

Proyecto
Hacia una mejor comprensión de los Sistemas Acuíferos
Amazónicos para su protección y gestión sostenible
GEF ID 11108
Componente 1

Términos de Referencia (TdR)

Resultado 1.1.1: Una evaluación del estado actual de los recursos de aguas subterráneas, basada, entre otros, en estudios geológicos, geofísicos, hidráulicos, hidrodinámicos, hidroquímicos, de hidrología isotópica e hidrogeológicos.

Proyecto No.: GEF ID 11108

Agencia Financiadora: BID-PNUMA

Agencia Ejecutora: Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA)

TÉRMINOS DE REFERENCIA

Resultado 1.1.1: Una evaluación del estado actual de los recursos de aguas subterráneas basada, entre otros, en estudios geológicos, geofísicos, hidráulicos, hidrodinámicos, hidroquímicos, de hidrología isotópica e hidrogeológicos.

1. Antecedentes

El proyecto *“Hacia una mejor comprensión de los Sistemas Acuíferos Amazónicos para su protección y gestión sostenible”*, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF ID 11108), ejecutado por la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) y con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) como organismos ejecutores.

Bajo gran parte de la cuenca amazónica se encuentran los Sistemas Acuíferos Amazónicos (SAA). Si bien se presume que subyacen a partes de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, su extensión y dinámica reales no se comprenden bien, y se prevé que podrían extenderse mucho más de lo que se conoce actualmente. La demanda de agua potable ha aumentado en la cuenca amazónica y, a pesar del gran volumen de agua superficial en la región, todos los países utilizan ampliamente las aguas subterráneas como fuente alternativa de agua potable. Las aguas subterráneas en la Cuenca Amazónica desempeñan un papel fundamental en los ciclos hidrológicos y ecológicos e influye considerablemente en los ecosistemas de la selva tropical y la variabilidad climática, especialmente durante la estación seca, donde la comprensión de las interacciones entre el agua superficial y subterránea es crucial. Las aguas subterráneas se ven amenazada localmente por cambios globales como el cambio climático y los eventos extremos que afectan los niveles de los acuíferos, la recarga y los cambios en los regímenes de agua subterránea, así como por las actividades antropogénicas que afectan la calidad del agua de los acuíferos. Los cambios globales, combinados con el crecimiento demográfico y de las actividades económicas y la aparición de enfermedades (Covid-19), aumentan la dependencia del suministro de agua subterránea, lo que exige una estrategia de gestión sostenible y transfronteriza.

El proyecto busca abordar cuatro barreras: 1) *el conocimiento insuficiente de los acuíferos transfronterizos*: los límites, el comportamiento hidráulico y las interconexiones entre las formaciones geológicas regionales, entre los flujos de aguas superficiales y subterráneas y los peligros potenciales para las aguas subterráneas se comprenden limitadamente, 2) *la falta de acuerdos para la gobernanza compartida de las aguas subterráneas*: hay una brecha en los diferentes marcos políticos, legales, regulatorios e institucionales entre los países para la gestión de los sistemas de aguas subterráneas, así como la falta de comprensión de la importancia de la cooperación para abordar los desafíos que afectan a los SAA, 3) *la falta de una estrategia de protección común*: los países han avanzado en la protección de las aguas subterráneas a través de estrategias nacionales, planes, proyectos y estudios técnicos, pero hasta ahora, no existe una estrategia común que esté coordinada entre esos países a escala de los SAA, y 4) *la falta de conciencia pública relacionada con la protección y el uso sostenible de los SAA*: hay una apreciación limitada de los múltiples servicios que los SAA proporcionan en todos los niveles (ecosistemas, sociedad, comunidad científica, etc.).

Para abordar estas cuatro barreras, el proyecto incluye cinco (5) componentes:

Componente 1: Consolidación y ampliación del conocimiento actual sobre el funcionamiento y las amenazas que enfrentan los Sistemas Acuíferos Amazónicos (SAA). Este componente

incluye 5 resultados.

Componente 2: Hacia un sistema de gestión multinivel para el SAA. Este componente incluye 4 resultados.

Componente 3: Proyectos piloto para la mejora de la gestión transfronteriza de aguas subterráneas. Este componente incluye 8 proyectos piloto.

Componente 4: Desarrollo de un Programa de Acción Estratégica para la SAA, incluyendo el plan de acción del país. Este componente incluye 3 resultados.

Componente 5: Fortalecimiento de la capacidad institucional, transversalización de la perspectiva de género, comunicación y sensibilización sobre el SAA. Este componente incluye 4 resultados.

2. Justificación y teoría del cambio

Debido a la contaminación de las aguas superficiales, tanto natural como provocada por el ser humano, nse ha convertido en la única fuente de agua de calidad aceptable para muchos pueblos indígenas y comunidades locales que viven en zonas ribereñas. Las aguas subterráneas también son esenciales para la seguridad alimentaria, ya que se utiliza para el riego agrícola y el suministro de agua para la industria.

