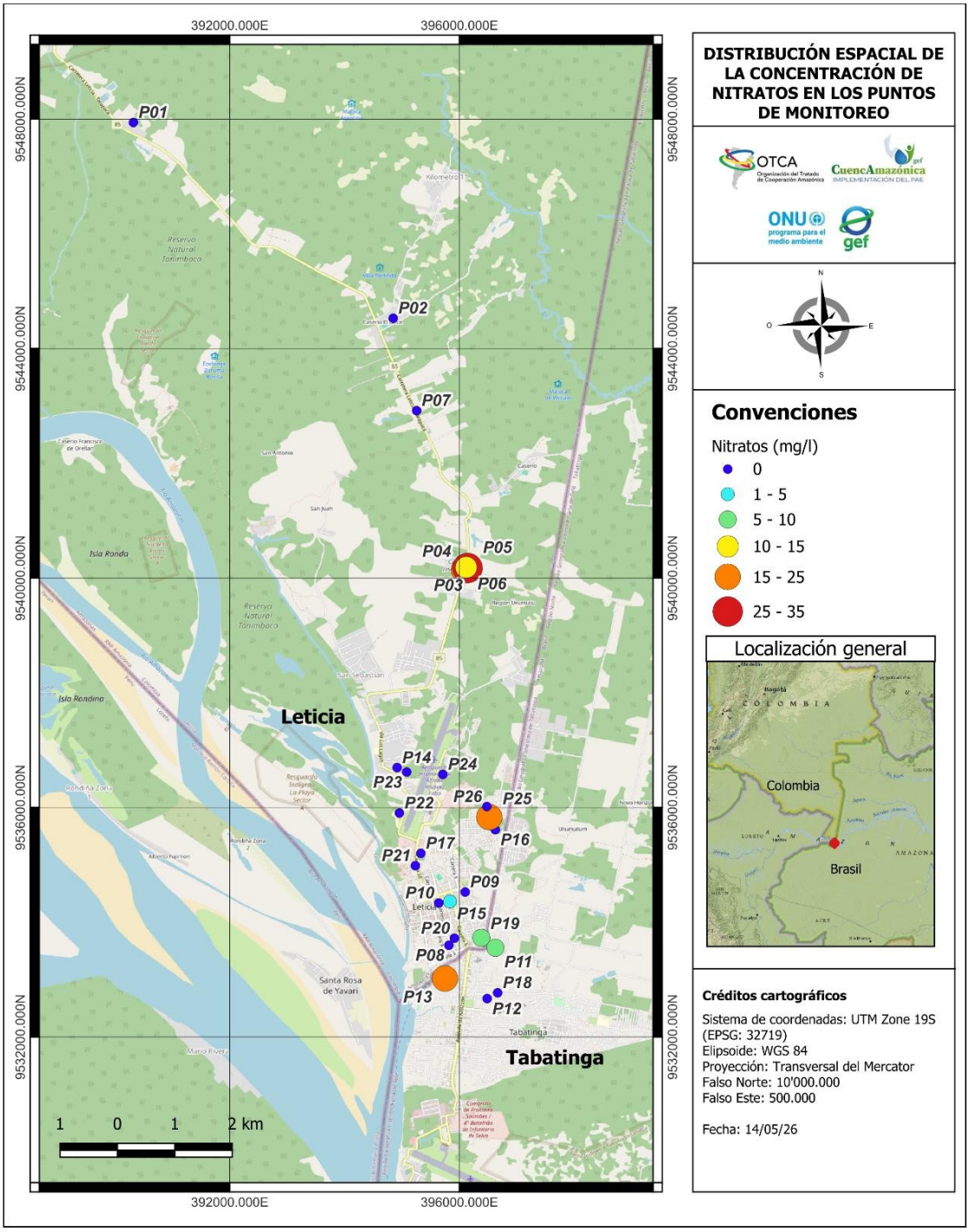


Figura 51. *Distribución espacial de la concentración de nitratos en los puntos de monitoreo en la región transfronteriza. Fuente: Elaboración propia.*

7.1.2.9. Nitritos

En ninguno de los puntos monitoreados se registró presencia de nitritos mediante las tiras de medición rápida. De acuerdo con OTCA & SHI (2023), esta diferencia entre nitritos y nitratos puede explicarse porque los nitritos suelen presentarse en muy bajas concentraciones en aguas subterráneas y, además, se oxidan fácilmente a nitratos.

7.1.2.10. Carbonatos

La mayoría de los puntos monitoreados no registraron presencia de carbonatos, mientras que únicamente en seis (6) puntos presentaron concentraciones detectables, con valores entre 10 y 120 mg/L (Figura 52). Los valores más altos se observaron de manera puntual, sin evidenciar una tendencia espacial clara en la zona de estudio.

7.1.2.11. Amonio

El amonio únicamente se evaluó en diez (10) puntos de monitoreo debido a la disponibilidad limitada de tiras de medición rápida (Figura 53). Las concentraciones registradas oscilaron entre 0.25 y 2 mg/L, con un promedio de 0,85 mg/L. Debido al reducido número de puntos evaluados, no fue posible identificar una tendencia espacial clara para este parámetro en la zona de estudio.

7.1.2.12. Cloro

El cloro presentó concentraciones no detectables en la mayoría de los puntos monitoreados (Figura 54). Únicamente se registró presencia de cloro en dos (2) puntos, con valores de 0 .5 mg/L en el P09 y 3 mg/L en el P19. En este último punto, el voluntario manifestó adicionar diariamente pastillas de cloro al pozo debido a la presencia de olores asociados a materia orgánica, lo cual explica claramente la alta concentración identificada.

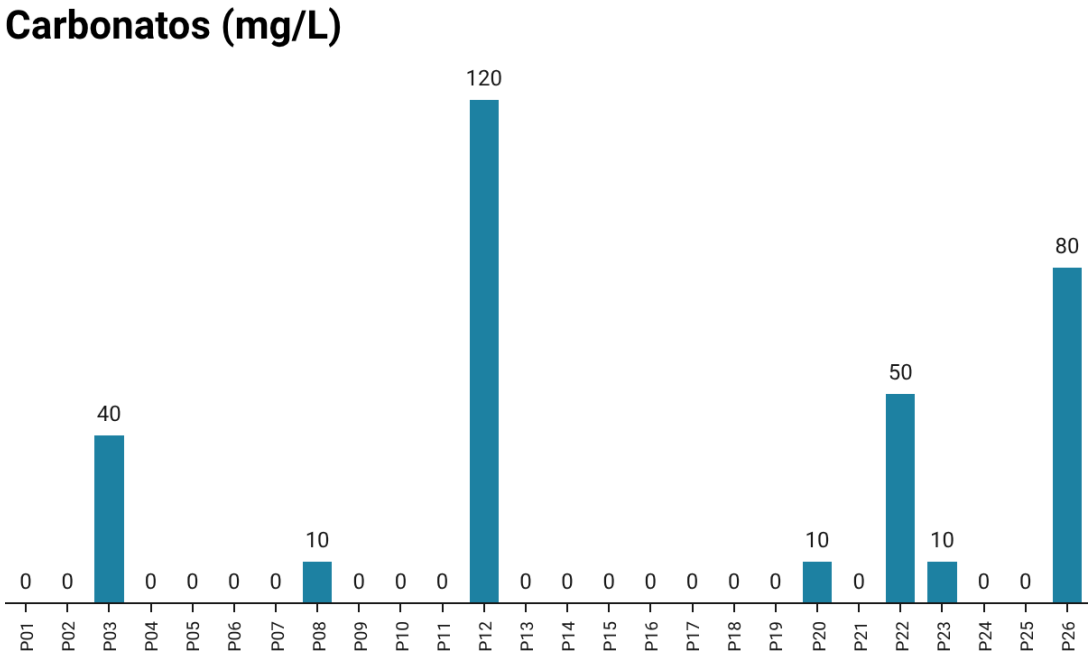


Figura 52. *Registro de carbonatos en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.*

