



PROYECTO
AMAZONAS
ACCIÓN REGIONAL EN EL ÁREA
DE RECURSOS HÍDRICOS



ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
Y SANEAMIENTO - BRASIL



OTCA
Organización del Tratado
de Cooperación Amazónica



ABC
AGÊNCIA
BRASILEIRA DE
COOPERAÇÃO
MINISTÉRIO DE RELAÇÕES 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

1ª EDICIÓN | 2023 | BRASÍLIA



SECRETARIA PERMANENTE DEL ORGANISMO DEL TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZONICA (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 Proyetos y Empreendimientos

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.

© 2023. OTCA - ANA - ABC

Todos los derechos reservados
Se permite la reproducción de los datos y la información contenida en esta publicación, siempre que se cite la fuente.

AGENCIA BRASILEÑA DE COOPERACIÓN (ABC) DEL MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

Embajador Mauro Vieira
Ministro del Estado

Embajadora Maria Laura da Rocha
Secretaria-General de las Relaciones Exteriores

Embajador Ruy Pereira
Director de la Agencia Brasileña de Cooperación

Embajadora Maria Luiza Ribeiro Lopes
Directora-Adjunta de la Agencia Brasileña de Cooperación

Dirección:
SAF/Sul Quadra 2, Lote 2, Bloco B, 4º andar - Edifício Via Office
Brasília - DF
CEP 70070-600
Tel: +(55 61) 2030-9360
ww.abc.gov.br

AGENCIA NACIONAL DE AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO (ANA)

Junta Colegiada

Veronica Sánchez de Cruz Rios
Directora-Presidente

Vitor Eduardo de Almeida Saback
Maurício Abijaodi Lopes de Vasconcellos
Ana Carolina Argolo Nascimento de Castro
Filipe de Mello Sampaio Cunha

Coordinación general

Tibério Magalhães Pinheiro
Flávia Carneiro da Cunha Oliveira
Felipe de Sá Tavares

Equipo técnico

Ana Paula Montenegro Generino
Diana Leite Cavalcanti
Marcelo Mazzola
Marcelo Pires da Costa
Paula Ribeiro Salgado Pinha

Dirección:
Setor Policial, Área 5, Quadra 3,
Blocos “B”, “L”, “M”, “N”, “O” e “T”, Brasília - DF
CEP: 70610-200
https://www.gov.br/ana

COBRAPE - CIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS

Alceu Guérios Bittencourt
Director

Luis Gustavo Christoff
Coordinación ejecutiva

Equipo técnico

Andreia Schypula
Camila de Carvalho Almeid
Christian Taschelmayer
Giovanna Reinehr Tiboni
José Antônio Oliveira de Jesus
Murilo Nogueira
Rodolpho Humberto Ramina
Valmir de Albuquerque Pedrosa

Diagramación, edición e arte final

Alessandra Gava
Designer gráfico

Fotografías: Banco de imágenes de la OTCA. Banco de imágenes ANA.
Adobe Stock. Shutterstock. Freepick

Foto de portada: Río Amazonas no Brasil, Adobe Stock.

CARIMBO



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. Plantas hidroeléctricas.....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

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 Cooperaçao (ABC/MRE)

INTRODUCCIÓN



Pueblo amazónico | Ecuador | Banco de Imágenes Adobe Stock



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, incommensurable. 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 e 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).

La Cuenca Hidrográfica Amazónica (BHA) es la cuenca hidrográfica más grande del planeta, ocupa 5,9 millones de km² (ANA, 2017) y une territorios de siete países: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú y Venezuela, albergando cerca de 33 millones personas (Adaptado de IBGE, 2020 y OTCA, 2021).

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), Jurruá, Purús, Madeira, Tapajós y Xingu (vertiente sur) (OTCA, 2022).

Las enormes distancias entre los centros urbanos; las embarcaciones como esenciales para el sistema de transporte de la región; los desafíos para el suministro de energía eléctrica, internet, entre otros bienes y servicios; la exuberancia y las adversidades de la selva amazónica y la coalición de ocho países para armonizar la gestión de sus aguas son algunas de las singularidades de la cuenca amazónica (SATHLER; MONTE-MÓR; CARVALHO, 2009).

Por otro lado, toda esta riqueza ha sufrido importantes cambios a lo largo del tiempo, tanto en la población como en las formas de explorar el territorio. Los cambios ponen en riesgo la estabilidad natural y cultural de la región en su conjunto, con efectos directos sobre la disponibilidad de agua, en términos cuantitativos y cualitativos (Elaboración de COBRAPE, 2022).

El agua, tratada culturalmente como un bien infinito, ha demostrado ser un recurso cada vez más escaso ante el creciente consumo de los más diversos usos, por lo que uno de los mayores retos de los gestores hoy es garantizar el acceso al agua en cantidad y calidad para las generaciones futuras, así como superar el bajo dinamismo socioeconómico de la región (elaboración propia - COBRAPE, 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.

Ante ello, los ocho países amazónicos suscribieron el Tratado de Cooperación Amazónica (TCA), el 3 de julio de 1978, con el objetivo de promover el desarrollo armónico de los territorios amazónicos, a fin de que las acciones conjuntas generen resultados equitativos y de mutuo beneficio para lograr el desarrollo sostenible de la Región Amazónica. Como parte del Tratado, los Países Miembros asumieron un compromiso común con la preservación del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales en la Amazonía (OTCA, 2023).

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

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, y 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 Amazonia (ORA - <https://oraotca.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

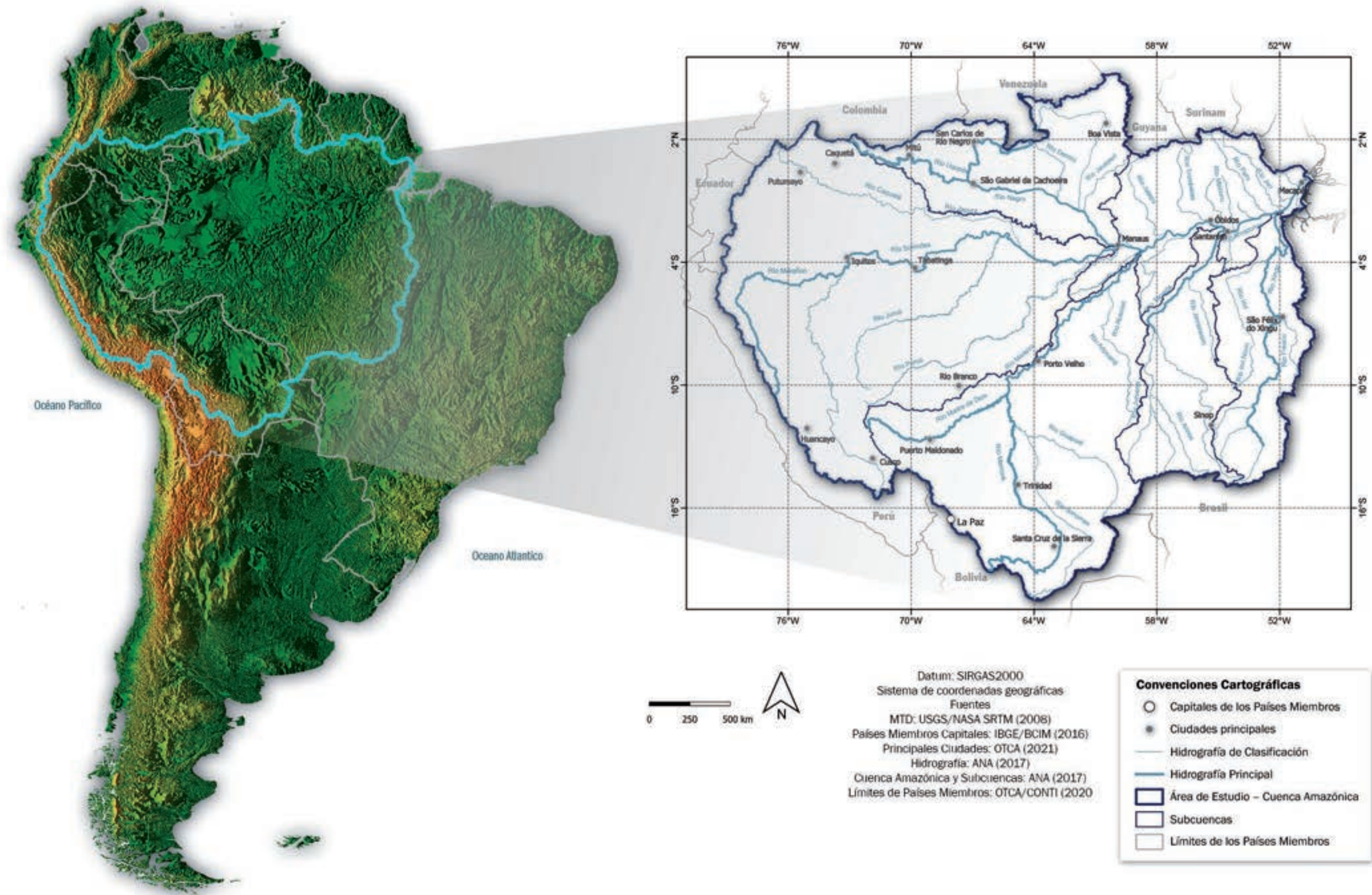


Tabla 1. Área de los países en la Cuenca Hidrográfica Amazónica

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 Cuenca Hidrográfica del Amazonas y principales ríos



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

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 subcuencas: Bajo Amazonas, Madre de Dios/Madeira/Mamoré, Maraón/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 Georreferenciada, RAISG. Disponible en: https://geo.socioambiental.org/arcgis/services/raisg/raisg_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-acoes-estrategicas/>



2. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA CUENCA



Encuentro de las aguas del Río Negro y Solimões | Manaus - Brasil | Banco de Imágenes Adobe Stock

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 sustentar 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.

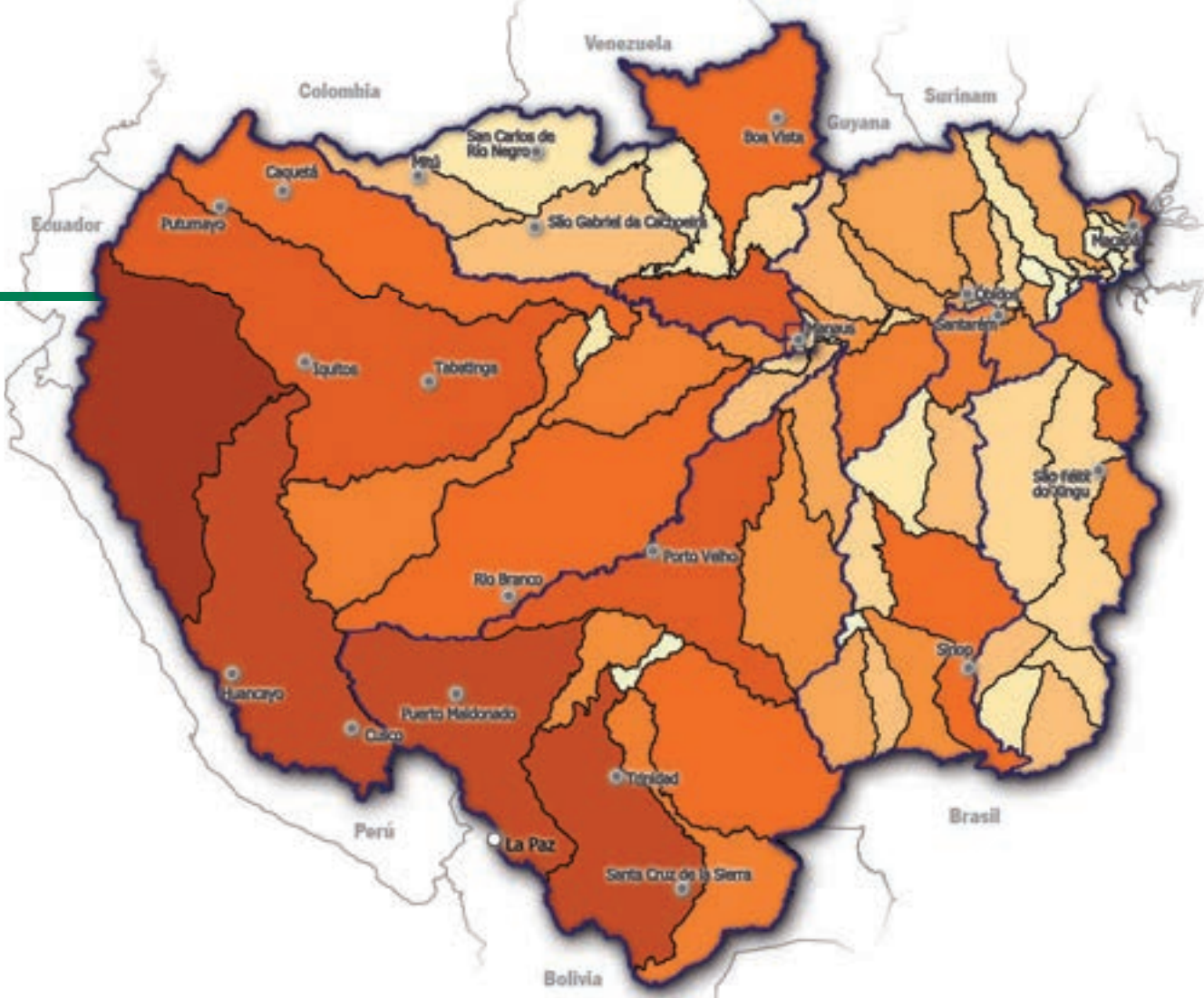
Figura 4. Población en la Cuenca del Amazonas

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

Fuente: Adaptado del IBGE (2020) y Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Cuenca del Amazonas OTCA (2021).



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

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 ottocuenas³ 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.



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. Mangle
- 1.4. Floresta Inundável
- 2. Formación Natural no Florestal
- 2.1. Campo Inundado y Área Pantanosa
- 2.2. Formación Campestre
- 2.3. Afloramiento Rocoso
- 2.4. Otras 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. Otras 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.

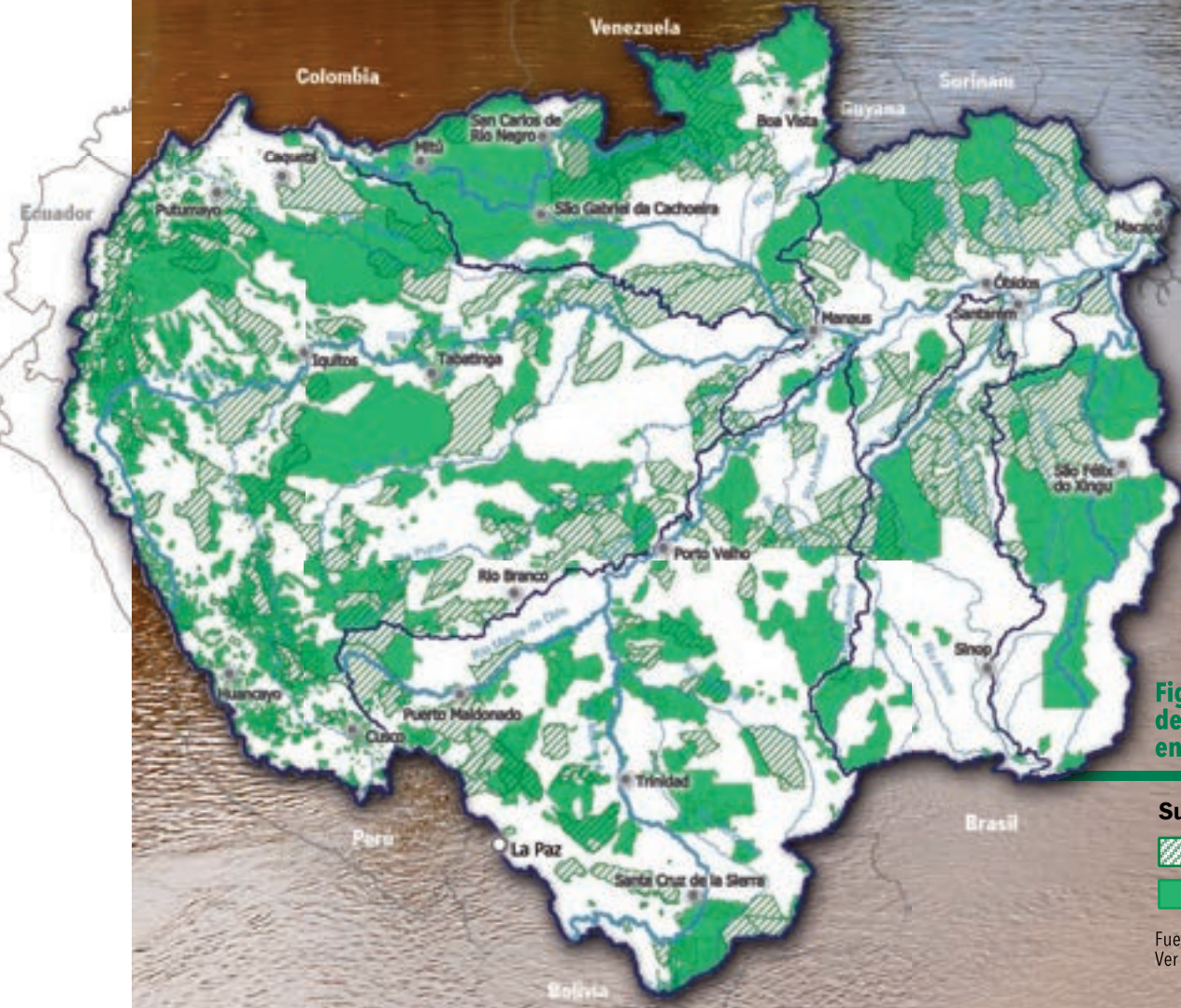


Figura 6. Áreas de Protección Natural de Tierras Indígenas en la Cuenta Amazónica

Subtítulos

- Áreas de Protección Natural
- Tierras Indígenas

Fuente: Datos de la RAISG (2020) procesados por la Cobrepe. 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 definitorio 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.

