

Anexo 2
Reporte Complementario
Análisis del componente biológico para
cálculo de caudal ambiental

Octubre 2017

Environmental Resources Management
 Century Tower, Piso 17. Oficina 1705.
 Vía Ricardo J. Alfaro
 Ciudad de Panamá 0832-0588

www.erm.com

Contenido

1.0 ANÁLISIS DEL COMPONENTE BIOLÓGICO DEL ESTUDIO.....	3
1.1 MÉTODOLOGÍA DEL COMPONENTE BIOLÓGICO.....	4
1.1.1 Descripción de los sitios de muestreo en la cuenca de río Indio ...	6
1.1.2 Muestreo de macrófitas acuáticas.....	10
1.1.3 Muestreo de macro invertebrados.....	12
1.1.4 Muestreo de Peces	14
1.1.5 Ordenamiento y clasificación de muestras.....	15
1.1.6 Métodos de Laboratorio	16
1.2 HALLAZGOS.....	17
1.2.1 Fauna ictiológica.....	17
1.2.2 Macro invertebrados	22
1.2.3 Macrofitas	26
1.2.4 Especies de peces con mayor demanda hídrica en la cuenca hidrográfica del río Indio debido a sus características y biología	31
1.2.5 Especies por tramo de la cuenca, determinantes como indicadores para el caudal ambiental	33
1.2.6 Especies con algún grado de vulnerabilidad	37
1.3 COMPONENTE BIOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL.....	37
1.4 LIMITANTES DEL COMPONENTE BIOLÓGICO.....	42

1.0 *ANÁLISIS DEL COMPONENTE BIOLÓGICO DEL ESTUDIO*

Comúnmente, los ríos se caracterizan por presentar diferentes ambientes asociados a las condiciones de cada zona. De esta forma, el tramo alto o curso superior, tiende a ser una zona de tierras altas con canales más estrechos que avanzan por terrenos más escarpados; en algunas ocasiones se pueden encontrar cascadas, rápidos y quebradas con valles o zonas en forma triangular debido a la erosión sobre el terreno. En esta zona se encuentra, habitualmente, un caudal de agua con más energía, produciendo en algunos casos turbulencias. Posteriormente, en el tramo medio, el cauce del río es más ancho y cuenta con un caudal y volumen de agua algo mayor que en el curso superior. La erosión del terreno puede formar secciones curvas o meandros. En mayor o menor medida, los cursos de agua presentan giros debido a que el agua no fluye a la misma velocidad en todas las secciones. Por último, en el tramo bajo, el volumen de agua y la energía son mayores, con un terreno circundante más plano y con secciones que se pueden cubrir de agua durante la temporada de inundación.

Esta descripción general en cuanto a la estructura de los cauces, también es aplicable a la cuenca de río Indio, aun cuando la misma se ubica en la vertiente del Caribe (en donde se presentan pendientes más pronunciadas que en la vertiente del Pacífico); es decir, los canales tienden a ser más estrechos y con más energía en los tramos altos, en los tramos medios el caudal se ensancha y presentan un mayor volumen de agua, y en el bajo, el terreno tiende a ser más plano. Del mismo modo, dichas características generales indican que las distintas partes de un río pueden tener hábitats muy diversos con especies asociadas a cada uno de ellos, razón por la cual el método de captura debe adecuarse a cada lugar.

La evaluación de la fauna y flora (macrófitas) asociada a estos cuerpos de agua permite obtener una visión de las condiciones de los cuerpos de agua. La estructura poblacional juega un papel importante a la hora de conocer si un río, quebrada o lago, es decir, los ambientes lóticos y lénticos, se encuentran en buen o mal estado. La relación entre las especies que lo componen es de ayuda a la hora de evaluar las condiciones del ecosistema e inclusive se pueden encontrar especies que nos indican la calidad de los mismos.

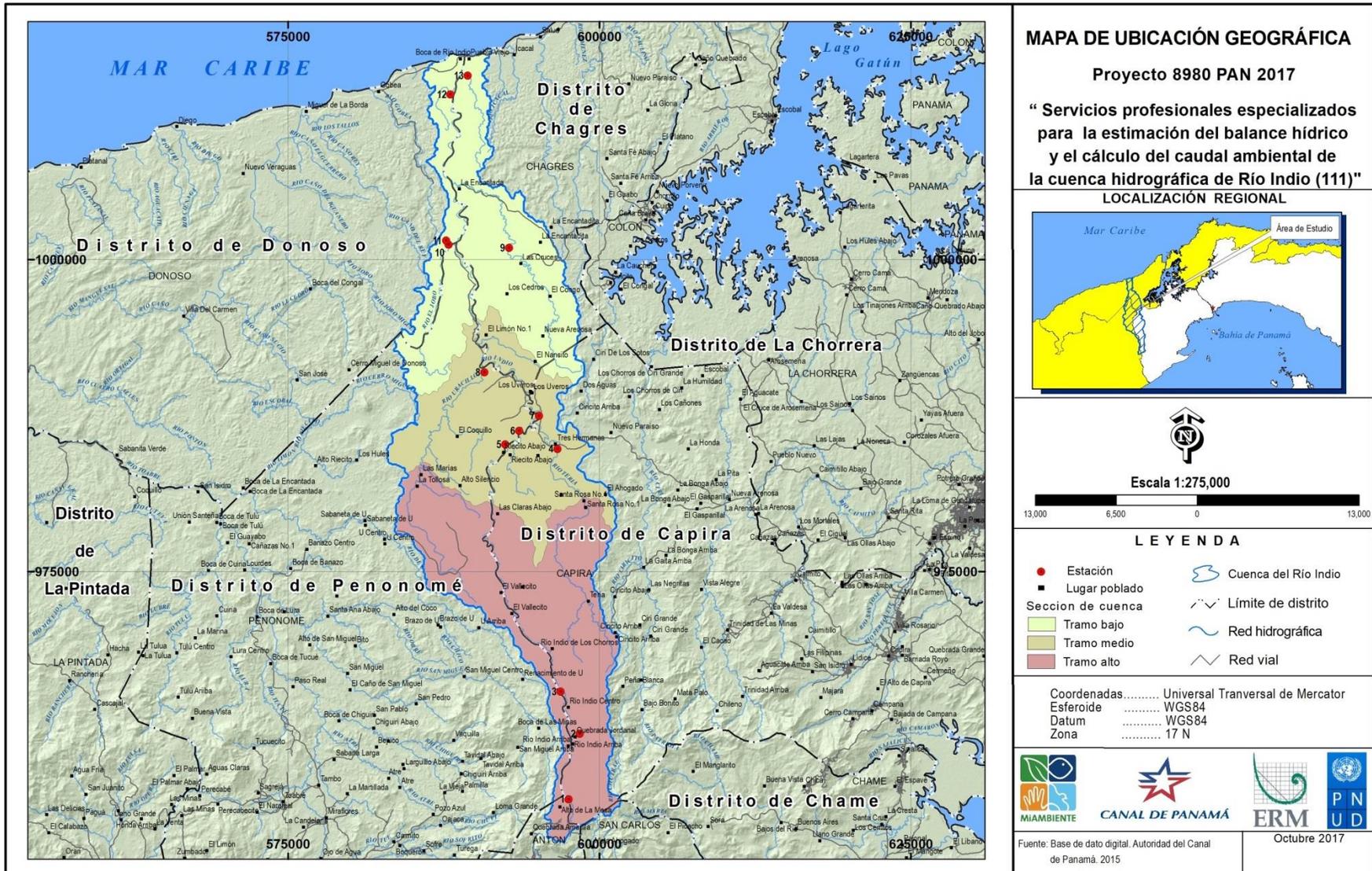
1.1 METODOLOGÍA DEL COMPONENTE BIOLÓGICO

Se realizaron giras para la toma de muestras en diferentes puntos en los tramos alto, medio y bajo de la cuenca hidrográfica del río Indio. Para tal efecto se utilizaron diferentes artes de pesca como atarrayas, chinchorros y electro pesca, dependiendo de las características de la zona donde se encontraba la estación designada (ver Tabla 3-1). En la Figura 3-1 se adjunta mapa de los sitios en los que se realizó el muestreo.

Tabla 1-1: Estaciones y coordenadas de los sitios de muestreo en los tramos alto, medio y bajos de la cuenca hidrográfica de río Indio

Estación	Sitio de muestro	Localidad	Coordenadas	
			E	N
Tramo alto	1	Río Indio Arriba	0597547	0956769
	2	Río Indio (Jordanal)	0598431	0962017
	3	Río Indio (Barrio Unido)	0596897	0965384
Tramo medio	4	Río Teriá	0596641	0984850
	5	Río Indio (San Cristóbal)	0592447	0985191
	6	Río Indio (Tres Hermanas)	0593561	0986294
	7	Río Indio (Uvero)	0595170	0987502
	8	Río Uracillo	0590773	0990983
Tramo bajo	9	Quebrada La Encantada	0592751	1000948
	10	Quebrada El Jobo (Jobo Arriba)	0587907	1001200
	11	El Jobo (Guayabalito)	0587701	1001554
	12	Quebrada Chilar	0588054	1013240
	13	Quebrada Membrillar	0589432	1014747

Fuente: ERM, septiembre 2017



Fuente: ERM, septiembre 2017

Figura 1-1: Ubicación geográfica de los sitios de muestreo biológico en los tramos alto, medio y bajo del río Indio

1.1.1 *Descripción de los sitios de muestreo en la cuenca de río Indio*

1.1.1.1 *Tramo alto de la cuenca*

Río Indio Arriba

En esta sección, el río presenta un lecho rocoso-arenoso, con un cauce aproximado de 15 metros de longitud y profundidad promedio de 0.50 metros. Presenta cantos rodados de tamaños variados, algunas pozas o remansos algo profundos y agua transparente incolora e inodora. El río corre por bordes vegetados con arbustos, de aproximadamente entre 1 y 5 metros de alto; y vegetación convertida en potrero. Sobre estos hay una pequeña franja de vegetación ribereña mixta con árboles entre los 15 y 25 metros de altura que luego es sustituida por potreros y arbustos.

