



PROYECTO
AMAZONAS
ACCION REGIONAL EN EL AREA DE RECURSOS HACIA



ANA
AGENCIA NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO - BRASIL



OTCA
Organización del Tratado de Cooperación Amazónica



ABC
AGENCIA BRASILEÑA DE COOPERACIÓN
MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES



MINISTERIO DE
RELACIONES EXTERIORES
REPÚBLICA FEDERATIVA DE BRASIL



INFORME SOBRE LA SITUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA

CUENCA AMAZÓNICA

RESUMEN EJECUTIVO

INFORME SOBRE LA SITUACIÓN DE LA CALIDAD
DEL AGUA EN LA CUENCA AMAZÓNICA

RESUMEN EJECUTIVO

1^a EDICIÓN | 2023 | BRASÍLIA



PROYECTO
AMAZONAS
ACCIÓN INTEGRAL EN EL ÁREA
DE RECURSOS HÍDRICOS



AGENCIA NACIONAL DE AGUAS
Y SANEAMIENTO - BRASIL



OTCA
Organización del Tratado
de Cooperación Amazónica



ABC
AGENCIA
BRASILEÑA DE
COOPERACIÓN



MINISTERIO DE
RELACIONES EXTERIORES
REPÚBLICA FEDERATIVA DE BRASIL

RESUMEN

PREFACIO.....	06
INTRODUCCIÓN.....	07
1. BASE CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA.....	08
2. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA CUENCA.....	12
2.1. Uso y ocupación del suelo Amazónico.....	13
2.2. Áreas de Protección Natural y Tierras Indígenas.....	14
2.3. Zonas inundables.....	15
2.4. Clasificación hidrogeoquímica de los ríos Amazónicos: aguas claras, blancas y negras.....	16
3. PRESIONES SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL.....	17
3.1. Deforestación.....	18
3.2. Incendios.....	19
3.3. Minería.....	20
3.4. Agropecuaria.....	21
3.5. Planta hidroeléctrica.....	22
3.6. Exploración de petróleo.....	22
3.7. Alcantarillado doméstico y residuos sólidos.....	24
3.8. Vías fluviales.....	25
3.9. Cambios climáticos.....	26
4. ESTADO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL.....	27
4.1. Conductividad eléctrica.....	30
4.2. pH.....	31
4.3. Oxígeno Disuelto (OD).....	31
4.4. Indicador de Contaminación Orgánica Potencial (ICOP).....	32
4.5. Metales.....	33
5. RESPUESTAS A LAS PRESIONES IDENTIFICADAS.....	34
6. RESUMEN GENERAL.....	39
6.1. Áreas críticas.....	40
6.2. Propuesta para la gestión integral de la calidad del agua en la Cuenca del Amazonas.....	43
6.3. Desafíos para la gestión de la calidad del agua en la Cuenca del Amazonas.....	44
TABLA DE FUENTES PRIMARIAS.....	45
BIBLIOGRAFIA.....	46



CARIMBO

SECRETARÍA PERMANENTE DEL ORGANISMO DEL TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZÓNICA (SP/OTCA)

Alexandra María Moreira López
Secretaria General

EmbaJador Carlos Alfredo Lazary
Director Ejecutivo

Carlos Salinas
Director Administrativo

Proyecto Amazonas: Acción Regional en el Área de Recursos - Fase II

EmbaJador Carlos Alfredo Lazary
Coordinador

Marcela Ibacache | Ana Cristina Cruz Escalera
Asistente Ejecutivo Sénior

Equipo técnico

Diego da Costa e Silva
Ingrid Monteiro Peixoto Becker

Dirección SP/OTCA:
SEPN 510, Bloco A, 3º andar
Asa Norte, Brasília - DF
CEP: 70750-521 Brasil.
Tel. +(55 61) 3248-4119
www.otca.org

OTCA - Organización del Tratado de Cooperación Amazónica
ANA - Agencia Nacional de Aguas e Saneamiento Básico
ABC - Agencia Brasileña de Cooperación
COBRAPE - Cia. Brasileña de Proyectos y Empreendimentos

Aviso legal (Disclaimer)

Descargo de Responsabilidad: Los nombres e información utilizados en esta publicación técnica de la OTCA, y la forma en que se representan los datos, mapas, imágenes y gráficos que contienen información geográfica de los Países Miembros, no constituyen un juicio sobre otros Tratados o Actos Internacionales vigentes entre las Partes, ni sobre discrepancias sobre límites o derechos territoriales que existan entre las Partes, ni podrá interpretarse o invocarse el presente documento para pretender aceptación o renuncia, afirmación o modificación, directa o indirecta, expresa o tácita, y las posiciones e interpretaciones que en estos temas en poder de cada Parte.

Nota General: Este estudio fue elaborado considerando el límite hidrológico de la cuenca del Amazonas y por esta razón, Surinam, que no tiene un área de aporte de agua en la cuenca del Amazonas, no fue considerado en los análisis del estudio en cuestión, a pesar de que es un País Miembro de la OTCA. De acuerdo con el Tratado de Cooperación Amazónica (ACT), los resultados generados por este estudio serán beneficiosos para los 8 Países Miembros, a pesar de que Surinam no es parte de la cuenca hidrográfica.

Es importante señalar que la consultoría para la elaboración del Informe sobre la situación de la calidad del agua en la Cuenca Amazónica contó, desde el inicio de su elaboración, con el seguimiento efectivo del equipo de la OTCA, especialmente en temas gerenciales, y de los ANA, en vista de las cuestiones técnicas. Esta dinámica se realizó directamente sobre todos los productos entregados, a través de evaluaciones técnicas escritas y reuniones diversas.

Nota de Venezuela: En el caso de la República Bolivariana de Venezuela, se consideraron datos referentes a Brazo Casiquiare y Río Negro, que corresponden a la Amazonía venezolana.

PREFACIO

El "Proyecto Amazonía - Acción Regional en el Área de los Recursos Hídricos" es una iniciativa de los ocho países amazónicos: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela implementada a través de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) con la cooperación técnica y financiera de la Agencia Nacional de Agua y Saneamiento Básico (ANA) y la Agencia Brasileña de Cooperación (ABC/MRE).

El objetivo del proyecto es fortalecer la cooperación entre los países amazónicos e integrarlos a una región de importancia mundial, con miras a planificar y ejecutar acciones estratégicas para la protección y gestión de los recursos hídricos transfronterizos.

Iniciado en 2012, y ahora en su segunda fase, el proyecto está alineado con la Agenda Estratégica de Cooperación Amazónica y el Tratado de Cooperación Amazónica (TCA-1978), en el que los países miembros asumieron, entre otros, el compromiso de cooperar

para promover el uso racional del recurso hídrico, condición esencial para el desarrollo sostenible de la cuenca, donde viven más de 33 millones de personas. La gestión de la calidad del agua es un desafío común. Por ello, es con gran satisfacción que presentamos este resumen ejecutivo del Informe sobre la Situación de la Calidad del Agua en la Cuenca Amazónica en beneficio de los gestores de los recursos hídricos de la Cuenca Amazónica, componente esencial del Proyecto, y resultado del trabajo conjunto de las instituciones de los 8 países responsables de las políticas públicas ambientales y de gestión de los recursos hídricos, quienes brindaron datos de monitoreo para sus redes nacionales de la escasez de agua, la reducción de la pesca y la pérdida de valores turísticos, culturales y paisajísticos, entre otros.

Estudios de este tipo son importantes para informar e involucrar adecuadamente a la sociedad, contribuyendo al establecimiento de políticas públicas encaminadas a la

protección, recuperación y monitoreo de los ecosistemas acuáticos. Forman parte, por otro lado, del contenido dinámico del Observatorio Regional Amazónico, que es la herramienta más importante para fortalecer a la OTCA en su misión de promover el desarrollo sostenible en la Amazonía. El Diagnóstico completo estará disponible en el sitio web de la OTCA (www.otca.org).

Esta publicación contribuirá de manera efectiva a la gestión integral e integrada de los recursos hídricos en la cuenca amazónica.

Secretaría Permanente de la OTCA
Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento Básico (ANA)
Agencia Brasileña de Cooperación (ABC/MRE)



Pueblo amazónico | Ecuador | Banco de Imágenes Adobe Stock

INTRODUCCIÓN



Cabo Pantoja | Perú | Banco de Imágenes de la OTCA

La Amazonía tiene un atributo único: ¡grandeza! Todo lo que te preocupa es superlativo, desafiante y, a veces, inconmensurable. Para poder actuar en este territorio único y proteger su riqueza, es fundamental conocer sus peculiaridades y características.

La Amazonía se caracteriza por su gran biodiversidad y extensa red hidrográfica, además de su vasta diversidad cultural, resultado de un proceso histórico de ocupación del territorio

y interacción entre grupos humanos de diferentes orígenes étnicos y geográficos. Tales aspectos, sumados a su importante papel en la regulación del clima, tienen una gran influencia en el transporte de calor y vapor de agua a regiones con latitudes más altas, así como en el secuestro fundamental de carbono, lo que ayuda a reducir el calentamiento global. Por estas y otras razones ha llamado la atención del mundo (OTCA, 2022).

Conocida como la selva tropical más grande, que representa un tercio de las selvas tropicales del mundo, la Amazonía alberga alrededor de 30 000 especies de plantas, 3000 especies de peces, 384 especies de anfibios, 550 especies de reptiles, 950 especies de aves, 350 especies de mamíferos y 57 especies de primates (OTCA, 2022).

Surge entonces la necesidad de cooperación entre países, tanto en el intercambio de información técnica y científica sobre la cuenca como en el uso razonable y equitativo de los recursos hídricos.

En términos hidrológicos, después del encuentro de sus afluentes (ríos Negro y Solimões), la cantidad de agua transportada en el lecho del río Amazonas varía de 220 mil m³/s a 300 mil m³/s en la época de lluvias. Ningún otro río en el mundo se acerca siquiera a esta medida, por lo que es considerado el río con mayor volumen de agua del planeta, y sus principales afluentes son los ríos Putumayo, Japurá y Negro (rama norte), Jurúa, Purús, Madeira, Tapajós y Xingu (rama sur) (OTCA, 2022).

Posteriormente, en 1995, los ocho países decidieron crear la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA), como plataforma de diálogo político y cooperación regional. Con la creación de la OTCA se comenzaron a implementar acciones conjuntas para el desarrollo armónico de los países amazónicos, hasta que, en 2010, se aprobó la Agenda Estratégica de Cooperación Amazónica (AECA), que establece la visión, misión y objetivos estratégicos de la La OTCA, además de definir los ejes temáticos y actividades de cooperación, pone en agenda la gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca amazónica. En este contexto, se prioriza el tema del agua, con miras a adoptar un enfoque integrado para la gestión de los recursos hídricos en la Cuenca, a través del Programa de Acción Estratégica (PAE) (OTCA, 2023).

El Programa de Acciones Estratégicas, a su vez, es un instrumento orientador de la cooperación regional y de la acción de los Países Miembros, que requiere del apoyo del más alto nivel de los sectores gubernamentales relevantes, ya que establece estrategias y prioridades para la acción regional, al tiempo que ofrece lineamientos normativos y normativos en el contexto del fortalecimiento institucional. El Proyecto Amazonas, iniciado en 2012, estableció varias acciones de cooperación técnica entre los Países Miembros, incluyendo el monitoreo del agua y la gestión de los recursos hídricos, buscando una mayor nivelación de las capacidades instaladas de las entidades involucradas en esta materia (OTCA, 2023).

A raíz de este desarrollo, se elaboró el Informe sobre la situación de la calidad del agua en la Cuenca Amazónica (RQAA), que comprende siete productos, con el objetivo de brindar un conocimiento adecuado y contextualizado sobre la situación actual de la calidad del agua superficial en la Cuenca Hidrográfica Amazónica. El objetivo principal es apoyar a los tomadores de decisiones de los países amazónicos en la definición de políticas públicas y el fortalecimiento de la gestión integrada de los recursos hídricos.



1. BASE CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA

Selva Amazónica | Tarapoto - Perú | Banco de Imágenes Adobe Stock

A partir de la definición del contenido, metodología y supuestos del estudio, se estableció contacto con cada uno de los Países Miembros, a través de videoconferencias, para aclarar los objetivos del trabajo y mostrar qué datos serían necesarios para el pleno avance de la consultoría (Figura 1). De este contacto se obtuvieron datos de monitoreo de calidad de agua para el período 2000 a 2019, los cuales fueron compilados y estandarizados. Además de datos de calidad del agua, se recopiló información sobre aspectos de gestión institucional y gestión compartida entre países vecinos, así como la identificación de buenas prácticas para mejorar la calidad del agua en la cuenca del Amazonas, incluyendo acciones nacionales y regionales, y un relevamiento de presiones que afectan directamente la calidad del agua. La información descrita, entre otras informaciones esenciales para el estudio, se encuentra disponible en el Contexto sobre la situación de la calidad del agua en los países de la cuenca amazónica.

Con los datos del monitoreo en mano, ya en el **Diagnóstico y línea base sobre la calidad de las aguas superficiales en la Cuenca Amazónica**, se aplicó la metodología Presión-Estado-Respuesta (PER), con el propósito de diagnosticar la situación de la calidad del agua en la cuenca del Amazonas, cuerpos de agua de la región. La metodología PER se basa en la idea de que las actividades humanas ejercen presión sobre el medio ambiente, afectando el estado de calidad y cantidad de los recursos naturales y que la sociedad, a su vez, responde a estos cambios proponiendo políticas ambientales, económicas y sociales de los sectores, en además de los cambios en el comportamiento mismo.

Con estos resultados, se evaluaron las mejores prácticas globales en el intercambio transfronterizo de agua, con el fin de diseñar una **Propuesta para la gestión integral de la calidad del agua en la Cuenca Amazónica**. Comprende un conjunto de propuestas de medidas y acciones específicas a ser desarrolladas a nivel subnacional, nacional e intergubernamental de cooperación de la OTCA, con base en buenas prácticas sistematizadas, con el fin de contribuir al mejoramiento de la gestión, seguimiento y control de calidad del agua en las BHA.

Para validar estas proposiciones, en un intento de asegurar la máxima convergencia y adherencia a las diferentes realidades regionales, se realizaron entrevistas a representantes de los Países Miembros, a través de cuestionarios escritos y videoconferencias, con el objetivo de escuchar múltiples perspectivas sobre el desarrollo de la región y pendientes preferenciales sobre la calidad del agua.

De estas entrevistas surgieron percepciones, indicaciones de prioridades, sugerencias de lineamientos y proyectos de acción para sustentar la **Propuesta para la gestión integral de la calidad del agua en la Cuenca Amazónica**. Las entrevistas captaron las expectativas y orientaciones relacionadas con el desarrollo de la región, permitiendo la evaluación de posibles programas y campos de acción prioritarios en el tema de la calidad del agua.

El RQAA también incluye el **Informe sobre articulación y coordinación con otros estudios y procesos en la Cuenca Amazónica**, que presenta estudios con los que tiene o debería tener una relación directa, buscando una forma de integración.

También incorpora la **Base de Datos**, para almacenar y proporcionar, con el debido criterio, todos los datos e información generados por el estudio. La creación de una Base de Datos Geográfica (BDG) permite proporcionar datos para otros servicios, como el sistema del Observatorio Regional de la Amazonía (ORA - <https://orotca.org.pt/>). La afinidad existente entre ambos permite una perfecta integración para el almacenamiento, manipulación, visualización y compartición de datos geográficos.

El estudio culmina en dos informes finales. El **Informe Final** trae la consolidación de toda la información principal recolectada durante el estudio, es decir, el "estado" en términos cualitativos sobre la situación del agua a nivel nacional y regional de la Cuenca Amazónica, y este **Resumen Ejecutivo** expone de manera más ilustrativa manera el resumen de los resultados alcanzados.

Además, para atender mejor el objeto del contrato, mostrando la situación real de la calidad del agua en la Cuenca Amazónica, se realizaron reuniones estratégicas entre el equipo de

Figura 1. Resumen ilustrado del recorrido del proyecto

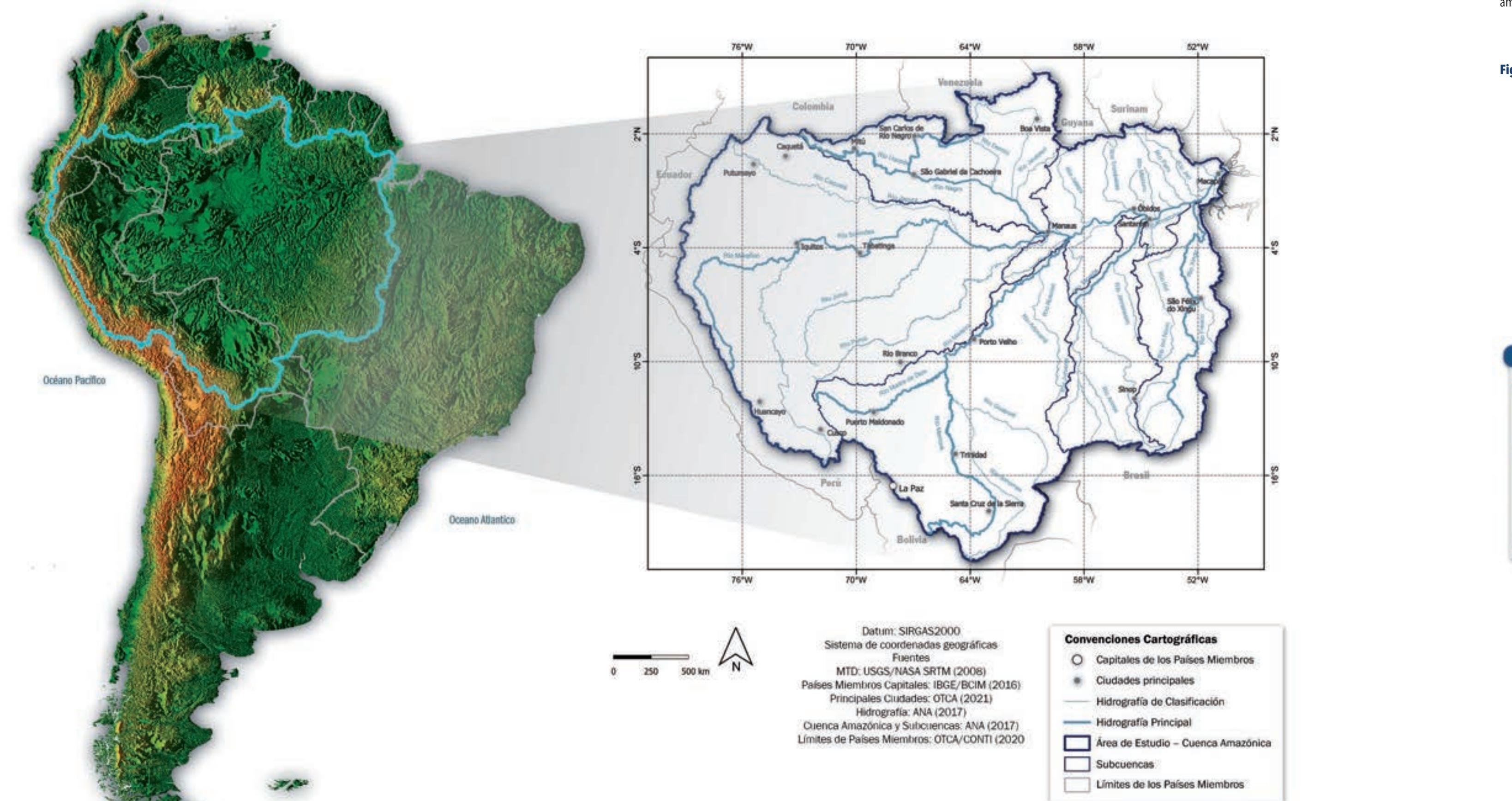


Tabla 1. Área de los países en la Cuenca Hidrográfica Amazónica

País	Área del país (km²)	Área del país en la BHA (km²)	% del área del país en el área total de la CHA
Bolivia	1.089.314	713.152	12,06%
Brasil	8.515.707	3.709.067	62,73%
Colombia	1.133.063	345.462	5,84%
Ecuador	248.619	131.265	2,22%
Guyana	209.902	12.565	0,21%
Perú	1.291.221	961.459	16,26%
Venezuela	912.235	39.626	0,67%
Total	5.912.598,61		100%

Fuente: Calculado por la intersección entre la base administrativa del IBGE (2016) y la base ottocodificada de la ANA (2017).

Figura 2. Localización de la Cuenta Hidrográfica del Amazonas y principales ríos



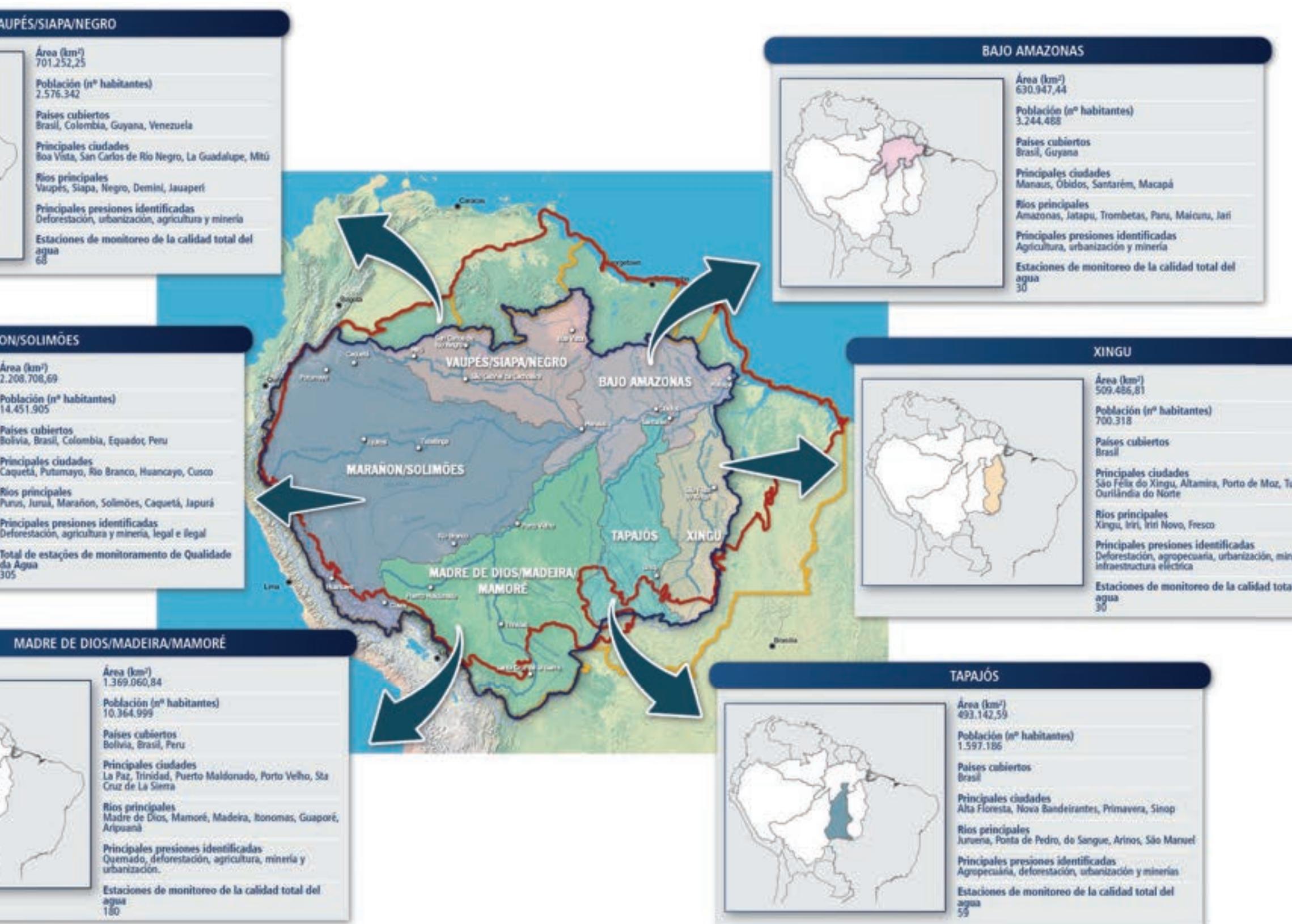
La base hidrográfica utilizada en el estudio fue extraída de la base de otocuencas (ANA, 2017), a través de un filtro que seleccionó únicamente el área comprendida por la cuenca amazónica, totalizando 129.705 otocuencas.

Para facilitar los análisis a realizar, se agregaron con base en los mayores afluentes del cauce principal del río Amazonas, lo que resultó en seis subcuenca: Bajo Amazonas, Madre de Dios/Madeira/Mamoré, Marañón/Solimões, Tapajós, Vaupés/ Siapa/Negro y Xingú.

Estas sub-cuencas, juntamente con sus principales características, son presentadas en la Figura 3.

Cabe señalar que el área de la cuenca amazónica utilizada en este estudio tiene un carácter hidrológico (en azul), difiere de la utilizada por RAISG para delimitar el Bioma Amazónico¹ (en rojo), así como del límite utilizado por OTCA en el Programa de Acciones Estratégicas² (PAE) (en amarillo), todas representadas en la Figura 3.

Figura 3. Sub-cuencas - División y características



¹ Red Amazónica de Información Socioambiental Georeferenciada, RAISG. Disponible en: https://geo.socioambiental.org/arcgis/services/raisq/raisq_base/MapServer/WMServer?request=GetCapabilities&service=WMS.

² Programa de Acciones Estratégicas: Estrategia Regional para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Amazonas (PAE) de la OTCA. Disponible en: <http://otca.org/pt/project/programa-de-aeos-estrategicas/>



2. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA CUENCA

2.1. USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO AMAZÓNICO

El inicio de la ocupación del Amazonas se dio hace unos 14 mil años, cuando grupos de asiáticos llegaron al valle del río Amazonas. A partir del momento en que estas poblaciones desarrollaron actividades agrícolas y compartieron los mismos espacios, surgieron sociedades indígenas más complejas. Esta forma de vida solo cambiaría mucho más tarde, con la llegada de los europeos. En ese tiempo, realizaron una gestión forestal de forma adaptada, extrayendo todos los recursos naturales necesarios para su progreso y continuidad (VERÍSSIMO, 2014).

Al llegar al río Amazonas, los europeos se encontraron con un denso bosque habitado por pueblos indígenas de diferentes culturas que los utilizaron a su favor para sustentarse a una población muy numerosa (VERÍSSIMO, 2014). Cunha *et al.* (2006) indican que la población indígena amazónica antes de la colonización europea rondaba los siete millones de habitantes. A pesar del número significativo, esta población pudo extraer todo su sustento del bosque, generando un bajo impacto en el suelo, especialmente por la forma de cultivo, que utilizó la llamada rotación de tierras, dando tiempo a la revegetación natural, proporcionando un suelo antropogénico de mayor fertilidad, denominado "terra preta do índio".

Posteriormente, durante los siglos XVII y XVIII, caracterizados por la fase de colonización, hubo una disminución significativa en el número de indígenas originarios de la Amazonía.

Sin embargo, debido al difícil acceso al denso bosque, limitado a las vías fluviales, el uso y explotación de la tierra se mantuvo con bajo impacto (KIRBY *et al.*, 2005). A partir de entonces se consolidó la llamada "ocupación colonial", que abarcó ciudades como La Paz, Cusco, Putumayo, y municipios ribereños instalados en regiones más interiores de la selva, como Manaus, Iquitos y Trinidad, todavía en una pequeña forma condensada (MOYA, 2018; BANCO MUNDIAL, 2021).

En consecuencia, y ya en el siglo XIX, la configuración poblacional de la Amazonía estuvo compuesta mayoritariamente por individuos mestizos (indígenas, blancos y negros), lo que propició un cambio en el uso y ocupación del suelo, con la recolección de productos naturales y la sustitución de la agricultura por el ciclo económico del caucho (IMAZON, 2021).