Los países de la cuenca amazónica tienen una gran responsabilidad en la protección de los sistemas de aguas subterráneas que contribuyen a los flujos en toda la cuenca, desempeñan un papel fundamental en los ciclos hidrológicos y ecológicos, y constituyen un recurso estratégico para la humanidad. Sin embargo, la expansión de la frontera agrícola, el desarrollo de infraestructuras a gran escala, la deforestación, la minería ilegal y otras presiones amenazan los bosques, los recursos hídricos y las comunidades de la región.

El Proyecto de Sistemas Acuíferos Amazónicos (SAA) se creó para fortalecer los marcos nacionales y regionales de protección y uso sostenible de los sistemas acuíferos amazónicos. Esto se logrará mediante el fomento del diálogo y la celebración de acuerdos para coordinar acciones, armonizar enfoques e intercambiar información; establecer y mantener redes de monitoreo de aguas subterráneas; actualizar periódicamente los mapas de peligros, vulnerabilidad y riesgos; mejorar la gestión de las aguas subterráneas; y elaborar recomendaciones para la asignación y protección de las aguas subterráneas de acuerdo con las prioridades de cada país.

Sin una evaluación adecuada y actualizada de las características de los Sistemas Acuíferos Amazónicos (SAA) para fundamentar estrategias sostenibles para su uso y gestión, y sin marcos jurídicos, regulatorios e institucionales apropiados para las aguas subterráneas, los objetivos de desarrollo socioeconómico mundial, incluidas las metas 6.4 y 6.6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, seguirán estando fuera de alcance. Además, la degradación de los recursos hídricos y los acuíferos corre el riesgo de volverse irreversible. Este problema es particularmente urgente porque, en los últimos años, la contribución de las aguas subterráneas a los ecosistemas acuáticos se ha vuelto cada vez más importante durante los períodos recurrentes de sequía en la Cuenca Amazónica.

Por lo tanto, la sostenibilidad a largo plazo de los recursos hídricos y la salud de los ecosistemas en la cuenca amazónica solo se puede lograr mediante una comprensión adecuada y compartida de las aguas subterráneas regionales, sus características y las amenazas que enfrentan en múltiples escalas y entre los principales actores involucrados. También requerirá el establecimiento de un

marco de cooperación multinivel para estos Sistemas Acuíferos Transfronterizos Amazónicos — entre los más grandes del mundo— para garantizar la seguridad hídrica de las poblaciones que dependen de ellos y proteger los sistemas ecohidrológicos amazónicos y los medios de subsistencia asociados. La Teoría del Cambio del Proyecto SAA se encuentra en el Anexo 1.

Para formular recomendaciones sobre gobernanza y arreglos institucionales (Libro Blanco, Componente 2), y para desarrollar el Análisis Diagnóstico Transfronterizo (ADT, Componente 1), es necesario elaborar estudios científicos detallados que utilicen metodologías de vanguardia, desde la teledetección y las mediciones de campo in situ hasta la modelización matemática de los procesos de las aguas subterráneas.

Esta consultoría es oportuna y esencial, ya que sus evidencias y recomendaciones son necesarias para desarrollar actividades basadas en la ciencia y para proporcionar orientación para el desarrollo de la TDA.

3. Objetivos de la consultoría

3.1. Objetivo general

Proporcionar una revisión, evaluación e interpretación del estado del arte de los recursos hídricos subterráneos del Sistema Acuífero Amazónico (SAA), basándose, entre otros aspectos, en estudios geológicos, geofísicos, hidrodinámicos, hidroquímicos e hidrogeológicos. La revisión incluye publicaciones revisadas por pares, literatura gris y datos e información nacionales y regionales de los países y otras partes interesadas sobre los procesos hídricos subterráneos, las actividades de monitoreo y sus protocolos, con el fin de establecer una base científica y técnica sólida para la caracterización del SAA, la identificación de brechas de conocimiento y monitoreo, y la definición de prioridades de investigación y monitoreo.

3.2. Objetivos específicos

- Elaborar un plan de trabajo detallado que defina la metodología, el cronograma, los recursos, los requisitos de información, la coordinación entre países y las interrelaciones entre los productos para lograr los objetivos de esta consultoría.
- Realizar una revisión, síntesis e interpretación del estado del arte de la caracterización física de los SAA, e identificar brechas y oportunidades (Actividad 1.1.1.1).
- Realizar una revisión, síntesis e interpretación del estado del arte de la interacción entre aguas superficiales y subterráneas, incluidos los procesos atmosféricos y de la superficie terrestre en condiciones de cambio climático, e identificar brechas y oportunidades (Actividad 1.1.1.2).
- Realizar una revisión, síntesis e interpretación del estado del arte de los esfuerzos de monitoreo existentes mediciones in-situ y en teledetección con estimación del almacenamiento de agua, nivel freático, extracción, deformación de la superficie, entre otros parámetros, e identificación de brechas y oportunidades (Actividad 1.1.1.3).
- Realizar una revisión, síntesis e interpretación del estado del arte de los procesos de aguas subterráneas a la escala que abarca los sitios piloto (mediante técnicas de refinamiento de escala (*downscaling*) aplicadas a la teledetección) y descripción de las brechas y oportunidades (Actividad 1.1.1.4).