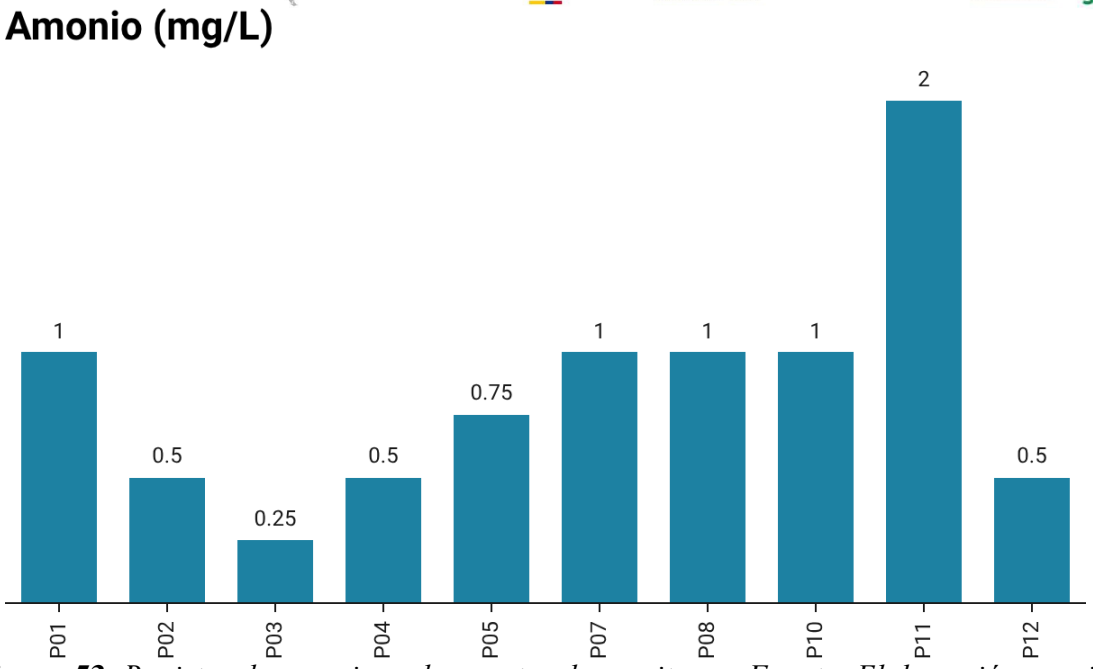


Figura 53. *Registro de amonio en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.*

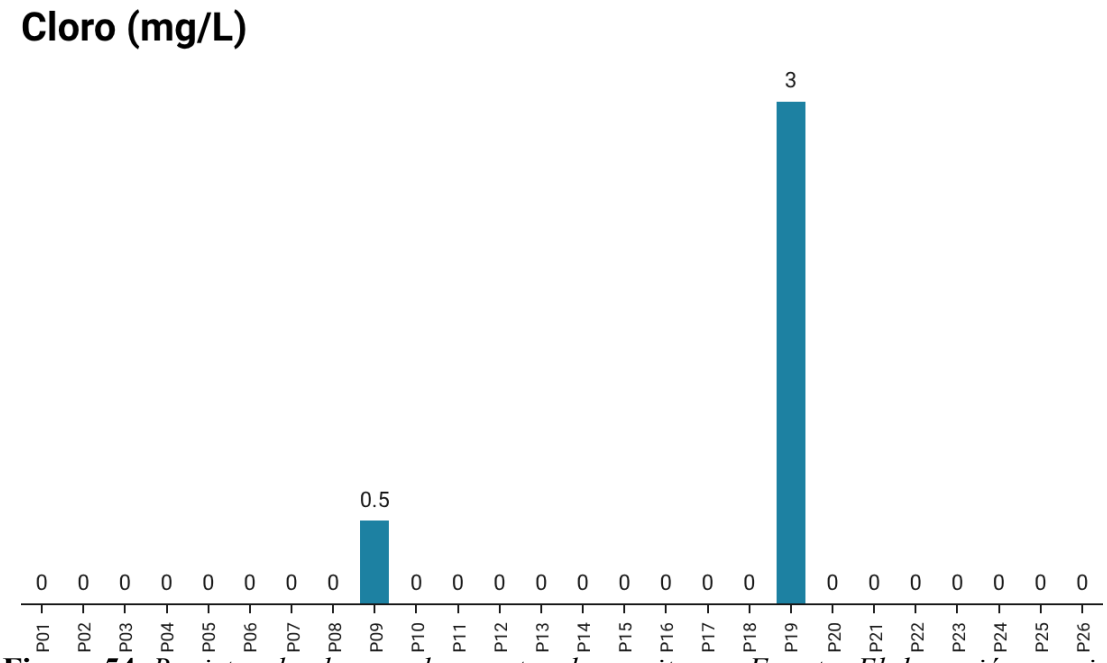


Figura 54. *Registro de cloro en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.*

7.2. Análisis de resultados de niveles piezométricos

El monitoreo de niveles acuíferos resulta clave para entender la dinámica hidrogeológica en una región, y poder tomar decisiones informadas en relación con la cantidad del recurso hídrico subterráneo, identificando la prevalencia de patrones normales (cíclicos) o de patrones anómalos.

Los niveles de agua en muchos acuíferos siguen un patrón cíclico natural de fluctuación estacional; normalmente los niveles aumentan durante la época de lluvias, debido a que aumenta la recarga del sistema por mayores precipitaciones, y descienden durante época de lluvias bajas, debido a una menor recarga y a una mayor tasa de evapotranspiración. Para poder detectar estos cambios en el régimen del flujo del agua subterránea, se realizan las mediciones de niveles freáticos

o piezométricos, que pueden ser de tipo estático o dinámico (Ideam e Invemar, 2021).