A pesar del ciclo económico del caucho, ocurrido en Brasil y comprendido entre finales del siglo XIX y la década de 1940, la explotación más intensa de la tierra amazónica ocurrió recién a partir de la segunda mitad del siglo XX (AB'SABER, 2002). Según Veríssimo (2014), el período estuvo marcado por la devastación de la selva, con alteración significativa del paisaje, especialmente como resultado de la apertura de caminos que abrieron espacio para pastos y tala depredadora, especialmente en la Amazonía brasileña. Durante este período, junto a estas presiones, y ya abarcando a otros países, se intensificaron otras actividades, como la minería, las hidroeléctricas y los lotes petroleros.

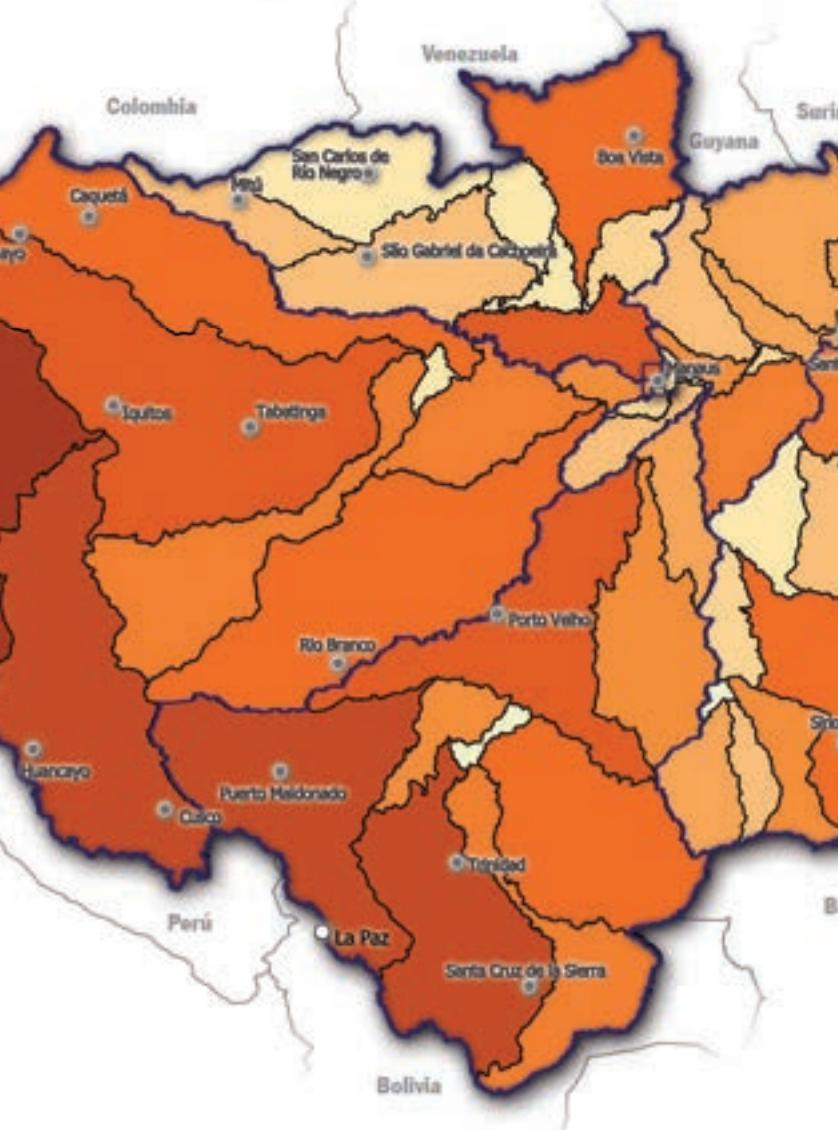


Figura 4. Población en la Cuenca del Amazonas

Subtítulo

Rango de Población Absoluta (Número de Habitantes)

- hasta 10.000
- 10.001 - 25.000
- 25.001 - 50.000
- 50.001 - 75.000
- 75.001 - 100.000
- 100.001 - 250.000
- 250.001 - 500.000
- 500.001 - 1.000.000
- 1.000.001 - 2.500.000
- 2.500.001 - 5.000.000
- por encima de 5.000.000

Actualmente, la cuenca amazónica concentra alrededor de 33 millones de personas, de las cuales 1.1 millones se refieren a la población indígena, lo que representa el 3,6% de la población total. Esta población, distribuida en los siete países, se concentra principalmente en los grandes ríos de la cuenca y la frontera occidental, que es la Cordillera de los Andes, y en las ciudades eje regionales. La Figura 4 muestra la distribución de la población actual, en la cual es posible observar la distribución de la población por ottocuencas³ nivel 3. Cabe señalar que esta información se refiere al territorio que cubre exclusivamente la Cuenca Hidrográfica Amazónica.

A continuación, en la Figura 5, se representa la situación actual del uso y ocupación del suelo en la cuenca amazónica.



³ Con base en la topología del área drenada y del agua, Pfafstetter (1989) elaboró una propuesta metodológica para la codificación jerárquica de cuencas hidrográficas. Las cuencas son tratadas como áreas de aporte de los tramos de la red hidrográfica codificada numéricamente y se considera como principal aporte las áreas de aporte directo de cada tramo de la misma red hidrográfica. Los detalles de la metodología se proporcionan en el Producto 3.

Figura 5. Uso del Suelo de la Cuenta del Amazonas

Subtítulo
Clasificación del Uso del Suelo
1. Floresta
1.1. Formación Florestal
1.2. Formación Sabana
1.3. Mangla
1.4. Floresta Inundable
2. Formación Natural no Florestal
2.1. Campo Inundado y Área Pantanosa
2.2. Formación Campestre
2.3. Afloramiento Rocoso
2.4. Outras Formaciones no Florestales
3. Agricultura
3.1. Mosaico de Agricultura y Pastos
4. Área no Vegetada
4.1. Área Urbanizada
4.2. Minería
4.3. Outras Áreas no Vegetadas
5. Cuerpos de agua
5.1. Río, Lago y Océano
5.2. Glacial
6. No Observado

Fuente: Adaptado de Mapbiomas (2020).

2.2. ÁREAS DE PROTECCIÓN NATURAL Y TIERRAS INDÍGENAS

La Amazonía es una zona emblemática y conocida internacionalmente. Antes del inicio de su explotación, se encontraba aislado debido a un acceso severamente restringido, el cual era solo por río (KIRBY *et al.*, 2005). Desde entonces, y aún hoy, el transporte acuático es el principal medio de transporte de la región.

Posteriormente al inicio de la explotación de los recursos naturales, hubo un aumento paralelo de la presión por la conservación, principalmente como forma de evitar los grandes incendios que comenzaban a ocurrir. Para ello, se solicitaron y/o declararon varias áreas de protección, tales como Áreas de Protección Natural (APN) y Tierras Indígenas (TI). (Figura 6)

Las Áreas de Protección Natural comprenden 1.349.169 km², mientras que las Tierras Indígenas ocupan 1.804.174 km², representando, respectivamente, el 22,82% y el 30,51% del área total de la Cuenca Amazónica. La región cuenta con unas 395 APN y unos 3.610 territorios indígenas distribuidos en unas 305 etnias, que sufren los efectos negativos relacionados con la explotación de la cuenca.

Tanto las Áreas de Protección Natural como las Tierras Indígenas juegan un papel fundamental en la preservación del medio ambiente, involucrando la conservación de los recursos hídricos, la conservación de los bosques y la biodiversidad, la reducción de los efectos del cambio climático, entre otros. El aprovechamiento de los recursos naturales sin comprometer los ecosistemas, mediante un manejo adecuado, siempre ha sido una característica de los pueblos indígenas, y ha demostrado ser de suma importancia para la conservación de la biodiversidad. Es innegable que el conocimiento de los pueblos indígenas aporta muchos conocimientos a la sustentabilidad en su conjunto, como el uso del suelo de forma racional, no cazando más de lo necesario, así como el uso de los recursos hídricos de forma que no agotado, es cuantitativa o cualitativamente.

Cuyabeno - Ecuador | Banco de Imágenes Adobe Stock

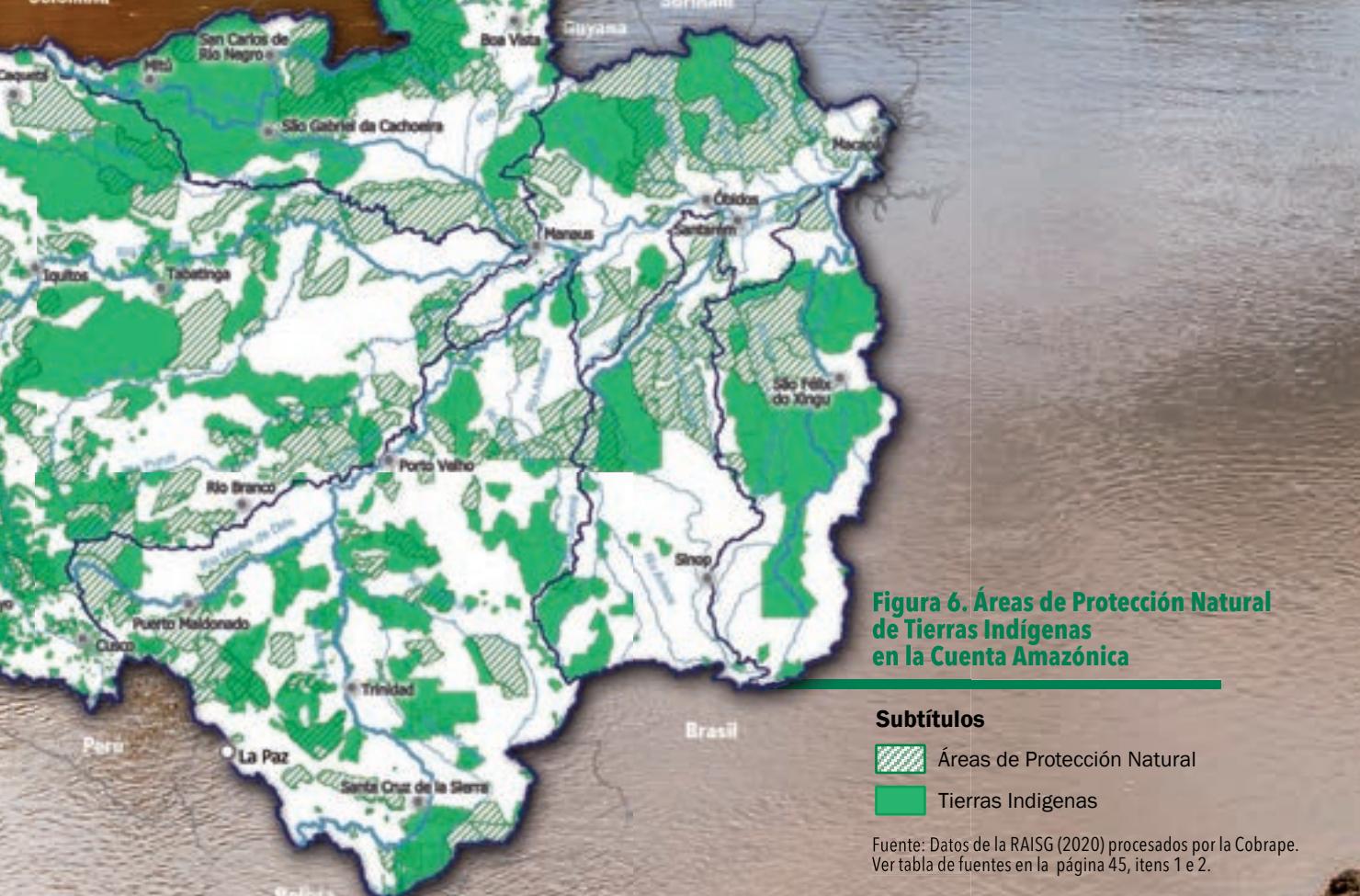


Figura 6. Áreas de Protección Natural de Tierras Indígenas en la Cuenta Amazónica

Subtítulos

- Áreas de Protección Natural
- Tierras Indígenas

Fuente: Datos de la RAISG (2020) procesados por la Cobrape. Ver tabla de fuentes en la página 45, ítems 1 e 2.

2.3. ZONAS INUNDABLES

La Amazonía tiene varias zonas inundables (Figura 7), una característica natural de la región. En términos ecológicos, las áreas sujetas a inundaciones son aquellas que periódicamente reciben aportes laterales de agua, ya sea de ríos, lagos o a través de aportes subterráneos o precipitaciones. En el caso de la región amazónica, las planicies de inundación asociadas a ríos y lagos son de mayor interés (SOARES *et al.*, 1999).

Hace millones de años, cerca del 25% de la región amazónica se convirtió en un ecosistema acuático debido a la dinámica de las inundaciones -pulsos-, un tipo de proceso natural que enriquece el suelo, producto de los sedimentos arrastrados desde las diversas cuencas andinas hacia las tierras bajas. El proceso fue definitivo para las culturas indígenas, ya que las inundaciones contribuyen a la abundancia y alta diversidad de especies acuáticas, especialmente peces, así como aves que migran desde zonas distantes hacia zonas inundables, debido a la abundancia de alimento. Así, este período de inundación es un eslabón fundamental en la consolidación de la cadena alimentaria, sustentando la biodiversidad que es la base para el mantenimiento de la vida de los pueblos indígenas (RAISG, 2020).

Es importante señalar que, por sus especificidades, las áreas inundables reciclan rápidamente la materia orgánica y los nutrientes, tornando el suelo fértil para las actividades socioeconómicas, lo que implica indicadores de productividad más altos en comparación con las áreas secas (SOARES *et al.*, 1999). Por otro lado, estas áreas, al ser preservadas, son de gran importancia para la garantía de la calidad del agua y para la biodiversidad local, dado que son hábitat de diversas especies de fauna y flora. Esta dicotomía hace que las zonas inundables sean escenario de diversos conflictos tanto en el uso y ocupación del suelo como en la explotación de los recursos hídricos.

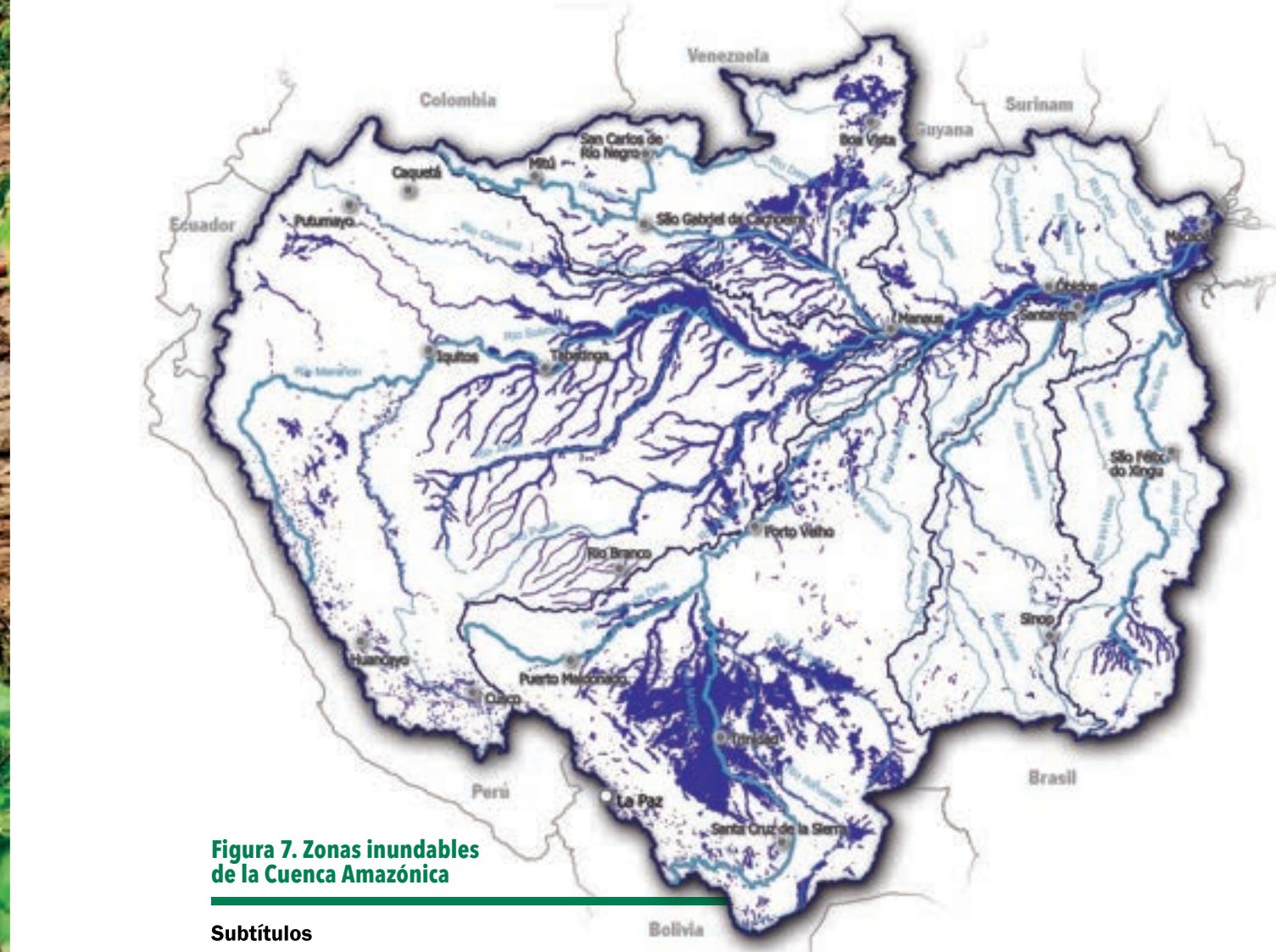
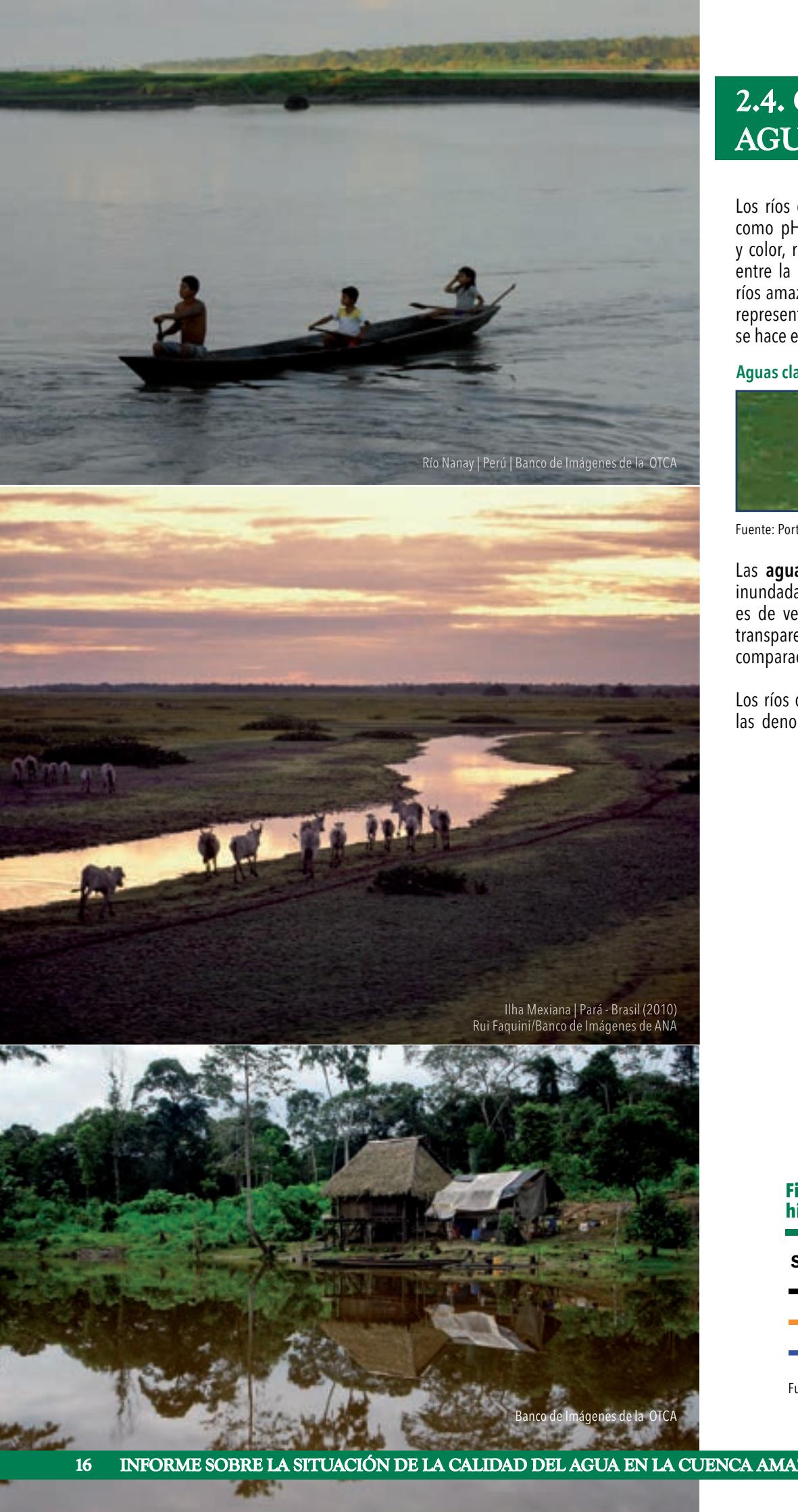


Figura 7. Zonas inundables de la Cuenca Amazónica

Subtítulos

- Zonas Inundables

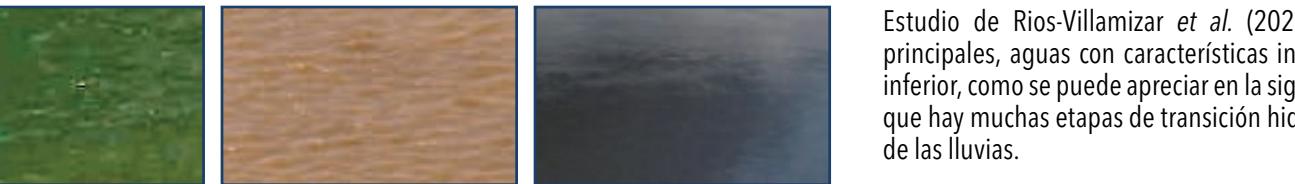
Fuente: Adaptado de la OTCA (2021).



2.4. CLASIFICACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DE LOS RÍOS AMAZÓNICOS AGUAS CLARAS, BLANCAS Y NEGRAS

Los ríos de la cuenca del Amazonas tienen diferentes características hidrogeoquímicas como pH, conductividad, sales minerales, sólidos en suspensión, sustancias orgánicas y color, reflejo de las diferentes regiones que atraviesan. De acuerdo con las relaciones entre la geología, la vegetación y sus características, se estableció una división de los ríos amazonicos en tres categorías principales: ríos de aguas claras, blancas y negras. La representación de estas tres categorías se puede ver en las siguientes imágenes, en las que se hace evidente la diferencia de color.

Aguas claras, blancas y negras



Fuente: Portal Amazônia (2019).

Las **aguas claras** provienen de formaciones geológicas muy antiguas y las planicies inundadas por ellas se denominan igapós (SANTOS, 2012; ZEIDEMANN, [s.d.]), su color es de verde amarillento a verde oliva, claras, transparentes. Estas son las aguas más transparentes, con un pH que va de ácido a básico y una conductividad intermedia en comparación con las otras categorías.

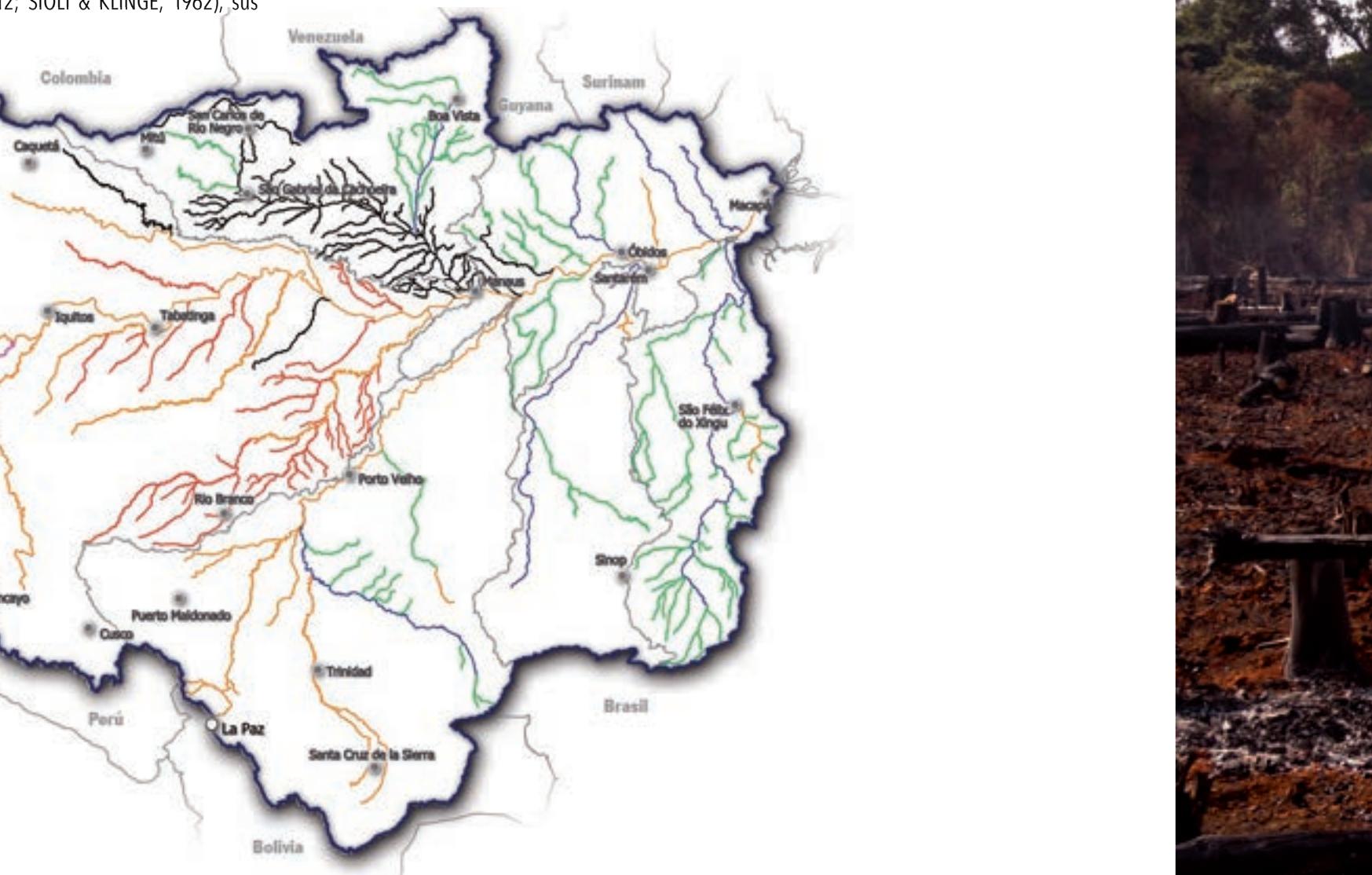
Los ríos de **aguas blancas** tienen su cabecera en los Andes y depositan sedimentos en las denominadas planicies de inundación (SANTOS, 2012; SIOLI & KLINGE, 1962), sus

aguas son de color amarillo, ocre, turbio. Tienen baja transparencia, pH neutro y alta conductividad eléctrica.

Las **aguas negras** provienen del drenaje de suelos arenosos cubiertos por vegetación conocida como campina, campinarana o caatingas amazónicas, sus llanuras aluviales son de baja fertilidad y están cubiertas por bosque inundable (SANTOS, 2012; ZEIDE-MANN, [s.d.]). El agua es marrón, marrón a rojiza. Estas aguas tienen una transparencia intermedia, pH más ácido y baja conductividad.

Estudio de Rios-Villamizar *et al.* (2020) propusieron, además de las tres categorías principales, aguas con características intermedias, especialmente en afluentes de orden inferior, como se puede apreciar en la siguiente figura. Estos tramos representan ríos en los que hay muchas etapas de transición hidroquímica y fuerte influencia de la estacionalidad de las lluvias.

