



PROYECTO
AMAZONAS
ACCIÓN REGIONAL EN EL ÁREA
DE RECURSOS HÍDRICOS



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO



OTCA
Organización del Tratado
de Cooperación Amazónica



PROYECTO AMAZONAS: ACCIÓN REGIONAL EN EL ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS

MONITOREO DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA AMAZÓNICA RED HIDROLÓGICA AMAZÓNICA – RHA

*Informe de la Propuesta de Red Hidrológica de Monitoreo del Agua en la Cuenca Hidrográfica
Amazónica*

MARZO 2021

INFORME DE LA PROPUESTA DE RED HIDROLÓGICA AMAZÓNICA – RHA

Organización del Tratado de Cooperación Amazónica - OTCA

Alexandra Moreira – Secretaria General

Embajador Carlos Lazary – Director Ejecutivo

Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento Básico – ANA

Ricardo Andrade - Director

Ing. Tibério Pinheiro – Superintendente

Ing. Marcelo Medeiros - Superintendente

Ing. Marcelo Mazzola – Coordinador

Ing. Fabrício Vieira – Coordinador

Agencia Brasilera de Cooperación – ABC

Cecilia Malaguti – Coordinadora

Paola Barbiere – Analista de Proyecto

Luiz Bacelar – Asistente de Proyecto

Servicio Geológico Brasileño - CPRM

Alice Castilho - Directora

Frederico Peixinho – Jefe

INFORME DE LA PROPUESTA DE RED HIDROLÓGICA AMAZÓNICA – RHA

Organización y Redacción

Luciana Sarmento – Especialista de la ANA
Márcio Cândido – Investigador de la CPRM

Colaboradores

Diego Pacheco – OTCA
Marcela Ibáñez – OTCA
Marcelo Pires – ANA

Apoyo Países Miembros de la OTCA

Puntos Focales Técnicos (designados por las respectivas cancillerías)

INFORME DE LA PROPUESTA DE RED HIDROLÓGICA AMAZÓNICA – RHA

SUMARIO

1.	INTRODUCCIÓN	5
2.	MONITOREO TRANSFRONTERIZO DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA AMAZÓNICA	7
2.1	IMPORTANCIA Y RETOS DEL MONITOREO DE CUENCAS TRANSFRONTERIZAS	7
2.2	REFERENCIA LEGAL E INSTITUCIONAL.....	13
2.3	NEXO ENTRE EL MONITOREO TRANSFRONTERIZO Y LOS ODS 6.5 EN EL AMAZONAS ...	16
3.	LA RED HIDROLÓGICA AMAZÓNICA – RHA	22
3.1	CONTEXTUALIZACIÓN	22
3.2	BASE TEÓRICA: EL MODELO DE COBERTURA APLICADO AL MONITOREO DE CUENCAS TRANSFRONTERIZAS.....	29
3.3	OBJETIVOS DE LA RHA	35
3.4	CONCEPCIÓN DE LA RHA	36
3.4.1	Materiales Utilizados.....	36
3.4.2	Metodología para el Planeamiento de la Red Hidrológica Amazónica - RHA.....	38
3.5	RESULTADOS	52
3.5.1	Visión General	52
3.5.2	Resultados por País	55
4.	ESTRATEGIA GENERAL PARA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DEL MONITOREO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA AMAZÓNICA.....	72
4.1	PREMISAS	Erro! Indicador não definido.
4.2	LÍNEAS DE ACTUACIÓN PRIORITARIAS PARA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DEL MONITOREO.....	73
4.2.1	Gobernanza del Monitoreo de la Cuenca Hidrográfica Amazónica	74
4.2.2	Fomento al Compromiso e Información	75
4.2.3	Armonización Metodológica	76
4.2.4	Desarrollo de Recursos Humanos	77
4.2.5	Gestión de la Red de Monitoreo	78
4.2.6	Manejo y Divulgación de los Datos	80
5.	BIBLIOGRAFÍA REFERENCIADA	82
6.	ANEXOS	85

1. INTRODUCCIÓN

La Cuenca Amazónica es el mayor sistema fluvial de agua dulce del planeta. Drena un área de $6,2 \times 10^6 \text{ km}^2$ y descarga un promedio de 6.300 km^3 de agua en el Océano Atlántico anualmente, lo que corresponde a 20% de la descarga mundial (Marengo, 2006; Mostafavi *et al*, 2018). La representatividad territorial también impresiona ya que la cuenca abarca partes expresivas de los territorios del Perú (75%), Bolivia (66%), Brasil (45%), Ecuador (52%), Colombia (30%) y, en menor porcentaje, de la Guyana (6%) y Venezuela (6%), representando poco más de un tercio del continente sudamericano (OTCA, 2018).

Las descargas líquidas de esa cuenca hidrográfica están sujetas a la variabilidad interanual y de largo plazo en la precipitación tropical que producen grandes variaciones en los hidrogramas aguas abajo de su red de drenaje. El balance hídrico también varía en toda la cuenca, siendo que es mayor en la región sur del Amazonas que en la región norte (Marengo, 2006; Marengo, 2005).

La Cuenca Amazónica también presenta eventos críticos intensos, generalmente a cada 10 años, con sequías severas (nivel de 15,8 m) y crecidas (nivel de 29,0 m) observadas en la estación fluviométrica de Manaos-Brasil. Crecidas excepcionales ocurrieron en 2009 y 2012, y fue verificado que los niveles medios diarios en Manaos han presentado una tendencia significativa de aumento de cerca de 1 m (5% de la media) en los últimos años. Durante la primera mitad del siglo XX, las crecidas ocurrían a cada 20 años y, a partir de los años 2000, vienen ocurriendo a cada 4 años (Barichivich, 2018). Los peores períodos de sequía han sido observados en 1906, 1963, 2005 y 2010. En ese último año, se ha observado una sequía generalizada que fue, particularmente notable aguas abajo del curso principal de la cuenca así como en varios de sus principales afluentes. La reducción drástica de los niveles de los ríos en la sequía de 2010 afectó sobremanera la población ribereña que depende del transporte fluvial (Marengo *et al*, 2011).

En ese sistema hidrológico complejo, la Gestión Integrada de Recursos Hídricos – GIRH depende fuertemente del monitoreo hidrometeorológico para obtener las informaciones necesarias para el planeamiento, toma de decisiones y gestión operacional del agua en los niveles local, nacional y transfronterizo. Los programas de

monitoreo también son fundamentales para la protección de la salud humana y del medio ambiente en general (SIWI, 2020).

A la complejidad hidrológica amazónica se suman los retos derivados de las peculiaridades de su configuración político-administrativa, caracterizada por el compromiso de 7 Estados Nacionales, hecho que posiciona la cuenca transfronteriza en tercero lugar referente al número de países que la comparten, solamente tras el río Nilo, que contempla 10 países, y el río Danubio, que reúne 17 países (Lane, 2015). En ese escenario, la práctica de la hidrodiplomacia puede desempeñar un papel muy importante en el establecimiento y manutención del intercambio de datos e informaciones entre los países, ayudando incluso a desarrollar soluciones razonables, sostenibles y pacíficas para la asignación y gestión del agua y, al mismo tiempo, promover la cooperación regional y la colaboración (SIWI, 2020).

Análisis realizados por la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica –OTCA– apuntaron que la GIRH en la Cuenca Amazónica es insuficiente, entre otros motivos, por la escasez de información y datos. Los estudios indican entre las acciones prioritarias: la implementación de un sistema regional de monitoreo de calidad de agua de los ríos de la cuenca y de una red de monitoreo hidrometeorológico en la Cuenca Amazónica (OTCA, 2018-a; OTCA, 2018-b).

El establecimiento de una Red Hidrológica Amazónica –RHA–, integrada por todos los países que comparten la cuenca, tiene la función de instituir la sistemática de intercambio de datos así como armonizar los procedimientos operacionales con vistas a asegurar la calificación, tempestividad y comparabilidad de los datos hidrometeorológicos generados en la cuenca para a GIRH.

Considerando todo eso, el presente documento presenta los resultados del planeamiento de la RHA, realizado con recursos del Proyecto Amazonas: Acción Regional en el Área de Recursos Hídricos, hija de una asociación entre la OTCA, la Agencia Nacional de Aguas (ANA-Brasil) y la Agencia Brasilera de Cooperación. La concepción de la RHA fue llevada a cabo de forma participativa con el compromiso de los países miembros de la OTCA por medio de discusiones técnicas, intercambio de informaciones, entrenamientos y reuniones que contaron con participación de los principales *stakeholders* del sector de recursos hídricos de los países Amazónicos, así como de sus instancias diplomáticas.

En el capítulo 2, serán discutidas la importancia del monitoreo de cuencas transfronterizas para el soporte de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) en la Cuenca Amazónica y los retos que cercan esa iniciativa. También son presentados los puntos de referencia institucionales y legales que delimitan la implementación de una red integrada acordada por los países miembros de la OTCA y, en el ámbito mundial, el nexo entre ese monitoreo y la consecución, hasta el año de 2030, del Objetivo de Desarrollo Sostenible que incentiva la implementación de la GIRH y de la cooperación hídrica –ODS 6.5– en cuencas transfronterizas.

En el capítulo 3, son presentadas informaciones sobre la historia del planeamiento de la RHA así como la metodología que fue empleada en su configuración. En eso es importante destacar que la red de estaciones diseñada aprovecha estaciones ya existentes en los países y que, a otro lado, permite que a lo largo del tiempo nuevos objetivos de monitoreo sean incorporados además de aquellos que fueron inicialmente establecidos, que son el monitoreo en las fronteras y la determinación del balance hídrico en la cuenca. Todavía en el capítulo 3, están los resultados obtenidos en la escala de la cuenca y en la escala de cada país que pueden ser consultados por medio de mapas y gráficas.

En el capítulo 4, se presentan las ideas iniciales referentes a la estrategia general para implementación y funcionamiento de la RHA, considerando las premisas y las principales líneas de actuación que se sustentan en el establecimiento de la gobernanza, en el fomento del compromiso e información de los *stakeholders*, en la armonización metodológica, en el desarrollo de recursos humanos, en la creación de las condiciones de gestión a lo largo del tiempo y en el manejo y divulgación de los datos.

Y por fin, el capítulo 5 presenta la bibliografía consultada.

2. MONITOREO TRANSFRONTERIZO DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA AMAZÓNICA

2.1 IMPORTANCIA Y RETOS DEL MONITOREO DE CUENCAS TRANSFRONTERIZAS

La producción e intercambio de datos confiables, actualizados y relevantes entre países ribereños son importantes para diversas actividades de planeamiento, monitoreo, evaluación, prevención y alerta en cuencas transfronterizas. Un programa

de monitoreo integrado entre los países que comparten la cuenca puede subsidiar las acciones políticas apropiadas una vez que, fundamentada en métodos armonizados y comparables, provee una base común para la toma de decisiones, para la evaluación del estado actual del agua en cantidad y calidad así como de su variabilidad en el espacio y en el tiempo (GWP y INBO, 2014).

Sin embargo, el intercambio de informaciones y datos en una cuenca transfronteriza es muchas veces difícil tanto por razones estructurales (donde no existen acuerdos o protocolos entre los países para ese fin) cuanto por razones técnicas (derivadas de dificultades relacionadas a la reunión de informaciones, armonización de formatos de datos, definiciones, métodos de análisis, frecuencia de reunión de datos, densidad de las redes de monitoreo y el procesamiento de datos).

Coe *et al.* (2002) identificaron, por ejemplo, que la descarga líquida generada en la cuenca es consistentemente subestimada, en más de 20%, para afluentes que drenan regiones fuera del Brasil y en el curso principal. El investigador cree que la subestimación de la descarga es probablemente resultado de la subestimación de la precipitación en el conjunto de datos usado como entrada del modelo que fue utilizado.

La configuración de una red integrada de monitoreo permite la concertación de la reunión de informaciones, métodos de análisis, frecuencia de reunión de datos, densidad de redes de monitoreo y procesamiento de datos; disminuye la heterogeneidad y no completitud de los datos proporcionando comparabilidad y adecuación para la toma de decisiones objetivas; en el perfeccionamiento de sus procesos y atenúa la resistencia de las autoridades nacionales para proveer informaciones a los países vecinos (GWP y INBO, 2014).

La elaboración de programas de monitoreo incluye la selección de parámetros, localización de las estaciones, establecimiento de la frecuencia de muestreo, ejecución de mediciones de campo y, eventualmente, análisis de laboratorio. En relación a los parámetros, por razones de eficiencia, la cantidad monitoreada debe ser restricta a aquellas variables que efectivamente serán usadas en la Gestión de recursos hídricos. En la selección de locales se puede decir que hay 2 niveles que deben orientar la selección de un sitio representativo para implementación de la estación: en una escala macro, los locales de monitoreo serán determinados por el objetivo definido y, en una escala micro, el local seleccionado debe considerar las condiciones locales, tales como

la accesibilidad y la adecuación de la sección transversal. Las principales localizaciones de las estaciones de monitoreo son los tramos bajos de ríos, inmediatamente río arriba de la desembocadura del río, donde los ríos cruzan fronteras, próximo a confluencia con tributarios y próximo a las principales ciudades en la cuenca hidrográfica, en ese caso, el dato es importante para la previsión de crecidas, suministro de agua y transporte. En relación a la frecuencia de monitoreo, deben ser considerados: la adecuada definición de la relación nivel-caudal, las características de las descargas cuanto a estacionalidad y variabilidad. En una estación nueva son necesarias muchas mediciones de descarga bajo diferentes niveles hasta que sea definida la relación nivel-caudal, mientras en las estaciones ya existentes la cantidad de mediciones necesarias es aquella necesaria para mantener la curva de gasto actualizada. En relación a los métodos de medición hay que privilegiar los que sean eficientes y adecuados a las condiciones de los ríos de la cuenca (ECE, 2000).

Todavía están muy presentes entre el público institucional interesado en hidrometría las recomendaciones para planeamiento de redes de monitoreo indicadas hace más de 45 años en la Guía para Prácticas Hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial – OMM, que utilizan el criterio de densidad de estaciones basado en definiciones amplias de las regiones hidrológicas, climáticas y topográficas como indicador de cantidad y distribución de puntos de monitoreo que asegure, regionalmente, la interposición entre conjuntos de datos en diferentes estaciones para determinar con precisión suficiente y para fines prácticos las características de los elementos hidrológicos y meteorológicos básicos en cualquier lugar de la región. Aún más contemporánea es la idea establecida en la Guía de que la configuración de redes hidrológicas es un proceso evolutivo en el cual una cobertura mínima es establecida inicialmente y, a lo largo del tiempo, esa red primaria es actualizada, periódicamente, hasta que una red de monitoreo ideal sea alcanzada (WMO, 1974).

Otra tesis usual propuesta por la OMM es la de que el diseño de una red de monitoreo tiene la responsabilidad de traducir las metas establecidas en el planeamiento en un conjunto de objetivos que puedan ser métricamente cuantificados. Así, la eficacia de los datos resultantes en la realización de los objetivos propuestos es la verdadera medida del valor de la red planeada, es decir, caso la eficacia de la red sea maximizada, entonces, el diseño produzco un planeamiento de red ideal (WMO, 1982).

El monitoreo de la cantidad y de la calidad de agua entre naciones adyacentes es una importante misión de anticipación de impactos futuros en cuencas hidrográficas transfronterizas causados, por ejemplo, por el aumento de la irrigación y otros tipos de bombeo, y futuras disputas por derechos del agua. Una vez que las políticas de asignación y las leyes difieren entre estados nacionales, es importante medir los flujos significantes transfronterizos (USGS, 2004).

Mediciones de flujos en desembocaduras de los ríos de las cuencas tienen por objetivo proveer datos representativos para cada una de las principales cuencas en el país. El objetivo de la métrica es medir como máximo posible cada unidad hidrográfica para tener en cuenta la cantidad en por lo menos un 90% del área drenada; esos datos van a componer el balance hídrico, información sumamente importante para el planeamiento de recursos hídricos, tales como, análisis nacionales de la disponibilidad de agua y del uso del agua y sus alteraciones temporales y efectos de cambios importantes en la cuenca hidrográfica como, por ejemplo, construcción de represas, suministro de agua, alteraciones de la biota, entre otros (USGS, 2004).

Entre las ventajas relacionadas al monitoreo integrado en una cuenca transfronteriza están la determinación de informaciones de referencia para la gestión internacional de conflictos, mejora en el conocimiento de la hidrología de la cuenca, disponibilidad de informaciones para proyectos de obras hidráulicas con impactos internacionales, determinación de datos para cálculos del balance de agua, el análisis de informaciones para la gestión de eventos críticos con alcance internacional y la posibilidad de subsidiar la evaluación y mitigación de los efectos de los cambios climáticos. Todos esos elementos son importantes para el soporte de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) en la cuenca.

Paralelamente, hay un beneficio adicional relativo al fortalecimiento de la cooperación internacional entre los países de la cuenca, el incentivo al intercambio y desarrollo de informaciones ofrece capacidad de entrenamiento y acceso a nuevas tecnologías, ayudan a mejorar la gestión general del Monitoreo de Recursos Hídricos en el país y apoyan el cumplimiento de compromisos internacionales.

La clave para la cooperación en lo que se refiere al manejo de cuencas hidrográficas transfronterizas está basada en la convergencia de las agendas nacionales de recursos hídricos. Cuando esas agendas se añaden en un grado muy alto en las

percepciones de cada país, estos constatan los beneficios relativos de la cooperación y, con eso, reconocen la necesidad de trabajar juntos.

Según la RIOC y GWP (2012), los retos relacionados con la gestión internacional de recursos hídricos difieren de la gestión en nivel nacional de las siguientes maneras:

- La soberanía estatal influencia la dinámica de la gestión de la cuenca transfronteriza en dimensiones importantes que la distinguen de los contextos nacionales;
- La gestión de recursos hídricos generalmente responde a los cuadros nacionales de política nacional legal e institucional, establecida a priori sin coordinación o coherencia entre los países en sus relaciones sobre aguas internacionales compartidas;
- Los intereses y objetivos del agua están relacionados con el desarrollo nacional y objetivos de seguridad, y pueden diferir de nación para nación;
- La proporción del país contenido en la cuenca transfronteriza puede, en algunos casos, tener un efecto sobre su participación y disposición para establecer la colaboración transfronteriza. Si un país participa de la cuenca en una pequeña parte de su territorio, su participación no será tan fuerte como si grande parte de su territorio estuviese incluida;
- Los conflictos sobre la asignación de recursos hídricos y la distribución de beneficios son más complejos y más difíciles de gestionar a través de las fronteras internacionales donde la política internacional y conflictos históricos o actuales (relacionados con el agua o no) entran en juego;
- El intercambio de informaciones y datos hídricos, lo que ya puede ser un problema entre diferentes servicios dentro de un mismo Estado, es muchas veces más difícil entre los Estados Nacionales que comparten una cuenca;
- En términos de agua, personas y relaciones territoriales, los problemas enfrentados por dos países vecinos dependientes de un único recurso son los mismos, pero en un grado diferente de aquel enfrentado en una menor escala, es decir, por poblaciones locales vecinas que comparten agua.

Todavía muy presente en las discusiones sobre el monitoreo en cuencas transfronterizas es la percepción de que el daño físico solamente puede fluir río abajo, por ejemplo, la cantidad de caudal de agua puede ser disminuida por los ribereños río arriba a través de la construcción de represas, canales y ductos, y a través del

almacenamiento y desvío de las aguas de los ríos compartidos. Igualmente, la calidad del agua de los ríos comunes puede ser afectada por los ribereños río arriba a través de la contaminación causada por residuos industriales, aguas residuales o desagüe agrícola. Es menos obvio, y generalmente no se percibe, que los ribereños río arriba pueden ser afectados, o mismo perjudicados por los usos aguas abajo. Estados Nacionales aguas abajo, al contrario de la lógica geográfica, pueden causar daños considerables a las naciones río arriba por la limitación de sus posibilidades de uso del agua en el presente o futuro en favor de los países usuarios río abajo llevando al término de usos futuros. Ese concepto es conocido en la literatura relacionada a la hidrodiplomacia como ***Foreclosure of Future Uses*** (Salman, 2010).

En un curso de agua internacional si el desarrollo ocurre más rápidamente en el Estado localizado río abajo, lo que lleva al uso intensivo y, frecuentemente, unilateral de los cursos de agua, el alcance para el desarrollo en los países localizados río arriba puede refrenarse progresivamente, por eso, el Estado aguas abajo está causando daños a los países río arriba.

Salman (2010) aclaró como la acción unilateral de los ribereños inferiores podría crear derechos históricos que bloquearían el desarrollo y los usos por los ribereños superiores. Las relaciones entre el principio del uso equitativo y razonable y la obligación de no causar daños expresa en la Convención de los Cursos de Agua todavía son poco entendidas resultando en confusión entre los derechos y obligación de los países ribereños río arriba y aguas abajo. Los ribereños río arriba creen, en general, en uso equitativo y razonable, porque ven ese principio como estableciendo el cuadro para garantizar que ellos obtengan su parte justa en el curso de agua en cuestión. A otro lado, ribereños aguas abajo exigen que sean notificados de cualquier actividad río arriba para garantizar que dicha actividad no perjudique sus intereses. Cada grupo de ribereños, en general, cree que la Convención es tendenciosa en favor del otro, y que el derecho internacional del agua está de hecho a su lado.

Un grande segmento de expertos en recursos hídricos cree que la notificación es un derecho exclusivo de ribereños aguas abajo, porque solamente ribereños río arriba pueden perjudicar ribereños aguas abajo.

Los ribereños aguas abajo normalmente invocarían el principio de los derechos adquiridos y la obligación de no causar daños frente a las reivindicaciones de los ribereños río arriba.

Así, el suministro de informaciones sobre las medidas planeadas es un camino de doble vía, río arriba y a partir de río abajo, esta es una obligación en ambos los conjuntos de estados, río arriba y río abajo.

2.2 REFERENCIA LEGAL E INSTITUCIONAL

El principio de la soberanía permanente de los países sobre los recursos naturales fue pronunciado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en la Resolución 1803 (XVII) de 14 de diciembre de 1962. A su vez, la teoría de la Soberanía Territorial Limitada propone que cada nación ribereña puede usar la parte del curso de agua situada en su territorio, en la medida en que el uso no cause daños significativos a los otros Estados ribereños, reconociéndose la existencia de una comunidad de intereses alrededor del curso de agua. La doctrina requiere, por lo tanto, una atribución equitativa del uso del río y de sus recursos. Segundo Castro (2009), esa es la teoría predominante y reflete aquello que ha sido debatido por la academia y tribunales nacionales e internacionales en la dirección de la utilización de ríos internacionales de forma equitativa y de forma que no perjudique significativamente el Estado vecino.

Las convenciones globales sirven como un punto de referencia: Convención sobre el Derecho Relativo de los Usos de los Cursos de Agua Internacionales para fines Distintos de la Navegación (Convención de 1997) y Convenio de la CEPE de 1992 sobre la protección y Utilización de los Cursos de Aguas Transfronterizos y de los Lagos Internacionales – Convenio de Helsinki.

Los puntos de referencia internacionales reconocen que el intercambio de datos e informaciones sobre aguas transfronterizas es fundamental para la cooperación, decisiones y gestión conjuntas entre los países que comparten la cuenca hidrográfica internacional. Los artículos 6º y 13º de la Convención de las Aguas y el artículo 9º de la Convención de los Cursos de Agua incluyen una obligación firme de los países de intercambio de referidos datos e informaciones sobre las condiciones de un

determinado sistema transfronterizo de ríos o lagos. Además, bajo los dos instrumentos, los países son obligados a aplicar sus mejores esfuerzos para responder a pedidos de datos e informaciones que no están prontamente disponibles.