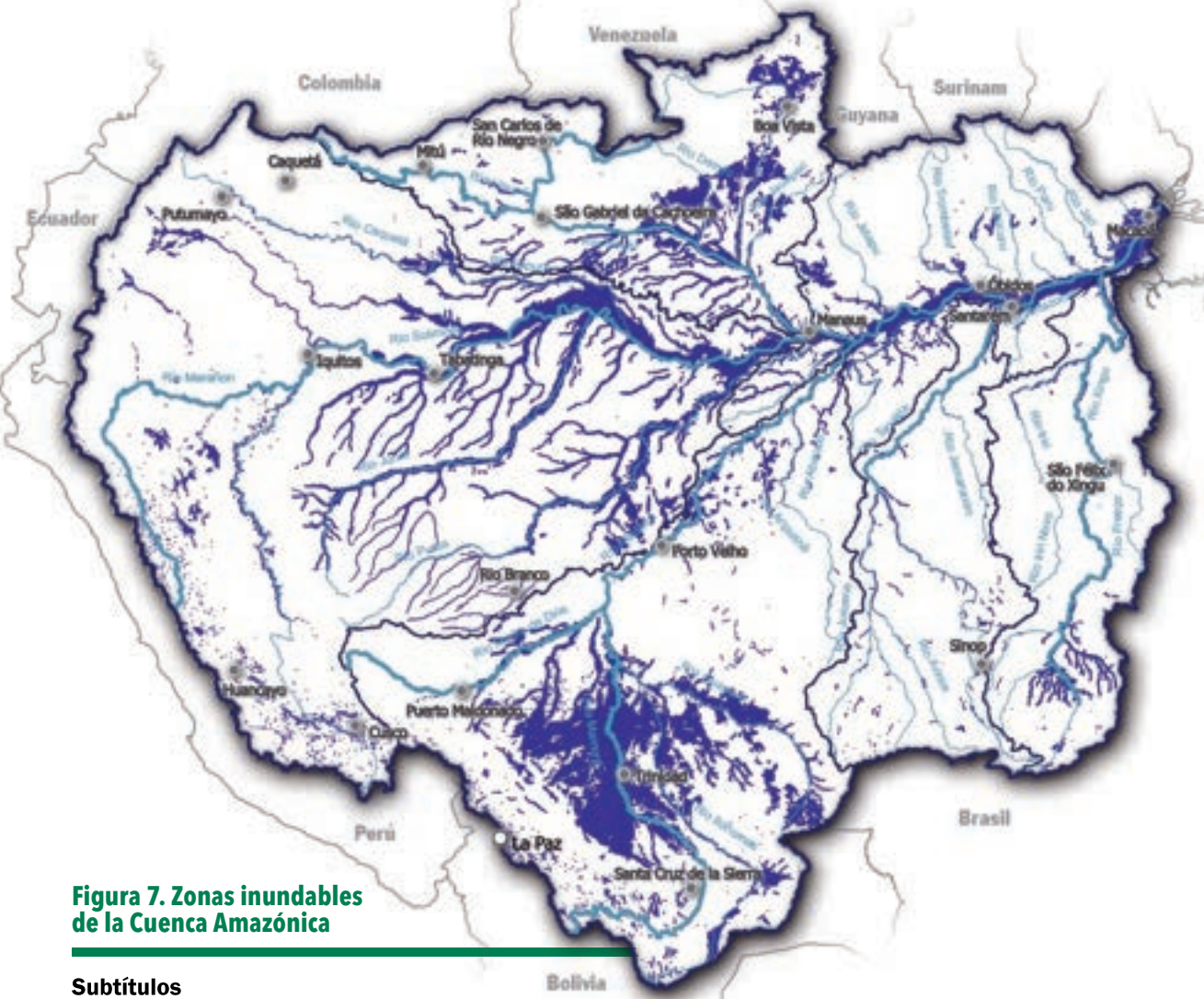


Figura 7. Zonas inundables de la Cuenca Amazónica

Subtítulos

- Zonas Inundables

Fuente: Adaptado de la OTCA (2021).



Map of Bolivia showing the distribution of three types of intermediate waters (Intermediária Tipo A, Tipo B, and Salobre) across the country. The map includes major cities like La Paz, Sucre, and Cochabamba, and neighboring countries like Peru, Brazil, and Argentina. A legend on the left identifies the water types by color: green for Tipo A, red for Tipo B, and pink for Salobre.

Selva Amazónica | Brasil | Banco de Imágenes Adobe Stock

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 Maraón/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 Xingú –parte del “Arco de la deforestación”–, donde estas áreas son ocupadas por la minería y la infraestructura del sector eléctrico.

En la subcuenca Vaupés/Siapa/Negro, la deforestación ocurre con mayor intensidad en el distrito de Calamar y alrededores de Mitú (Colombia), y en las regiones brasileñas alrededor de Boa Vista; cerca de la tierra indígena Alto Río Negro, sobre el río Padauari, en el municipio de Barcelos; y sobre el río Catrimani, que atraviesa los municipios de Iracema y Caracarái. Las áreas más destacadas de la subcuenca Madre de Dios/Madeira/Mamoré se encuentran alrededor de Porto Velho (Brasil) y Santa Cruz de La Sierra (Bolivia), presiones directamente relacionadas con la agricultura y la ganadería.

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).

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

Subtítulo

Deforestación

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

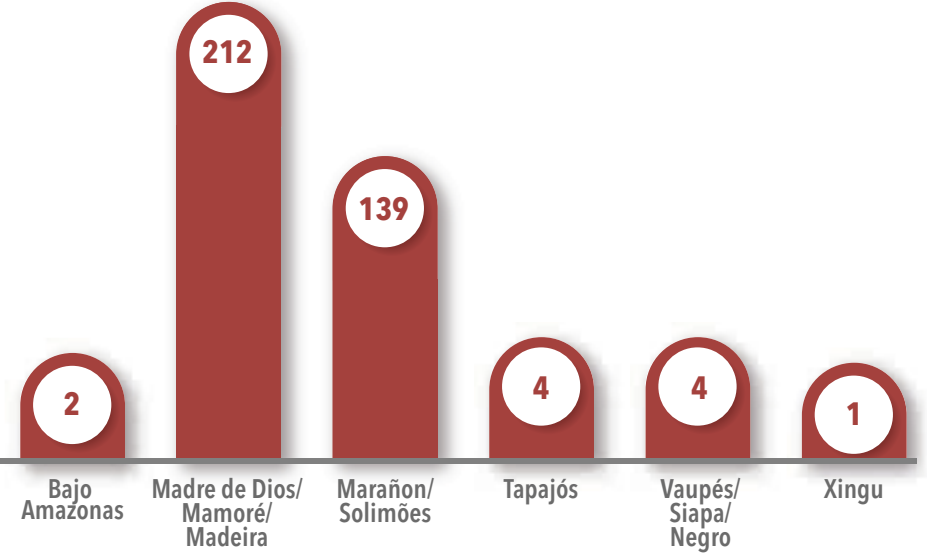


3.2. INCENDIOS

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



El Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) de Brasil monitorea incendios vía satélite casi en tiempo real, identificando incendios en las últimas 24 horas. Los datos obtenidos han mostrado un aumento significativo de los incendios en la Amazonia, relacionándose incluso este hecho con la disminución de las precipitaciones en el sur de América del Sur.

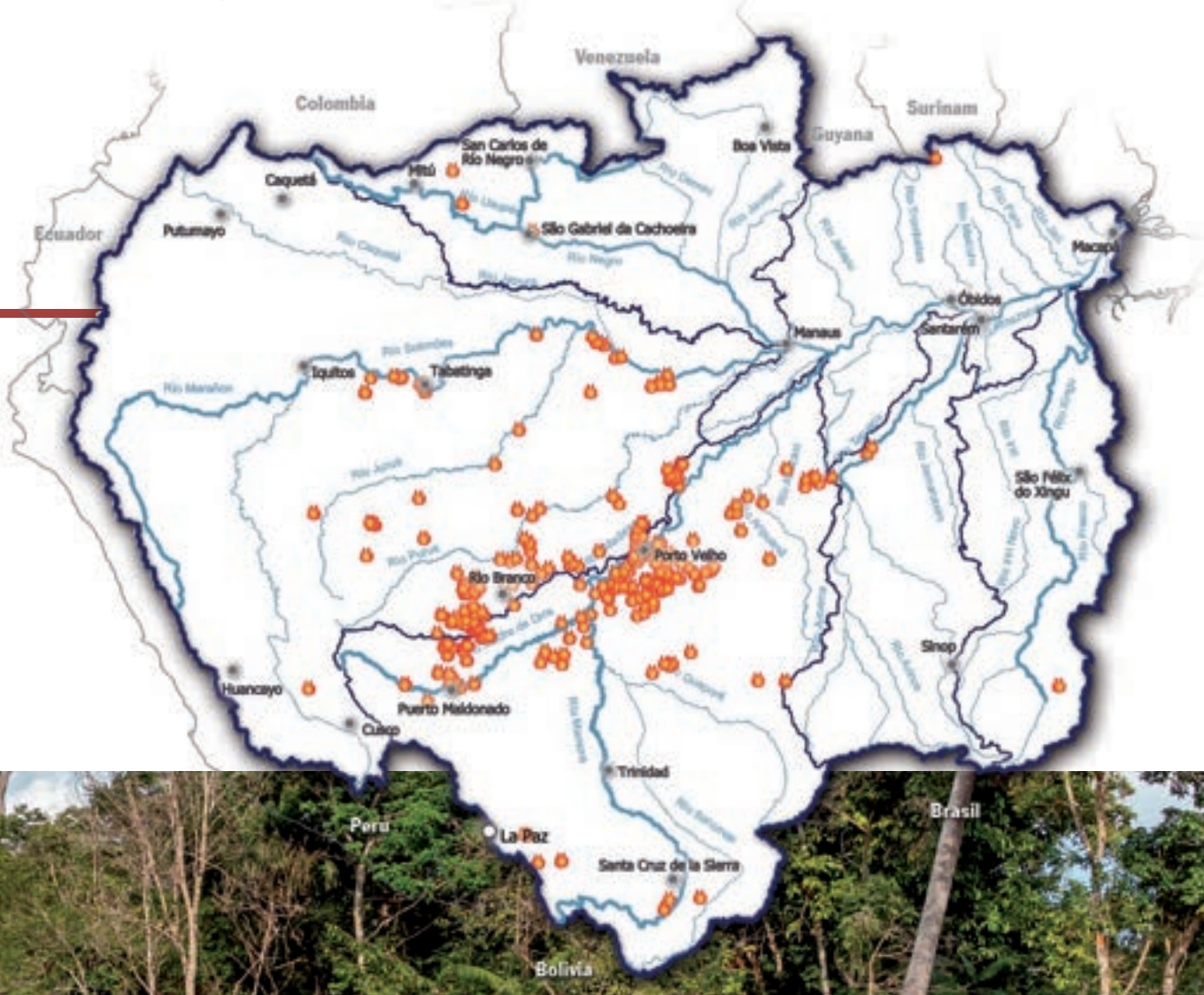
Paralelamente, la OTCA trabaja en el uso de ORA con monitoreo en tiempo real de focos de incendios, además de datos del INPE, datos del Centro de Gestión y Operativo del Sistema de Protección de la Amazonia (Censipam), que servirán como herramienta para uso de los 8 Países Miembros.

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 contaminarla 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 explotación*) y solicitados, como se puede observar en la Figura 12, que también muestran 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.

A pesar de que la minería otorgada en la cuenca demuestra que hay exploración de varios tipos de minerales, el más común es el oro, que requiere el uso de mercurio para su extracción. En el caso de la minería ilegal, en la que el proceso se realiza directamente en el agua, sin ningún tipo de contención, se ha producido una contaminación importante.

Evaluar el impacto del mercurio únicamente a través de su concentración en el agua es poco representativo. Es fundamental considerar las concentraciones en la población humana y en la biota acuática, donde bajas concentraciones pueden significar daños graves.

Este daño puede ocurrir porque el pescado, que es el alimento básico de una gran población amazónica, está altamente contaminado por mercurio. El consumo indirecto de mercurio a través de pescado contaminado puede causar acumulación en el organismo, afectando principalmente a los riñones, hígado, sistema digestivo y sistema nervioso, interfiriendo en el funcionamiento del organismo en su conjunto.

Diniz *et al.* (2022) señalan, a través de imágenes de satélite, que fue posible identificar el aumento de la turbidez de las aguas del río Tapajós, considerando el complejo sistema hidrológico de la cuenca del Amazonas y la influencia de la actividad de prospección.

