

Estudio de gabinete

Diagnóstico de los recursos hídricos en la
Selva Maya para mapear los puntos de
actividad antropogénica y contaminación

Diciembre de 2022

Imprint

Título: **Estudio de gabinete: Diagnóstico de los recursos hídricos en la Selva Maya para mapear los puntos de actividad antropogénica y contaminación**

PN: 19.2173.3-001.00

CN: 81286055

Autor: Cathrin Denker

Contacto: Cathrin Denker
wasserdenker@gmail.com

Fecha: 19 de diciembre de 2022

Index

Index.....	3
Abreviaciones.....	4
1 Introducción.....	5
1.1 Objetivo.....	5
1.2 Enfoque.....	5
1.3 Limitaciones.....	5
2 Cuencas hidrográficas de la Selva Maya.....	6
3 Indicadores de calidad del agua.....	9
3.1 Calidad del agua en México.....	9
3.2 Calidad del agua en Belice y Guatemala.....	11
4 Polígono de análisis.....	12
4.1 Cuenca del río Hondo.....	12
4.1.1 Cuenca del río Hondo - Guatemala.....	12
4.1.2 Cuenca del río Hondo – México.....	13
4.1.3 Cuenca del río Hondo – Belice.....	14
4.1.4 Cuenca del río Hondo – Polígono.....	15
Referencias.....	16
Anexos.....	19
Anexo 1: Entrevistas.....	19
Anexo 2: Entes monitoreados en Petén, Guatemala.....	20

Tablas

Tabla 1: Indicadores de calidad del agua (DBO ₅ , DQO, SST y CF).....	9
Tabla 2: Cuenca del Rio Hondo – Polígono de trabajo (Población).....	15

Figuras

Figura 1: Mapa de las cuencas transfronterizas (Belice, Guatemala, México).....	6
Figura 2: Superficie de las cuencas transfronterizas (Belice, Guatemala, México) en km ²	7
Figura 3: Cuencas transfronterizas (Guatemala y México).....	8
Figura 4: Calidad del agua (DBO ₅ , DQO, SST y CF).....	10
Figura 5: Cuenca transfronteriza del Río Hondo.....	12
Figura 6: Cuenca del Rio Hondo en Guatemala.....	13
Figura 7: Cuenca del Rio Hondo en México.....	14
Figura 8: Cuenca del Rio Hondo en Belice.....	14
Figura 9: Cuenca del Rio Hondo – Polígono de trabajo (Mapa).....	15

Abreviaciones

AMPI	Autoridad para el Manejo y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago Petén Itzá
CF	Coliformes Fecales
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días
DOE	<i>Department of the Environment</i>
DQO	Demanda Química de Oxígeno
GEC	Grupo de Coordinación Estratégica de la Selva Maya
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
SST	Sólidos Suspendidos Totales
WASH	Agua, saneamiento e higiene / <i>Water, Sanitation and Hygiene</i>

1 Introducción

El programa Fortalecimiento de la cooperación estratégica y operativa regional para la protección de la Selva Maya tiene como objetivo de mejorar la cooperación regional a nivel estratégico y operativo entre Belice, Guatemala y México para la protección de la Selva Maya.

Además, el proyecto también tiene por objeto mejorar la salud de los ecosistemas, así como de los animales y los seres humanos (componente “Una Salud”). Con este fin, se desarrolla una plataforma de diálogo regional destinada a promover la cooperación interdisciplinaria para reducir el riesgo de zoonosis.

El componente “Una Salud” tiene por objetivo asesorar el Grupo de Coordinación Estratégica de la Selva Maya (GEC), para liderar e implementar en cooperación con actores regionales medidas de prevención, educación, sensibilización y comunicación respecto de la salud de la vida silvestre, la salud de las comunidades humanas y la salud del ecosistema.

1.1 Objetivo

El objetivo de este estudio de escritorio (*desk study*) es de identificar un área de intervención (polígono de trabajo) en la Selva Maya para la implementación de un plan de educación ambiental en el marco de Una Salud.¹

En una segunda consultoría serán diseñados y aplicados de encuestas en dos comunidades de esta área de intervención e elaborado un informe de resultados con enfoque en agua contaminada y falta de medidas de saneamiento en esta área. Este informe dará recomendaciones para un plan de educación ambiental con enfoque en:

- (1) La mejora de los conocimientos, actitudes y prácticas de la población respecto a los recursos hídricos;
- (2) La mejora del acceso al agua, saneamiento e higiene (*Water, Sanitation and Hygiene, WASH*); y
- (3) La reducción de enfermedades transmitidas por el agua.

1.2 Enfoque

Como primer paso se identificaron las cuencas hidrográficas que se ubican en la zona de la Selva Maya en los tres países Belice, Guatemala y México. En base de esta información se identificaron las cuencas transfronterizas. Se ha analizado las informaciones sobre la calidad del agua disponibles en el internet y para incrementar esta información se ha conversado con autoridades del sector en los tres países. Lamentablemente la disponibilidad de información está limitada.

En base de la información disponible, se ha analizado la cuenca del río Hondo. Con coordinación con el equipo GIZ y el consultor para la siguiente fase de investigación, se ha priorizado esta zona para las entrevistas a nivel de hogares, debido a que es la única cuenca transfronteriza entre los tres países.

1.3 Limitaciones

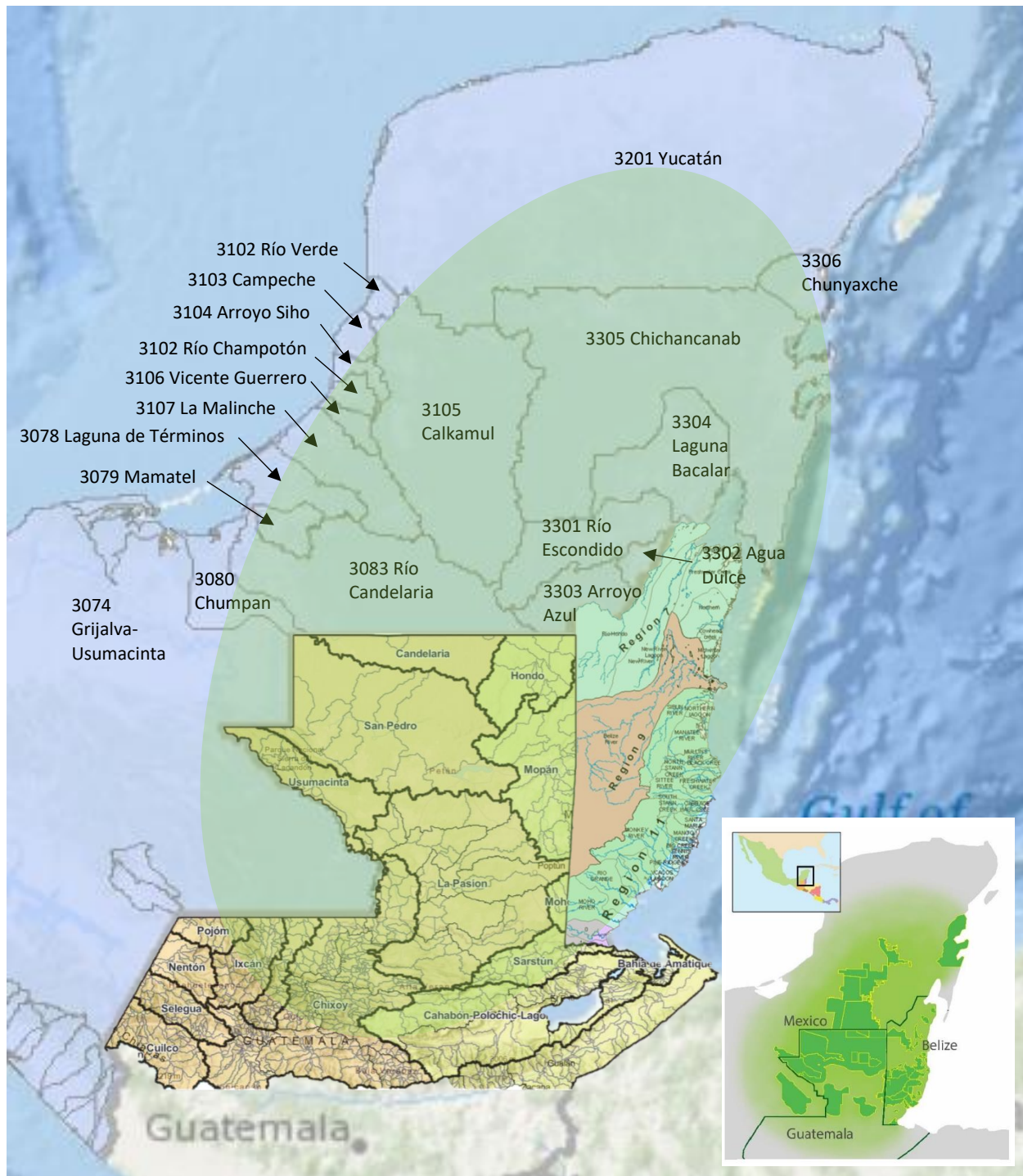
La disponibilidad de datos sobre la calidad del agua en las cuencas de los tres países es muy limitada. Para México la disponibilidad de datos sistematizados está mejor que para Belice y Guatemala. La limitada disponibilidad de datos limita la calidad de este estudio.