Los principios generales del derecho internacional de aguas son categorizados en dos tipos: los principios substantivos y los principios de procedimiento (GWP, 2015). Los principios substantivos son aquellos que determinan los derechos y obligaciones de los Estados en relación a los cursos de agua internacional que comparten, son ellos, la utilización equitativa y razonable (Artículo 5º de la Convención de 1997) y el deber de no causar daño significativo.

Los principios de procedimiento orientan el proceso para gobernar cursos internacionales de agua y las conductas que los Estados Nacionales deben observar en sus relaciones con los países vecinos. Esos principios de procedimiento son esenciales para implementar los principios substantivos, ellos son: evaluaciones del impacto ambiental, obligación general de cooperar, obligación de notificación previa y consulta, y la obligación de intercambiar datos e informaciones regularmente. La obligación de intercambiar datos e informaciones regularmente es un principio emergente en Derecho Ambiental y en el Derecho de Aguas que objetiva el intercambio de información entre países que comparten una cuenca hidrográfica.

El intercambio regular de información relevante es ideal, pues permite que las partes lo compartan en los momentos adecuados, especialmente en aquellos antes del desarrollo de actividades que puedan tener algún impacto en la cuenca. Es decir, es un mecanismo para materializar la cooperación entre naciones.

En lo referente a la Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca Amazónica, el principal punto de referencia legal es el Tratado de Cooperación Amazónica (TCA), de 3 de julio de 1978, que declara sobre los ríos amazónicos en sus dispositivos lo siguiente:

Artículo V. Teniendo presente la importancia y multiplicidad de funciones que los ríos amazónicos desempeñan en el proceso de desarrollo económico y social de la región, las Partes Contratantes procurarán empeñar esfuerzos con miras a la utilización racional de los recursos hídricos.

Párrafo Único, Artículo I: Para tal fin, intercambiarán informaciones y concertarán acuerdos y entendimientos operativos, así como los

instrumentos jurídicos pertinentes que permitan el cumplimiento de las finalidades del presente Tratado.

En el ámbito de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónico (OTCA), el Consejo de Cooperación del Amazonas (CCA), autoridad compuesta por los representantes diplomáticos de alto nivel de los países miembros del Tratado a la cual cabe asegurar el cumplimiento de los objetivos, de los propósitos del Tratado y de las decisiones tomadas en las reuniones de los Ministros de las Relaciones Exteriores, ha tomado varias decisiones en lo que se refiere a la gestión de los recursos hídricos, conforme muestra el **Cuadro 1**.

Cuadro 1: Decisiones del CCA sobre la gestión de recursos hídricos en el Amazonas

DECISIÓN	DECLARACIÓN/RESOLUCIÓN
Avanzar en la Gestión de los recursos hídricos (proyecto de recursos hídricos en la cuenca Amazónica)	RES/IX MRE-OTCA/10
Intensificar la cooperación en gestión adecuada de los recursos hídricos del Amazonas	Declaración VIII 2004 (26)
Aprobación de los resultados del proyecto gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos	Declaración XII 2013 (13)
Reconoce que los recursos hídricos son un patrimonio universal compartido indispensable a la vida de todas las personas y de todos los seres vivos	Declaración XIII 2017 (8)

La Agenda Estratégica de Cooperación Amazónica para el período de 2010-2018 (AECA/OTCA) acordada en 2010 por los Ministros de las Relaciones Exteriores de los países miembros de la OTCA, en el que refieren al tema de recursos hídricos, tiene como objetivo apoyar la construcción y diseminación de un punto de referencia para la gestión eficiente, integrada y abarcadora de los recursos hídricos, promover mayor acceso de la población al recurso hídrico, a sus servicios, especialmente al de instalaciones sanitarias como medida que contribuye para la mejoría de la calidad de vida de las poblaciones amazónicas (OTCA, 2010).

Por medio del Análisis Diagnóstico Transfronterizo –ADT– fue identificado que uno de los problemas observados en la Cuenca Amazónica es la Gestión Integrada de Recursos Hídricos insuficiente caracterizada, entre otros motivos, por la escasez de

información y datos y que debe ser abordada estratégicamente por la implementación de una gestión de la información que permita la ampliación del conocimiento de los recursos hídricos de la cuenca (OTCA, 2018-a).

En ese sentido, el Programa de Acciones Estratégicas (PAE) propuesto para la Cuenca Amazónica por la OTCA, en consonancia con sus países miembros, identifica entre las acciones prioritarias la implementación de (a) Sistema Regional de Monitoreo de la Calidad del agua de los ríos de la cuenca y de la (b) Red de Monitoreo Hidrometeorológico en la Cuenca Amazónica (OTCA, 2018-b).

La realización de esas acciones estratégicas tiene como objetivo establecer los mecanismos necesarios para el intercambio de informaciones sobre recursos hídricos entre los países de la Cuenca Amazónica con el fin de contribuir con la GIRH. Para lograr eso, el PAE entiende ser necesario establecer articulación entre instituciones nacionales para el monitoreo hidrometeorológico en la cuenca Amazónica, establecer protocolos y acuerdos de intercambio de informaciones hidrométricas entre países, entrenar técnicos para operación y manutención de la red regional e identificar las fuentes de financiación para implementación de la red de monitoreo de la cuenca Amazónica (OTCA, 2018-b).

Esa estructura legal e institucional fundamenta las iniciativas propuestas para la configuración de un monitoreo estratégico en la cuenca hidrográfica que permita proveer la GIRH con datos e informaciones hidrológicas.

2.3 NEXO ENTRE EL MONITOREO TRANSFRONTERIZO Y EL ODS 6.5 EN EL AMAZONAS

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible –ODS– han sido adoptados por los Estados Miembros de las Naciones Unidas en 2015 como una agenda universal de acciones para cumplirse hasta el año de 2030 con el objetivo de erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas desfruten de paz y de prosperidad. Los ODS se basan en la premisa de que el desarrollo requiere el equilibrio entre sostenibilidad social, económica y ambiental y para lograr eso han sido definidas 17 metas que son integradas y, por lo tanto, sus resultados son en grande medida interdependientes.

El ODS 6 es la meta relacionada al agua que tiene como objetivo garantizar la disponibilidad y gestión sostenible de recursos hídricos el saneamiento para todos a

través de 8 metas cuya consecución será evaluada a través de 11 indicadores. La meta 6.5 que objetiva ampliar mundialmente la Gestión Integrada de Recursos Hídricos – GIRH, es de particular interés para la hidrodiplomacia una vez que es fundamental para el manejo de aguas transfronterizas.

Cada uno de los 17 ODS depende, en mayor o menor grado, de la disponibilidad de recursos hídricos en calidad y cantidad, en particular, la cooperación transfronteriza del agua puede tener un efecto positivo en casi todos los 17 ODS (**Figura 1**). Hay una relación clara entre el propósito del ODS 6.5 que es el incremento de la implementación de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos y del Índice de Desarrollo Humano. En relación a los recursos hídricos transfronterizos, los países no serán capaces de alcanzar sus objetivos de desarrollo sostenible aisladamente y por eso deben concordar con acuerdos formales que les permitan hacerlo. Es evidente que los países pueden obtener los beneficios de la cooperación transfronteriza del agua para sus amplios esfuerzos de desarrollo sostenible. Y eso puede beneficiar una serie de metas de ODS de una forma mucho más económica de que cualquier uno de los países puede alcanzar unilateralmente.

La medición del suceso de esa meta de ODS 6.5 se da por medio del indicador 6.5.1 de los ODS que mide el grado de implementación de la GIRH y del indicador 6.5.2 de los ODS que mide la proporción del área de cuenca transfronteriza, incluyendo ríos, lagos y acuíferos dentro del país con una organización operacional en vigor para cooperación hídrica. Ambos los indicadores tienen valores en una escala entre 0 y 100.

El indicador 6.5.1 es una autoevaluación cualitativa del *status* de la implementación de la GIRH en los países que comparten recursos hídricos y, en lo referente específicamente a la medición del progreso de la gestión integrada de las aguas transfronterizas, el indicador referido considera la existencia de organizaciones y de estructura organizacional, el grado en que se comparten datos e informaciones y la financiación para la cooperación en la cuenca.

Según la investigación publicada por la ONU en 2018 que evaluó por primera vez el progreso de los ODS en el contexto mundial, un tercio de los países con cuencas transfronterizas (132 en su total afirmaron poseer aguas compartidas con otros países) dijeron haber implementado la mayoría de las organizaciones para cooperación como tratados, convenciones o acuerdos; el 37% de los países afirmaron que poseen la mayor

parte o plenamente la estructura organizacional para gestión; solamente el 20% declaran datos e intercambio de informaciones eficaces, y solamente un tercio de los países declaran proveer más del 50% de los fondos de financiación acordados (UN WATER, 2018-a).

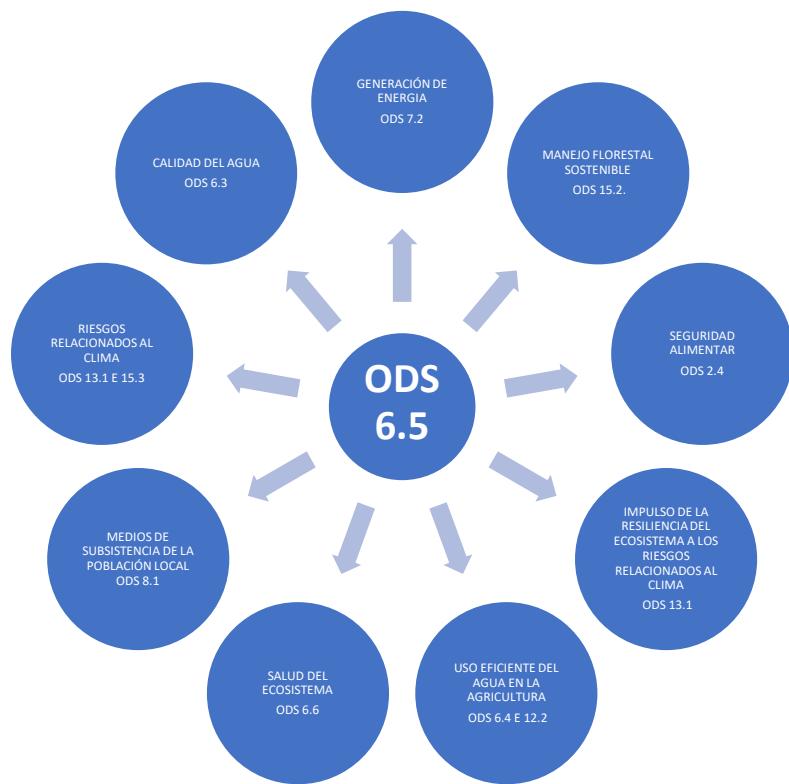


Figura 1: Integración de la Meta 6.5 (implementación de la GIRH en cuencas transfronterizas) con las demás Metas ODS

En relación a los países que son parte de la Cuenca Hidrográfica Amazónica que se extiende a Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela, excepto el último que no dio informaciones, todos los otros países dijeron tener, en alguna medida, organizaciones y estructuras organizacionales en vigor para la implementación de la GIRH. En la evaluación final del grado de implementación de la GIRH en cuencas transfronterizas en los países amazónicos solamente Bolivia alcanzó el nivel medio alto (puntuación de 51-70), mientras los demás se sitúan en una escala inferior a 50 puntos (**Cuadro 2**).

Cuadro 2: Situación del indicador 6.5.1 del ODS 6.5 en los países Amazónicos

País Amazónico	Grado de implementación de la GIRH en los países de la cuenca transfronteriza Amazónica (métrica 0-100)
Bolivia	Medio Alto (51-70)
Brasil	Medio Bajo (31-50)
Ecuador	Bajo (11-30)
Colombia	Medio Bajo (31-50)
Guyana	Bajo (11-30)
Perú	Bajo (11-30)
Surinam	Muy Bajo (0-10)
Venezuela	Sin datos

Fuente: UN WATER (2018 -a)

El indicador 6.5.2 que mensura la existencia de organización operacional vigente para la cooperación hídrica verifica el cumplimiento de cuatro criterios:

- Que exista un órgano conjunto, un mecanismo conjunto o una comisión para la cooperación transfronteriza.
- Que los países ribereños mantengan comunicaciones formales regulares (por lo menos una vez al año) en la forma de reuniones (política o técnica).
- Que existan planes de gestión conjunta o coordinada de recursos hídricos o que hayan sido establecidos objetivos conjuntos.
- Que realicen intercambio periódico de datos e información (por lo menos una vez al año).

El resultado del primero informe de ODS para el indicador 6.5.2 indica el promedio nacional de cuenca transfronteriza resguardada por organización operacional del 59% para un conjunto de 62 países del universo de 153 países que comparten aguas transfronterizas (UN WATER, 2018 - b).

En lo que se refiere a los países de la cuenca amazónica, mismo que la medición del indicador haya sido perjudicada pues tres de los ocho países (Bolivia, Guyana y Venezuela) no dieron informaciones, es posible verificar una gran asimetría en los resultados habiendo Brasil y Ecuador alcanzado niveles bastante altos, respectivamente

el 98,2% y el 100%, mientras que Colombia y Venezuela están en el extremo inferior de la escala de alcance del objetivo con valores inferiores al 10% (**Cuadro 3**).

Cuadro 3: Situación del indicador 6.5.2 del ODS 6.5 en los países Amazónicos.

País Amazónico	Grado de cooperación en materia de cuencas fluviales y lagos transfronterizos (%)
Bolivia	-
Brasil	98,2
Ecuador	100
Colombia	1,1
Guyana	-
Perú	14,1
Surinam	-
Venezuela	7,0

Fuente: UN WATER (2018 -b)

En lo que se refiere a organizaciones, estructura organizacional y existencia de un órgano conjunto tratados en los indicadores de éxito de la meta ODS 6.5, la cuenca transfronteriza amazónica tiene condiciones favorables debido al Tratado de Cooperación Amazónica – TCA– y a la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica – OTCA – que figuran como elementos definidores y facilitadores al cumplimiento de ese indicador.

El mayor reto reside en el alcance de mecanismos de intercambio de datos e informaciones y en el incremento de las fuentes de financiación, ítems también cuantificados para la evaluación del grado de implementación de la GIRH en cuencas transfronterizas.

Tanto el indicador 6.5.1 que evalúa el *status* de la implementación de la GIRH cuanto los criterios operacionales del indicador ODS 6.5.2 incluyen saber si los países de la cuenca intercambian datos e informaciones por lo menos una vez al año.

Entre los beneficios del intercambio de datos e informaciones para la gestión de cuencas transfronterizas están la comprensión de las principales presiones relativas a

un determinado sistema de agua transfronterizo; un mejor entendimiento de las cuestiones y problemas enfrentados por otros países de la cuenca; la mejoría de sistemas de alerta y alarma temprana; una mejor comprensión de las brechas de datos; la armonización de metodologías y estándares para recolección de datos y, sobre todo, el planeamiento más eficaz de gestión de cuencas hidrográficas transfronterizas.

A pesar de la existencia de condiciones institucionales favorables en la cuenca amazónica, todavía existe una asimetría entre los países comprometidos que perjudica el alcance satisfactorio de la GIRH en aguas transfronterizas en los países comprometidos. La superación de esos limitadores, principalmente en relación a producción e intercambio de datos confiables que puedan subsidiar las diversas actividades de planeamiento, es uno de los retos que tenemos para lograr avances en la implementación de la GIRH en la cuenca amazónica.

3. LA RED HIDROLÓGICA AMAZÓNICA – RHA

3.1 CONTEXTUALIZACIÓN

Para promover la cooperación entre países que comparten la Cuenca Amazónica, fue propuesto en 2011 el “Proyecto Amazonas: Acción Regional en el Área de Recursos Hídricos”, implementado con el apoyo del Brasil, más específicamente de la Agencia Nacional de Aguas – ANA, de la Agencia Brasileña de Cooperación – ABC, así como de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica –OTCA– institución que fue creada en 2002 por iniciativa de los Gobiernos de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela. El objetivo del Proyecto era apoyar el esfuerzo del Gobierno Brasileño en la promoción del uso sostenible de los recursos hídricos en la región amazónica, en el fortalecimiento de la cooperación Sur-Sur y en la promoción de una articulación entre la ANA y organismos correlatos de los países miembros de la OTCA para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca Amazónica.

Los objetivos específicos del Proyecto Amazonas incluyen: *(i)* intercambiar sistemas de información para el efectivo monitoreo de los recursos hídricos en la cuenca amazónica; *(ii)* capacitar técnicos de las agencias de aguas y organismos de los países Amazónicos comprometidos con la Gestión de recursos hídricos, especialmente en lo referente a informaciones hidrológicas y eventos extremos; *(iii)* contribuir para la estructuración de una red de monitoreo que torne viable el intercambio de informaciones hidrológicas, hidrometeorológicas, sedimentométricas y de calidad de las aguas, además de aquellas referentes a eventos hidrológicos extremos.

Respecto específicamente a la estructuración de una red de monitoreo para tornar viable el intercambio de informaciones hidrológicas en la cuenca amazónica, las acciones iniciaron, efectivamente, entre los días 12 a 16 de agosto de 2013 con la realización de una Reunión Técnica en la ciudad de Brasilia donde hubo participación de todos los países miembros de la OTCA (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela). En esa reunión han sido discutidas de manera conjunta las limitaciones para el planeamiento y operación de las redes integradas de monitoreo hidrometeorológico, sedimentométrico y de calidad de las aguas en la Cuenca Amazónica así como las posibles soluciones y han sido definidas las orientaciones para el fortalecimiento de las respectivas redes nacionales teniendo en vista el intercambio

de datos e informaciones en el ámbito de la cuenca como un todo. En ese evento fue iniciado el planeamiento de una red hidrometeorológica donde se pretendía incorporar el alerta para evento hidrológico extremo, la perspectiva estratégica con el monitoreo de condiciones de entrega entre países y el conocimiento hidrológico integral de la cuenca amazónica. De ese planeamiento resultaron 73 puntos de monitoreo definidos en nivel de macrolocalización y a partir del conocimiento específico de los técnicos presentes, de modo empírico, con el apunte en mapas de los puntos de interés (**Figura 2**).

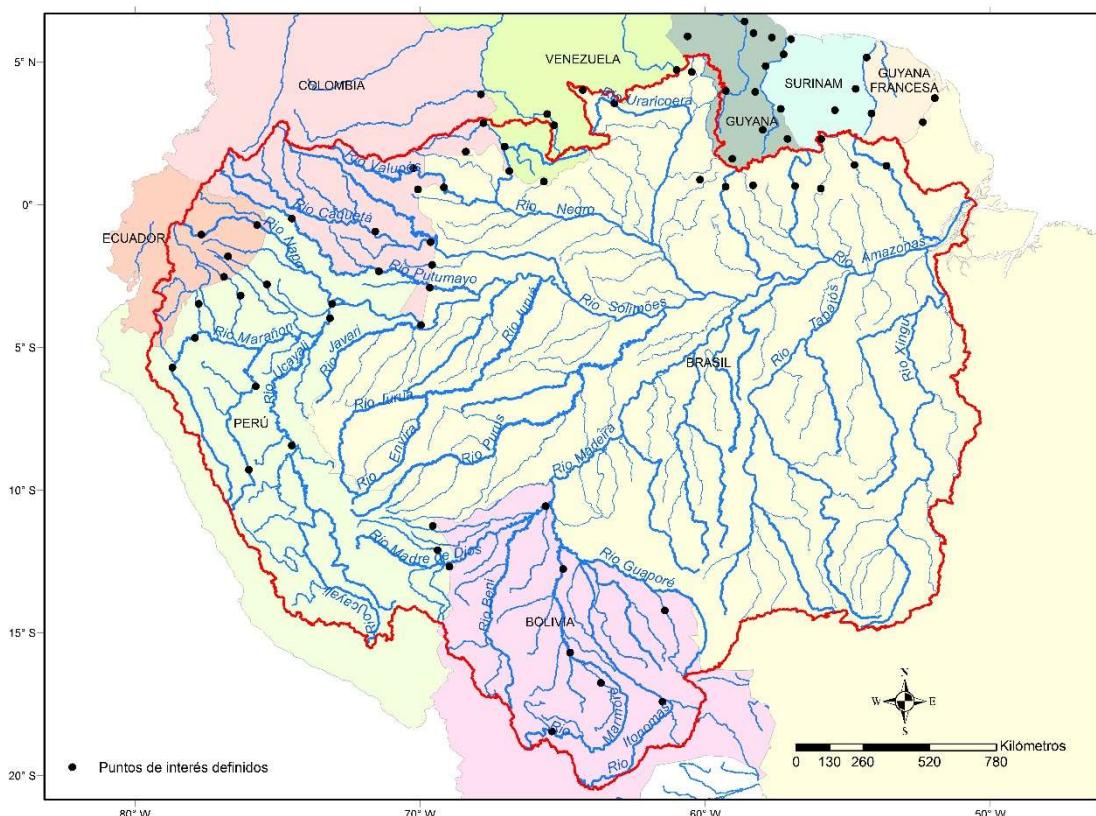


Figura 2: Primera propuesta de red de monitoreo para el Amazonas (73 puntos)

En la secuencia, también con la participación de todos los países miembros de la OTCA, una otra oficina de trabajo fue llevada a cabo en el año de 2014 para la pormenorización de las acciones listadas en el evento del año de 2013 así como para la formulación de la Iniciativa Piloto que se constituyó en la macro indicación de 6 puntos de monitoreo para fuesen instalados, con el apoyo del Proyecto Amazonas, en países seleccionados: Colombia, Bolivia y Perú. Las razones para la selección consensual de esos

países se fundamentaron en el hecho de que eran parte significativa de la afluencia en términos de área de drenaje de la Cuenca Amazónica como también por el hecho de que poseían buena capacidad institucional instalada, por lo tanto, en primera análisis, más propicios para una iniciativa piloto bien sucedida. El Plan de Trabajo previsto para esas estaciones comprendía 4 visitas anuales con realización de mediciones de calidad del agua, sedimentos y descarga líquida.

En el año de 2015 han sido llevadas a cabo visitas técnicas en los tres países listados en 2014 para componer la Iniciativa Piloto. Las visitas han sido organizadas por el Brasil cuyos representantes técnicos se sumaran a los indicados de cada país elegido para la organización y realización de esa actividad. El objetivo fue ajustar los puntos de monitoreo y definir la microlocalización de las estaciones, además de la realización de un análisis inicial sobre las capacidades institucionales de implementación del proyecto, y mantener la continuidad del intercambio de informaciones sobre los sistemas de monitoreo de recursos hídricos en Colombia, Bolivia y Perú. En esas reuniones fue definido que las estaciones de la Iniciativa Piloto, guardando correspondencia con el plan ya definido en la reunión de 2013 (73 puntos), serían indicadas en estaciones de monitoreo convencional ya existentes y próximos de las fronteras y que, además, tuvieran grande extensión en su serie histórica (más de 30 años), fácil acceso y bajo registro de vandalismo, entre otros factores. Con recursos del Proyecto Amazonas, la OTCA destinó a los países modernos equipamientos para el funcionamiento satisfactorio de esas estaciones y, por extensión, de otras estaciones de la cuenca amazónica en el ámbito de cada región, ellas son, plataformas de recolección de datos (PCD), medidores acústicos de caudal (M9 y Flowtracker) y sondas de calidad del agua (modelo YSI EXO 1).