Río Indio (Jordanal)

Es un tributario que confluye al río Indio, presenta una cercanía al poblado de Jordanal. Esta sección tiene aproximadamente 14 metros de ancho, algunos cantos rodados, fondo rocoso medio y arenoso, profundidad promedio de 0.8 m; con algunas pozas y rápidos de diferentes tamaños. Llanuras de aproximadamente un metro de altura, sobre ellos hay una pequeña franja de vegetación ribereña mixta con árboles entre los 8 hasta 15 metros de altura (Moraceae y Fabaceae) que luego es sustituida por potreros y arbustos. Una sección del río presenta troncos dispersos y hojarasca producto de la deforestación.

Río Indio (Barrio Unido)

Esta sección de la quebrada tiene un ancho aproximado de 18 metros, es atravesada por un camino secundario que es utilizado por las vacas como abrevadero y por miembros de la comunidad para acceder a sus viviendas.

Tiene profundidad promedio en la parte más profunda de 1.30 m, pendiente de 45 grados, fondo pedregoso arenoso, cantos rodados de tamaños variados, en las orillas presenta arbustos variados y material (hojarascas y troncos) en descomposición; presenta rápidos muy fuertes y charcos (pozas) utilizadas por los lugareños como balneario. La vegetación ribereña es escasa, se restringe a unos cuantos árboles en ambas orillas de 5 hasta 15 metros de altura, esta vegetación ha sido sustituida por pastizales y arbustos o fincas de café y cacao.

1.1.1.2 Tramo medio de la cuenca

Río Teriá

El río Teriá es un tributario que confluye a río Indio en su tramo medio. La quebrada tiene una sección formada por un pequeño remanso de aproximadamente 5 metros de ancho y 0.90 metros de profundidad promedio, el fondo es pedregoso, con cantos rodados de tamaños variados de medios a pequeños, cauce reducido cuando es sequía. La vegetación ribereña es escasa. Se restringe a una pequeña franja en ambas orillas con árboles de 8 a 15 metros de altura. Esta vegetación ha sido sustituida por pastizales, arbustos y finca de frutas, cacao y café. En ambas secciones de la quebrada hay potreros.

Río Indio (San Cristóbal)

Se encuentra a un costado de la comunidad y camino que conduce a otros poblados. Tiene una profundidad promedio de 0.9 m, cauce aproximado de 23 metros de ancho, fondo pedregoso, muchas hojarascas en el agua, cantos rodados de tamaños variados, agua transparente y pozas o remansos presentes. La vegetación ribereña es mixta y muy escasa, en ambas orillas formada por árboles de 10 hasta 20 metros de altura, esta vegetación ha sido sustituida en toda su extensión por pastizales y arbustos y fincas.

Río Indio (Tres Hermanas)

Este punto se encuentra aguas abajo del vado sobre el río hacia San Cristóbal, en la sección media. Esta sección tiene una profundidad promedio de 30 cm, cauce aproximado de 18 metros de ancho, fondo pedregoso arenoso, cantos rodados de tamaños variados de medianos a pequeños, agua turbia producto de la descomposición de la hojarasca. La vegetación ribereña es mixta y muy escasa en ambas orillas; formada por árboles de hasta 15 metros de altura y una franja de bosque intervenido, esta vegetación ha sido sustituida en toda su extensión por potreros y arbustos.

Río Indio (Uvero)

Este sitio ubicado aguas debajo de la confluencia de río Indio y río Teriá, con el camino que conduce a la comunidad. En esta sección, el río tiene una profundidad promedio de más de un metro y rápidos bastantes fuertes, algunas secciones presentan pozas de profundidades hasta de 2 metros, cauce aproximado de 22 m de ancho, fondo pedregoso arenoso, cantos rodados de tamaños variados, remansos de varios tamaños y profundidad. La vegetación ribereña es mixta y muy escasa, en ambas orillas formada por árboles de 15 a 25 metros de altura, esta vegetación ha sido sustituida en toda su extensión por pastizales y arbustos, es notable la siembra de platanales y maíz.

Río Indio (Uracillo)

Ubicada aguas arriba de la comunidad de Uracillo. En esta sección, el río Los Uveros, tiene una profundidad promedio de 30 cm, cauce aproximado de 10 m de ancho, fondo pedregoso arenoso, cantos rodados de tamaños variados, remansos de varios tamaños y profundidad. Algunos remansos hasta de 1 m de profundidad. La vegetación ribereña es mixta y muy escasa, en ambas orillas formadas por árboles de 10 a 15 metros de altura, esta vegetación se conserva con un bosque de fabáceas y moráceas de diversos tamaños. En las orillas presenta alto contenido de hojarascas y troncos con epifitas.

Quebrada El Jobo (El Jobo Arriba)

Presenta múltiples formaciones rocosas, y una formación muy angosta típica de tributario pequeño. En esta sección, la quebrada tiene una profundidad promedio de 50 cm, cauce aproximado de 6 m de ancho, fondo arenoso en su mayoría, con algunos cantos rodados de tamaños variados, remansos de varios tamaños y profundidad. La vegetación ribereña es mixta y muy escasa, en ambas orillas formada por árboles de 15 o más metros de altura, esta vegetación aún se mantiene, sin embargo, la presencia de algunas zonas deforestadas para la ganadería es evidente.

1.1.1.3 Tramo bajo de la cuenca

Quebrada La Encantada

Este punto se encuentra aguas abajo del vado sobre la quebrada La Encantada, con una profundidad promedio de 50 cm, cauce aproximado de 18 metros de ancho, fondo pedregoso arenoso con piedras en forma de lajas, cantos rodados de tamaños variados, agua turbia producto de la descomposición de la hojarasca y plantas acuáticas. La vegetación ribereña es mixta y muy escasa en ambas orillas; formada por árboles de hasta 15 metros de altura y una franja de bosque intervenido, esta vegetación ha sido sustituida en toda su extensión por potreros y arbustos.

El Jobo (Guayabalito)

Sitio ubicado en la confluencia de quebrada El Jobo y el río Indio. Tiene una profundidad promedio de 1.20 cm, cauce aproximado de 16 metros, fondo arenoso con hojarasca, cantos rodados de tamaños variados, agua con poca corriente. La vegetación ribereña es mixta y muy escasa, en ambas orillas formada por árboles de ocho a 10 metros de altura. Esta vegetación ha sido sustituida en toda su extensión por pastizales y arbustos. Las moráceas y

fabáceas son las familias a las cuales pertenecen los árboles dominantes en este sitio.

Quebrada Chilar

La quebrada Chilar se encuentra en la parte baja de la cuenca de río Indio, hay poco movimiento de sus aguas, y presenta un alto contenido de materia orgánica. La vegetación ribereña es muy pobre, con escasos árboles de 10 a 15 metros de alto y algunos arbustos de diversos tamaños. El fondo es arcilloso y muy inestable. La profundidad promedio es de 1 metro y contiene mucha hojarasca en descomposición.

Quebrada Membrillar

Se encuentra ubicada aguas abajo de la cuenca de río Indio, aguas con poco o casi nada de corriente, la vegetación ribereña es mixta con fabáceas, moráceas y algunas palmas, rodeadas en sus inicios por una concesión de palmas de aceite, hoy día, recubierta por muchos arbustos. No presenta corrientes y su profundidad aproximada es de 1.30 m con un ancho de 5 m, alto contenido de hojarasca y materia en descomposición.

1.1.2 Muestreo de macrófitas acuáticas

Las plantas acuáticas representan un elemento particular en la caracterización de los ecosistemas dulceacuícolas por lo que, para poder realizar una evaluación adecuada de cada zona, se procedió al establecimiento de parcelas que permitieran determinar su diversidad y abundancia. Las observaciones incluyeron macrófitas semi-acuáticas y acuáticas, flotantes y aquellas que tienen la adaptabilidad para desarrollarse bajo el agua.

Se establecieron tres (3) estaciones de muestreos por cada tramo de la cuenca hidrográfica de río Indio; la primera en el tramo alto (tres sitios de muestreos),

la siguiente en el tramo medio (cinco sitios de muestreos) y la última en el tramo bajo (cinco sitios de muestreo). En cada una de estas estaciones se observó, en un espacio de 100 m, las macrófitas semi-acuáticas y acuáticas, flotantes, aquellas que tienen la adaptabilidad para desarrollarse bajo el agua y la flora ribereña a más o menos 2 m hacia afuera desde la orilla del río.

Se colectó una muestra botánica, usando papel periódico y alcohol al 70 % para evitar la contaminación de hongos. Estas muestras fueron llevadas a un laboratorio y mediante el uso de agujas de disección, un estereoscopio y claves taxonómicas se identificó cada especie de planta colectadas, usando el Herbario de la Universidad de Panamá para corroborar dichas especies. Finalmente se investigó sobre la importancia de las especies vegetales encontradas, y cuál es su diversidad y abundancia en río Indio (Figuras 3-2 y 3-3).