De los 26 puntos monitoreados, fue posible medir la profundidad del nivel freático en 20 puntos, ratificando lo encontrado en anteriores estudios, donde el acuífero en general muestra niveles freáticos cercanos a superficie, pues su profundidad varía entre 1 y 8.7 m, con un promedio de 4.32 m (Figura 55), esto indica que, si bien las aguas subterráneas se encuentran de manera más accesible para los usuarios de la región de Leticia y Tabatinga, también son más vulnerables frente a los factores contaminantes que se pueden infiltrar desde superficie o más sensibles ante fugas desde pozos sépticos y/o sistemas de alcantarillado.

La tendencia espacial de la profundidad de niveles freáticos permite evidenciar las tendencias generales de flujo, con niveles más someros cerca de las zonas de recarga, y niveles más profundos cerca de las zonas de descarga y en las zonas de mayor concentración de pozos (Figura 56).

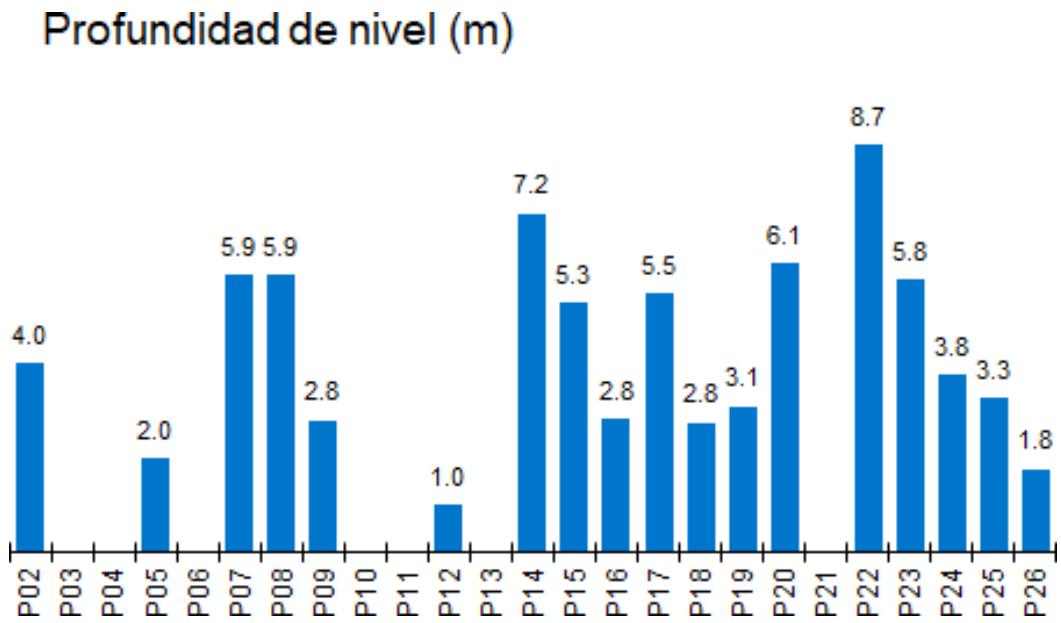


Figura 55. *Registro de profundidad de niveles freáticos en los puntos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.*

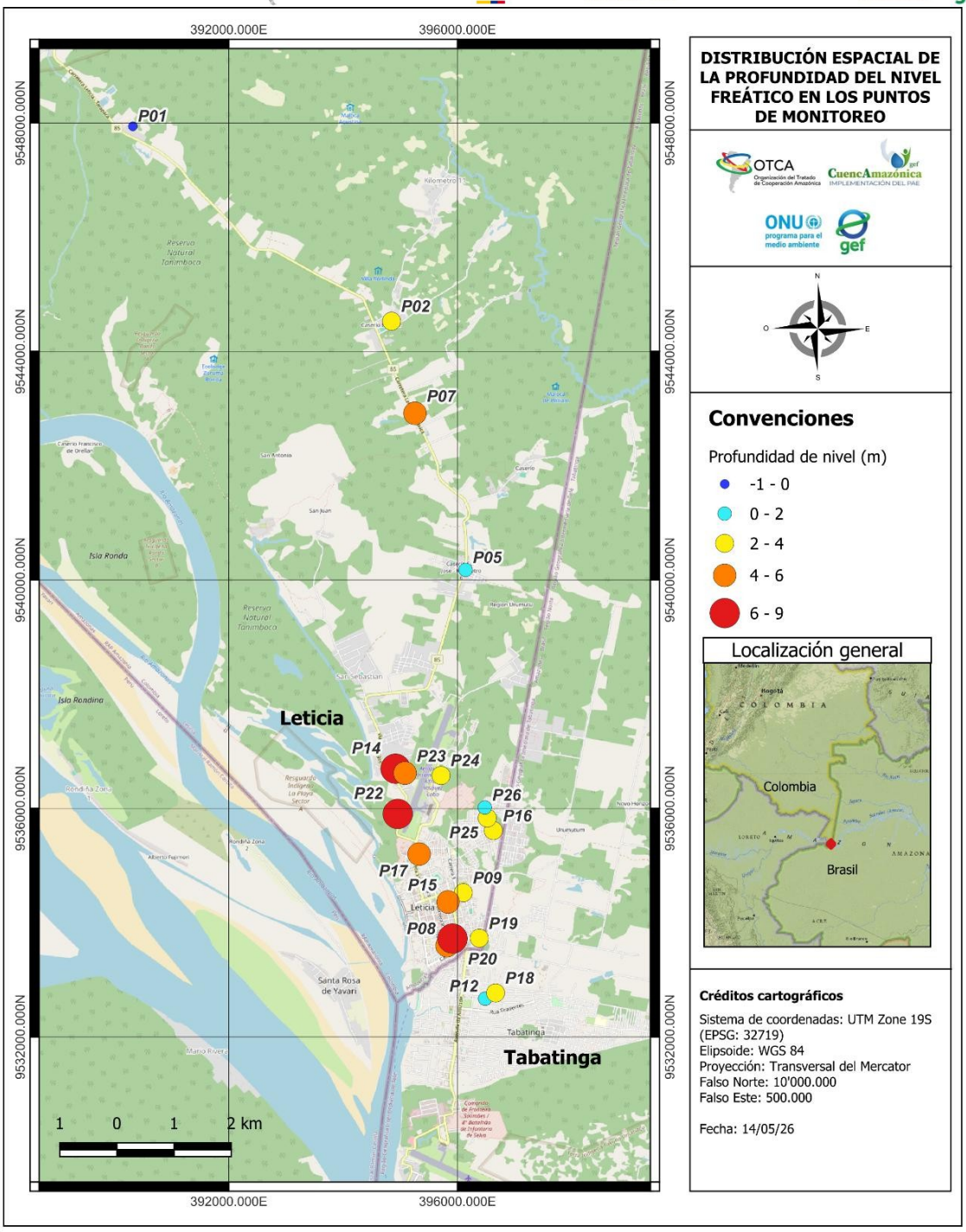


Figura 56. *Distribución espacial de la profundidad de nivel freático en los puntos de monitoreo en la región transfronteriza. Fuente: Elaboración propia.*

Es importante mencionar que, si bien la profundidad del nivel freático da indicios de las direcciones de flujo del sistema acuífero, estas solo se pueden a analizar a la luz del nivel piezométrico, el cual se define como la distancia vertical del nivel respecto al nivel medio del mar, por tanto, se estima como la diferencia entre la cota del terreno del punto de agua menos la profundidad del nivel freático. Para obtener dicha estimación se utiliza un Modelo deElevación Digital (MED) de resolución de 4.7 m x 4.7 m de tamaño de píxel, obtenido para la región de Leticia y Tabatinga a partir del satélite ALOS, el cual colecta imágenes terrestres a través de su sensor PALSAR (Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar) (ASF DAAC, 2015), con una resolución espacial de 12.5 m x 12.5 m de tamaño de píxel, para el cual se realiza un reprocesamiento digital de downscaling en el proyecto LandViewer de EOS (Earth Observing System) obteniendo la resolución mencionada de 4.7 m.