Los ríos de aguas intermedias tipo A tienen aguas claras y drenan diferentes formaciones geológicas desde Guyana hasta el centro de Brasil. Tipo B Las aguas intermedias drenan agua en tramos de origen andino y tienen características hidrogeoquímicas entre las observadas para aguas blancas y aguas negras. También existen algunos ríos con características salobres, que se ubican en regiones de influencia marina o que tienen mayor salinidad como consecuencia de altas concentraciones de sodio y cloruro, como los cercanos al río Marañón. Las características hidrogeoquímicas antes mencionadas se muestran en la Figura 8.



A partir del relevamiento de datos secundarios que permitieran un análisis homogéneo e integrado de las actividades humanas con potencial impacto en la calidad del agua en la cuenca amazónica, se definieron presiones como deforestación, incendios, minería, agricultura, hidroeléctricas, exploración petrolera, alcantarillado de desechos domésticos, residuos sólidos y cambio climático.

Las presiones fueron analizadas de manera integrada con los datos de monitoreo de calidad de agua que realizan los países, con el objetivo de identificar las presiones que provocan cambios de estado o zonas con presiones no monitoreadas. El análisis integrado permitió una verificación más precisa de la información georreferenciada para señalar las fuentes de contaminación más impactantes y facilitar la identificación de estudios y buenas prácticas que puedan estar relacionadas con esa región o presión.

Estas presiones se presentan a continuación y fueron agregadas para la cuenca amazónica en su conjunto, sin embargo, siempre destacando las subcuencas en las que se insertan.

Estas presiones corroboran las principales causas de contaminación del agua en la cuenca del Amazonas establecidas en el Análisis de Diagnóstico Transfronterizo (OTCA, 2018), citando actividades mineras, aguas residuales domésticas e industriales, transporte fluvial, entre otras.

3.1. DEFORESTACIÓN

La deforestación en la cuenca amazónica está relacionada con varias causas: la expansión de los asentamientos humanos y las diferentes formas de aprovechamiento de los recursos naturales, en algunos países los cultivos y la extracción ilegal de minerales, la construcción de infraestructura no planificada, los incendios, la tala, la ganadería, la instalación de centrales hidroeléctricas, y es una de las presiones más antiguas que enfrenta la región. El principal efecto de la deforestación está relacionado con el aterramiento de los cuerpos de agua, ya que, sin el bosque, la escorrentía superficial lleva los sedimentos a los ríos con mayor velocidad. En este proceso, junto con los sedimentos, se depositan en el cuerpo de agua con mayor intensidad diversas sustancias, incluidas las tóxicas, lo que puede favorecer cambios en la calidad del agua.

La Figura 9 ilustra las regiones de deforestación identificadas entre 2001 y 2018. Muestra áreas significativas en la cuenca en su conjunto, con la ocurrencia de una región fuertemente deforestada en las cabeceras ubicadas entre Perú y Colombia, en el Marañón/Solimões. En esta subcuenca, las causas de deforestación observadas están vinculadas principalmente a la minería, a través de pozos y aluviones, además de las actividades agrícolas. La figura también destaca una región cercana a Santa Cruz de la Sierra, en Bolivia, además de toda la región sureste de la cuenca ubicada en Brasil, donde se ubica el llamado "Arco de la deforestación", región donde se encuentra la frontera agrícola avanza hacia la selva y donde se encuentra cerca del 75% de la deforestación en la Amazonía (OVIEDO; LIMA; AUGUSTO, 2020). Aún según los autores, es un territorio que abarca 256 municipios, yendo desde el oeste del estado de Maranhão y el sur de Pará hacia el oeste, pasando por Mato Grosso, Rondônia y Acre.

En esta región de intensa deforestación, la subcuenca del Tapajós se destaca como la más impactada por esta presión, especialmente en la región cercana al río São Manuel, o Teles Pires, caracterizada por la presencia de zonas inundables. La madera resultante de la deforestación en esta subcuenca se quema o vende y las áreas deforestadas son ocupadas en su mayoría por la agricultura y la ganadería. Lo mismo ocurre en la subcuenca del Xingu –parte del "Arco de la deforestación"–, donde estas áreas son ocupadas por la minería y la infraestructura del sector eléctrico.



3.2. INCENDIOS

El Centro de Energía Nuclear en la Agricultura (Cena) concluyó que los impactos de la deforestación en la cuenca amazónica provocan una reacción en cadena en el ámbito ambiental. Algunos ríos de la cuenca Ji-Paraná alcanzaron niveles de materiales disueltos similares a los de los cursos de agua contaminados del interior de São Paulo (FAPESP, 2002).

A pesar de que las quemas representan una práctica muy antigua, incluso adoptada por los pueblos originarios amazónicos, su objetivo era diferente, especialmente en lo que se refiere a la intensidad de las quemas. Los pueblos originarios utilizaban las quemas como una forma de "limpiar" pequeños territorios, sin afectar los árboles, y sembraban entre ellos sus cultivos. Esto hizo que el carbón vegetal producido sirviera como fertilizante, que en menor proporción no genera impactos en la calidad del agua (National Geographic, 2020).

Por otro lado, cuando se llevan a cabo incendios forestales en gran escala, Embrapa (2019) analiza que, aunque las cenizas son ricas en nutrientes para las actividades agrícolas (calcio, fósforo, magnesio y nitrógeno), tienen consecuencias para los cuerpos de agua, como la reducción del oxígeno disuelto en agua estancada, el aumento del pH y la generación de toxicidad para las especies acuáticas.

Figura 9. Deforestación en la cuenca del Amazonas de 2001 a 2020

Subtítulo

Deforestación

Fuente: Datos de la RAISG (2020) procesados por la Cobrapp. Ver tabla de fuentes en la página 45, ítem 3.

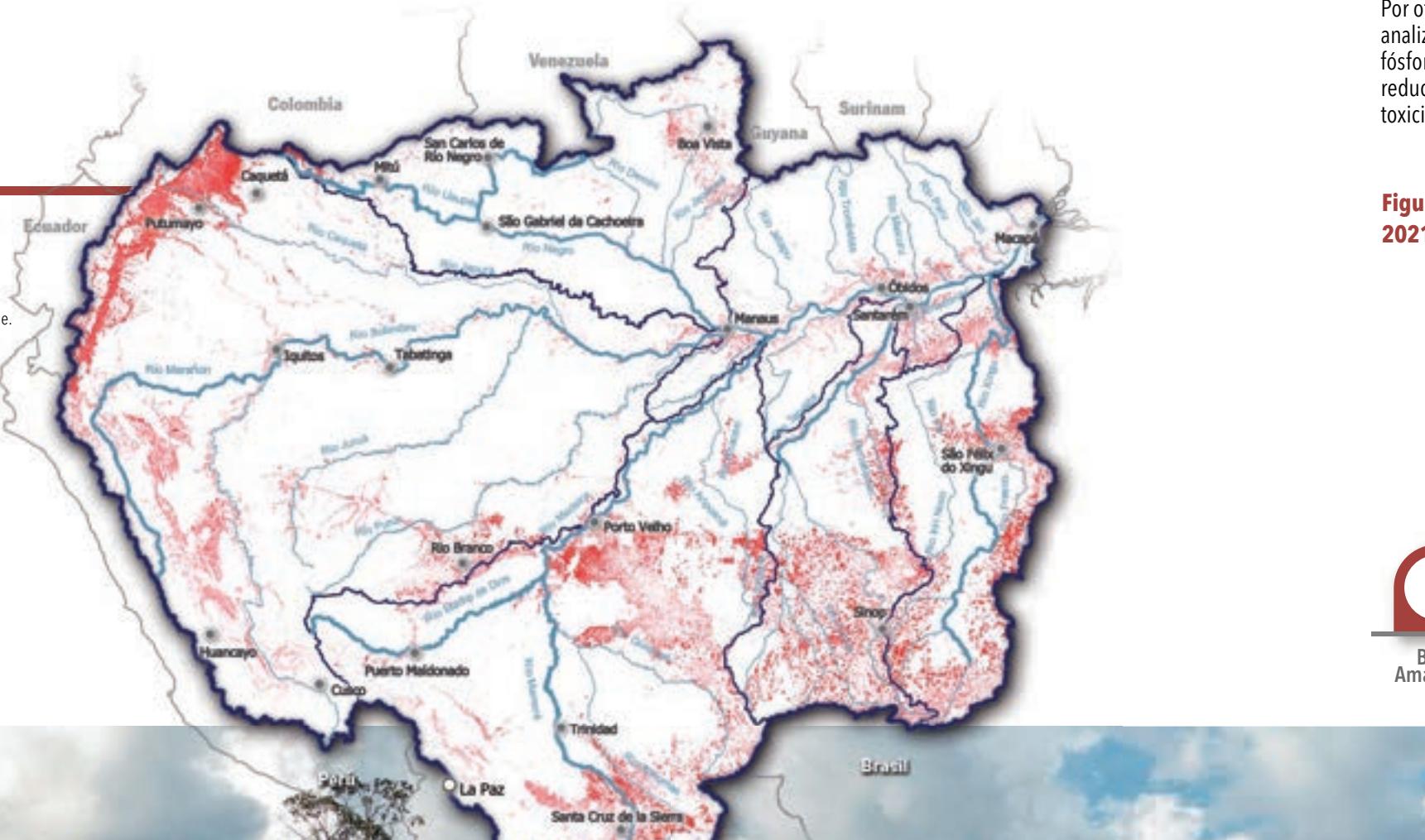


Figura 10. Total de focos de quemas por sub-cuenca (24 y 25 de octubre de 2021)

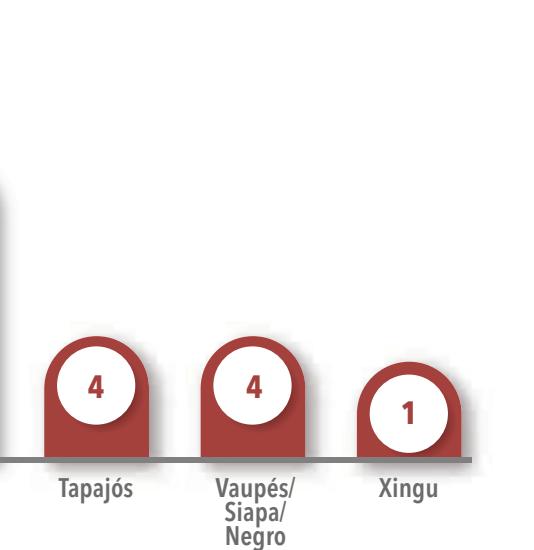
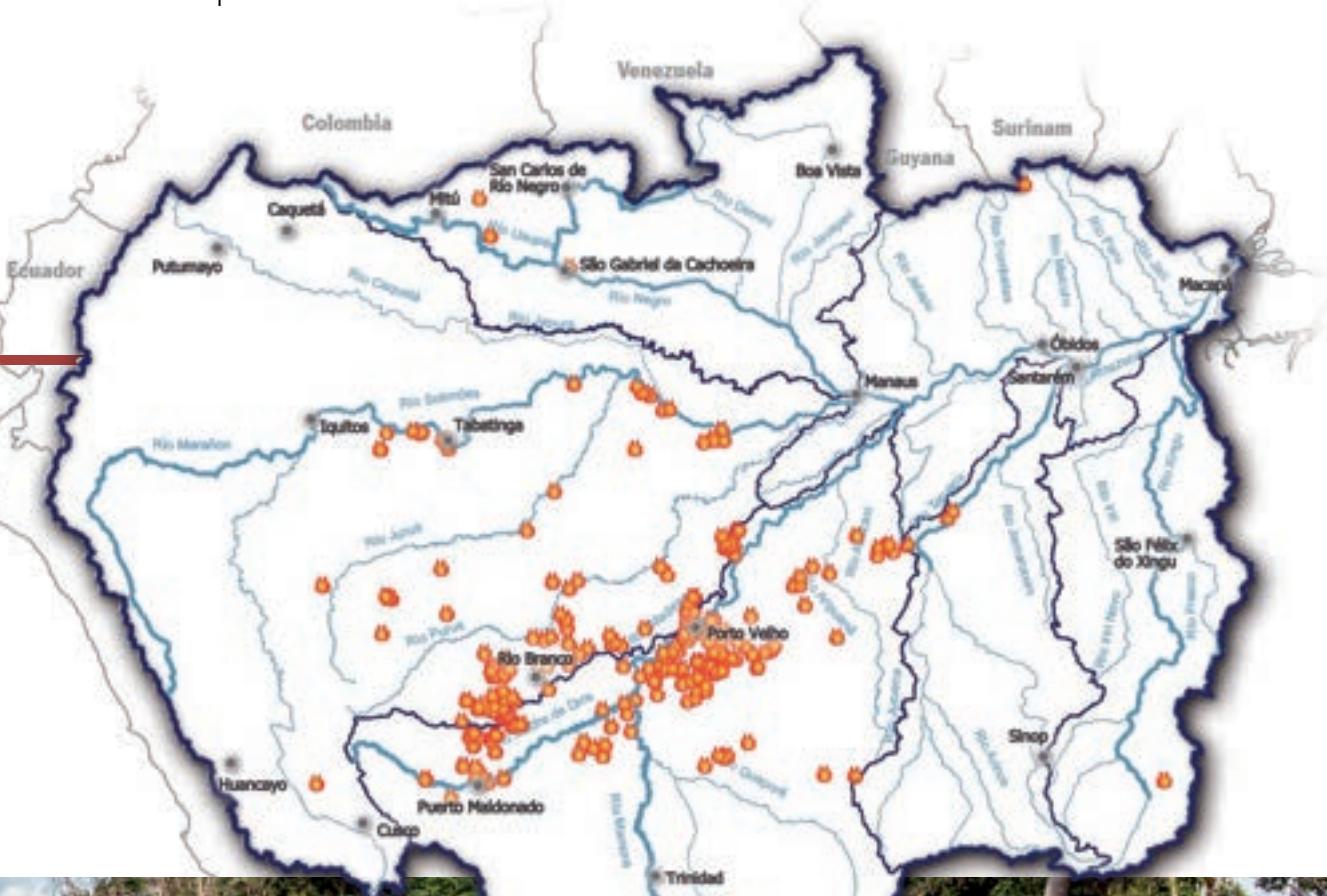


Figura 11. Incendios identificados por satélite en la cuenca del Amazonas entre el 24 y 25 de octubre de 2021

Subtítulo

Focos de incendio identificados por satélite AQUA M-T (INPE)

Fuente: Adaptado del INPE (2021) – Datos del satélite AQUA M-T.

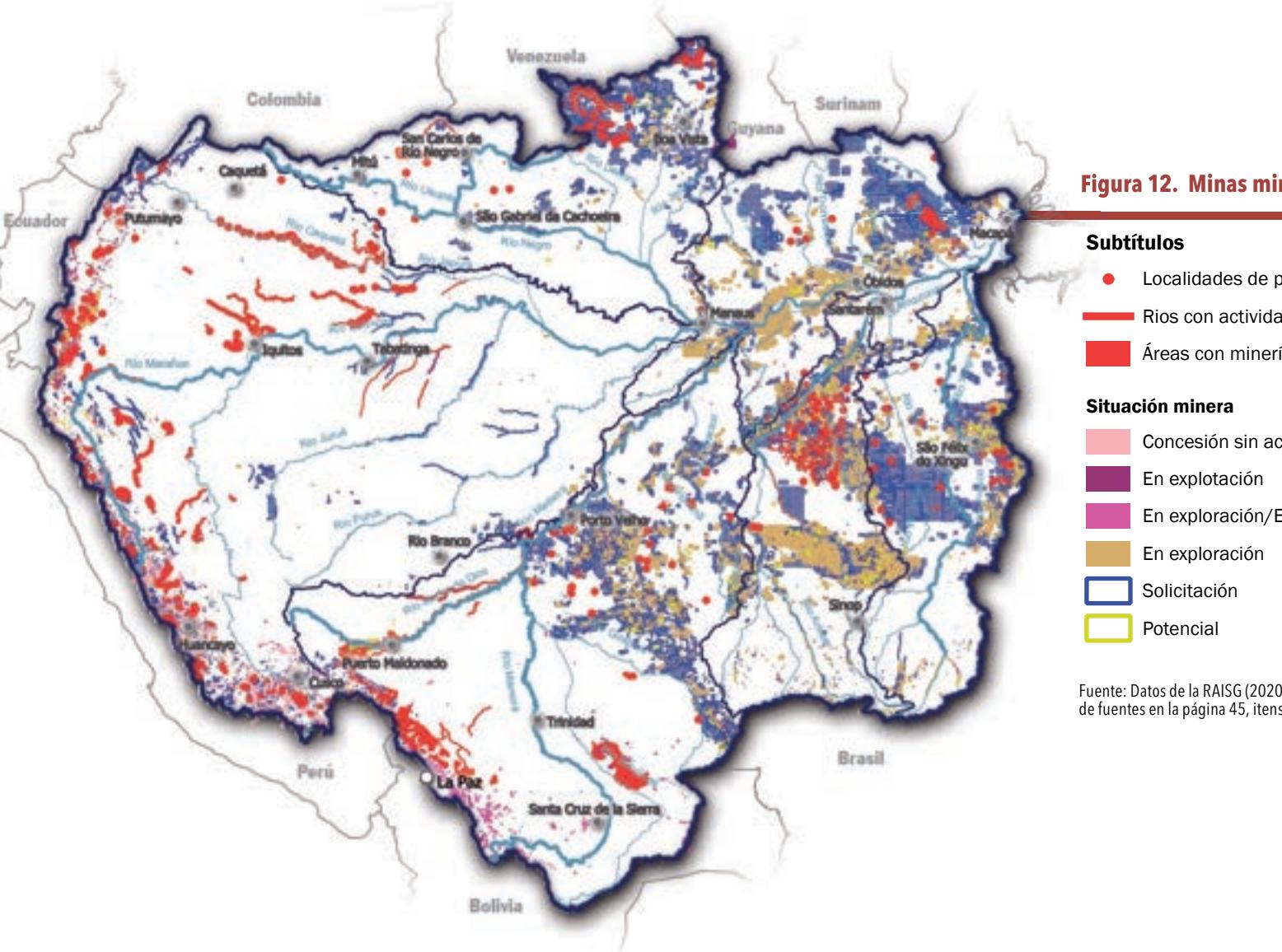


3.3. MINERÍA

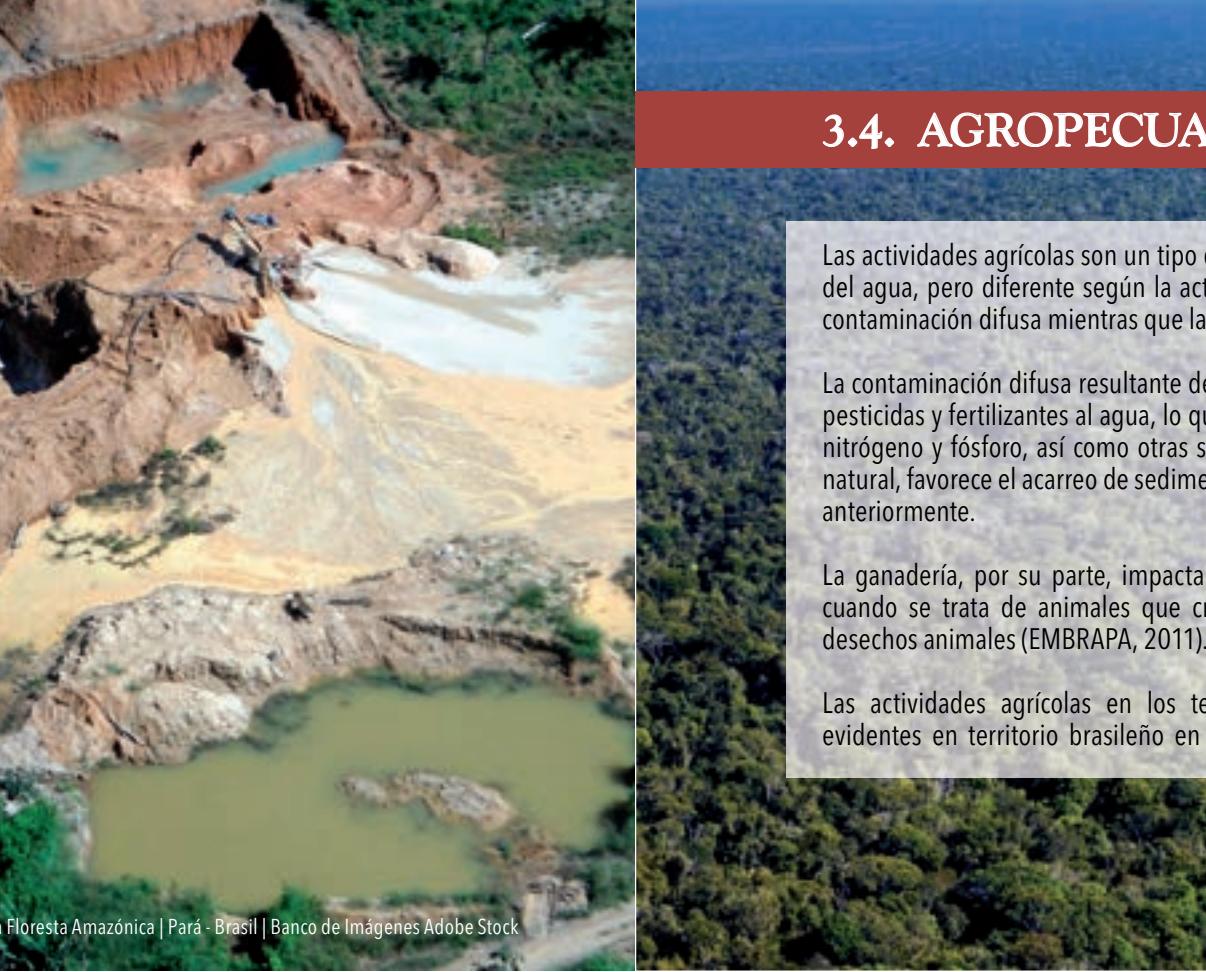
El sector minero ejerce una presión importante sobre la calidad del agua al contaminarlas con sustancias contaminantes, como aceites, grasas, limos, arcillas y metales pesados, incluido el mercurio.

Los metales pesados son de especial preocupación en relación con la salud pública debido a su naturaleza acumulativa, ya que la concentración de estos metales aumenta a lo largo de la cadena trófica. Además de los efectos sobre la salud pública, existen impactos directos sobre los recursos hídricos, como cambios en el pH y la conductividad eléctrica que, a su vez, pueden alterar el equilibrio de otros componentes físicos y químicos del agua. En este sentido, destaca la minería ilegal, que afecta negativamente a todo el ecosistema local, traduciéndose en otros daños directos a la calidad del agua.

Existen varios prospectos mineros en la cuenca amazónica, concedidos (exploración o explotación⁴) y solicitados, como se puede observar en la Figura 12, que también muestra la ocurrencia de varias áreas de minería ilegal. De esta forma, la minería ejerce una fuerte presión sobre la calidad del agua de los ríos amazónicos y está presente en todas las subcuencas, impulsada principalmente por la minería ilegal.



⁴Son minas de exploración las concedidas con fines de investigación, sin extracción de material, para analizar la existencia o no de un determinado recurso, su factibilidad de explotación, estudio del mineral y otros fines análogos. Explotación significa que los recursos naturales son extraídos. Nótese que se otorga algo de minería para ambos casos, tanto para explotación como para exploración.



3.4. AGROPECUARIA

Las actividades agrícolas son un tipo de presión con un impacto significativo en la calidad del agua, pero diferente según la actividad, ya que la agricultura está más asociada a la contaminación difusa mientras que la ganadería es a la vez difusa y puntual.

La contaminación difusa resultante de la agricultura se produce a través del transporte de pesticidas y fertilizantes al agua, lo que aumenta las concentraciones de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, así como otras sustancias. Además, al arrasar el área de vegetación natural, favorece el acarreo de sedimentos y el aterramiento de los ríos, como se mencionó anteriormente.

La ganadería, por su parte, impacta directamente a los cuerpos de agua superficiales, cuando se trata de animales que cruzan los arroyos, e indirectamente, al transportar desechos animales (EMBRAPA, 2011).