Fuente: ERM, septiembre 2017

Figura 1-2: *Colecta de macrófitas en ribera de tributario de río Indio*



Fuente: ERM, septiembre 2017

Figura 1-3: *Identificación en campo de macrófitas*

1.1.3 *Muestreo de macro invertebrados*

La metodología de colecta de organismos de bentos puede modificarse de acuerdo a las características del sitio de muestreo. En el caso particular del presente estudio, se realizaron revisiones en las orillas del río y capturas de macroinvertebrados aprovechando el equipo de electropesca (ver Figura 3-4). Los organismos aturdidos fueron colectados con redes tipo D. Luego de coleccionar las muestras, se procedió a identificar las especies *in situ* y, aquellas que no pudieron identificarse fueron debidamente empacadas en bolsas plásticas (tipo Ziploc), rotuladas y preservadas con formalina al 5 - 10 %, para su posterior identificación en laboratorio.



Fuente: ERM, septiembre 2017

Figura 1-4: *Equipo de campo ubicando un sitio a la orilla de una quebrada para realizar muestreo*



Fuente: ERM, septiembre 2017

Figura 1-5: Especies de peces y macroinvertebrados colectados durante muestreo

1.1.4 Muestreo de Peces

Para la toma de muestras de peces, se utilizaron diferentes artes de pesca como atarrayas, chinchorros, redes de mano, balayos y electro pesca (ver Figura 3-6 y Figura 3-7), dependiendo de la profundidad de la estación y de las áreas circundantes. Las muestras colectadas fueron identificadas *in situ*. Al igual que con los macro invertebrados, aquellas especies que presentaron un mayor grado de dificultad durante su identificación, fueron colocadas en bolsas plásticas, rotuladas y preservadas en formalina 5 - 10 % para ser identificadas en laboratorio posteriormente (ver Figura 3-8 y Figura 3-9).



Fuente: ERM, septiembre 2017

Figura 1-6: Uso de equipo de electro pesca durante muestreo biológico



Fuente: ERM, septiembre 2017

Figura 1-7: Uso de redes (atarrayas) para la captura de peces durante muestreo

1.1.5 Ordenamiento y clasificación de muestras

Todos los datos de las muestras colectadas fueron tabulados en hojas de campo con detalles que incluyen: fecha de muestreo, hora, tramo de la cuenca (bajo, medio, alto), coordenadas de localización, elevación, hábitat, condición, identificación, comentarios, entre otros.



Fuente: ERM, septiembre 2017

Figura 1-8: Identificación en campo de especies colectadas



Fuente: ERM, septiembre 2017

Figura 1-9: *Toma de fotografía de los organismos colectados en campo*

1.1.6 Métodos de Laboratorio

La identificación de especies se realizó mediante el uso de guías de identificación especializadas y la utilización de equipo básico como estereoscopios y cámaras para realizar tomas de características específicas de los individuos. Los datos obtenidos fueron introducidos en hojas de datos (Excel) para poder hacer evaluaciones futuras.

Además, con los datos obtenidos se pudo determinar si, entre las muestras colectadas, había sido identificada alguna especie que se encuentre en estado de protección de acuerdo a normas nacionales sobre la conservación de organismos y/o a entidades internacionales como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

1.2 HALLAZGOS

1.2.1 *Fauna ictiológica*

Siete (7) órdenes de peces fueron identificados en los trece (13) sitios de muestro ubicados dentro de la cuenca de río Indio. Veintitrés (23) especies de peces se reparten entre once (11) familias. Desde el punto de vista de la riqueza de especies, el orden más representativo fue el de los Characiformes con once (11) especies; nueve (9) pertenecientes a la familia Characidae y dos (2) a la familia Lebiasinidae. Los perciformes están representados por cinco especies, pertenecientes casi todas (4) a la familia Eleotridae, mientras que solo una representa a la familia Gobiidae. El siguiente orden en representatividad son los Siluriformes con (3) especies: dos (2) agrupados en la familia Loricariidae y una en la familia Trichomycteridae. Los Cyprinodontiformes y Mugiliformes están representados por dos especies cada grupo mientras que, de los Atheriniformes y Gymnotiformes, solo aparece una especie por cada orden. Por mucho, el góbido *Sicydium altum* es la especie más conspicua con ciento sesenta (160) ejemplares capturados para todos los sitios de muestreo.

1.2.1.1 Tramo alto de la cuenca

Doscientos cuarenta y siete (247) individuos fueron colectados en la primera estación (tramo alto del río Indio), los cuales se distribuyeron en doce (12) especies. *Trichomycterus striatus* o barbudillo fue la especie más representativa con cincuenta y siete (57) ejemplares seguido por el chupapiedra *Ancistrus chagresi* con cuarenta y tres (43) y la sardina *Brycoamericus emperador* con treinta y cuatro (34). De todos los sitios de muestreo en este tramo de la cuenca, el ubicado en río Indio Arriba (Punto 1), presenta el mayor número de organismos, seguido por el ubicado en río Indio a la altura de la comunidad de Jordanal y el Punto 3 cerca de Barrio Unido.

La mayoría de las especies se presentan en todos los puntos de muestro, lo cual parece indicar que existe una buena distribución de especies en esta zona (Tabla 3-2).

Tabla 1-2: Especies de peces reportados en el tramo alto de la cuenca hidrográfica del río Indio

Especies	Río Indio Arriba	Río Indio (Jordanal)	Río Indio (Barrio Unido)
<i>Brycon petrosus</i>	9	5	4
<i>Brycon chagresis</i>	5	2	7
<i>Agonostomus monticola</i>	2	6	0
<i>Bryconamericus emperador</i>	22	8	4
<i>Brachyrhaphis cascajalensis</i>	14	10	1
<i>Poecilia gillii</i>	3	1	4
<i>Piabucina panamensis</i>	2	0	0
<i>Andicnoacara coeruleopunctatus</i>	5	3	3
<i>Rhamdia quelen</i>	4	2	0
<i>Ancistrus chagresi</i>	4	24	15
<i>Trichomycterus striatus</i>	27	18	12
<i>Sicydium altum</i>	6	3	12

Fuente: ERM, septiembre 2017

El índice de Shannon indica valores medios considerando la relación entre la riqueza de especies y la abundancia de las mismas. En el tramo alto de la cuenca de río Indio se presentó el valor más alto con 2.133 bels y ciento tres individuos capturados. Sin embargo, la equidad fue mayor en el sitio de muestreo Río Indio, ubicado cerca de Barrio Unido con 0.8961 (ver Tabla 3-3).

Tabla 1-3: Análisis de diversidad realizado a los peces colectados en la Tramo alto del río Indio

Tramo alto	Río Indio Arriba	Río Indio (Jordanal)	Río Indio (Barrio Unido)	Total
Taxones	12	11	9	9
Individuos	103	82	62	62
Shannon_H	2.133	2.015	1.969	1.969
Equidad	0.8582	0.8403	0.8961	0.8961

Fuente: ERM, septiembre 2017

1.2.1.2 Tramo medio

Trescientos cincuenta y seis (356) individuos fueron colectados en el tramo medio del río Indio. Los especímenes se distribuyeron en veinte (20) especies y once (11) familias. Los peces mejor representados fueron el góbido *Sicydium altum* o titi, con ciento veinticuatro (124) ejemplares, treinta y ocho (38) de la lisa, *Agonostomus monticola* y treinta y un (31) ejemplares de la sardina *Astyanax aeneus*. El río Teriá presenta una gran cantidad de peces capturados con noventa y siete (97), mientras que en río Indio a la altura de las comunidad Tres Hermanas y San Cristóbal se colectaron ochenta y dos (82) y ochenta (80), respectivamente. La mayor cantidad de especies por sitio de muestreo fue reportada en San Cristóbal (17 especies) y el río Teriá (16 especies). Algunas especies presentaron una amplia distribución en el tramo medio de la cuenca, reportándose en todos los sitios de muestreo; entre ellas se destacan: *Astyanax aeneus*, *Agonostomus monticola*, *Andinoacara coeruleopunctatus*, *Brachyrhaphis cascajalensis*, *Poecilia gillii*, *Sicydium altum* y *Trichomycterus striatus* (Tabla 3-4).

Tabla 1-4: Especies de peces reportados en el tramo medio del río Indio

Especies	Río Teriá	Río Indio (San Cristóbal)	Río Indio (Tres Hermanas)	Río Uvero	Río Uracillo
<i>Astyanax aeneus</i>	5	9	11	3	3
<i>Roeboides loftini</i>	1	3			1
<i>Hyphessobrycon panamensis</i>	2	3	8		
<i>Gephyrocharax intermedius</i>	2				
<i>Brycon petrosus</i>	5	10			4
<i>Brycon chagresis</i>	2	1	1		
<i>Agonostomus monticola</i>	9	6	9	10	4
<i>Brachyrhaphis cascajalensis</i>	8	6	6	4	5
<i>Poecilia gillii</i>	2	1	1	4	1
<i>Andinoacara coeruleopunctatus</i>	3	3	1	4	3
<i>Rhamdia quelen</i>	1	1	3	1	
<i>Ancistrus chagresi</i>	3	1	5	1	

Especies	Río Teriá	Río Indio (San Cristóbal)	Río Indio (Tres Hermanas)	Río Uvero	Río Uracillo
<i>Trichomycterus striatus</i>	6	3	1	4	1
<i>Sicydium altum</i>	45	21	30	24	4
<i>Fonchiiichthys uracanthus</i>	1				
<i>Joturus pichardi</i>	2	1	1	2	
<i>Gobiomorus dormitor</i>		4	5	5	2
<i>Atherinella milleri</i>		5			
<i>Eliotris pisoni</i>				2	2
<i>Brachyhypopomus occidentalis</i>		2		1	2

Fuente: ERM, septiembre 2017

La diversidad en el tramo medio presenta su valor más alto en la quebrada La Encantada con 2.536 (Tabla 3-5), mientras que la más baja se observó en el río Teriá. Al parecer, todos los sitios de muestreo poseen una diversidad de media a media alta si consideramos solo las especies de peces colectadas. Esta estación (tramo medio) muestra una equidad un poco menor que la estación del tramo alto, sin embargo, esto puede estar ligado a que algunos sitios de muestreo se encuentran en zonas adyacentes a potreros, lugares de cultivo o comunidades, lo que afecta en alguna medida los cálculos realizados.