Las estaciones definidas para la Iniciativa Piloto están indicadas en el

Cuadro 4 y mostradas en la **Figura 3**.

Cuadro 4: Puntos de Monitoreo de la Iniciativa Piloto

País	Estación Indicada	Río	Latitud (DD)	Longitud (DD)
Colombia	Mitu	Yuapes	1.2595	-70.2389
	Villarreal	Caquetá	-1.3094	-69.6193
Bolivia	Cachuela Esperanza	Beni	-10.5352	-65.5850
	Puerto Siles	Mamoré	-12.7994	-65.0064
Perú	Mazan	Napo	-3.4881	-73.0818
	Tamshiyacu	Marañon	-4.0036	-73.1611

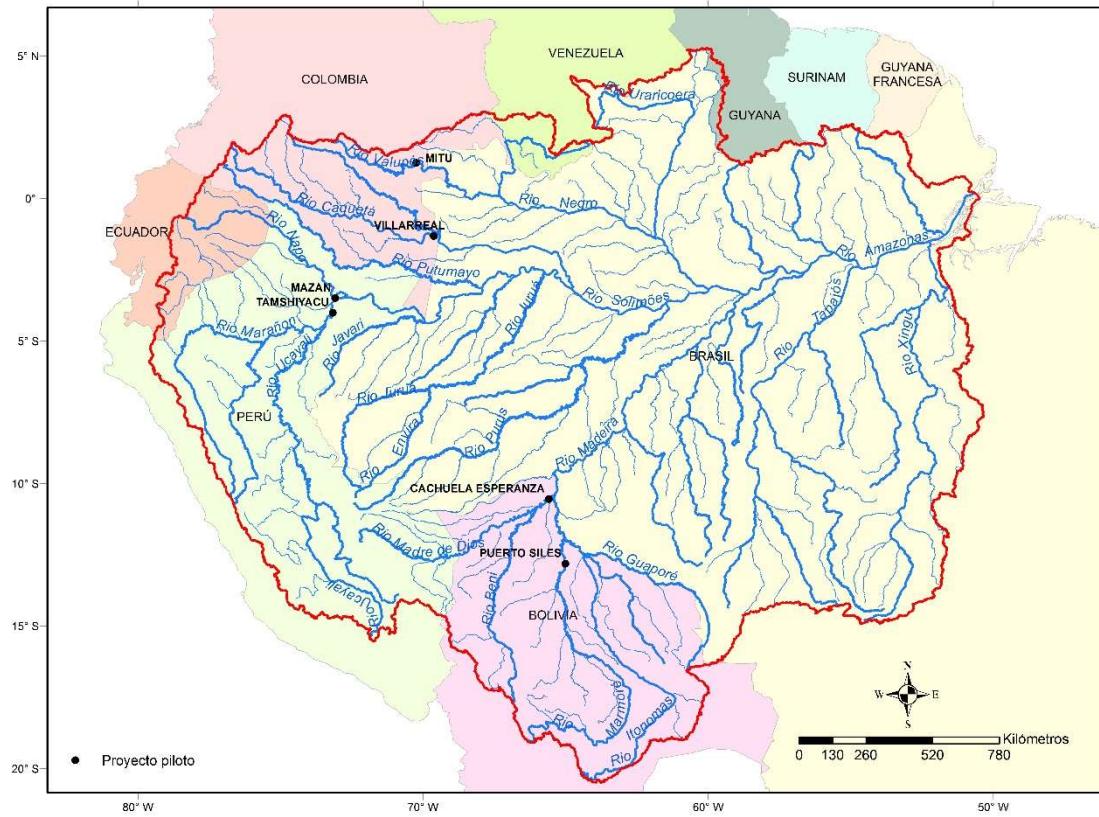


Figura 3: Puntos de Monitoreo de la Iniciativa Piloto

En el período de 2012 a 2018 el Proyecto Amazonas promovió diversos cursos de capacitación para el perfeccionamiento de la capacidad técnica en los países comprometidos, con un total de 268 técnicos comprometidos (**Cuadro 5**). Además de eso, en ese período hubo un intercambio de informaciones entre los técnicos de los países comprometidos.

Cuadro 5: Actividades de capacitación realizadas en el ámbito del Proyecto Amazonas

CURSOS	CANTIDAD DE EDICIONES
Curso sobre Hidrosedimentología para los técnicos de los países miembros de la OTCA (realizados en Brasilia)	4 EDICIONES (2012, 2013, 2016 y 2019)
Curso de Operación y Manutención de Plataformas de Recolección de datos – PCD's (realizados en Brasilia)	2 EDICIONES (2012 y 2013)
Curso “Cuenca Pedagógicas” (realizado en Bolivia)	1 EDICIÓN (2013)
Curso de Derecho de Aguas Internacionales y Cuenca Transfronterizas (realizados en Colombia y Brasil)	3 EDICIONES (2014, 2015 y 2016)

CURSOS	CANTIDAD DE EDICIONES
Calidad de las Aguas Superficiales, Intercambio de experiencias y cooperación técnica entre los países Brasil – Bolivia	1 EDICIÓN (2016)
Talleres Técnicos: entrenamiento sobre instalación y operación de los equipamientos adquiridos para la Red Hidrometeorológica	6 TALLERES REALIZADOS
Curso de Recolección y Preservación de Muestras y Sedimentos (realizados en Sao Paulo, Brasil – CETESB)	3 EDICIONES (2017, 2018 y 2019)
Curso: Monitoreo y diagnóstico de Calidad de Aguas (realizados en San Paulo, Brasil – CETESB)	3 EDICIONES (2017, 2018 y 2019)
Curso Internacional de Medición de Descarga Líquida en Grandes ríos: Técnicas de Medición (realizados en Manacapuru, Brasil)	3 EDICIONES (2017, 2018 y 2019)
Curso de Introducción a las Técnicas de Monitoreo Hidrológico por medio de Satélite (realizado en Brasilia, Brasil)	1 EDICIÓN (2018)
Curso de Derecho de Aguas a la Luz de la Gobernanza (realizado en Brasilia, Brasil)	1 EDICIÓN (2019)

Paralelamente a eso, hubo una evaluación del proceso de formulación de la Red planeada y han sido identificados aspectos críticos del planeamiento (2013-2015) y, con eso, la necesidad de su perfeccionamiento, a seguir:

- Las estaciones en el Brasil no habían sido consideradas en la composición de la red planeada;
- Visiones locales y no globales de monitoreo de la cuenca habían sido incluidas;
- Brasil asumió protagonismo;
- Necesidad de establecimiento de objetivos claros;
- Los criterios establecidos habían sido muy subjetivos;
- La red involucraba pluviometría, calidad del agua y sedimentos;
- Las estaciones existentes no habían sido consideradas.

Además de eso, las modificaciones imprimidas en la configuración de la red de 73 puntos han sido fuertemente influenciadas por los cambios que ocurrían en la Red Hidrológica Nacional Brasileña que estaba pasando por una importante transformación

metodológica recurrente de la influencia de los nuevos conocimientos adquiridos frutos de una aparcería entre la Agencia Nacional de Aguas de Brasil – ANA, el Servicio Geológico del Brasil – CPRM, y el Servicio Geológico de Estados Unidos – USGS, que culminó con la definición de la Red Hidrometeorológica Nacional de Referencia de Brasil – RHNR.

Al final de 2018, hubo una reunión en Brasilia para la revisión del diseño inicial de la red con la participación de la grande mayoría de los países miembros de la OTCA, siendo excepción Colombia. La propuesta de revisión de la red discutida en el evento se basaba en las siguientes premisas:

- Participación activa de los países;
- Visión de monitoreo global de la cuenca;
- Establecimiento de objetivos claros en el planeamiento de la red, especialmente, de gestión de intercambios internacionales, disponibilidad hídrica y calidad del agua en los intercambios internacionales;
- Aproximaciones sucesivas para la configuración de la Red de Monitoreo amazónica en la siguiente orden: red pluviométrica, calidad y sedimentos;
- Incentivo a la transferencia de tecnología de planeamiento e incentivo a adopción de metodología de la RHNR en los países para adensar la red de monitoreo del Amazonas y de otras cuencas en el ámbito de los países comprometidos;
- Operación sistemática y en nivel de excelencia de las estaciones.

Los representantes de los países presentes en ese evento aprobaron las alteraciones propuestas y fue acordado que los puntos de alteración formulados serían trabajados y posteriormente presentados para evaluación y ratificación por los países comprometidos.

En 2020, frente al evento excepcional de la pandemia, han sido realizadas reuniones virtuales por videoconferencia entre los principales países miembros de la OTCA en lo que se refiere a contribución para la Red de drenaje de la cuenca amazónica,

que son, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y Perú, para presentación y evaluación de la propuesta de la Red Hidrológica Amazónica – RHA. La selección de esos países fue motivada, para además del hecho de que son las principales naciones amazónicas que poseen área de la cuenca, totalizando casi el 99% de ese territorio (Migiyama, 1986), por la necesidad de optimización del proceso de discusión y para reducción de costos.

La programación fue robusta con participación de órganos de recursos hídricos, ministerios, cancillerías, OTCA, ANA y CPRM consistiendo en, en una primera ronda, reuniones con cada uno de los 4 países para presentación por la OTCA y por el Brasil de la propuesta preliminar de la RHA (diseño y operación) y, en una segunda ronda, una devolución de cada país con sus percepciones de la propuesta y sugerencias de ajustes (da.

Cuadro 6). Como resultado, los cinco países comprometidos aprobaron la propuesta preliminar presentada.

Cuadro 6: Informaciones sobre las Reuniones Virtuales organizadas para discusión de la RHA.

País	1 ^a reunión	2 ^a reunión	Entidades participantes
Bolivia	07 de mayo de 2020	01 de septiembre de 2020	Cancillería MMAYA SENAMHI OTCA ANA CPRM
Colombia	04 de junio de 2020	18 de junio de 2020	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM Agencia Brasileña de Cooperación del Ministerio de las Relaciones Exteriores – ABC/MRE OTCA ANA CPRM
Ecuador	27 de mayo de 2020	02 de junio de 2020	Ministerio de Relaciones Exteriores Ministerio del Ambiente Ministerio de Defensa Nacional Dirección General de Intereses Marítimos – DIGEIM Secretaría Técnica de Planificación Secretaría del Agua – SENAGUA Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI OTCA

País	1^a reunión	2^a reunión	Entidades participantes
			ANA CPRM
Perú	12 de mayo de 2020	26 de mayo de 2020	Ministerio de Relaciones Exteriores Autoridad Nacional del Agua OTCA ANA CPRM

3.2 BASE TEÓRICA: EL MODELO DE COBERTURA APLICADO AL MONITOREO DE CUENCAS TRANSFRONTERIZAS

Es consenso de todos los involucrados en la gestión y planeamiento de los recursos hídricos, que las informaciones hidrometeorológicas provenientes de un sistema de monitoreo eficaz es una de las principales herramientas necesarias la maximización del alcance de sus propósitos. La elaboración de un proyecto de red de monitoreo adecuado a los diversos usos es algo complejo, pues involucra en su análisis, además de las características hidrológicas e hidráulicas, aspectos de carácter logístico, económico, social y legal del área en estudio.

En conformidad con las directrices establecidas por la Organización Mundial de Meteorología (WMO, 1994), el proyecto y planeamiento de redes de monitoreo debe considerar las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles variables deben ser monitoreadas?
- ¿Cuál será la localización de los puntos de monitoreo?
- ¿Cuál será la frecuencia de recolección de las informaciones?
- ¿Cuál es la duración del programa de monitoreo?
- ¿Cómo de precisas deben ser las observaciones?

Las respuestas para esas preguntas están vinculadas a la definición clara de los objetivos a alcanzar por la red de monitoreo así como de las fuentes de recursos financieros y humanos disponibles para su instalación, manutención y operación.

La cuestión de donde instalar las estaciones de monitoreo y por cuanto tiempo mantenerlas en operación es un problema general para las agencias responsables por la recolección de datos hidrológicos en el mundo todo.

Los métodos de planeamiento y proyecto de redes más utilizados por varias agencias son basados en minimizar el error estándar de la estimativa de caudales en locales no monitoreados. En el pasado, el Servicio Geológico de Estados Unidos desarrolló y aplicó técnicas de regresión estadística para definir locales para instalación de estaciones pluviométricas (Moss, 1982; Stedinger e Tasker, 1985; Tasker, 1986), además de aplicar otros conceptos estadísticos como el de la entropía para cuantificar el contenido relativo de informaciones presentes en un determinado diseño de red, con fines a evaluar la necesidad de inclusión, exclusión o perfeccionamiento de puntos de monitoreo (Bueso *et al.*, 1998; Lee, 1998; Mogheir y Singh, 2002; Perez-Abreu y Rodriguez, 1996).

Importantes investigaciones han sido desarrolladas con el objetivo de crear herramientas objetivas para el planeamiento y proyecto de redes de monitoreo ambientales. Tal vez las más comunes hayan sido destinadas a elaboración de redes formadas por puntos discretos de observación en el espacio y en el tiempo, donde el conocimiento de la estructura de variación espacial y temporal de los campos continuos, como los de: precipitación, evaporación, temperatura, entre otros; permite estimar sus respectivos valores en toda la región de inclusión de la Red (Bastin *et al.*, 1984; Bras y Rodriguez-Iturbe, 1976; Pardo-Igúzquiza, 1998; Rodriguez- Iturbe y Megia, 1974; Sampson y Guttorp, 1992).

Diferente del monitoreo de las variables descritas anteriormente, la localización de las estaciones fluviométricas es condicionada a añadirse a la red de drenaje de la cuenca. Siendo que las informaciones de flujo mensuradas representan el flujo acumulado por la red de drenaje río arriba de la estación.

Es importante destacar que el planeamiento de redes estratégicas de monitoreo fluviométrico para la gestión de los recursos hídricos es más complejo que aquel destinado al proyecto de redes para apoyo a regionalización de caudales, una vez que el planeamiento debe ser orientado al cumplimiento de varios objetivos. A algunos objetivos pueden imponer la localización de las estaciones en puntos específicos, como: fuentes de contaminantes, puntos de concentración de flujos, confluencia de ríos, frontera internacional o en un punto en que el caudal es crítico. Para esas necesidades, el local de monitoreo es prefijado por el objetivo. Para otras aplicaciones, las informaciones de caudal son necesarias para la caracterización regional de la cuenca río

arriba. Pudiendo, por ejemplo, ser utilizadas para una evaluación de los efectos hidrológicos causados por la alteración del tipo de uso y cobertura del suelo. En este caso, muchos locales diferentes pueden ser candidatos a puntos de monitoreo.

El grande reto de planear ese tipo de red es el establecimiento de puntos que atiendan a los objetivos de forma racional y que sean de interés general, siendo que las aplicaciones de interés puntual deben ser tratadas por esferas locales de planeamiento.

El enfoque estadístico en el planeamiento y proyecto de red de monitoreo parte de la fuerte premisa de que las observaciones son estacionarias, lo que ni siempre es verdad en el caso de las redes fluviométricas. A otro lado, los modelos estadísticos ni siempre dan soporte a la incorporación de varios objetivos del planeamiento y proyecto de la rede, principalmente cuando hay interés en el monitoreo de puntos específicos. El papel más apropiado para esos métodos es apoyar el análisis de ajustes incrementales de redes hidrológicas existentes (USGS, 2004).

El planeamiento de redes de monitoreo fluviométrico puede ser comparado a resolución de problemas para la definición de locales estratégicos al posicionamiento de los equipos de bomberos, ambulancias, vertederos para residuos peligrosos, hospitales, bancos, bibliotecas, escuelas, entre otros; cuestiones para las cuales se busca optimizar una métrica de cumplimiento a una demanda especificada en un área de inclusión, como: cumplimiento a un llamado en un tiempo máximo establecido, distancia máxima recorrida, población máxima atendida, distribución homogénea y densidad mínima deseada, entre otras métricas.

El Modelo de Cobertura (*Coverage Model*) es basado en la articulación de una meta dentro de un dominio de actuación. En este son definidos indicadores para selección de puntos para cumplimiento del objetivo, los cuales pueden ser modelados con el uso de herramientas de geoprocесamiento¹. El resultado de la aplicación del Modelo de Cobertura es la distribución espacial del conjunto de puntos potenciales al cumplimiento de la meta.

¹ La Norma Internacional ISO 19123:2005 define un esquema conceptual para las características espaciales de las coberturas, las cuales son las estructuras de datos predominantes en una serie de áreas de aplicación, como: teledetección, meteorología y mapeo de batimetría, elevación, suelo y vegetación. Esta Norma Internacional define la relación entre el dominio de una cobertura y un intervalo de atributo asociado.

La ventaja de ese abordaje es que permite articular en el planeamiento de la red de monitoreo varios objetivos, además es claro de eliminar las imprecisiones inherentes al proceso de regionalización de caudales en los puntos de interés prefijados. Ese abordaje permite la determinación deseable u óptima de la selección de locales para instalación de estaciones, pues considera la localización y la cantidad necesarias para el cumplimiento satisfactorio de los objetivos predefinidos en el dominio en análisis (Daskin, 1995).

El concepto del Modelo de Cobertura puede ser ejemplificado por medio del monitoreo de variables continuas sobre el espacio, como: la precipitación, temperatura del aire, humedad relativa, entre otras; las cuales son monitoreadas por medio de observaciones realizadas directamente en puntos discretos en el espacio e en el tiempo (**Figura 4**).

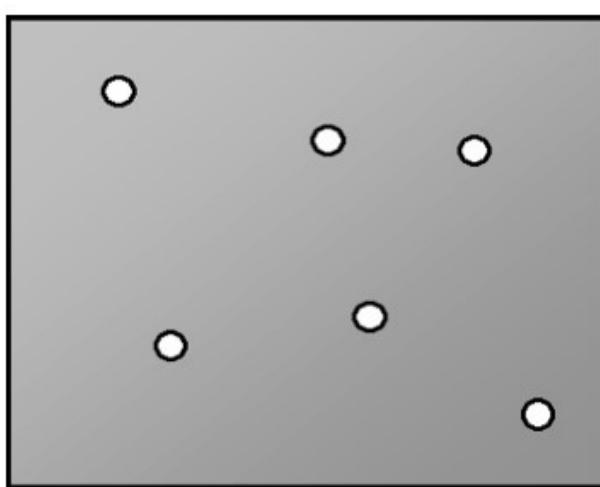


Figura 4: Dominio de cobertura de precipitación monitoreada por puntos discretos de medición. Fuente (USGS, 2004)

Las localizaciones discretas de los puntos de muestreo dividen el dominio espacial en subregiones, siendo que cada una de ellas está explícitamente asociada a su respectivo punto de medición (**Figura 5**). Ese abordaje, conocido como método de *Thiessen*, puede ser utilizado para el cálculo de la lluvia media de una región. En él, el dominio de estudio es dividido en subregiones, llamadas de polígonos de Thiessen, las cuales definen un Modelo de Cobertura de cada estación pluviométrica. La lluvia media de toda la región es calculada por la media ponderada de la precipitación por el porcentaje de área de cobertura del dominio de cada pluviómetro.

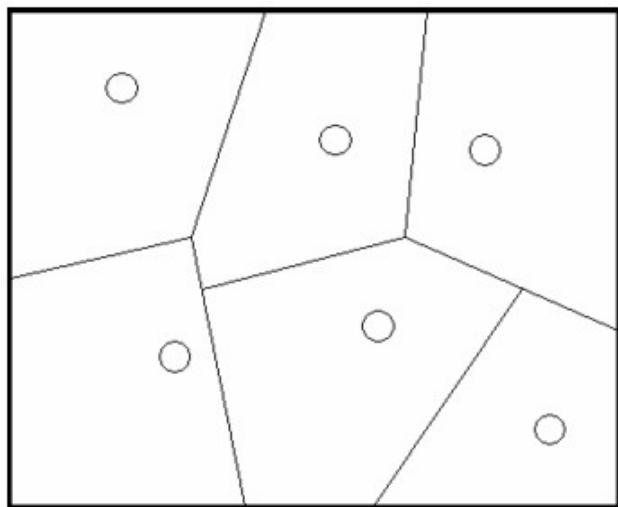


Figura 5: Subdivisión espacial de un área de cobertura usando polígonos de Thiessen.
Fuente: USGS (2004)

En el caso del planeamiento de una red de monitoreo fluviométrico, la cuenca hidrográfica representa el dominio de cobertura de estudio y las subcuenca representan las coberturas individuales de cada punto de monitoreo (**Figura 6**).

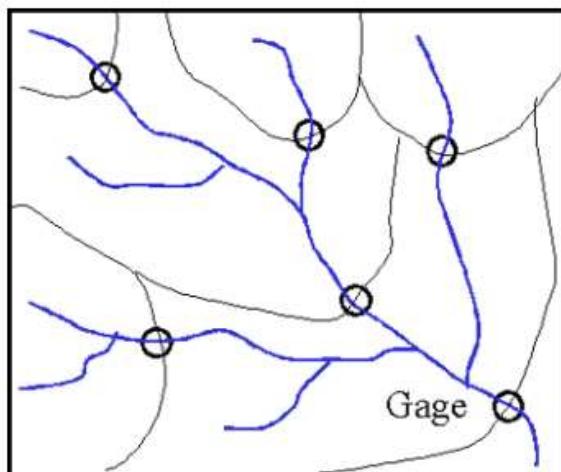


Figura 6: Subdivisión espacial de un dominio de cobertura por subcuenca asociadas a estaciones pluviométricas. Fuente: USGS (2004)

Los Estados Unidos aplicaron el Modelo de Cobertura para definición de la *Federal Priority Streamgages -FPS*. Esa Red de estaciones de monitoreo prioritaria concebida por el Servicio Geológico de Estados Unidos –USGS– fue estructurada en 1999 para ser una

red central, financiada por el gobierno federal, con estaciones estratégicamente posicionadas en todo el país para atender a las necesidades de informaciones federales de largo plazo. Hasta 2018, más de 4.700 localidades atendían a los criterios de inclusión en la red prioritaria, pero solamente cerca de 3.600 estaciones están activas debido a las limitaciones de financiación. Esa red de monitoreo es mantenida por una combinación de financiación federal y de socios – menos de un cuarto son totalmente financiados por la USGS (USGS, 1998).

La FPS atiende a cinco objetivos prioritarios de monitoreo definidos para los Estados Unidos, que son: monitoreo de aguas interestatales e internacionales, previsiones de inundaciones, cálculo de balances hídricos, análisis de tendencias de largo plazo (cuencas sentinelas) y de calidad del agua. Cada una de las cinco metas tiene un conjunto de puntos de monitoreo que cubren todo el área del territorio de EEUU. La consolidación de los cinco objetivos divide el territorio americano en sub-cuencas correspondientes a las estaciones fluviométricas del FPS (USGS, 1998).

La experiencia de planeamiento de Estados Unidos de redes de monitoreo estratégicas trajo para Brasil esa innovadora metodología para los estándares nacionales vigentes. También en el Brasil el Modelo de Cobertura (*Coverage Model*) vino al encuentro de la necesidad urgente en el ámbito federal brasileño de planeamiento de redes de monitoreo para el cumplimiento de intereses nacionales, de largo plazo, una vez que la inversión en el monitoreo es un programa permanente, y de salvaguardia del conocimiento de la hidrología nacional.