4. Informes y productos previstos

4.1. **Componente 1, Resultado 1.1.1**

Componente 1: El Componente 1 desarrolla estudios científicos utilizando metodologías basadas en mediciones in situ y teledetección, considerando cambios globales (climáticos y antropogénicos), escenarios de desarrollo socioeconómico y modelos globales (atmosféricos, superficiales y de aguas subterráneas) para comprender mejor no solo los procesos del SAA, sino también las principales amenazas. Por ejemplo, basándose en la caracterización física y los peligros antropogénicos, se identificarán zonas prioritarias (en términos de vulnerabilidad, protección, importancia de los datos, peligro potencial desconocido para el acuífero, etc.) para desarrollar mediciones de campo in situ que contribuyan a la comprensión de los SAA. Cinco características principales que complementan el Componente 1 son: 1) la provisión de capacitación continua y desarrollo de capacidades a los países y OTCA con enfoque en la transversalización de género, donde se organizará una certificación en Sistemas Acuíferos Amazónicos, conocimiento de aguas subterráneas y gobernanza, 2) la provisión de productos de comunicación basados en la ciencia, visualización y herramientas/modelos de apoyo a la toma de decisiones, 3) el desarrollo de iniciativas de ciencia ciudadana que proporcionarán participación y concientización a las comunidades locales y compartirán productos educativos/comunicativos, 4) el desarrollo de evidencia científica a través de publicaciones revisadas por pares, y 5) el desarrollo de un TDA (Análisis Diagnóstico Transfronterizo).

Resultado 1.1.1: Evaluación del estado actual de los recursos hídricos subterráneos, basada, entre otros aspectos, en estudios geológicos, geofísicos, hidrodinámicos, hidroquímicos e hidrogeológicos. Se revisarán, evaluarán e interpretarán los estudios existentes para desarrollar una base científica y técnica sólida que permita determinar las características principales de los SAA, incluyendo los esfuerzos de monitoreo in situ y mediante teledetección. Se identificarán y delimitarán las brechas en el conocimiento científico, los estudios y la información disponible, así como las oportunidades para futuras investigaciones.

Se prevé que se lleven a cabo las siguientes actividades:

- **Actividad 1.1.1.1:** Revisión, síntesis e interpretación del estado del arte de la caracterización física del SAA, brechas y oportunidades. Esta actividad evaluará el estado del conocimiento científico actual mediante estudios geológicos, geofísicos, hidráulicos, hidrodinámicos, hidroquímicos, de hidrología isotópica e hidrogeológicos. Se identificarán las brechas y las oportunidades para la investigación.
- **Actividad 1.1.1.2:** Revisión, síntesis e interpretación del estado del arte de la interacción entre aguas superficiales y subterráneas, incluyendo procesos atmosféricos en el contexto de procesos de la superficie terrestre bajo condiciones de cambio climático, y descripción de brechas y oportunidades. Esta actividad incluirá procesos atmosféricos como los ríos voladores de la selva amazónica (un factor importante que modula los patrones de precipitación) en el contexto de procesos de la superficie terrestre y condiciones de cambio climático.
- **Actividad 1.1.1.3:** Revisión, síntesis e interpretación del estado del arte de los esfuerzos de monitoreo existentes basados en mediciones in situ y teledetección, con estimación del almacenamiento de agua, nivel freático, extracción, deformación superficial, entre otros parámetros, y descripción de brechas y oportunidades.

Inventario de la infraestructura y los datos de monitoreo en curso (dominio del acuífero, identificación de recarga y descarga del acuífero, litología y tipo de suelo, porosidad, permeabilidad, transmisividad y conductividad vertical, dirección del flujo, pH, salinidad, entre otros). Se realizará un análisis basado en teledetección para estimar el almacenamiento de agua subterránea, anomalías en el almacenamiento de agua subterránea, tendencias y variaciones estacionales, así como cambios debidos a las etapas hidrológicas.

- **Actividad 1.1.1.4:** Revisión, síntesis e interpretación del estado del arte de los procesos de aguas subterráneas a la escala que abarca los sitios piloto (técnicas de refinamiento de escala – downscaling- en teledetección), e identificación de brechas y oportunidades. El análisis basado en teledetección de la Actividad 1.1.1.3 será refinado desde los SAA hasta la escala de los sitios piloto.

4.2. Productos y resultados esperados (en formato PDF y documentos editables)

PRODUCTO 1: Plan de trabajo que incluye el cronograma y una descripción detallada de la metodología, junto con los recursos que se utilizarán para lograr el objetivo contratado. La consultora presentará el plan de trabajo en formato de informe, detallando la metodología necesaria para alcanzar los objetivos generales y específicos (de todos los productos) de estos Términos de Referencia. La metodología deberá abarcar todos los objetivos generales y específicos de estos Términos de Referencia y no deberá modificar, reducir, reinterpretar ni excluir ningún requisito contractual.