Tabla 1-5: Análisis de diversidad realizado a los peces colectados en el tramo medio del río Indio

	Río Teriá	Río Indio (San Cristóbal)	Río Indio (Tres Hermanas)	Río Uvero	Río Uracillo	Total
Taxones	16	17	13	13	12	20
Individuos	97	80	82	65	32	356
Shannon_H	2.017	2.427	2.029	2.088	2.358	2.358
Equidad J	0.7276	0.8566	0.7911	0.8142	0.9491	0.787

Fuente: ERM, septiembre 2017

1.2.1.3 Tramo bajo

Ciento veinticinco (125) peces (ver Tabla 3-6) fueron colectados en el tramo bajo del río Indio siendo la sardina lira, *Atherinella milleri* (10 ejemplares), el organismo más conspicuo, seguido por la sardina *Astyanax aeneus* (8 individuos) y por el peje sapo *Eleotris pisonis* (7 especímenes). La quebrada El Jobo (Jobo Arriba) fue la que presentó la mayor cantidad de especies por sitio de muestreo con siete especímenes. No hay ninguna especie que particularmente se distribuya en todos los sitios de muestreo, sin embargo *Eleotris pisonis*, *Atherinella milleri*, *Astyanax aeneus*, *Rhamdia quelen*, y *Gobiomorus dormitor* se reportan por lo menos en dos de los cuatro sitios de muestreo evaluados en la estación correspondiente al tramo bajo de la cuenca hidrográfica del río Indio.

Tabla 1-6: Especies de peces reportados en el tramo bajo de río Indio

Especies	Nombre común	Qda. La Encantada	Qda. El Jobo (Jobo Arriba)	El Jobo (Guayabalito)	Qda. Chilar	Qda. Membrillar
<i>Agonostomus monticola</i>	Lisa		1			
<i>Ancistrus chagresi</i>	Chupapiedra, Wacuco	3				
<i>Andinoacara coeruleopunctatus</i>	Choveca, chogorro	8	1			
<i>Astyanax aeneus</i>	sardina	12	5	3		
<i>Atherinella milleri</i>	Sardina lira		4	6		
<i>Brachyhypopomus occidentalis</i>	Macana	1				
<i>Brachyrhaphis cascajalensis</i>	Parivivo	6		5		
<i>Brycon chagresis</i>	Sardina	2				
<i>Brycon petrosus</i>	Sardina plateada	6	3			
<i>Dormitator latifrons</i>	Guapote				1	
<i>Eleotris pisonis</i>	Peje sapo	3			6	1
<i>Gephyrocharax intermedius</i>	sardina	2				
<i>Gobiomorus dormitor</i>	Guabina	3	1			4

Especies	Nombre común	Qda. La Encantada	Qda. El Jobo (Jobo Arriba)	El Jobo (Guayabalito)	Qda. Chilar	Qda. Membrillar
<i>Hyphessobrycon panamensis</i>	sardina	1				
<i>Juturus pichardi</i>	Bocachica	2				
<i>Poecilia gillii</i>	Parivivo	1			3	
<i>Rhamdia quelen</i>	Barbudo	5	1	2		
<i>Roebooides loftini</i>	sardina	5				
<i>Sicydium altum</i>	Titi	15				
<i>Trichomycterus striatus</i>	Barbudillo	3				

Fuente: ERM, septiembre 2017

La diversidad según la función de Shannon fue mayor en la quebrada La Encantada con 2.536 bels, muy similar a la diversidad total de esta zona con 2.667 bels. La equidad fue mayor en el sitio de muestro El Jobo (Guayabalito) con 0.9414. Hay que resaltar que cuando se hacen los análisis de los totales, indican el número máximo de taxones diferentes y la suma total de los individuos para todos los sitios muestreados.

Tabla 1-7: Análisis de diversidad para las estaciones en el tramo bajo del río Indio

	Qda. La Encantada	Qda. El Jobo (Jobo Arriba)	El Jobo (Guayabalito)	Qda. Chilar	Qda. Membrillar	Total
Taxones	17	7	4	3	2	20
Individuos	78	16	16	10	5	125
Shannon_H	2.536	1.717	1.305	0.8979	0.5004	2.667
Equidad	0.8951	0.8824	0.9414	0.8173	0.7219	0.890

Fuente: ERM, septiembre 2017

1.2.2 Macro invertebrados

Las colectas en los tres tramos de la cuenca del río Indio (alto, medio y bajo) aportaron seiscientos sesenta y cuatro (664) ejemplares. Estos organismos se distribuyen en cinco (5) especies, que se reparten en dos (2) familias: Atyidae y Palaemonidae.

1.2.2.1 Tramo alto

Unos ciento treinta y siete (137) macro invertebrados fueron capturados en la cuenca alta del río Indio, principalmente del camarón marucha o *Atya scabra* con cincuenta y cinco (55), seguido por el camarón pulga (*Potimirim glabra*). La localidad donde más especímenes se colectaron fue la ubicada en el río Indio a la altura de la comunidad de El Jordanal con sesenta y un (61) ejemplares. (Tabla 3-8).

Tabla 1-8: Especies de crustáceos colectados en el tramo alto de la cuenca del río Indio

Especies	Nombre común	Río Indio Arriba	Río Indio (Jordanal)	Río Indio (Barrio Unido)
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	Camarón	1	4	6
<i>Macrobrachium carcinus</i>	Camarón rayado	6	16	11
<i>Atya scabra</i>	Marucha	15	19	21
<i>Potimirim glabra</i>	Pulga	6	22	10

Fuente: ERM, septiembre 2017

La diversidad de macro invertebrados fue baja, debido principalmente a las pocas especies reportadas (4) en el tramo alto del río Indio aunque la cantidad de individuos fue relativamente alta con ciento treintaisiete (137) (Tabla 3-9).

Tabla 1-9: Resumen de las especies colectadas en las estaciones ubicadas en el tramo alto de la cuenca del río Indio

	Río Indio Arriba	Río Indio (Jordanal)	Río Indio (Barrio Unido)	Total
Taxones	4	4	4	4
Individuos	28	61	48	137
Shannon_H	1.114	1.261	1.286	1.267
Equidad	0.8033	0.9095	0.9277	0.9143

Fuente: ERM, septiembre 2017

1.2.2.2 Tramo medio

Trescientos noventa y dos (392) macro invertebrados (Tabla 3-10) fueron colectados en el tramo medio del río Indio. *Atya scabra*, es el crustáceo

decápodo que más se capturó con ciento treintainueve (139) individuos, mientras que la estación ubicada en río Teriá fue la que más organismos presentó con ciento treinta y uno. En el río Indio a la altura de Tres Hermanas se colectaron noventa y seis (96) individuos mientras que a la altura de San Cristóbal se capturaron setenta y cuatro (74) camarones. Todas las especies de macro invertebrados se colectaron en todas las estaciones evaluadas. Es decir, la distribución de cada una de las especies abarca todos los sitios estudiados.

Tabla 1-10: Especies de macro invertebrados decápodos evaluadas durante el estudio

Especies	Nombre común	Río Teriá	Río Indio (San Cristóbal)	Río Indio (Tres Hermanas)	Río Uvero	Río Uracillo
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	Camarón	24	8	9	5	1
<i>Macrobrachium carcinus</i>	Camarón rayado	36	12	22	16	12
<i>Atya scabra</i>	Marucha	48	25	29	21	16
<i>Potimirim glabra</i>	Pulga	23	29	36	15	5

Fuente: ERM, septiembre 2017

Aunque en el tramo medio se colectaron trescientos noventa y dos individuos, los análisis de diversidad muestran valores de bajos a medios, con valores muy similares entre sí. La poca cantidad de especies parece ser la razón principal que contribuye a estos resultados (Tabla 3-11).

Tabla 1-11: Diversidad y equidad de las estaciones muestreadas en el tramo medio de la cuenca del río Indio

	Río Teriá	Río Indio (San Cristóbal)	Río Indio (Tres Hermanas)	Río Uvero	Río Uracillo	Total
Taxones	4	4	4	4	4	4
Individuos	131	74	96	57	34	392
Shannon_H	1.339	1.269	1.289	1.289	1.108	1.324
Equitability_J	0.966	0.9156	0.9298	0.93	0.7992	0.954

Fuente: ERM, septiembre 2017

1.2.2.3 Tramo bajo

Solo ciento treintaicinco (135) crustáceos decápodos fueron capturados en el tramo bajo del río Indio. El camarón *Potimirim glabra* (pulga) estuvo bien representado con cincuenta y dos (52) individuos, mientras que la quebrada La Encantada reportó cincuenta y siete (57) organismos si se suman todos los crustáceos. El número de especies por sitio de muestreo fue mayor en la quebrada La Encantada con la representación de las cuatro especies reportadas (Tabla 3-12). *Macrobrachium carcinus* o camarón rayado, se distribuyó en todos los sitios de muestro de esta estación.