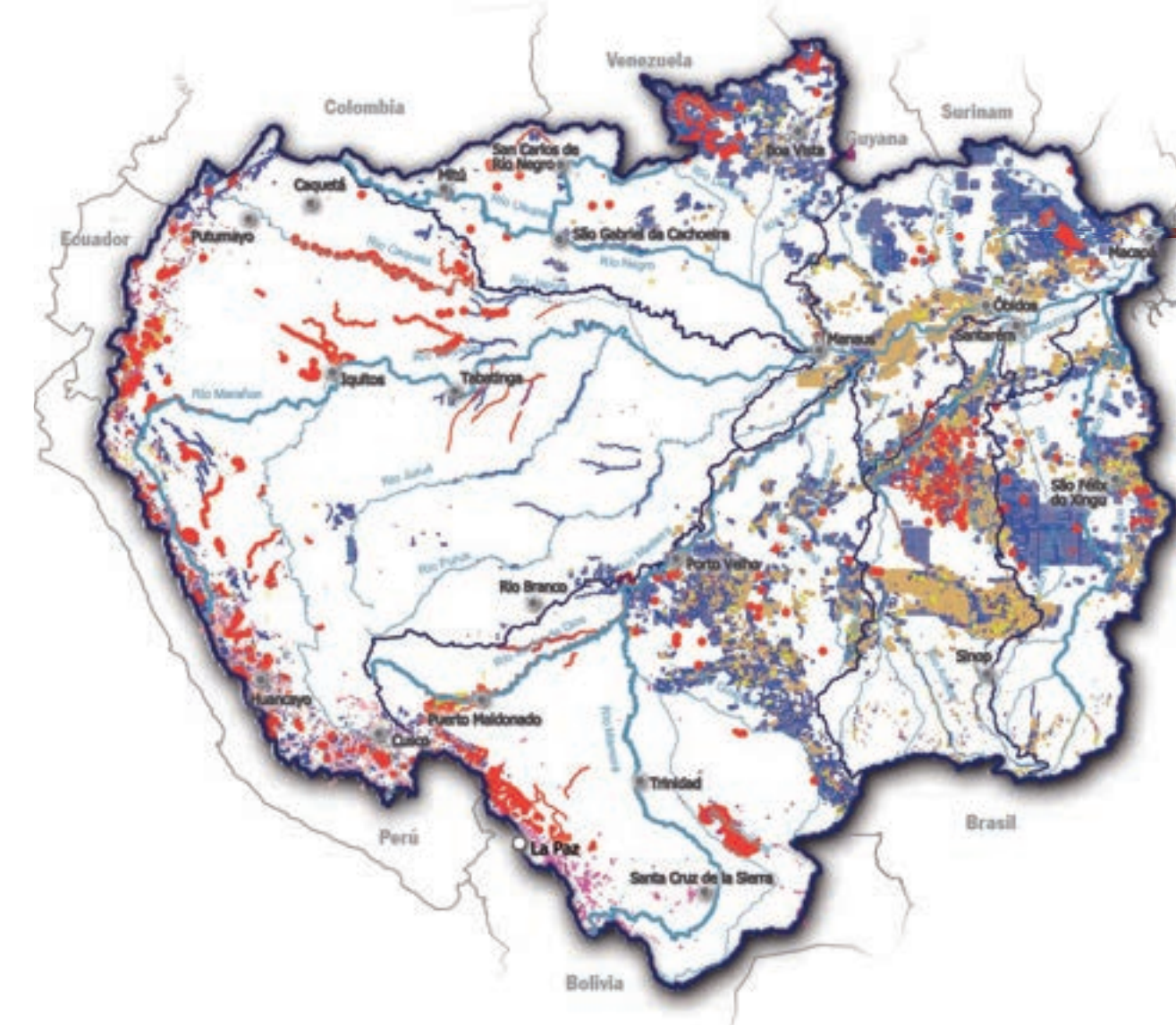


Figura 12. Minas mineras en la Cuenca del Amazonas

Subtítulos

- Localidades de práctica minera ilegal
- Ríos con actividade minera ilegal permanente
- Áreas con minería ilegal

Situación minera

- Concesión sin actividad
- En explotación
- En exploración/En exploração
- En exploración
- Solicitación
- Potencial

Fuente: Datos de la RAISG (2020) procesados por la Cobrape. Ver tabla de fuentes en la página 45, ítems 4 e 5.



Figura 13. Número de minas mineras por subcuenca

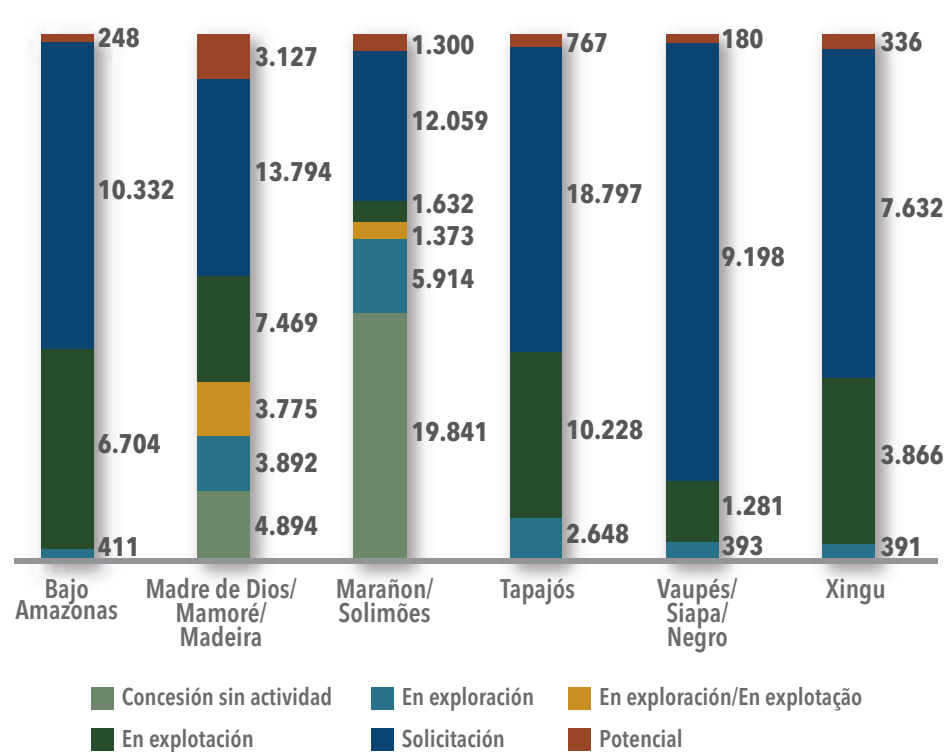


Figura 14. Área de agropecuaria por subcuenca (km² x 1.000)

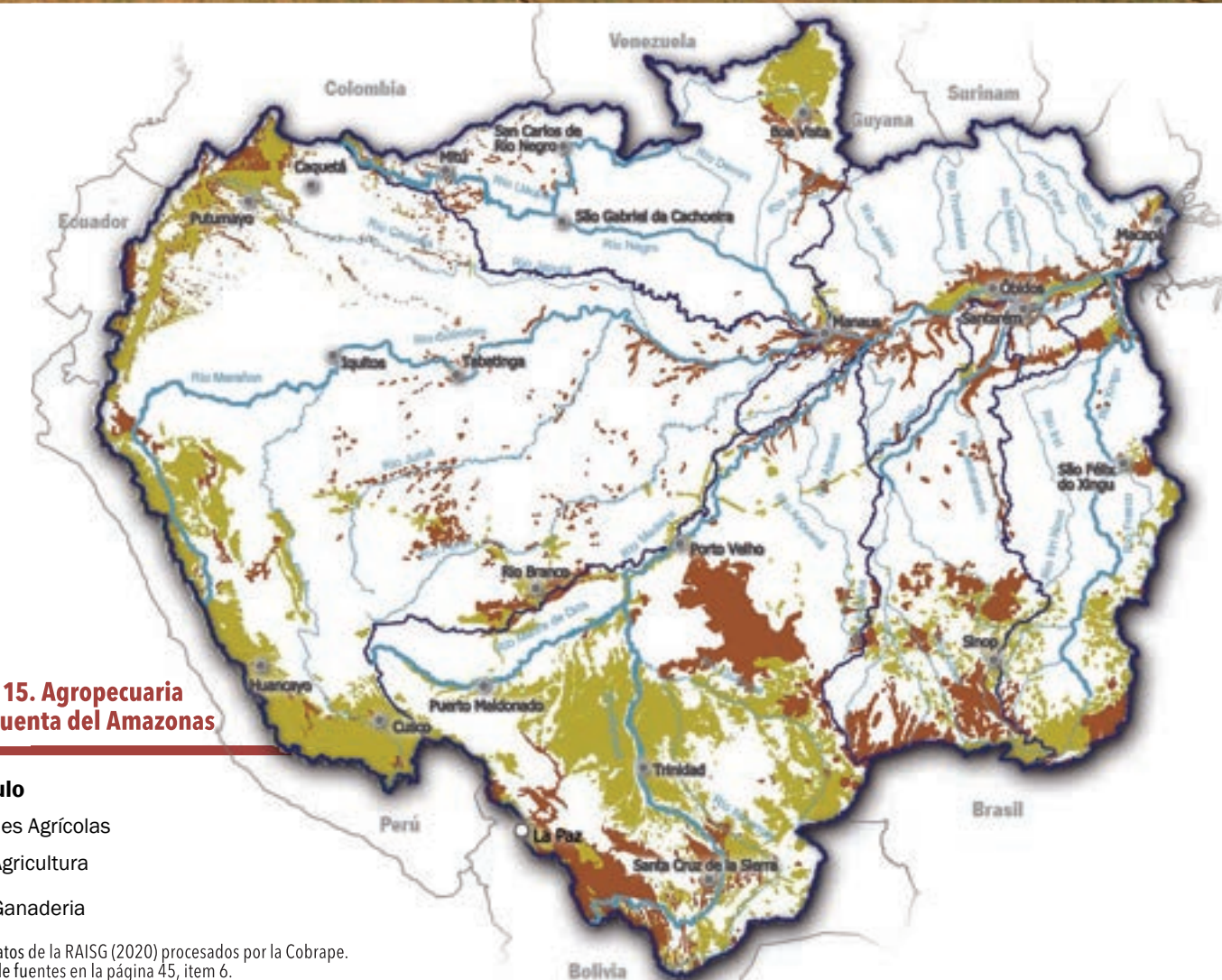
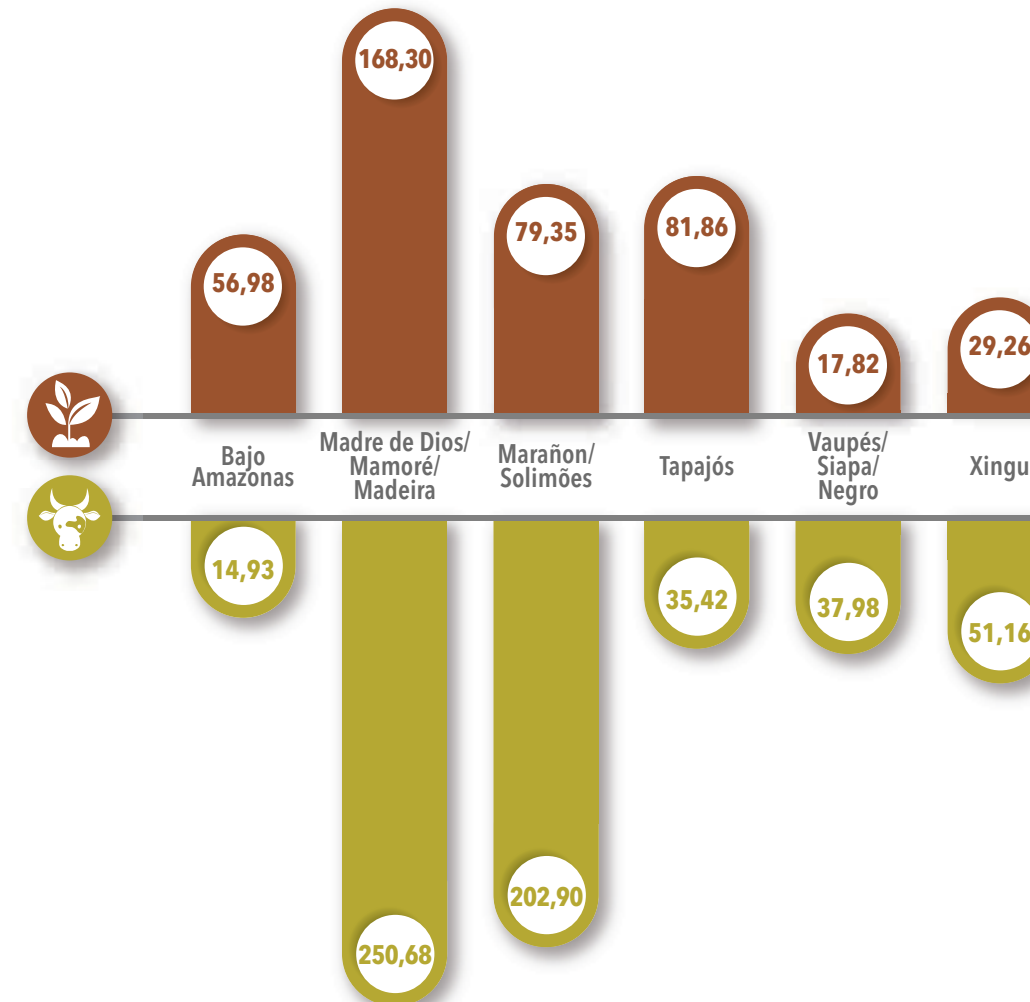


Figura 15. Agropecuaria en la Cuenta del Amazonas

Subtítulo

Atividades Agrícolas

 Agricultura

Fuente: Datos de la RAISG (2020) procesados por la Cobrape.
Ver tabla de fuentes en la página 45, ítem 6.

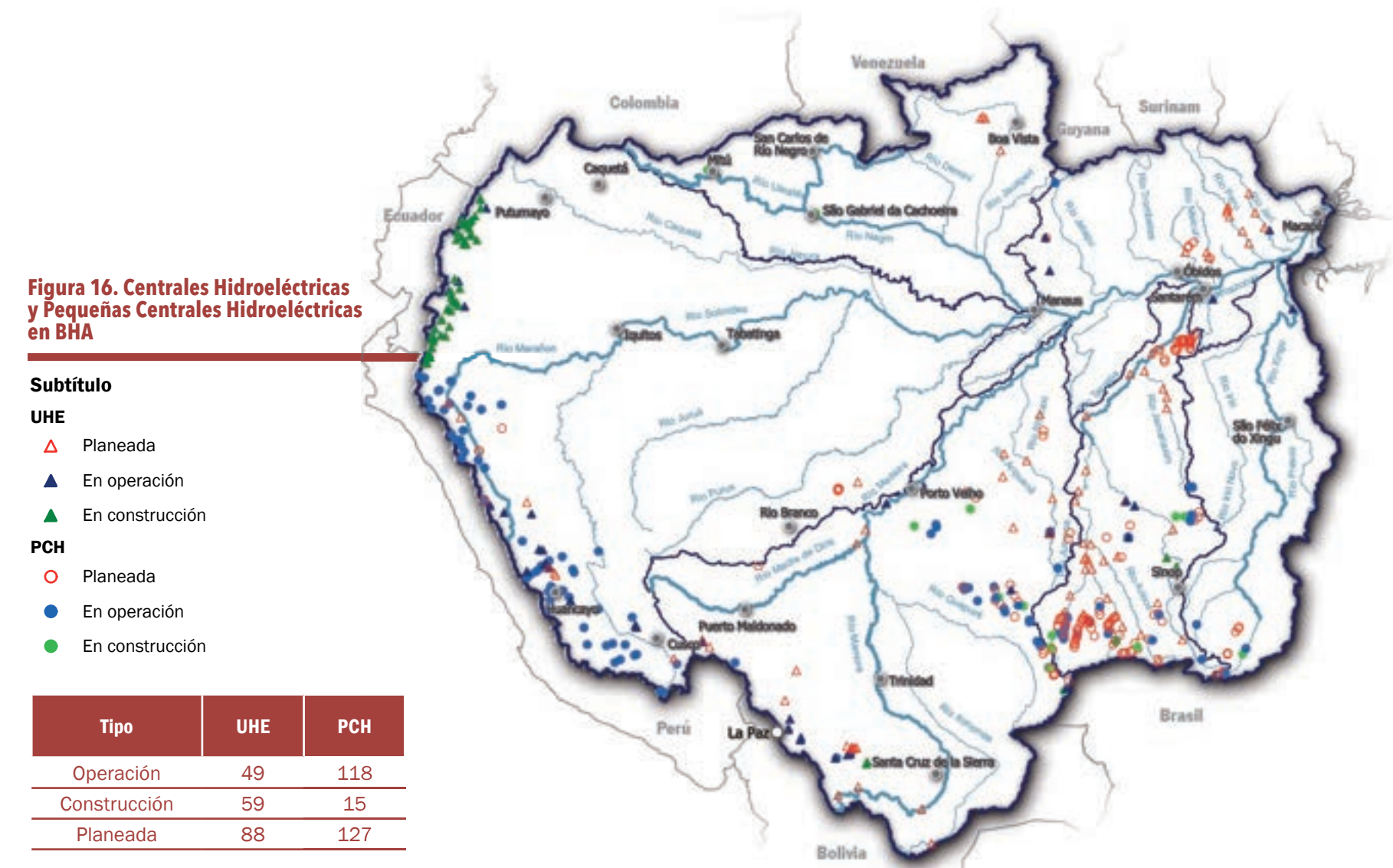
3.5. PLANTAS HIDROELÉCTRICAS

En el área que abarca la cuenca amazónica, existen diferentes tipos de emprendimientos para la generación de energía eléctrica, entre los que se destacan las centrales hidroeléctricas, ya que están directamente relacionadas con la calidad del agua.