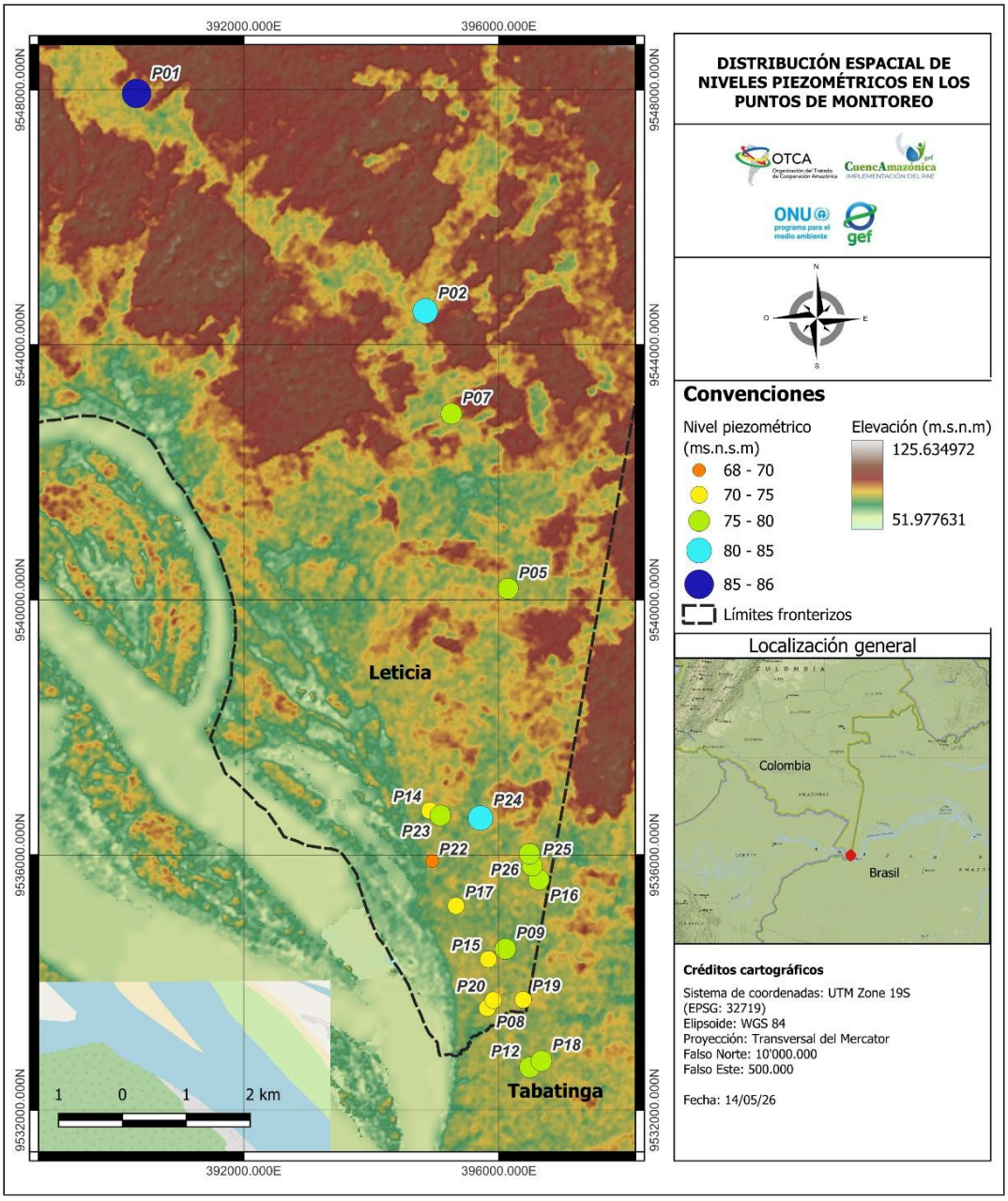


Figura 57. Distribución espacial de los niveles piezométricos en los puntos de monitoreo en la región transfronteriza. Fuente: Elaboración propia.

El MED se muestra en la Figura 57, en conjunto con los niveles piezométricos estimados para cada punto de monitoreo, con esto se ratifica que efectivamente los niveles más altos se encuentran hacia el noroeste principalmente, hacia la vía Leticia – Tarapacá, y los niveles más bajos hacia la zona central de Leticia – Tabatinga en la línea fronteriza, se destacan niveles altos alrededor del punto P24 (Universidad Nacional). Las tendencias de flujo se evidencian que son principalmente en sentido norte – sur y este – oeste.

7.3. Condiciones sanitarias de las captaciones

Como parte del ejercicio de monitoreo participativo, un componente fundamental fue la identificación de las condiciones sanitarias de las captaciones de agua subterránea, pues estas resultan las medidas locales más directas para hace frente a las amenazas por contaminación y disminuir así la vulnerabilidad específica de las captaciones, para lo cual se evaluó al menos cuatro condiciones sanitarias, de acuerdo con lo que se explicó a los usuarios en la jornada de

capacitación y considerando lo realizado en estudios anteriores (OTCA & SHI, 2023), estas condiciones fueron: a) presencia de piso de cemento alrededor de la captación, b) cerramiento adecuado de la captación o cerco alrededor de la captación, c) cubierta adecuada de la captación, d) presencia del sello sanitario en la captación.

La Figura 58 sintetiza los principales resultados encontrados en relación con la evaluación de las condiciones sanitarias de las captaciones de agua subterránea pertenecientes a la red de monitoreo. Se evidencia que la mayoría de los puntos (76.9%) cuenta con piso de cemento alrededor de la captación, mientras que 19.2% no lo tienen y en 3.8% de los puntos no aplica (caso de manantiales), se resalta que para los puntos que no contaban con dicha condición se recalcó la importancia de su implementación y todos los usuarios respondieron de manera afirmativa y propositiva ante la recomendación.