Tabla 1-12: Macro invertebrados colectados en el tramo bajo de la cuenca del río Indio

Especies	Qda. La Encantada	Qda. El Jobo (Jobo Arriba)	El Jobo (Guayabalito)	Qda. Chilar	Qda. Membrillar	Total
<i>Macrobrachium</i>	5		1	6	9	21
<i>Macrobrachium carcinus</i>	12	1	3	10	12	38
<i>Atya scabra</i>	18	6				24
<i>Potimirim glabra</i>	22			12	18	52

Fuente: ERM, septiembre 2017

Solo ciento treinta y cinco individuos (ver Tabla 3-13) fueron colectados en el tramo bajo del río Indio. Este reducido número de organismos aunado a las pocas especies colectadas, da como resultado que la diversidad sea baja en este tramo de la cuenca. En el sitio de muestreo ubicado en la quebrada La Encantada se obtuvo la diversidad más alta con 1.273, seguido por la diversidad en la quebrada el Chilar con 1.061. La equidad presentó sus más altos valores en la quebrada el Chilar con 0.9657 y quebrada Membrillar con 0.9629.

Tabla 1-13: Diversidad de Shannon para las diferentes estaciones muestreadas en el tramo bajo de la cuenca

	Qda. La Encantada	Qda El Jobo (Jobo Arriba)	El Jobo (Guayabalito)	Qda. Chilar	Qda. Membrillar	Total
Taxones	4	2	2	3	3	4
Individuos	57	7	4	28	39	135
Shannon_H	1.273	0.4101	0.5623	1.061	1.058	1.321
Equidad	0.9182	0.5917	0.8113	0.9657	0.9629	0.9528

Fuente: ERM, septiembre 2017

1.2.3 Macrofitas

El estudio de la flora acuática de la cuenca de río Indio en la estación lluviosa, arrojó un total de cincuenta especies de las cuales, veinte seis son monocotiledóneas y veinticuatro dicotiledóneas. Entre las especies consideradas como estrictamente acuáticas tenemos a *Limnocharis flava*, *Montrichardia arborescens*, *Marathrum allenii* y *Pontederia rotundifolia*.

Las especies que presentaron mayor dominancia fueron: *Spermacoce densiflora*, *Pavonia schiedeana*, *Sphagneticola trilobata* y *Mimosa pudica*. Estas especies dominan en los sitios de muestreos porque el ecosistema es apto, caracterizado por lugares abiertos y áreas perturbadas por las actividades antropogénicas.

El tramo alto se caracterizó por tener rocas cubiertas de briófitos, bromelias en los árboles y muchas plantas de la familia Arecaceae. En el tramo medio, las rocas tenían menor cantidad de briófitos y la orilla estaba cubierta de abundantes plantas de las familias Araceae y Fabaceae. Por último, la parte baja de la cuenca presenta un ambiente totalmente diferente, ya que es en este tramo donde se encuentra la desembocadura del río al océano Atlántico. Lo anterior indica la presencia de agua salobre en algunos sitios de estudio. En este tramo de la cuenca se observó vegetación de *Cecropia* sp., que es una especie que crece en lugares abiertos. Los sitios ubicados en el tramo medio

presentaron una mayor riqueza de especies, seguido del tramo alto y, por último, el tramo bajo o desembocadura.

1.2.3.1 Tramo alto

Los resultados indican una variedad de especies macrófitas con un mayor número de las mismas en el río Indio a la altura de Jordanal (sitio de muestreo No. 2) con veinte (20) especies (Tabla 3-14). En el sitio de muestreo No. 1, a la altura de río Indio Arriba, el número fue muy similar con dieciocho (18) ejemplares diferentes. En total se colectaron treinta y cuatro (34) especies diferentes para el tramo alto de río Indio. *Spathiphyllum friedrichsthalii* Schott, *Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski y *Sida rhombifolia* L., son las especies que tuvieron la mayor distribución, reportándose para los tres sitios de muestreo evaluados en el tramo alto de la cuenca hidrográfica.

Tabla 1-14: Especies de macrófitas reportadas para el tramo alto de la cuenca hidrográfica del río Indio

Familia	Especie	Nombre común	Hábitat	1	2	3
Acanthaceae	<i>Justicia comata</i> (L.) Lam.		h		X	
Araceae	<i>Spathiphyllum friedrichsthalii</i> Schott		h	X	X	X
Araceae	<i>Spathiphyllum fulvovirens</i> Schot		h			X
Asteraceae	<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	clavelin de playa	h	X	X	X
Asteraceae	<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore		h	X		X
Begoniaceae	<i>Begonia</i> sp.		h		X	
Boraginaceae	<i>Heliotropium indicum</i> L.	alacrancillo	h	X		
Campanulaceae	<i>Centropogon coccineus</i> (Hook.) Regel ex B.D. Jacks.		h	X		
Caryophyllaceae	<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.	nervillo	h			X
Commelinaceae	<i>Tripogandra serrulata</i> (Vahl) Handlos	siempre viva	h		X	
Commelinaceae	<i>Comelina erecta</i> L.		h	X		
Cyclanthaceae	<i>Carludovica drudei</i> Mast.		a		X	X
Cyperaceae	<i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeckeler	florecita blanca	h	X	X	

Familia	Especie	Nombre común	Hábitat	1	2	3
Cyperaceae	<i>Eleocharis elegans</i> (Kunth) Roem. & Schult.	junquillo	h		X	
Cyperaceae	<i>Eleocharis geniculata</i> (L.) Roem. & Schult.		h			X
Cyperaceae	<i>Cyperus odoratus</i> L.		h	X		
Cyperaceae	<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Rottb. ex Retz.		h		X	
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i> L.	dormidera	h	X		X
Fabaceae	<i>Zygia longifolia</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.)		a			X
Haemodoraceae	<i>Xiphidium caeruleum</i> Aubl.	cola de gallo	h	X	X	
Iridaceae	<i>Trimezia steyermarkii</i> R.C. Foster		h	X	X	
Linderniaceae	<i>Torenia crustacea</i> (L.) Cham. & Schltdl.		h		X	
Lythraceae	<i>Cuphea epilobiifolia</i> Koehne		a	X	X	
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	escobilla	h	X	X	X
Malvaceae	<i>Pavonia schiedeana</i> Steud.	mozote	h		X	X
Marantaceae	<i>Calathea latifolia</i> Klotzsch	bijado	h	X		X
Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H. Raven	clavelillo	h	X	X	
Poaceae	<i>Homolepis isocalycia</i> (G. Mey.) Chase		h	X		
Poaceae	<i>Steinchisma laxa</i> (Sw.)		h			X
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus urinaria</i> L.	riñoncillo	h	X		
Podostemaceae	<i>Marathrum allenii</i> Woodson	pasa carne	hac	X	X	
Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i> Jacq.		a		X	
Rubiaceae	<i>Spermacoce densiflora</i> (DC.) Alain		h		X	
Zingiberaceae	<i>Hedychium coronarium</i> J. Koenig	jazmín	h		X	X

Fuente: ERM, septiembre 2017

Nota: Río Indio Nacimiento (1), Quebrada Jordanal (2), Río Indio (3). Hábitat: arbusto (a), hierba (h), hierba acuática (hac)

1.2.3.2 Tramo medio

Treinta y ocho (38) especies de macrófitas (ver Tabla 3-15) son descritas para esta estación. La riqueza de especies de macrófitas oscila entre seis (6) para el sitio de muestreo No. 8 (río Uracillo) y veintidós (22) en el sitio de muestreo No. 5 (río Indio a la altura de San Cristóbal). *Mimosa pudica* (dormidera) es la especie más conspicua en el tramo medio de la cuenca con distribución en los cinco (5) sitios evaluados en esta estación (tramo medio). Tanto *Pavonia*

schiedeana (mozote) y la rubiácea *Spermacoce densiflora* (DC.) son otras especies bien representadas en el tramo medio de la cuenca hidrográfica del río Indio, distribuyéndose en cuatro de los cinco sitios de muestreo en los que se realizaron las colectas.