La construcción de restos emprendimientos, generalmente de gran escala, afecta significativamente la región circundante y son expresivas las alteraciones físicas, químicas y biológicas de los recursos hídricos, pudiendo mencionarse, entre otras: (i) acidificación del agua cuando no existe deforestación previa en escala adecuada; (ii) la eutrofización producida por la lixiviación de fertilizantes en las tierras cultivables adyacentes; (iii) interferencias en los procesos migratorios y reproductivos de la ictiofauna; (iv) alteraciones hidrológicas aguas abajo del embalse; (v) aumento de los sedimentos acumulados tanto en

los cauces de los ríos aguas arriba y aguas abajo (vi) aumento de casos de enfermedades transmitidas por el agua; (vii) cambio en la temperatura del agua, oxigenación (oxígeno disuelto) y acidificación (pH); y (viii) retención de fósforo y exportación de nitrógeno capaz de eutrofización aguas abajo del embalse (HYNES, 1979; HENRY, 1989; HARPER, 1992; CMB, 2000; NAIME, 2012).

La Figura 16 ilustra las Usinas Hidroeléctricas (UHE) y las Pequeñas Usinas Hidroeléctricas (PCH) identificadas en la Cuenca Amazónica y la siguiente tabla da cuenta de estas estructuras, incluyendo los emprendimientos previstos, denotando el potencial de crecimiento de esta actividad en la cuenca.



Fuente: Datos de la RAISG (2020) Procesados por la Cobrape.
Ver tabla de fuentes en la página 45, ítem 7



3.6. EXPLORACIÓN DE PETRÓLEO

Según el estudio “Amazonía bajo presión” (RAISG, 2020), una de las actividades con impacto en los recursos hídricos de la cuenca amazónica es la actividad petrolera, que representa el 9,4% de la superficie, concentrada en la Amazonia andina (Bolivia, Colombia, Perú y Ecuador). La contaminación ambiental derivada de la actividad petrolera tiene lugar principalmente en las zonas de extracción y durante el transporte del crudo a las grandes refinerías. Dado que las vías navegables son el principal medio de transporte, el riesgo de verter a cursos de agua es bastante elevado.

A pesar de la extensa área con esta actividad en la cuenca, que se muestra en la Figura 17, existen pocas áreas de explotación petrolera, ya que la mayoría de las minas se encuentran en las categorías de exploración y potencial. Las mayores áreas explotadas se ubican al suroeste del Putumayo (Colombia y Ecuador) y alrededor de Santa Cruz de La Sierra (Bolivia).

La contaminación de cuerpos de agua por petróleo y sus derivados afecta tanto a las aguas superficiales como a las subterráneas, con daños a largo plazo. Entre los accidentes recientes causados por la extracción de petróleo en la cuenca del Amazonas, se destacan los siguientes:

En 2010, en Perú, un derrame de aproximadamente 500 barriles a la altura de la Comunidad Nativa San José de Saramuro, ocasionado por la explotación de petróleo y derivados, alcanzó las cuencas de Corrientes, Pastaza, Tigre y Marañón;

En 2016, un derrame a gran escala hizo que el gobierno peruano declarara estado de emergencia en 16 comunidades de la región de Loreto. El derrame de 3.000 barriles de petróleo en la cuenca del río Marañón, provocado por la ruptura del principal oleoducto del país, contaminó tramos de los ríos Chiricayo y Morona;

En abril de 2020 ocurrió un derrame en los ríos Napo y Coca en Ecuador. El derrame ascendió a alrededor de 15.000 barriles, afectó a más de 2.000 familias indígenas y comprometió el acceso al agua potable de al menos 120.000 personas.

A pesar de los accidentes que involucraron a la industria petrolera, no se identificaron puntos de monitoreo de la calidad del agua de las agencias gubernamentales en estas regiones, ya sea que hayan sido impactadas o no. Esta brecha de datos representa un riesgo, ya que no permite monitorear y comprender cómo la actividad impacta los recursos hídricos.

El petróleo es una fuente de hidrocarburos en el agua que, dependiendo de la concentración, pueden ser nocivos para la salud. Además, la "mousse" de aceite provoca daños en la biota acuática, intoxicando a los organismos, impidiendo sus funciones vitales. También existe el riesgo de envenenamiento de aves y otros animales que entren en contacto con estas sustancias.

Los lotes de petróleo con autorización de explotación se concentran mayoritariamente en la subcuenca Marañón/Solimões, principalmente en Ecuador, pero también presentes en Perú, Colombia y Brasil. Estos lotes son un tema controvertido en la disputa territorial con las comunidades tradicionales, principalmente en Ecuador y Perú. Estas disputas ganaron mayor proporción con casos de derrame de productos derivados de este tipo de extractivismo, como el que alcanzó las cuencas de Corrientes, Pastaza, Tigre y Marañón en 2010 (BUENO y RIOQUELME, 2016). La fuerte presencia de este tipo de industria en la región afecta el agua en cantidad y calidad, limitando el acceso de las personas, generando disputas por el agua.

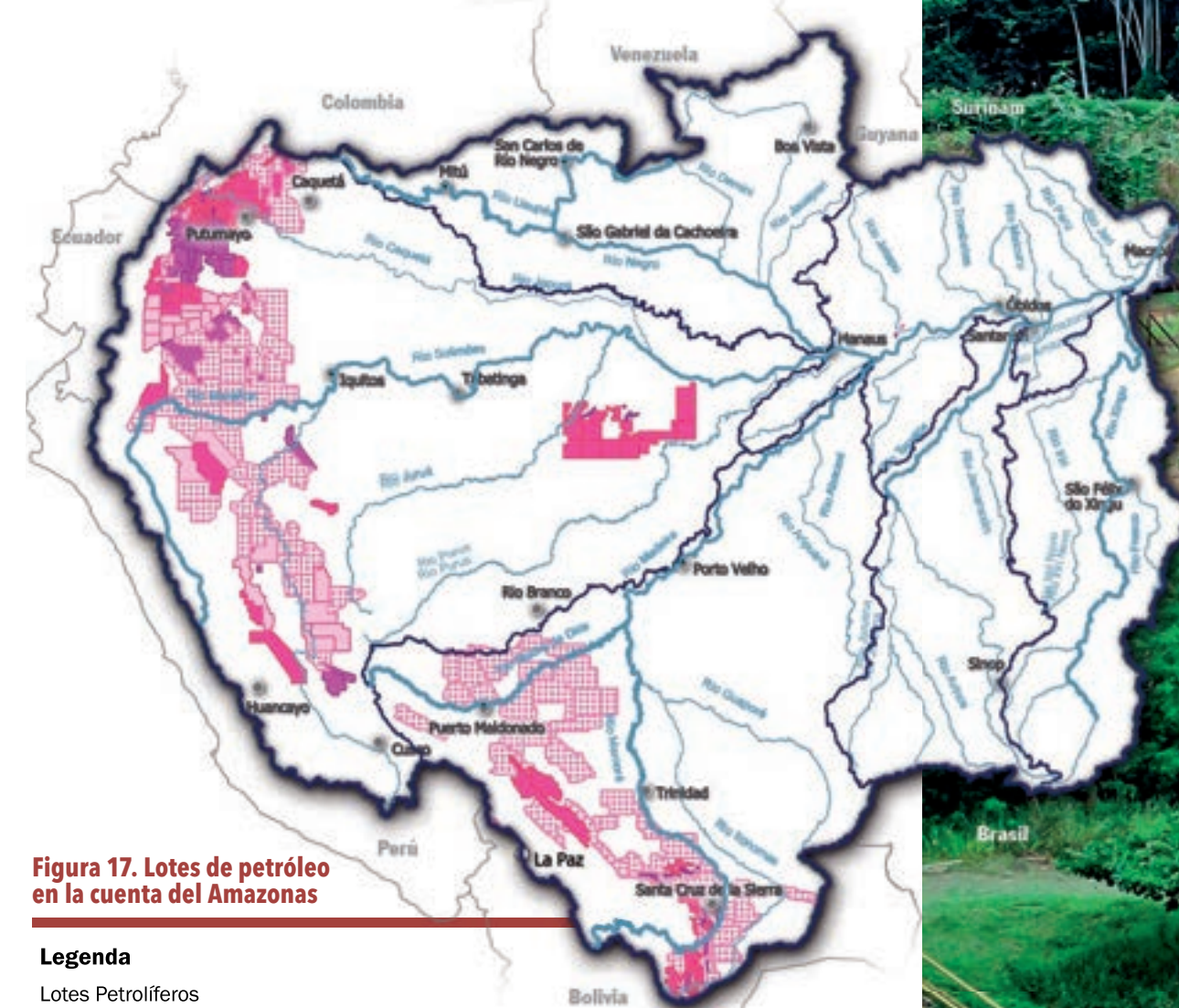


Figura 17. Lotes de petróleo en la cuenta del Amazonas

Legenda

Lotes Petrolíferos

-  Em exploração
-  Em exploração
-  Potencial
-  Solicitação

Fuente: Datos de la RAISG (2020) procesados por la Cobrape. Ver tabla de fuentes na página 45, ítem 8.

En ambientes costeros o en la ribera de los ríos, en caso de vertido, el material oleoso residual, tras la evaporación y solubilización de fracciones ligeras, forma una especie de emulsión gelatinosa, poco estable, conocida como "mousse".

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

y deposición directa de este material en ríos, riberas y arroyos. La calidad del agua se ve afectada de muchas maneras, como por la dispersión de plásticos, metales y materiales tóxicos de las bombillas y baterías. Además, la disposición inadecuada de los residuos provoca que los lixiviados, producto de la descomposición, sean absorbidos por los cuerpos de agua. Este material tiene una alta carga orgánica y puede contener metales pesados y otros materiales tóxicos.

La contaminación por aguas residuales domésticas o residuos sólidos es un problema directamente relacionado con la rápida urbanización y la falta de infraestructura adecuada para el tratamiento y disposición de estos materiales, situaciones que son bastante comunes en los municipios de las BHA. A pesar de esto, existen pocos datos oficiales sobre la infraestructura de saneamiento y sobre cómo estas fuentes de contaminación impactan en la calidad de los cuerpos de agua, existiendo únicamente informes de prensa y ONG, y estudios específicos en artículos científicos sobre la situación. En Brasil, se destaca el “Atlas de alcantarillado” de ANA, que presenta el escenario actual, analiza datos y propone acciones y estrategias de inversión en alcantarillado para los 5.570 municipios brasileños, con horizonte de 2035.

En estudios de escalas más específicas, la ONG Instituto Mamirauá, que actúa en la región del Medio Solimões, reporta gran cantidad de basura en el bosque, donde se verificó la presencia de 600 gramos de basura por hectárea en un área de estudio de 2,5 hectáreas (IDSM, 2019). En el mismo estudio, el Grupo de Investigación en Ecología Forestal observó residuos de otros países, lo que prueba que los materiales terminan siendo transportados por los cuerpos de agua. Otros reportan la presencia de microplásticos en peces y arroyos de la región, como Ribeiro-Brasil *et al.* (2020) quienes encontraron nanoplasticos y microplásticos en las branquias de peces analizados en territorio brasileño.

Ante este amplio problema, la OTCA junto con los 8 países viene trabajando por primera vez a nivel regional en el tema. Para ello se está recabando información para identificar la brecha en desigualdad sociodemográfica, así como en agua, saneamiento y residuos sólidos, con el objetivo de mejorar la Gestión Integral de los Recursos Hídricos con énfasis en su calidad, a través de la planificación estratégica en cuanto a la prestación de servicios en estos tres sectores en la región amazónica.

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, Leticia (CO) e Iquitos (PE), además de Itacoatiara.

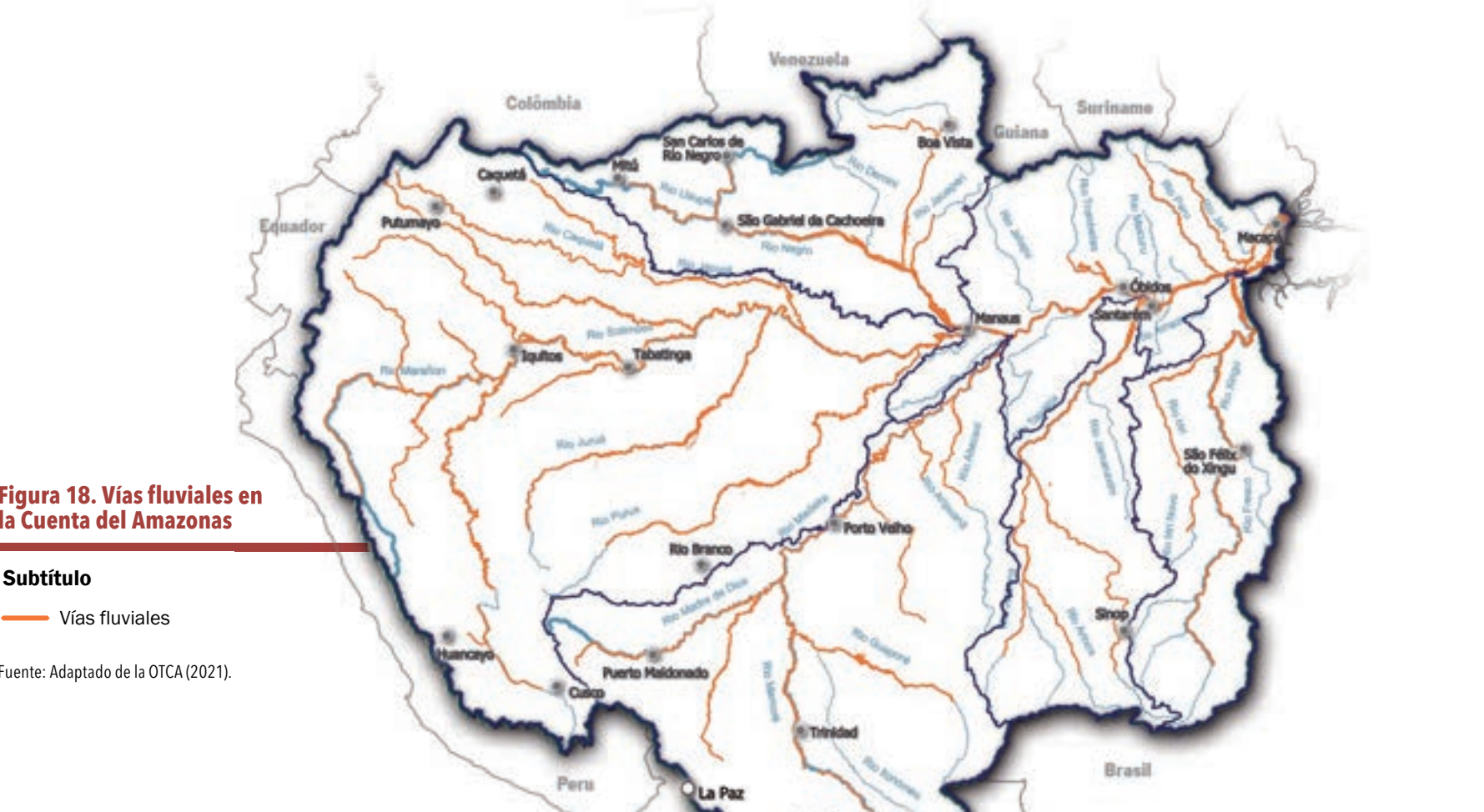
En el contexto de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, que es uno de los principales objetivos del TCA, la regulación ciertamente debe abordar los impactos de la navegación, con miras a su operación ambientalmente sostenible.

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 periodos 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 periodos 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

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 Amazonia 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 Amazonia se encontró un "área de oscurecimiento", es decir, un área que, contrariamente a la tendencia mundial, ha experimentó 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 aledaño.

4. ESTADO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL

Sequía en la Amazonia | Banco de Imágenes Adobe Stock.

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.