¹ El plan de educación será elaborado en base de entrevistas con usuarios de los recursos hídricos. Las entrevistas serán realizadas con por lo menos 30 hogares en una comunidad transfronteriza o dos comunidades en dos países diferentes que compartan un cuerpo de agua.

2 Cuencas hidrográficas de la Selva Maya

La información sobre recursos hídricos, inclusive las cuencas hidrográficas, se maneja a nivel nacional. Un mapa concertado de las cuencas transfronterizas no existe; y como se puede observar en Figura 1, las delimitaciones a nivel nacional no resultan en cuencas transfronterizas concertadas. García et al (2009) asume, que “la inexistencia de un mapa consensuado de cuencas internacionales en la frontera entre México, Guatemala y Belice se relacione con la persistencia de rencores históricos.”

Figura 1: Mapa de las cuencas transfronterizas (Belice, Guatemala, México)

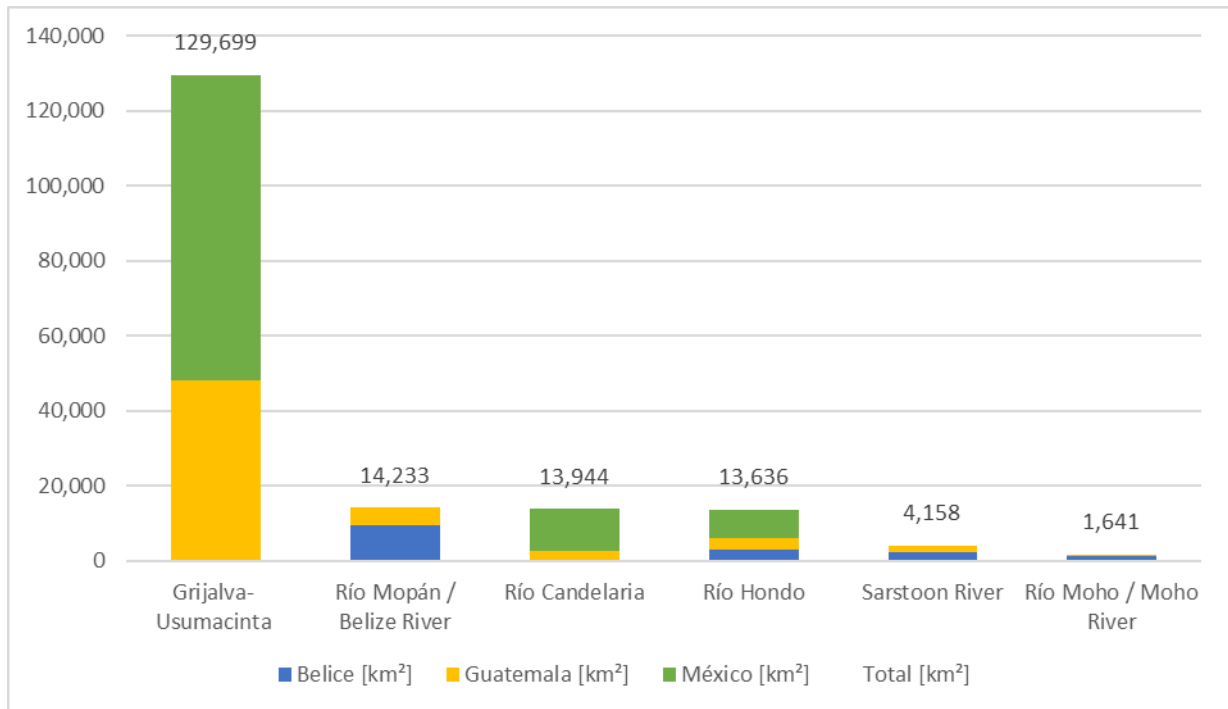


Fuente: © GIZ/Denker

basado en CONAGUA (2022), <https://belize.com/belize-map/>, URL (2022) e GIZ (2020a)

Según Figura 1, existen seis cuencas transfronterizas en el ámbito de la Selva Maya; una cuenca compartida entre los tres países, tres cuencas compartidas entre Guatemala y Belice, y dos cuencas compartidas entre Guatemala y México. Figura 2 demuestra estas seis cuencas con sus áreas totales y contribución relativa de los tres países.

Figura 2: Superficie de las cuencas transfronterizas (Belice, Guatemala, México) en km²



Fuente: © GIZ/Denker, basado en CONAGUA (2022), IAL (2001), Olvera et al (2011) e URL (2022)²

En base de esta información, la cuenca del **río Hondo** es la única cuenca trilateral entre Belice, Guatemala y México.³

- 1) El **río Hondo** nace en el nordeste de Guatemala y transversa el sudeste de Campeche (México) en la cuenca Río Arroyo durante pocos kilómetros. En continuación, el río establece la frontera norteña de Belice hasta su desembocadura cerca de Chetumal (México). En total su cuenca tiene un área de aproximadamente 13,636 km², de lo cual 22% (3,024 km²) se ubican en territorio guatemalteco, 57% (7,739 km²) en México⁴ y 21% (2,873 km²) en Belice⁵.⁶

² **Río Hondo** (México) incluye Arroyo Azul (2,559 km²), Río Escondido (4,526 km²) y Agua Dulce (655 km²).

Grijalva-Usumacinta (Guatemala) incluye Río Pojóm (988 km²), Río Xaclbal (1,397 km²), Río Ixcán (2,084 km²), Río Usumacinta (2,836 km²), Río San Pedro (11,204 km²), Río Chixoy (12,125 km²), Río La Pasión (12,146 km²), Río Nentón (1,355 km²), Río Selegua (1,548 km²) y Río Cuilco (2,289 km²).

³ Según Olvera et al (2001), la cuenca del río Usumacinta está compartida por México, Guatemala y Belice; no obstante, Olvera et al (2001) no deja claro, cuál es la cuenca contribuyente de Belice.