Tabla 1-15: Especies de macrófitas colectadas en el tramo medio de la cuenca hidrográfica del río Indio

Especie	Nombre común	Hábitat	4	5	6	7	8
<i>Hygrophila costata</i> Nees & T. Nees		h	x		x		x
<i>Justicia comata</i> (L.) Lam.		h		x		x	
<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchenau	cebolla de chucho	hac			x		
<i>Amaranthus spinous</i> L.		h	x	x			
<i>Asclepias curassavica</i> L.	mata caballo	h	x			x	
<i>Spathiphyllum fulvovirens</i> Schot		h		x			
<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	clavelin de playa	h	x		x	x	x
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.	nervillo	h				x	
<i>Tripogandra serrulata</i> (Vahl) Handlos	siempre viva	h	x				
<i>Costus scaber</i> Ruiz & Pav.	caña agría	h				x	
<i>Carludovica drudei</i> Mast.		a		x			
<i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeckeler	florecita blanca	h		x	x	x	
<i>Eleocharis elegans</i> (Kunth) Roem. & Schult.	junquillo	h				x	
<i>Eleocharis geniculata</i> (L.) Roem. & Schult.		h	x	x			
<i>Cyperus odoratus</i> L.		h	x	x			
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Rottb. ex Retz.		h		x			
<i>Chamaesyce prostrata</i> (Aiton) Small		h	x	x			
<i>Mimosa pudica</i> L.	dormidera	h	x	x	x	x	x
<i>Zygia longifolia</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.)		a				x	
<i>Xiphidium caeruleum</i> Aubl.	cola de gallo	h			x		
<i>Heliconia hirsuta</i> L. f.		h		x			
<i>Torenia crustacea</i> (L.) Cham. & Schltdl.		h		x		x	
<i>Cuphea epilobiifolia</i> Koehne		a		x			
<i>Sida rhombifolia</i> L.	escobilla	h	x	x		x	
<i>Pavonia schiedeana</i> Steud.	mozote	h	x		x	x	x

Especie	Nombre común	Hábitat	4	5	6	7	8
<i>Calathea latifolia</i> Klotzsch	bijado	h		x			
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H. Raven	clavelillo	h		x	x	x	
<i>Ludwigia affinis</i> (DC.) H. Hara		h	x			x	
<i>Oxalis barrelieri</i> L.		h		x		x	
<i>Piper sp.</i>		a		x			
<i>Steinchisma laxa</i> (Sw.)		h	x				x
<i>Phyllanthus urinaria</i> L.	riñoncillo	h		x	x	x	
<i>Marathrum allenii</i> Woodson	pasa carne	hac		x			
<i>Pontederia rotundifolia</i> L. f.	berro malo	hac				x	
<i>Hamelia patens</i> Jacq.		a	x			x	
<i>Spermacoce densiflora</i> (DC.) Alain		h	x	x	x		x
<i>Lantana cámara</i> L.		h	x				
<i>Hedychium coronarium</i> J. Koenig	jazmín	h	x	x		x	

Fuente: ERM, septiembre 2017

Nota: río Teriá (4), San Cristóbal (5), Río Indio (6), Río Indio - Los Uveros (7), río Uracillo (8). Hábitat: arbusto (a), hierba (h), hierba acuática (hac)

1.2.3.3 Tramo bajo

En el tramo bajo del río Indio se colectaron treinta (30) especies de macrófitas (Tabla 3-16), siendo esta, la zona con menor riqueza en cuanto a macrófitas. Las especies *Pavonia schiedeana* Steud. y *Spermacoce densiflora* (DC.) Alain, se distribuyen en cuatro de los cinco sitios de muestreo ubicados en este tramo de la cuenca. Por su parte, el sitio de muestreo ubicado en El Jobo (Guayabalito), presenta la mayor riqueza de especies con 12 especies diferentes.

Tabla 1-16: Especies de macrófitas colectadas en las estaciones del tramo bajo de la cuenca del río Indio

Especie	Nombre común	Hábitat	9	10	11	12	13
<i>Hygrophila costata</i> Nees & T. Nees		h			x		x
<i>Justicia comata</i> (L.) Lam.		h				x	
<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchenau	cebolla de chucho	hac			x		
<i>Amaranthus spinous</i> L.		h	x				
<i>Asclepias curassavica</i> L.	mata caballo	h	x	x		x	
<i>Spathiphyllum friedrichsthali</i> Schott		h			x		
<i>Montrichardia arborescens</i> (L.) Schott		ha			x		

Especie	Nombre común	Hábitat	9	10	11	12	13
<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	clavelin de playa	h			x		x
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.	nervillo	h					x
<i>Costus scaber</i> Ruiz & Pav.	caña agría	h				x	
<i>Dimerocostus strobilaceus</i> Kuntze	caña agría	h		x	x		
<i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeckeler	florequita blanca	h				x	
<i>Eleocharis elegans</i> (Kunth) Roem. & Schult.	junquillo	h			x		
<i>Cyperus odoratus</i> L.		h	x				
<i>Mimosa pudica</i> L.	dormidera	h	x	x			x
<i>Zygia longifolia</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.)		a	x				
<i>Trimezia steyermarkii</i> R.C. Foster		h				x	
<i>Cuphea epilobiifolia</i> Koehne		a		x			
<i>Sida rhombifolia</i> L.	escobilla	h	x	x			x
<i>Pavonia schiedeana</i> Steud.	mozote	h		x	x	x	x
<i>Triolena hirsuta</i> (Benth.) Triana		a					x
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H. Raven	clavelillo	h		x		x	x
<i>Oxalis barrelieri</i> L.		h		x			
<i>Piper sp.</i>		a	x				
<i>Homolepis isocalycia</i> (G. Mey.) Chase		h					x
<i>Phyllanthus urinaria</i> L.	riñoncillo	h		x		x	
<i>Pontederia rotundifolia</i> L. f.	berro malo	hac			x	x	
<i>Hamelia patens</i> Jacq.		a	x	x			
<i>Spermacoce densiflora</i> (DC.) Alain		h		x	x	x	x
<i>Hedychium coronarium</i> J. Koenig	jazmín	h		x	x		

Fuente: ERM, septiembre 2017

Nota: La Encantada (9), El Jobo Arriba (10), quebrada El Jobo -Guayabalito (11), quebrada El Chilar (12), quebrada Membrillar (13). Hábitat: arbusto (a), hierba (h), hierba acuática (hac)

1.2.4 *Especies de peces con mayor demanda hídrica en la cuenca hidrográfica del río Indio debido a sus características y biología*

Para determinar qué especies tienen mayor demanda hídrica en la cuenca hidrográfica del río Indio y en cada tramo de la cuenca (alto, medio y bajo), se tomó en consideración la biología de las especies, toda vez que el comportamiento de estos peces puede ser alterado por actividades antropogénicas e inclusive ambientales. De las veinticuatro (24) especies reportadas en el estudio, al parecer cinco (5) presentan características que permiten considerarse como indicadores para determinar el caudal mínimo

que se debe mantener en la cuenca a fin de proteger la vida acuática. Bajo esta óptica, en la Tabla 3-17, se detallan características de cada una de las especies propuestas que tienen una demanda alta de agua en diferentes tramos de la cuenca de río Indio. Por último, hay que mencionar que, la información que se tiene sobre el verdadero caudal mínimo que se necesita para el mantenimiento de una especie, es limitada. Recientemente se están haciendo estudios sobre la integridad biológica de los ecosistemas acuáticos que incluyen aspectos como la diversidad, los niveles tróficos presentes y otros factores físico-químicos que pueden indicar la buena calidad o no de los hábitats encontrados (Abhijna, U. & Biju Kumar, A., 2017; Teixeira & Araujo, 2007; Aguilar I., 2005; Karr & colaboradores, 1986).

Tabla 1-17: Características de algunas de las especies de peces que son consideradas que poseen o tienen una alta demanda de agua en diferentes tramos (alto, medio y bajo) de la cuenca hidrográfica del río Indio

Especie	Nombre común	Biología
<i>Astyanax aeneus</i>	sardina	Astyanax es uno de los géneros dominantes en América Central y Sur, con más de 70 especies. Este pez vive en todo tipo de ríos, arroyos y riachuelos de mucha a poca corriente hasta en pantanos y charcos estancados. Resiste aguas salobres al nivel del mar hasta pequeñas quebradas de 1000 msnm y temperaturas de 20 a 37 °C. Se ha reportado que realiza migraciones masivas desde aguas temporales a ríos más grandes en Costa Rica (Bussing, 1988).
<i>Agonostomus monticola</i>	lisa	Es una especie catódroma, que se caracteriza porque los individuos nadan hacia el mar o los estuarios para reproducirse. <i>A. monticola</i> vive en aguas con corrientes que varían de moderadas a rápidas y pueden resistir los torrentes de cascadas cercanas. Se encuentra hasta los 650 msnm, tolerando temperaturas entre 20 y 31 °C. Algunos factores importantes para su supervivencia son: aguas bien oxigenadas, cuencas no alterada y flujo de agua de moderado a alto (Cruz, 1987). Ascende ríos y pasa vida adulta en agua dulce. Desova durante la estación lluviosa (Bussing, 1988).
<i>Brycon chagrensis</i> , <i>B. petrosus</i>	sábalo pipón	Muy poca información se encuentra en la literatura sobre esta especie, no obstante se conoce que nada en cardúmenes

Espece	Nombre común	Biología
		sobre fondos rocosos o arenosos. Al parecer nada río arriba para desovar (Bussing, 1988).
<i>Joturus pichardi</i>	bobo	Abunda en rápidos o inmediatamente río abajo donde la corriente sigue torrenciosa. Son herbívoros y raspan algas de las piedras del fondo con sus labios carnosos, aunque a veces comen langostinos. Es probable que desoven en biotopos estuarinos cerca de la costa. Se cree que los adultos se reproducen en agua dulce en la desembocadura de los ríos y en seguida vuelven río arriba (Bussing, 1988).
<i>Sicydium altum</i>	chupapiedra/titi	Habita riachuelos y ríos entre el mar y 1180 m de altura, encontrándose principalmente en corrientes de mucha velocidad. Bentónico, vive pegado a las rocas del fondo o escondido entre las piedras lo que hace difícil su captura con redes. Ingiere gran cantidad de lodo, diatomeas y algas filamentosas que raspa del sustrato (Bussing, 1988).