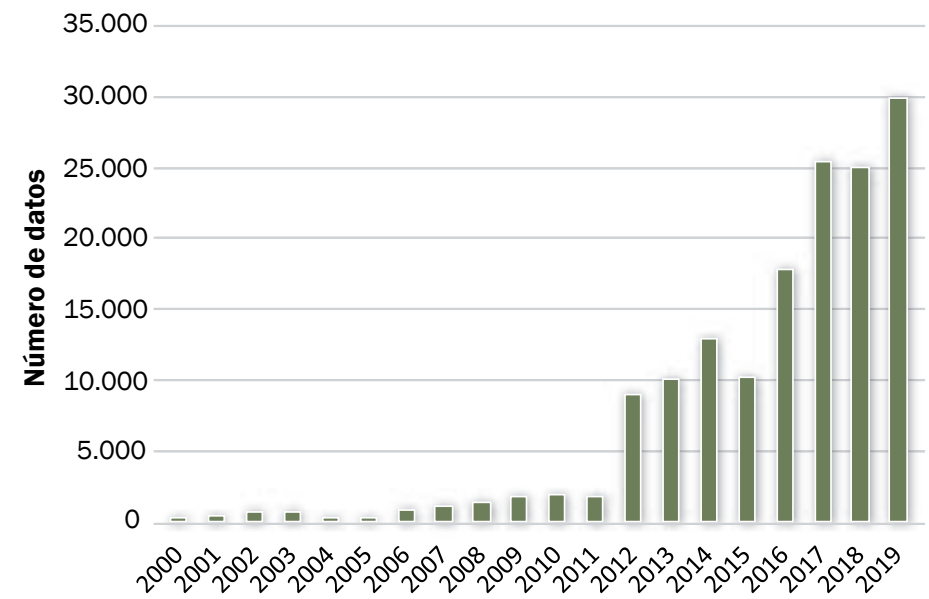
Río Amazonas | Brasil | Banco de Imágenes Adobe Stock

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



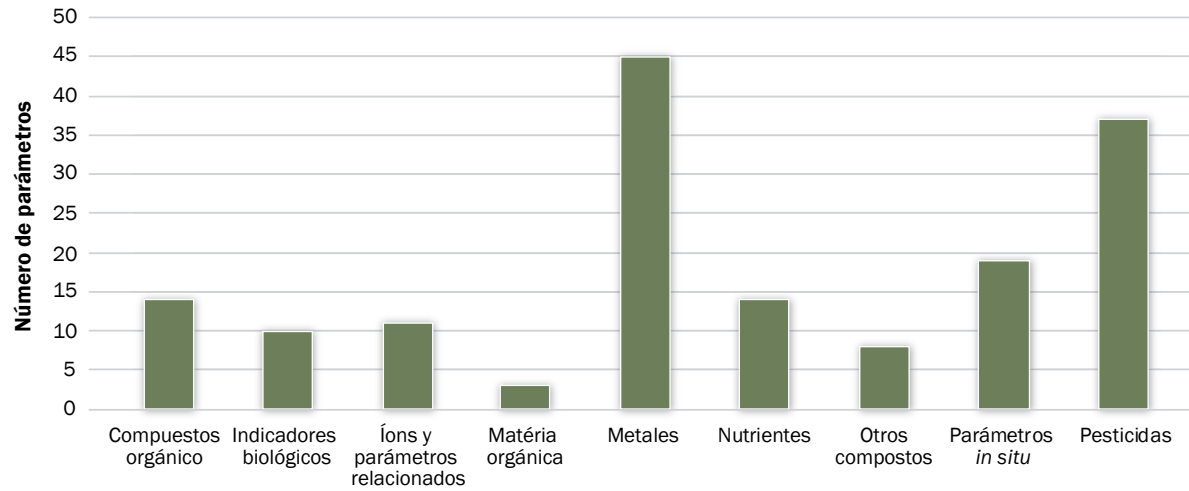
Fuente: Cobrape (2021), adaptado de los datos recibidos de los Países Miembros.

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.

⁵ Cabe 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: Cobrape (2021), adaptado de los datos recibidos de los Países Miembros.

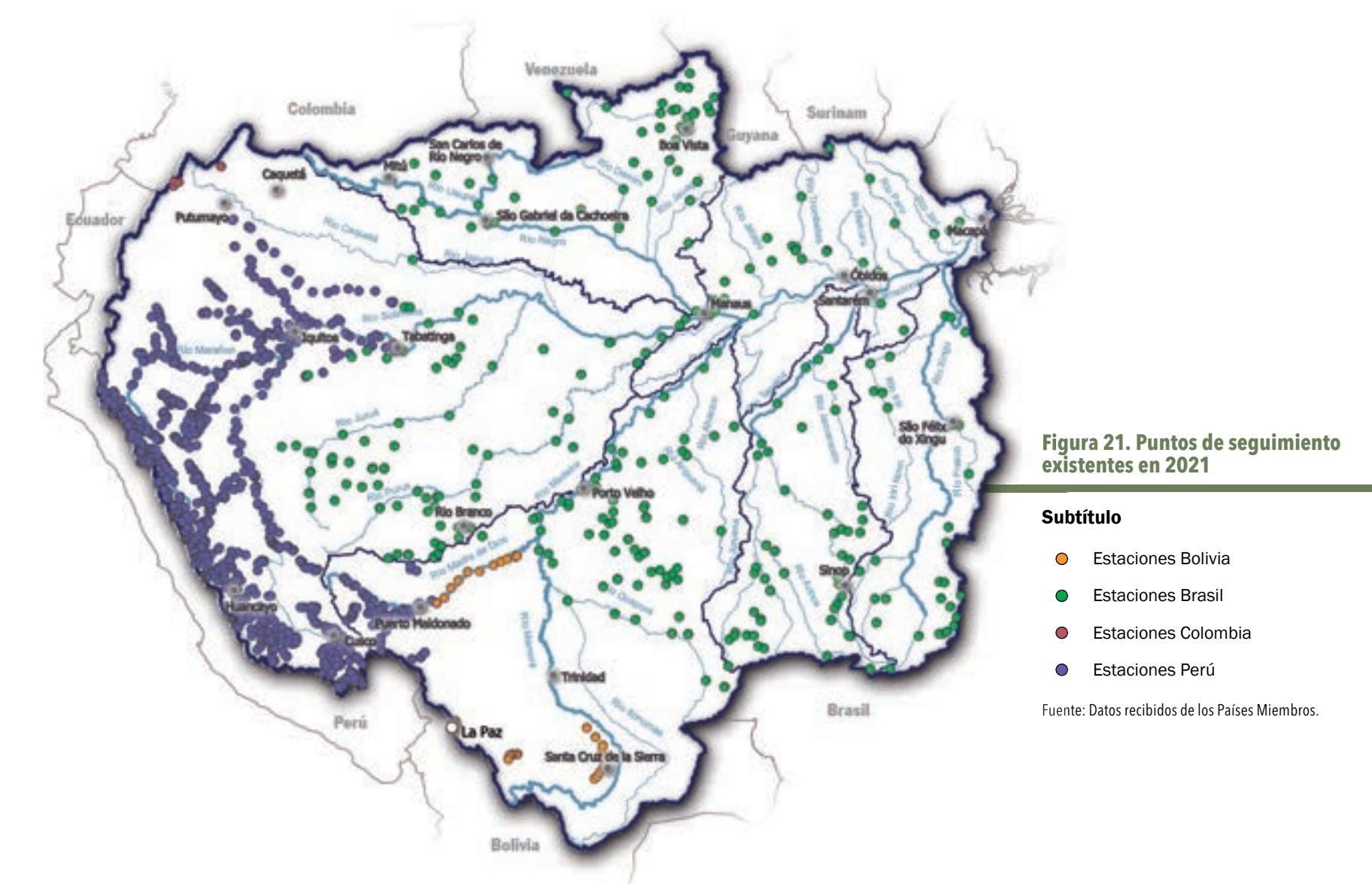
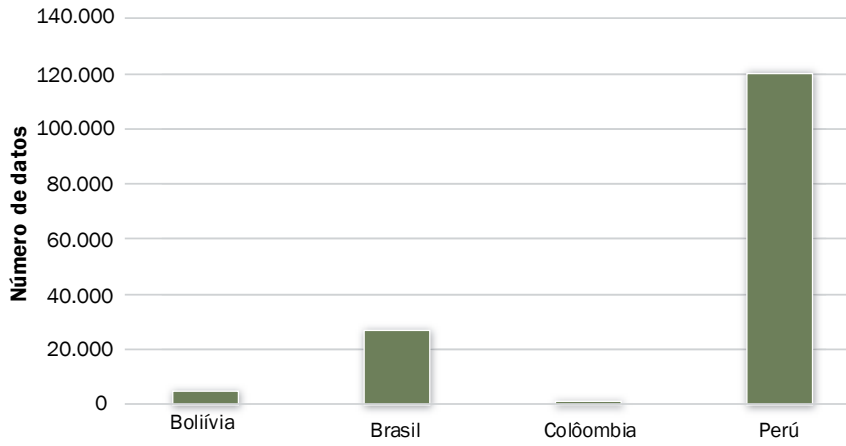


Figura 22. Datos monitoreo de la calidad del agua disponibles por país



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

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 Cuencas (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).

⁶ hidrosat.ana.gov.br.

⁷ hybam.obs-mip.fr.

Figura 23. Estaciones con datos en 2019 y en los últimos siete años para el análisis de la situación de la calidad del agua en la CHA

Subtítulo

- Estaciones con datos en 2019
- Estaciones con por lo menos siete años de datos

Fuente: Datos recibidos de los Países Miembros.



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 efluentes 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 < IPPO ≤ 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 < IPPO ≤ 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 < IPPO ≤ 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.

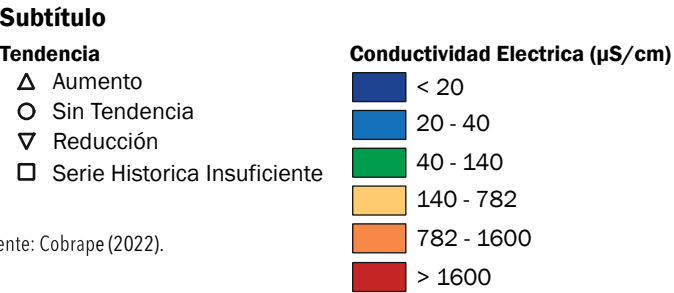
4.1. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

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 µS/cm): tres estaciones en la subcuenca Marañón/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 µS/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 µS/cm): esta categoría ocurre solo en la subcuenca Marañón/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;



Figura 24. Conductividad eléctrica en la Cuenca del Amazonas



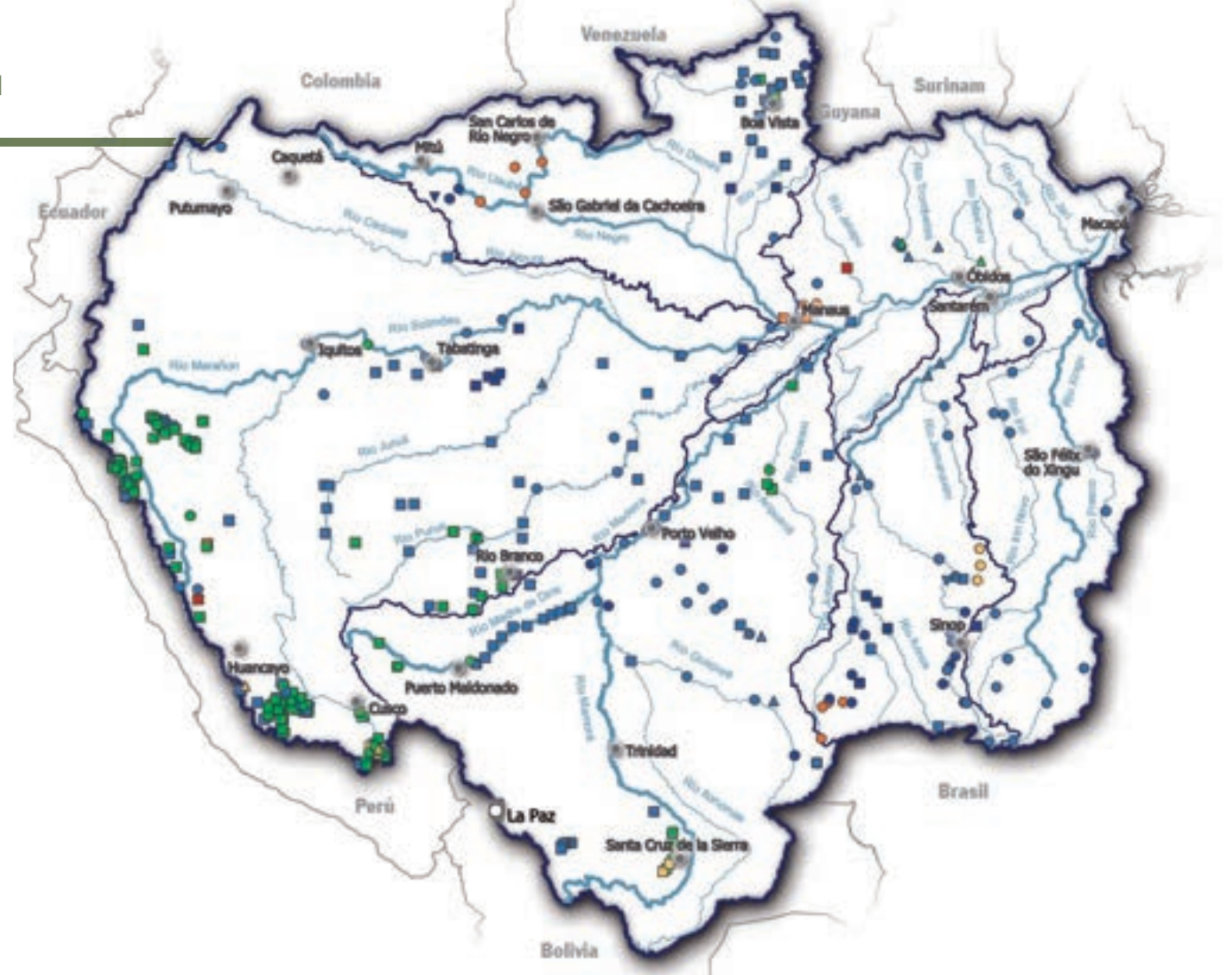
4.2. pH

Los promedios de pH más básicos en la BHA se concentran en la subcuenca Marañón/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 Marañón/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, Irirí 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 Marañón/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;
- Aguas Blancas (pH cercano a 7): en la subcuenca Marañón/Solimões, dos estaciones en el río Purus tuvieron resultados de pH por debajo de lo esperado y dos con pH promedio alto, una ubicada en el río Marañón, 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 Aripuanã, donde predominan las áreas boscosas, pero con presencia de agricultura y ganadería;
- Aguas 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 Colquijirca y Huallaga, sujetas a una intensa actividad minera, presentaron pH con alta acidez en la subcuenca Marañón/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.

La tendencia no se identificó en la mayoría de las estaciones con datos disponibles, sin embargo, se identificó un aumento en el pH en 20 de ellas, y la mayoría indicó un promedio de pH neutro en 2019. Sin embargo, una estación en la subcuenca Baixo Amazonas había presentado un promedio pH superior a 9 y lo mismo ocurrió para cuatro estaciones en ríos de aguas claras de la subcuenca Madre de Dios/Madeira/Mamoré. En este caso, se puede decir que los ríos monitoreados por estas estaciones se están alejando del patrón natural. Dos mostraron tendencia a la disminución del pH, uno en la subcuenca Tapajós y otro en la cuenca Vaupés/Siapa/Negro. Los dos tenían un promedio de pH neutro en 2019.

Figura 25. pH en la Cuenca del Amazonas



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 Marañón/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.

Se observaron concentraciones promedio inferiores a 5 mg/L en la subcuenca Vaupés/Siapa/Negro en siete estaciones, cinco ubicadas en ríos de aguas negras, una en Intermedio tipo A y una sin información. Solo dos de ellos no ocurren en áreas urbanizadas, uno sobre el río Catrimani y otro sobre el río Paduari, este último en una región con áreas de deforestación.

Se encontraron bajas concentraciones medias de OD en 2019 en estaciones ubicadas en el río Amazonas. Los dos con concentraciones por debajo del límite legal están ubicados aguas abajo de Manaus, cerca de algunas ciudades, pero en una región sujeta a inundaciones, lo que puede contribuir a las bajas concentraciones.

En la subcuenca Madre de Dios/Madeira/Mamoré, solo seis estaciones se encuentran en situación crítica de OD, tres de ellas ubicadas en el río Guaporé, una en el río Abuiña, una en el río Marmelo, afluente del Madeira, y una sobre el río Rocha en Cochabamba, aunque, en este caso, las otras estaciones cercanas, sobre el mismo río, presentan valores superiores a 40 mg/L de OD.

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 sujeta 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.

4.5. METALES

la minería fue una de las presiones que más se destacó en la BHA. Algunas estaciones de análisis de calidad de agua indicaron que fueron influenciadas por esta actividad y los metales son los parámetros que más directamente podrían indicar este impacto. Sin embargo, solo Perú monitorea metales y, por lo tanto, esta información solo está disponible para los ríos de las subcuencas Marañón/Solimões y Madre de Dios/Madeira/Mamoré.