⁴ Las cuencas mexicanas aportando al Río Hondo son Arroyo Azul (2,559 km²), Río Escondido (4,526 km²) y Agua Dulce (655 km²).

⁵ De acuerdo con IAL (2001), la cuenca mayor del Río Hondo tiene un área de 15,075.5 km², no obstante, según datos de Olvera et al (2011) la cuenca del Río Hondo en Belice abarca 2,873 km².

⁶ Cálculo propio con base en CONAGUA (2022), Olvera et al (2011) e URL (2022).

CONAGUA (2019) indica: Total: 13,465 km²; México: 7,614 km² (56.5%); Guatemala: 2,873 km² (21.3%); Belice: 2,978 km² (22.1%).

A nivel bilateral entre Guatemala y Belice existen tres cuencas transfronterizas; sus tres ríos asociados se nacen en Guatemala y desembocan en el Caribe:

- 1) La cuenca del **río Mopán** o **Belize River** es adyacente a la cuenca del río Hondo. Tiene un área de 14,233 km², de lo cual 34% (4,798 km²) se ubican en Guatemala y 66% (9,434 km²) en Belice.
- 2) La cuenca del **río Sarstún** o **Sarstoon River** se encuentra al sur de la cuenca Mopán y tiene una superficie de 4,158 km², dividido en casi iguales partes entre Guatemala y Belice.
- 3) La cuenca del **río Moho** o **Moho River** es la más meridional de las tres cuencas bilaterales. De su área total de 1,641 km², la mayor parte (1,189 km²; 72%) se encuentra en Belice, los restantes 453 km² están en territorio guatemalteco.

Figura 3: Cuencas transfronterizas (Guatemala y México)



Fuente: CONAGUA (2019)

A nivel bilateral entre Guatemala y México existen dos cuencas transfronterizas; sus ríos nacen en Guatemala y desembocan en el Golfo de México:

- 1) La cuenca **Grijalva-Usumacinta** abarca un total de 129,699 km². Dos tercios se encuentran en México (81,729 km²); por lado guatemalteco se suma un total de 10 cuencas al sistema Grijalva-Usumacinta con un total de 47,970 km².⁷ Grande parte del sistema Grijalva-Usumacinta se encuentra fuera de la Selva Maya. No obstante, los **ríos Chixoy y Usumacinta (subcuencas del sistema Grijalva-Usumacinta)** establecen grande parte de la frontera sudoeste entre Guatemala y México, entre el Parque Nacional Montes Azules (México) y el Parque Nacional Sierra del Lacandón (Guatemala), las cuales hacen parte de la Selva Maya.
- 2) La cuenca del **río Candelaria** tiene una superficie de 13,944 km², de lo cual 80% (11,140 km²) está ubicado en México, 20% (2,803 km²) en Guatemala.⁸

En la entrevista con funcionarios del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de Guatemala se ha observado cierta reservación sobre el tema de cuencas transfronterizas. Este tema debe de ser tratado con alta delicadeza.

⁷ Cálculo propio con base en CONAGUA (2022) e URL (2022).

CONAGUA (2019) indica: Total: 128,390 km²; México: 83,553 km² (65%); Guatemala: 44,837 km² (35%).

⁸ Cálculo propio con base en CONAGUA (2022) e URL (2022).

CONAGUA (2019) indica: Total: 15,348 km²; México: 13,790 km² (90%); Guatemala: 1,558 km² (10%).

3 Indicadores de calidad del agua

CONAGUA (2019) para las estadísticas del agua evalúa cuatro indicadores relacionados con la calidad del agua: la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO₅), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Coliformes Fecales (CF)⁹. Tabla 1 indica los valores límites para cinco niveles de calidad (excelente, buena, aceptable, contaminada y fuertemente contaminada).

La DBO₅ y la DQO son indicadores de la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua, proveniente principalmente de las descargas de aguas residuales. El incremento de la concentración de ambos incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación a los ecosistemas acuáticos.

Los SST miden la cantidad de sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal. Tienen su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo. Por ende, un valor elevado de SST puede indicar aportaciones importantes de descargas de aguas residuales, así como deforestación en la proximidad de los afluentes.

Tabla 1: Indicadores de calidad del agua (DBO₅, DQO, SST y CF)

	Excelente	Buena	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
DBO ₅ [mg/l]	≤ 3	> 3 y ≤ 6	> 6 y ≤ 30	> 30 y ≤ 120	> 120
DQO [mg/l]	≤ 10	> 10 y ≤ 20	> 20 y ≤ 40	> 40 y ≤ 200	> 200
SST [mg/l]	≤ 25	> 25 y ≤ 75	> 75 y ≤ 150	> 150 y ≤ 400	> 400
CF [NMP/100 ml]	≤ 100	> 100 y ≤ 200	> 200 y ≤ 1.000	> 1.000 y ≤ 10.000	> 10.000

Fuente: CONAGUA (2019)

Los documentos accesibles hasta ahora, no proveen información sobre la calidad del agua en los cuerpos hídricos de Guatemala y Belice. Además, UQROO (2018) indica, que resultados obtenidos por los distintos actores no son comparables, debido a diferentes formas de muestreos y análisis, la falta de un esquema de validación cruzada de los resultados obtenidos y la no-aplicación de estándares internacionales.

3.1 Calidad del agua en México

No obstante, la información sobre calidad del agua provista en CONAGUA (2019) da información sobre la calidad en las cuencas transfronterizas con México. Por lo cual la evaluación para las regiones hidrológico-administrativas XI Frontera Sur y XII Península Yucatán se demuestran en Figura 4.

En promedio, el **río Hondo muestra una aceptable calidad del agua**. Así muestra excelentes valores de SST, indicando poca erosión de los suelos adyacentes. En cuanto el DBO₅ indica una buena calidad del agua en el sudoeste, se observa una degradación de la calidad por el aumento de DBO₅ cerca de la embocadura. El indicador DQO muestra la misma tendencia, según este indicador la calidad del agua en el curso del río se reduce de aceptable a contaminada. Ambos valores (DBO₅ y DQO) indican intrusión de aguas residuales no (suficientemente) tratadas a lo largo del río. No obstante, es contradictorio la aparente reducción de contaminación con CF a lo largo del río.