Fuente: ERM, septiembre 2017

1.2.5 *Especies por tramo de la cuenca, determinantes como indicadores para el caudal ambiental*

En el tramo alto de la cuenca de río Indio, cinco especies de peces presentan una demanda ecológica de agua más alta que el resto de especies encontradas debido a sus características migratorias principalmente, lo que puede ser afectado por acciones antropogénicas o ambientales. Estas especies tienen una amplia distribución en el tramo alto de la cuenca (ver Tabla 3-18).

Tabla 1-18: *Especies de alta demanda durante las evaluaciones realizadas en el tramo alto de la cuenca hidrográfica del río Indio*

Especies	Tramo alto		
	Río Indio Arriba	Río Indio (Jordanal)	Río Indio (Barrio Unido)
<i>Agonostomus monticola</i>	x	x	
<i>Brycon chagrensis</i>	x	x	x
<i>Brycon petrosus</i>	x	x	x
<i>Poecilia gillii</i>	x	x	x
<i>Sicydium altum</i>	x	x	x

Fuente: ERM, septiembre 2017

En el tramo medio se encuentra una mayor distribución de las especies que presentan una mayor demanda de agua para su desarrollo. Hay que tomar en cuenta que estas especies tienden a realizar migraciones en los ríos por lo que necesitan un caudal de agua mínimo durante la etapa de desove (Tabla 3-19).

Tabla 1-19: Especies de alta demanda durante las evaluaciones realizadas en el tramo medio de la cuenca hidrográfica del río Indio

Especies	Río Teriá	Río Indio (San Cristóbal)	Río Indio (Tres Hermanas)	Río Uvero	Río Uracillo
<i>Agonostomus monticola</i>	x	x	x	x	x
<i>Astyanax aeneus</i>	x	x	x	x	x
<i>Brycon chagrensis</i>	x	x	x		
<i>Brycon petrosus</i>	x	x			x
<i>Joturus pichari</i>	x	x	x	x	
<i>Poecilia gillii</i>	x	x	x	x	x
<i>Sicydium altum</i>	x	x	x	x	x

Fuente: ERM, septiembre 2017

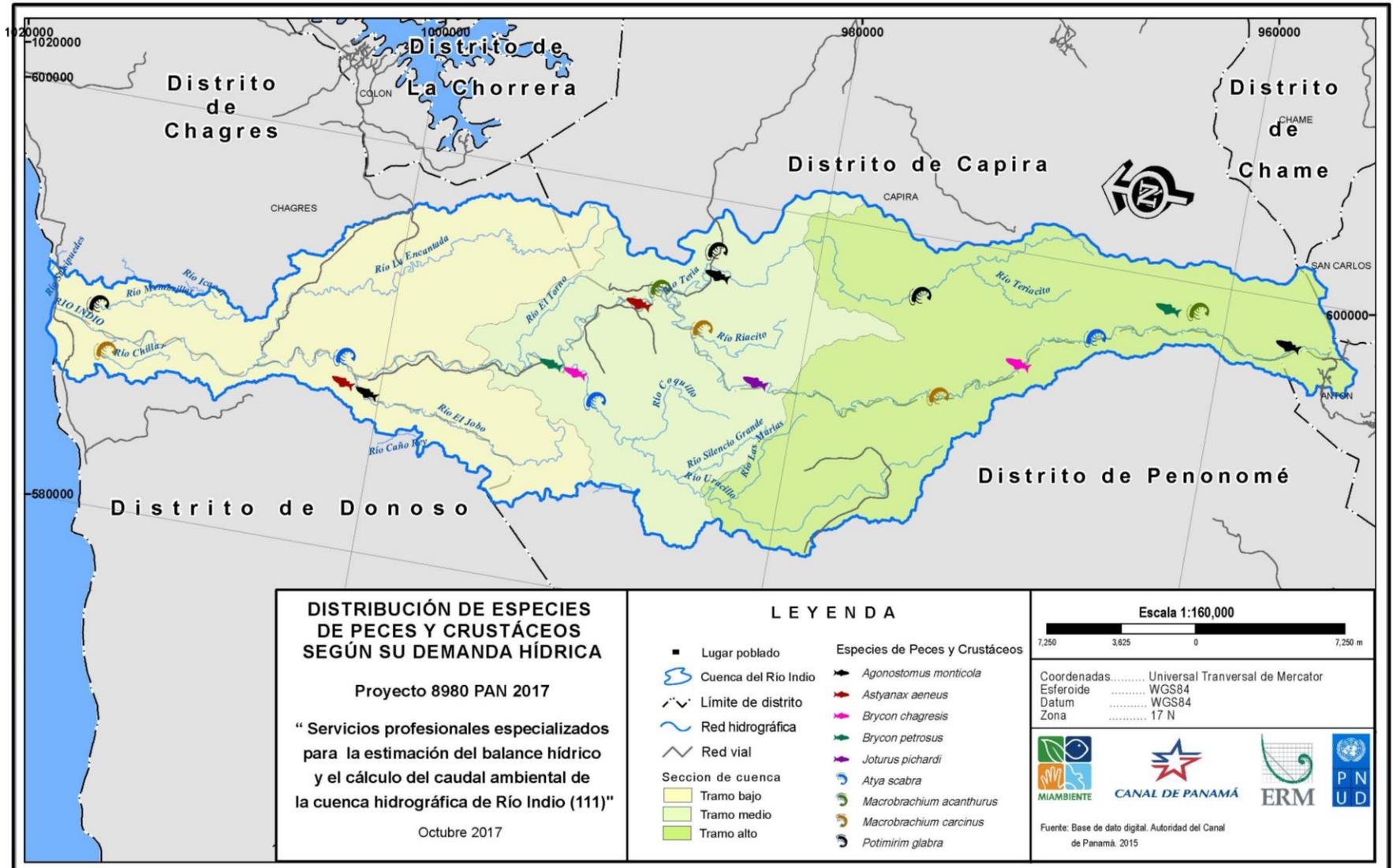
Al igual que en las demás estaciones, en la estación correspondiente al tramo bajo de la cuenca se aprecian las especies que determinan o necesitan una mayor demanda de agua para determinar el caudal ambiental. Hay que mencionar que, en esta zona, la influencia del agua salada puede hacer que se den alteraciones en la diversidad de especies reportadas (ver Tabla 3-20).

Tabla 1-20: Especies de peces que pueden demostrar una demanda mayor de agua debido a sus características en el tramo bajo de la cuenca

Especies	La Encantada	El Jobo (Jobo Arriba)	El Jobo (Guayabalito)	Qda. Chilar	Qda. Membrillar
<i>Agonostomus monticola</i>		x			
<i>Astyanax aeneus</i>	x	x	x		
<i>Brycon chagrensis</i>	x				
<i>Brycon petrosus</i>	x	x			
<i>Joturus pichardi</i>	x				
<i>Poecilia gillii</i>	x			x	
<i>Sicydium altum</i>	x				

Fuente: ERM, septiembre 2017

En la Figura 3-10 se muestra una distribución de las especies que se han identificado como especies que presentan mayor demanda de agua debido a comportamientos y requerimientos biológicos.



Fuente: ERM, septiembre 2017

Figura 1-10: Distribución de especies que presentan mayor demanda de agua en cada tramo de la cuenca

1.2.6 Especies con algún grado de vulnerabilidad

De acuerdo a los registros de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), seis (6) especies se encuentran con algún grado de vulnerabilidad, en este caso LC (especies de preocupación menor). Las otras especies de peces no han sido evaluadas por la entidad. Las cuatro (4) especies de macro invertebrados reportados se encuentran en la Lista Roja de UICN, igualmente bajo el estatus de especies con preocupación menor (LC) (ver Tabla 3-21).

Tabla 1-21: Estado de vulnerabilidad de algunas especies colectadas en los tramos alto, medio y bajo de la cuenca del río Indio y que se encuentran incluidas en el libro rojo de UICN

Peces	Nombre común	Vulnerabilidad
<i>Agonostomus monticola</i>	<i>Lisa</i>	LC
<i>Atherinella milleri</i>	<i>Sardinilla</i>	LC
<i>Bryconamericus emperador</i>	<i>Sardina</i>	LC
<i>Dormitator latifrons</i>	<i>Guapote</i>	LC
<i>Eleotris pisonis</i>	<i>Peje sapo</i>	LC
<i>Gobiomorus dormitor</i>	<i>Guabina</i>	LC
Macroinvertebrados	Nombre común	Vulnerabilidad
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	<i>Camarón</i>	LC
<i>Macrobrachium carcinus</i>	<i>Camarón rayado</i>	LC
<i>Atya scabra</i>	<i>Marucha</i>	LC
<i>Potimirim glabra</i>	<i>Pulga</i>	LC

Fuente: ERM, septiembre 2017

1.3 COMPONENTE BIOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL

El caudal ambiental se refiere a la cantidad de agua mínima necesaria para que las especies de diferentes organismos se puedan desarrollar en los cuerpos de agua (ríos, quebradas, arroyos), realizando actividades como migración,

reproducción, alimentación, etc. Por muchos años se utilizó en Panamá como medida para determinar el caudal ambiental, un porcentaje (10 %) del caudal promedio que recorre el cauce (ANAM, Resolución AG-0091-2012). No obstante, al utilizarse este número se obvian las necesidades de los distintos grupos de peces u otros organismos que utilizan el medio acuático. La determinación tradicional del caudal ambiental, también requiere que se realicen mediciones por mucho tiempo para así lograr promedios que representen las variaciones estacionales a lo largo de grandes periodos. Cabe recordar, que esta Resolución (AG N°AG-0091-2012) sobre la determinación del caudal ambiental fue derogada en el 2017.