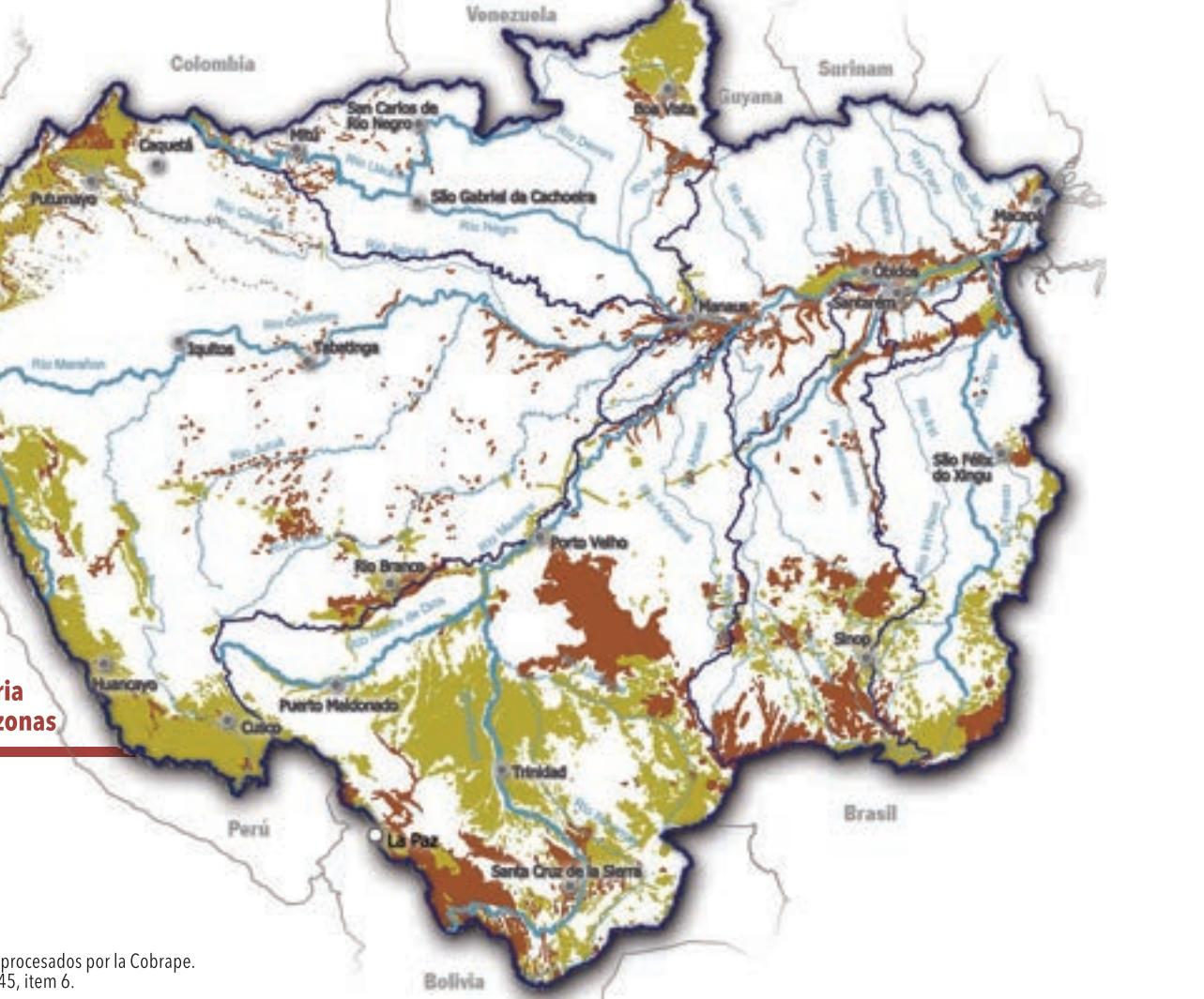
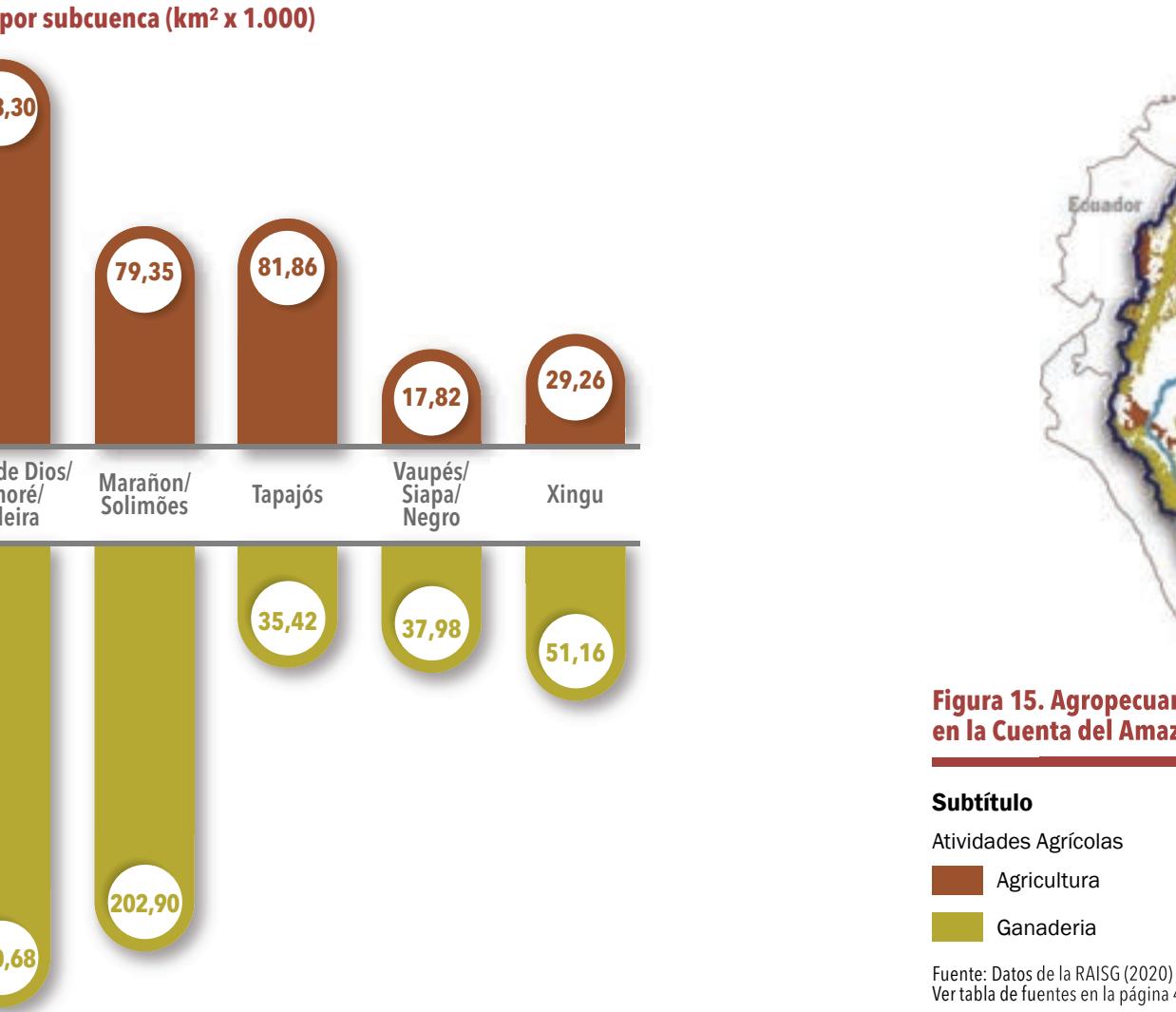
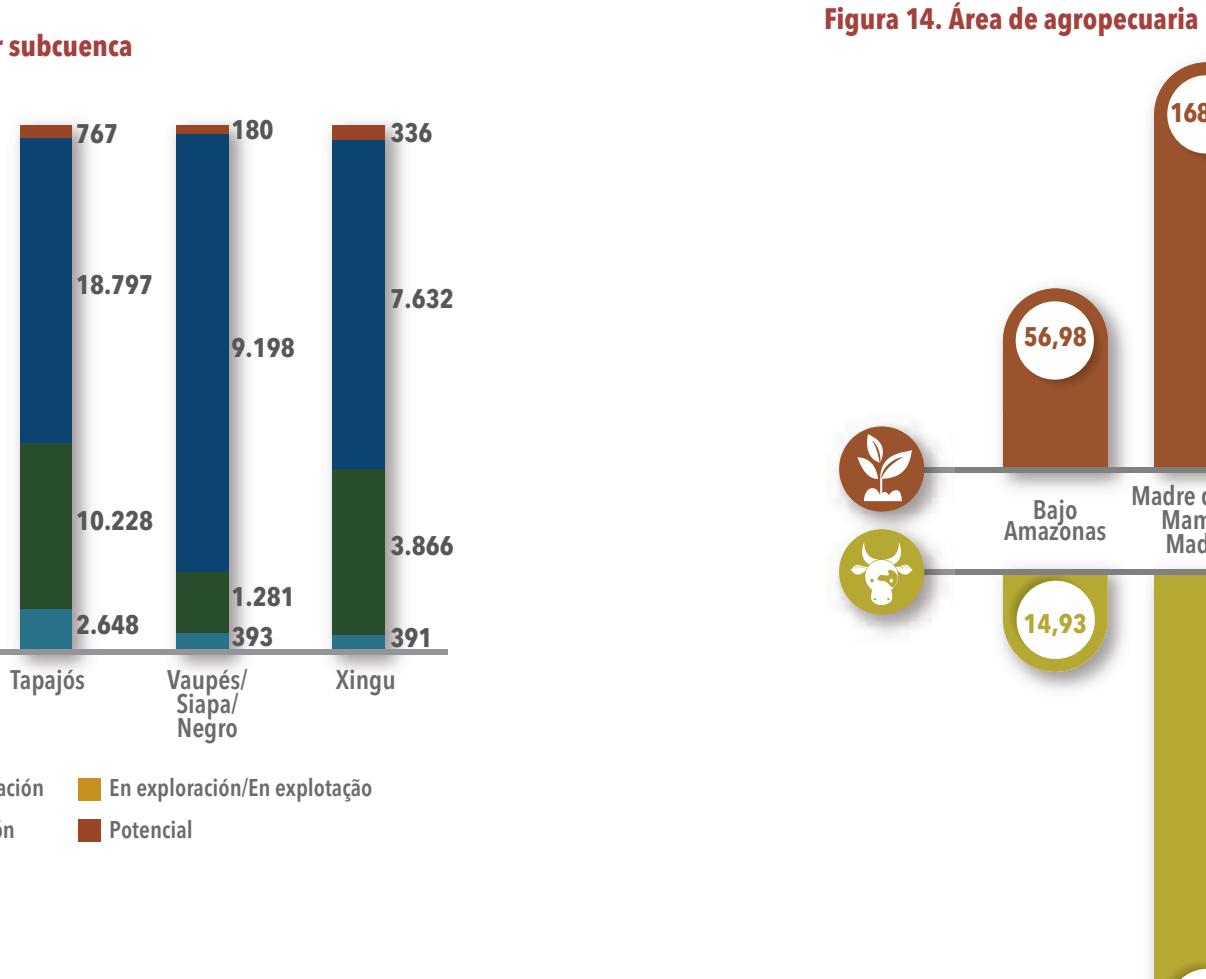
Las actividades agrícolas en los territorios amazónicos están muy extendidas. Son evidentes en territorio brasileño en los estados de Rondônia, Mato Grosso y Pará; en

territorio boliviano, en los departamentos de Beni, Santa Cruz y Cochabamba; en territorio colombiano, principalmente en los departamentos de Putumayo y Caquetá; y, en territorio ecuatoriano y peruano, en los departamentos que bordean las cabeceras de la subcuenca Marañón/Solimões.

En el Bajo Amazonas, el destaque está en la orilla del río Amazonas, que va desde Manaus hasta Macapá. Este río está catalogado hidrogeoquímicamente como de aguas blancas, con la característica natural de una extensa planicie de inundación en sus márgenes, por lo que acaba siendo tan explotado por la agricultura. Lo mismo ocurre en la subcuenca Madre de Dios/Madeira/Mamoré, con áreas inundables ocupadas por la actividad agrícola.

La subcuenca del Tapajós presenta fuerte presión de la agricultura, especialmente en la porción occidental, coincidiendo con las cabeceras, en la región de los Andes; alrededor de Río Branco (Brasil), en la triple frontera entre Brasil, Colombia y Perú; más allá de San Juan Bautista, al sur de Iquitos, en el distrito de Maynas (Perú).

Granjas de soja en la Floresta Amazônica | Parque Indígena de Xingu - Brasil | Banco de Imágenes Adobe Stock



3.7. ALCANTARILLADO DOMÉSTICO Y RESIDUOS SÓLIDOS

El sector de saneamiento básico, más específicamente los ejes relacionados con alcantarillado doméstico y residuos sólidos urbanos, constituye una de las presiones identificadas.

A pesar de la abundante provisión de agua, la cobertura de los servicios públicos de agua potable y saneamiento en la región amazónica es alarmante. Se estima que alrededor del 61% de las personas que viven en la selva andino-amazónica no cuentan con servicios de agua potable y al menos el 70% no cuentan con servicios de alcantarillado. Toneladas de desechos líquidos y sólidos son vertidos directamente a los ríos.

Las aguas residuales domésticas son ricas en materia orgánica que, cuando se liberan en grandes cantidades a los cuerpos de agua, pueden reducir el oxígeno disuelto, causando la muerte de peces y haciendo que el agua no sea apta para el consumo. Además, contienen sustancias como detergentes, nutrientes y productos farmacéuticos, que alteran las características naturales de los cuerpos de agua y pueden dañar la biota y la salud humana.

Con respecto a los desechos sólidos, la contaminación puede estar asociada con arrastre

Iquitos - Perú | Banco de Imágenes Adobe Stock



3.8. VÍAS FLUVIALES

El uso de los ríos como vías de transporte siempre ha sido un factor determinante en el asentamiento y presencia del Estado en la región.

Las vías fluviales, cuando están bien mantenidas y administradas, brindan varios impactos positivos, tanto sociales, económicos y ambientales para la región. Según Oliveira (2016), las principales ventajas son:

- Mayor integración vocacional – facilitar la integración regional, con gran importancia en el transporte de carga y pasajeros;
- Mayor uso de la navegación interior – posibilidad de mayor alcance en regiones que son de difícil acceso por otros medios de transporte;
- Mayor alcance a regiones aisladas o nuevas rutas fluviales: brinda a las comunidades aisladas beneficios sociales, como el acceso a la salud y la educación, y beneficios económicos, como el flujo de la producción local a centros más desarrollados;
- Mayor aprovechamiento de los recursos hídricos – posibilidad de desarrollo regional, con ampliación de áreas cultivables, control de inundaciones, uso armónico del agua con otros sectores, entre otros;
- Mayor costo de oportunidad – comparado con otros modos, el transporte fluvial tiene mayor eficiencia energética, mayor vida útil de equipos e infraestructura, mayor capacidad de concentración de carga, menores costos de operación y fletes, entre otros;
- Mayor desarrollo regional – posibilidad de formar nuevos centros urbano-industriales, además de intensificar y facilitar el flujo comercial a nivel nacional, regional e internacional.

Aunque aún no se ha establecido formalmente una red de vías fluviales dentro de la cuenca (Figura 18), con la excepción de la vía fluvial Madeira, que conecta Porto Velho con Itacoatiara, los países miembros de la OTCA crearon un grupo de trabajo para preparar y aprobar un Reglamento para el Flujo Comercial. Navegación por los ríos amazónicos. Este es el primer paso hacia la futura red de hidrovías, que tendrá su eje más importante a lo largo del río Amazonas/Solimões, es decir, la conexión entre Belém do Pará y Pucallpa, en Perú, siendo los principales puntos intermedios los puertos fluviales de Manaus, Tabatinga, Letícia (CO) e Iquitos (PE), además de Itacoatiara.

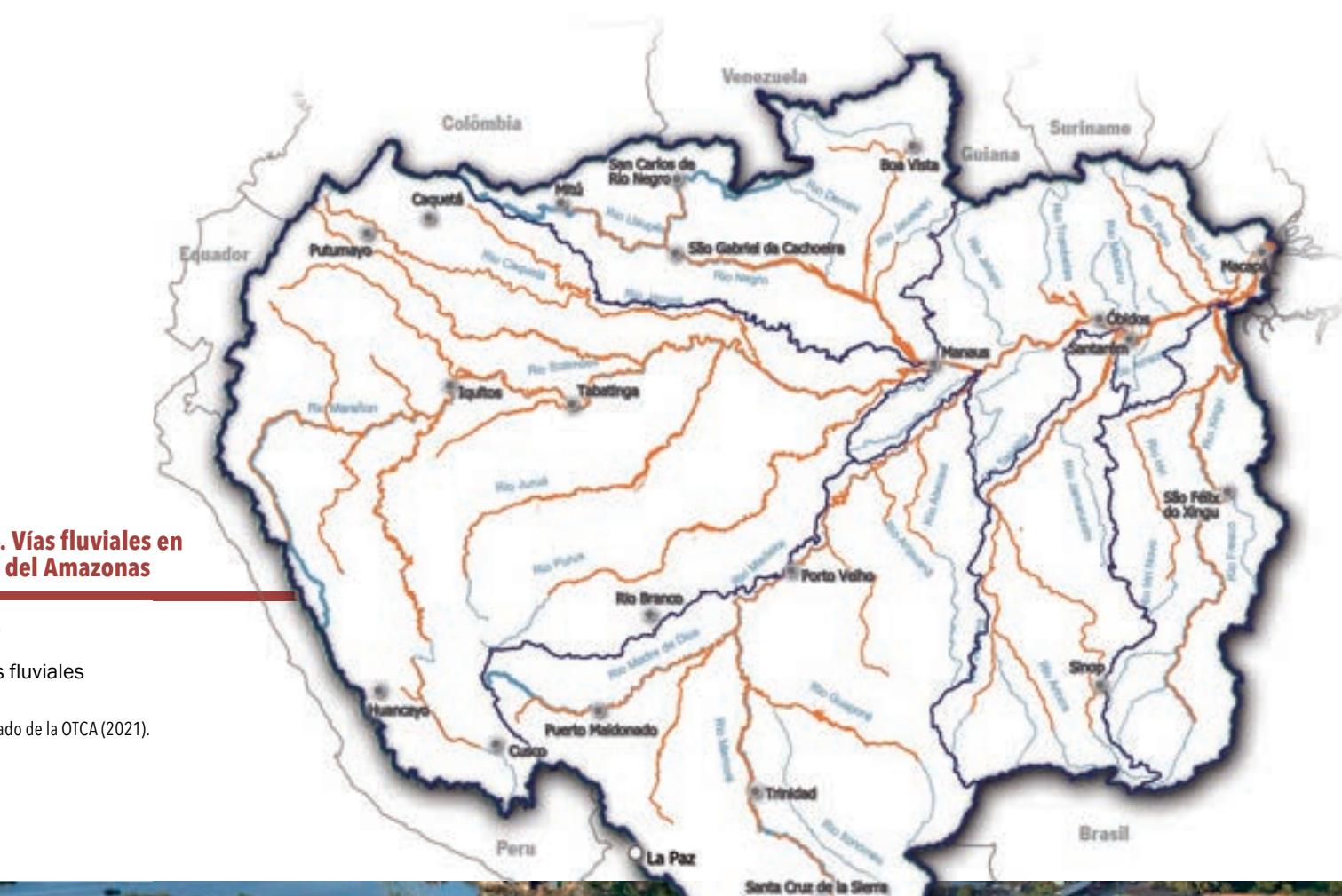
En el contexto de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, que es uno de los principales objetivos del TCA, la regulación ciertamente debe abordar los impactos de la navegación, con miras a su operación ambientalmente sostenible.

Los impactos para evaluar con fines de mitigación son de diferente orden. El primero de ellos es la contaminación por el propio tráfico de buques, en forma de gases y aceites de motores y residuos diversos, además del riesgo de derrame de combustible y otro tipo de carga tóxica.

Existe, por otro lado, evidencia de que la densidad de navegación puede incrementar la velocidad del cuerpo de agua, aumentando el riesgo de inundación y alterando las características hidrodinámicas que influyen en sus procesos físico-químicos; o incluso la erosión de las riberas y el aterramiento de los ríos, lo que aumenta la cantidad de sólidos en suspensión y puede provocar la reducción de los organismos acuáticos.

Finalmente, está el impacto sobre la biodiversidad, ya que afecta los procesos migratorios y reproductivos de peces y otras especies acuáticas (BUCHER y HUSZAR, 1995).

El principal cauce de la cuenca amazónica también es afectado por el tráfico comercial internacional, con el flujo de grandes buques en el tramo de Itacoatiara al Atlántico, que son los principales responsables del transporte de la producción a granel. Además, existe el riesgo de accidentes con el transporte de productos tóxicos y la disposición de agua de lastre, que pueden traer especies exóticas a la región, comprometiendo la calidad de los cuerpos de agua y el equilibrio de sus ecosistemas.



3.9. CAMBIOS CLIMÁTICOS

El cambio climático también puede considerarse presiones sobre la calidad de las aguas amazónicas, aunque aún no es posible relacionarlas directamente con los datos de monitoreo existentes.

Las presiones presentadas, más específicamente los incendios, la deforestación y la ganadería, son algunas de las actividades responsables del incremento en la emisión de gases de efecto invernadero, lo cual está directamente relacionado con el cambio climático.

El bioma amazónico se caracteriza por altos niveles de lluvia. Sin embargo, la región ha experimentado períodos de sequía, que se han ido repitiendo de manera peculiar y que están relacionados con el cambio climático -se registraron sequías importantes en 2005 y 2010. Durante estos períodos se observan drásticas reducciones en los niveles de oxígeno en igarapés y lagos, resultante de la baja renovación de las aguas.

Esta "agua quieta", con baja oxigenación, es la principal causa de muerte de peces y otros organismos acuáticos, en gran número. Por otro lado, la putrefacción de estos animales consume más oxígeno, lo que agrava aún más la situación. En este escenario, las poblaciones ribereñas se ven obstaculizadas en sus actividades económicas y cotidianas, además de volverse más vulnerables, comprometiendo sus medios de vida (ANA, 2012).

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), a través del Informe AR6 publicado en 2021, aborda con mayor precisión las simulaciones de cambio climático. Con la reducción de las incertidumbres relacionadas con las simulaciones, la reducción de las

Sequía en la Amazonía | Banco de Imágenes Adobe Stock.



emisiones de dióxido de carbono previamente discutida entre países debe discutirse de una manera más pragmática.

El informe se basa en cinco simulaciones de emisiones, un conjunto denominado CMIP6 (Fase 6 del proyecto de intercomparación de modelos acoplados). Hay dos escenarios de bajas emisiones, uno de emisiones medias y dos de emisiones altas. Las estimaciones resultantes para la Amazonía y la cuenca en su conjunto son alarmantes y demuestran que los posibles escenarios ya no se pueden comparar con los ciclos climáticos naturales.

También según el informe, la cuenca amazónica debería experimentar una mayor aridez, considerando la disminución de la humedad relativa global observada desde el año 2000 y los aumentos proyectados en las tasas de evaporación, lo que en consecuencia genera una menor humedad del suelo.

Otro pronóstico alarmante se refiere a la temperatura, ya que el informe afirma que el número de días al año con temperaturas superiores a los 35 °C podría aumentar en más de 150 días al año para finales de siglo.

Para América del Sur en su conjunto, se proyecta que la precipitación media cambie en un patrón dipolar con aumentos en el noroeste y sureste y disminuciones en el noreste y suroeste. También se espera un aumento en la velocidad del viento, lo que podría convertir a la región amazónica en un área de potencial eólico.

Si bien el informe señaló que parte de la cobertura vegetal mundial tuvo un aumento del 7% entre los años 1982-2016, en la Amazonía se encontró un "área de oscurecimiento", es decir, un área que, contrariamente a la tendencia mundial, ha experimentado una disminución de la masa verde.

El aumento de la temperatura intensifica la evaporación, eleva la temperatura del agua, compromete la vida acuática y disminuye la oxigenación, lo que altera el equilibrio físico-químico de los cuerpos de agua, además de provocar la muerte de los organismos acuáticos. Esta baja oxigenación es más intensa en los períodos recurrentes de sequía mencionados anteriormente.

La tendencia a la pérdida de cobertura vegetal refuerza el escenario de alteración del equilibrio natural de los cuerpos de agua, resaltado por el hecho de que el bosque es fundamental para el mantenimiento de las áreas inundables, tan características de la cuenca.

Los cambios de temperatura y precipitación en la cuenca amazónica afectan directamente a los llamados "ríos voladores", que se caracterizan por la gran masa atmosférica generada por la evapotranspiración de la densa selva amazónica, y responsables del macrociclo del agua, fundamental para el mantenimiento el correcto régimen pluviométrico de toda la porción oriental de los Andes latinoamericanos, afectando así a las demás cuencas fluviales y biomas aledaños.



4. ESTADO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL

Índices de calidad del agua

Los índices de calidad del agua representan la composición de un indicador basado en datos de monitoreo para diferentes parámetros, con el objetivo de facilitar la interpretación de los datos. Tres de los ocho Países Miembros de la OTCA presentaron información sobre el uso de índices de calidad del agua: Brasil, Colombia y Perú. Cada uno tiene su propia metodología para calcular el indicador y aplicarlo en términos de evaluación de la calidad del agua. Así, en este primer Informe sobre la situación de la calidad del agua en la Cuenca Amazónica, no se definió un índice único para evaluar la calidad del agua, dadas las diferentes metodologías y parámetros monitoreados por los países. La metodología de cálculo y los índices presentados por los tres países se describen en el Contexto sobre la situación de la calidad del agua en los países de la Cuenca Amazónica y en el Diagnóstico y línea base sobre la calidad del agua superficial en la Cuenca Amazónica, de este estudio.

Con el fin de caracterizar la calidad del agua en términos de contaminación orgánica y dada la baja disponibilidad de datos sobre indicadores de seguimiento de este tipo de contaminación, se elaboró un Indicador de Contaminación Orgánica Potencial (IPPO), que se muestra a continuación.

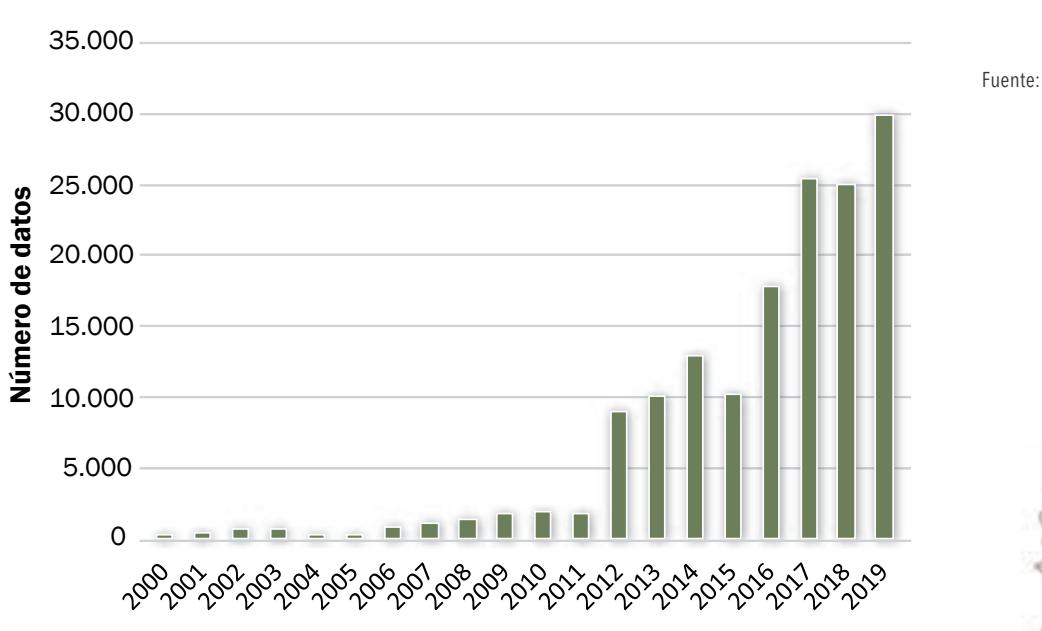
Cabe señalar que los resultados de la evaluación de la calidad del agua se obtuvieron con base en los datos del monitoreo realizado por los Países Miembros y puestos a disposición para este estudio, que excluye a Ecuador, Guyana, Venezuela y Surinam.

La metodología adoptada para la evaluación del "Estado" tiene en cuenta los estándares legales de calidad del agua de los Países Miembros de la OTCA. De esta forma, se consideraron los límites legales de cada país asociados al uso del agua para el abastecimiento público y la protección y conservación de los ambientes acuáticos. En caso de que existan límites diferentes, se han dividido en más y menos restrictivos.

Datos de monitoreo de la calidad del agua

La evaluación de la calidad del agua para el informe se basó en datos de monitoreo recibidos de Bolivia, Brasil, Colombia y Perú. La Figura 19 presenta un resumen del número de estos datos de monitoreo de la calidad del agua, que se refieren al período de 2000 a 2019⁵. Es posible observar un aumento significativo en los últimos tres años, que se relaciona principalmente con el monitoreo en Bolivia, que comenzó en esta cuenca solo en 2016.

Figura 19. Datos de monitoreo de la calidad del agua disponibles por año

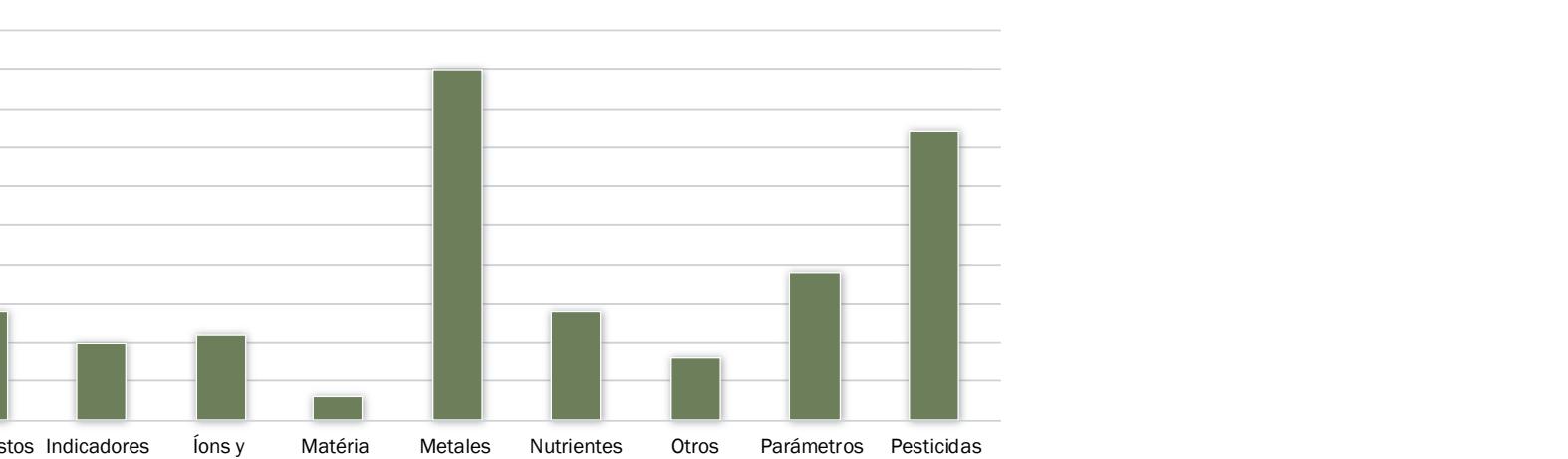


Los datos recibidos totalizan el seguimiento de 161 parámetros diferentes distribuidos en categorías según la Figura 20, con variación de estos parámetros por punto de seguimiento, incluso dentro de un mismo país. Si bien las categorías de metales y plaguicidas presentan más parámetros, en su mayoría son monitoreados en Perú, el país que presentó la mayor cantidad de datos.