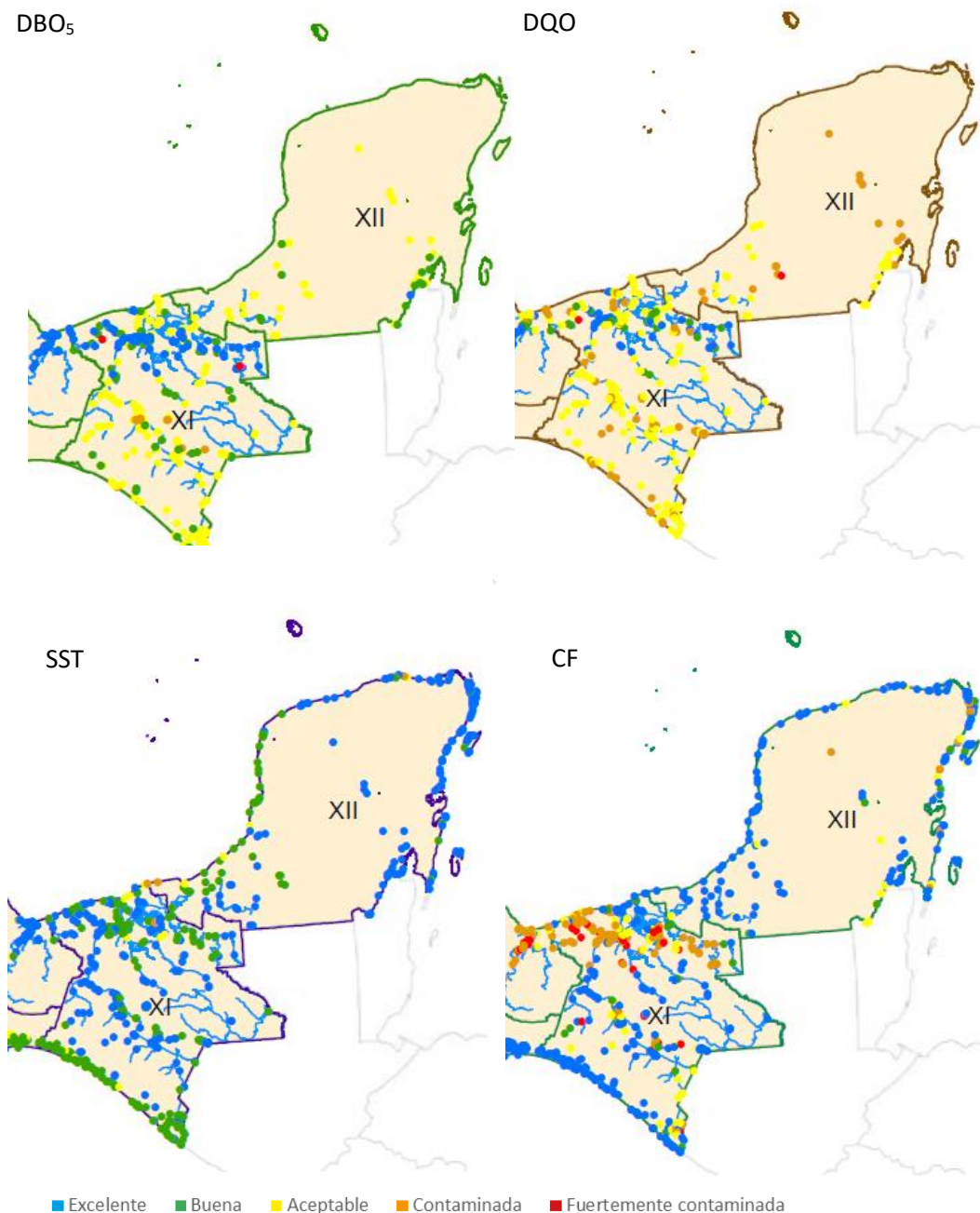
En resumen, el **río Candelaria muestra una buena calidad del agua**. En referencia a los SST y CF la calidad está excelente, recién cerca de la desembocadura aumentan los valores de SST. No obstante, DBO₅ y DQO

⁹ Los E. coli no son analizados por separado.

indican una calidad meramente aceptable, indicando presencia de aguas residuales no (suficientemente) tratadas. Como en el río Hondo es incoherente con esta indicación la baja concentración de CF.

Desde la frontera con Guatemala, el río **Usumacinta** demuestra **altas concentraciones de CF**. No obstante, según los indicadores DBO₅ y DQO, la calidad del agua es buena hasta excelente. Recién río-abajo se identifican valores de DBO₅ y DQO más elevadas que indican presencia de aguas residuales no (suficientemente) tratadas. En relación a los SST el río demuestra buena calidad en el recorrido entero.

Figura 4: Calidad del agua (DBO₅, DQO, SST y CF)



Fuente: CONAGUA (2019)

En conclusión, la información parece parcialmente incongruente. Sin datos más detallados será difícil indicar los fuentes y puntos principales de contaminación.

3.2 Calidad del agua en Belice y Guatemala

Para Belice y Guatemala no se han encontrado relevantes datos sobre la calidad del agua, por lo cual se han realizado reuniones con funcionarios del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Guatemala y el *Department of the Environment* (DOE), Belice (ver Anexo 1: Entrevistas). De las entrevistas no ha resultado mayor información sobre datos de calidad del agua en las cuencas.

Para Guatemala se ha indicado facilitado un listado de entes monitoreados en el Petén (Anexo 2: Entes monitoreados en Petén, Guatemala) sin indicaciones de valores medidos. Además se ha informado, que en futuras fechas se tiene contemplado realizar actividades de apoyo y coordinación con la Autoridad para el Manejo y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago Petén Itzá (AMPI) para realizar tomas de muestra hídrica en cuerpos de aguas naturales. Y que a inicios del año 2022 fueron monitoreadas algunas lagunas del área: Itzá, El Tampo, Macanché, Salpetén y Sacpuy.¹⁰

Para Belice se ha indicado, que el DOE ha estado llevando a cabo un ejercicio de control del agua en la cuenca del río Belice, con puntos de muestreo en los ríos Mopán y Macal, así como en el río Belice, después del punto de confluencia. Se envió una solicitud al director general para que diera acceso a la información del monitoreo. Lamentablemente, esta solicitud no obtuvo respuesta.

¹⁰ Como contactos fueron indicados (1) Punto focal Señor Esdras Saúl Díaz Gonzáles, Delegado de Petén, Tel: 7926-4229, Correo Electrónico: esdiaz@marn.gob.gt / jcdiaz@marn.gob.gt; y (2) la persona que ha participado en actividades de campo con la GIZ: Ingeniero Melvin Gonzalez Delegado, Tel: 4096-3037. (En el marco de este estudio los señores no fueron contactados.)

4 Polígono de análisis

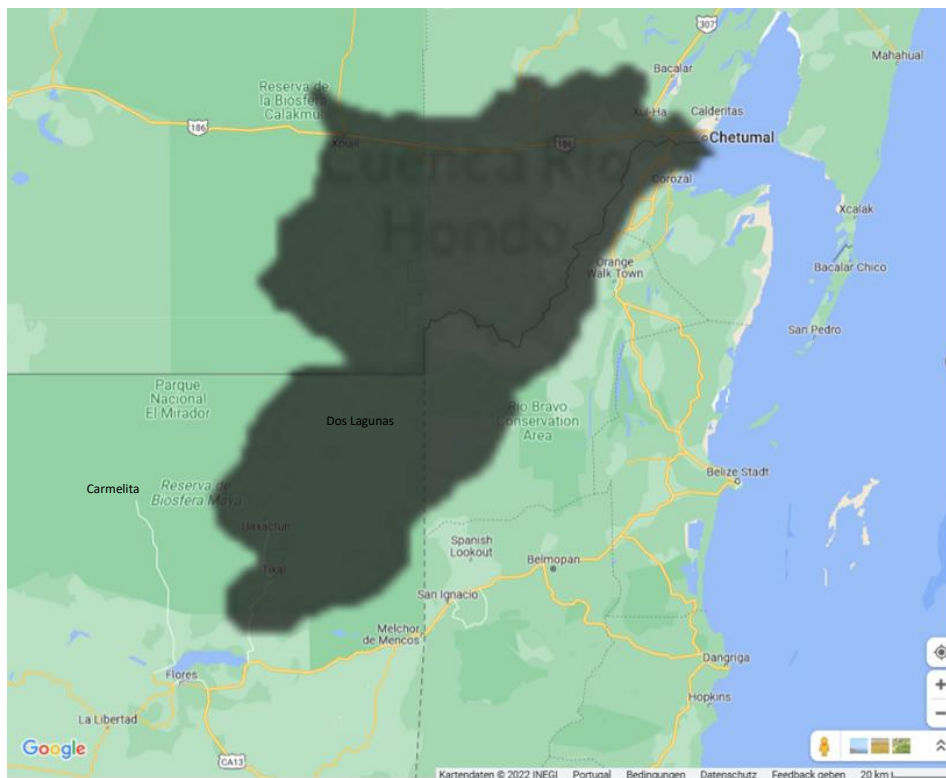
La Selva Maya cuenta con una población de aproximadamente 588,000 personas de diversidad étnica y cultural, ubicada alrededor de las áreas protegidas. Aunque diversos, los pueblos que habitan la Selva Maya dependen de los mismos recursos naturales. Para asegurar la existencia de la Selva Maya y su población a largo plazo, es necesario establecer un uso sustentable de sus recursos y una cooperación intercultural. (WWF, 2022a)