El informe relativo a este producto deberá incluir, como mínimo:

- 1.1.** Metodología para inventariar, revisar, interpretar y armonizar la información nacional y regional relativa a los productos (que abarca el Resultado 1.1.1).
- 1.2.** Metodología detallada para los productos solicitados a nivel regional y nacional, incluyendo la estandarización e integración de la información y cómo se interrelacionan, de manera que se pueda elaborar una hoja de ruta para la TDA.
- 1.3.** Cronograma detallado de actividades (informes), incluyendo un plan de reuniones con los países (si es posible, especificar las posibles solicitudes de información). Todos los productos requieren un taller de validación con los países miembros. Los informes (en inglés y español) deben enviarse a los países con al menos dos semanas de anticipación; por lo tanto, la planificación de las reuniones con los países para cada producto debe diseñarse cuidadosamente.

Notas:

- Los resultados de los proyectos en curso (Agencia Espacial Europea, Organismo Internacional de Energía Atómica, Instituto Nacional Francés de Investigación para el Desarrollo Sostenible – IRD, entre otros) se compartirán con los consultores.
- Datos e información de los países: el plan de trabajo y los productos derivados deben incluir la interacción con los ocho países miembros de la OTCA a través de la UCP. Los datos nacionales, los mapas y las interpretaciones deben coordinarse con los expertos o puntos focales designados oficialmente para cada país, o bien, ser revisados por ellos. Asimismo, se debe documentar cualquier información faltante o diferencias técnicas sin resolver.

PRODUCTO 2: Revisión, síntesis e interpretación del estado del arte de la caracterización física del SAA, e identificación de brechas en el conocimiento científico, los estudios y la información existentes, así como oportunidades para futuras investigaciones. Esta actividad evaluará el estado del conocimiento científico actual basado en estudios geológicos, geofísicos, hidráulicos, hidrodinámicos, hidroquímicos, de hidrología isotópica e hidrogeológicos.

El informe relativo a este producto deberá incluir, como mínimo, la siguiente información:

- 2.1. Revisión, síntesis e interpretación del estado del arte:** evaluación integral del conocimiento científico (publicaciones revisadas por pares) y técnico actual del SAA utilizando publicaciones revisadas por pares, literatura gris e información nacional y regional como fuentes, abarcando estudios y datos geológicos, geofísicos, hidráulicos, hidrodinámicos, hidroquímicos, de hidrología isotópica e hidrogeológicos.
- 2.2. Base de datos hidrogeológica integrada e inventario de conocimientos:** compilación georreferenciada, estandarización y armonización de datos y estudios geológicos, geofísicos, hidrogeológicos, de aguas subterráneas, hidroquímicos, isotópicos e hidráulicos existentes de los países participantes. Se documentarán las diferencias en escalas, clasificaciones, unidades, terminología y otros aspectos relevantes que afecten la comparabilidad regional. Los datos deberán formatearse según las especificaciones del Observatorio Regional de la Amazonía (ORA).
- 2.3. Modelo conceptual y mapas de SAA:** caracterización conceptual y espacial integrada de la arquitectura del acuífero, el flujo de agua subterránea, la recarga/descarga, las interacciones agua subterránea-agua superficial y las áreas de incertidumbre. Se documentarán las suposiciones y limitaciones derivadas de las brechas de datos y conocimientos.
- 2.4. Evaluación de las deficiencias en conocimientos y datos:** identificación y, cuando corresponda, delimitación espacial de las principales deficiencias en los conocimientos científicos existentes, los estudios, la disponibilidad de datos, la cobertura geográfica, las metodologías y el monitoreo que limitan la comprensión actual del SAA.
- 2.5. Agenda prioritaria de investigación y monitoreo:** cartera priorizada de oportunidades de investigación y monitoreo, que incluye metodologías recomendadas, áreas prioritarias y secuencia de actividades.
- 2.6. Hoja de ruta de investigación:** hoja de ruta estratégica que traduce los hallazgos científicos en recomendaciones prácticas para futuras investigaciones, monitoreo, integración de datos y gestión sostenible de las aguas subterráneas.

***Nota:** Proporcione un informe ejecutivo en forma de presentación (PowerPoint o similar) a los países.*

PRODUCTO 3: Revisión, síntesis e interpretación del estado del arte de la interacción entre aguas superficiales y subterráneas, incluyendo procesos atmosféricos y procesos de la superficie terrestre bajo condiciones de cambio climático, identificación de brechas en el conocimiento científico, estudios e información existentes, y oportunidades para futuras investigaciones. Esta actividad incluirá procesos atmosféricos como los ríos voladores de la selva amazónica (un factor importante que modula los patrones de precipitación), procesos de la superficie terrestre y condiciones de cambio climático (Actividad 1.1.1.2).