Los parámetros más monitoreados en términos de distribución espacial son los de la categoría denominada *in situ*, que representan los determinados en campo, entre los que se destacan el pH – parámetro más monitoreado por todos los países –, el oxígeno disuelto, la temperatura, la turbidez y los sólidos.

⁵Cabe señalar que Ecuador no proporcionó datos de monitoreo, Guyana y Venezuela no monitorean la cuenca del Amazonas en su territorio y Surinam no tiene cuerpos de agua en la cuenca.

Figura 20. Parámetros monitoreados por categoría



Fuente: Cobrake (2021), adaptado de los datos recibidos de los Países Miembros.

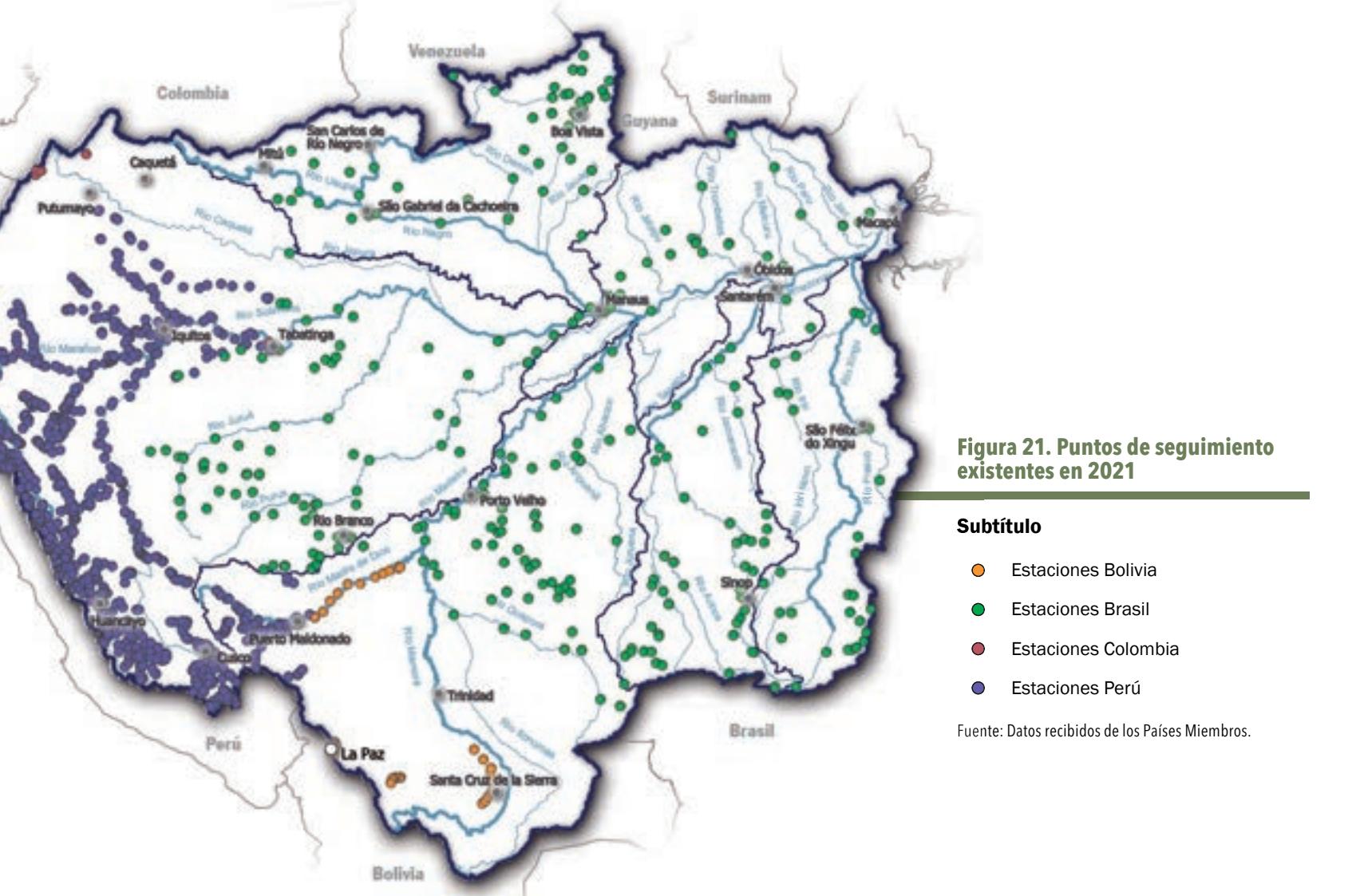
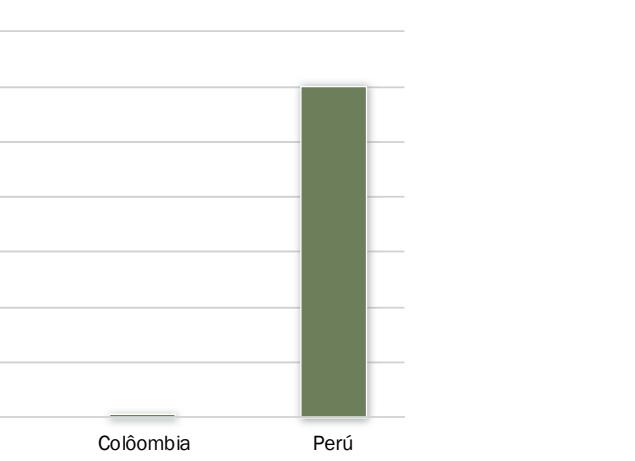


Figura 22. Datos monitoreo de la calidad del agua disponibles por país



Todos los datos recibidos (Figura 22) provienen de los 1938 puntos de monitoreo que se muestran en la Figura 21, resaltados por país.

Posteriormente pasaron por un proceso de consolidación, con el fin de excluir puntos con ubicaciones incorrectas y sin monitoreo de los parámetros seleccionados para el período de análisis, resultando en 705 estaciones. Como se muestra en la Figura 23, se distinguieron entre aquellos que presentaron datos solo para el año 2019 y aquellos que tenían un período mínimo de siete años de datos.

Otros datos de monitoreo

Debido a la gran extensión del territorio amazónico y los altos costos del monitoreo convencional, se han buscado alternativas tecnológicas para atender la necesidad del monitoreo hidrológico en su escala temporal y espacial.

ANA/Brasil, en asociación con el organismo de investigación francés Institut de Recherche pour le Développement (IRD), desarrolla desde 2009, a través de un convenio con la Agencia Brasileña de Cooperación, el Proyecto de Cooperación Técnica para el Monitoreo Hidrológico Espacial de Grandes Cuenca (MEG- Proyecto HIBA). El proyecto consiste en la obtención de datos hidrológicos recogidos de sensores satelitales, denominados "estaciones virtuales". Con estos radares se desarrollaron estimaciones del nivel de ríos y embalses e información para evaluar la calidad del agua. Estos resultados están disponibles en el portal Hidrosat⁶. Los datos de Hidrosat para la cuenca del Amazonas tienen información sobre la concentración de sedimentos en suspensión para 15 estaciones entre 2000 y 2021.

Un proyecto similar se está desarrollando a través del Servicio de Observación SO-Hybam (Hidrogeodinámica Actual de la Cuenca Amazónica)⁷, en operación desde 2003, en ocho países, con socios científicos y técnicos de Brasil, Francia, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Congo. SO-Hybam proporciona datos del ciclo del agua para la región de la cuenca amazónica a través de bases de datos y documentos en línea que ponen a disposición todo el contenido que ha generado el observatorio desde su creación. El monitoreo cuenta con 13 estaciones ubicadas en el área de interés de BHA y los parámetros analizados están organizados en categorías: físicos (temperatura, conductividad eléctrica), químicos (totalizando 46 parámetros diferentes analizados, incluido el pH).

⁶hidrosat.ana.gov.br.

nálisis de la calidad del agua

Con base en datos consolidados, el análisis de la calidad del agua en la cuenca del Amazonas se basó en tres aspectos:

- Análisis de la situación actual: representado por el promedio de los datos monitoreados por estación en 2019, considerando las características hidrogeoquímicas definidas por Ríos-Villamizar et al. (2020) y los límites legales de cada país;
- Análisis de tendencias: se verificó si hubo aumento, reducción o estabilidad en los valores monitoreados durante el período de monitoreo de siete años, lo que puede indicar que la condición de calidad del agua ha empeorado, mejorado o se ha mantenido constante en el período;
- Indicador de Contaminación Orgánica Potencial (IPPO): definido a partir de la estimación de la materia orgánica de los effuentes domésticos urbanos. Se realizó una estimación de las concentraciones resultantes de la dilución de la carga de DBO generada por la población urbana por los ríos amazónicos. Estas concentraciones se compararon con los límites definidos en la legislación de los países que contemplan este parámetro, para aguas destinadas al abastecimiento público y a la protección y conservación de los medios acuáticos, siguiendo la definición de agua de buena calidad de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU. Se destaca que la IPPO propuesta es específica para la Cuenca Amazónica, considerando la legislación vigente en los Países Miembros de la OTCA, y no debe ser aplicada a otras cuencas y en situaciones de alteración de la legislación. Esta compatibilidad resultó en las categorías de calidad del agua que se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2. Categorías del Indicador de Contaminación Orgánica Potencial (IPPO)

Categoría	IPPO	Interpretación
Excelente	≤ 1	El caudal del río es suficiente para diluir la carga entrante y mantener una concentración de DBO de hasta 5 mg/L
Buena	$1 < \text{IPPO} \leq 2$	El río necesitaría un caudal hasta 2 veces mayor que el actual para diluir la carga entrante y mantener una concentración de DBO de hasta 5 mg/L
Regular	$2 < \text{IPPO} \leq 4$	El río necesitaría un caudal entre 2 y 4 veces superior al actual para diluir la carga entrante y mantener una concentración de DBO de hasta 5 mg/L
Mala	$4 < \text{IPPO} \leq 8$	El río necesitaría un caudal entre 4 y 8 veces superior al actual para diluir la carga entrante y mantener una concentración de DBO de hasta 5 mg/L
Pesima	> 8	El río necesitaría un caudal superior a 8 veces el actual para diluir la carga recibida y mantener una concentración de DBO de hasta 5 mg/L

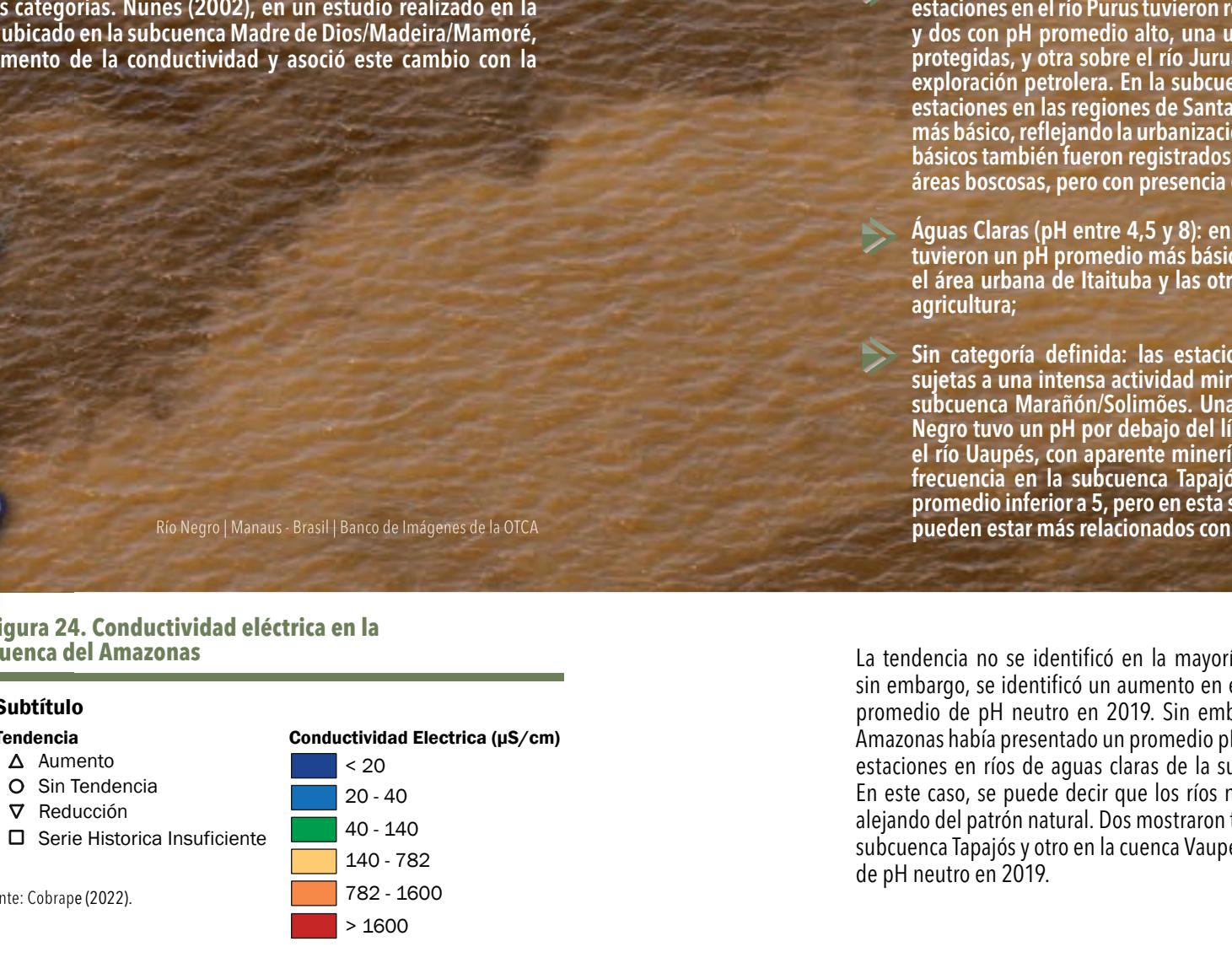
Se analizaron diez parámetros de calidad del agua: conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), fósforo, nitrato, oxígeno disuelto (OD), pH, sólidos disueltos totales y turbidez. Entre ellos se destacan la conductividad eléctrica y el pH, con más datos de monitoreo en la cuenca y directamente relacionados con las características hidrogeoquímicas de las aguas amazónicas, y el oxígeno disuelto (OD), consumido en el proceso de estabilización de la materia orgánica.

De los diez parámetros analizados en la elaboración del **Informe sobre la situación de la calidad del agua en la Cuenca Amazónica**, a continuación se presentan los principales resultados de tres de ellos (conductividad, pH, oxígeno disuelto), dada la representatividad de los datos y su relación con las características hidrogeoquímicas. Adicionalmente, se presenta el resultado de la IPPO estimada para BHA y las consideraciones sobre los metales, ya que la minería es una de las mayores presiones identificadas.

4.1. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La evaluación de la conductividad eléctrica en la Cuenca Amazónica, presentada en la Figura 24, indicó que en 2019 la mayoría de las estaciones presentaron valores promedio compatibles con el rango de valores esperados para cada tipo de agua. Se observaron excepciones para:

- Aguas Negras (conductividad $< 20 \mu\text{S/cm}$): tres estaciones en la subcuenca Maraño/Solimões, ubicadas en áreas propensas a inundaciones y con áreas de deforestación, mostraron conductividad superior a la esperada para esta categoría de agua. En la subcuenca Baixo Amazonas, tres presentaron valores promedio por debajo de lo esperado para esta categoría de agua;
- Aguas Intermedias Tipo A (conductividad promedio de $18,9 \mu\text{S/cm}$): la mayoría de las estaciones en ríos de esta categoría ubicados en la subcuenca Vaupés/Siapa/Negro presentaron promedios de conductividad superiores a los esperados. Esta situación también fue identificada en una estación en el río Teles Pires, en la subcuenca Tapajós, y en una en la subcuenca Xingu. En todos los casos, las áreas de drenaje de estas estaciones son áreas de deforestación y actividad agrícola. En la subcuenca Baixo Amazonas, algunos presentaron valores medios por debajo de lo esperado, aunque se identificaron algunos focos de deforestación. Se encontraron valores muy por debajo de lo esperado en las estaciones ubicadas en las cabeceras de los ríos de la subcuenca Xingu, a pesar de la intensa actividad agrícola;
- Aguas Intermedias Tipo B (conductividad promedio de $21,9 \mu\text{S/cm}$): esta categoría ocurre solo en la subcuenca Maraño/Solimões, en la cual solo una estación presentó un valor promedio muy superior al esperado, lo que puede estar asociado con la deforestación que ocurre en la región;



4.2. pH

Aguas Blancas (conductividad entre 30 y 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$): se han informado valores inferiores a 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en dos estaciones en el río Madeira. Se observaron valores superiores a 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en una estación en el río Maraño y otra en el río Solimões, ambas ubicadas en áreas sujetas a inundaciones, lo que puede explicar los valores más altos. Estos altos valores también se verificaron en diez estaciones en el río Piraí, en una región de intensa urbanización en la ciudad de Santa Cruz de La Sierra;

- Aguas Claras (conductividad entre 5 y 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$): la mayoría de las estaciones ubicadas en los ríos de esta categoría presentaron valores medios compatibles con el rango de valores esperado. Las excepciones ocurrieron en dos de las subcuencas Madre de Dios/Madeira/Mamoré, que tuvieron una conductividad promedio superior a 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estas estaciones están ubicadas en tramos cercanos a la transición de categorías, sobre los ríos Mamoré y Guaporé;
- Sin categoría definida: siete estaciones en la subcuenca Maraño/Solimões presentaron valores superiores al límite legal, 1.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en las que la minería legal e ilegal fue identificada como la mayor presión.

Fuente: Cobrapi (2022).

Los promedios de pH más básicos en la BHA se concentran en la subcuenca Maraño/Solimões, mientras que varias de las otras subcuencas tienen la mayoría de los promedios cercanos al pH neutro, con algunos puntos específicos más ácidos y más básicos incluso que el superior. Limitar el rango legal (5 a 9). En general, los promedios encontrados están de acuerdo con lo establecido en la legislación de todos los países y de acuerdo con lo esperado para cada tipo de agua (Figura 25), con las siguientes excepciones:

- Aguas negras (pH entre 4 y 5): solo dos estaciones en la subcuenca Maraño/Solimões tuvieron un pH más neutro que el esperado para aguas negras. Se ubican sobre los ríos Javari y Tefé, cerca de pequeños núcleos de población;
- Aguas Intermedias Tipo A (pH promedio de 5,9): la mayoría de las estaciones sobre ríos de este tipo en la subcuenca Vaupés/Siapa/Negro tuvieron un pH más básico o más ácido de lo esperado, y se encuentran en áreas con intensa actividad agrícola. Lo mismo se observó en las subcuencas Tapajós y Xingu, con énfasis en los ríos Teles Pires, Azul, Iriy y Curuá. En estas subcuencas existe una intensa actividad agrícola, además de minería legal e ilegal, principalmente en la subcuenca Xingu;
- Aguas Intermedias Tipo B (pH promedio de 6,1): en la subcuenca Maraño/Solimões, más específicamente en la cuenca del río Purús, muchas estaciones presentaron pH más básico de lo esperado. Están en regiones de intensa deforestación y agricultura;
- Águas Blancas (pH cercano a 7): en la subcuenca Maraño/Solimões, dos estaciones en el río Purús tuvieron resultados de pH por debajo de lo esperado y dos con pH promedio alto, una ubicada en el río Maraño, cerca de áreas protegidas, y otra sobre el río Juruá, donde se dan llanuras de inundación y exploración petrolera. En la subcuenca Madre de Dios/Madeira/Mamoré, las estaciones en las regiones de Santa Cruz de La Sierra y La Paz tuvieron un pH más básico, reflejando la urbanización y actividades relacionadas. Valores más básicos también fueron registrados en el río Aripuaná, donde predominan las áreas boscosas, pero con presencia de agricultura y ganadería;

Fuente: Cobrapi (2022).

➤ Águas Claras (pH entre 4,5 y 8): en la subcuenca del Tapajós, tres estaciones tuvieron un pH promedio más básico de lo esperado, una de ellas ubicada en el área urbana de Itaituba y las otras dos en áreas sujetas a deforestación y agricultura;

- Sin categoría definida: las estaciones de los ríos Colquiijira y Huallaga, sujetas a una intensa actividad minera, presentaron pH con alta acidez en la subcuenca Maraño/Solimões. Una estación en la subcuenca Vaupés/Siapa/Negro tuvo un pH por debajo del límite inferior legal (5), está ubicada sobre el río Uaupés, con aparente minería ilegal. Esta situación ocurrió con mayor frecuencia en la subcuenca Tapajós, donde siete estaciones tenían un pH promedio inferior a 5, pero en esta subcuenca los extremos de pH observados pueden estar más relacionados con la actividad agrícola.

Fuente: Cobrapi (2022).

4.3. OXÍGENO DISUELTO (OD)

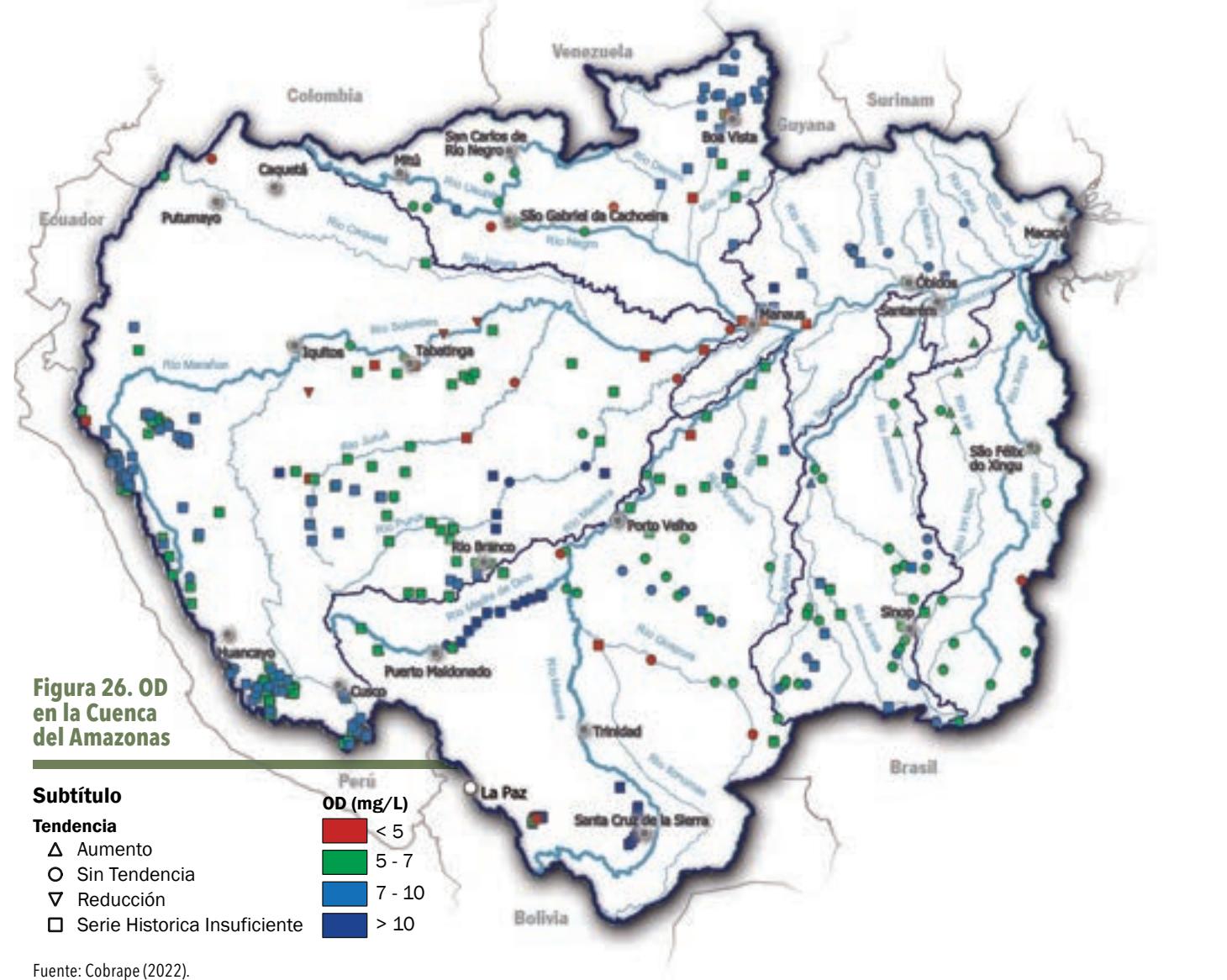
La mayoría de las estaciones analizadas presentaron buenas condiciones de calidad del agua en términos de concentración de oxígeno disuelto, con promedios superiores a 5 mg/L, mínimo legal adoptado por los Países Miembros de la OTCA, como se muestra en la Figura 26.

En la subcuenca Maraño/Solimões, dos estaciones indicaron una tendencia al alza en la concentración de OD y cuatro a la baja, configurando una situación más preocupante, ya que presentaron un promedio por debajo de 5 mg/L en 2019. Todas estas estaciones están cerca de zonas urbanas, ocupaciones y en zonas inundables, una ubicada sobre el río Javari, de aguas negras, y las otras sobre el río Solimões, de aguas blancas. Además de estos cuatro con tendencia, 21 más tuvieron un OD promedio por debajo de 5 mg/L en 2019, la mayoría ubicados en llanuras aluviales. También es frecuente la ocurrencia de áreas mineras cercanas a estas estaciones.

Solo una estación en la subcuenca del Tapajós tiene una baja concentración de OD, ubicada en el río Arinos, cerca de áreas naturales protegidas, pero sujetas a inundaciones, lo que puede ser la causa de este valor, ya que las otras estaciones en este río presentan mejores resultados para el parámetro.

En la subcuenca del río Xingú, solo una estación indicó una concentración inferior a 5 mg/L, por lo que es crítica. Está ubicada sobre el río Comandante Fontoura, con una característica Intermedia tipo A, en una región de intensa actividad agrícola.



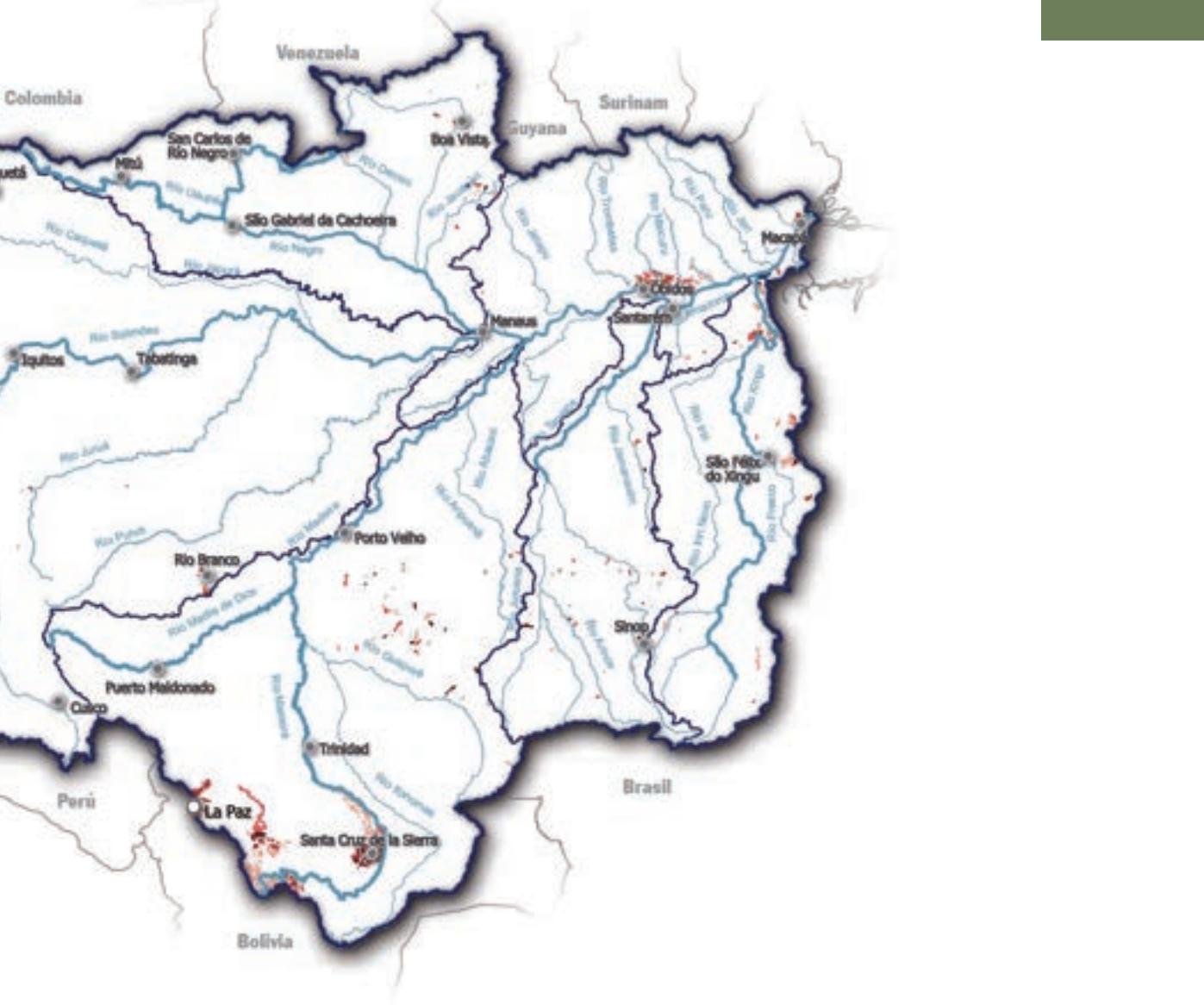


4.4. INDICADOR DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA POTENCIAL (ICOP)

De acuerdo con la Figura 27, la mayoría de los BHA presentaron ICOP compatibles con la categoría "Excelente", lo cual era esperado, ya que se estima en función de la población, que es densa en puntos específicos, lo que resulta en el destaque de las áreas urbanas más grandes como regiones, con agua de mala calidad. Entre ellas se destaca Santa Cruz de La Sierra, la mayor área con ICOP de mala calidad en el BHA, ubicada en la subcuenca Madre de Dios/Madeira/Mamoré, en la que se encuentran la ciudad boliviana de Cochabamba y las ciudades brasileñas Rolim de Moura, Cacoal y Espigão d'Oeste.