La Selva Maya enfrenta grandes amenazas que comprometen su viabilidad y funcionalidad en el mediano y largo plazo. Estas amenazas se relacionan con incendios forestales, tala ilegal y tráfico de especies de flora y fauna; en la mayor parte de la zona. También tienen un impacto importante la degradación y el cambio de uso de suelo, causado por las actividades agropecuarias y la aplicación de pesticidas. Por otro lado, las fronteras entre los tres países que comparten los recursos naturales de la Selva Maya, acentúan el reto de implementar estrategias conjuntas de mitigación de estas amenazas. (WWF, 2022a)

4.1 Cuenca del río Hondo

El análisis de la cuenca del río Hondo se basa en el mapa de la cuenca transfronteriza como expuesto en CONAGUA (2019). Figura 5 demuestra la extensión de la cuenca del Río Hondo en los tres países México, Guatemala y Belice. En seguida se analice la población en esta zona demarcada para los tres países.

Figura 5: Cuenca transfronteriza del Río Hondo



Fuente: © GIZ/Denker, basado en GoogleMaps (2022) y CONAGUA (2019)

4.1.1 Cuenca del río Hondo - Guatemala

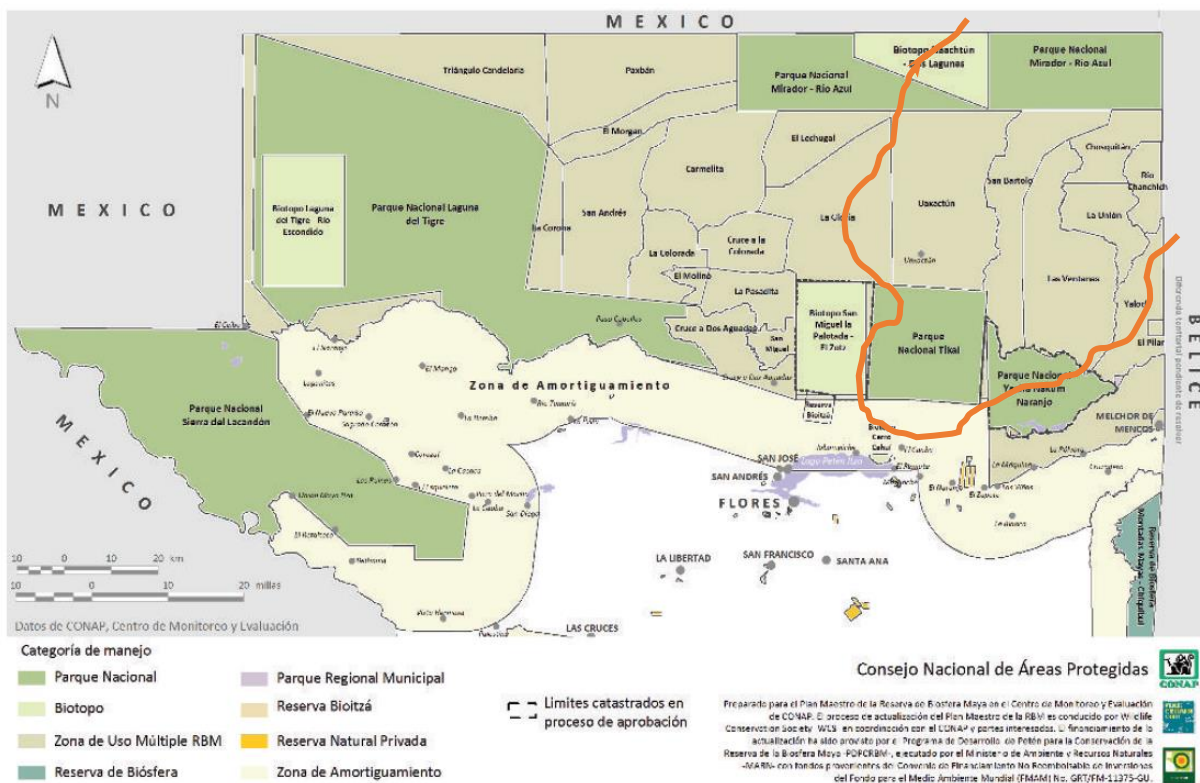
En Guatemala, la cuenca del río Hondo en Guatemala se extiende a la Reserva de la Biósfera Maya. En mayor cercanía al Río Hondo se encuentran el Parque Nacional El Mirador - Río Azul y el Biotopo Nachtún - dos Lagunas (ver Figura 6). Solamente se encuentran dos localidades dentro de la cuenca, Uaxactún y Dos Lagunas. La aldea Uaxactún está ubicada aproximadamente 100 km al norte de Flores, adyacente al

límite norte del Parque Nacional Tikal y cuenta con 83.558 ha de concesión forestal de productos maderables y no maderables. Con una población de aproximadamente 800 personas, Uaxactún es el poblado mayor en la región. La comunidad se dedica a la extracción de productos no maderables (Fuente). Aunque dentro de la cuenca del Río Hondo, parece que Uaxactún no tiene acceso a agua superficial, por lo cual se estima, que no tiene impacto al Río Hondo. El caserío Dos Lagunas fue desocupado, y actualmente es el campamento base del Biotopo (CONAP, 2008).

El Lago Petén Itzá, dónde existen varias aldeas ya se encuentra fuera de la cuenca del Río Hondo. En adición, el Lago Petén Itzá no tiene un efluente superficial; el agua afluyente se pierde vía evaporación. Por ende, se puede asumir, que las poblaciones cerca del Lago Petén Itzá no afectan al río Hondo.

También la aldea de Carmelita se encuentra fuera de la delimitación de la cuenca. En el año 1997 el gobierno de Guatemala otorgó a la comunidad una Concesión Forestal Comunitaria, por medio de la cual la comunidad tiene a su cargo la protección, manejo y conservación de un área de 530 km² en los que se conserva más del 97% del bosque natural (Fuente).

Figura 6: Cuenca del Río Hondo en Guatemala



Fuente: © GIZ/Denker, basado en CONAP (2016) y CONAGUA (2019)