Cuanto a eso, en el caso del Brasil, lo que fue considerado como interés nacional en la proposición de una Red Hidrometeorológica Nacional de Referencia del Brasil – RHNR – fue lo siguiente: (1) Transferencias e Intercambios Interestatales e Internacionales, (2) Eventos Hidrológicos Críticos, (3) Balances y disponibilidades hídricas, (4) Cambios y tendencias de largo plazo, (5) Calidad del agua y (6) Regulación de los Recursos Hídricos.

El planeamiento de la RHNR brasileña se consolidó en 2015 por medio de asociación entre la Agencia Nacional de Aguas (ANA), el Servicio Geológico Brasileño (CPRM) y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Esa red de estaciones de referencia se apoya en principios fundamentales que representan un conjunto de valores que deben ser atendidos por la red de monitoreo, que son: estandarización de

la recolección y disponibilidad de datos; acceso gratuito y transparente a los datos; accesibilidad para uso tempestivo de los datos; archivo centralizado para uso futuro; garantía de la calidad de los datos e imparcialidad, objetividad y confiabilidad de los datos.

En lo que se refiere a estructuración de una red de monitoreo en una cuenca hidrográfica transfronteriza que torne viable el intercambio de informaciones hidrometeorológicas, sedimentométricas y de calidad de las aguas, además de aquellos referentes a eventos hidrológicos extremos, también es posible aplicar los conceptos metodológicos que involucran el Modelo de Cobertura con el objetivo de definir una red estratégica que cumpla con las demandas de monitoreo predefinidas por los países ribereños y que optimice los costos.

En el ámbito de demandas existentes para la definición de una red de monitoreo transfronterizo, los objetivos de monitoreo cuantitativo y cualitativo en fronteras y de monitoreo pluviométrico para el cálculo de balance hídrico son basilares y estratégicos pues proveen subsidios para acciones de gestión integrada de recursos hídricos y para la hidrodiplomacia. El conjunto de puntos de monitoreo en fronteras es definido *a priori*, una vez que son los límites territoriales que definen su localización en el primero momento para, en seguida, definirse el área de drenaje asociada. Ya los puntos de monitoreo para cálculo de balance hídrico son definidos *a posteriori*, ya que primeramente hay el delineamiento del área de drenaje en una escala de interés para solamente después definir el punto de monitoreo.

La aplicación del Modelo de Cobertura en la definición de redes de monitoreo en cuencas transfronterizas también permite aproximaciones sucesivas del modelo ideal de monitoreo ya que la ampliación de la red podrá ser llevada a cabo paulatinamente de acuerdo con los objetivos consensuados por los países que comparten la cuenca.

3.3 OBJETIVOS de la RHA

El objetivo general a ser alcanzado con la implementación de la RHA es el monitoreo integrado de la Cuenca Hidrográfica Amazónica por los países signatarios del Tratado de Cooperación Amazónica -TCA- para obtener una visión integrada y estratégica de la cuenca transfronteriza del Río Amazonas.

La implementación de la RHA permitirá la disponibilidad de datos esenciales para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos –GIRH– en el sentido de mejorar el conocimiento de la hidrología de la cuenca, proveer datos para cálculos del balance de agua, subsidiar la evaluación y mitigación de los efectos de los cambios climáticos, entre otros; como también para acciones relacionadas a hidrodiplomacia en la cuenca transfronteriza, tales como, informaciones de referencia para la gestión internacional de conflictos, informaciones para proyectos de obras hidráulicas con impactos internacionales, informaciones para la gestión de eventos críticos con alcance internacional.

El diseño de la RHA fue definido con base en el cumplimiento de dos objetivos prioritarios, el Control de Fronteras y el Balance Hídrico. Respeto al Control de Fronteras, lo que se pretende es cuantificar y cualificar el intercambio y la transferencia de recursos hídricos entre los países fronterizos de modo a permitir la gestión y la construcción de indicativos entre los países, en la dirección de facilitar las acciones hidrodiplomáticas. En relación al Balance Hídrico el objetivo es adquirir informaciones sobre los volúmenes de agua drenados en la cuenca como dato esencial para subsidiar la gestión integrada de recursos hídricos.

3.4 LA CONCEPCIÓN DE LA RHA

3.4.1 Materiales Utilizados

Para los análisis hidrográficos fue utilizada la Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) de 2013 (ANA, 2019). La BHO es una base hidrográfica de referencia que abarca toda la América del Sur y está compuesta por siete planes de información geográfica: tramo de drenaje, área de contribución hidrográfica, punto de drenaje, curso de agua, hidrónimo, represa y masa de agua. La base recibe la denominación “ottocodificada” porque sus cuencas son codificadas según la metodología de Otto Pfafstetter (Pfafstetter, 1989). La codificación de cuencas de Otto Pfafstetter es la referencia digital de elevación hidrológicamente consistente que lleva en consideración los tramos de drenaje obtenidos en la cartografía y el Modelo Digital de Elevación (MDE). Los datos de MDE son del proyecto global *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) de la NASA, con resoluciones espaciales de 90 y 30 metros dependiendo de la región (ANA, 2015).

Los países miembros de la OTCA tornaron disponibles datos sobre las estaciones por medio de mapas georreferenciados con la localización de estaciones fluviométricas existentes en la cuenca del Amazonas. Esos datos han sido especialmente importantes para la definición de las etapas de implementación del proyecto que tuvo como fundamento la utilización prioritaria de la estructura de monitoreo ya existente en la cuenca Amazónica, en los países miembros Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y Perú.

También se recurrió al inventario de estaciones existentes en la Cuenca Amazónica que integran el Hidro, a pesar de la dificultad de descripción del origen de las informaciones existentes en el Hidro, ese recurso fue usado especialmente con el objetivo de complementar y confirmar las informaciones más actualizadas.

El esfuerzo emprendido en la elaboración de la primera versión de la red de monitoreo del Proyecto Amazonas, elaborada en 2013, fue aprovechado teniendo en vista reunir informaciones depositadas por los técnicos especializados de los diversos países que indicaron empíricamente la necesidad de monitoreo en varios puntos de la cuenca.

El grande factor diferencial de la presente metodología de configuración de la RHA fue la utilización del Modelo de Cobertura en el planeamiento y del uso de herramientas de geoprocесamiento para manipular datos e informaciones geográficas, como: realizar el cálculo de áreas de drenaje, verificación de áreas de inclusión, confrontación de puntos planeados con estaciones existentes, entre otras operaciones. Para eso, han sido utilizadas herramientas de geoprocесamiento tales como *ArcGis*, *Qgis* y *PostGis*, asociado a eso, se utilizó verificación de los resultados preliminares por medio de la evaluación de imágenes de satélite (*Google Earth*).

La metodología usada en la configuración de la RHA tuvo como principal referencia la experiencia brasileña de definición de Red Hidrometeorológica Nacional de Referencia – RHNR brasileña. Los documentos de planificación de RHNR han sido utilizados largamente para orientar el desarrollo de la configuración de la RHA, principalmente en lo referente a definición de objetivos para que sean cumplidos por el monitoreo de la cuenca amazónica.

3.4.2 Metodología para el Planeamiento de la Red Hidrológica Amazónica - RHA

El conocimiento del compartir de las aguas superficiales en los ríos es insumo básico para la gestión de los recursos hídricos, y para que ese conocimiento sea efectivo es necesario que exista una red monitoreo hidrológica basada en las demandas de informaciones dirigidas a la gestión. En este sentido, el planeamiento y proyecto de la RHA fue elaborado en conformidad con los siguientes objetivos preestablecidos en el ítem 3.3:

- Objetivo general: Monitoreo integrado de la Cuenca Hidrográfica Amazónica por los países signatarios del Tratado de Cooperación Amazónica -TCA- para obtener una visión integrada y estratégica de la cuenca transfronteriza del Río Amazonas.
- Objetivos específicos: Control en fronteras internacionales y balance hídrico.

Adicionalmente, han sido también establecidos los siguientes Principios Fundamentales para la RHA:

- ✓ Estandarización de la recolección y disponibilidad de datos;
- ✓ Gratuidad y transparencia en el acceso a los datos;
- ✓ Accesibilidad para uso en tiempo adecuado la gestión de los recursos hídricos;
- ✓ Centralidad de archivamiento para uso futuro;
- ✓ Garantía de la calidad del dato; y
- ✓ Imparcialidad, objetividad y confiabilidad del dato.

Ante estos objetivos y principios fundamentales se espera alcanzar los siguientes beneficios para la Gestión de los recursos hídricos en la cuenca:

- ✓ Generación de informaciones hidrológicas estandarizadas;
- ✓ Amplia disponibilidad de datos básicos para los usuarios;
- ✓ Generación de datos confiables y precisos;
- ✓ Eficiencia y optimización de la red de monitoreo;

- ✓ Reconocimiento público de los beneficios promovidos por la red de monitoreo;
- ✓ Intercambio de conocimiento entre los Países Miembros del Tratado de Cooperación Amazónica;
- ✓ El incentivo a la investigación y desarrollo científico.

De una forma general, el diseño de la RHA fue construido en las siguientes etapas:

- a) Evaluación de la red de drenaje;
- b) Definición de criterios y diseño de la RHA con vistas al control de fronteras internacionales;
- c) Definición de criterios y diseño de la RHA con vistas al balance hídrico ;
- d) Integración de los objetivos;
- e) Ajustes de los puntos de interés;
- f) Inclusión de las estaciones previstas en el plan de la Red Nacional de Referencia – RNHR brasilera, localizadas en la cuenca Amazónica;
- g) Definición de niveles de implementación.

Se destaca que las etapas “b” a “f” para el diseño de la RHA no han sido aplicadas para la localización de los puntos de interés en la parte de la Cuenca Amazónica situada en territorio brasileño, ya que ese trabajo, que fue pertinente, estaba hecho en la RHNR. En la planificación se ha optado por incorporar a la RHA algunos puntos de interés contenidos en el plan estratégico de la RHNR para cumplimiento a los objetivos del control de fronteras y balance hídrico, conforme descrito en la etapa “g”.

En primera aproximación, la localización de los puntos de monitoreo de la RHA ha sido enfocado en la adquisición de datos de caudal debido a la importancia de ellos para la ciencia y la gestión de los recursos hídricos. Una vez que los datos de caudal son fundamentales para la determinación de varios estudios, como: cargas contaminantes y de sedimentos, en los estudios de calidad de las aguas y sedimentométricos, entre otros.

a) Evaluación de la Red de drenaje

La Cuenca Amazónica abarca un área de cerca $6,2 \times 10^6 \text{ km}^2$ y en conformidad con la base ottocodificada BHO-2013 (ANA, 2013) ella posee una red de drenaje con 64.878 cursos de agua y 129.755 tramos de ríos.

Para la aplicación del Método de Cobertura, el punto de partida fue la definición del nivel de detalle de la red de drenaje compatible con objetivos propuestos para la RHA.

Como ejemplo, si hipotéticamente fuese establecido que el planeamiento de la RHA tuviese que abarcar todos los cursos de agua mapeados por la BHO-2013, tendríamos por lo menos 64.878 puntos de monitoreo, lo que tornaría inviable la implementación de la RHA del punto de vista financiero y operacional.

El hecho es que el nivel de detalle de la BHO-2013 es muy alto comparado a los objetivos regionales propuestos para la RHA, lo que tornó necesaria su simplificación. Para tanto, han sido construidos 6 escenarios de reducción del número de cursos de agua de la BHO-2013 (

Cuadro 7), los cuales han sido analizados considerando: la dimensión continental, las dificultades intrínsecas de operación en la cuenca, los objetivos preestablecidos para la RHA y la distribución espacial de la red de drenaje.

Cuadro 7: Escenarios de representación de los BHO-2013.

Escenario	Límite mínimo de Área de Drenaje (km^2)	Número de Cursos de Agua	Porcentaje del Nº Total de Cursos de Agua
1	1.000	1558	2.40%
2	5.000	354	0.55%
3	10.000	183	0.28%
4	25.000	80	0.12%
5	50.000	37	0.06%
6	100.000	21	0.03%

Al final del análisis se ha optado por la representación de la red de drenaje por el escenario 3, con 183 cursos de agua, con áreas iguales o superiores a 10.000 km^2 (**Figura 7**). Visto que en ese escenario hay un equilibrio harmónico entre los objetivos generales propuestos para la RHA y el nivel de detalle encontrado, en el cual la hipótesis de

operación y manutención de por lo menos una estación fluviométrica por curso de agua, en este caso, pasa a ser viable en términos cuantitativos.

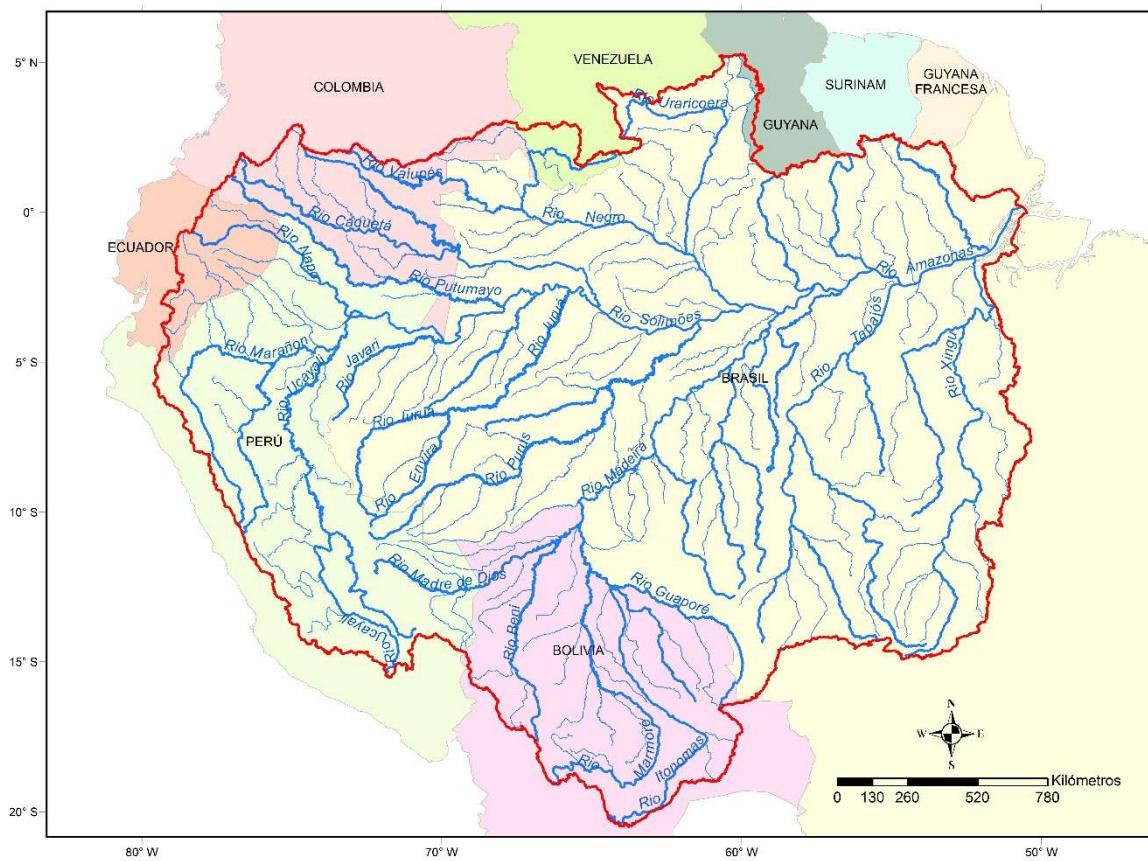


Figura 7: Red de drenaje BHO-2013 simplificada. Cursos de agua con área de drenaje mínima de 10.000 km².

b) Definición de criterios y diseño de la RHA con vistas al control en fronteras internacionales

La localización de los puntos para cumplimiento al objetivo de control de fronteras internacionales (intercambios y transferencias) fue establecida según dos criterios:

1. Río transfronterizo (continuo): curso de aguas que atraviesa el límite de dos Estados o Naciones (Brasil, 2008). Punto de interés establecido en la intersección entre la división político-administrativa internacional y la red de drenaje BHO-2013 simplificada, desde que el área de drenaje río arriba del punto de intersección sea como mínimo o igual a 4.500km² (**Figura 8**). Este

criterio permite gestionar las condiciones cuantitativas y cualitativas de entregas entre los países.

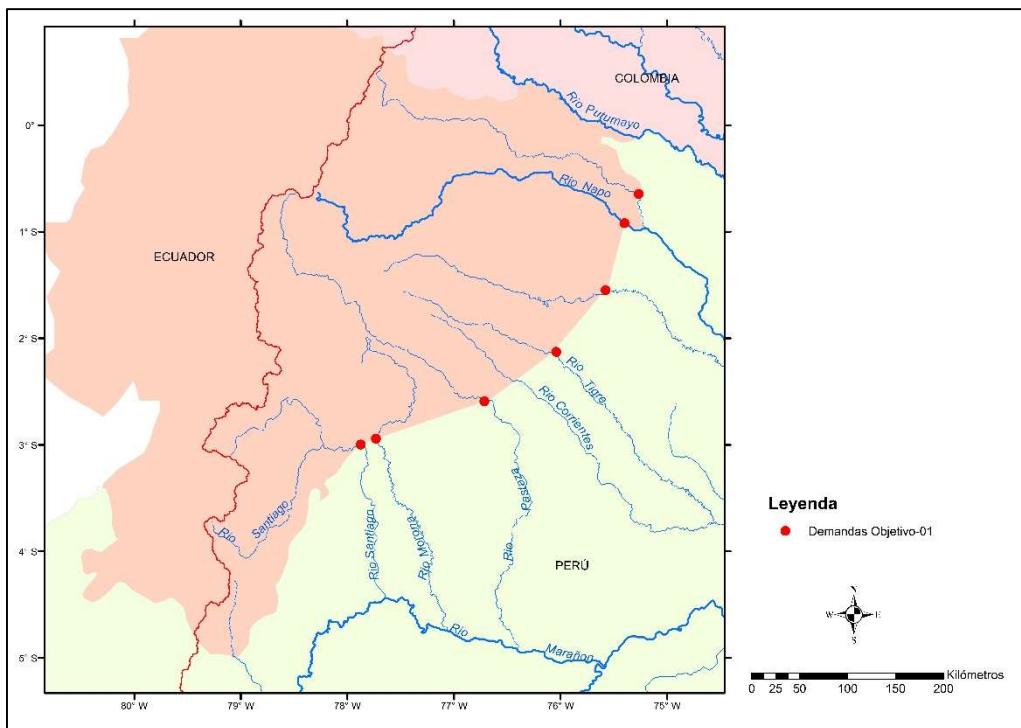


Figura 8: Ejemplo de aplicación del criterio de localización de puntos para el objetivo control de frontera en río transfronterizo en la divisa del Ecuador con el Perú.

2. Río fronterizo (contiguo): tramo de curso de agua cuyas márgenes se sitúan en países distintos y que forman, por lo tanto, fronteras terrestres (Brasil, 2008). En este caso han sido establecidos dos puntos de localización: el primero posicionado en el tramo inicial de río compartido donde el área de drenaje río arriba es de como mínimo 5.000 km². Y el segundo, situado en el punto final del tramo de río compartido (Figura 9). En ese caso, el punto inicial del río compartido recoge informaciones de las características cuantitativas y cualitativas del flujo del recurso hídrico que llega en el tramo y el punto final del río compartido proporcionar una visión de las modificaciones posibles de ocurrencia entre los países ribereños.

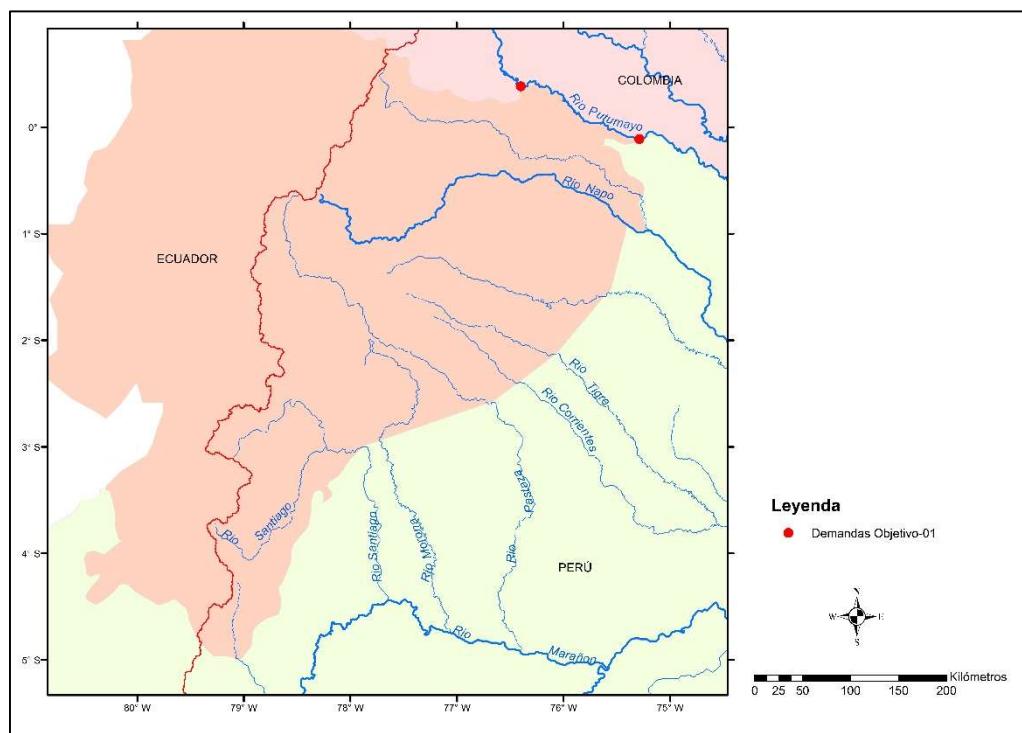


Figura 9: Ejemplo de aplicación del criterio de localización de puntos para el objetivo control de frontera en río fronterizo en la frontera del Ecuador con Colombia.

La **Figura 10** a continuación presenta la distribución final de los puntos de interés establecidos en esta etapa.