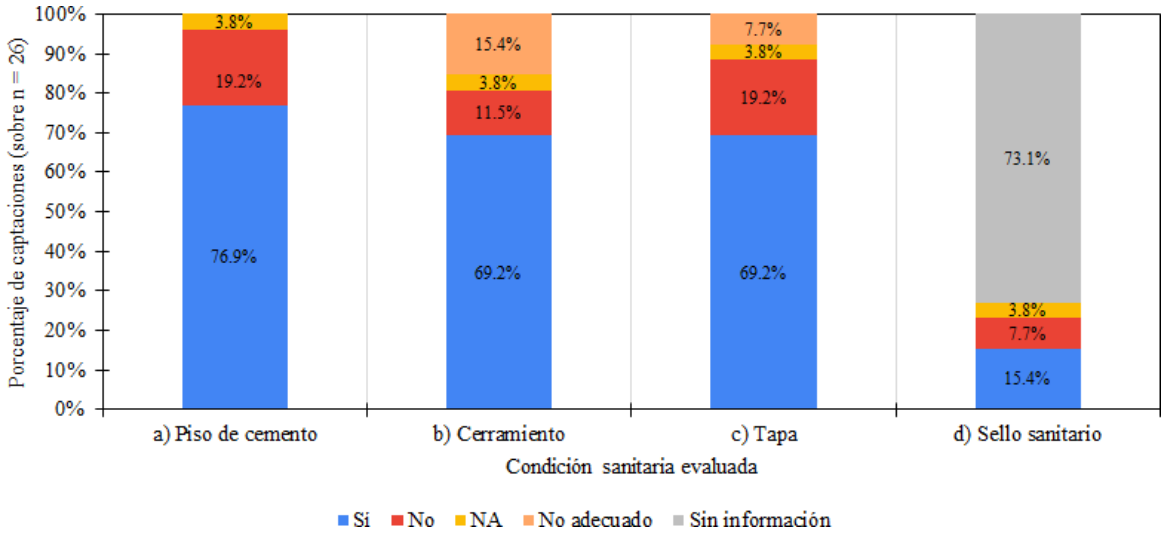


Figura 58. *Síntesis de las condiciones sanitarias evaluadas en los puntos de monitoreo en la región transfronteriza Leticia – Tabatinga*. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al cerco alrededor de la captación, se evidencia que la mayoría de los puntos (69.2%) cuenta con cerco adecuado, mientras que el 15.4% tienen cerco, pero no es adecuado, esto debido a que se identifica que permitiría ingreso de animales pequeños o residuos de tamaño significativo, por lo que a estos usuarios se les sugiere mejorar las condiciones del cerco actual, 11.5% de las captaciones no tienen cerco alrededor y en 3.8% no aplica de manera estricta (caso manantial por tener un área de captura considerable). En cuanto a la tapa de las captaciones, la mayoría de los puntos cuentan con dicha tapa (69.2%), 7.7% de los puntos, aunque cuentan con tapa, esta no es adecuada, en la mayoría de los casos por estar partida o incompleta, por lo que se hace la sugerencia in situ a los usuarios de cambiar o reparar las tapas que tienen los defectos mencionados, 19.2% de los puntos no cuentan con tapa. Finalmente, en torno al sello sanitario, por ser un detalle constructivo, resulta muy complejo evidenciar su presencia o ausencia in situ, únicamente se puede confirmar de forma precisa con los registros del diseño de los pozos, es por ello que en la mayoría de las captaciones se registra Sin información sobre esta condición (73.1%), en el 15.4% de las captaciones se logra confirmar con los usuarios que si se implementó sello sanitario durante la construcción y en 7.7% se confirma con los usuarios la ausencia de dicho sello.

7.4. Análisis de percepciones de la comunidad

Como parte del ejercicio de apropiación social del conocimiento, se recopilaron las percepciones de diversos usuarios que participaron activamente en las jornadas de monitoreo. Estos testimonios reflejan el impacto de la capacitación y la importancia de integrar a la comunidad en la vigilancia de los recursos hídricos subterráneos en el territorio:

- **Olga Oliveros (Manantial, Km 16.6):** Expresó que la preocupación comunitaria por la contaminación derivada del relleno sanitario es constante. Destacó que este proceso de medición es de gran valor, ya que permite conocer técnicamente las condiciones de los pozos. Si bien calificó el proceso de monitoreo como sencillo una vez se comprende, subrayó que el diligenciamiento de los formatos requiere práctica y constancia para garantizar registros precisos.

- **Manuel Ricardo (Coordinador de territorio, Comunidad Nimaira Naimeki Ibiri, Km 11):** En representación de los líderes indígenas, manifestó que las actividades permitieron comprender la calidad del agua que consumen diariamente. Valoró positivamente la entrega de equipos prácticos para evaluar la calidad del agua de varias familias, lo cual representa un beneficio directo para la comunidad. Además, destacó que los talleres permitieron derribar el mito de que el agua se agotaría por el número de pozos, logrando entender que el acuífero es un sistema vasto cuya preservación es una responsabilidad compartida de toda la región.

- **José Manuyama (Curaca, Comunidad del Km 6):** Expresó su agradecimiento por el conocimiento adquirido sobre el agua que consume su comunidad. Tras el monitoreo de cuatro pozos, donde se identificó presencia de nitritos, nitratos o amonio en tres de ellos, calificó estos resultados como una señal de alerta necesaria para mejorar el manejo y consumo del agua. Resaltó la facilidad y claridad con la que se aprendió a manejar los equipos, tomar muestras y entender la importancia de los datos para la gestión del acuífero.
- **Libaniel Echeverri (Km 9.5):** Destacó que el taller permitió transformar paradigmas arraigados, como la falsa creencia de que el agua subterránea es pura por defecto o que es un recurso infinito. Subrayó el deber ciudadano de conservar este recurso y la importancia de que la comunidad reconozca la susceptibilidad de los pozos a la contaminación externa. Felicito a los investigadores por abrir estos espacios, enfatizando que las prácticas cotidianas en la superficie tienen un impacto directo en la calidad del agua a nivel general.

- **Representante del Colegio Sagrado Corazón:** Calificó la actividad como una experiencia pedagógica fundamental para aprender a gestionar, manejar y mantener el pozo del cual se abastece la institución educativa.

- **Alumno del Colegio INEM José Eustacio Rivera:** Señaló que fue muy interesante comprender el funcionamiento de los recursos hídricos en la Amazonía y los parámetros técnicos necesarios para medir su calidad, llevándose consigo nuevos conocimientos sobre el ejercicio práctico del monitoreo.

- **José (Tabatinga):** Resaltó que el mantenimiento adecuado de los pozos es una práctica que favorece a todos los usuarios. Recomendó a la comunidad y a los jóvenes de Tabatinga involucrarse en el mantenimiento y agradeció el aprendizaje sobre las medidas básicas de calidad del agua.

- **Manuel Antonio (Tabatinga):** Agradeció las capacitaciones impartidas y enfatizó en la necesidad de socializar estos resultados con las prefecturas de Brasil y las instituciones educativas. Se puso a disposición para actuar como puente comunicativo con la comunidad y las organizaciones locales para informar sobre la importancia del acuífero.