El informe relativo a este producto deberá incluir, como mínimo, la siguiente información:

- 3.1. Evaluación integral del estado del arte:** revisión de las interacciones entre aguas superficiales y subterráneas y su relación con los procesos atmosféricos y de la superficie terrestre en toda la Amazonía, utilizando como fuentes publicaciones revisadas por pares, literatura gris e información nacional y regional.
- 3.2. Modelo conceptual de atmósfera, superficie y aguas subterráneas:** conceptualización integrada, basada en la información y los datos disponibles, de la precipitación, la evapotranspiración, el transporte de humedad atmosférica («ríos voladores»), los procesos del suelo, la recarga de aguas subterráneas, la descarga fluvial, los intercambios (globales) entre aguas subterráneas y superficiales, y los datos de monitoreo de acuíferos. Se debe incluir una descripción de las escalas espaciotemporales que aborden la interacción de estos procesos. Se deben describir las escalas espaciales y temporales relevantes y las áreas de incertidumbre.
- 3.3. Base de datos geoespacial integrada y mapas:** compilación, estandarización, armonización y análisis espacial de conjuntos de datos atmosféricos, climáticos, de superficie terrestre, hidrológicos, hidrogeológicos y de teledetección, incluyendo mapas de zonas de interacción prioritaria y vulnerabilidad. Se documentarán las diferencias que afecten a la comparabilidad regional. Los datos deberán formatearse según las especificaciones de ORA.
- 3.4. Evaluación del cambio climático y del uso del suelo:** evaluación, basada en estudios existentes e información disponible, de cómo el cambio climático, la deforestación, la degradación forestal y otros cambios en la superficie terrestre pueden afectar el reciclaje de la humedad atmosférica, las precipitaciones, la recarga de aguas subterráneas, la escorrentía superficial, los caudales de los ríos y las interacciones entre aguas subterráneas y superficiales.
- 3.5. Evaluación de brechas, incertidumbres y oportunidades:** identificación de las principales brechas e incertidumbres en el conocimiento científico existente, los estudios, las observaciones, los datos y la modelización relacionados con las interacciones entre aguas superficiales y subterráneas, incluidas las áreas prioritarias donde se requiere investigación adicional.
- 3.6. Hoja de ruta integrada para la investigación y el monitoreo:** recomendaciones priorizadas para la modelización acoplada de la atmósfera, la superficie y las aguas subterráneas en escenarios climáticos futuros.

***Nota:** Proporcione un informe ejecutivo en forma de presentación (PowerPoint o similar) a los países.*

PRODUCTO 4: Revisión, síntesis e interpretación del estado del arte de los esfuerzos de monitoreo existentes basados en mediciones in situ y teledetección, incluyendo la estimación del almacenamiento de agua, nivel freático, extracción, deformación superficial, entre otros parámetros, e identificación de brechas y oportunidades. Se realizará un inventario de la infraestructura y los datos de monitoreo existentes y en curso (geometría del acuífero, identificación de la recarga y descarga del acuífero, litología y tipo de suelo, porosidad, permeabilidad, transmisividad y conductividad vertical, dirección del flujo, pH, salinidad, entre otros). Se realizará un análisis basado en teledetección para estimar el almacenamiento de agua

subterránea, la anomalía del almacenamiento de agua subterránea, la tendencia y los ajustes estacionales, así como los cambios debidos a las etapas hidrológicas (Actividad 1.1.1.3).

El informe relativo a este producto deberá incluir, como mínimo, la siguiente información:

- 4.1. Inventario y evaluación de la infraestructura de monitoreo existente:** inventario georreferenciado exhaustivo de las actividades de monitoreo in situ y por teledetección existentes, la infraestructura, los conjuntos de datos, los parámetros medidos, la cobertura espacial y temporal, la frecuencia de monitoreo y la accesibilidad a los datos. Se requiere un inventario detallado de los países miembros.
- 4.2. Base de datos integrada de monitoreo hidrogeológico:** Base de datos estructurada, georreferenciada y armonizada de los niveles de agua subterránea disponibles, extracciones, indicadores de recarga/descarga, geometría y propiedades del acuífero, litología, características del suelo, parámetros hidráulicos, hidroquímica, observaciones de aguas superficiales e información sobre deformaciones superficiales. Se deberán documentar las fuentes de datos, las unidades, las referencias temporales y espaciales, y las limitaciones pertinentes. Los datos deberán formatearse según las especificaciones del Observatorio Regional de la Amazonía (ORA).
- 4.3. Almacenamiento de agua subterránea y evaluación de anomalías en el almacenamiento:** Análisis regional basado en teledetección y estimaciones del almacenamiento de agua subterránea y sus anomalías, incluidos patrones espaciales, tendencias a largo plazo, variabilidad estacional y cambios interanuales.
- 4.4. Dinámica de las aguas subterráneas y evaluación de las fases hidrológicas:** Análisis de las respuestas de las aguas subterráneas a las fases hidrológicas estacionales e interanuales, incluidas las inundaciones, las sequías, los periodos de recarga, las condiciones de bajo caudal y otros extremos hidrológicos.
- 4.5. Monitoreo integrado y evaluación de la falta de datos:** Integración y, cuando sea técnicamente factible, validación de observaciones in situ y de teledetección, con identificación de deficiencias de monitoreo espaciales, temporales y específicas de parámetros, así como áreas prioritarias para observaciones adicionales. Se requiere un análisis de los protocolos de monitoreo para los procesos de aguas subterráneas. Se evaluarán y documentarán los protocolos de monitoreo de aguas subterráneas existentes y las diferencias entre países.
- 4.6. Estrategia y hoja de ruta para el monitoreo de SAA:** Recomendaciones para un sistema integrado de monitoreo a largo plazo que combine pozos, estaciones hidrológicas, geofísica, gravimetría satelital, teledetección y otras tecnologías, incluyendo ubicaciones prioritarias, parámetros, frecuencia, estándares y procedimientos de gestión de datos.