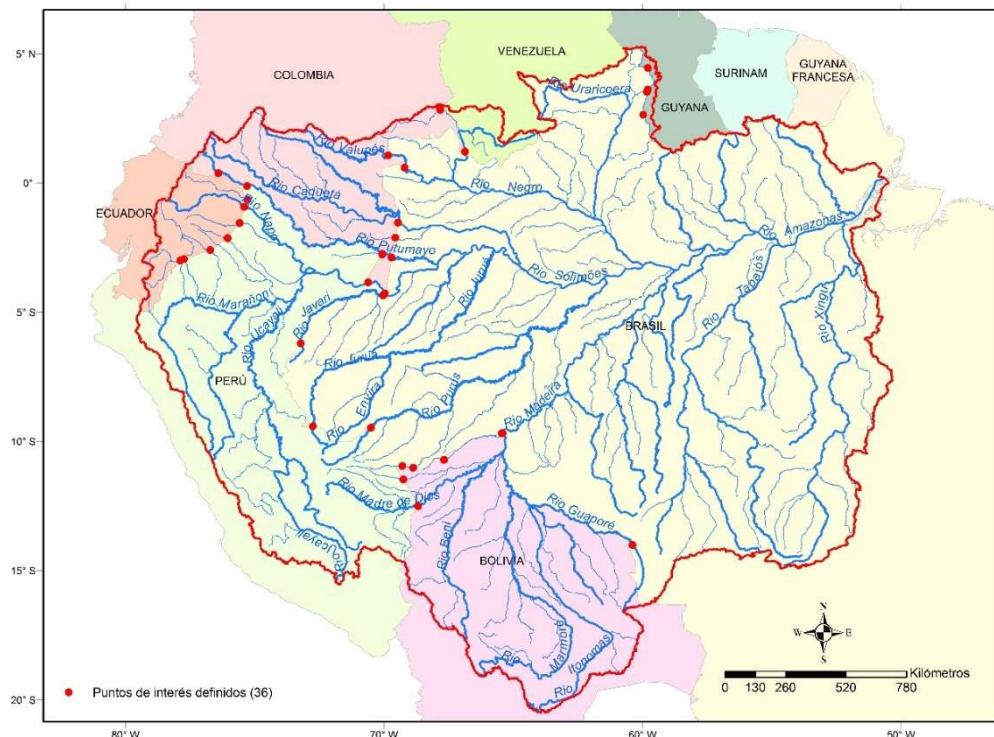


Figura 10: Resultado de la aplicación de los criterios de localización de puntos de interés para cumplimiento del objetivo de control en fronteras internacionales (etapa b).

c) Definición de criterios y diseño de la RHA con vistas al balance hídrico

La localización de los puntos para cumplimiento al objetivo de balance hídrico fue establecida en conformidad con el siguiente criterio: Puntos de interés localizados en la desembocadura de los cursos de agua con áreas de drenaje de más de 10.000 km² y río arriba de confluencias tributarias con más de 10.000 km² (**Figura 11**).

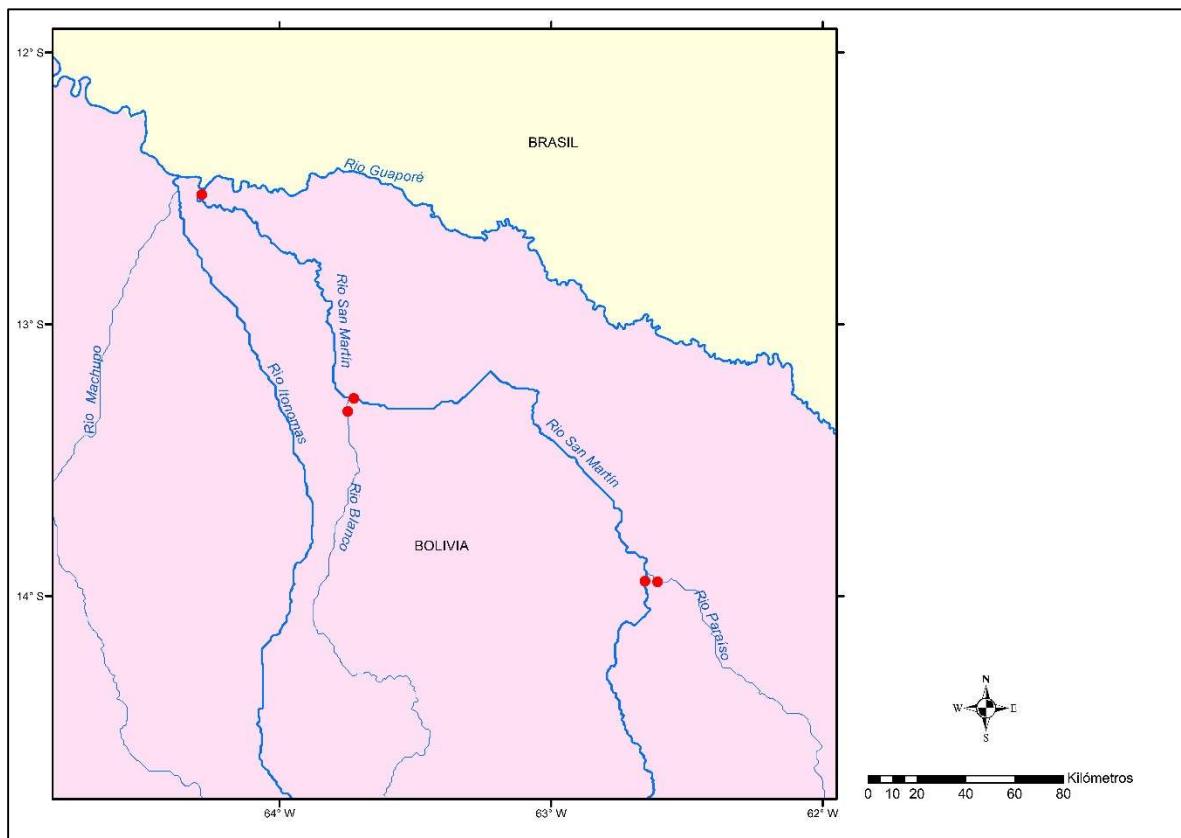


Figura 11: Ejemplo de aplicación del criterio de localización de puntos de interés para cumplimiento del objetivo de balance hídrico en la cuenca del río San Martín en Bolivia.

La **Figura 12** presenta la distribución de todos los puntos de interés establecidos en esta etapa.

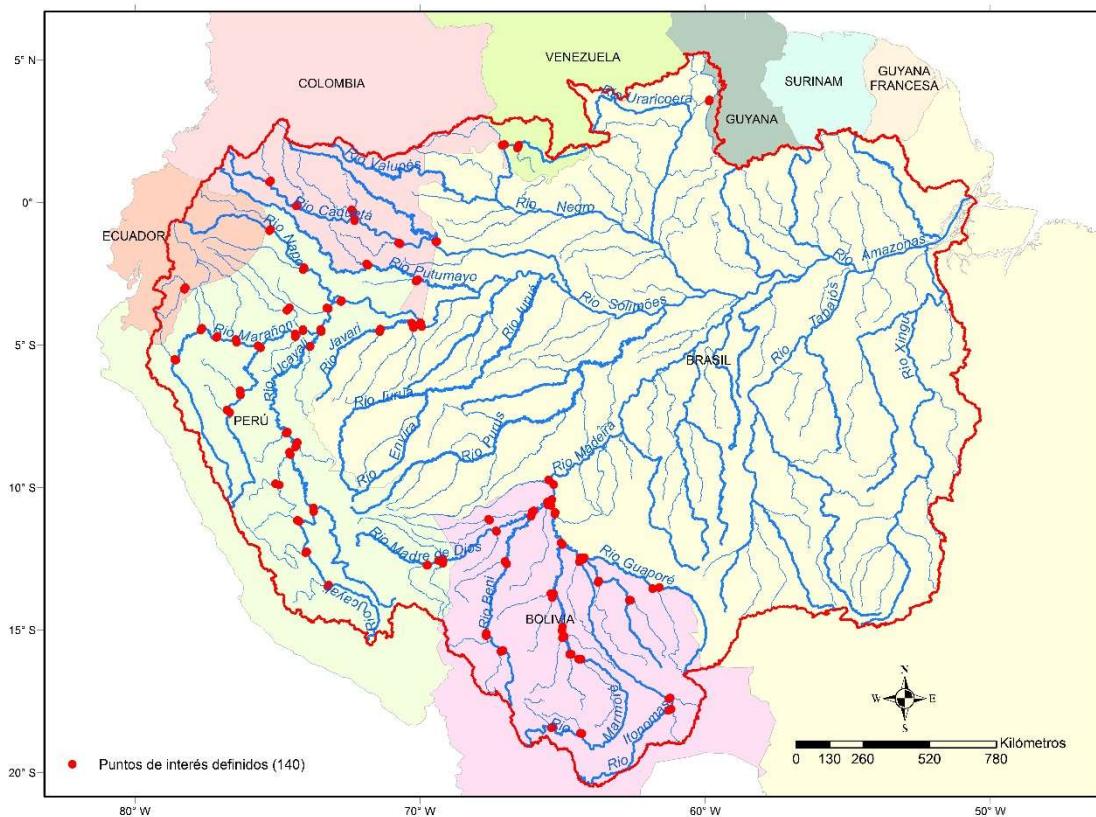


Figura 12: Resultado de la aplicación de los criterios de localización de puntos de interés para cumplimiento del objetivo de balance hídrico (etapa c).

d) Integración de los objetivos

En esta etapa del planeamiento y diseño de la RHA se llevó a cabo la integración de los resultados individuales obtenidos por los criterios de localización de puntos de interés para cumplimiento de los objetivos de control de fronteras internacionales y balance hídrico, etapas “b” y “c”, respectivamente. Durante el proceso de integración, se observó la coincidencia de 21 puntos de interés cuanto al cumplimiento de ambos los objetivos. Los números generales encontrados pueden ser verificados en el

Cuadro 8, siendo la distribución espacial de los mismos presentada en la **Figura**

13.

Cuadro 8: Números de Puntos de Interés por Objetivo de Planeamiento

Cantidad de Puntos de Interés por Objetivo de Planeamiento	
Objetivos de planeamiento de la RHA	Cantidad de Puntos de Interés
Obj-1 – Control de Fronteras	26
Obj-2 – Balance hídrico	119
Obj-1 y 2	21

Objetivos de planeamiento de la RHA	Cantidad de Puntos de Interés
Totales	166

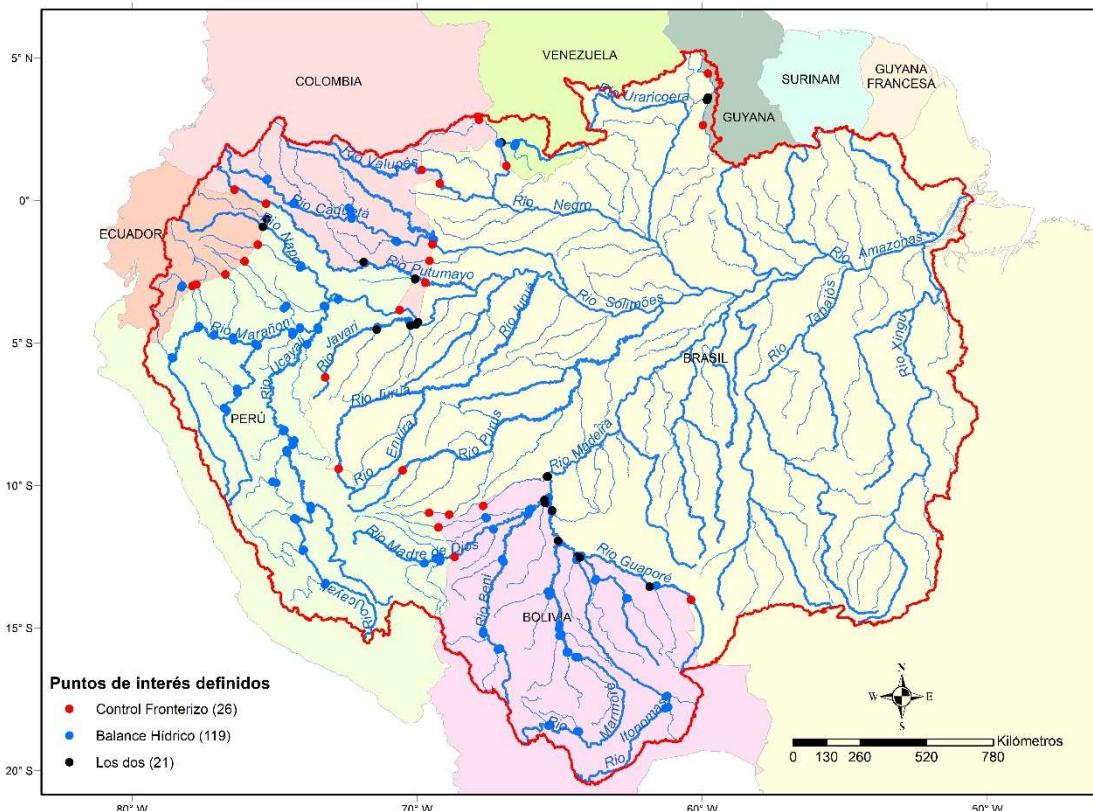


Figura 13: Distribución de los puntos de interés obtenidos en las etapas “b” y “c”.

e) Ajuste de los puntos de interés

En la etapa de ajuste se ha buscado optimizar la localización de los puntos de interés, definidos en la etapa “d”, con la red existente de monitoreo (**Figura 14**), visto que el aprovechamiento de estaciones activas en la implementación de la RHA permite minimizar la inversión de recursos humanos y financieros, e incorporar las informaciones históricas ya conseguidas.

El criterio adoptado para el aprovechamiento de las estaciones existentes fue que ellas deberían estar situadas en el mismo curso de agua de los puntos de interés y dentro de un intervalo máximo de variación de $\pm 30\%$ del área de drenaje de este. La única excepción a esa regla, el caso del punto de interés localizado próximo al nivel de base

del río Urubamba, donde su coordenada fue alterada para el local de la estación existente (472935F2 – Intihuatana) considerando cuestiones logística y operacional.

Tras el primer ajuste de localización de los puntos de interés fue realizado un ajuste de la RHA con vistas a la eliminación de recolección de informaciones redundantes. En este caso se definió que el área incremental de monitoreo de cada punto de interés debería ser como mínimo 10% de su área. Los puntos de interés localizados en el mismo curso de agua y que no atendieron a ese criterio han sido considerados redundantes, siendo que la selección de cuál de ellos iría representar sus objetivos siguió el siguiente orden:

1. Puntos con estaciones existentes;
2. Puntos de cumplimiento a más de un objetivo;
3. Puntos con mayor área de cobertura.

La **Figura 15** presenta los resultados finales del proceso de ajuste.

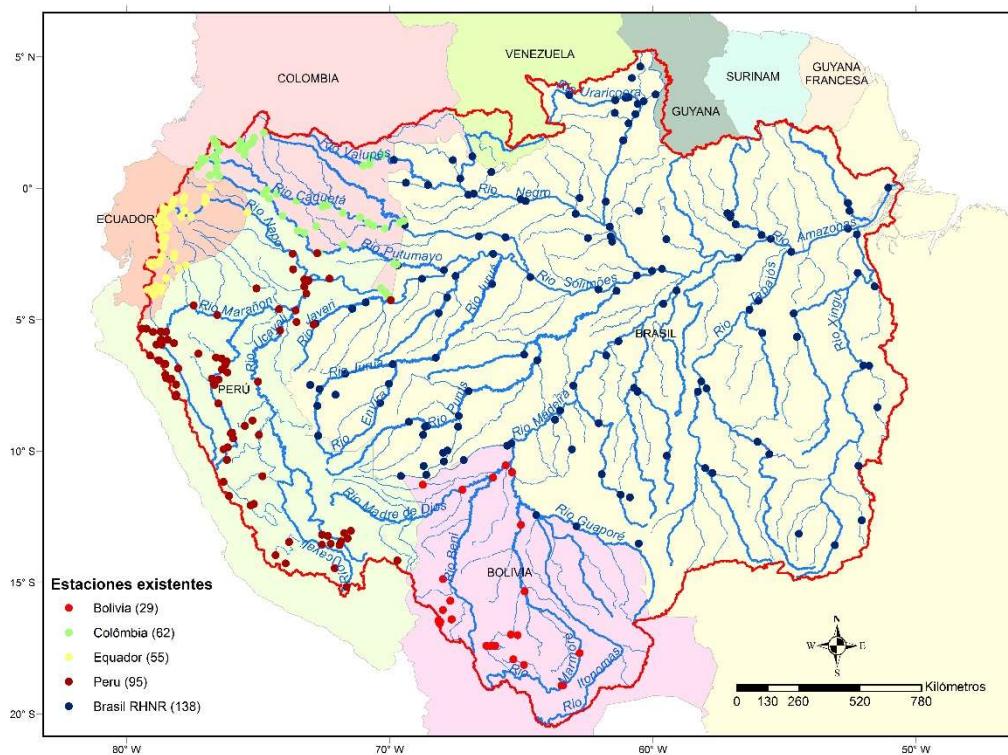


Figura 14: Base de datos georreferenciada de estaciones existentes.

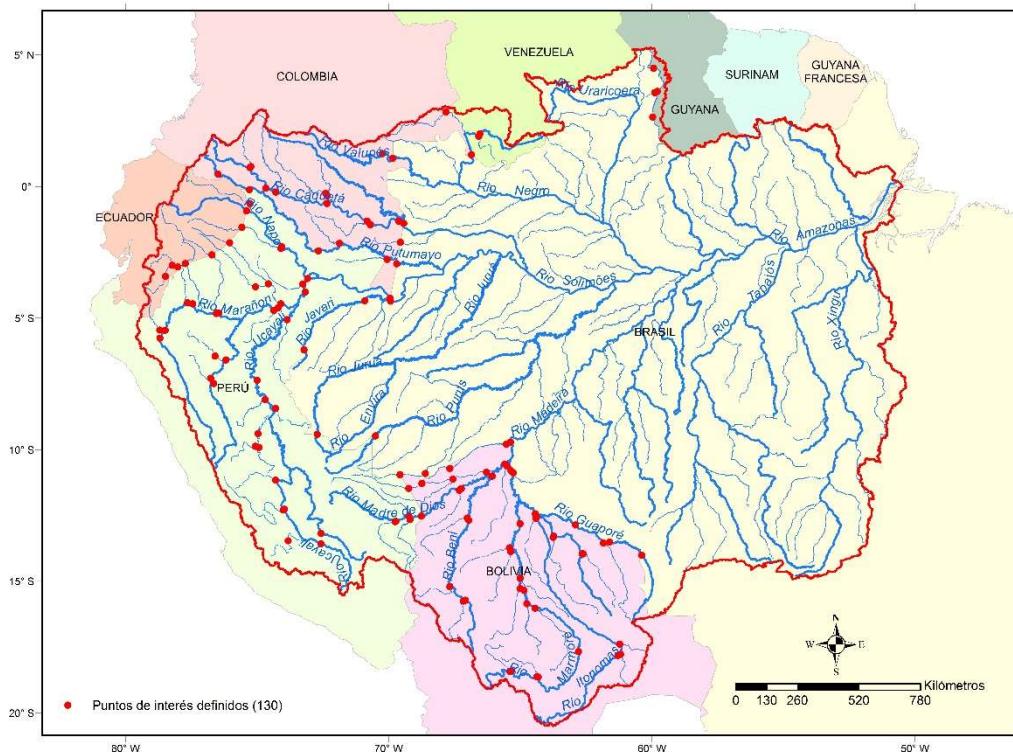


Figura 15: Distribución espacial de los puntos de interés de la RHA tras la etapa de ajuste.

**f) Inclusión de las estaciones previstas en el plan de la Red Nacional de Referencia
–RNHR- brasilera, localizadas en la cuenca Amazónica**

La etapa siguiente fue la incorporación de estaciones de RHNR localizadas en el Amazonas brasileño. Del conjunto puntos de la RHNR planeados para el Amazonas brasileño han sido seleccionados aquellos cuyos intereses estaban atribuidos al objetivo del balance hídrico y cuya área de drenaje fuese igual o superior a 10.000 km². Adicionalmente han sido incorporados también los puntos de frontera internacional previstos en el planeamiento de la RHNR y área de drenaje igual o superior 10.000 Km².

La **Figura 16** presenta el diseño de la RHA para toda la cuenca amazónica.

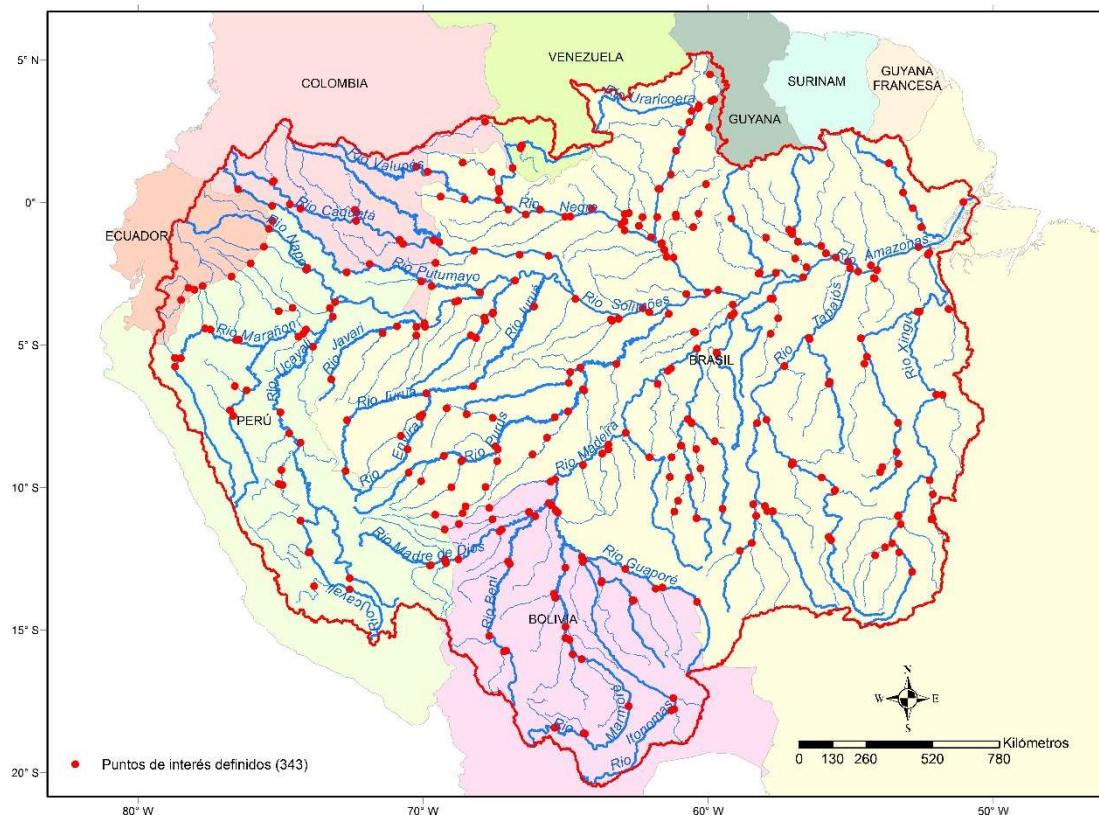


Figura 16: Diseño final de la Red Hidrológica Amazónica.

g) Definición de niveles de implementación

La última etapa del planeamiento y diseño de la RHA consistió en la definición de 2 Fases de implementación, que son:

Fase 1 – Adaptación de las instalaciones y de las reglas de operación de las estaciones existentes localizadas en puntos de interés (medio plazo);

Fase 2 – Instalación de los puntos de interés sin estaciones existentes (largo plazo).

Inicialmente el proyecto de implementación de la RHA propone aprovechar las estaciones existentes en los diversos países que componen la cuenca amazónica como un punto de partida para la configuración de la RHA. Esas estaciones, sin embargo, mirando a la composición de conjunto armónico en términos de instalaciones y operaciones deberán seguir un protocolo para adaptación de las estructuras y del *modus operandi* existente de manera a proveer datos estandarizados y rastreables.

Adicionalmente, serán definidos para los procedimientos de medición etapas de control y garantía de la calidad de los datos conseguidos en toda la cuenca.

En la fase 2, los puntos de interés indicados con cumplimiento de los objetivos propuestos deberán ser objeto de análisis más minuciosas por parte de los países para verificaciones pertinentes, incluso visitas *in loco* para la microlocalización de los puntos.

En el planeamiento han sido consideradas implementadas las estaciones de la RHNR brasilera implementadas hasta 2019 y las seis estaciones del Proyecto Piloto. Vale la pena registrar que el proceso de implementación de estaciones de la RHNR brasilera es continuo, lo que lleva a un aumento anual de más estaciones.