- **Biólogo del Centro Recreacional CAFAMAZ:** Consideró que las actividades fueron altamente informativas para entender el estado actual de los acuíferos en Leticia. Señaló

que, si bien la situación es crítica en algunos sectores, el monitoreo permitió identificar pozos con buena calidad de agua, como es el caso de su institución.

- **Albeiro Zuluaga:** Agradeció al equipo profesional por brindar herramientas técnicas para conocer el estado de los pozos. Destacó la importancia de estos proyectos de generación de conocimiento para incentivar la investigación y sensibilizar a los habitantes sobre el impacto negativo que tienen las malas prácticas en el manejo de aguas residuales sobre los acuíferos de la triple frontera.
- **Trabajador de la Cruz Roja Colombiana (Sede Leticia):** Enfatizó que el manejo de las aguas requiere rigurosidad, control e higiene tanto en la superficie como en los componentes del sistema (tuberías y equipos), recordando que el agua es sinónimo de vida.
- **Álvaro Maldonado (Tabatinga, zona de frontera):** Agradeció las visitas y valoró la claridad de la información compartida. Resaltó la importancia de la donación de equipos y las cartillas informativas, elementos que permiten a la comunidad conformar un equipo de vigilancia constante para generar conciencia sobre la calidad del agua.
- **Daniel Berrío (Sector de la Frontera, Leticia):** Compartió su experiencia personal tras haber tenido que construir el pozo profundo tres veces debido a problemas de color y olor. Esta actividad le brindó un aprendizaje clave sobre la calidad del pozo. Fue un caso puntual para educar sobre la aplicación incorrecta de cloro: se detectó una alta concentración de este producto debido a que el usuario lo aplicaba directamente al pozo. Se le orientó sobre el riesgo de esta práctica, explicando que el cloro debe aplicarse exclusivamente en los tanques de almacenamiento para evitar la contaminación del acuífero, prevenir la corrosión de los materiales de extracción y evitar que el químico sea la causa del olor y color reportado.

El análisis de los testimonios revela que las actividades y talleres cambiaron paradigmas o creencias en los participantes. Inicialmente, el acuífero era percibido como un recurso inagotable, gratuito y, por defecto, puro debido a su origen subterráneo. Al finalizar el proceso, estas percepciones fueron reemplazadas por una conciencia de vulnerabilidad y corresponsabilidad.

1. El mayor avance identificado es la desmitificación del "recurso infinito". Los usuarios pasaron de una postura pasiva a reconocer que factores externos —como el crecimiento urbano desordenado, la proximidad de focos de contaminación y prácticas inadecuadas (p.ej. cloración directa en el pozo) – afectan la disponibilidad y calidad del agua. La comprensión de que "lo que hacemos en la superficie impacta en la profundidad" es una de las conclusiones analíticas más importante del proceso.

2. La entrega de equipos y la capacitación no fueron vistas solo como un ejercicio técnico, sino como un acto de justicia ambiental. Los participantes, especialmente en comunidades indígenas y zonas de frontera, expresaron que poseer las herramientas para medir su propia agua les devuelve la autonomía y la capacidad de agencia frente a entidades que, en el pasado, no habían ofrecido soluciones tangibles.

3. Existe un sentimiento recurrente de desatención por parte de las autoridades gubernamentales. Los testimonios reflejan que la comunidad está dispuesta a autogestionar la vigilancia de sus pozos ante la ausencia de una infraestructura de saneamiento básico eficiente. El hecho de que la comunidad solicite que la información llegue a las prefecturas, instituciones y gobernaciones subraya una necesidad urgente de que el conocimiento generado se traduzca en políticas públicas.

8. Fase VI - Divulgación de resultados

Esta fase estuvo orientada a la devolución social de los resultados obtenidos y a la consolidación de productos finales de divulgación técnica y comunitaria.

8.1. Realización de video

La consolidación de material audiovisual tuvo como propósito fundamental trascender el registro documental para convertirse en una herramienta clave de apropiación social del conocimiento. Más allá de sistematizar las etapas del proyecto —desde la convocatoria comunitaria y las jornadas de capacitación hasta el trabajo de campo y los resultados obtenidos—, la intención comunicativa se centró en fortalecer una base pedagógica común. A través de este material, se buscó reforzar conocimientos básicos sobre el funcionamiento del acuífero, recordar y promover la adopción de buenas prácticas en el manejo de pozos y sensibilizar sobre el valor estratégico de investigar y comunicar constantemente la calidad del agua. De esta manera, el video no solo visibiliza el trabajo conjunto entre comunidades e instituciones, sino que actúa como un vehículo para fomentar una cultura de vigilancia ciudadana, donde la información técnica se transforma en un recurso compartido para la protección y gestión sostenible de nuestras fuentes hídricas. El video se encuentra en el Anexo 15. Audiovisual Gotas de saber 2026.

8.2. Webinar de Resultados

Con el objetivo de propiciar la transferencia y la apropiación de los hallazgos del proyecto, se planteó un espacio de encuentro virtual destinado a la socialización técnica e institucional. Este webinar fue diseñado como una plataforma de diálogo bidireccional donde se expusieron de manera detallada los resultados del monitoreo participativo, permitiendo no solo la presentación de los datos recopilados, sino también la socialización de los hallazgos más relevantes en cuanto a cantidad y calidad del agua subterráneas en la región transfronteriza. En la Figura 59 se presenta la invitación al webinar, a cargo de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Amazonia, quien utiliza sus espacios y sus plataformas para la difusión de los resultados. Se invitó por medio de Meet de Google y por el canal de YouTube de la universidad.



Figura 59. *Invitación al Webinar de presentación de resultados*

En total asistieron desde YouTube aproximadamente 40 personas. El espacio fue fundamental para compartir los aprendizajes derivados de la experiencia en campo, integrando las visiones y percepciones de los distintos actores involucrados.



Figura 60. Webinar transmitido por YouTube

8.3. Infografía de Resultados

La elaboración de materiales infográficos ha constituido una herramienta estratégica para la divulgación de la información técnica. Estos recursos gráficos fueron diseñados con el propósito de simplificar y divulgar los resultados obtenidos durante el monitoreo, haciendo accesible el conocimiento científico sobre la calidad del agua a diversos actores del territorio.

A través de una estructura visual clara, las infografías integraron resultados de parámetros fisicoquímicos, de profundidad del nivel freático, recomendaciones sanitarias y protocolos de buenas prácticas para la protección de pozos, consolidándose como un instrumento pedagógico para la gestión preventiva de las aguas subterráneas.

El material hizo un énfasis técnico en los logros alcanzados durante la ejecución de este proyecto pionero de monitoreo participativo, resaltando elementos indispensables para la apropiación social, la conservación efectiva y la protección integral del recurso hídrico subterráneo. De esta manera, el recurso gráfico no solo cumple una función informativa, sino que actúa como un insumo estratégico para movilizar a los diversos actores —desde comunidades hasta tomadores de decisiones— en torno a la necesidad de garantizar la sostenibilidad del acuífero para la región transfronteriza de Leticia y Tabatinga.