***Nota:** Proporcione un informe ejecutivo en forma de presentación (PowerPoint o similar) a los países.*

PRODUCTO 5: Revisión, síntesis e interpretación del estado del arte de los procesos de aguas subterráneas a la escala de los ocho sitios piloto (técnicas de refinamiento de escala – downscaling– en teledetección) y descripción de brechas y oportunidades. El análisis basado en teledetección de la Actividad 1.1.1.3 será refinado (downscaling) desde la escala de los SAA hasta la escala de los sitios piloto (Actividad 1.1.1.4). Hay ocho pilotos, y las escalas de subcuenca alrededor de los

pilotos (archivos shapefile) se compartirán con los consultores. Este producto se considerará como evaluaciones iniciales para los 8 pilotos. Se esperan informes separados para cada piloto.

El informe correspondiente a este producto para cada piloto deberá incluir, como mínimo, La siguiente información:

- 5.1. Evaluación de los procesos de aguas subterráneas en sitios piloto:** evaluación e interpretación detalladas de la recarga, descarga y dinámica de almacenamiento de aguas subterráneas, fluctuaciones del nivel freático e interacciones entre aguas subterráneas y superficiales a la escala espacial de los sitios piloto seleccionados.
- 5.2. Productos de aguas subterráneas de alta resolución:** Estimaciones mejoradas espacial y temporalmente del almacenamiento de aguas subterráneas, anomalías del almacenamiento de aguas subterráneas y, cuando sea factible, variaciones del nivel de las aguas subterráneas/nivel freático derivadas mediante técnicas de refinamiento de escala en teledetección.
- 5.3. Conjunto de datos integrados de teledetección y mediciones in situ:** conjuntos de datos armonizados de sitios piloto que integran observaciones satelitales, monitoreo de aguas subterráneas, observaciones hidrológicas, variables climáticas, características de la superficie terrestre e información hidrogeológica.
- 5.4. Validación, incertidumbre y evaluación del rendimiento:** Evaluación de la precisión, la incertidumbre, las limitaciones y la transferibilidad de los productos de aguas subterráneas a escala redefinida (downscaling) utilizando las observaciones in situ disponibles.
- 5.5. Metodología y hoja de ruta para el refinamiento de escala (downscaling) para los sitios piloto:** metodología documentada y recomendaciones para aplicar el enfoque de redefinición de escala (downscaling) a otras regiones de Amazon (zonas prioritarias en el Resultado 1.1.2), incluidos los conjuntos de datos necesarios, la infraestructura de monitoreo, los métodos de procesamiento y otros temas relevantes.
- 5.6. Brechas y oportunidades (basadas en la propuesta técnica del proyecto piloto):** Con base en la información disponible, describa las brechas y oportunidades del monitoreo y análisis de aguas subterráneas a la escala que rodea a los proyectos piloto, tomando como referencia la propuesta técnica del país.

Nota: Proporcione un informe ejecutivo en forma de presentación (PowerPoint o similar) a los países.

5. Formato de presentación del producto

Los productos deben entregarse respetando los siguientes detalles:

- Los informes de cada producto deberán presentarse en versiones en inglés y español, en formato editable y en formato PDF.
- Según corresponda a cada producto, el consultor deberá proporcionar los datos y las bases de datos utilizadas y generadas durante el análisis en formatos estructurados y editables (por ejemplo, Excel, CSV u otros formatos apropiados). Los datos deberán estar organizados y documentados de acuerdo con las especificaciones del Observatorio Regional de la Amazonía (ORA) y el Plan de Gestión de Datos del Proyecto. Se proporcionarán los metadatos correspondientes, incluyendo, según corresponda, la fuente

de datos, la descripción, las unidades, la referencia espacial y temporal, el procesamiento o la transformación aplicada y las limitaciones pertinentes.