La **Figura 17** presenta la distribución de los puntos de interés por fase de implementación.

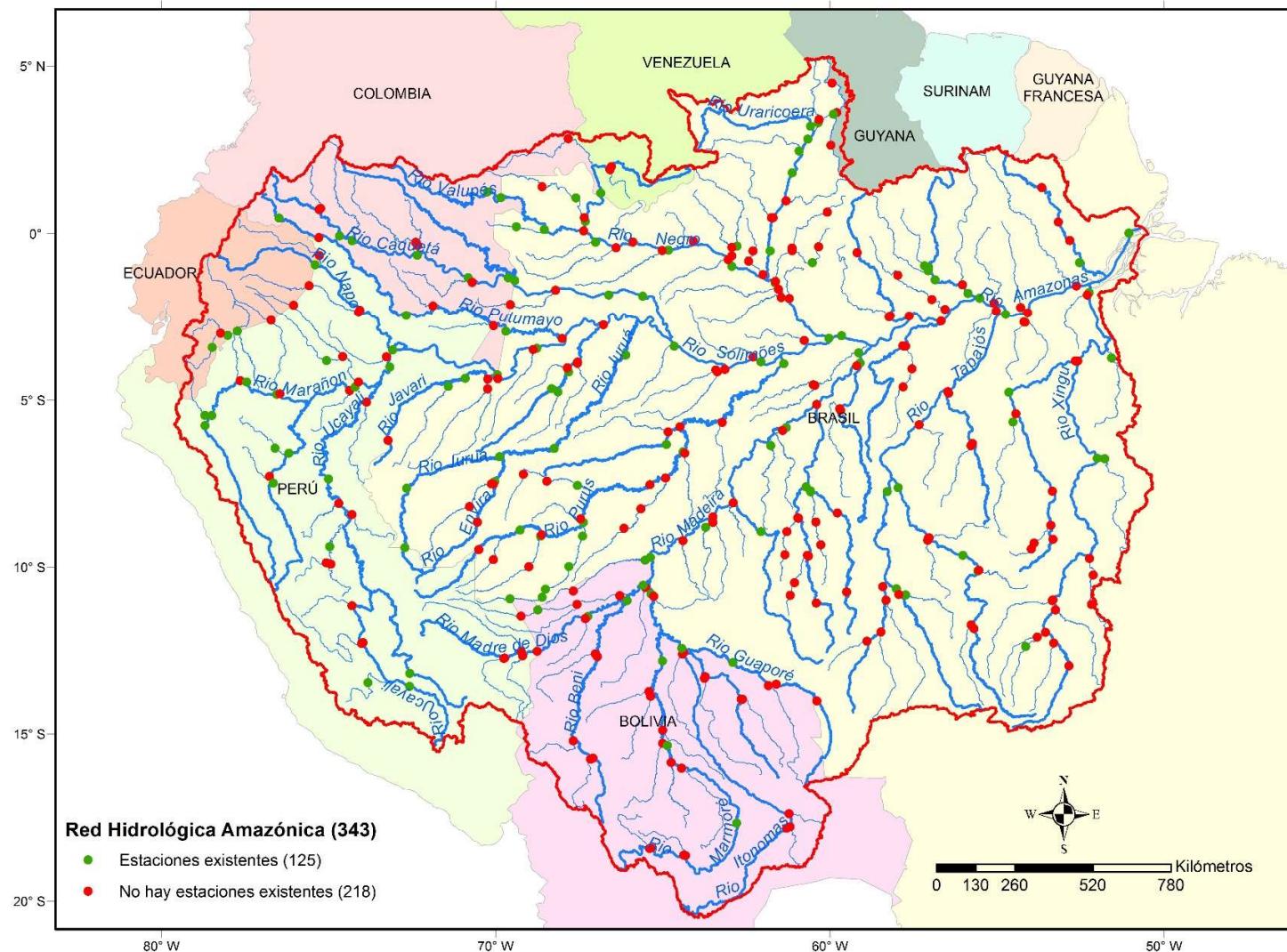


Figura 17: Fases de implementación de la RHA. Fase 1, puntos con estaciones existentes; Fase 2, puntos sin estaciones existentes.

3.5 RESULTADOS

3.5.1 Visión General

Con la aplicación de la metodología descrita fue posible establecer un diseño para la RHA con un número total de 343 puestos de monitoreo. De ese monto, 33 puntos de interés ya pueden ser considerados implantados y 92 puntos de interés ya existen requiriendo adaptaciones de las instalaciones y del *modus operandi* existente para estar en consonancia con las directrices propuestas para la RHA. Así, para la Fase 1 de implementación que considera el aprovechamiento de las estaciones ya existentes en la región, el número de estaciones es de 125. Para la Fase 2, están planeados 218 puntos de interés establecidos en macrolocalización y que requieren evaluaciones más precisas posteriormente para su implementación (**Figura 18**).

El **Cuadro** presenta los detalles del número de estaciones previsto para cada país, por fase de implementación, así como indica las estaciones localizadas en fronteras entre países y que requieren un tratamiento peculiar en torno de su operación que preferencialmente debe ser cooperativa entre los países involucrados.



Figura 18: Visión general de la etapa de implementación de la RHA.

Cuadro 9: Número de estaciones de la RHA por país responsable y fase de implementación.

Responsable	Fase 1	Fase 2	Total
Bolivia	7	29	36
Brasil	74	139	213
Colombia	5	6	11
Ecuador	1	1	2
Perú	17	21	38
Venezuela	0	2	2
Bolivia, Brasil	3	1	4
Colombia, Brasil	7	4	11
Colombia, Ecuador	1	-	1
Colombia, Ecuador, Perú	0	1	1
Colombia, Venezuela	0	1	1
Colombia, Venezuela, Brasil	1	-	1
Ecuador, Perú	3	4	7
Guyana, Brasil	1	3	4
Perú, Bolivia	0	2	2
Perú, Bolivia, Brasil	1	-	1
Perú, Brasil	2	3	5
Perú, Colombia	1	1	2
Perú, Colombia, Brasil	1	-	1
Total General	125	218	343

3.5.2 Resultados por País

A seguir se presentan los resultados del diseño de la RHA individualizados por país.

- **BOLIVIA**

El planeamiento de la RHA estima la implementación de 49 estaciones en territorio boliviano (**Figura 19**), siendo que 13 de ellas están localizadas en las fronteras con Brasil y Perú. El **Cuadro 10** presenta el número de puntos de interés por fase de implementación. De las 14 estaciones existentes previstas para la Fase 1 de implementación de la RHA, 8 de ellas han sido consideradas implementadas y 6 necesitan de ajustes en sus estructuras físicas y reglas operacionales (**Cuadro 5**).

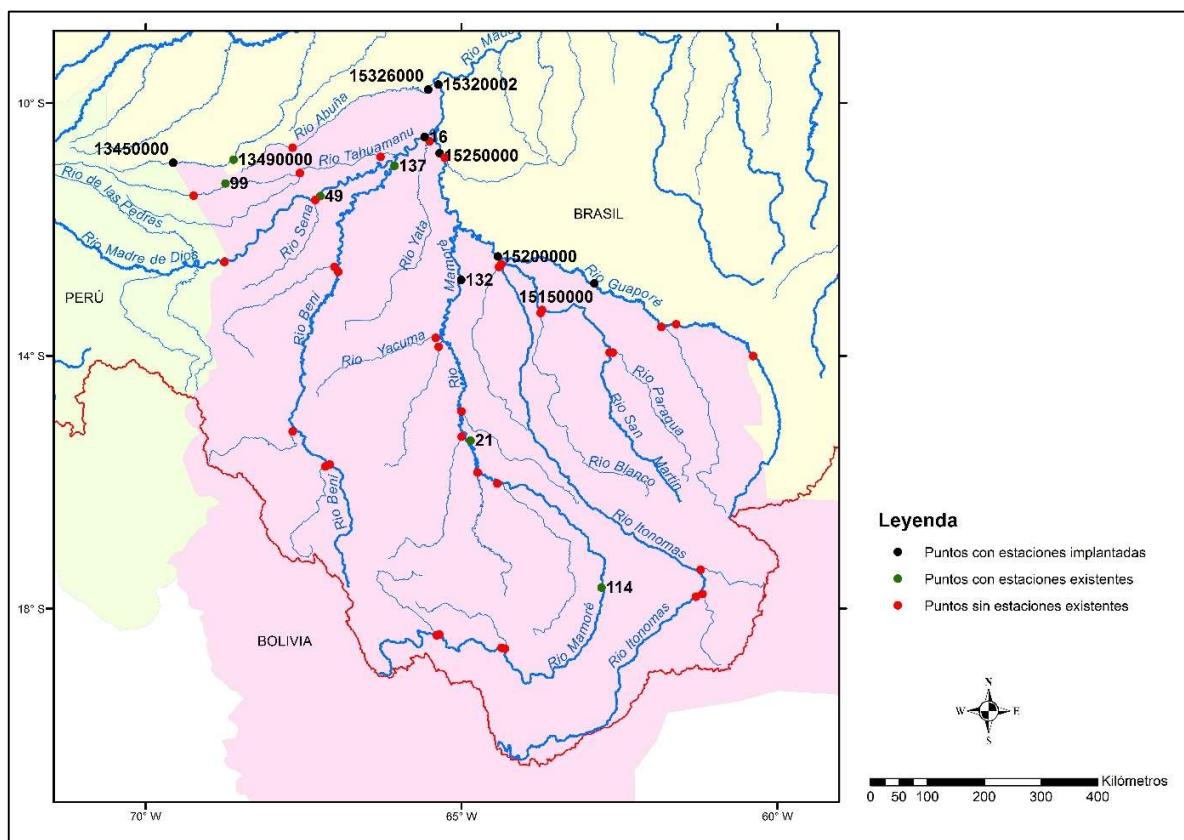


Figura 19: Diseño de la RHA en territorio Boliviano.

Cuadro 10: Número de puntos de interés por fase de implementación (Bolivia).

Responsables	Fase 1	Fase 2	Total
Bolivia	7	29	36
Bolivia, Brasil	6	4	10
Perú, Bolivia	-	2	2
Perú, Bolivia, Brasil	1	-	1
Total	14	35	49

Cuadro 51: Relación de las estaciones existentes (Bolivia).

CÓDIGO	ESTACIÓN	RESPONSABLES	OPERADOR	SITUACIÓN
16	CACHUELA ESPERANZA	Bolivia	Bolivia	Considerada implementada
21	CAMIACO	Bolivia	Bolivia	Necesita ajustes
49	EL SENA	Bolivia	Bolivia	Necesita ajustes
99	PORVENIR	Bolivia	Bolivia	Necesita ajustes
114	PUENTE PAILAS - GPRS	Bolivia	Bolivia	Necesita ajustes
132	PUERTO SILES	Bolivia	Bolivia	Considerada implementada
137	RIBERALTA	Bolivia	Bolivia	Necesita ajustes
13490000	EPITACIOLÂNDIA (Colônia São Bento)	Bolivia, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
15150000	PEDRAS NEGRAS	Bolivia, Brasil	Brasil	Considerada implementada
15200000	PRINCIPE de la BEIRA	Bolivia, Brasil	Brasil	Considerada implementada
15250000	GUAJARÁ-MIRIM	Bolivia, Brasil	Brasil	Considerada implementada
15320002	ABUNÃ	Bolivia, Brasil	Brasil	Considerada implementada
15326000	MORADA NOVA - JUSANTE	Bolivia, Brasil	Brasil	Considerada implementada
13450000	ASSIS BRASIL	Perú, Bolivia, Brasil	Brasil	Considerada implementada

- BRASIL

El planeamiento de la RHA estima la implementación de 240 estaciones en territorio brasileiro (**Figura 20**), siendo que 27 de ellas están localizadas en las fronteras con Bolivia, Perú, Colombia, Venezuela y Guyana. El **Cuadro 6** presenta el número de puntos de interés por fase de implementación. De las 90 estaciones existentes previstas para la Fase 1 de implementación de la RHA, 28 de ellas han sido consideradas implementadas y 62 necesitan de ajustes en sus estructuras físicas y reglas operacionales (**Cuadro 7**).

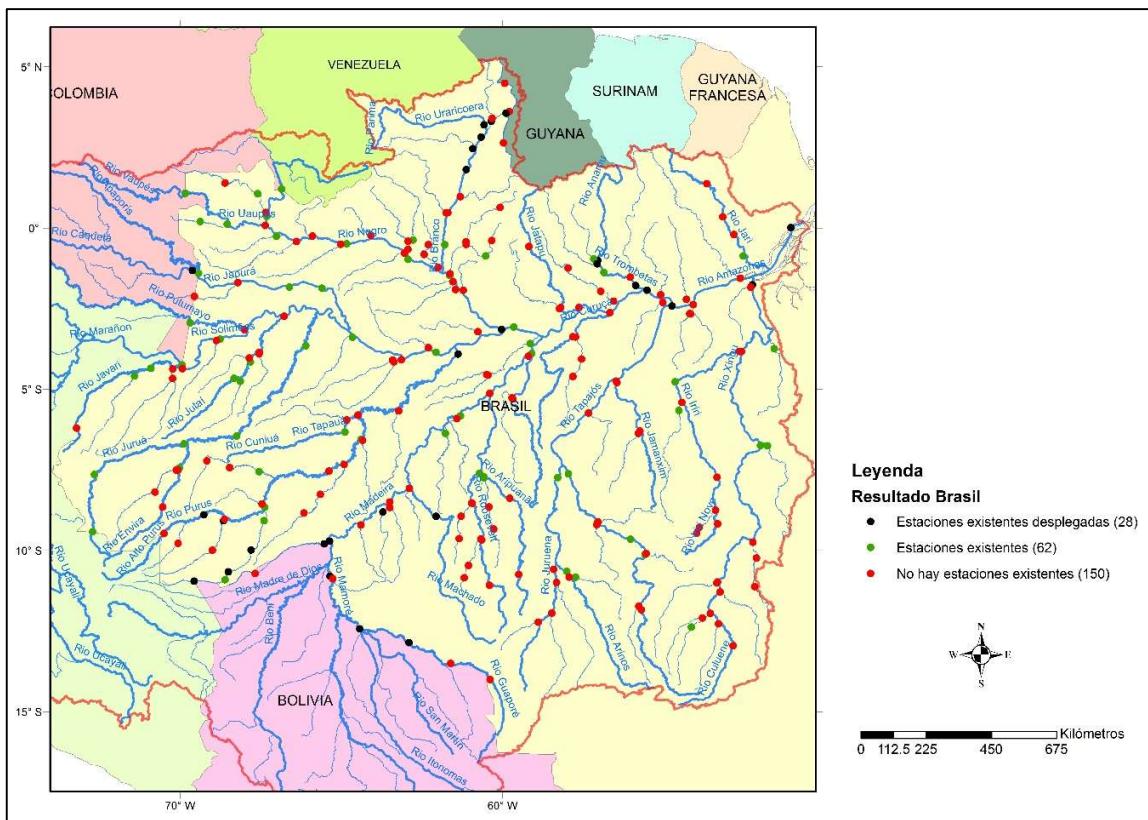


Figura 20: Diseño de la RHA en territorio brasileiro.

Cuadro 6: Número de puntos de interés por fase de implementación (Brasil).

Responsables	Fase 1	Fase 2	Total
Bolivia, Brasil	6	4	10
Brasil	74	139	213
Colombia, Brasil	4	1	5
Colombia, Venezuela, Brasil	1	-	1
Guyana, Brasil	1	3	4
Perú, Bolivia, Brasil	1	-	1
Perú, Brasil	2	3	5
Perú, Colombia, Brasil	1	-	1
Total	90	150	240

Cuadro 7: Relación de las estaciones existentes (Brasil).

CÓDIGO	ESTACIÓN	RESPONSABLES	OPERADOR	SITUACIÓN
10300000	SANTA MARIA/FLORES	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
11400000	SÃO PAULO DE OLIVENÇA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12100000	COLOCALIZACIÓN CAXIAS NUEVO	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12180000	TANIBUCA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12210000	BARREIRA ALTA NOVA (MAROÁ)	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12500000	CRUZEIRO del SUL	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12550000	EIRUNEPÉ - MONTANTE	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12680000	ENVIRA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12700000	SANTOS DUMONT	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12842000	FORTE de las GRAÇAS	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12850000	ACANAUI	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12872000	MARAÃ	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12900002	TEFÉ - MISSÕES-TELEMÉTRICA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
13155000	CODAJÁS	Brasil	Brasil	Necesita ajustes

CÓDIGO	ESTACIÓN	RESPONSABLES	OPERADOR	SITUACIÓN
13180000	MANOEL URBANO	Brasil	Brasil	Considerada implementada
13310000	SENA MADUREIRA	Brasil	Brasil	Considerada implementada
13550000	XAPURI	Brasil	Brasil	Considerada implementada
13600002	RIO BRANCO	Brasil	Brasil	Considerada implementada
13650000	FLORIANO PEIXOTO	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
13710001	VALPARAÍSO - MONTANTE	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
13740000	FAZENDA BORANGABA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
13880000	CANUTAMA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
13886000	BACABA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
13990000	BERURI	Brasil	Brasil	Considerada implementada
14230000	MISSÃO IÇANA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14250000	SÃO FELIPE	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14280001	TARAQUÁ	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14310000	CUNURI	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14350000	JUSANTE de la CACHOEIRA del CAJU	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14420000	SERRINHA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14452000	SAMAUMA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14480002	BARCELOS	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14515000	FAZENDA PASSARÃO	Brasil	Brasil	Considerada implementada
14528000	FAZENDA PARAÍSO	Brasil	Brasil	Considerada implementada
14620000	BOA VISTA	Brasil	Brasil	Considerada implementada
14690000	MUCAJAI	Brasil	Brasil	Considerada implementada
14710000	CARACARAÍ	Brasil	Brasil	Considerada implementada
14790000	SANTA MARIA del BOIAÇU	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14840000	MOURA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14850000	BASE ALALAÚ	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14990000	MANAOS	Brasil	Brasil	Considerada implementada
15030000	JATUARANA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes

CÓDIGO	ESTACIÓN	RESPONSABLES	OPERADOR	SITUACIÓN
15035000	AUTAZES	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
15550000	SANTA ISABEL	Brasil	Brasil	Considerada implementada
15580000	TABAJARA	Brasil	Brasil	Considerada implementada
15670000	NOVA ESPERANÇA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
15700000	MANICORÉ	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
15795000	LEONTINO	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
15800000	BOCA del GUARIBA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
15828000	FAZENDA BOA LEMBRANÇA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
15940000	NOVA OLINDA del NORTE	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
16430000	GARGANTA	Brasil	Brasil	Considerada implementada
16440000	ALDEIA del CHAPÉU	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
16460000	CARAMUJO	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
16500000	ESTIRÃO de la ANGÉLICA	Brasil	Brasil	Considerada implementada
16590000	TABULEIRO - REBIO TROMBETAS	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
16900000	ORIXIMINÁ	Brasil	Brasil	Considerada implementada
17050001	ÓBIDOS	Brasil	Brasil	Considerada implementada
17122000	RIO de los PEIXES	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
17123000	RIO ARINOS	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
17130000	FOZ del JURUENA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
17340000	INDECO	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
17380000	JUSANTE FOZ PEIXOTO DE AZEVEDO	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
17420000	TRES MARIAS	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
17900000	SANTARÉM	Brasil	Brasil	Considerada implementada
18421000	FOZ RONURO	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
18460000	BOA SORTE	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
18500000	BOA ESPERANÇA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
18650000	CAJUEIRO	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
18670000	IRIRI I-7	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
18880000	FAZENDA CIPAUBA	Brasil	Brasil	Necesita ajustes

CÓDIGO	ESTACIÓN	RESPONSABLES	OPERADOR	SITUACIÓN
18950003	PORTO DE MOZ	Brasil	Brasil	Considerada implementada
19152500	LARANJAL del JARI	Brasil	Brasil	Necesita ajustes
19500000	MACAPÁ	Brasil	Brasil	Considerada implementada
14527000	PONTE del TACUTU	Guyana, Brasil	Brasil	Considerada implementada
10500000	ESTIRÃO del REPOUSO	Perú, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12360000	FOZ del BREU	Perú, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
13490000	EPITACIOLÂNDIA (Colônia São Bento)	Bolivia, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
15150000	PEDRAS NEGRAS	Bolivia, Brasil	Brasil	Considerada implementada
15200000	PRÍNCIPE de la BEIRA	Bolivia, Brasil	Brasil	Considerada implementada
15250000	GUAJARÁ-MIRIM	Bolivia, Brasil	Brasil	Considerada implementada
15320002	ABUNÃ	Bolivia, Brasil	Brasil	Considerada implementada
15326000	MORADA NOVA - JUSANTE	Bolivia, Brasil	Brasil	Considerada implementada
13450000	ASSIS BRASIL	Perú, Bolivia, Brasil	Brasil	Considerada implementada
10100001	TABATINGA-TELEMÉTRICA	Perú, Colombia, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14110000	CUCUÍ	Colombia, Venezuela, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
11444900	IPIRANGA NUEVO	Colombia, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12845000	VILA BITTENCOURT	Colombia, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14010000	QUERARI	Colombia, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
44197020	VILLARREAL	Colombia, Brasil	Colombia	Considerada implementada

- COLOMBIA

El planeamiento de la RHA estima la implementación de 23 estaciones en territorio colombiano (**Figura 21**), siendo que 12 de ellas están localizadas en las fronteras con el Brasil, Ecuador, Perú y Venezuela. El **Cuadro 8** presenta el número de puntos de interés por fase de implementación. De las 13 estaciones existentes previstas para la Fase 1 de implementación de la RHA, 02 de ellas han sido consideradas implementadas y 11 necesitan de ajustes en sus estructuras físicas y reglas operacionales (**Cuadro 9**).

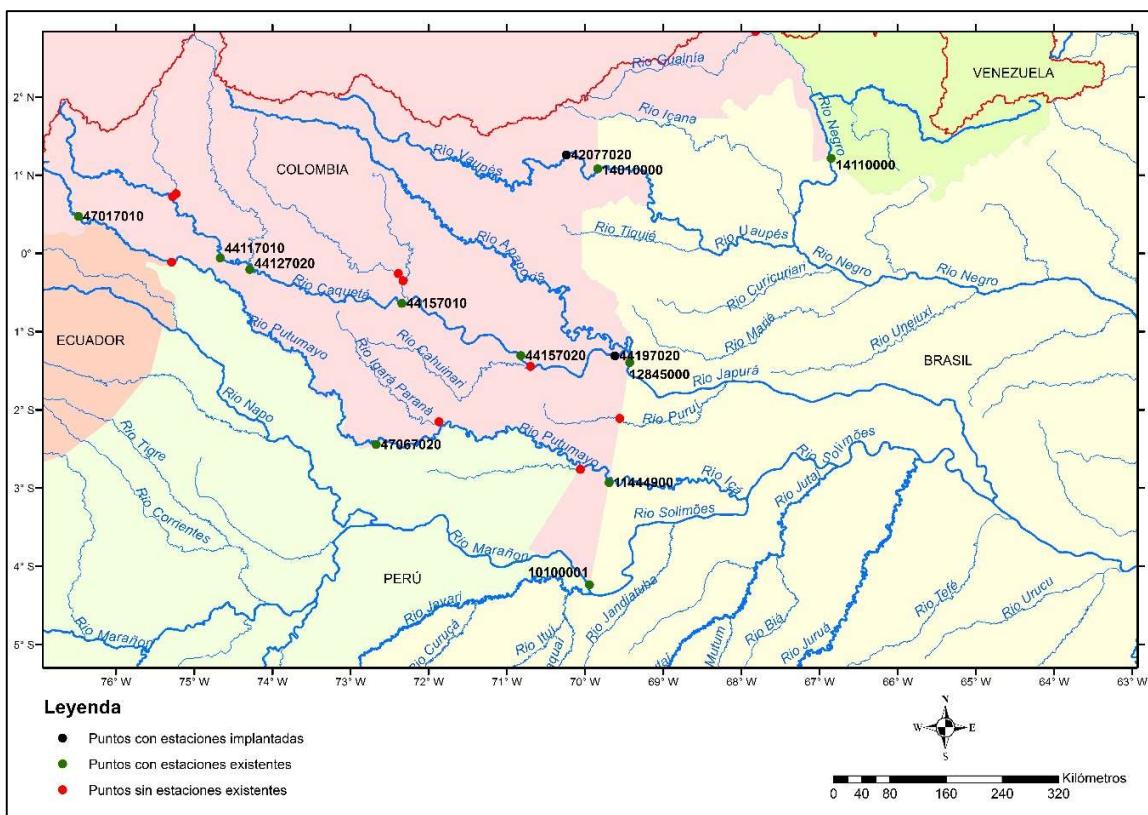


Figura 21: Diseño de la RHA en territorio colombiano.