Para estimar el caudal mínimo requerido para la preservación de especies en los tramos de estudio, primero se determinó cuáles fueron los caudales que presentaban los diferentes tramos durante los trabajos de recolección de muestras de peces y macroinvertebrados. El método de campo utilizado para este fin, se basa en medir la velocidad del agua y aplicar la fórmula:

$$\text{Caudal} = \text{Sección} \times \text{velocidad}$$

$$m^3/s = m^2 \times m/s$$

La estimación de la velocidad del agua se calculó arrojando un objeto flotante, y para determinar la sección, se estimaron valores aproximados de anchura media por profundidad media. Esta metodología fue escogida pues se adecúa a las características del estudio y a las condiciones del terreno al momento de hacer el trabajo de campo. Se debe aclarar que estas medidas fueron tomadas durante la estación lluviosa y las mismas no representan un promedio del caudal del río Indio (representan un dato puntual durante los muestreos en cada uno de los sitios).

A partir de esta información recolectada, se determinó un caudal mínimo requerido para las especies identificadas durante los trabajos de campo dentro de la cuenca de río Indio, las cuales demandan una alta cantidad de agua para desarrollar sus distintas actividades (ver Figura 3-20).

La determinación del caudal mínimo se estableció de la siguiente forma: se utilizó una velocidad mínima de 0.8 metros por segundo (m/s) y una profundidad de 0.35 metros (estos datos fueron obtenidos de estudios realizados en Costa Rica para *Agonostomus monticola* por Chavez y colaboradores en el 2006), los cuales representan las condiciones mínimas de velocidad de corriente y profundidad que necesita esta especie en particular, es decir, valores umbrales para la especie. Con los datos obtenidos en campo de las diferentes secciones del río, es decir, ancho del río, se estimó el caudal mínimo que necesita la especie.

A diferencia del cálculo anteriormente utilizado en Panamá y derogado en el 2017, el cual establecía que el caudal ambiental se calculaba como el 10 % del caudal promedio anual del cuerpo de agua, en esta ocasión, se toma en consideración primaria las necesidades de las especies de peces presentes. *Agonostomus monticola* (catódromo), la cual es un mugilido que realiza migraciones en los cuerpos de agua por temporadas y que se ha descubierto que durante la estación seca también se desplaza de un lugar a otro en las cuencas de los ríos en donde habita. En particular, *A. monticola* es de mayor tamaño que otras especies también consideradas para ser utilizadas en la evaluación del caudal ambiental en base a las necesidades de los organismos como *Astyanax aeneus* o *Poecilia gillii*, ambas especies reportadas también en el presente trabajo. Esta característica permite establecer que, si el caudal ambiental se mide de acuerdo a la necesidad de una especie de mayor tamaño, otras de longitudes menores pueden desarrollarse adecuadamente.

Las fluctuaciones en los cuerpos de agua producto de la estacionalidad son muy frecuentes y varían dependiendo del régimen de lluvia de un año a otro. No obstante, las especies se adecuan a estos cambios siempre y cuando las necesidades, en cuanto a la demanda de agua que tienen, se puedan mantener. A diferencia de los procesos naturales, cuando las alteraciones son el producto de alteraciones antropogénicas, se busca que las necesidades mínimas se conserven, no quiere decir esto, en ningún momento, que en un periodo estacional, ríos, quebradas, o arroyos, no se encuentre en periodos críticos por falta de lluvias.

Desde esta perspectiva, hay que considerar también, que ni el caudal ambiental determinado por un método previamente utilizado (Resolución AG-0091-2012) o inclusive el caudal ambiental establecido por las necesidades de las especies que habitan el cuerpo de agua, garantizan que las mejores condiciones o al menos las mínimas se mantengan. De acuerdo al análisis de los técnicos que realizan esta investigación, los caudales mínimos permiten tratar de mantener un manejo más adecuado de las fuentes de agua que podrían sufrir alteraciones a futuro.

Debido a la limitada y casi nula información que se tiene sobre las necesidades de algunas especies de peces en Panamá, se preparó la Tabla 3-22 utilizando los valores establecidos en Costa Rica por Chavez y colaboradores (2006), en donde se asigna una velocidad mínima de 0.8 m/s (el rango más bajo para condiciones óptimas) y una profundidad de 0.35 m. Los datos de ancho del cauce se obtienen de los valores encontrados durante las visitas a campo. Dado que el caudal mínimo proporciona un volumen de agua necesario, los valores de velocidad y profundidad podrían variar según la estacionalidad.

Hay que recordar que la visión de caudal mínimo contempla necesidades en un sistema ecológico muy cambiante como lo es el acuático y donde las

especies tienden a desplazarse buscando condiciones más favorables para su desarrollo. Podríamos agregar que los propios cambios en los caudales producto de la temporada lluviosa o seca forman parte de la dinámica que acompaña al hábitat y al ecosistema por lo que las especies que se encuentran en los medios acuáticos, están adaptadas en su mayoría a estos cambios estacionales.

Bajo esta óptica, a diferencia de establecer un caudal mínimo en base a modelos donde la cantidad de agua (10 % del caudal promedio) representa el factor predominante (metodología utilizada en Panamá para determinar el caudal ambiental anteriormente, en cumplimiento de la Resolución AG-0091-2012 y actualmente derogada), el caudal mínimo utilizado en el presente estudio, pondera las necesidades de la especie y la demanda de agua necesaria para que realice sus actividades. Esto nos permite también establecer situaciones interesantes, como por ejemplo, en algunos lugares donde el caudal ambiental fue inclusive mayor que el caudal obtenido en campo, no se reportó *A. monticola*. Lo anterior sugiere que esa sección del río en ese momento no guardaba condiciones adecuadas para que *A. monticola* utilizara el hábitat.

Tabla 1-22: Caudal obtenido en campo y caudal mínimo (13 sitios de muestreo) requerido basado en las necesidades de la especie *Agonostomus monticola*

	Caudal obtenido en campo (m ³ /s)	Caudal mínimo calculado (m ³ /s)
Tramo Alto		
Río Indio Arriba	2.7	1.4
Jordanal	3.8	1.5
Barrio Unido	36.8	3.8
PROMEDIO	14.4	2.23
Tramo medio		
Río Teriá	3.2	1.0
San Cristóbal	18.1	2.0

	Caudal obtenido en campo (m ³ /s)	Caudal mínimo calculado (m ³ /s)
Tres Hermanas	10.2	3.4
Uvero	13.3	5.4
Uracillo	2.9	1.1
PROMEDIO	9.5	2.5
Tramo bajo		
Jobo Arriba	2.8	0.8
Jobo (Guayabalito)	12.4	5.0
Membrillar	2.6	0.8
Chillar	1.9	0.8
PROMEDIO	4.9	1.9

Fuente: ERM, octubre 2017

Por último, hay que considerar que los caudales obtenidos en campo para los diferentes sitios se estimaron en temporada lluviosa por lo que los caudales mínimos, no se asemejan a la metodología previamente utilizada o establecida en la Resolución AG-0091-2012 (derogada en 2017), sino que reflejan condiciones que debe tener como mínimo la especie escogida (*A. monticola*) para poder desarrollarse adecuadamente.

1.4 *LIMITANTES DEL COMPONENTE BIOLÓGICO*

Los principales factores que limitaron el estudio están ligados a las condiciones ambientales presentes durante los periodos de colecta (estación lluviosa). Específicamente, en temporadas de lluvia con tormentas eléctricas o crecidas de ríos, las condiciones pueden ser peligrosas para los técnicos de campo; del mismo modo, para este estudio en particular, la estación lluviosa restringió la selección de sitios de muestreo a zonas en las cuales existieran rutas que

podieran ser accedidas vía acuática o terrestre dentro de los tiempos que el estudio requería.

Por otra parte, las características de cada especie les permiten adecuarse a entornos cambiantes, especialmente algunos organismos acuáticos. No obstante, la dinámica que existe en los ecosistemas acuáticos hace que, para poder tener una idea más clara de lo que afrontan las especies de peces y otros organismos, se necesiten estudios con periodos de tiempo más largos, es decir, periodos que permitan establecer qué sucede a lo largo del tiempo considerando las variaciones estacionales. Es recomendable entonces, realizar estudios que midan, no solo la variación hidrológica del cuerpo de un río, sino también las condiciones que priman en el entorno de las especies objeto de estudio. Solo así se pueden validar las conclusiones que se obtienen al realizar una evaluación de especies, incluyendo las necesidades prioritarias como la cantidad de agua y la velocidad de corriente necesaria para permitir el desarrollo de un organismo en una zona en particular.

Sin duda alguna, conocer las necesidades básicas permite establecer si las condiciones del hábitat son las adecuadas. En el caso particular del presente estudio, el conocimiento de esas necesidades es fundamental para establecer un caudal mínimo, que no es otra cosa que el rango mínimo ambiental o ecológico donde se puede desarrollar una especie. Es recomendable hacer investigaciones más extensas con especies objeto, de manera tal que, el caudal ambiental pueda ser establecido en base a las necesidades de los organismos.

*Fotos de los sitios de muestreo
biológico*

Sitio Río Indio Arriba



Río Indio (Jordanal)



Río Indio (Barrio Unido)



Río Teriá



Río Indio (San Cristóbal)



Río Indio (Tres Hermanas)



Río Indio (Uvero)



Río Uracillo



Quebrada El Jobo (Jobo Arriba)



Qda La Encantada



El Jobo (Guayabalito)



Quebrada Chilar



Quebrada Membrillar