- Los mapas y conjuntos de datos geospaciales utilizados o generados durante la consultoría deberán entregarse en formatos editables compatibles con SIG, incluyendo tablas de atributos asociadas, información del sistema de referencia de coordenadas, metadatos y demás información de apoyo necesaria para su interpretación y reutilización. Los datos ráster y vectoriales deberán proporcionarse en formatos geospaciales estándares adecuados, de acuerdo con las especificaciones de ORA y el Plan de Gestión de Datos del Proyecto.
- Se proporcionará una base de datos bibliográfica estructurada y editable que contenga las publicaciones revisadas por pares, la literatura gris, los informes técnicos, la información nacional y regional, y otras fuentes documentales consultadas para la consultoría. Como mínimo, la base de datos deberá identificar la referencia, el tipo de fuente, el año, la cobertura geográfica, el área temática y la información de acceso o de la fuente, cuando esté disponible.
- Todas las figuras, gráficos, diagramas, modelos conceptuales y demás elementos gráficos elaborados para los informes deberán entregarse también en formatos editables o reproducibles, junto con los datos subyacentes utilizados para su elaboración, cuando proceda.
- Los conjuntos de datos de teledetección y los productos derivados generados en virtud de los Productos 4 y 5, incluidos mapas, conjuntos de datos ráster, series temporales, estimaciones de almacenamiento de agua subterránea, anomalías de almacenamiento de agua subterránea y productos obtenidos mediante refinamiento de escala (downscaling), deberán entregarse en formatos editables o reutilizables adecuados, junto con los metadatos y la documentación metodológica correspondientes.
- Se deberá presentar un resumen de cada producto en formato PowerPoint editable, tanto en inglés como en español.

***NOTA:** Todos los archivos digitales deberán estar claramente organizados por producto y acompañados de la documentación suficiente para garantizar su trazabilidad, interpretación, reproducibilidad y uso posterior por parte de OTCA, ORA, los países participantes y las actividades posteriores del Proyecto.*

6. Supervisión e informes

La consultoría será coordinada por la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) a través de la Coordinación del Proyecto y el equipo técnico designado. La contraparte del proyecto garantizará la disponibilidad para las reuniones de coordinación, la entrega de la información y los documentos necesarios, así como la validación oportuna de los productos.

7. Ubicación y modalidad de trabajo

El consultor (institución/empresa) prestará sus servicios en sus propias oficinas y mantendrá contacto virtual con la Unidad de Coordinación del Proyecto (UCP). Los viajes, las consultas presenciales o los talleres de validación solo serán necesarios si se han acordado previamente y se reflejan en el plan de trabajo y la propuesta financiera aprobados.

8. Metodología de trabajo

El consultor aplicará una metodología participativa e iterativa, que incluirá:

- Reunión inicial para la validación del alcance y el cronograma.
- Entregas progresivas por producto.
- Rondas de revisión y retroalimentación.
- Validación final por parte del supervisor técnico designado.
- Entrega formal de los productos finales editables.

9. Entregables y calendario de pagos (después del contrato), remuneración por producto

Producto	Fecha límite (después del contrato)	Pago (% del total)
Producto 1	Semana 2	10%
Producto 2	Mes 3	20%
Producto 3	Mes 5	25%
Producto 4	Mes 7	25%
Producto 5	Mes 9	20%

10. Confidencialidad y propiedad intelectual

El manejo de la información estará sujeto a las políticas de confidencialidad del PNUMA y del SP/OTCA; antes de divulgar documentos internos, o documentos que, en virtud de su contenido o las circunstancias de su creación o comunicación, deban considerarse confidenciales, se deberá obtener el consentimiento expreso por escrito del PNUMA a través del SP/OTCA, que actúa como entidad ejecutora.

Los derechos de autor y demás derechos de propiedad intelectual sobre los materiales producidos en el marco de esta consultoría se registrarán por el Acuerdo de Cooperación del Proyecto entre el PNUMA y SP/OTCA y se reflejarán en el contrato de consultoría. El consultor no podrá publicar, distribuir ni reutilizar los productos sin la autorización previa por escrito de SP/OTCA y el PNUMA, según corresponda. La información, los datos, los mapas, las metodologías y demás materiales preexistentes seguirán siendo propiedad de sus respectivos autores. Los datos proporcionados por los países participantes o las instituciones asociadas se utilizarán y compartirán únicamente de conformidad con las condiciones establecidas por los respectivos propietarios de los datos. Todas las fuentes, licencias, restricciones y reconocimientos requeridos deberán estar claramente documentados en los productos y sus metadatos asociados.

11. Presentación de propuestas

Las propuestas deben incluir al menos:

- Currículum vitae (CV) o perfil institucional (si se trata de una empresa).
- Portafolio de trabajos relevantes.
- Propuesta técnica: metodología, cronograma y enfoque de trabajo.
- Propuesta económica: importe total y desglose por producto.
- Calendario estimado de implementación.

Las propuestas deben enviarse a la siguiente dirección de correo electrónico:

proyectosaa@otca.org

12. Criterios de evaluación

Criterio	Ponderación
Experiencia general del consultor/empresa en las actividades propuestas en cada producto.	20%
Perfil técnico del equipo	30%
Propuesta técnica	30%
Propuesta económica	20%

13. Requisitos

Número	Criterios (sí/no)
1	La empresa debe estar registrada en su país para poder realizar el trabajo de consultoría específico.
2	Al menos tres (3) proyectos realizados por la empresa/institución en los últimos diez (10) años relacionados con el tema de la consultoría.
3	Los profesionales del equipo técnico de la empresa/institución deben contar con al menos 10 años de experiencia para el coordinador y al menos 5 años para los especialistas, en áreas relacionadas con el tema de la consultoría. Todos los profesionales involucrados deben poseer un título universitario. El coordinador debe tener un doctorado en un campo afín. Los demás miembros del equipo deben ser expertos en la materia, preferiblemente con maestría y doctorado.
4	Entre los profesionales del equipo, el coordinador y los especialistas deben poseer experiencia demostrada en la región amazónica, abarcando desde geología, climatología, hidrología, hidrogeología, recursos hídricos u otro campo relacionado con el tema de la consultoría.
5	Entre los profesionales del equipo, se deberá demostrar dominio del español y del inglés (importante para las reuniones con PM).
6	Presentación del perfil de la empresa, los currículos de los miembros del equipo, la propuesta técnica y la propuesta financiera.