Cuadro 8: Número de puntos de interés por fase de implementación (Colombia).

Responsables	Fase 1	Fase 2	Total
Colombia	5	6	11
Colombia, Brasil	4	1	5
Colombia, Ecuador	1	-	1
Colombia, Ecuador, Perú	-	1	1
Colombia, Venezuela	-	1	1
Colombia, Venezuela, Brasil	1	-	1
Perú, Colombia	1	1	2
Perú, Colombia, Brasil	1	-	1
Total	13	10	23

Cuadro 9: Relación de las estaciones existentes (Colombia).

CÓDIGO	ESTACIÓN	RESPONSABLES	OPERADOR	SITUACIÓN
42077020	MITU - AUT	Colombia	Colombia	Considerada implementada
44117010	TAGUA LA	Colombia	Colombia	Necesita ajustes
44127020	UMANCIA	Colombia	Colombia	Necesita ajustes
44157010	MERCEDES LAS	Colombia	Colombia	Necesita ajustes
44157020	MIRANAS LAS	Colombia	Colombia	Necesita ajustes
10100001	TABATINGA-TELEMÉTRICA	Perú, Colombia, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14110000	CUCUÍ	Colombia, Venezuela, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
47067020	ESTRECHO-MARANDUA	Perú, Colombia	Colombia	Necesita ajustes
11444900	IPIRANGA NUEVO	Colombia, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12845000	VILA BITTENCOURT	Colombia, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
14010000	QUERARI	Colombia, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
44197020	VILLARREAL	Colombia, Brasil	Colombia	Considerada implementada
47017010	MUELLE EL	Colombia, Ecuador	Colombia	Necesita ajustes

- ECUADOR

El planeamiento de la RHA estima la implementación de 11 estaciones en territorio ecuatoriano (**Figura 22**), siendo que 09 de ellas están localizadas en las fronteras con Perú y Colombia. El **Cuadro 10** presenta el número de puntos de interés por fase de implementación. De las 05 estaciones existentes previstas para la Fase 1 de implementación de la RHA necesitan de ajustes en sus estructuras físicas y reglas operacionales (**Cuadro 11**).

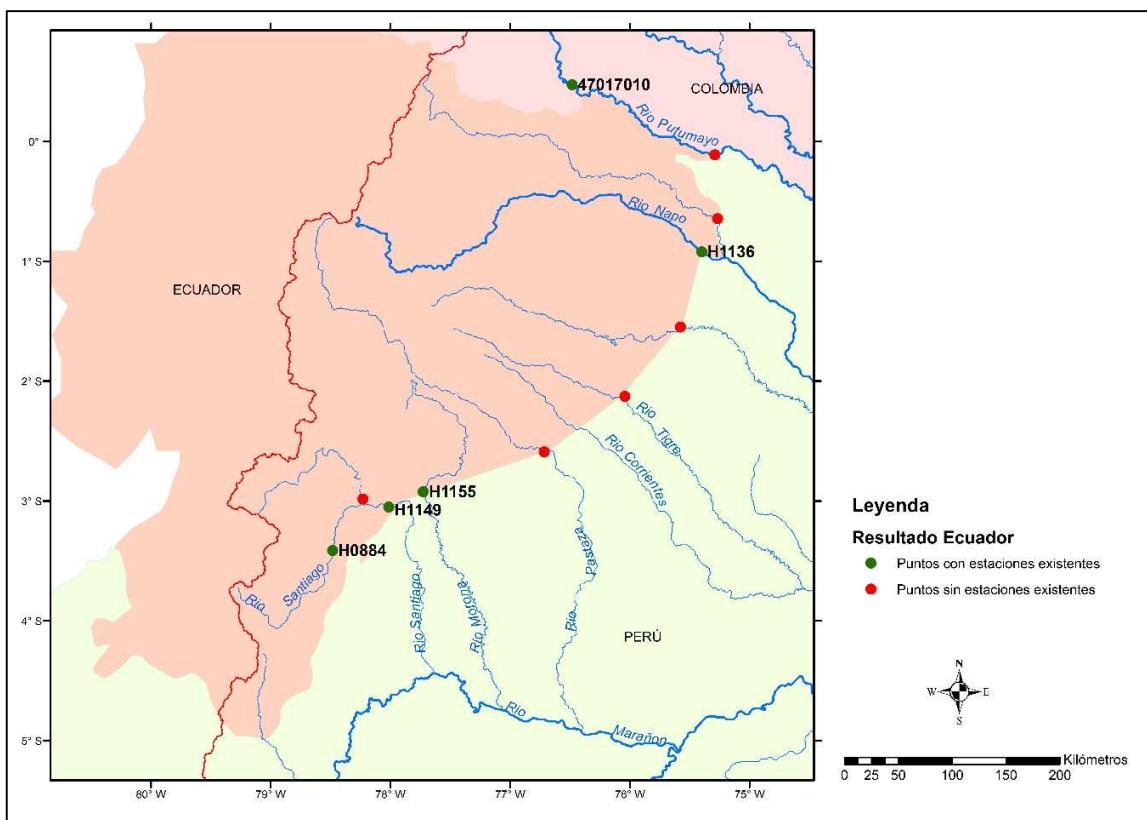


Figura 22: Diseño de la RHA en territorio ecuatoriano.

Cuadro 10: Número de puntos de interés por fase de implementación (Ecuador).

Responsables	Fase 1	Fase 2	Total
Colombia, Ecuador	1	-	1
Colombia, Ecuador, Perú	-	1	1
Ecuador	1	1	2
Ecuador, Perú	3	4	7
Total	5	6	11

Cuadro 11: Relación de las estaciones existentes (Ecuador).

CÓDIGO	ESTACIÓN	RESPONSABLES	OPERADOR	SITUACIÓN
H0884	ZAMORA A.J. BOMBOIZA	Ecuador	Ecuador	Necesita ajustes
H1136	NAPO EN NUEVO ROCAFUERTE	Ecuador, Perú	Ecuador	Necesita ajustes
H1149	SANTIAGO EN BATAL. SANTIAGO	Ecuador, Perú	Ecuador	Necesita ajustes
H1155	MORONA EN PTO MORONA	Ecuador, Perú	Ecuador	Necesita ajustes
47017010	MUELLE EL	Colombia, Ecuador	Colombia	Necesita ajustes

- **GUYANA**

El planeamiento de la RHA estima la implementación de 4 estaciones en territorio de la Guyana (**Figura 23**), siendo todas ellas localizadas en la frontera con el Brasil. El **Cuadro 12** presenta el número de puntos de interés por fase de implementación. Existe solamente una estación prevista para la Fase 1 de implementación de la RHA, la cual ya fue implementada por la RHNR brasileña (**Cuadro 13**).

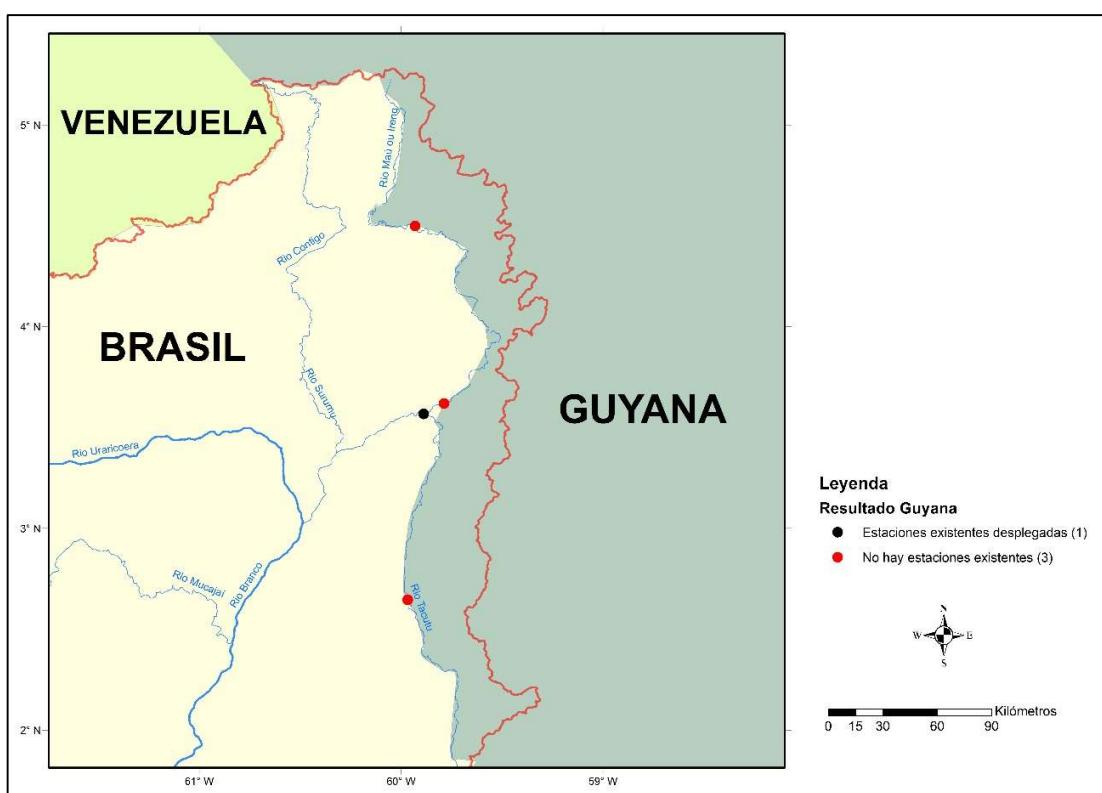


Figura 23: Diseño de la RHA en territorio de la Guyana.

Cuadro 12: Número de puntos de interés por fase de implementación (Guyana).

Responsables	Fase 1	Fase 2	Total
Guyana, Brasil	1	3	4
Total	1	3	4

Cuadro 13: Estación existente (Guyana).

CÓDIGO	ESTACIÓN	RESPONSABLES	OPERADOR	SITUACIÓN
14527000	PONTE do TACUTU	Guyana, Brasil	Brasil	Considerada implementada

- **PERÚ**

El planeamiento de la RHA estima la implementación de 57 estaciones en territorio peruano (**Figura 24**), siendo que 19 de ellas están localizadas en las fronteras con Colombia, Ecuador, Brasil y Bolivia. El **Cuadro 14** presenta el número de puntos de interés por fase de implementación. De las 25 estaciones existentes previstas para la Fase 1 de implementación de la RHA, 03 de ellas han sido consideradas implementadas y 22 necesitan de ajustes en sus estructuras físicas y reglas operacionales (**Cuadro 15**).

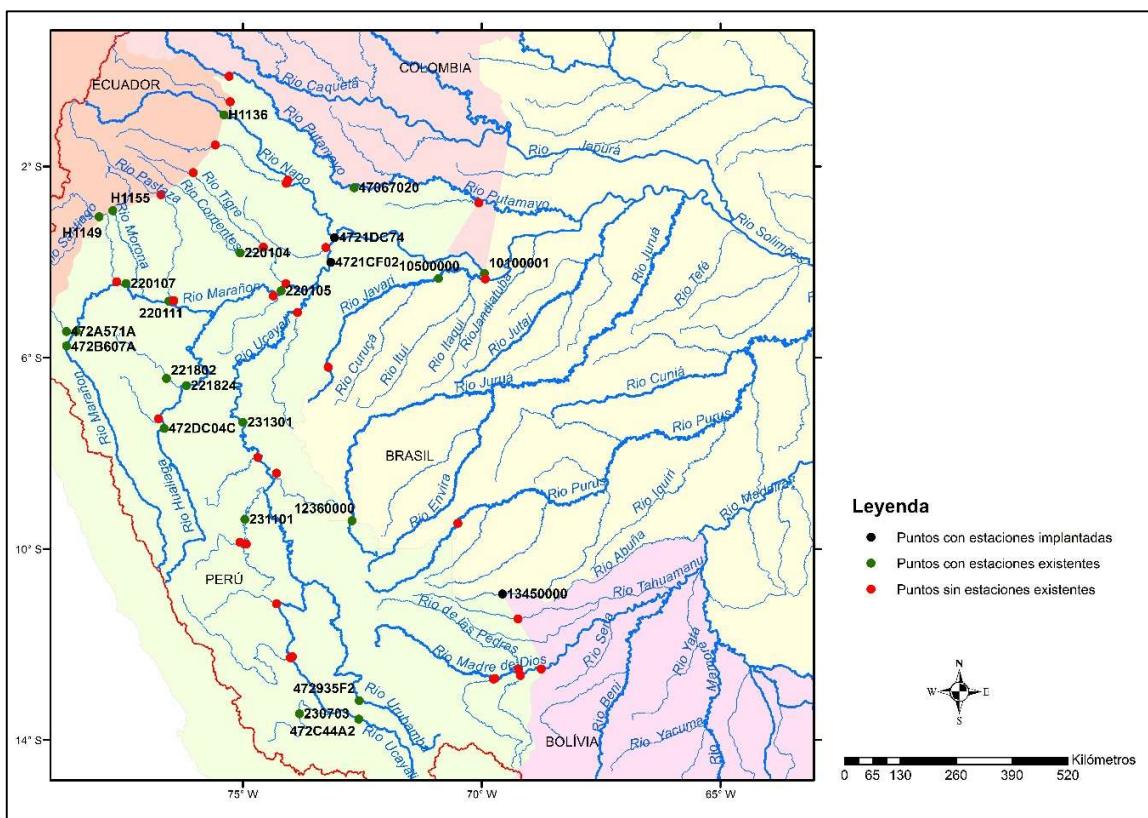


Figura 24: Diseño de la RHA en territorio peruano.

Cuadro 14: Número de puntos de interés por fase de implementación (Perú).

Responsables	Fase 1	Fase 2	Total
Colombia, Ecuador, Perú		1	1
Ecuador, Perú	3	4	7
Perú	17	21	38
Perú, Bolivia		2	2
Perú, Bolivia, Brasil	1		1
Perú, Brasil	2	3	5
Perú, Colombia	1	1	2
Perú, Colombia, Brasil	1		1
Total	25	32	57

Cuadro 15: Relación de las estaciones existentes (Perú).

CÓDIGO	ESTACIÓN	RESPONSABLES	OPERADOR	SITUACIÓN
H1136	NAPO EN NUEVO ROCAFUERTE	Ecuador, Perú	Ecuador	Necesita ajustes
H1149	SANTIAGO EN BATAL. SANTIAGO	Ecuador, Perú	Ecuador	Necesita ajustes
H1155	MORONA EN PTO MORONA	Ecuador, Perú	Ecuador	Necesita ajustes
220104	TROMPETEROS	Perú	Perú	Necesita ajustes
220105	SAN REGIS	Perú	Perú	Necesita ajustes
220107	BORJA	Perú	Perú	Necesita ajustes
220111	SAN LORENZO	Perú	Perú	Necesita ajustes
221802	SHANAO	Perú	Perú	Necesita ajustes
221824	CHAZUTA	Perú	Perú	Necesita ajustes
230703	PUENTE PAMPAS	Perú	Perú	Necesita ajustes
231101	PUERTO INCA	Perú	Perú	Necesita ajustes
231301	CONTAMANA	Perú	Perú	Necesita ajustes
4721CF02	TAMSHIYACU	Perú	Perú	Considerada implementada
4721DC74	MAZAN	Perú	Perú	Considerada implementada
472935F2	INTIHUATANA H	Perú	Perú	Necesita ajustes
472A571A	HUALLAPE	Perú	Perú	Necesita ajustes
472B55E0	PUENTE SALINAS AMOJAO	Perú	Perú	Necesita ajustes
472B607A	CORRAL QUEMADO	Perú	Perú	Necesita ajustes
472C44A2	PUENTE CUNYA	Perú	Perú	Necesita ajustes
472DC04C	CAMPANILLA	Perú	Perú	Necesita ajustes
10500000	ESTIRÃO del REPOUSO	Perú, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
12360000	FOZ del BREU	Perú, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
13450000	ASSIS BRASIL	Perú, Bolivia, Brasil	Brasil	Considerada implementada
10100001	TABATINGA-TELEMÉTRICA	Perú, Colombia, Brasil	Brasil	Necesita ajustes
47067020	ESTRECHO-MARANDUA	Perú, Colombia	Colombia	Necesita ajustes

- **SURINAM**

La planificación de la RHA no prevé puntos de monitoreo en el territorio del Surinam, una vez que su territorio no posee drenaje contribuyente para la Cuenca Hidrográfica Amazónica.

- **VENEZUELA**

El planeamiento de la RHA estima la implementación de 4 estaciones en territorio venezolano (**Figura 25**), siendo que 2 de ellas están localizadas en las fronteras con Brasil y Colombia. El **Cuadro 16** presenta el número de puntos de interés por fase de implementación. Existe solamente una estación prevista para la Fase 1 de implementación de la RHA, la cual ya fue implementada por la RHNR brasilera (**Cuadro 17**).

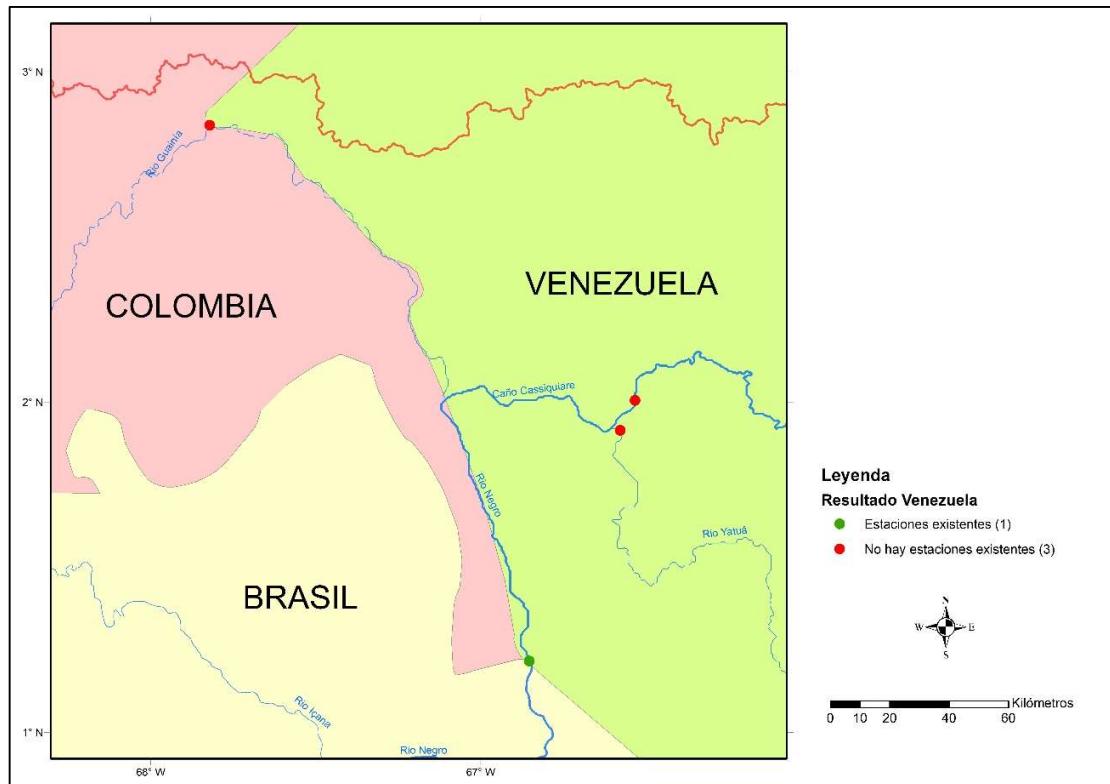


Figura 25: Diseño de la RHA en territorio venezolano.

Cuadro 16: Número de puntos de interés por fase de implementación (Venezuela).

Responsables	Fase 1	Fase 2	Total
Colombia, Venezuela	-	1	1
Colombia, Venezuela, Brasil	1	-	1
Venezuela	-	2	2
Total	1	3	4

Cuadro 17: Estación existente (Venezuela).

CÓDIGO	ESTACIÓN	RESPONSABLES	OPERADOR	SITUACIÓN
14110000	CUCUÍ	Colombia, Venezuela, Brasil	Brasil	Necesita ajustes

4. ESTRATEGIA GENERAL PARA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DEL MONITOREO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA AMAZÓNICA

4.1 PREMISAS

La estrategia para lograr la efectiva implementación y operación de la red de monitoreo amazónico reside en aproximaciones sucesivas y constantes para alcanzar sus objetivos. Así, no se espera que toda la estructura necesaria esté integralmente disponible, al contrario, el proceso esperado es de continua mejora y ampliación en dirección a suficiencia de soporte a las necesidades de GIRH en la cuenca amazónica, es decir, el abordaje debe ser gradual respetando las soberanías y la asimetría existente en los diversos países componentes de la cuenca. La metodología usada para el planeamiento de la RHA permite el perfeccionamiento de la red a lo largo del tiempo con la definición y adición de nuevos objetivos para que sean alcanzados además de los inicialmente definidos, que son, el monitoreo fronterizo y el análisis de los volúmenes drenados en la cuenca. Esos objetivos son fundamentales en la medida en que proporcionan las informaciones primarias necesarias para promocionar el alcance de otros objetivos evidentemente que dependen de la hidrometría de flujos, como la evaluación de la calidad de las aguas, la medición de sedimentos, gestión de eventos críticos, evaluación de impactos de obras hidráulicas, entre otros, y de los que demandan disponibilidad de informaciones sobre transferencia entre países para proporcionar las acciones relacionadas a hidrodiplomacia.

Además, el proceso exige la actuación en diferentes frentes que van además de las cuestiones puramente técnicas como las que están situadas en el ámbito institucional y político. La OTCA es el órgano legítimo para coordinar la gestión del monitoreo hidrológico en el Amazonas, en conjunto con los países miembros, para encaminar las tratativas necesarias para la permanencia y efectividad de la RHA a lo largo del tiempo y facilitar los procesos que exigen el manejo de las dimensiones involucradas en esas tareas.