En las subcuenca Marañón/Solimões, Tapajós y Xingu, pequeñas regiones presentaron IPPO de baja calidad, con evidencias para Río Branco, Sinop y Altamira, en Brasil. Una mayor área de criticidad, con ICOP muy pobre, se observa en la subcuenca Baixo Amazonas, cerca

del río Curuá, en los municipios paraenses de Óbidos, Curuá y Alenquer. En la subcuenca Vaupés/Siapa/Negro, se observan regiones con muy mala ICOP principalmente en Boa Vista y Manaus. Sobre este municipio, vale la pena señalar que tiene la mayor población, pero con una mancha aparentemente pequeña en relación con la criticidad porque el área urbana de Manaus se encuentra en dos subcuenca diferentes: Vaupés/Siapa/Negro y Baixo Amazonas. Además, dentro de la metodología empleada, la ubicación de la mayoría de la población en Manaus coincide con el río Negro, cuyo caudal es bastante alto y facilita la dilución de las aguas residuales. Sin embargo, parte de los igarapés y pequeños cuerpos de agua que atraviesan el municipio presentan una situación crítica en cuanto a la contaminación por efluentes.



4.5. METALES

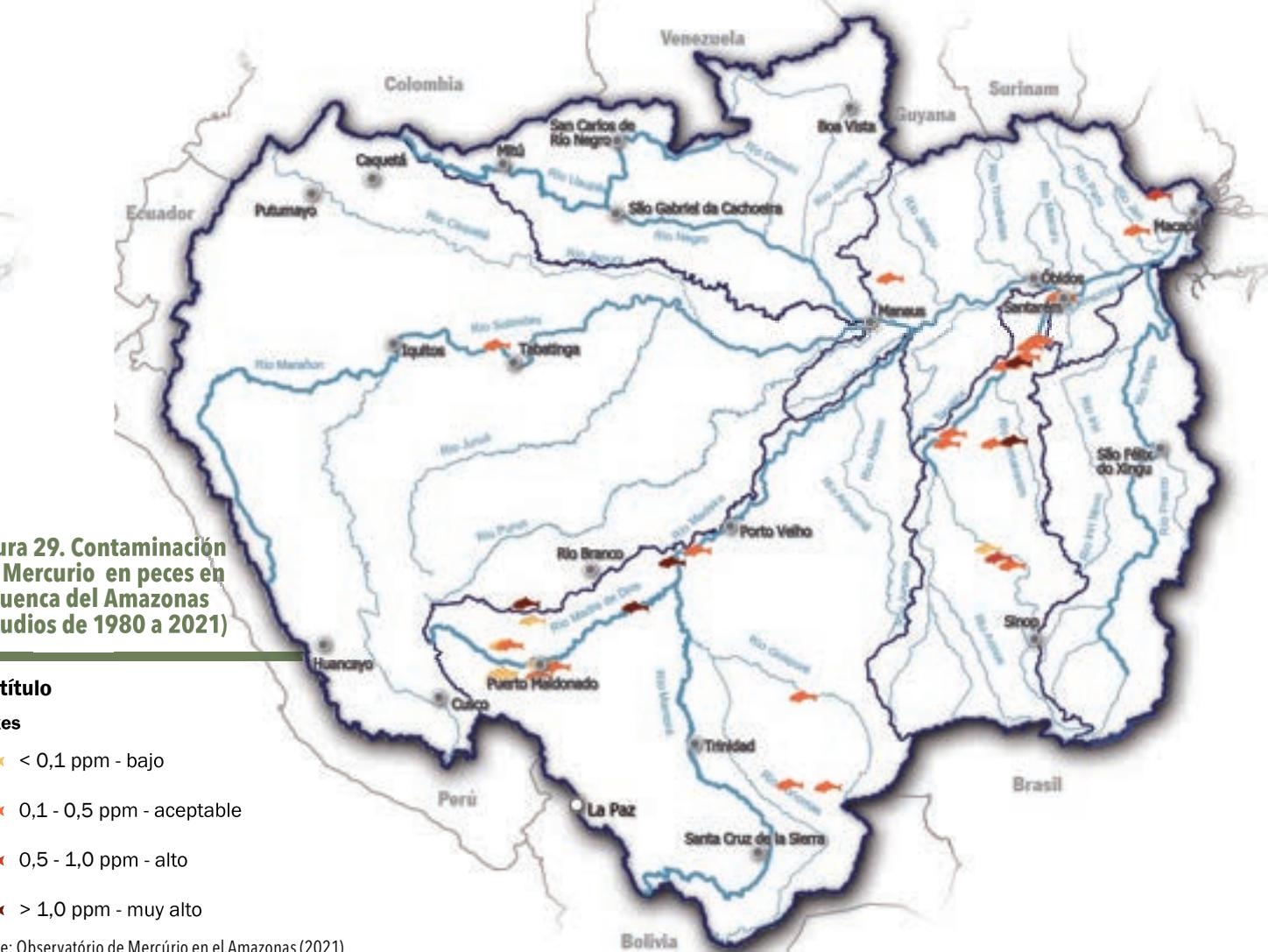
Con respecto al mercurio, cuyo impacto es el más estudiado en la cuenca, todos los promedios de monitoreo de 2019 en Perú no superaron el límite legal más restrictivo (0,0001 mg/L) y seis estaciones en la subcuenca Marañón/Solimões con datos suficientes para el análisis de tendencias indicó una reducción en las concentraciones, de las cuales cinco son las mismas donde las concentraciones de arsénico estaban entre el límite más restrictivo y el más permisible. La otra estación está ubicada sobre el río Marañón, en la localidad de San Juan Bautista, distrito de Maynas (Perú), en una zona donde se desarrolla actividad agrícola, además de estar rodeada de minería ilegal. En la subcuenca Madre de Dios/Madeira/Mamoré no se identificó ninguna tendencia.

El mercurio (metal) y el arsénico (semimetal - metaloide) se analizaron en términos de promedio en 2019 y tendencia. Es de destacar que estos metales se encuentran entre los de baja solubilidad y por lo tanto tienen bajas concentraciones en aguas superficiales. Aunque bajos, pueden tener efectos nocivos en los organismos acuáticos, especialmente en los peces y otros organismos superiores en la cadena alimentaria. Esto se debe a que los organismos vivos no metabolizan estos metales, por lo que cualquier concentración puede considerarse dañina (VON SPERLING, 2005). Además, al no ser metabolizados ni excretados, se produce el proceso de bioacumulación, en el que el organismo siempre expuesto a esta sustancia ha aumentado su concentración a lo largo de su vida. Según Caín *et al.* (2018), la bioacumulación puede conducir a un aumento en la concentración de estos compuestos en animales en la parte superior de la cadena alimentaria, ya que los animales en cada nivel trófico consumen presas con concentraciones más altas, proceso conocido como biomagnificación.

Por lo tanto, los resultados de los promedios monitoreados para estos parámetros solo sirven como una indicación de la presencia o ausencia de estas sustancias en el agua. Los estudios específicos sobre la concentración de metales en los organismos vivos son más representativos de los efectos nocivos de la minería en la calidad del agua y la salud humana.

La minería ilegal, combinada con la quema y la deforestación, está aumentando la contaminación del agua, el suelo, los animales, las plantas y las personas. El diario El País, en 2021, trajo evidencia de la estela de destrucción del mercado ilegal del oro brasileño en los recursos hídricos, la flora, la fauna fluvial y la salud de los pueblos indígenas en Jacareacanga, en el suroeste del estado de Pará.

La actividad petrolera también es una fuente de contaminación por metales. Yusta-García *et al.* (2017) realizaron un estudio con 2.961 muestras de agua y 652 análisis químicos de aguas residuales, provenientes de instituciones gubernamentales e informes de empresas petroleras, recolectadas en cuatro cuencas de los ríos amazónicos (Marañón, Tigre, Corrientes y Pastaza) y sus afluentes, e identificaron que un número significativo de muestras de agua mostraron niveles de cadmio, bario, cromo y plomo que no cumplen con los estándares de agua peruanos e internacionales.





5. RESPUESTAS A LAS PRESIONES IDENTIFICADAS

Varias civilizaciones y pueblos originarios de la cuenca del Amazonas ya contaban con tecnología avanzada de gestión del agua siglos antes de la llegada de los europeos. La extensa red de canales, fuentes y sistemas de riego, drenaje y control de erosión establecidos por el Imperio Inca en Machu Picchu aún hoy son impresionantes. (WRIGHT, K.R., 2021).

Machu Picchu | Perú | Banco de Imágenes de iStockokenFreepick

Las respuestas que los gobiernos y la sociedad han dado a la degradación de la calidad de las aguas superficiales en la Amazonía involucran una amplia variedad de acciones relacionadas con políticas públicas que generan legislación, reglamentos, acciones de mando y control, obras, programas, proyectos, además de los relacionados con la participación de la sociedad civil y sectores usuarios del agua.

Para este producto se sintetizaron y seleccionaron algunas de las respuestas más significativas a las principales presiones en la cuenca amazónica. Cabe señalar que una "respuesta" en el contexto de la metodología Presión-Estado-Respuesta está ligada a la reducción de impactos derivados de la presión, pero no necesariamente a uno solo, ya que puede haber respuestas a varias presiones.

Tampoco fue posible medir linealmente cómo las respuestas enumeradas aquí se reflejaron directamente en el estado de la calidad del agua, considerando la base de datos actual para la cuenca del Amazonas, principalmente porque tanto las presiones como las respuestas a menudo alteran la calidad del agua indirectamente o con un lapso de tiempo que es difícil de medir sin un monitoreo continuo y en una escala adecuada.

Algunas de estas acciones regionales se describen brevemente a continuación. Este no es un análisis exhaustivo de todas las acciones relacionadas con la calidad del agua superficial, sino un intento de resumir las principales acciones. Además de estas respuestas, también se presentan acciones para mejorar el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del Amazonas.

Minería

El principal problema relacionado con la minería en la cuenca del Amazonas es la extracción ilegal de oro que contamina los ríos con mercurio y sedimentos.

Según OTCA/PNUMA (2018), es necesario promover estudios sobre los impactos de la contaminación por mercurio en la cuenca amazónica e implementar programas de recuperación de áreas degradadas por la minería.

En cuanto a los estudios, una iniciativa importante fue la creación del Observatorio de Mercurio desarrollado por WWF-Brasil, en alianza con Fiocruz, CINCIA y otras instituciones, que reúne estudios e información sobre la contaminación por mercurio en la región amazónica y permite su visualización en forma georeferenciada del camino.

En cuanto a los acuerdos en la materia, el Convenio de Minamata sobre el Mercurio tiene como principal objetivo proteger el medio ambiente y la salud humana de las emisiones de mercurio y compuestos, estableciendo una serie de medidas para lograr este propósito.

Actualmente, la convención cuenta con 137 países signatarios y, entre los países que conforman la cuenca amazónica, solo Venezuela no es miembro.

Tres países de la cuenca actuaron de manera más efectiva en relación con la reducción del uso de mercurio, con la formulación de políticas públicas basadas en el Convenio de Minamata: Perú, Colombia y recientemente Ecuador.

Perú adoptó un plan de acción intersectorial para dar cumplimiento a lo establecido en el convenio y, entre las medidas adoptadas, un proyecto de ley que busca prohibir la extracción de mercurio en su territorio, la aprobación de un plan nacional de minería artesanal y la definición de procedimientos para la importación y exportación de mercurio, además de trabajar para mejorar la trazabilidad del mercurio que ingresa ilegalmente al país (INSTITUTO IGARAPÉ, 2021).

Colombia aprobó la Ley nº 1.658/2013, que regula el uso y venta de mercurio en todas las actividades industriales y, en los términos de esa ley, estableció la meta de erradicar el uso de mercurio en las operaciones mineras en un plazo de cinco años. Además, adoptó varias medidas para eliminar progresivamente el uso de mercurio, reemplazándolo por tecnologías limpias en todas las áreas donde se utiliza (INSTITUTO IGARAPÉ, 2021).

En 2020, Ecuador creó un plan de acción específico para la minería artesanal y de pequeña escala en el país, denominado "Plan de Acción Nacional sobre el uso de Mercurio en la

Minería Artesanal y de Pequeña Escala de Oro en Ecuador de conformidad con el Convenio de Minamata en Mercurio". El objetivo de este plan es reducir o eliminar el uso de mercurio en el sector del oro mediante la definición de líneas estratégicas de trabajo, acciones y actividades.

También es importante destacar la iniciativa de Conservación Estratégica(CSF) y el Ministerio Público Federal de Brasil, con la creación de la "Calculadora de Impáctos de Garimpo Illegal de Ouro", una herramienta analítica y pedagógica para describir los impactos del oro ilegal.

minería, además de valores monetarios y el paso a paso para su medición.

El Convenio de Minamata, si es puesto en práctica por todos los países de la cuenca del Amazonas, constituirá una respuesta importante para mitigar la presencia de mercurio en los ríos amazónicos.

Saneamiento básico

Los países amazónicos cuentan con legislación sobre saneamiento básico para poder brindar este importante servicio a la población. Sin embargo, en general, los niveles de recolección y tratamiento de aguas residuales y residuos sólidos aún son bajos en la cuenca amazónica.

Bolivia cuenta con un conjunto de obras legales que versan sobre temas ambientales y de saneamiento, habiéndose establecido que los servicios de saneamiento serán prestados por empresas estatales, públicas, comunitarias, cooperativas o mixtas.

Brasil cuenta con la Agencia Nacional de Agua y Saneamiento Básico (ANA), que en 2020, con la modificación del Marco Jurídico de Saneamiento, pasó a establecer normas de referencia para los servicios de saneamiento en el país, regidas por la Ley nº 11.445/07. Este Marco Legal, además de cambiar las actividades de la agencia, estableció nuevos lineamientos para alcanzar las metas del sector al 2030.

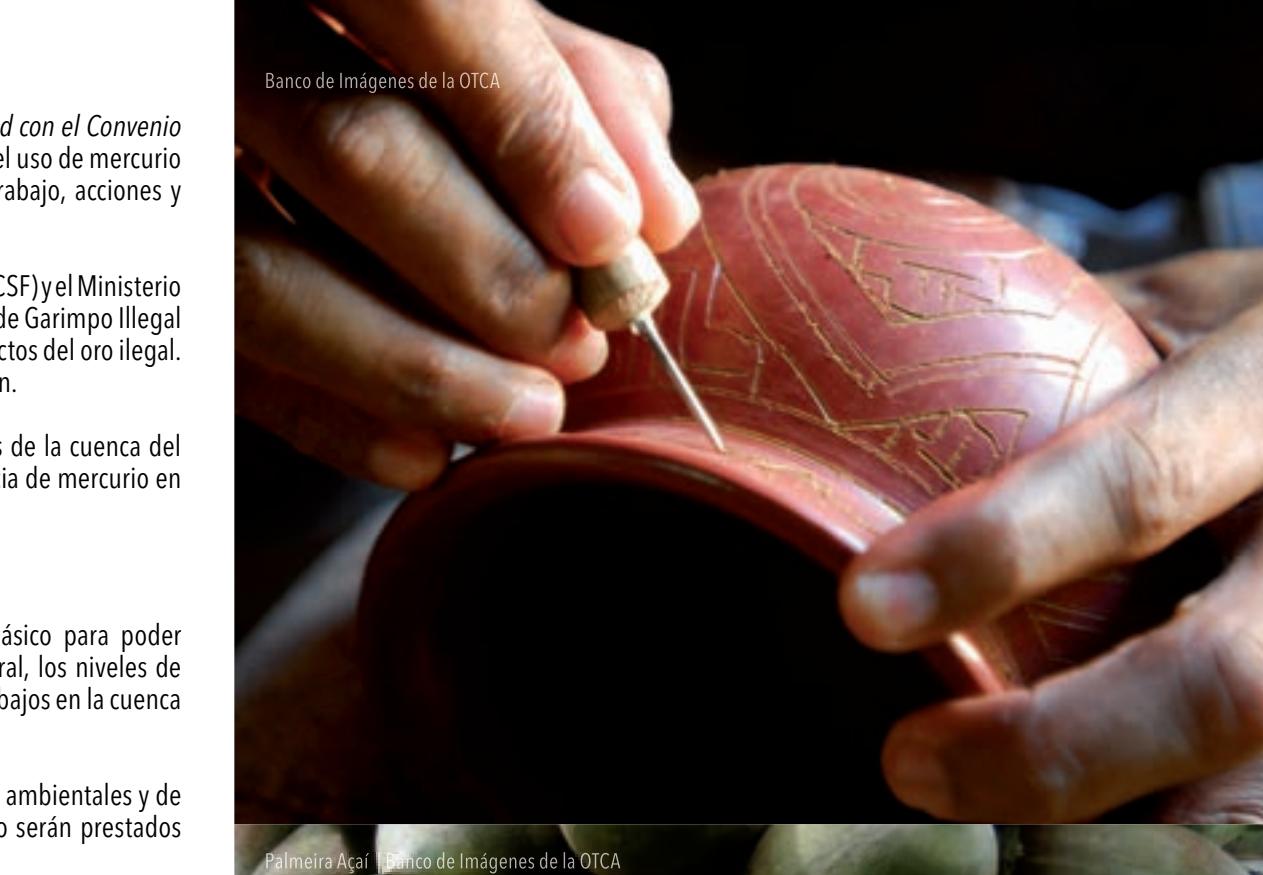
En Colombia, la Constitución hace referencia específica al saneamiento, al financiamiento de los servicios prioritarios y al bienestar de la población con acceso al agua de manera equitativa. La Ley nº 373/97 recomienda que todo plan regional y municipal incorpore un programa para el uso eficiente y económico del agua, en línea con los proyectos adoptados por los usuarios de agua y los prestadores de servicios de saneamiento. La Constitución de Ecuador menciona que los gobiernos provinciales son responsables de prestar los servicios de saneamiento, es decir, el abastecimiento de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

Guyana no cuenta con una legislación específica para el saneamiento, pero sí con una Ley de Agua y Alcantarillado, que es el marco normativo en cuanto a parámetros para el desarrollo de la política nacional del agua. El Ministerio de Vivienda y Agua está vinculado al saneamiento básico.

En el Perú, la Autoridad Nacional del Agua es el organismo encargado de administrar y monitorear las fuentes naturales de agua, autorizar los volúmenes de agua captados por los prestadores de servicios de saneamiento, evaluar los instrumentos ambientales, otorgar derechos de uso de agua, autorizar la descarga de efluentes y reuso de aguas residuales tratadas, para la autorización de obras en fuentes naturales y para la conducción del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos.

Finalmente, en Venezuela tampoco existe una legislación específica en materia de saneamiento, sin embargo, su Carta Magna establece que los servicios de saneamiento básico son competencia municipal. En cuanto a los instrumentos de planificación, se destaca el "Plan de Acción Regional de Agua Potable, Saneamiento Básico y Manejo de Residuos Sólidos", que está siendo elaborado por la OTCA con el apoyo del BID.

Este plan identificará áreas críticas y presentará un modelo de información regional, con análisis para cada país y región. También presentará recomendaciones de modernización, innovación y mejores prácticas, propuestas de gobernanza y medidas por país. Con base en la información recabada, se elaborará un Plan Estratégico Transfronterizo para la prestación



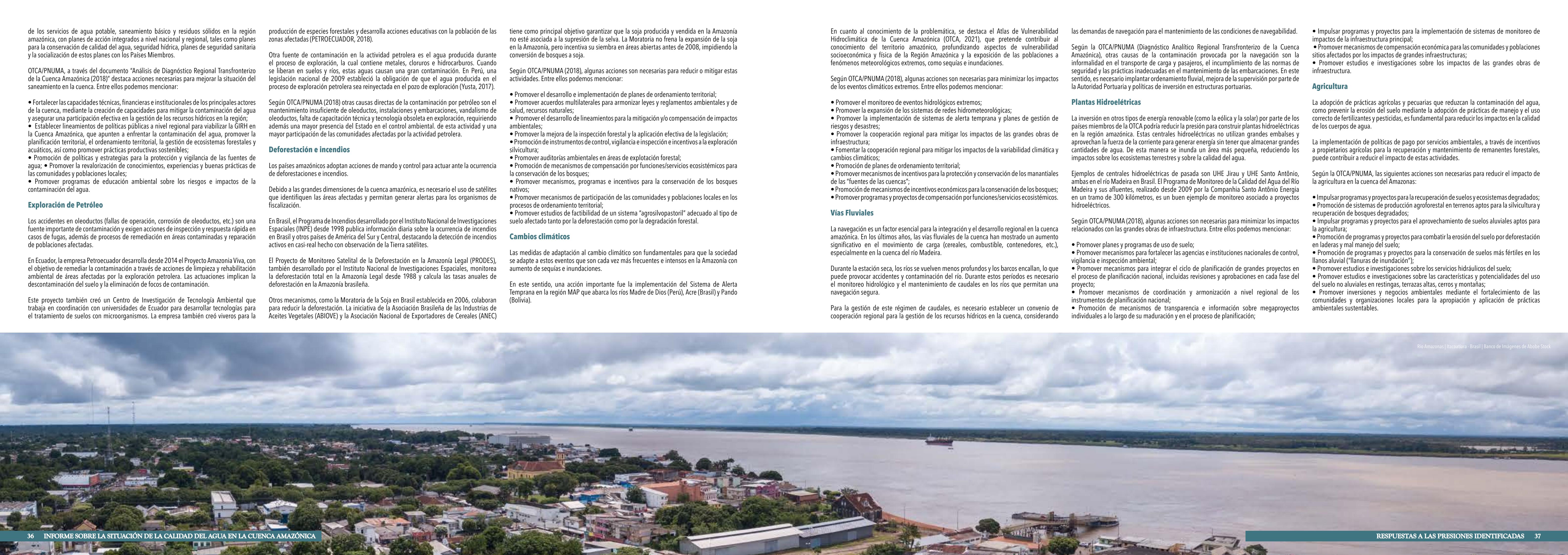
Banco de Imágenes de la OTCA



Palmeira Açaí | Banco de Imágenes de la OTCA



Pareja de Loros | Banco de Imágenes de la OTCA



de los servicios de agua potable, saneamiento básico y residuos sólidos en la región amazónica, con planes de acción integrados a nivel nacional y regional, tales como planes para la conservación de calidad del agua, seguridad hídrica, planes de seguridad sanitaria y la socialización de estos planes con los Países Miembros.

OTCA/PNUMA, a través del documento "Análisis de Diagnóstico Regional Transfronterizo de la Cuenca Amazónica (2018)" destaca acciones necesarias para mejorar la situación del saneamiento en la cuenca. Entre ellos podemos mencionar:

- Fortalecer las capacidades técnicas, financieras e institucionales de los principales actores de la cuenca, mediante la creación de capacidades para mitigar la contaminación del agua y asegurar una participación efectiva en la gestión de los recursos hídricos en la región;
- Establecer lineamientos de políticas públicas a nivel regional para viabilizar la GIRDH en la Cuenca Amazónica, que apunten a enfrentar la contaminación del agua, promover la planificación territorial, el ordenamiento territorial, la gestión de ecosistemas forestales y acuáticos, así como promover prácticas productivas sostenibles;
- Promoción de políticas y estrategias para la protección y vigilancia de las fuentes de agua;
- Promover la revalorización de conocimientos, experiencias y buenas prácticas de las comunidades y poblaciones locales;
- Promover programas de educación ambiental sobre los riesgos e impactos de la contaminación del agua.

Exploración de Petróleo

Los accidentes en oleoductos (fallas de operación, corrosión de oleoductos, etc.) son una fuente importante de contaminación y exigen acciones de inspección y respuesta rápida en casos de fugas, además de procesos de remediación en áreas contaminadas y reparación de poblaciones afectadas.

En Ecuador, la empresa Petroecuador desarrolla desde 2014 el Proyecto Amazonia Viva, con el objetivo de remediar la contaminación a través de acciones de limpieza y rehabilitación ambiental de áreas afectadas por la exploración petrolera. Las actuaciones implican la descontaminación del suelo y la eliminación de focos de contaminación.

Este proyecto también creó un Centro de Investigación de Tecnología Ambiental que trabaja en coordinación con universidades de Ecuador para desarrollar tecnologías para el tratamiento de suelos con microorganismos. La empresa también creó viveros para la

producción de especies forestales y desarrolla acciones educativas con la población de las zonas afectadas (PETROECUADOR, 2018).

Otra fuente de contaminación en la actividad petrolera es el agua producida durante el proceso de exploración, la cual contiene metales, cloruros y hidrocarburos. Cuando se liberan en suelos y ríos, estas aguas causan una gran contaminación. En Perú, una legislación nacional de 2009 estableció la obligación de que el agua producida en el proceso de exploración petrolera sea reinyectada en el pozo de exploración (Yusta, 2017).

Según OTCA/PNUMA (2018) otras causas directas de la contaminación por petróleo son el mantenimiento insuficiente de oleoductos, instalaciones y embarcaciones, vandalismo de oleoductos, falta de capacitación técnica y tecnología obsoleta en exploración, requiriendo además una mayor presencia del Estado en el control ambiental de esta actividad y una mayor participación de las comunidades afectadas por la actividad petrolera.

Deforestación e incendios

Los países amazónicos adoptan acciones de mando y control para actuar ante la ocurrencia de deforestaciones e incendios.

Debido a las grandes dimensiones de la cuenca amazónica, es necesario el uso de satélites que identifiquen las áreas afectadas y permitan generar alertas para los organismos de fiscalización.

En Brasil, el Programa de Incendios desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) desde 1998 publica información diaria sobre la ocurrencia de incendios en Brasil y otros países de América del Sur y Central, destacando la detección de incendios activos en casi-real hecho con observación de la Tierra satélite.

El Proyecto de Monitoreo Satelital de la Deforestación en la Amazonía Legal (PRODES), también desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales, monitorea la deforestación total en la Amazonía Legal desde 1988 y calcula las tasas anuales de deforestación en la Amazonía brasileña.