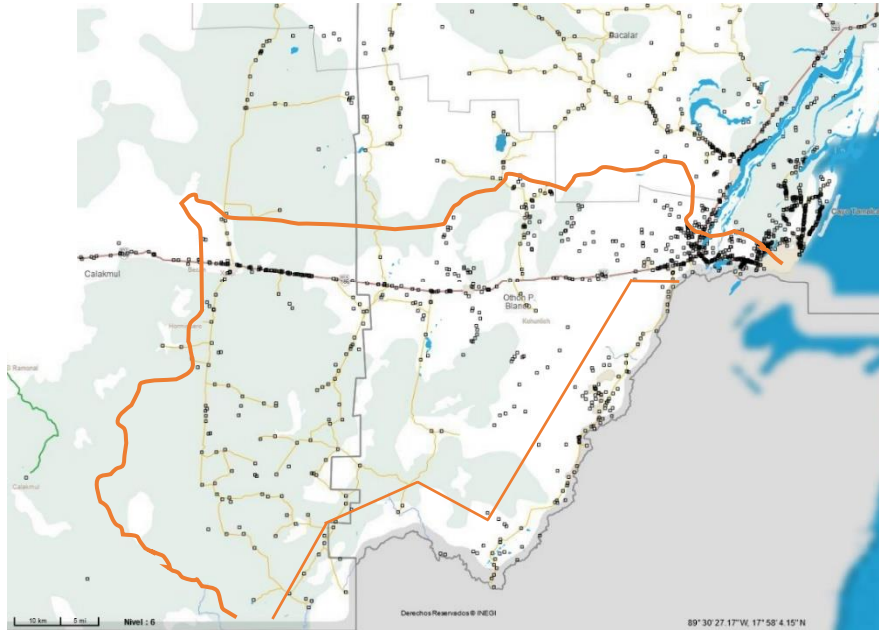
4.1.2 Cuenca del río Hondo – México

En México la cuenca del Río Hondo abarca casi la totalidad del municipio Othon P. Blanco y la mayoría de la zona habitada del municipio Calakmul (ver Figura 7, línea gruesa). Con la finalidad de definir un polígono para una posible intervención, se estableció una distancia máxima de 10 km del río principal. Además, debido a la presencia de tres estaciones de tratamiento de aguas residuales, la zona metropolitana de Chetumal se excluyó del polígono (ver línea fina).

En el polígono se identifican 58 comunidades con una población total de 23.404 personas. Con 6.777 viviendas, se identifica un promedio de 3.5 personas por vivienda. 98% de las viviendas disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda, 65% se abastecen del servicio público de agua. 93% de las viviendas disponen de drenaje. 90% de las viviendas disponen de un sanitario, 5% de una letrina. Se desconoce el

tipo de acceso a saneamiento de los restantes 5%. En la zona no existen plantas de tratamiento de aguas residuales (INEGI, 2013).

Figura 7: Cuenca del Río Hondo en México

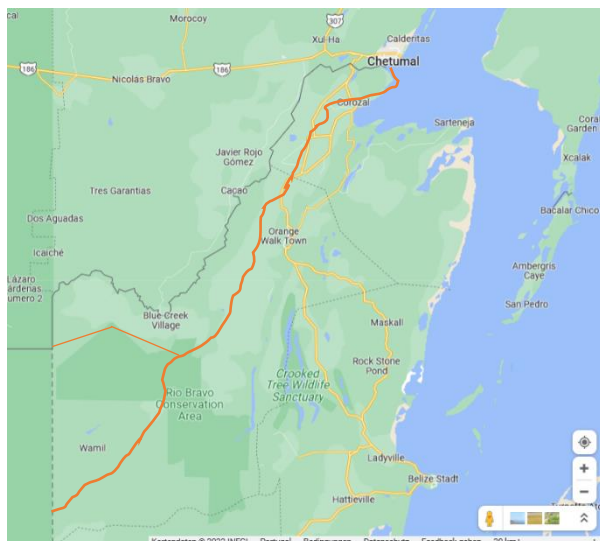


Fuente: © GIZ/Denker, basado en MDM (2022) y CONAGUA (2019)

4.1.3 Cuenca del río Hondo – Belice

En Belice, la cuenca del Río Hondo abarca las zonas más occidentales de los distritos Corozal y Orange Walk. Por la mayor, la delimitación de la cuenca está paralela al río con una distancia de aproximadamente 10 km. Solamente en el sudoeste, la delimitación de la cuenca se aleja del río. En esta zona, la cuenca abarca una parte del Área de Conservación del Río Brava (ver Figura 8, línea gruesa). Para finales del análisis, aquí se establece el polígono con una distancia máxima de 10 km del río principal (línea fina).

Figura 8: Cuenca del Río Hondo en Belice



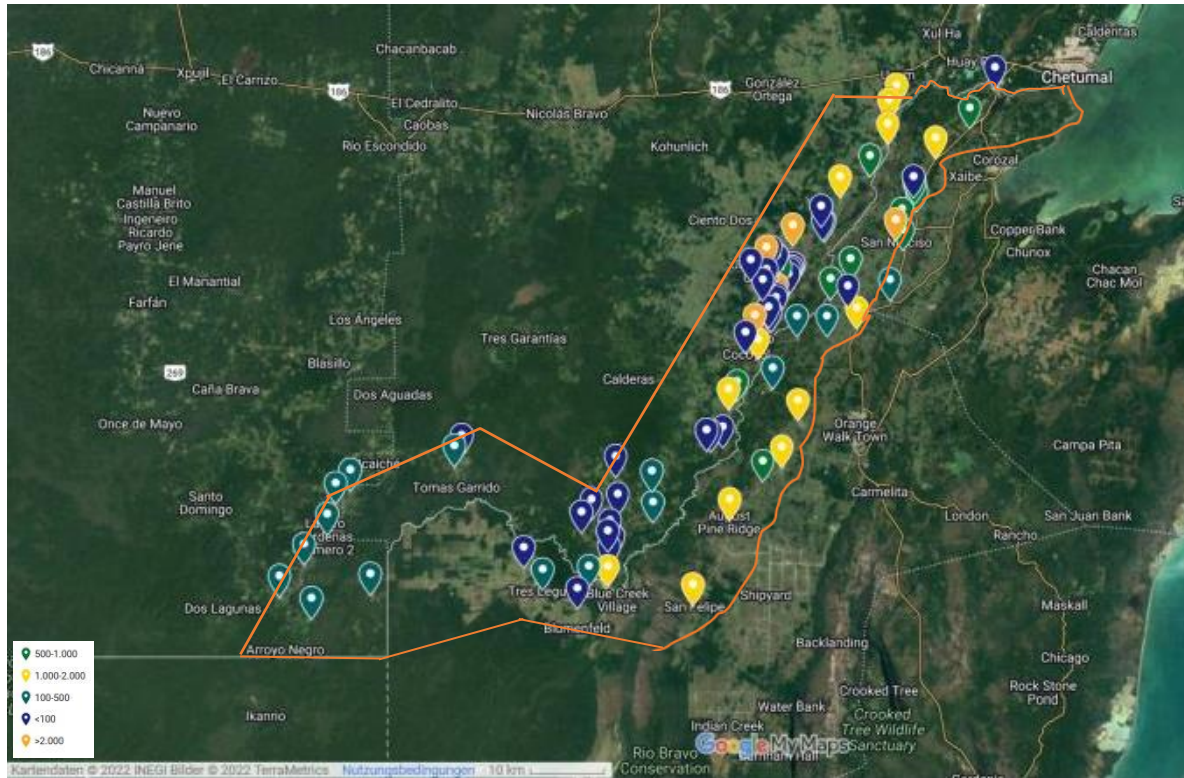
Fuente: © GIZ/Denker, basado en GoogleMaps (2022) y CONAGUA (2019)

En el polígono se identifican 26 comunidades con una población total de 18.759. Con un total de 4.114 hogares, el tamaño promedio del hogar es 4,6.

4.1.4 Cuenca del río Hondo – Polígono

El polígono de trabajo considerado tiene un área de aproximadamente 2.000 km² (ver Figura 9). En esta área se encuentra un total de 84 comunidades con 42.163 habitantes (ver Tabla 2). En el lado mexicano la mayor comunidad (Javier Rojo Gómez) tiene 3.103 habitantes. En la parte beliceña del polígono la mayor comunidad es San Narciso con 2.442 habitantes.

Figura 9: Cuenca del Río Hondo – Polígono de trabajo (Mapa)



Fuente: © GIZ/Denker, basado en GoogleMaps (2022)

En la imagen de satélite (ver Figura 9) se pueden distinguir zonas con cubierta forestal y zonas dedicadas a la agricultura. Por la parte mexicana se puede observar que río arriba la cubierta forestal es relativamente intacto. El área agrícola aumenta río abajo, donde se encuentran más comunidades con mayor población. En la parte beliceña es interesante observar la extensión del terreno desforestado río arriba, al norte del Área de Conservación Río Brava, especialmente porque en esta zona no se detectan comunidades.