También es esencial que se disponga de fondos para el soporte financiero de la RHA que permita resolver las asimetrías y vacíos que restringen la consecución del pleno funcionamiento del proyecto. El Proyecto Amazonas proporcionó las bases para la implementación del monitoreo integrado de la Cuenca Amazónica ofreciendo los recursos

necesarios para la configuración de la RHA y de la Red de monitoreo de calidad del agua en la cuenca, sin embargo, su implementación y operación dependen de la continuidad de fuentes de financiación. En ese sentido, hay gestiones ya encaminadas para que el proceso prosiga dentro de las acciones planeadas por el GEF en el *Proyecto de Implementación del Programa de Acción Estratégica para garantizar la Gestión Integrada y Sostenible de los Recursos Hídricos Transfronterizos de la Cuenca Hidrográfica Amazónica considerando la Variabilidad y el Cambio Climático* (OTCA/UNEP/GEF, 2018).

También tenemos que considerar el papel elementar, decisivo y productivo de los *stakeholders* en ese proceso pues, sin el compromiso y la percepción de los tomadores de decisión sobre la importancia del manejo integrado de la cuenca, no se puede lograr un resultado amplio y seguro para la región amazónica.

Considerando todo lo expuesto anteriormente, podemos sintetizar que la implementación y operación del monitoreo en la Cuenca Hidrográfica Amazónica están fundamentadas en las siguientes premisas:

- a) Abordaje progresivo para la implementación del monitoreo en la cuenca Amazónica
- b) Gestión del Monitoreo Hidrológico Amazónico por la OTCA
- c) Soporte financiero del Proyecto Amazonas y GEF
- d) Compromiso de tomadores de decisión (nivel técnico y político)

4.2 LÍNEAS DE ACTUACIÓN PRIORITARIAS PARA IMPLEMENTACIÓN y OPERACIÓN del MONITOREO

Considerando las premisas ya listadas, las líneas de actuación prioritarias identificadas para la consecución en corto, medio y largo plazo de resultados residen en el perfeccionamiento de los siguientes temas: (a) Gobernanza, (b) Compromiso e Información, (c) Armonización Metodológica, (d) Desarrollo de Recursos Humanos, (e) Gestión de la Red de Monitoreo y (f) Manejo y Divulgación de los datos (**Figura 26**). Esos temas serán elaborados a seguir.

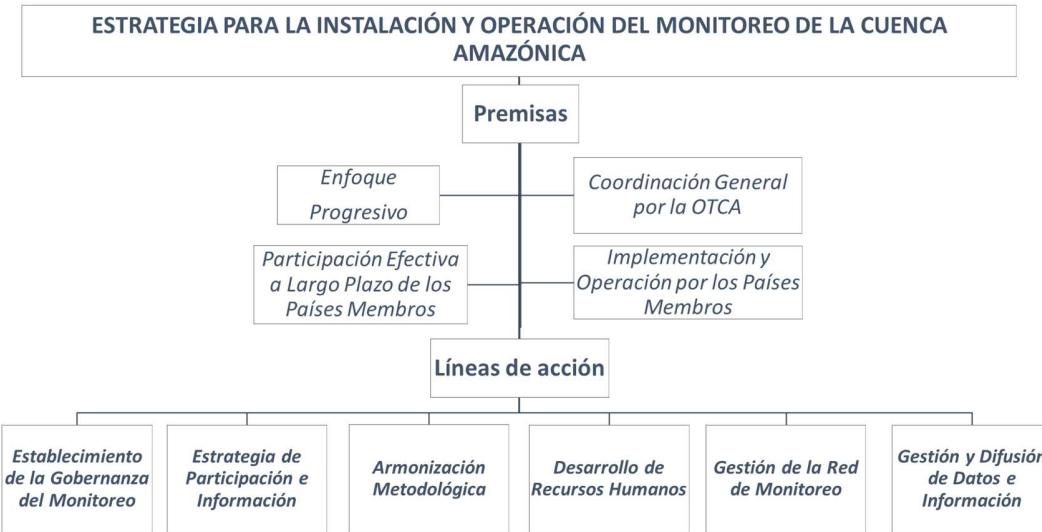


Figura 276: Plan estratégico para implementación de la Red Hidrológica Amazónica.

4.2.1 Gobernanza del Monitoreo de la Cuenca Hidrográfica Amazónica

Establecer la Gobernanza significa determinar los actores y sus papeles en lo referente a la gestión del monitoreo de la Cuenca Hidrográfica Amazónica. Eso exige el incluirse en compromiso permanente y, en lo que sea pertinente, equitativo de todas las partes para la ejecución de las actividades. La tarea es compleja por causa de la gran cantidad de países que son parte de la cuenca, sus asimetrías en lo que se refiere a estructuras internas para la gestión de recursos hídricos y los diferentes grados de participación efectiva y de interés en el establecimiento de un monitoreo en la cuenca amazónica.

Felizmente la cooperación entre los países para ese fin está facilitada por los mecanismos legales existentes, como es el caso del TCA, y por la existencia de un organismo de cuenca, la OTCA, que viene a ser el actor clave para la coordinación y facilitación de todo el proceso.

Evidentemente, la institución de un monitoreo en la cuenca es un proceso progresivo y así la Gobernanza implementada deberá acompañar el nivel de actividades y de las tareas de gestión, así como, la experiencia adquirida a lo largo del tiempo.

Un requisito elementar para la concretización de esa propuesta es equipar la OTCA con herramientas de gestión, particularmente de recursos humanos y estructura interna, para que pueda encabezar el proceso. Algunas tareas que se espera son: coordinación y papel consultivo para ayudar los Estados Miembros de la cuenca; función ejecutiva, es decir, todas las actividades directas de la organización (gestión de datos, sistemas de información, planeamiento y programación, etc.) y la función de control sobre la implementación del proyecto (rastreo de implementación).

A su vez, los países serán los responsables por la ejecución directa del monitoreo que involucra la implementación, operación y manutención de las estaciones; tratamiento preliminar de los datos y envío sistemático de los datos para publicación.

El conjunto de actividades y actores aquí descritos tiene carácter ejemplificativo y general una vez que la Gobernanza debe ser bien delimitada y consensuada entre los países.

4.2.2 Fomento al Compromiso e Información

Mantener el compromiso y la articulación de los países ribereños y sus gestores de forma a garantizar sus participaciones efectivas y permanentes son condiciones *sine qua non* para que la implementación y operación de una red de monitoreo hidrológico de la cuenca amazónica sea exitosa.

Los comprometidos necesitan tener claridad de la importancia de la iniciativa y de *feedback* de sus participaciones para el planeamiento, la toma de decisión y Gestión Integrada de Recursos Hídricos en los niveles local, nacional y transfronterizo y, con eso, asegurar la continuidad de la disponibilidad de informaciones para producción de series de datos hidrológicos. Temas intrínsecamente asociados con el monitoreo de la cuenca amazónica, como la GIRH y ODS, además de otros compromisos asumidos por los países, sirven como ejemplos de la conveniencia de la configuración de una red de monitoreo. En ese contexto, es de primordial importancia la sensibilización de los tomadores de decisión en los niveles técnico y político.

En el espectro de *stakeholders* hay que considerar la diplomacia formal que se da en el ámbito oficial de los actores con autoridades y mandato para hablar y tomar decisiones en nombre de los Gobiernos e instituciones, y también la diplomacia informal que abarca, entre otros actores, académicos, ONGs, empresas, los medios o individuos.

Bajo la premisa de abordaje gradual de la implementación de esa iniciativa, el compromiso y la articulación deben priorizar los países e instituciones adeptas y, a lo largo del tiempo, podrá ser realizada la inclusión de nuevos países hasta el compromiso integral de todas las partes. Además, las diferentes necesidades de información asociadas a la Gestión Integrada de Recursos Hídricos pueden ser introducidas gradualmente en el proyecto como calidad del agua, sedimentos, eventos críticos, entre otros.

Una de las estrategias de compromiso es la institución de mecanismos de aproximación permanente de gestores y tomadores de decisión por medio de reuniones periódicas, elaboración y divulgación de informes y listas de discusión etc. Además, es importante el fomento a la formación de Grupos de Trabajo, con la participación de representantes de los varios países, para la elaboración de directrices técnicas y metodológicas, evaluación de datos y producción de documentos informativos.

Ejemplos de temas para Grupos de Trabajo es Intercambio de datos, que tendría algunas funciones como intercambio de datos hidrometeorológicos, elaboración de informes anuales conjuntos, armonización de los protocolos de intercambio de informaciones (contenido y formato), resolución de discrepancias en los registros de flujo, establecimiento de protocolos gestión de eventos críticos, entre otros.

Igualmente, hay que establecer y promover la concertación de mecanismos de comunicación e intercambio de informaciones entre los países y el órgano de cuenca.

4.2.3 Armonización Metodológica

Es importante estandarizar los procedimientos en la gestión de la red de monitoreo hidrológico en la cuenca amazónica (implementación y operación), en vista de la necesidad de disminuir la heterogeneidad y errores en los datos y asegurar su comparabilidad y adecuación para la toma de decisiones objetivas en el GIRH.

Del mismo modo, la concertación de estándares que serán adoptados está relacionada con las diversas etapas de la gestión de la red de monitoreo. Así, la armonización de directrices para instalación, operación de la estación, tratamiento de los datos y publicación es el elemento clave para la obtención de datos cualificados.

En lo referente a instalación, es preciso estandarizar, en lo que sea posible, los criterios de microlocalización, tipos de equipamientos y de instalación. En la operación se debe buscar estándares de frecuencia de recolección de datos, de métodos de nivelación de limnímetros y de recolección de datos, así como el uso de equipamientos estándares en las mediciones de caudal, calidad del agua y sedimentos. El tratamiento preliminar de los datos y el envío deben ocurrir de acuerdo con criterios preestablecidos y la consistencia regional de los datos hecha bajo la supervisión de un grupo técnico consistido de dominio técnico existente en los países. El envío sistemático de datos para el órgano gestor del proyecto (OTCA) debe ser un compromiso acordado entre las partes, de manera que la publicación y análisis de datos esté disponible para todos.

La experiencia brasileña en la implementación de su Red Hidrológica Nacional de Referencia –RHNR– podrá servir de modelo para la adopción de estándares mínimos en el monitoreo hidrológico de la cuenca amazónica, evidentemente, que otras experiencias bien sucedidas en otros países también podrán ser usadas, lo que debe siempre ser garantizado es el consenso entre las partes involucradas.

Un punto que merece relieve es la cuestión de la operación de estaciones de frontera. Las cuestiones operacionales necesitan ser adecuadamente discutidas y articuladas para la garantía del suceso de estos puntos específicos de monitoreo.

4.2.4 Desarrollo de Recursos Humanos

Un sistema de monitoreo de cuenca hidrográfica requiere personal entrenado para ponerlo en operación. La existencia de asimetrías entre los países partes, así como, los conocimientos necesarios para la gestión de un sistema de monitoreo transfronterizo tornan necesaria la realización de entrenamientos específicos en el sentido de nivelar los conocimientos relacionados con la institución de estándares así como la introducción de

nuevos temas de monitoreo. Algunos ejemplos de capacitaciones necesarias son: capacitación directiva para instalación y operación estandarizada de las estaciones de la RHA, capacitación técnica para operación y manutención de PCD, capacitación en medición de caudal, capacitación en temas de QA y sedimentos y en cambios climáticos.

4.2.5 Gestión de la Red de Monitoreo

La gestión de la red de monitoreo de la cuenca amazónica es un proceso continuo y, por eso, requiere una estructura permanente para ejecución de las actividades requeridas. En ese sentido debe haber claridad entre los comprometidos que la participación en el proyecto exige que los recursos humanos designados por las partes estén disponibles en largo plazo para la ejecución del proyecto, una idea es que los países indiquen su personal y sus estructuras para llevar a cabo la iniciativa.

Otra característica de la gestión de la red de monitoreo de la cuenca amazónica propuesta es que a configuración de la red será realizada en aproximaciones sucesivas que van a marcar el perfeccionamiento de la red de acuerdo con el grado de adhesión de las partes y tiempo de elaboración del proyecto.

Es decir, como el monitoreo y la evaluación tienen múltiples finalidades, se recomienda un abordaje paso a paso para hacer el mejor uso de los recursos y conocimientos disponibles. Eso involucra identificar y concordar con prioridades de monitoreo y evaluación y, progresivamente, a partir de la evaluación general para evaluaciones más específicas y precisas.

La concertación de un plan de implementación de la Red Hidrológica Amazónica, con respectivo cronograma, es condición preliminar para el avance del proyecto y permitirá la evaluación del grado de adherencia en sus diversas etapas.

Así, el diseño de la red de monitoreo presentado, con objetivo de monitoreo fronterizo y de disponibilidad hídrica fuertemente relacionado a la generación de caudales y profundidad, debe ser visto como un punto de referencia inicial para una red futuramente más compleja en que está prevista su ampliación, en curto y medio plazo, para inserción de monitoreo de calidad del agua, sedimentos y evaluación de cambios climáticos. Ese

abordaje gradual de la implementación del monitoreo del Amazonas necesita ser considerado también en la construcción de la estructura de gobernanza del proyecto, es decir, en la medida que aumenta la complejidad de la red, nuevos actores precisan ser incorporados.

La red de monitoreo hidrológico proyectada prevé la adopción en una primera fase de estaciones ya existentes y en una segunda fase la implementación de estaciones nuevas con el fin de proveer los datos necesarios para el cálculo de disponibilidad hídrica y para el monitoreo de caudales en puntos de interés en fronteras. Ocurre que en las estaciones existentes el aprovechamiento de las series de registros (profundidades, caudales, calidad del agua etc.) ya disponibles precisan ser considerados y aprovechados para la generación de informaciones, o sea, es necesario realizar el análisis y la sistematización de banco de datos con informaciones oriundas de las estaciones existentes de la RHA. De igual manera, para perfeccionar la calidad de los datos hay que hacer el tratamiento de los datos hidrológicos existentes (ajustes de curvas de descarga, consistencia de datos regionales y completar vacíos). Ese trabajo puede llegar a ser una base preliminar de informaciones y, a partir de análisis hidrológicos, puede generar un panorama inicial de la cuenca a ser publicado.

El compromiso de los países comprometidos en operar de forma estandarizada y regular las estaciones existentes previstas de la red de monitoreo y, de igual modo, tornar disponible los datos recolectados, garantizará la continuidad de la construcción de series hidrológicas, su publicación y la elaboración de nuevas informaciones útiles al GIRH de la cuenca amazónica. Igualmente, la implementación de las nuevas estaciones previstas en el diseño de la red ampliará y perfeccionará la base de datos disponible.

A la medida de la configuración de nuevos estudios, la red inicial será ampliada para inclusión sucesiva de estaciones de medición de calidad del agua, sedimentos y monitoreo útil para evaluación de cambios climáticos.

4.2.6 Manejo y Divulgación de los Datos

En un contexto transfronterizo, un abordaje paso a paso significa evolucionar gradualmente de metas modestas para otras más ambiciosas en la dirección del perfeccionamiento del GIRH.

Abordajes graduales también ayudan a desarrollar el monitoreo en cuencas transfronterizas, que debe estar apoyado en un cuidadoso análisis de las necesidades de informaciones.

Para aguas transfronterizas, las informaciones iniciales, en general son inicialmente obtenidas a partir de sistemas nacionales de monitoreo (que son establecidos y gestionados por leyes y reglamentos nacionales, así como acuerdos internacionales) en vez de sistemas de monitoreo específicamente establecidos y gestionados por órganos conjuntos.

El problema de ese modelo es que las informaciones no son armónicas, verificándose problemas para garantizar la calidad en el muestreo, procesamiento y análisis, así como respeto a comparabilidad de los datos, así, el intercambio de informaciones no es eficaz cuanto a su uso para la gestión integrada de la cuenca.

De esa manera, en un sistema de monitoreo de cuencas transfronterizas más maduro se requiere que los datos sean armonizados, lo que significa la existencia de estándares de generación de los datos y de tratamiento de los datos, conforme ya discutido en el ítem relativo a armonización metodológica. Solamente así, los análisis y la elaboración de informaciones tendrán consistencia y efectividad.

En ese sentido, idealmente el organismo de cuenca debe centralizar el recibimiento de los datos, ser responsable por su tratamiento en nivel de cuenca, realizar la generación de informes y la publicación de los datos, bajo una sistemática preestablecida.

La divulgación de los datos puede ser llevada a cabo inicialmente por medio de sistemas web simplificados, en que los datos brutos de los países estén disponibles. Para eso, el desarrollo de referido sistema podría exigir, como primero paso, el fortalecimiento de los sistemas nacionales de información conectados con una plataforma centralizada en el órgano gestor de la cuenca para facilitar la colaboración entre socios, y siempre que posible, construida a partir de la infraestructura existente de cada país involucrado.

Sin embargo, ese modelo inicial debe evolucionar, para una plataforma que sea capaz de manejar todos los tipos de informaciones: texto geográfico, alfanumérico y multimedia. Sus principales componentes son generalmente: un banco de datos y un sistema de informaciones geográficas (SIG), herramientas básicas para gestión de datos y traducción en términos de mapas, diagramas, indicadores y otras herramientas. Todavía considerando su evolución, la plataforma debe producir estudios con análisis hidrológicas de interés sobre la cuenca, debe prever el intercambio y diseminación de informaciones; softwares, sistemas de información de eventos críticos, informaciones de soporte de decisión etc.

5. BIBLIOGRAFÍA REFERENCIADA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Base hidrográfica ottocodificada.** Brasília. ANA: 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Base Hidrográfica Ottocodificada.** Brasilia: ANA, 2020. Disponible en: <https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/707f0e9a8bbf4b31b02c3c45083777490>. Acceso en: 22 nov. 2020

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO. **Glossário de Termos Referentes à Gestão de Recursos Hídricos Fronteiriços e Transfronteiriços.** Brasília, 2008.

CASTRO, D. **Tratamento Jurídico Internacional e Desenvolvimento Sustentável.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Direito da USP. 2009.

COE MT, COSTA MH, BOTTA A, BIRKETT CM. **Long-term simulations of discharge and loads in the Amazon basin.** Journal of Geophysical Research 107: 8044. DOI: 10.1029/2001JD000740.2002.

DASKIN, MS. **Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications.** New York: Wiley Interscience. 1995. Disponible en: <https://www.unwater.org/publications/progress-on-transboundary-water-cooperation-652/>. Acceso en: 15 oct. 2020.

DORNBLUT, I. **Hydrologic Information – Metadata: Semantic structure for the description of hydrologic data (GRDC Hydrologic Metadata).** Global Runoff Data Centre. 2nd, fully revised ed. - Koblenz, Federal Institute of Hydrology (BfG). GRDC Report; 39r2. 2013.

ECE TASK FORCE ON MONITORING AND ASSESSMENT. **Guidelines on monitoring and assessment of transboundary rivers.** RIZA, The Netherlands. 2000.

GWP y INBO. **Manual para la gestión integrada de los recursos hídricos de las cuencas transfronterizas de ríos, lagos y acuíferos.** París, 2012.

GWP. **El Derecho Internacional de Aguas en América Latina.** Manual de capacitación. Montevideo, Uruguay. 2014.

GWP. **Governance for Transboundary Freshwater Security.** Course Update EDX platform. 2020.

J. BARICHIVICH, E. GLOOR, P. PEYLIN, R. J. W. BRIENEN, J. SCHÖNGART, J. C. ESPINOZA, K. C. PATTNAYAK. **Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation.** *Sci. Adv.* 4, eaat8785. 2018.

MARENGO, J. A. **Characteristics and spatio-temporal variability of the Amazon River Basin Water Budget.** *Clim Dyn*, 24(1), 11–22, doi:10.1007/s00382-004-0461-6. 2005.

MARENGO, J. A. **On the hydrological cycle of the Amazon basin: a historical review and current state-of-the-art.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(3a), 1–19. 2006.

MIGIYAMA, A. **Desafios e oportunidades para a gestão integrada dos recursos hídricos da bacia do rio Amazonas.** Dissertação de mestrado. Orientador: Norbert Fenzl. 2011.

MOSS, M. E. **Concepts and Techniques in Hydrological Network Design.** WMO Operational Hydrology Report no. 19, WMO no. 580, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland. 1982.

MOSTAFAVI ET AL. **River Monitoring Over Amazon and Danube Basin Using Multi-Mission Satellite Radar Altimetry.** *J Hydrogeololy Eng* 7:2 DOI: 10.4172/2325-9647.1000166. 2018.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Assessing the National Streamflow Information Program.* Washington, DC: The National Academies Press. 2004. <https://doi.org/10.17226/10967>.

OTCA. **Agenda Estratégica de Cooperação Amazônica.** Brasilia: OTCA, 2010. Disponible en: http://www.otca.org.br/portal/admin/_upload/apresentacao/AECA_prt.pdf. Acceso en: 22 nov. 2020.

OTCA. **Análisis Diagnóstico Transfronterizo Regional de la Cuenca Amazónica – ADT.** Proyecto GEF Amazonas. Brasilia, DF, 2018 -a.

OTCA. **Nossa Amazônia.** Disponible en http://www.otca-oficial.info/amazon/our_amazon. Acceso en: 10 sep. 2020.

OTCA. **Programa de Acciones Estratégicas. Estrategia Regional para la Gestión Integrada de los Recursos, Hídricos de la Cuenca Amazónica.** Amazon Cooperation Treaty Organization (ACTO). Brasília: TDA, 2018 -b.

OTCA. **Integrated and sustainable management of transboundary water resources in the Amazon river basin considering climate variability and climate change (2010-2018). Project Document.** GEF Amazon Project.

PFAFSTETTER, O. **Classification of hydrographic basins: coding methodology.** Unpublished manuscript, DNOS, August 18, 1989, Rio de Janeiro; translated by J.P. Verdin, U.S. Bureau of Reclamation, Brasilia, Brazil, 1991.

RED INTERNACIONAL DE ORGANISMOS DE CUENCA - RIOC Y ASOCIACIÓN MUNDIAL PARA EL AGUA - GWP. **Manual para la gestión integrada de los recursos hídricos de las cuencas transfronterizas de ríos, lagos y acuíferos.** La Red y la Asociación, s.l. ISBN 9789185321926. (2012)

SALMAN, SALMAN. M. A. **Downstream Riparians Can also Harm Upstream Riparians: The Concept of Foreclosure of Future Water Uses.** Water International 35 (4): 350–364. 2010. DOI: 10.1080/02508060.2010.508160.

UN WATER. **Progress on Integrated Water Resources Management: Global Baseline for SDG 6 Indicator 6.5.1: Degree of IRWM Implementation.** UN WATER: Geneva, Switzerland, 2018. Disponible en: <https://www.unwater.org/publications/progress-on-integrated-water-resources-management-651/>. Acceso en: 15 oct. 2020.

UN WATER. **Progress on Transboundary Water Cooperation: Global Baseline for SDG indicator 6.5.2.** UN WATER: Geneva, Switzerland, 2018.

USGS. **Assessing the National Streamflow Information Program.** Committee on Review of the USGS National Streamflow Information Program, National Research Council. 2004.

USGS. **A new evaluation of the USGS streamgaging network.** USGS Report. 1998. DOI 10.3133/70039493

WMO. **Concepts and techniques in hydrological network design.** Moss M.E. Operational Hydrology Report No. 19, WMO No. 580, Geneva. 1982.

WMO. **Guide to hydrological practices – data acquisition and processing, analysis, forecasting e others applications.** 15 ed. 1994.

WMO. **Guide to hydrological practices.** Third edition, WMO No.168, Geneva. 1974.

WMO. **International workshop on Network Design Practices.** Hydrology and Water Resources technical Report Number 50. 1992.

6. ANEXOS