9. Presupuesto ejecutado

Los recursos asignados para la ejecución de las actividades fueron utilizados conforme a lo establecido en el Plan de Trabajo aprobado. En la Tabla 6 se presenta las actividades por cada componente.

Tabla 6. Presupuesto ejecutado

Responsable	Componente	No. Item	Actividad	Valor estimado en dólares	Valor ejecutado en pesos colombianos	Anexos de facturación
Profesional del Monitoreo	**Manual del monitoreo comunitario**	**1**	Diseño gráfico del manual	500	$1.800.000	Anexo 16
		2	Impresión del manual del monitoreo	625	$1.600.000	Anexo 17
	Logística del monitoreo	**3**	Transporte terrestre para el monitoreo	250	$1.490.000	Anexo 17
		4	Refrigerios para los voluntarios del monitoreo	200	$705.000	Anexo 17
				TOTAL	**$5.595.000**	

10. Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto y considerando la importancia de fortalecer la gestión integral del acuífero aluvial transfronterizo de Leticia (Colombia) – Tabatinga (Brasil), se plantean las siguientes recomendaciones orientadas a consolidar el monitoreo binacional del recurso hídrico:

- Fortalecer los mecanismos de coordinación y articulación binacional entre las instituciones de Colombia y Brasil para garantizar una mayor participación de los actores de Tabatinga en las actividades del proyecto. En particular, se recomienda ampliar la vinculación de los puntos de monitoreo ubicados en territorio brasileño, con el fin de mejorar la cobertura espacial, la representatividad de la información.

- Ampliar el programa de monitoreo mediante la incorporación de parámetros microbiológicos y de otros indicadores fisicoquímicos complementarios que permitan una evaluación más integral de la calidad del agua subterránea. Se recomienda incluir variables microbiológicas asociadas a contaminación fecal.

- Realizar un programa de monitoreo continuo y de mayor duración que permita capturar la variabilidad temporal del acuífero, identificar tendencias a largo plazo y evaluar la influencia de factores estacionales, climáticos y antrópicos sobre la cantidad y calidad del recurso hídrico.

- Vincular activamente a las instituciones locales relacionadas con la gestión y vigilancia de la calidad del agua, entre ellas el Laboratorio de Salud Pública Departamental del Amazonas y los programas de Vigilancia en Salud Pública, con el propósito de garantizar la continuidad del monitoreo de los acuíferos. De igual forma, incentivar alianzas estratégicas permanentes con la Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonia, la Universidad del Estado del Amazonas y el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), quienes han hecho trabajos académicos previos sobre el monitoreo de aguas subterráneas en la región. Estas instituciones académicas podrían operar como centros de acopio técnico y custodia de los datos recopilados por los voluntarios.

- Se recomienda elaborar una cartilla ilustrada bilingüe (español-portugués) centrada exclusivamente en el mantenimiento sanitario básico y la protección perimetral de pozos domésticos. El documento debe abordar de forma didáctica errores comunes detectados en campo, como la cloración directa in situ en el pozo, explicando que este procedimiento debe realizarse en los tanques de almacenamiento elevados para evitar la corrosión de la infraestructura y riesgos ambientales en el acuífero.

- Inicialmente, el plan de trabajo contemplaba seleccionar a los voluntarios antes de dictar las capacitaciones teóricas y prácticas. Sin embargo, la masiva acogida, la curiosidad científica de la población y el amplio interés de sectores que no eran usuarios directos obligaron a reestructurar la secuencia. Permitir la asistencia abierta a los talleres incrementó la base de inscritos a 52 personas, facilitando una selección de puntos mucho más rigurosa, estratégica y con alta representatividad espacial en la frontera. En futuros proyectos, se debe programar la fase de capacitación de manera previa a la delimitación final de la red de monitoreo para capitalizar el entusiasmo de la comunidad.

- Una de las estrategias más efectivas para romper la desconfianza histórica de las comunidades frente a las consultorías científicas fue el diligenciamiento conjunto de los formatos de campo y la entrega inmediata de una copia física del registro a cada usuario. Entender que "la información del territorio se queda en el territorio" actuó como un incentivo directo para consolidar la corresponsabilidad ciudadana. En intervenciones futuras, se debe mantener esta política de transparencia informativa inmediata para evitar la percepción comunitaria de que los datos locales son extraídos sin dejar beneficios tangibles en el tejido social.

11. Conclusiones

Tras el desarrollo de todas las fases del proyecto, es decir el desarrollo del ciclo de socializaciones y capacitaciones teórico – prácticas, así como el ejercicio de monitoreo participativo, la recolección de datos, su procesamiento y análisis de la información recolectada, se derivan diversas conclusiones, que deberían orientar las futuras fases de proyectos relacionados con el recurso hídrico subterráneo en la zona transfronteriza, sirviendo además de base para implementar acciones institucionales en la región:

- Se identifica que el agua subterránea es un eje fundamental en el desarrollo y sostenibilidad socioeconómica de la región transfronteriza de Leticia y Tabatinga, así mismo de la salud pública en la región. Se evidencia una estrecha correlación entre el mantenimiento adecuado de los pozos, su protección y el bienestar comunitario. Los hallazgos reportados por los propios usuarios —tales como la coloración amarillenta, la presencia de olores atípicos y la detección de nitratos— constituyen alarmas tempranas que requieren atención técnica oportuna para prevenir riesgos sanitarios mayores en los sectores urbanos y rurales de Leticia y Tabatinga, por parte de las entidades competentes.
- Asimismo, se identifica los beneficios de implementar un protocolo estandarizado de buenas prácticas. La detección de acciones potencialmente nocivas, como la aplicación indiscriminada de cloro directamente en los pozos, evidencia que, si bien existe una clara intención de cuidado por parte de los usuarios, persiste un vacío en la información técnica necesaria para proteger el sistema. Ante esto, se considera recomendable desarrollar y difundir de manera amplia, manuales de Buenas prácticas para el mantenimiento de pozos en la región transfronteriza, diseñado con un enfoque sencillo y pedagógico.