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.

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 Maraón/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 Maraón, 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 problema del mercurio en la Amazonía motivó la creación del Observatorio del Mercurio, una plataforma lanzada por la ONG WWF en alianza con Fio Cruz, Cincia y otras instituciones, con el objetivo de recopilar estudios e información sobre el mercurio y la minería en la Panamaza, y traer más transparencia con esta información.

El observatorio analiza que, aunque en Brasil se vende mercurio, esto no ocurre en todos los países. Los buscadores lo pasan de contrabando para capturar oro y lo liberan de manera inapropiada en el suelo, el agua y el aire. El mercurio se vuelve aún más tóxico en contacto con microorganismos, cuando se convierte en metilmercurio, contaminando la flora y la fauna y volviéndose nocivo para la salud humana.

La herramienta creada por el Observatorio de Mercurio reúne literatura científica resultante de una revisión sistemática realizada entre 1980 y 2021, recopilando registros de mercurio en humanos y peces, ilustrados en las Figuras 28 y 29, a continuación.

Se nota que hay más información para humanos y que varios lugares tienen concentraciones muy altas, especialmente en los ríos Madeira, Tapajós y Negro. Para la mayoría de los lugares con estudios de peces, especialmente en los afluentes de los ríos principales, las concentraciones se encuentran en el rango considerado aceptable. Las mayores concentraciones de peces se encuentran en las localidades de Itaituba y Jardim do Ouro (Cuenca Tapajós), localidad de Assis Brasil (Cuenca Marañón/Solimões) y Fortaleza do Abunã y Libertad (Cuenca Madre de Dios/Madeira/Mamoré).

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.

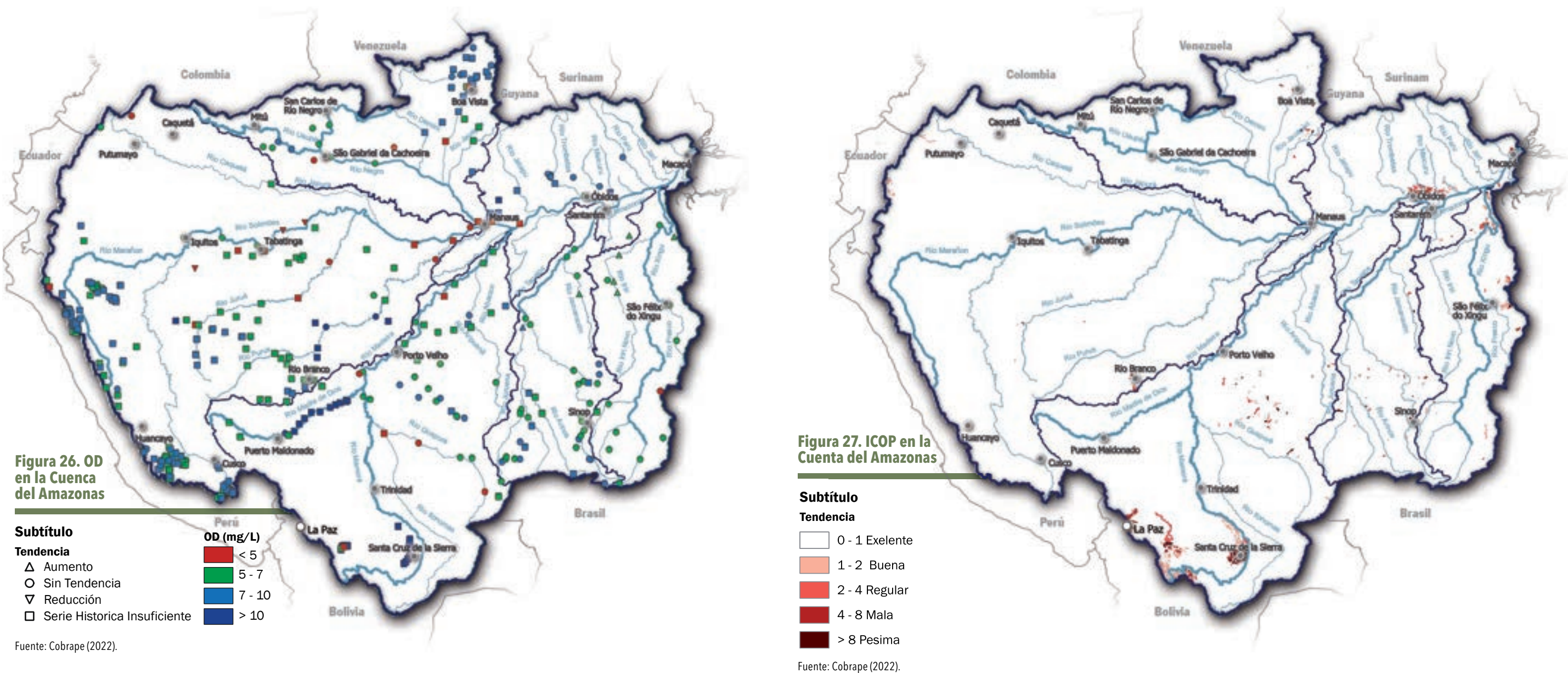


Figura 27. ICOP en la Cuenta del Amazonas

Subtítulo
Tendencia

	0 - 1 Excelente
	1 - 2 Buena
	2 - 4 Regular
	4 - 8 Mala
	> 8 Pesima

Fuente: Cobrape (2022)

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, Caccol y Espigão d’Oeste.

En las subcuencas Maraón/Solim  es, Tapajós y Xingu, pequeñas regiones presentaron IPPO de baja calidad, con evidencias para Rio 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 subcuencas 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.

Como forma de estudio complementario, la Unicamp (2021) señaló la presencia de compuestos, derivados de la actividad humana y reflejo de la falta de saneamiento básico, como cafeína, nicotina, hormonas, analgésicos y psicoestimulantes, que amenazan la biodiversidad de la cuenca del río Amazonas. Llegó la alerta sobre la urgencia de tomar medidas con miras a reducir la liberación de estos contaminantes a los cuerpos de agua.

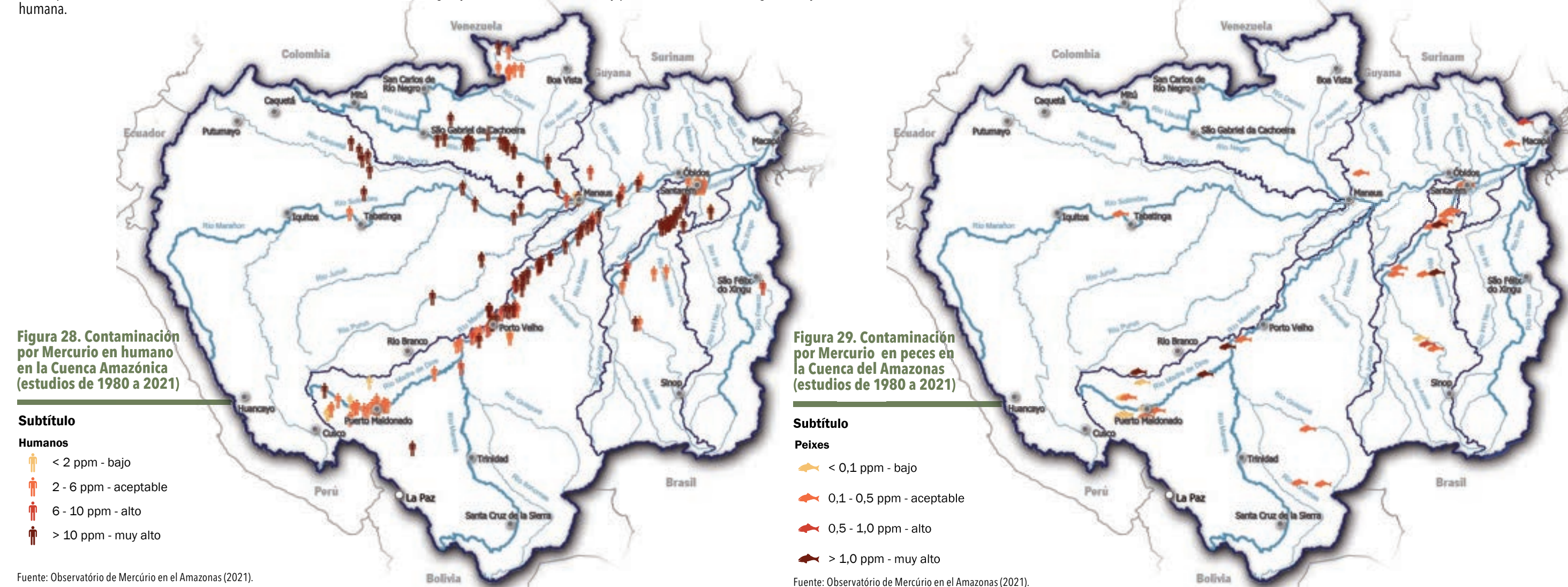






Figura 28. Contaminación por Mercurio en humano en la Cuenca Amazónica (estudios de 1980 a 2021)

Subtítulo

Humanos





-  < 2 ppm - bajo
-  2 - 6 ppm - aceptable
-  6 - 10 ppm - alto
-  > 10 ppm - muy alto

Fuente: Observatório de Mercúrio en el Amazonas (2021).

Figura 29. Contaminación por Mercurio en peces en la Cuenca del Amazonas (estudios de 1980 a 2021)

Subtítulo

Peixes

-  < 0,1 ppm - baixo
-  0,1 - 0,5 ppm - aceitável
-  0,5 - 1,0 ppm - alto
-  > 1,0 ppm - muito alto

Fuente: Observatório de Mercúrio en el Amazonas (2021).



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).

5. RESPUESTAS A LAS PRESIONES IDENTIFICADAS

Machu Picchu | Perú | Banco de Imágenes de Wirestock en Freepick

Las respuestas que los gobiernos y la sociedad han dado a la degradación de la calidad de las aguas superficiales en la Amazonia 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 n° 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 Impactos de Garimpo Ilegal 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 n° 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 n° 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 reúso 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



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 GIRH 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 e 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 satélites.

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.

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.

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).

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.

Según la OTCA/PNUMA (Diagnóstico Analítico Regional Transfronterizo de la Cuenca Amazónica), otras causas de la contaminación provocada por la navegación son la informalidad en el transporte de carga y pasajeros, el incumplimiento de las normas de seguridad y las prácticas inadecuadas en el mantenimiento de las embarcaciones. En este sentido, es necesario implantar ordenamiento fluvial, mejora de la supervisión por parte de la Autoridad Portuaria y políticas de inversión en estructuras portuarias.

Plantas Hidroeléctricas

La inversión en otros tipos de energía renovable (como la eólica y la solar) por parte de los países miembros de la OTCA podría reducir la presión para construir plantas hidroeléctricas en la región amazónica. Estas centrales hidroeléctricas no utilizan grandes embalses y aprovechan la fuerza de la corriente para generar energía sin tener que almacenar grandes cantidades de agua. De esta manera se inunda un área más pequeña, reduciendo los impactos sobre los ecosistemas terrestres y sobre la calidad del agua.

Ejemplos de centrales hidroeléctricas de pasada son UHE Jirau y UHE Santo Antônio, ambas en el río Madeira en Brasil. El Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua del Río Madeira y sus afluentes, realizado desde 2009 por la Companhia Santo Antônio Energia en un tramo de 300 kilómetros, es un buen ejemplo de monitoreo asociado a proyectos hidroeléctricos.

Según OTCA/PNUMA (2018), algunas acciones son necesarias para minimizar los impactos relacionados con las grandes obras de infraestructura. Entre ellos podemos mencionar:

- Promover planes y programas de uso de suelo;
- Promover mecanismos para fortalecer las agencias e instituciones nacionales de control, vigilancia e inspección ambiental;
- Promover mecanismos para integrar el ciclo de planificación de grandes proyectos en el proceso de planificación nacional, incluidas revisiones y aprobaciones en cada fase del proyecto;
- Promover mecanismos de coordinación y armonización a nivel regional de los instrumentos de planificación nacional;
- Promoción de mecanismos de transparencia e información sobre megaproyectos individuales a lo largo de su maduración y en el proceso de planificación;

- 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 sitios 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 aluvial (“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 aluviales 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

La 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, DBO, coliformes, clorofila-a, metales pesados, entre otros.

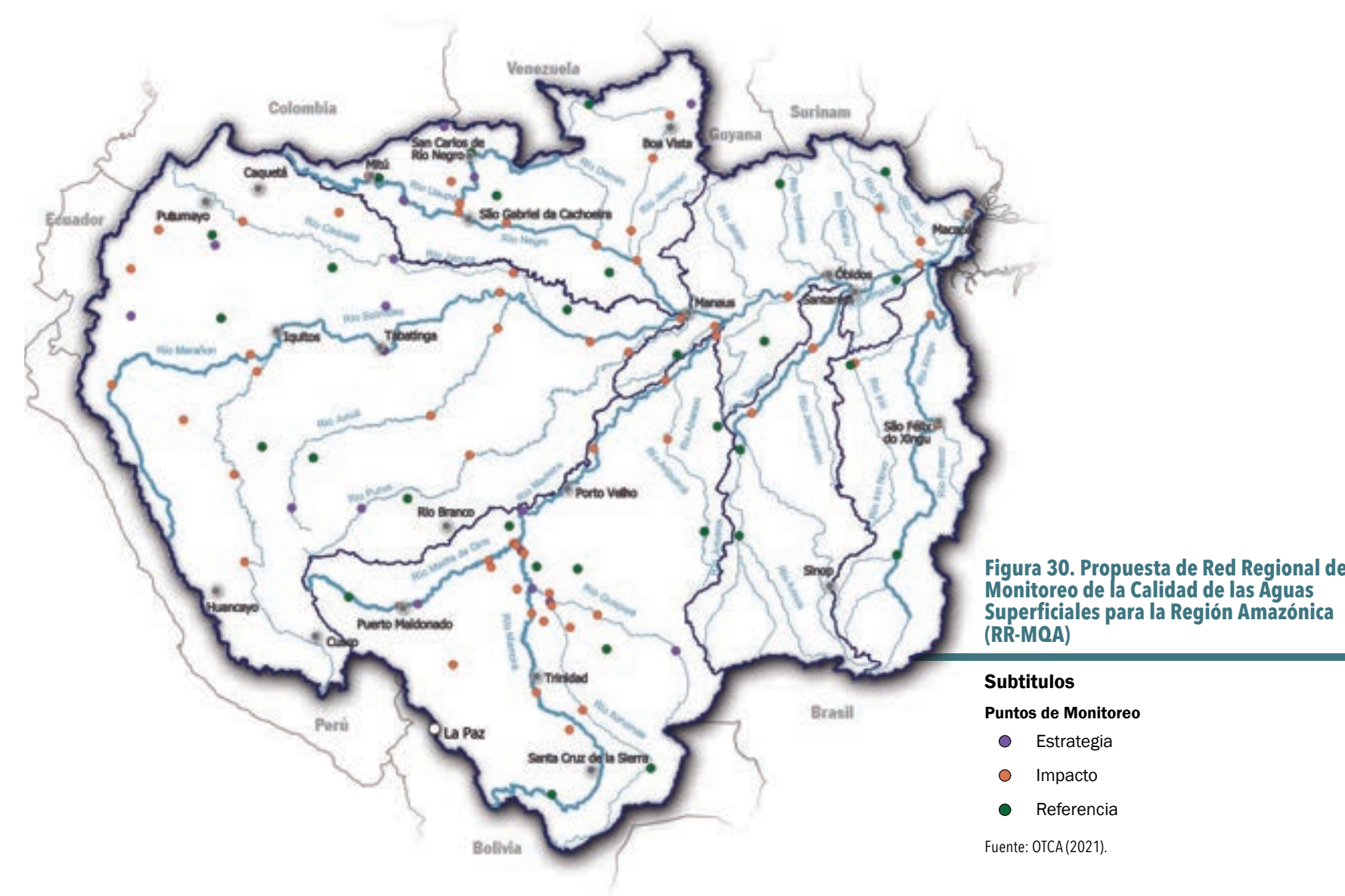


Figura 30. Propuesta de Red Regional de Monitoreo de la Calidad de las Aguas Superficiales para la Región Amazónica (RR-MQA)

Subtítulos

Puntos de Monitoreo

- Estrategia
- Impacto
- Referencia

Fuente: OTCA (2021).