Anexo 1: Teoría del cambio

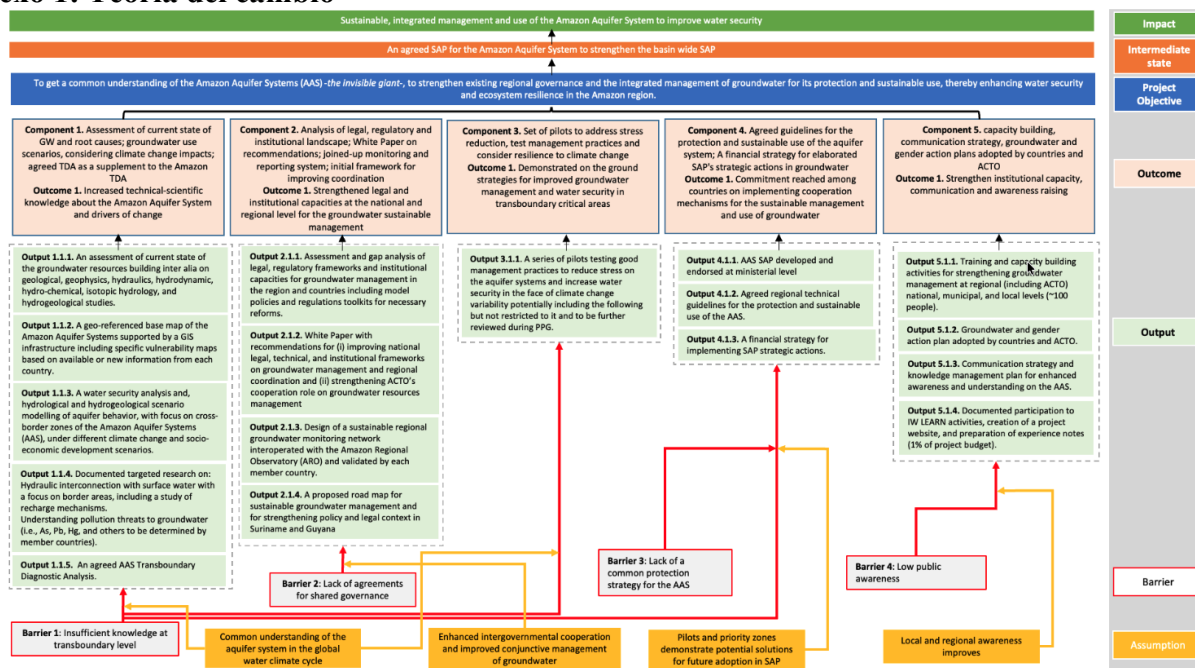


Figura 1: Teoría del cambio – Proyecto SAA

La Figura 1 muestra la secuencia desde las barreras hasta los componentes del proyecto, para así alcanzar el objetivo del proyecto. En este sentido, y para avanzar en la implementación del Componente 1, se llevará a cabo una evaluación del estado actual (línea base) de los recursos hídricos subterráneos, basada, entre otros aspectos, en estudios geológicos, geofísicos, hidrodinámicos, hidroquímicos e hidrogeológicos (en adelante, Resultado 1.1.1).

Anexo 2: Experiencia sugerida para el equipo de consultores

El equipo de consultores deberá ser multidisciplinario y abarcar, como mínimo, las siguientes áreas de especialización:

- **Conocimientos especializados en aguas subterráneas y geología:** hidrogeología, caracterización de acuíferos, modelización de aguas subterráneas, hidroquímica e hidrología isotópica.
- **Experiencia en hidrología y clima:** interacción entre aguas superficiales y subterráneas, hidrología, ecohidrología, ciencias atmosféricas, reciclaje de la humedad en la Amazonía y modelización climática.
- **Experiencia en observación de la Tierra:** teledetección, gravimetría satelital, teledetección hidrológica y redefinición de escalas (downscaling/upscaling) mediante teledetección.
- **Experiencia en datos e integración:** SIG, análisis espacial, gestión de bases de datos, análisis estadístico, evaluación de la incertidumbre e integración de conjuntos de datos de múltiples fuentes.

Los expertos individuales pueden abarcar más de un área de especialización, siempre que el consultor demuestre que el equipo en su conjunto posee las cualificaciones y la experiencia necesarias para llevar a cabo satisfactoriamente todas las actividades y productos contemplados en estos Términos de Referencia.