- Por otra parte, se reafirma la visión de la frontera como una unidad de gestión integral. La disposición manifiesta de los habitantes de Leticia y Tabatinga para colaborar, intercambiar datos y comunicar el estado de sus fuentes hídricas demuestra que el concepto de "acuífero transfronterizo" es una realidad operativa para sus usuarios, incluso cuando persisten barreras de orden administrativo. En este sentido, la red de monitoreo conformada debe mantenerse como un puente de diplomacia científica que facilite la gestión binacional del recurso.
- Se destaca que la transparencia es la clave para consolidar la confianza institucional. El marcado interés de los participantes en que los resultados se compartan con autoridades competentes, centros educativos y universidades, demuestra que la comunidad busca ser protagonista en la construcción de soluciones. El monitoreo participativo ha generado un capital social valioso que debe capitalizarse para exigir y cocrear las soluciones estructurales que los recursos hídricos del territorio amazónico requieren.
- En definitiva, este ejercicio demostró que el monitoreo participativo trasciende la simple generación de datos fisicoquímicos e hidrogeológicos; su impacto real radica en propiciar la reconstrucción del tejido social en torno a la protección del agua. A través de este proceso, los usuarios han dejado de ser receptores pasivos de información para convertirse en actores activos y guardianes de su propio acuífero.
- La estrategia de monitoreo participativo permitió generar apropiación social del conocimiento y fortalecer procesos de gobernanza comunitaria del agua.
- Se consolidó una red inicial de más de 30 actores estratégicos con capacidades básicas instaladas para realizar seguimiento comunitario del acuífero transfronterizo.
- Se identificó la necesidad de fortalecer las condiciones sanitarias y constructivas de múltiples captaciones evaluadas, especialmente en relación con tapas, cercos adecuados y protección en superficie (piso de cemento) frente a infiltraciones potenciales de contaminantes.
- El uso de equipos para el monitoreo comunitario de bajo costo, como sondas artesanales, pluviómetros y tiras reactivas, facilita la sostenibilidad del monitoreo participativo.
- El monitoreo de la profundidad del nivel freático en los 26 puntos de monitoreo, ratifica lo encontrado en anteriores estudios, con niveles freáticos cercanos a superficie, pues su profundidad varía entre 1 y 8.7 m, con una profundidad promedio de 4.32 m, esto indica que si bien las aguas subterráneas se encuentran de manera más accesible para los usuarios de la región de Leticia y Tabatinga, también son vulnerables frente a los factores contaminantes que se pueden infiltrar desde superficie o más sensibles ante fugas desde pozos sépticos y/o sistemas de alcantarillado.
- En diversos pozos se evidenciaron condiciones sanitarias con oportunidades de mejora significativa, las cuales fueron explicadas a los usuarios, quienes recibieron de manera asertiva las recomendaciones y vieron viable atenderlas, en pro del cuidado local de las aguas subterráneas. Las recomendaciones principales fueron en torno a la implementación de piso de cemento alrededor de la captación, dotación de tapa adecuada en la captación, manejo adecuado de las fuentes potenciales de contaminación local identificadas y el uso adecuado del cloro como tratamiento básico, pero fuera de los pozos.
- Los parámetros fisicoquímicos como la conductividad eléctrica y el oxígeno disuelto, mostraron un comportamiento en términos de magnitudes y distribución espacial muy similar a lo que se ha venido presentando en los estudios previos, mostrando valores menores de conductividad y valores mayores de oxígeno disuelto hacia la vía Leticia - Tarapacá, y un comportamiento inverso en las partes centrales de Leticia y Tabatinga, relacionado con las direcciones principales del flujo subterráneo y la evolución hidrogeoquímica esperada desde las zonas de recarga hacia las zonas de descarga.
- En cuanto a los parámetros asociados con potencial contaminación, se encontró que el 31% de los puntos monitoreados evidencian presencia de nitratos, mientras que el 15%

presenta valores relativamente altos de este parámetro, posiblemente asociado a fuentes de contaminación local.

- Se recomienda fortalecer procesos binacionales permanentes de monitoreo, educación ambiental y protección del acuífero transfronterizo.
- Es prioritario continuar promoviendo estrategias de manejo adecuado de aguas residuales, mantenimiento sanitario de pozos y monitoreo periódico de calidad del agua.
- La articulación entre comunidades, instituciones académicas y entidades ambientales constituye un elemento fundamental para la sostenibilidad de la gobernanza hídrica en la región amazónica transfronteriza.

12. Referencias

ANA. (2015). Avaliação dos Aquíferos das Bacias Sedimentares da Província Hidrogeológica Amazonas no Brasil (escala 1:100.000) e cidades piloto (1:50.000) (Borrador) Volume IX: Cidade piloto: Tabatinga - AM. Brasilia.

Alem, Natalia. (2017). Monitoreo Comunitario del Agua: guía metodológica. CENDA

APHA/AWWA/WEF (2017) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Denver.

ASF DAAC. (2014). ALOS PALSAR High Resolution Radiometric Terrain Corrected Product. NASA Alaska Satellite Facility Distributed Active Archive Center. https://doi.org/10.5067/Z97HFCNKR6VA

Ideam, Invemar (2021). Protocolo de Monitoreo y Seguimiento del Agua. Bogotá, D. C., 2021. 631 páginas.

Marín, Bienvenido. (2009). Manual de Química del Agua: Teoría y Práctica. Universidad del Magdalena.

OTCA & SHI. (2023). 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).

Domenico, P. A., & Schwartz, F. W. (1998). Physical and chemical hydrogeology. 502 pp: Wiley

Premauer Marroquín, J. M. (2024). Monitoreo Comunitario Participativo en Fondo Acción. Fondo Acción. Recuperado de https://fondoaccion.org/2024/12/11/mcp-fa/

Vélez M. V. & Bastidas B. (2018), Cuantificación de la recarga de aguas subterráneas en un acuífero transfronterizo de la cuenca amazónica Acuífero Leticia-Tabatinga. XIV Congreso Latinoamericano de Hidrogeología, X Congreso Argentino de Hidrogeología y VIII Seminario Hispano Latinoamericano Sobre Temas Actuales de La Hidrología Subterránea. Salta, Argentina

Yepes, A., Arango, C.F., Cabrera, E., González, J.J., Galindo, G., Barbosa, A.P., Urrego, D., Tobón, P., Suárez, A., Camacho, A. Propuesta de lineamientos para el monitoreo comunitario participativo en Colombia y su articulación con el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM-, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Programa ONU-REDD Colombia, Bogotá, 2018.

13. Anexos

Anexo 1. Presentación Resultados_OTCASHI2023

Anexo 2. Folleto de resultados en ESP y POR

Anexo 3. Listado asistentes COTSA 14 Abril

Anexo 4. Asistencia socialización 15 de abril.

Anexo 5. Listado de voluntades

Anexo 6. Archivo vectorial en formato *shapefile* de los puntos de monitoreo

Anexo 7. Agenda del Taller Teórico-Práctico.

Anexo 8. Memorias de la capacitación

Anexo 9. Manual de monitoreo comunitario

Anexo 10. Listado de asistentes Taller Dia 1, 16 Abril

Anexo 11. Listado De Asistencia Taller Dia 2, 17 Abril.

Anexo 12. Listado de asistencia Monitoreo Km 17 Y 11

Anexo 13. Formatos de datos monitoreo 26 puntos

Anexo 14. Sistematización de datos de monitoreo se encuentra los datos obtenidos.

Anexo 15. Audiovisual Gotas de saber 2026

Anexo 16. Cuenta de cobro Diseño del Manual

Anexo 17. Factura de KZ Creativa