En este sentido, una acción importante fue la implementación del Sistema de Alerta Temprana en la región MAP que abarca los ríos Madre de Dios (Perú), Acre (Brasil) y Pando (Bolivia).

Otros mecanismos, como la Moratoria de la Soja en Brasil establecida en 2006, colaboran para reducir la deforestación. La iniciativa de la Asociación Brasileña de las Industrias de Aceites Vegetales (ABIOVE) y la Asociación Nacional de Exportadores de Cereales (ANEC)

tiene como principal objetivo garantizar que la soja producida y vendida en la Amazonía no esté asociada a la supresión de la selva. La Moratoria no frena la expansión de la soja en la Amazonía, pero incentiva su siembra en áreas abiertas antes de 2008, impidiendo la conversión de bosques a soja.

Según OTCA/PNUMA (2018), algunas acciones son necesarias para reducir o mitigar estas actividades. Entre ellos podemos mencionar:

- Promover el desarrollo e implementación de planes de ordenamiento territorial;
- Promover acuerdos multilaterales para armonizar leyes y reglamentos ambientales y de salud, recursos naturales;
- Promover el desarrollo de lineamientos para la mitigación y/o compensación de impactos ambientales;
- Promover la mejora de la inspección forestal y la aplicación efectiva de la legislación;
- Promoción de instrumentos de control, vigilancia e inspección e incentivos a la exploración silvicultura;
- Promover auditorías ambientales en áreas de explotación forestal;
- Promoción de mecanismos de compensación por funciones/servicios ecosistémicos para la conservación de los bosques;
- Promover mecanismos, programas e incentivos para la conservación de los bosques nativos;
- Promover mecanismos de participación de las comunidades y poblaciones locales en los procesos de ordenamiento territorial;
- Promover estudios de factibilidad de un sistema "agrosilvopastoril" adecuado al tipo de suelo afectado tanto por la deforestación como por la degradación forestal.

Cambios climáticos

Las medidas de adaptación al cambio climático son fundamentales para que la sociedad se adapte a estos eventos que son cada vez más frecuentes e intensos en la Amazonía con aumento de sequías e inundaciones.

El Proyecto de Monitoreo Satelital de la Deforestación en la Amazonía Legal (PRODES), también desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales, monitorea la deforestación total en la Amazonía Legal desde 1988 y calcula las tasas anuales de deforestación en la Amazonía brasileña.

En este sentido, una acción importante fue la implementación del Sistema de Alerta Temprana en la región MAP que abarca los ríos Madre de Dios (Perú), Acre (Brasil) y Pando (Bolivia).

Otros mecanismos, como la Moratoria de la Soja en Brasil establecida en 2006, colaboran para reducir la deforestación. La iniciativa de la Asociación Brasileña de las Industrias de Aceites Vegetales (ABIOVE) y la Asociación Nacional de Exportadores de Cereales (ANEC)

En cuanto al conocimiento de la problemática, se destaca el Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Cuenca Amazónica (OTCA, 2021), que pretende contribuir al conocimiento del territorio amazónico, profundizando aspectos de vulnerabilidad socioeconómica y física de la Región Amazónica y la exposición de las poblaciones a fenómenos meteorológicos extremos, como sequías e inundaciones.

Según OTCA/PNUMA (2018), algunas acciones son necesarias para minimizar los impactos de los eventos climáticos extremos. Entre ellos podemos mencionar:

- Promover el monitoreo de eventos hidrológicos extremos;
- Promover la expansión de los sistemas de redes hidrometeorológicas;
- Promover la implementación de sistemas de alerta temprana y planes de gestión de riesgos y desastres;
- Promover la cooperación regional para mitigar los impactos de las grandes obras de infraestructura;
- Fomentar la cooperación regional para mitigar los impactos de la variabilidad climática y cambios climáticos;
- Promoción de planes de ordenamiento territorial;
- Promover mecanismos de incentivos para la protección y conservación de los manantiales de las "fuentes de las cuencas";
- Promoción de mecanismos de incentivos económicos para la conservación de los bosques;
- Promover programas y proyectos de compensación por funciones/servicios ecosistémicos.

Vías Fluviales

La navegación es un factor esencial para la integración y el desarrollo regional en la cuenca amazónica. En los últimos años, las vías fluviales de la cuenca han mostrado un aumento significativo en el movimiento de carga (cereales, combustible, contenedores, etc.), especialmente en la cuenca del río Madeira.

Durante la estación seca, los ríos se vuelven menos profundos y los barcos encallan, lo que puede provocar accidentes y contaminación del río. Durante estos períodos es necesario el monitoreo hidrológico y el mantenimiento de caudales en los ríos que permitan una navegación segura.

Para la gestión de este régimen de caudales, es necesario establecer un convenio de cooperación regional para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca, considerando

las demandas de navegación para el mantenimiento de las condiciones de navegabilidad. Impulsar programas y proyectos para la implementación de sistemas de monitoreo de impactos de la infraestructura principal;

- Promover mecanismos de compensación económica para las comunidades y poblaciones sitiados afectados por los impactos de grandes infraestructuras;
- Promover estudios e investigaciones sobre los impactos de las grandes obras de infraestructura.

Agricultura

La adopción de prácticas agrícolas y pecuarias que reduzcan la contaminación del agua, como prevenir la erosión del suelo mediante la adopción de prácticas de manejo y el uso correcto de fertilizantes y pesticidas, es fundamental para reducir los impactos en la calidad de los cuerpos de agua.

La implementación de políticas de pago por servicios ambientales, a través de incentivos a propietarios agrícolas para la recuperación y mantenimiento de remanentes forestales, puede contribuir a reducir el impacto de estas actividades.

Según la OTCA/PNUMA, las siguientes acciones son necesarias para reducir el impacto de la agricultura en la cuenca del Amazonas:

- Impulsar programas y proyectos para la recuperación de suelos y ecosistemas degradados;
- Promoción de sistemas de producción agroforestal en terrenos aptos para la silvicultura y recuperación de bosques degradados;
- Impulsar programas y proyectos para el aprovechamiento de suelos aluviales aptos para la agricultura;
- Promoción de programas y proyectos para combatir la erosión del suelo por deforestación en laderas y mal manejo del suelo;
- Promoción de programas y proyectos para la conservación de suelos más fértiles en los llanos aluviales ("llanuras de inundación");
- Promover estudios e investigaciones sobre los servicios hidráulicos del suelo;
- Promover estudios e investigaciones sobre las características y potencialidades del uso del suelo no aluvial en restingas, terrazas altas, cerros y montañas;
- Promover inversiones y negocios ambientales mediante el fortalecimiento de las comunidades y organizaciones locales para la apropiación y aplicación de prácticas ambientales sustentables.

Monitoreo de la calidad del agua

Red Regional de Monitoreo de la Calidad de las Aguas Superficiales

a Red Regional de Monitoreo de la Calidad de las Aguas Superficiales de la Región Amazónica (RR-MQA), ilustrada en la Figura 30, cuyo proyecto fue aprobado recientemente por los Países Miembros de la OTCA, constituye una respuesta de gran impacto para la calidad del agua, ya que establecerá un monitoreo con representación espacial y temporal, con la medición de los mismos parámetros en diferentes países, considerando métodos idénticos de recolección y análisis de muestras, lo que debe ser un hito para el avance de la gestión de los recursos hídricos en la Cuenca Amazónica.

Una vez completada, la red contará con 111 puntos de monitoreo que se instalarán en tres fases diferentes, lo que permitirá monitorear la calidad del agua en la cuenca del Amazonas, facilitando la gestión compartida. Al inicio de la operación, los parámetros de monitoreo serán: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, temperatura, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, turbidez, nitrógeno amoniacal, nitrato, fósforo total y ortofosfato. En la segunda fase se analizarán parámetros de calidad del agua como DQO, BOD, coliformes, clorofila-a, metales pesados, entre otros.

Regional Amazónico

Regional de la Amazonía (ORA) es el resultado de la iniciativa de los 8 países (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela). Fue impulsada en el marco de la cooperación que ejerce la Organización de Cooperación Amazónica (OTCA) con base en los postulados del Tratado de Cooperación Amazónica (ACTO) suscrito por los Países Miembros (PM) en 1978.

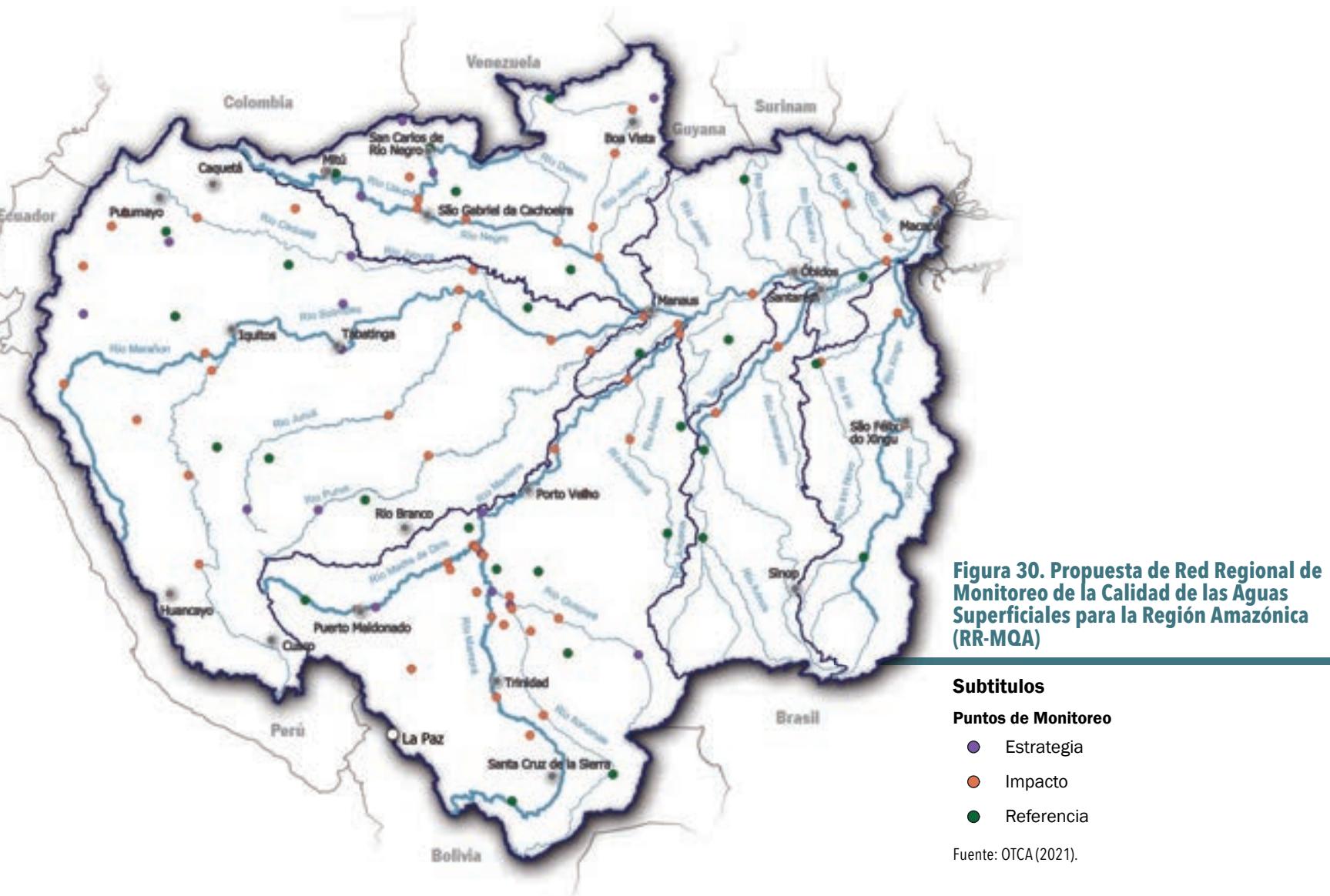
ORA surge como un mecanismo tecnológico que busca generar respuestas a la toma de decisiones a nivel nacional y regional ante situaciones desastres tales como incendios, inundaciones, eventos climáticos extremos, erosión fluvial, crecientes y recurrentes relacionados con deforestación, sequías, minas, saneamiento básico, exploración y uso de petróleo, hidrovías e hidroeléctricas.

mera definición dada a ORA en la XII Reunión de Cancilleres de la OTCA yendo en cuenta los elementos planteados en el diseño conceptual, su una actualización, ampliando su alcance bajo la Visión de ser un Centro de formación Amazónica Centro y un Foro Virtual permanente que promueva cambio de información entre instituciones, gobierno, comunidad científica, sociedad civil de los países amazónicos.

climático, tráfico de especies de la biodiversidad, etc. La ORA brinda información relevante para que las autoridades tomen las acciones o

ORA se apoya en una estructura informática funcional, con acceso web (<https://oraotca.org/>), y su operación se basa en una cadena de trabajo que incluye desde la obtención y carga de información, hasta su almacenamiento, filtrado, procesamiento, consulta y descarga de

colectar, procesar, organizar y difundir información sobre la Amazonía rural y comparable sobre los temas establecidos en la Agenda Estratégica Amazónica (AECA) de la OTCA, brindando servicios de información a la científica, gubernamental, no gubernamental y la sociedad civil al estudio y manejo de la Amazonía".



El Módulo de Redes Amazónicas articula información establecida en la región que generan datos oficiales para los Países Miembros, como la Red Hidrológica Amazónica.

ORA cuenta

- Red Reg
sistémá
nivel reg

A wide-angle photograph capturing a stunning sunset or sunrise. The sky is filled with large, billowing clouds in shades of orange, yellow, and white. The horizon line is visible, showing a reflection of the warm colors in the calm water below. The overall atmosphere is serene and majestic.

6. RESUMEN

gubernamentales
nos regionales e
su trabajo en la

asta el momento
S, Biodiversidad,
así como se está
mbio Climático.

dos de consulta
presentan a través
comunicación y el

A photograph of a modern university building with a large glass and steel grid facade. Several people are walking in front of the building, and the sky is clear and blue.

A photograph showing a small boat docked near a shoreline. In the background, there are several buildings with red-tiled roofs and some trees. The water is calm, reflecting the surrounding environment.



GENERAL

Esta suele ser la etapa inicial de cambio de uso de suelo para el desarrollo de otras actividades, y que en sí mismo indicaba cambios en la calidad del agua, especialmente en el parámetro de conductividad eléctrica, ligado directamente a las características hidrogeoquímicas de los ríos amazónicos.

El avance de la minería, que deja a la población vulnerable a enfermedades transmitidas por el agua y genera contaminación de los cuerpos de agua, especialmente por mercurio, además de la contaminación difusa proveniente de la agricultura, los pastos, la explotación petrolera y las hidroeléctricas, también terminan generando problemas a la población, que depende de agua de buena calidad para diversas actividades como la pesca, la agricultura de subsistencia, el abastecimiento doméstico, entre otras.

En el análisis crítico de la IPPO (Figura 34), se evidenciaron áreas urbanas con gran población y con ríos pequeños, con énfasis en los municipios de Manaus, en la subcuenca del Baixo Amazonas, y Santa Cruz de La Sierra y Cochabamba, ambos en la Subcuenca Madre de Dios/Madeira/Mamoré.

Con respecto al mercurio, se destacan grandes regiones en las subcuenca Tapajós, Madre de Dios/Madeira/Mamoré y en la región más alta de la subcuenca Baixo Amazonas (Figura 35). Regiones más distribuidas espacialmente, pero también en áreas significativas, se observan en la subcuenca Marañón/Solimões, en las regiones de cabecera y cerca de Iquitos (Perú).

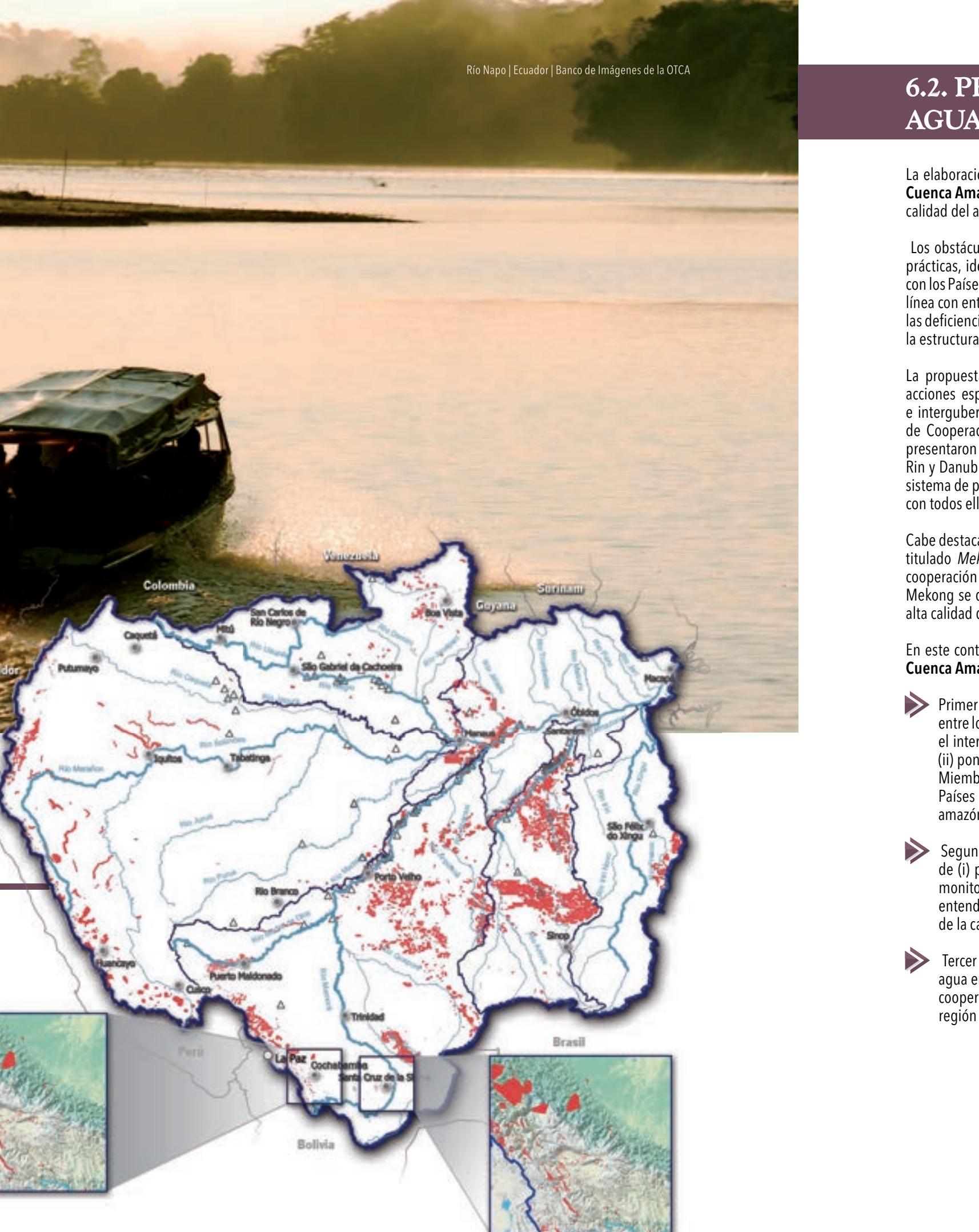
En general, el análisis muestra que la calidad del agua en la mayoría de los ríos amazónicos puede considerarse buena, pero la influencia de las actividades mineras, la agricultura y la propia ocupación urbana fue evidente en muchas de las subcuencas. Esto se demostró mediante la aplicación de una metodología que relaciona las presiones con los cambios en la calidad del agua. También se destaca la necesidad de un adecuado monitoreo, para que esta relación suceda con mayor precisión y sea posible tomar medidas sobre las presiones que efectivamente han impactado en la calidad de los cuerpos de agua.

Otros problemas relacionados con la calidad del agua son la falta de recolección y tratamiento de aguas servidas -sobre todo en los centros urbanos- y la ocupación inadecuada de las áreas de preservación. Ambos se deben principalmente a la falta de planificación urbana combinada con la falta de respeto a la legislación ambiental. Este escenario acentúa varios problemas como la lixiviación de áreas degradadas y la deforestación del bosque de ribera y la erosión del suelo, que aumentan la concentración de contaminantes en los ríos ubicados alrededor de las ciudades.

Cabe señalar que pocos ríos tenían establecidas sus características hidrogeoquímicas, y que el criterio para analizar los límites legales, considerando el más y el menos restrictivo, tenía valores muy diferentes. Esto refuerza la importancia de definir estándares de calidad de agua para los ríos amazónicos basados en las características naturales de estos ríos, con una diferenciación de características hidrogeoquímicas.

También vale la pena mencionar el tema del cambio climático, cuyos efectos más aparentes y significativos en los BHA están relacionados con las sequías, que en términos de calidad del agua perjudican la oxigenación de los cuerpos de agua, y las inundaciones, que afectan principalmente a las poblaciones ribereñas, trayendo enfermedades transmitidas por el agua, además de causar pérdidas humanas y materiales.

Otro efecto muy significativo derivado del cambio climático es el derretimiento de los glaciares en los Andes, hecho extremo en algunas localidades, como fue el caso del glaciar Chacaltaya, que desapareció del paisaje boliviano en 2009 luego de una serie de años de disminución. Perú, hogar de alrededor del 70% de todo el hielo tropical, ha perdido alrededor del 25% de sus glaciares en la última década. El conocimiento sobre los impactos que puede causar el derretimiento de los glaciares es aún incipiente; sin embargo, ríos como Madeira y Solimões, que se forman a partir del aporte de los glaciares en la parte oriental de los Andes, pueden verse afectados. Si el aporte de sedimentos que fertilizan estos grandes ríos disminuye en las próximas décadas, existe el riesgo de daño a los ecosistemas (ZORZETTO, 2013).



ESTÁNDAR PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA CALIDAD EN LA CUENCA DEL AMAZONAS

**a para la gestión integral de la calidad del agua de la
nto de partida en el análisis de los datos de monitoreo de la
os Países Miembros.**

on el tema de monitoreo de la calidad del agua y buenas prácticas de la aplicación de la metodología PER, fueron validados tanto a través de cuestionarios y luego a través de entrevistas en profundidad de cada uno de los países. Las entrevistas confirmaron que a través del análisis técnico y otorgaron aún más subsidios para su implementación.

Miembros de la UTCA.

En definitiva, se espera que los protocolos puedan subsistir en el tiempo, pese a los efectos adversos de la presión sobre la calidad del agua. Si bien existe gran potencial para ello, existe el desafío de su adopción regional y su aplicación cada vez más cooperativa entre los Países Miembros.

o cuatro fases. En el primero se incorporaron medidas y
das en los niveles de cooperación subnacional, nacional
TCA, articuladas con las visiones de la Agenda Estratégica
el Programa de Acciones Estratégicas. En el segundo, se
ciencias de gestión de la calidad del agua en los ríos Mekong,
e recibieron aportes de los Países Miembros a través de un
tas en forma de cuestionario. El miércoles hubo entrevistas
gerencias.

olidación de la propuesta se utilizó como guía el documento *Guidelines and Procedures* (1995), que trata sobre los protocolos de evaluación en una cuenca hidrográfica. La elección de la cuenca del río Mekong se basó en su extensión geográfica, la población que habita en su cuenca, la complejidad de su hidrografía y la necesidad de conservar su biodiversidad. La elección de la cuenca del río Mekong se basó en su extensión geográfica, la población que habita en su cuenca, la complejidad de su hidrografía y la necesidad de conservar su biodiversidad.

a para la gestión integral de la calidad del agua en la
liza en la creación de tres Protocolos de Cooperación:

- mo objetivo el intercambio y el intercambio de información s de la OTCA. Sus objetivos específicos son (i) hacer operativo ación sobre la calidad del agua entre los Países Miembros; información y los datos básicos que determinen los Países ver el entendimiento mutuo y la cooperación entre los onitoreo y conservación de la calidad del agua de la región

sobre el monitoreo de la calidad del agua. Tiene los objetivos marco amplio y flexible para facilitar la implementación del del agua en la región amazónica; y (ii) promover un mejor ción entre los Países Miembros en el sistema de monitoreo la región amazónica;

bre el marco institucional para la gestión de la calidad del s entre países. Tiene como objetivo establecer un marco de eción y mantenimiento de la buena calidad del agua en la les acordados entre los Países Miembros.

protocolos también cuenta con una propuesta de principios, el contenido mínimo para la gestión y las normas para la gestión integral de la calidad en OTCA.

espera que los protocolos puedan subsistir de la presión sobre la calidad del agua. Para ello, existe el desafío de su adopción real más cooperativa entre los Países Miembros.

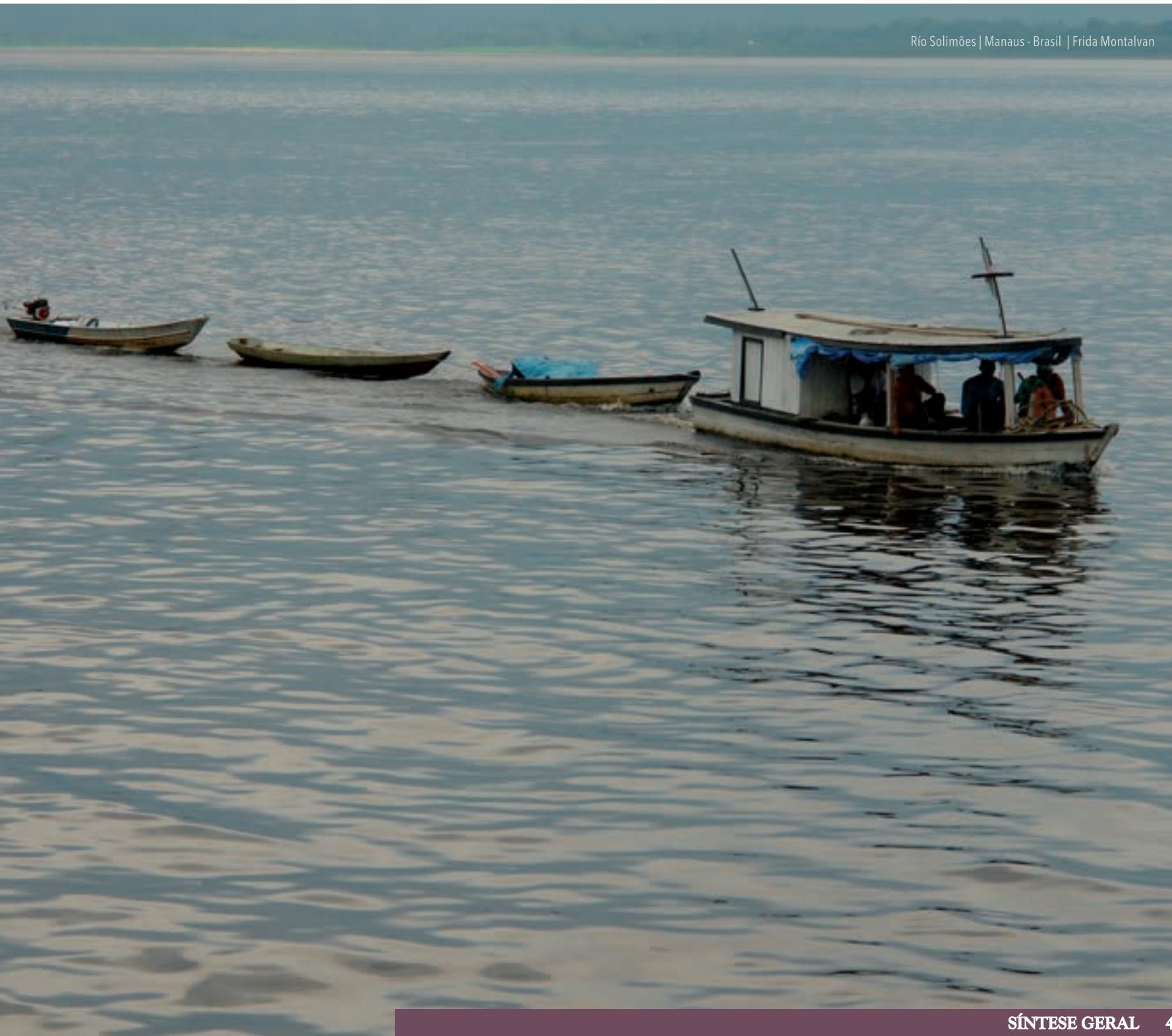


TABLA DE FUENTES PRIMARIAS



6.3 DESAFÍOS PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL AMAZONAS

Uno de los grandes resultados de la aplicación de la metodología PER (Presión-Estado-Respuesta) fue la identificación de la necesidad de contar con información adecuada en términos espaciales y temporales para poder analizar con mayor precisión la relación presión-estado-respuesta. Con eso, sería más factible identificar cómo las presiones están cambiando aspectos de la calidad del agua y las posibles consecuencias para la biota y para la población humana. Además, sería posible enumerar qué acciones han traído buenos resultados para mejorar este tema, lo que permite una toma de decisiones más correcta.