Observatorio Regional Amazónico

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

A partir de la primera definición dada a ORA en la XII Reunión de Cancilleres de la OTCA (2013), y teniendo en cuenta los elementos planteados en el diseño conceptual, su definición sufrió una actualización, ampliando su alcance bajo la Visión de ser un Centro de Referencia de Información Amazónica Centro y un Foro Virtual permanente que promueva el flujo e intercambio de información entre instituciones, gobierno, comunidad científica, academia y sociedad civil de los países amazónicos.

Su Misión es “recolectar, procesar, organizar y difundir información sobre la Amazonia de manera integral y comparable sobre los temas establecidos en la Agenda Estratégica de Cooperación Amazónica (AECA) de la OTCA, brindando servicios de información a la comunidad científica, gubernamental, no gubernamental y la sociedad civil al estudio y desarrollo de la Amazonia”.

ORA surge como un mecanismo tecnológico que busca generar respuestas e insumos para la toma de decisiones a nivel nacional y regional ante situaciones de emergencia latentes, tales como incendios, inundaciones, eventos climáticos extremos, etc., así como problemas crecientes y recurrentes relacionados con deforestación, sequías, minería ilegal, agricultura, saneamiento básico, exploración y uso de petróleo, hidro vías e hidroeléctricas, cambio climático, tráfico de especies de la biodiversidad, etc. La ORA brindará alertas tempranas e información relevante para que las autoridades tomen las acciones correspondientes.

ORA se apoya en una estructura informática funcional, con acceso a través de un portal web (<https://oraotca.org/>), y su operación se basa en una cadena de valor de la información que incluye desde la obtención y carga de información, hasta la homogeneización, almacenamiento, filtrado, procesamiento, consulta y descarga de datos. La estructura funcional de ORA permite organizar la información de forma modular, organizada en módulos temáticos e integradores. Estos módulos tienen sus respectivas funciones, productos y servicios, de manera que permitan una adecuada gestión del conocimiento amazónico.

La información publicada en la ORA proviene de diversas instancias gubernamentales de los Países Miembros y también de fuentes externas, como organismos regionales e internacionales, que cuentan con un alto grado de reconocimiento por su trabajo en la Amazonia.

Los temas priorizados en la ORA están vinculados a la agenda de AECA y hasta el momento se han completado los módulos temáticos relacionados con Especies CITES, Biodiversidad, y los relacionados con Bosques, Recursos Hídricos y Pueblos Indígenas, así como se está iniciando la construcción de los módulos MIPYMES, así como RedCIA y Cambio Climático.

Los módulos integradores están diseñados para brindar servicios integrados de consulta de información sobre temas y subtemas especializados, los cuales se presentan a través de diferentes herramientas de visualización, según el propósito de la comunicación y el formato asociado.

En el Módulo Geoamazônia, la información se presenta a escala regional, a través de un geovisor, que permite la superposición de diferentes capas de información y que se alimenta de un catálogo de mapas de fuentes oficiales y no oficiales, organizados en diferentes categorías, temas y subtemas.

En el Módulo de Recursos Hídricos consultamos mapas temáticos de variables climatológicas (Precipitación, Evapotranspiración, Temperatura) y estudios de las características hidrológicas de la región (cauces, zona de inundación, entre otros). Al igual que con los otros módulos disponibles en el geovisor, los mapas y la información sobre los recursos hídricos pueden superponerse entre sí y con cualquier otro módulo.

El Módulo de Redes Amazónicas articula información de diferentes redes de monitoreo establecidas en la región que generan datos oficiales para la gestión de los recursos hídricos en los Países Miembros, como la Red Hidrológica Amazónica (RHA), la Red de Estaciones HYBAM y la Red de Monitoreo de la Calidad del Agua.

ORA cuenta con una Sala de Situación que alberga la Red Hidrológica Amazónica (RHA) y la Red Regional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RR-MCA) de la OTCA para monitorear sistemáticamente diversos aspectos relacionados con el recurso hídrico y eventos críticos a nivel regional amazónico.

6. RESUMEN GENERAL



Manaus - Brasil | Banco de Imágenes de Aboe Stock

6.1. ÁREAS CRÍTICAS

Figura 31. Áreas críticas en términos de presiones

- Subtítulos
- Áreas Agrícolas
 - Explotación Florestal
 - Lotes de Petróleo
 - Minería

Fuente: Cobrape (2022).



Considerando los datos existentes y su heterogeneidad en términos de tiempo, espacio y parámetros monitoreados, no fue posible proponer específicamente áreas críticas de calidad del agua. Por lo tanto, a partir de la aplicación de la metodología PER, especialmente en base a las presiones identificadas, se definieron regiones que pueden ser consideradas críticas en términos de susceptibilidad a la degradación de la calidad del agua. Estas áreas se definieron con base en cinco enfoques, que se muestran en las siguientes figuras:

- Presiones: comprenden las áreas de deforestación, minería (explotación), lotes petroleros (explotación) y áreas agrícolas relevadas en este estudio y que en sí mismas representan áreas potencialmente críticas (Figura 31);
- Presiones en áreas especiales: comprenden el resultado de la superposición de presiones ya mencionadas con áreas consideradas especiales: Áreas Protegidas, Territorios Indígenas y zonas inundables (Figura 32);

Figura 32. Zonas críticas en cuanto a presiones en zonas especiales

- Subtítulos
- Áreas de deforestación en Áreas Protegidas y Territorios Indígenas
 - Lotes de petróleo en Áreas Protegidas y Territorios Indígenas
 - Áreas de minería en Áreas Protegidas y Territorios Indígenas
 - Áreas agrícolas en zonas inundables

Fuente: Cobrape (2022).

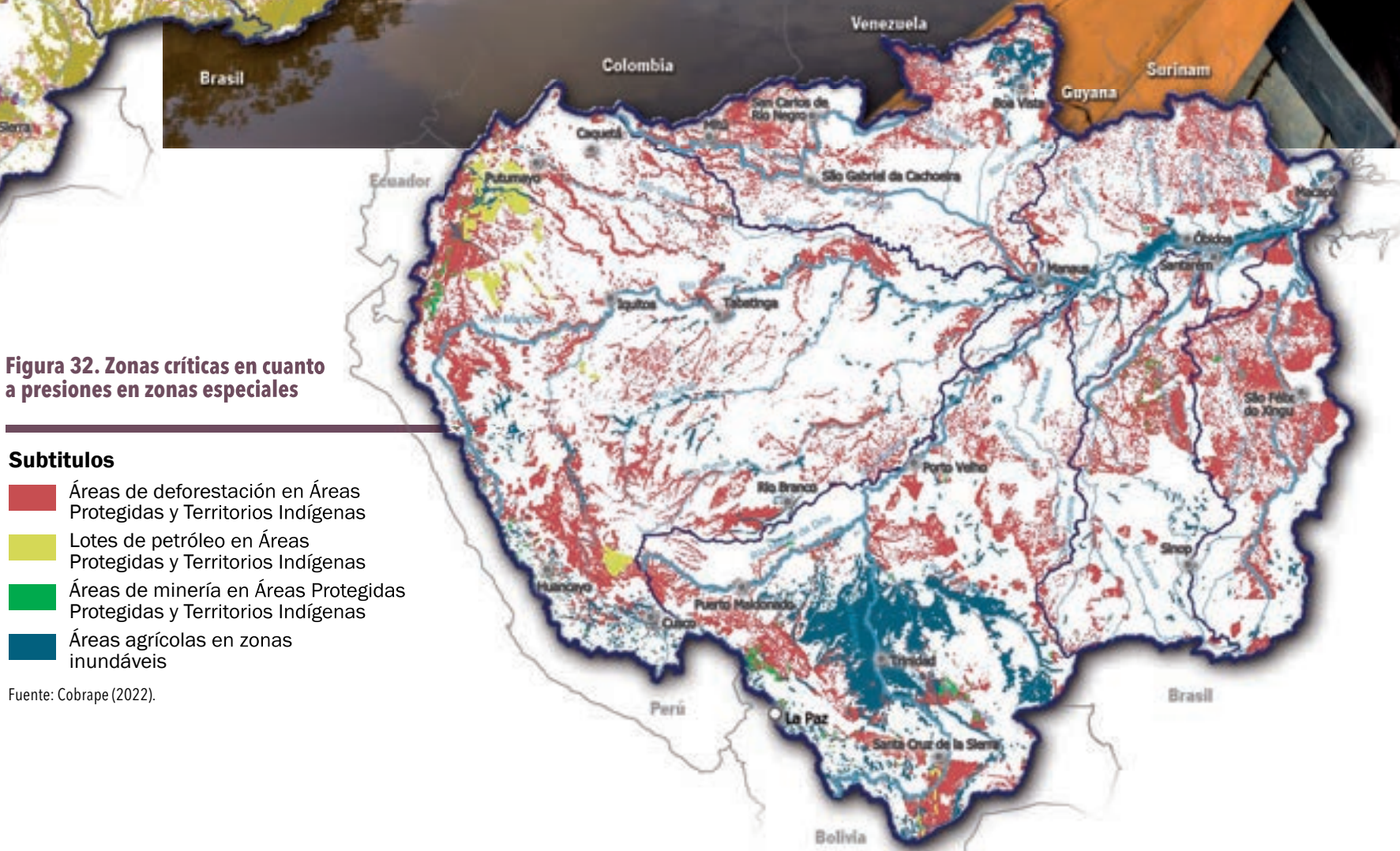
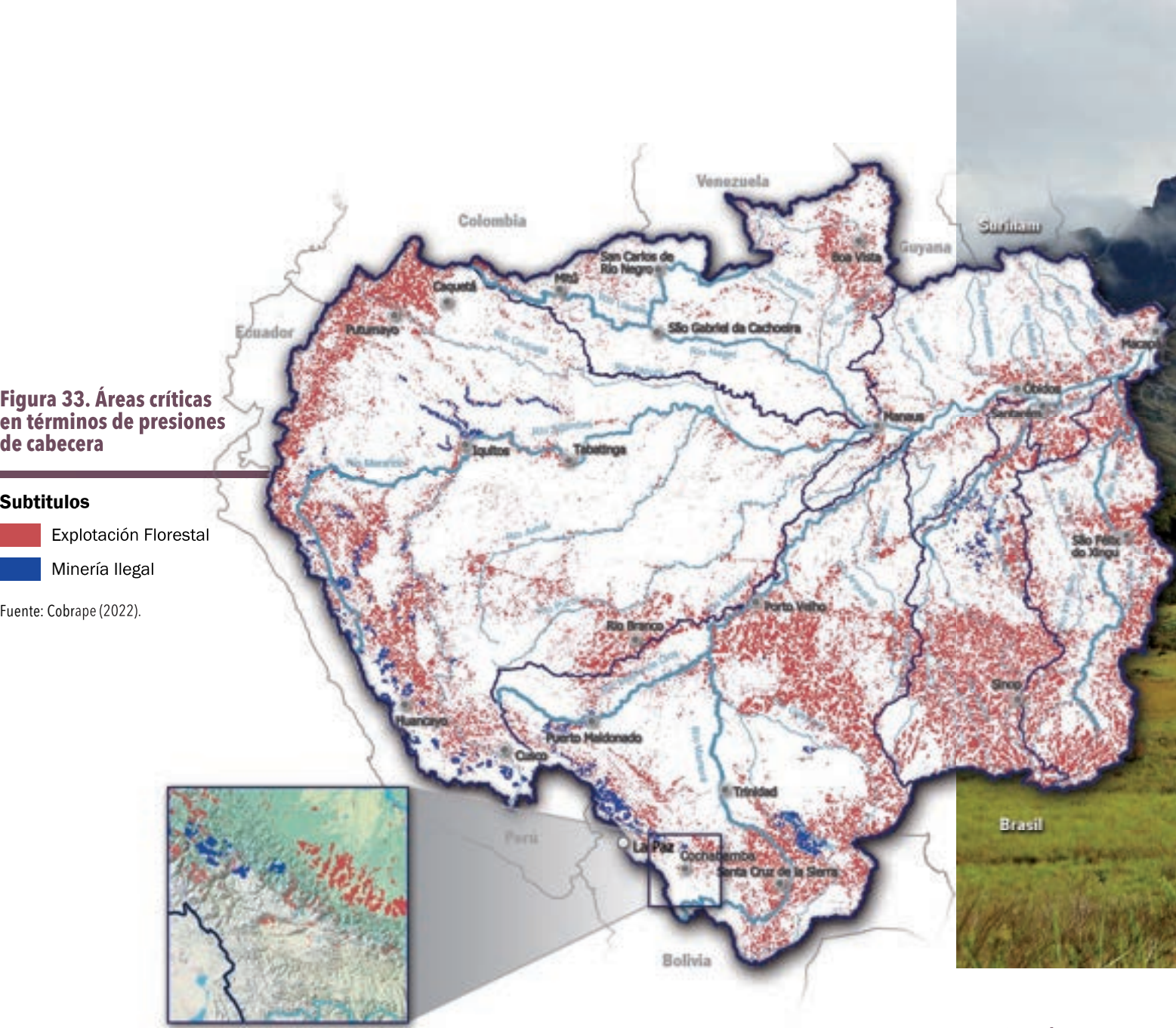


Figura 33. Áreas críticas en términos de presiones de cabecera

- Subtítulos
- Explotación Florestal
 - Minería Ilegal

Fuente: Cobrape (2022).



- Presiones sobre cabeceras: comprende las áreas resultantes de la intersección de las áreas de deforestación y minería ilegal con las cabeceras identificadas en la base hidrográfica (Figura 33);
- IPPO (Indicador de Contaminación Orgánica Potencial): comprende las áreas en las que el IPPO estimado corresponde a los rangos "Regular", "Malo" o "Terrible" (Figura 34);
- Mercurio: comprenden las áreas resultantes del cruce de datos históricos (1980-2001) del monitoreo con altas concentraciones de mercurio, en humanos y peces, con áreas de drenaje con minería (legal e ilegal) (Figura 35).

De las cifras es posible verificar que las presiones se distribuyen en todas las subcuencas de BHA, notoriamente presentes en cabeceras y áreas especiales, especialmente en territorios indígenas. Esta situación en general es preocupante, ya que en estas regiones no suele haber un monitoreo de la calidad del agua, además de que las comunidades tradicionales muchas veces consumen agua sin tratamiento previo.