Tabla 2: Cuenca del Río Hondo – Polígono de trabajo (Población)

Rango	Número de comunidades			Población			Población promedio		
	México	Belize	Total	México	Belize	Total	México	Belize	Total
<100	33	5	38	123	n/a	n/a	4	n/a	n/a
100-500	11	6	17	2.753	2.157	4.910	250	360	289
500-1.000	3	8	11	2.420	5.920	8.340	807	740	758
1.000-2.000	7	6	13	8.045	8.260	16.305	1.149	1.377	1.254
>2.000	4	1	5	10.063	2.422	12.485	2.516	2.422	2.497
Total	58	26	84	23.404	18.759	42.163	404	722	502

Fuente: Censo México (2020), Censo Belice (2010)

Referencias

- CONABIO, 2022a. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- CONABIO, 2022b. 94. CABECERA DEL RÍO CANDELARIA. [Online] Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_095.html [Accedido en setiembre de 2022].
- CONABIO, 2022c. 96. CALAKMUL. [Online] Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_096.html [Accedido en setiembre de 2022].
- CONABIO, 2022d. 92. RÍO LACANTÚN Y TRIBUTARIOS. [Online] Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_092.html [Accedido en setiembre de 2022].
- CONABIO, 2022e. 93. RÍO SAN PEDRO. [Online] Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_093.html [Accedido en setiembre de 2022].
- CONABIO, 2022f. 94. CABECERA DEL RÍO CANDELARIA. [Online] Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_095.html [Accedido en setiembre de 2022].
- CONABIO, 2022g. 96. CALAKMUL. [Online] Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_096.html [Accedido en setiembre de 2022].
- CONAGUA, 2019. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México 2019. [Online] Disponible en: http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf [Accedido en agosto de 2022].
- CONAGUA, 2022. Comisión Nacional del Agua. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). [Online] Disponible en: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=cuencas&ver=mapa&o=4&n=nacional> [Accedido en agosto de 2022].
- CONAP, 2004. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. PLAN MAESTRO 2005-2009 PARQUE NACIONAL SIERRA DEL LACANDÓN: Actualización 2004. Serie: Co-ediciones Técnicas No. 3 (PNSL). Guatemala. Diciembre 2004. [Online] Disponible en: <https://conap.gob.gt/wp-content/uploads/2019/10/PM-PN-Sierra-Lacandon.pdf> [Accedido en agosto de 2022].
- CONAP, 2007. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Plan Maestro 2008-2012 del Área Protegida Complejos III y IV del Sureste de Petén, Reserva de Biósfera Montañas Mayas-Chiquibul y Refugio de Vida Silvestre Machaquilá-Xutilhá. [Online] Disponible en: <https://conap.gob.gt/wp-content/uploads/2019/10/PM-Complejos-III-y-IV.pdf> [Accedido en agosto de 2022].
- CONAP, 2008. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Plan Maestro 2009-2013: Parque Nacional Mirador-Río Azul y Biotopo Protegido Naachtun-Dos Lagunas. [Online] Disponible en: <https://conap.gob.gt/wp-content/uploads/2019/10/PM-PN-Mirador-Rio-Azul-y-BP-Naachtun-dos-lagunas.pdf> [Accedido en agosto de 2022].
- CONAP, 2016. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Reserva de la Biosfera Maya: Plan Maestro. Segunda Actualización. Documento técnico No. 20-2016. Guatemala. Diciembre 2015. [Online] Disponible en: https://selvamaya.info/wp-content/uploads/2017/01/RBM_Tomo-1_Light.pdf [Accedido en agosto de 2022].

- García et al, 2009. García García, A.; Kauffer Michel, E.F.. Las cuencas compartidas entre México, Guatemala y Belice: Un acercamiento a su delimitación y problemática general. *Transboundary Rivers Basins between Mexico, Guatemala and Belize: From Demarcation to General Issues*. [Online] Disponible en: https://www.academia.edu/en/2133191/Las_cuencas_compartidas_entre_M%C3%A9xico_Guatemala_y_Belice_un_acercamiento_a_su_delimitaci%C3%B3n_y_problema%C3%A1tica_general [Accedido en agosto de 2022].
- García-Contreras G., 2022. Establecimiento de una línea base para la determinación de cambios de cobertura forestal en áreas fronterizas (áreas piloto AP) de la Selva Maya: Belice, Guatemala, México. Programa Selva Maya-GIZ. 51 pp.
- GIZ, 2019. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Servicios ecosistémicos hidrológicos de la cuenca del Río Hondo: Un análisis para el diseño de la propuesta de implementación de un sistema de monitoreo comunitario del agua. Mauricio Sánchez Martínez (UNAM). Mexico
- GIZ, 2021a. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Programa Selva Maya. Impactos e información sobresaliente. Línea de monitoreo. Calidad de Agua.
- GIZ, 2021b. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Programa Selva Maya Sistematización de la implementación y de los impactos de las líneas de monitoreo del proyecto “Fomento del monitoreo de la biodiversidad y cambio climático en la región de la Selva Maya”. Línea de monitoreo. Calidad de Agua.
- GIZ, 2021c. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Programa Selva Maya. Impactos e información sobresaliente. Línea de monitoreo. Aguadas y fauna asociada.
- GIZ, 2021d. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Programa Selva Maya. Sistematización de la implementación y de los impactos de las líneas de monitoreo del proyecto “Fomento del monitoreo de la biodiversidad y cambio climático en la región de la Selva Maya”. Línea de monitoreo. Aguadas y fauna asociada.
- GIZ, 2020a. Support for the monitoring of biodiversity and climate change in the Selva Maya. Programme Fact Sheet.
- GIZ, 2020b. Secaira, Estuardo. 2020. Análisis de las amenazas a la biodiversidad, a los recursos naturales y culturales en áreas adyacentes seleccionadas de la Selva Maya y propuesta de soluciones. Programa Selva Maya-GIZ. 111 pp.
- GIZ, 2020c. Análisis de las estructuras de coordinación para la protección de la Selva Maya
- GIZ, 2022a. Programa Selva Maya. Strengthening the regional strategic and operational cooperation for the protection of the Selva Maya. Programme Fact Sheet.
- GRM, 2018. Grupo Regional de Monitoreo de Cuerpos de Agua y Fauna Asociada en la Selva Maya. Monitoreo de Cuerpos de Agua y Fauna Asociada en La Selva Maya: Reporte 2018. [Online] Disponible en: <https://aguadaselvamaya.wixsite.com/aguadaselvamaya>; https://bb9bd4ce-819d-4e37-a223-6dc981bd4aeb.filesusr.com/ugd/b5d8c5_8bff527f0e1548f8b22b48bc12d15538.pdf [Accedido en agosto de 2022].
- GRM, 2019. Grupo Regional de Monitoreo de Cuerpos de Agua y Fauna Asociada en la Selva Maya. Comunicado del Grupo Regional de Monitoreo de Aguadas y Fauna Asociada en la Selva Maya. [Online] Disponible en: <https://aguadaselvamaya.wixsite.com/aguadaselvamaya>; https://bb9bd4ce-819d-4e37-a223-6dc981bd4aeb.filesusr.com/ugd/b5d8c5_04845ce8f67142cfb4632bb8da7b2b61.pdf [Accedido en agosto de 2022].