Más específicamente sobre el monitoreo de la calidad del agua, se identificaron varios cuellos de botella, tales como: la producción y profundización continua de información sobre los recursos hidráticos; monitoreo más robusto de la calidad del agua en términos espaciales y temporales; monitoreo enfocado a definir las características naturales de los diferentes tipos de ríos amazónicos; seguimiento centrado en el impacto de las principales presiones; protocolos comunes para la recolección y análisis de muestras; procedimiento de consolidación y puesta a disposición de los datos.

Algunos de estos aspectos están en proceso de ser resueltos a través de acciones desarrolladas en el ámbito de actuación de la OTCA, como la implementación de la Red de Monitoreo de la Calidad del Agua y los protocolos de toma y análisis de muestras. Sin embargo, se sabe que, entre la elaboración de estas propuestas, el acuerdo alcanzado y la acción misma, aún existen muchos desafíos, tanto en términos técnicos como financieros y políticos.

Aún entre los avances identificados, pero que traen desafíos de expansión, está el monitoreo satelital, que comenzó en la cuenca, pero que requiere continuidad y expansión, exigiendo alianzas e inversiones.

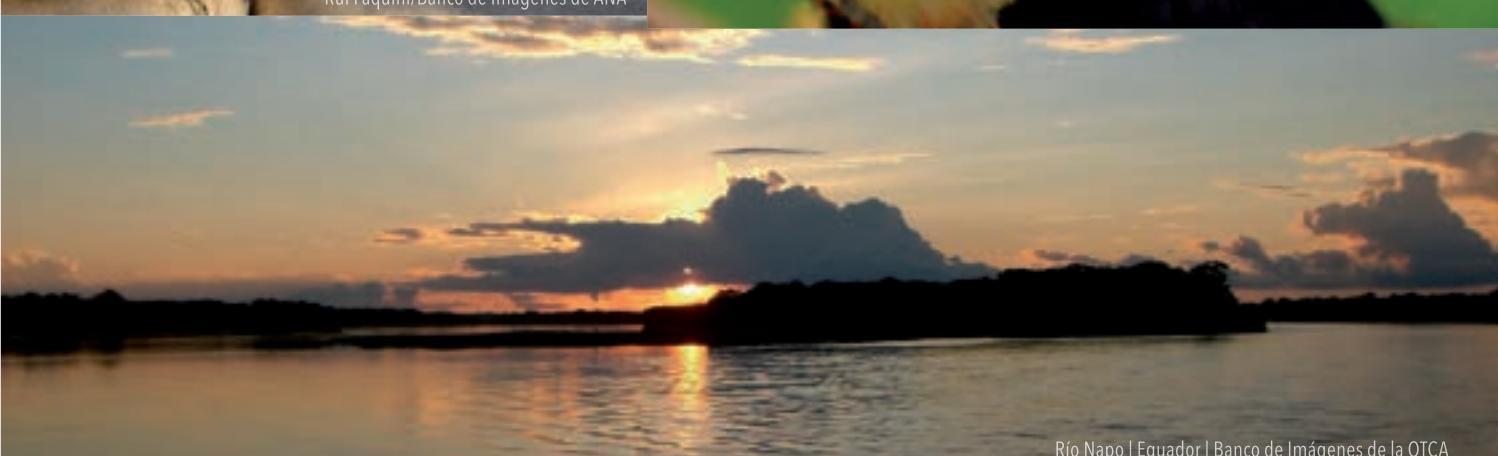
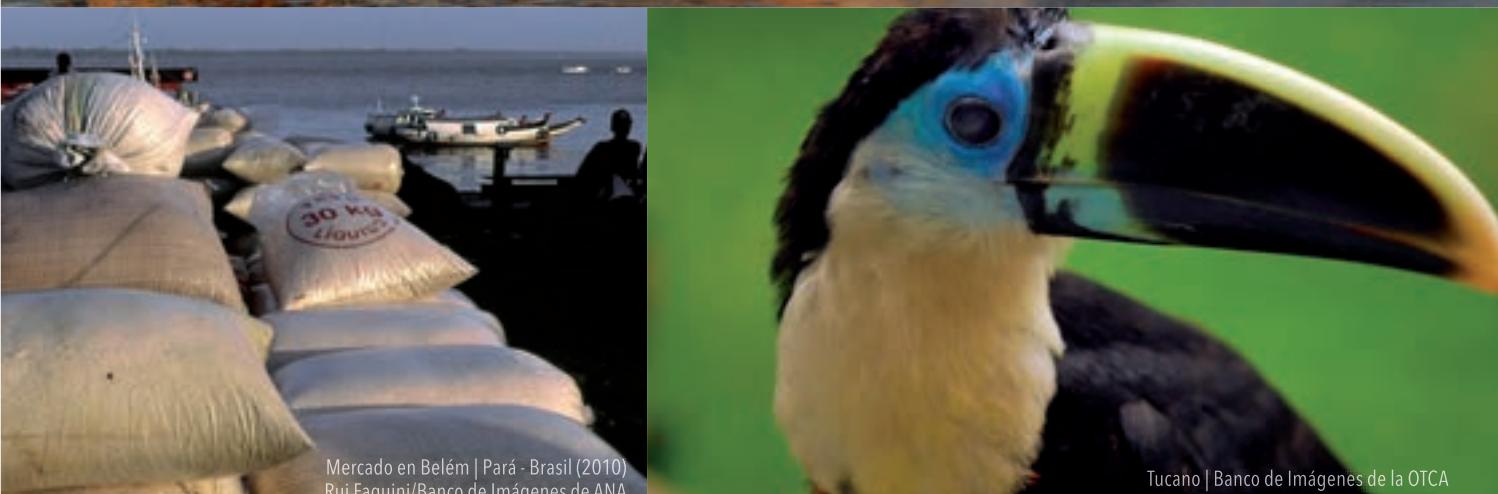
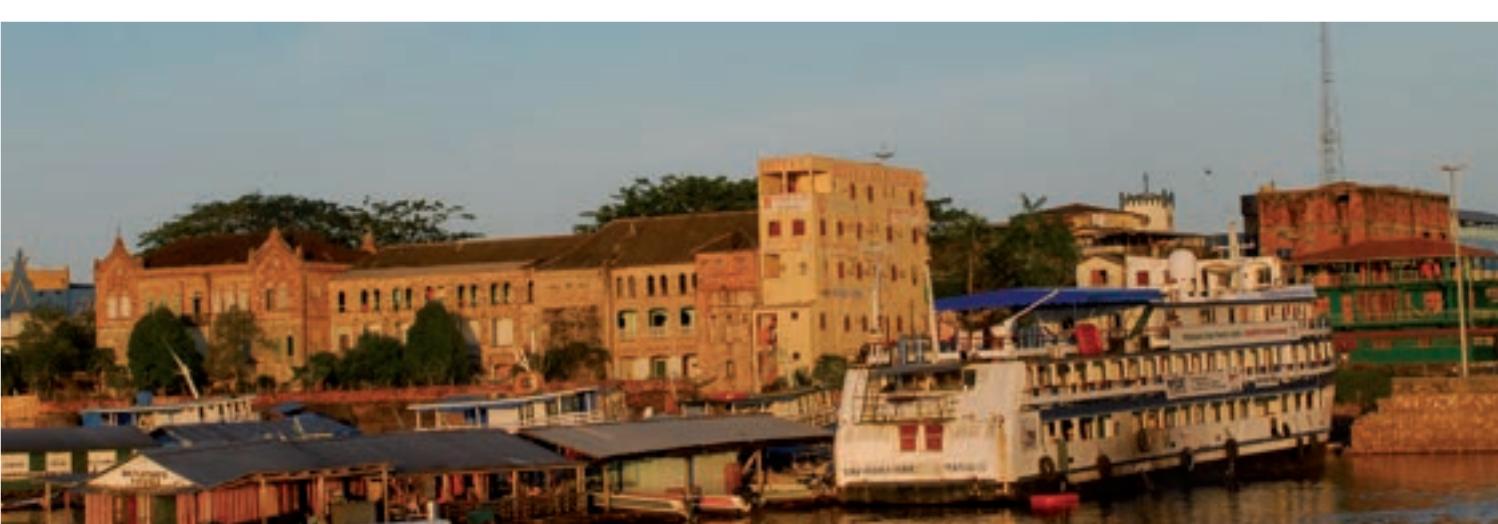
También se notó la falta de información geoespacial que facilite la identificación del impacto de los efluentes domésticos e industriales en los cuerpos de agua. Aunque sus efectos son normalmente más locales, en ríos pequeños, dependiendo de la composición y cantidad,

pueden extenderse y dañar la calidad del agua y la salud humana a mayor escala. Para un análisis más detallado de estos problemas, sería necesario que cada país poseyera y pusiera a disposición esta información de manera común, un gran desafío de compatibilidad.

Item	Tema	Fontes
1	Áreas Naturales Protegidas	"Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP), 2015; ISA, 2020, a partir de los documentos oficiales; Mapa Digital Parques Nacionales Naturales según la categoría. Escala 1:100.000. República de Colombia. Parques Nacionales Naturales de Colombia 2019; Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador (MAAE, 2020); DCW; DEAL, 2007; Ministerio del Ambiente (MINAM)-Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), 2019; World Database Protected Areas (WDPA), 2006; Provita, 2020, a partir de gacetas oficiales."
2	Tierras Indígenas	"Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), 2018; ISA, 2020, a partir de los documentos oficiales; Mapa Digital de Resguardos Indígenas. República de Colombia. Agencia Nacional de Tierras 2019; Capa de EcoCiencia, 2019; Indigenous Affairs/Gobierno de la Guyana, 2009; DEAL, 2007; Comunidades nativas: IBC-SICNA 2019; Comunidades campesinas: SICCAM-IBC/CEPES, 2019; Reservas indígenas (creadas y propuestas): Ministerio de Cultura, 2019; Freire, G., Tillet, A. 2007. Salud Indígena en Venezuela. Mapa general. Ediciones de la Dirección de Salud Indígena, Caracas, Venezuela. - MPP Ambiente y MPP Pueblos Indígenas 2014. Mapa Tierras Indígenas. Dir. Gen. POT / Sec. Tec. Com. Nac. Demarcación del Hábitat y Tierra de los Pueblos y Comunidades Indígenas. Caracas, Venezuela. - Wataniba 2019 (en trabajo conjunto con organizaciones indígenas Oipus, HOY, Kuyunu, Kuyukani, Kuyujani originario, Kubawy)."
3	Deforestación	Coleção de mapas anuais de desmatamento gerados pela RAISG, 2020, com base nos mapas MapBiomas Amazonia Land Cover and Use (2001-2018), uma iniciativa liderada pela RAISG.
4	Minería	"Serviço Nacional de Geologia e Técnico de Minas (SERGETECMIN), 2013; DNPM, 2020; Censo minero digital da república de Colombia. Agencia Nacional de Minería, 2019; Agência de Regulação e Controlo Minero, (ARCOM, 2019); Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, 2019; Ministério de Energia e Minas, 2017."
5	Minería Ilegal	"Serviço Nacional de Geologia e Técnico de Minas (SERGETECMIN), 2013; DNPM, 2020; Censo minero digital da república de Colombia. Agencia Nacional de Minería, 2019; Agência de Regulação e Controlo Minero, (ARCOM, 2019); Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, 2019; Ministério de Energia e Minas, 2017."
6	Agronomía	"Extraído dos mapas anuais (2001 e 2018) de Cobertura e Uso do Solo da Coleção 2 gerados no âmbito da iniciativa MapBiomas Amazonia, liderado pela RAISG; dados disponíveis para download em https://amazonia.mapbiomas.org/ "
7	Centrales Hidroeléctricas y Pequeñas Centrales Hidroeléctricas	"Empresa Nacional de Electricidad (ENDE), 2018; ANEEL, set/2019; Ministerio de Energías y Recursos no Renovables del Ecuador, 2019; Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN, 2018; Camacho Gabriel y Carrillo Augusto, 2000. EDELCA, 2004. Herrera Karina, 2007. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica, 2013. Grupo Orinoco Energía y Ambiente, 2015."
8	Lotes de Petróleo	"Viceministerio de Exploración y Explotación de Hidrocarburos (VMEEH), 2017; ANP - Banco de Dados de Exploração e Produção BDEP, 2019; Mapa digital de Áreas. Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2019; Ministerio de Energías y Recursos no Renovables del Ecuador, 2019; PerúPetro/ Ministerio de Energía y Minas - MINEM, 2019; Ministério de Energia e Petróleo, 2017."

BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A. N. (2002). Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados*, v. 16 nº. 45, pg. 7-30.
- AMAZONAS ATUAL. MPF processa responsáveis pelo PROSAMIM III por danos ambientais. Disponível em: <<https://amazonasatual.com.br/mpf-processa-responsaveis-pelo-prosamim-3-por-danos-ambientais/>>. Acesso em: 31 de agosto de 2021.
- ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. Catálogo de Metadados da ANA. *Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 (BHO 2017)*. Disponível em <<https://metadados.snrh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/0c698205-6b59-48dc-8b5e-a58a5dfcc989>>. Acesso em jun/2021.
- Agência Nacional de Águas. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras - Edição Especial*. - Brasília: ANA, 2015.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil*. Brasília: 2012. 264 p.
- ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. *ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores*. Brasília: ANA, 2019. 94 p.
- ANA, IRD. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico; Institut de Recherche pour le Développement. HidroSat – Monitoramento Hidrológico por Satélite. Disponível em <<http://hidrosat.ana.gov.br/>>. Acesso em jun/2021.
- ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. *Plano Nacional de Integração Hidroviária, Laboratório de Transportes e Logísticas - LABTRANS/UFSC*, Fevereiro de 2013.
- BOLÍVIA. Informe Nacional Voluntário - 2021. Disponível em <https://www.udape.gob.bo/portales_html/ODS/28230Bolivia_VNR.pdf>. Acesso em fev/2022.
- BUCHER, B. H.; HUSZAR, P. C. *Critical environmental costs of the Paraguay-Paraná waterway project in South America*. Ecological Economics, Vol 15, Issue 1, 1995, p.3-9.
- BUENO, C. V. G.; RIQUELME, E. M. P. *El impacto de la actividad extractiva petrolera en el acceso al agua: el caso de dos comunidades kukama kukamiria de la cuenca del Marañón (Loreto, Perú)*. Revista Anthropologica. Ano 34, nº 37, 2016, p. 33-59.
- CAER. Companhia de Águas e Esgotos de Roraima. Disponível em: <http://www.caer.com.br/static/ambiental/projeto_socioambiental.jsp>. Acesso em: 1º set. 2021.
- CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. *Ecologia*. 3 ed. Porto Alegre: Arntmed, 2018.
- CINCHIA. Centro de Innovación Científica Amazónica. Disponível em: <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/CINCHIA-Fact_Sheet-Spanish-February_2021.pdf>.
- CMB. Comissão Mundial de Barragens. *Barragens e desenvolvimento: uma nova estrutura para a tomada de decisão*. UK/USA: Earthscan, 2000.
- CUNHA, T. J. F.; CANELLAS, L. P.; MADARI, B. E. Manejo indígena, substâncias húmidas e fertilidade de solos antropogênicos. *Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água*, vol. 16, 2006. Resumos e palestras. Aracaju: SBCS; UFS: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006.
- DINIZ, C.; MARINHO, R.; CORTINHAS, L.; SADECK, L.; WALFIR, P.; SHIMBO, J.; ROSA, M., & AZEVEDO, T. *Nota Técnica sobre Sedimentos em Suspensão na Bacia do Tapajós*. 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Rogerio-Marinho/publication/358078041_Nota_Tecnica_sobre_Sedimentos_em_Suspensao_na_Bacia_do_Tapajos.pdf>. Acesso em: jun/2021.
- EL PAÍS. *Derramamentos de petróleo que destroem florestas e tradições no Equador*. A Amazônia está em perigo constante. Petroleiras exploram algumas áreas da floresta equatoriana há décadas e causam danos irreversíveis. Giannmarco Di Costanzo e Lorenzo Ambrosino, publicada em 30 de julho de 2021. Disponível em <https://brasil.elpais.com/brasil/2021/07/14/album/1626269452_663435.html#foto_gal_1>. Acesso em out/2021.
- ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras SA. *Avaliação Ambiental Integrada Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu*. São Paulo-SP: Governo Federal/ELETROBRAS, v. 1, 2009, 204p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Análise do impacto da bovinocultura sobre a qualidade da água*. Embrapa Cerrados. Bioma: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa, Pantanal. 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Pesquisas comprovam efeitos danosos das cinzas de queimadas no solo e na água*. Notícias. Produção vegetal - Recursos naturais - Gestão ambiental e territorial. Publicado em 29/01/19. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/40809567/pesquisas-comprovam-efeitos-danos-das-cinzas-de-queimadas-no-solo-e-na-agua>>. Acesso em set/2021.
- FAPESP. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. *O alerta da poluição nos rios da Amazônia*. 2002. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/o-alerta-da-poluicao-nos-rios-da-amazonia/>>. Acesso em: jun./2021.
- FAS. Fundação Amazônia Sustentável. *Iniciativa "Rios Limpos para mares limpos" da ONU Meio Ambiente é lançada no Amazonas*. Disponível em: <<https://fas-amazonia.org/iniciativa-rios-limos-para-mares-limos-da-onu-meio-ambiente-e-lancada-no-amazonas/>>. Acesso em: 30 ago. 2021.
- FASSONI-ANDRADE, Alice César et al. *Amazon hydrology from space: scientific advances and future challenges*. Reviews of Geophysics, v. 59, n. 4, p. e2020RG000728, 2021.
- FRANCO, V. S.; SOUZA, E. B.; LIMA, A. M. M. *Cheias e vulnerabilidade social: estudo sobre o rio Xingu em Altamira/PA*. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 21. 2018.
- HARPER, D. *Eutrophication of freshwaters: principles, problems and restoration*. London, Chapman Hall, 1992.
- HENRY, H. *Environmental science and engineering*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1989.
- HYBAM. *SO-HYBAM Amazon basin water resources observation service*. Disponível em <<https://hybam.obs-mip.fr/pt/website-under-development-4/>>. Acesso em jun/2021.
- HYNES, H. B. N. *The ecology of running water*. Liverpool, Liverpool University Press, 1979.
- IAGUA. *La contaminación petrolera del Amazonas está modificando la composición química del agua*. 2017. Disponível em: <<https://www.iagua.es/noticias/espana/universitat-autonoma-barcelona/17/08/01/contaminacion-petrolera-amazonas-esta>>. Acesso em: jun./2021.
- IBAM. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Disponível em: <<http://www.amazonia-ibam.org.br>>. Acesso em: 1º set. 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estimativas da População*. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=28674&t=resultado>>. Acesso em: jul./2021.
- IDSM. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. *Lixo na floresta: pesquisa mostra alta quantidade de resíduos sólidos em região da Amazônia*. Publicado em 10 de dezembro de 2019. Disponível em <<https://www.mamiraua.org.br/noticias/lixo-na-floresta-pesquisa-residuos-solidos-amazonia>>. Acesso em out/2021.
- IHA. International Hydropower Association. Disponível em: <<https://www.hydropower.org>>. Acesso em: 29 ago. 2021.
- IMAZON. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. *A floresta habitada: História da ocupação humana na Amazônia*. Disponível em: <<https://imazon.org.br/a-floresta-habitada-historia-da-ocupacao-humana-na-amazonia/>>. Acesso em: set./2021.
- INFOAMAZONIA. Rede InfoAmazonia cria o "Mãe d'Água" para monitorar a qualidade d'água. Disponível em: <<https://rede.infoamazonia.org/mae-dagua/>>. Acesso em: 23 ago. 2021.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil. *BDQueimadas*. Disponível em <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>>. Acesso em out/2021.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2021 - The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC AR6 WGI. Ago/2021. 3.949p.
- ISA. Instituto Socioambiental. *Xingu: o rio que pulsa em nós*. Monitoramento independente para registo de impactos da UHE Belo Monte no território e no modo de vida do povo Juruna (Yudjá) da Volta Grande do Xingu. Altamira, 2018.
- KIRBY, K. R.; Laurence, W. F.; Albernarz, A. K.; Schroth, G.; Fearnside, P. M.; Bergen, S.; Venticinque, E. M.; Costa, C. *The future of deforestation in the Brazilian Amazon*. Futures, Vol. 38, Issue 4, pág. 432-453. Maio de 2006. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez83.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0016328705001400?via%3Dihub>>. Acesso em: ago/2021.
- MAPBIOMAS. Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra. *Mapeamento anual da cobertura e uso da terra no Brasil (1985-2020) - Destaques Amazônia*. Setembro, 2021. 15p.
- MOBILITAS. *Hidrovia Amazônica: integração e segurança*. Disponível em: <<https://mobilitas.lat/2019/10/23/hidrovia-amazonica-integracao-e-seguranca/>>. Acesso em: 1º set. 2021.
- MOYA, J. *Migração e formação histórica da América Latina em perspectiva global*. Revista Sociologias, Porto Alegre, ano 20, n. 49, set-dez 2018, p. 24-68.
- NAIME, R. *Impactos socioambientais de hidrelétrica se reservatórios nas bacias hidrográficas brasileiras*. Monografias Ambientais, v. 9, n. 9, p. 1924-1937, 2012.
- NUNES, W. Rio e cidade de Ji-Paraná: em alguns trechos, quase tão alterado quanto o Piracicaba, no interior paulista. *Revista Pesquisa Fapesp*, ed. 74, abr. 2002.
- OBERVATÓRIO DO MERCÚRIO NA AMAZÔNIA. *Mapeando os impactos do garimpo de ouro na Amazônia*. Disponível em <<https://panda.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=e74f4fc219b3428b8e4bce4d7295f210>>. Acesso em out/2021.
- OTCA. *Analisis Diagnóstico Transfronterizo Regional de la Cuenca Amazónica - ADT*. Projeto OTCA/PNUMA/GEF Amazonas. 2018.
- OTCA. *Programa de Acciones Estratégicas: Estrategia Regional para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en la Cuenca Amazónica*. Projeto OTCA/PNUMA/GEF Amazonas. 2018.
- OTCA/PNUMA/GEF. *Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática da Bacia Amazônica*. Projeto OTCA/PNUMA/GEF – Recursos Hídricos e Mudanças Climáticas, 2021.
- OTCA. Organização do Tratado de Cooperação Amazônica. *OTCA e Países Membros dão início ao processo de definição do Comitê Gestor do Observatório Regional Amazônico*. Informativo, Projeto Bioamazonía. 2021. Disponível em: <<http://otca.org/otca-e-paises-membros-dao-inicio-ao-processo-de-definicao-do-comite-gestor-do-observatorio-regional-amazonico/>>. Acesso em: 25 out 2021.
- OTCA. Organização do Tratado de Cooperação Amazônica. *Quem Somos?* 2023. Disponível em: <<http://otca.org/pt/quem-somos/>>. Acesso em: 19 jan 2023.
- OVIDEJO, Antonio; LIMA, William Pereira; AUGUSTO, Cicero. *O arco do desmatamento e suas flechas*. 2020.
- PETROECUADOR. *Gobierno de la República del Ecuador*. 2022. Disponível em: <<https://www.eppetroecuador.ec/?p=9596>>. Acesso em: 22 nov. 2022.
- PREFEITURA DE MANAUS. *Prefeitura e UGPE Prosamim debatem novo termo de cooperação técnica*. [s.d]. Disponível em: <<https://www.manaus.am.gov.br/noticia/prefeitura-e-ugpe-prosamim-debatem-novo-termo-de-cooperacao-tecnica/>>. Acesso em: mai/2022.
- PROSAMIM. *Programa Social e Ambiental dos Igapés de Manaus*. Disponível em: <<http://prosamim.am.gov.br/o-prosamim/o-programa/>>. Acesso em: 31 de agosto de 2021.
- RAISG. Red Amazonica de Información Socioambiental Georreferenciada. *Amazonía bajo presión*. São Paulo: ISA - Instituto Socioambiental, 2020.
- RIBEIRO-BRASIL, D. R. G.; TORRES, N. R.; PICANÇO, A. B.; SOUZA, D. S. RIBEIRO, V. S.; BRASIL, L. S.; MONTAG, L. F. A. *Contamination of stream fish by plastic waste in the Brazilian Amazon*. Revista Environmental Pollution. Volume 266 – parte 1, novembro de 2020. 11 p.
- RÍOS-VILLAMIZAR, E.A.; ADENEY, J.M.; PIEDADE, M.T.F.; JUNK, W.J. *Hydrochemical Classification of Amazonian Rivers: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Revista Caminhos da Geografia. v.21, n.78, p.211-226. 2020.
- SANTO ANTONIO ENERGIA. *Monitoramento atesta a qualidade da água do rio Madeira*. Disponível em: <<https://www.santoantonioenergia.com.br/monitoramento-atesta-a-qualidade-da-agua-do-rio-madeira/>>. Acesso em: 02 de setembro de 2021.
- SANTOS, F.A. dos. *Caracterização citogenética em Hoplias malabaricus (Bloch, 1974) provenientes de rios de águas brancas, águas claras e águas pretas da Bacia Amazônica*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará. Santarém, 2012.
- SATHLER, Douglas; MONTE-MÓR, Roberto L.; CARVALHO, José Alberto Magno de. As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira. *Nova economia*, v. 19, p. 11-39, 2009.
- SERVIR. *Servir-Amazônia*. Disponível em: <<https://servir.ciat.cgiar.org>>. Acesso em: 1º set. 2021.
- SIOLI, H.; KLINGE, H. *Solos, Tipo de Vegetação e Águas na Amazônia*. Boletim do Museu Paranaense Emílio Goeldi. Belém. v. 1, p. 1 - 18. 1962.
- SOARES, M. G. M.; PIEDADE, M. T. F.; MAIA, L. A.; DARWICH, A.; OLIVEIRA, A. C. M. *Influência do pulso de cheia e vazantes na dinâmica ecológica de áreas inundáveis*. In: Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil - Resultados (Fase Emergencial e Fase I). 1999. p. 425-445.
- UN. UNITED NATIONS. *The 17 Goals*. [s.d]. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/goals>>. Acesso em: jun./2021.
- UN. UNITED NATIONS. *UN-Water*. 2021. Disponível em: <<https://sdg6data.org>>. Acesso em: jun./2021.
- UNICAMP. Universidade Estadual de Campinas. *Compostos identificados no Rio Amazonas ameaçam biodiversidade*. 2021. Disponível em <<https://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2021/08/11/compostos-identificados-no-rio-amazonas-ameacam-biodiversidade>>. Acesso em mar/2022.
- VERÍSSIMO, Tatiana Corrêa. *A floresta habitada: história da ocupação humana na Amazônia* / Tatiana Veríssimo, Jakeline Pereira; colaboração de Adalberto Veríssimo; ilustrado por: Livando Malcher e Biratan Porto; Jakeline Pereira - Belém, PA: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), 2014.
- VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, 2005. In: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, MG, vol. 3 ed. 2005.





PROYECTO
AMAZONAS
ACCION REGIONAL EN EL AREA
DE RECURSOS HIDRICOS

 **ANA**
AGENCIA NACIONAL DE AGUAS
Y SANEAMIENTO - BRASIL

 **OTCA**
Organización del Tratado
de Cooperación Amazónica

 **ABC**
AGENCIA
BRASILEÑA DE
COOPERACIÓN
MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

 **MRE**
MINISTERIO DE
RELACIONES EXTERIORES
REPÚBLICA FEDERATIVA DE BRASIL