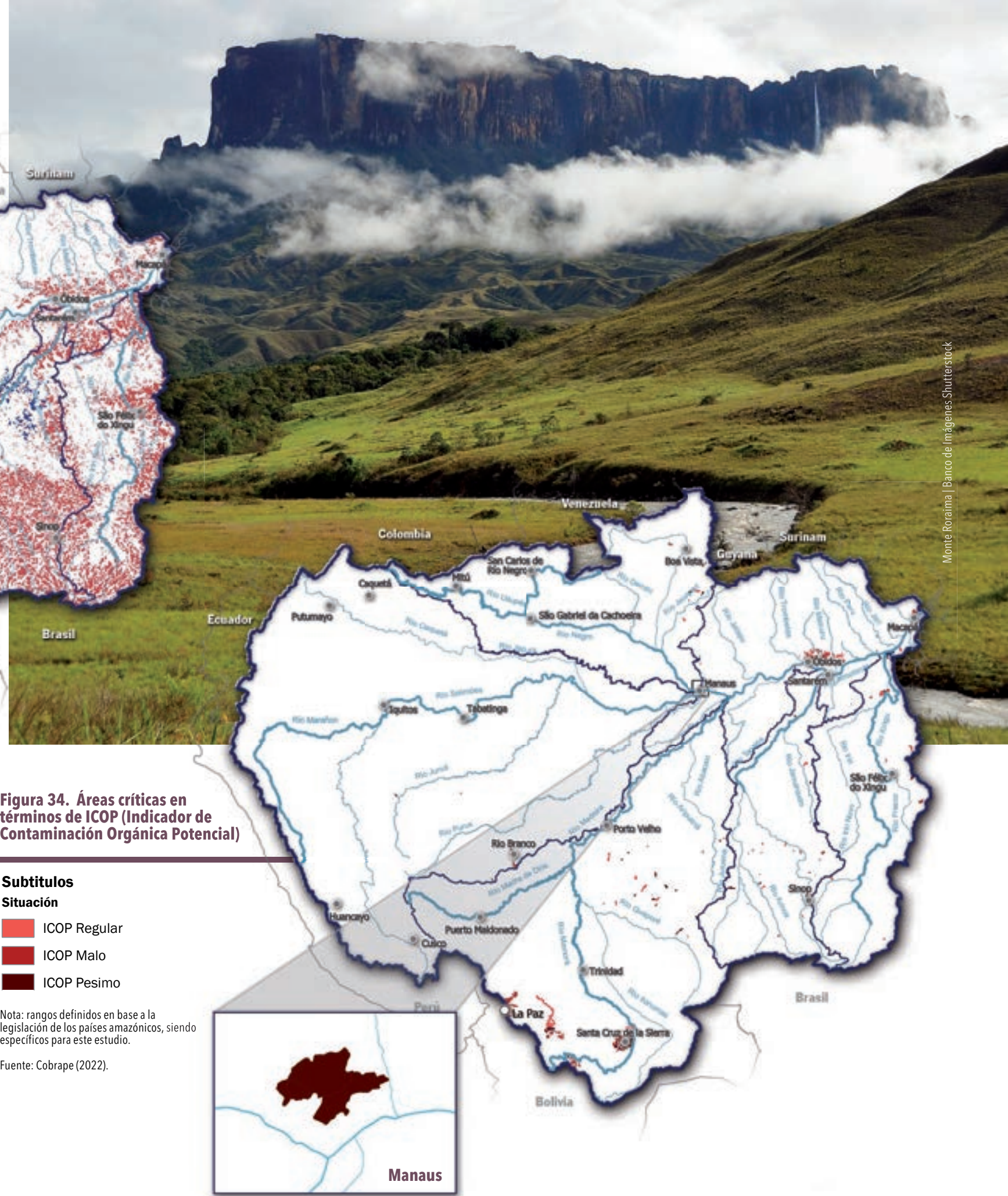
A pesar de que la agricultura y la ganadería son evidentes en términos de área ocupada, el impacto significativo de la minería fue evidente, dos presiones que pueden asociarse a una tercera presión: deforestación.

Figura 34. Áreas críticas en términos de ICOP (Indicador de Contaminación Orgánica Potencial)

- Subtítulos
- Situación
- ICOP Regular
 - ICOP Malo
 - ICOP Pesimo

Nota: rangos definidos en base a la legislación de los países amazónicos, siendo específicos para este estudio.

Fuente: Cobrape (2022).



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 subcuencas 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 Maraón/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).

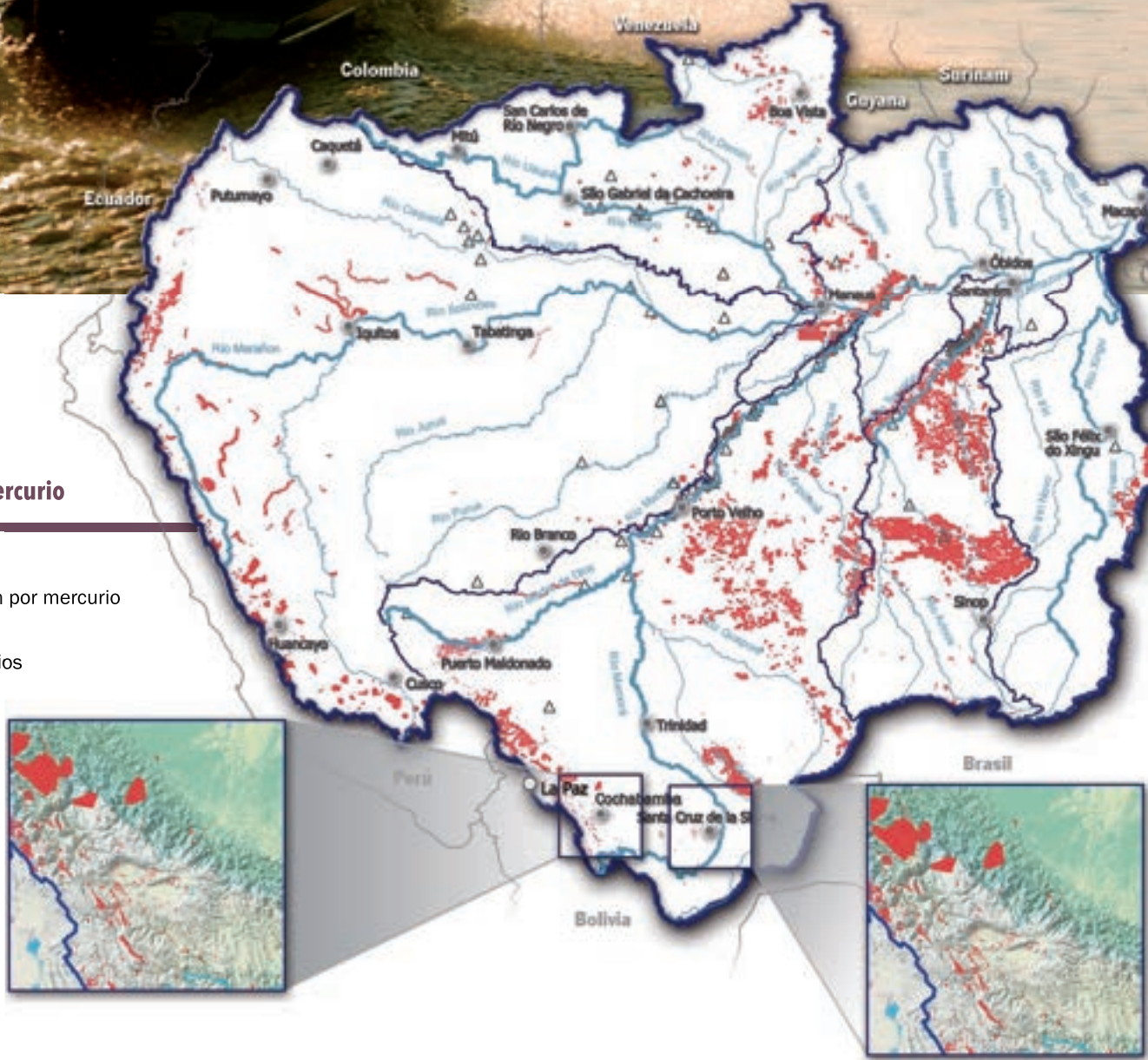


Figura 35. Áreas críticas en términos de mercurio

Subtítulos

- △ Sitios con niveles récord de contaminación por mercurio en peces y personas entre 1980 y 2021
- Áreas de minería ilegal aguas arriba de sitios con alta contaminación

Fuente: Cobrape (2022).



6.2. PROPUESTA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL AMAZONAS

La elaboración de la **Propuesta para la gestión integral de la calidad del agua de la Cuenca Amazónica** tuvo su punto de partida en el análisis de los datos de monitoreo de la calidad del agua recibidos de los Países Miembros.

Los obstáculos relacionados con el tema de monitoreo de la calidad del agua y buenas prácticas, identificados a través de la aplicación de la metodología PER, fueron validados con los Países Miembros, primero a través de cuestionarios y luego a través de entrevistas en línea con entidades representativas de cada uno de los países. Las entrevistas confirmaron las deficiencias encontradas a través del análisis técnico y otorgaron aún más subsidios para la estructuración de la Propuesta.

La propuesta se desarrolló en cuatro fases. En el primero se incorporaron medidas y acciones específicas desarrolladas en los niveles de cooperación subnacional, nacional e intergubernamental de la OTCA, articuladas con las visiones de la Agenda Estratégica de Cooperación Amazónica y el Programa de Acciones Estratégicas. En el segundo, se presentaron y discutieron experiencias de gestión de la calidad del agua en los ríos Mekong, Rin y Danubio. En el tercero, se recibieron aportes de los Países Miembros a través de un sistema de preguntas y respuestas en forma de cuestionario. El miércoles hubo entrevistas con todos ellos para recoger sugerencias.

Cabe destacar que para la consolidación de la propuesta se utilizó como guía el documento titulado *Mekong Agreement and Procedures* (1995), que trata sobre los protocolos de cooperación adoptados en esta cuenca hidrográfica. La elección de la cuenca del río Mekong se debió a su organización, el amplio acceso a sus documentos y, sobre todo, la alta calidad del trabajo realizado por la *Mekong River Commission* (MRC).

En este contexto, la **Propuesta para la gestión integral de la calidad del agua en la Cuenca Amazónica** se materializa en la creación de tres Protocolos de Cooperación:

- Primer Protocolo: tiene como objetivo el intercambio y el intercambio de información entre los países miembros de la OTCA. Sus objetivos específicos son (i) hacer operativo el intercambio de información sobre la calidad del agua entre los Países Miembros; (ii) poner a disposición la información y los datos básicos que determinen los Países Miembros; y (iii) promover el entendimiento mutuo y la cooperación entre los Países Miembros en el monitoreo y conservación de la calidad del agua de la región amazónica;
- Segundo Protocolo: trata sobre el monitoreo de la calidad del agua. Tiene los objetivos de (i) proporcionar un marco amplio y flexible para facilitar la implementación del monitoreo de la calidad del agua en la región amazónica; y (ii) promover un mejor entendimiento y cooperación entre los Países Miembros en el sistema de monitoreo de la calidad del agua en la región amazónica;
- Tercer Protocolo: trata sobre el marco institucional para la gestión de la calidad del agua en niveles acordados entre países. Tiene como objetivo establecer un marco de cooperación para la protección y mantenimiento de la buena calidad del agua en la región amazónica en niveles acordados entre los Países Miembros.





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 hídricos; 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.

Así, la implementación del Observatorio Regional Amazónico (ORA) ha sido priorizado por la OTCA como un espacio de articulación en diferentes áreas de información en los países amazónicos. Este observatorio recopila, almacena y publica datos que provienen de las distintas entidades gubernamentales de los Países Miembros o, mejor aún, de los Sistemas Nacionales de Información.

La actividad minera fue una de las presiones más significativas identificadas y hay una serie de estudios publicados sobre este tema, sin embargo, generalmente son desarrollados por diferentes instituciones y en pequeña escala. El Observatorio de Mercurio puede considerarse una buena práctica en este contexto, ya que busca integrar esta información. Considerando los daños a la salud y al medio ambiente asociados a la presencia de metales en el agua, un gran desafío para la gestión de BHA es monitorear con mayor precisión este impacto para poder planificar acciones de mitigación en una actividad que puede crecer, dado el potencial de la región.

Aún en este aspecto, cabe mencionar el avance de las actividades mineras ilegales y la necesidad de una acción conjunta de las diferentes instituciones de los Países Miembros

para combatir esta práctica que daña el medio ambiente y la salud de la población, en especial de las tradicionales.

Uno de los desafíos que implica la gestión cualitativa de los ríos amazónicos es la definición de estándares comunes a seguir por todos los países que tienen territorio en la cuenca. Este proceso requiere de la construcción de un ambiente de discusión que se base en análisis técnicos y que permita una adecuada deliberación sobre lo que puede considerarse agua de buena calidad según los usos.

También en este sentido, es importante resaltar la necesidad de considerar las condiciones naturales de los ríos al momento de definir estos estándares, dadas las importantes diferencias hidrogeoquímicas observadas. Esto también implica diferencias en el entorno físico y vegetal, aludiendo a la peculiaridad de las zonas de llanura aluvial, donde las condiciones de calidad del agua son bastante diferentes. Este proceso abarca una mejor comprensión de las condiciones naturales para que luego puedan incluirse en la definición de los estándares de evaluación de la calidad del agua.

Este primer Informe sobre la situación de la calidad del agua en la cuenca del Amazonas trajo una visión integrada de presiones, estados y respuestas, teniendo en cuenta diferentes fuentes de datos. Es, por tanto, un primer paso, pero al mismo tiempo un paso adelante para la gestión cualitativa en la cuenca. Se identificaron muchas brechas, lo que demuestra la importancia de realizar estudios similares y señalar soluciones a los principales desafíos de gestión que involucran tanto a las propias instituciones como a la necesidad de acciones continuas y financiamiento a largo plazo.

Considerando toda la riqueza de recursos de la Amazonia y sus singularidades culturales, es importante construir esta gestión compartida para mitigar los problemas identificados y estructurar acciones para enfrentar mejor los problemas emergentes, como el cambio climático, para garantizar una adecuada calidad del agua. por los ríos y por las personas que dependen de ellos.

TABLA DE FUENTES PRIMARIAS

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 Affair/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 MapBiomias Amazonia Land Cover and Use (2001-2018), uma iniciativa liderada pela RAISG.
4	Minería	"Servicio Nacional de Geología y Técnico de Minas (SERGETECMIN), 2013; DNPM, 2020; Catastro minero digital de la república de Colombia. Agencia Nacional de Minería, 2019; Agencia de Regulación y Control Minero, (ARCOM, 2019); Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, 2019; Ministerio de Energía y Minas, 2017."
5	Minería Ilegal	"Servicio Nacional de Geología y Técnico de Minas (SERGETECMIN), 2013; DNPM, 2020; Catastro minero digital de la república de Colombia. Agencia Nacional de Minería, 2019; Agencia de Regulación y Control Minero, (ARCOM, 2019); Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, 2019; Ministerio de Energía y 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 MapBiomias 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 em 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; Ministerio de Energía y Petróleo, 2017."

Fuente: RAISG

BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A. N. (2002). Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 16 n°. 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.snirh.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 kukamiría de la cuenca del Marañón (Loreto, Perú)**. Revista Anthropologica. Ano 34, n° 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: Artmed, 2018.

CINCIA. Centro de Innovación Científica Amazónica. Disponível em: <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/CINCIA-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 húmicas 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/Rogério-Marinho/publication/358078041_

Nota_Tecnica_sobre_Sedimentos_em_Suspensao_na_Bacia_do_Tapajos/links/61eeeb79a753545e2f3baca/Nota-Tecnica-sobre-Sedimentos-em-Suspensao-na-Bacia-do-Tapajos.pdf>. Acesso em: jun./2021.

EL PAIS. **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. Gianmarco 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-danosos-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-limpos-para-mares-limpos-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=resultados>. Acesso em: jul./2021.

IDSIM. 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-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 registro 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.; Laurance, W. F.; Albernaz, 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.

OBSERVATÓRIO 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. **Análisis 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 Vulnerabilidade 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, Proyecto Bioamazonia. 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.

OVIEDO, 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 Igarapés de Manaus**. Disponível em: <http://prosamim.am.gov.br/o-prosamim/o-programa/>. Acesso em: 31 de agosto de 2021.

RAISG. Red Amazônica de Información Socioambiental Georreferenciada. **Amazonia 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 citogenômica em Hoplias malabaricus (Bloch, 1774) 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.

WORLD BANK. The World Bank Data. **Free and open access to global development data – by country**. Disponível em <https://data.worldbank.org/>. Acesso em ago/2021.

YUSTA-GARCÍA, Raúl *et al.* **Water contamination from oil extraction activities in Northern Peruvian Amazonian rivers**. Environmental Pollution, v. 225, p. 370-380, 2017.

ZEIDEMANN, V.K. **O Rio das Águas Negras**. [s.d.]. Disponível em < http://www.ecologia.ib.usp.br/guiaigapo/images/livro/RioNegro02.pdf>. Acesso em junho 2021.

ZORZETTO, R. **Degelo nos Andes**. Revista Fapesp, ed. 206. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (abril, 2013), pag. 44-47. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/degelo-nos-andes/>. Acesso em: 24 nov. 2021.



Ciudad de Manaus | Brasil | Banco de Imágenes de la OTCA



Mercado em Belém | Pará - Brasil (2010). Rui Faquini/Banco de Imágenes de ANA

Tucano | Banco de Imágenes de la OTCA



Rio Napo | Equador | Banco de Imágenes de la OTCA



PROYECTO
AMAZONAS
ACCIÓN REGIONAL EN EL ÁREA
DE RECURSOS HÍDRICOS



ANA
AGENCIA NACIONAL DE AGUAS
Y SANEAMIENTO - BRASIL



OTCA
Organización del Tratado
de Cooperación Amazónica



ABC
AGÊNCIA
BRASILEIRA DE
COOPERAÇÃO
MINISTÉRIO DE RELAÇÕES EXTERIORES



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