- IAL, 2001. International Association for Limnology. Wetzel, R.G. and Gopal, B. Limnology in Developing Countries 3: 35-68. Status and Future Needs of Limnological Research in Belize. [Online] Disponible en: https://www.academia.edu/en/30117080/Status_and_future_needs_of_limnological_research_in_Belize [Accedido en agosto de 2022].
- INEGI, 2002. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Estudio Hidrológico del Estado de Quintana Roo. Mexico.
- INEGI, 2013. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación serie V, 1:250 000, 2013.
- MAGA, 2009. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Mapa de Cuencas Hidrográficas a Escala 1:50,000, República de Guatemala. Método de Pfafstetter (Primera aproximación). Memoria técnica y descripción de resultados. [Online] Disponible en: <https://www.maga.gob.gt/download/cuencas-hidro.pdf> [Accedido en agosto de 2022].
- Olvera et al, 2011. Olvera, D. N.; Kauffer, E. F.; Inge, B. y Huicochea, L. Factores de conflicto en la cooperación por el agua. En Estudios Fronterizos, nueva época, vol. 12, núm. 24, julio-diciembre de 2011. [Online] Disponible en: https://www.academia.edu/en/22797778/Factores_de_conflicto_en_la_cooperaci%C3%B3n_por_el_agua_en_cuencas_compartidas_caso_R%C3%ADo_Hondo_M%C3%A9xico_Guatemala_Belize [Accedido en agosto de 2022].
- SEGEPLAN, 2022. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Infraestructura de datos espaciales de Guatemala. [Online] Disponible en: <http://ideg.segeplan.gob.gt/geoportal/> [Accedido en agosto de 2022].
- UNAM, 2022. Universidad Nacional Autónoma de México. Revista mexicana de Biodiversidad 93 (2022): Biota acuática de la cuenca media del río Lacantún, Chiapas y la importancia del monitoreo de largo plazo. [Online] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/358717825_Biota_acuatica_de_la_cuenca_media_d_el_rio_Lacantun_Chiapas_y_la_importancia_del_monitoreo_de_largo_plazo [Accedido en setiembre de 2022].
- UQROO, 2018. Universidad de Quintana Roo. INFORME DE PROYECTO (CEC-CHET-30-2017). Diseño de la red de monitoreo de calidad del agua en los Municipios de Othón P. Blanco, Bacalar, Tulum y Solidaridad.
- URL, 2022. Universidad Rafael Landívar. Sistema de Información Estratégica (SIE). [Online] Disponible en: <https://sie.url.edu.gt/mapa-de-cuencas-pc/> [Accedido en agosto de 2022].
- WWF, 2022a. World Wildlife Fund. Selva Maya. [Online] Disponible en: https://www.wwfca.org/paisajes/selva_maya/ [Accedido en agosto de 2022].

Anexos

Anexo 1: Entrevistas

Fecha	Nombre	Posición	Contacto
12.10.2022	José Catalino Herrera Sansores	Jefe de Departamento de Información Temática; Dirección Regional Sureste; Coordinación Estatal Quintana Roo; México	Tel: 9838351349 x 8768 Jose.Herrera@inegi.org.mx
17.10.2022	Henry Sanchez	Department of the Environment; Belize	sanchezhp@gobmail.gov.bz
28.10.2022	Brenda Iliana Pocasangre Pérez	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN); Guatemala	bipocasangre@marn.gob.gt
	Lic. Renato Torres Valenzuela	Jefe a.i. del Departamento de Investigación y Normatividad del Agua; Viceministerio del Agua; MARN	rjtorres@marn.gob.gt
	Joaquin Emilio Arango Aragón	MARN	jearango@marn.gob.gt

Anexo 2: Entes monitoreados en Petén, Guatemala

Nombre de Ente Generador	Clasific Actividad	Direccion	Departamento	Municipio
Embotelladores Unidos S.A (planta Peten)	Industria aguas carb	Km 5 Carret a Tikal	Petén	Petén
Descarga Rio Shucupó al lago Peten Itza	Colonias y residenciales	Descarga Rio Shucupó, Petén	Petén	Petén
Municipalidad de San Luis Peten	Colonias y residenciales	Municipalidad de San Luis Peten, Petén	Petén	Petén
Hospital Nacional San Benito Peten	Hospitales y laboratorios	9a. Calle entre Av. Francisco Archila y 6 Av. "A" Zona 3, San Benito	Petén	Petén
EMAPET (Empresa Municipal de agua potable y drenajes)	Municipalidad	2da. Av. 0-50, Zona 2, Santa Elena Petén	Petén	Petén
Centro Comercial Metro Plaza Mundo Maya	Centro comercial	Ciudad Satelite Frente al Aereopuerto Internacional Mundo Maya	Petén	Petén
Hotel Peten Esplendido	Hoteles	1ra. Calle 5-01, Zona 1 Santa Elena, Petén	Petén	Petén
Laguna Macanche, Flores, Retiro del Santuario	cuerpo de agua	Laguna Macanche, Aldea Macanche, Flores, Petén	Petén	Petén
Lago Peten Itza	cuerpo de agua	Lago Petén itza, Petén	Petén	Petén
Nacional Agro Industrial S. A. NAISA, mar14-253	Agroindustria	Km. 386 Ruta a Cobán, Sayaxché	Petén	Petén
Resforestadora de Palmas de El Peten, S. A.	Agroindustria	Km. 355 Aldea La Torre, Carret. A Sayaxché, Petén	Petén	Sayaxché
Palma Sur S. A., mar15-091- Ingenio El Pilar- Tikindustrias	Agroindustria	Caserio Los Aranes, Sayaxché, Petén	Petén	Sayaxché
Rio La Pasion	cuerpo de agua	Km. 355 Aldea La Torre, Carret. A Cobán, Petén	Petén	Sayaxché
Laguneta de San Miguel, mar15-187	cuerpo de agua	Laguneta de San Miguel, Flores, Petén	Petén	Flores
Finca Cancuen, salida quinel mar16-132	cuerpo de agua	Finca Cancuen, Petén	Petén	Poptún
Municipalidad de Sayaxche	Municipalidad	4ta. Av. Zona 1, Barrio El Centro, Sayaxche	Petén	Sayaxché
Captacion Agua potable aldea Ixlu, mar18-01 y 02	Proyecto capt agua pot	Aldea Ixlu, Flores	Petén	Petén
Municipalidad de El Chal, Peten, Ev de ETAR	Municipalidad	El Chal	Petén	El Chal
Municipalidad de Las Cruces, Peten	Municipalidad	Las Cruces	Petén	Las Cruces
Palmas de Machaquila, mar18-98 planta	Agroindustria	Finca San Patricio,	Petén	Sayaxché
Palmas de Machaquila anulada por la 399	Agroindustria		Petén	Petén
Municipalidad de San Francisco Peten	Municipalidad	Barrio El Centro, San Francisco,	Petén	Petén
Municipalidad de Santa Ana Peten	Municipalidad	Barrio El Centro, Santa Ana	Petén	Petén
Municipalidad de La Libertad, Peten	Municipalidad	Barrio El Centro, La Libertad	Petén	Petén
Laguna Las Pozas	Cuerpo de Agua	Laguna Las Pozas	Petén	Sayaxché
Laguna El Tambo	Cuerpo de Agua	Laguna El Tambo	Petén	La Libertad
Laguna Salpetén	Cuerpo de Agua	Laguna Salpetén	Petén	Flores
Laguna Sacpuy	Cuerpo de Agua	Laguna Sacpuy	Petén	San Andrés
Ministerios de Defensa Nacional/ Base Especial de Operaciones dd Selva -BEOS-	Cuartel militar	Aldea El Subín	Petén	Las Cruces

Fuente: Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas/Departamento de Control y Monitoreo del Recurso Hídrico. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN.