INFORME DE CALIDAD DE AGUA DE RÍOS DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN

AGOSTO, 2020

Responsable: MSc. Fátima Reyes *(Jefe del Depto. de Investigación y Calidad Ambiental)*

Introducción

Los ríos, riachuelos, arroyos y quebradas, son cuerpos de agua corriente o *lóticas*. Estas aguas están asociadas generalmente a lugares de erosión, transporte y sedimentación de materiales (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008). El monitoreo de la calidad de agua de los ríos utilizando diversos índices, es importante para evaluar el estado ecológico (Fig. 1) y el impacto que éstos tienen en el lago Atitlán. Con el programa de monitoreo de ríos se determina el nivel de contaminación de los principales afluentes del lago Atitlán y la calidad ambiental en los sitios de muestreo, mediante la evaluación de las condiciones momentáneas (*e.i., parámetros* fisicoquímicos) y a lo largo del tiempo (bioindicadores).

Figura 1 Parte baja de la microcuenca Quiscab (AMSCLAE/DICA, 2020).

Justificación

Entre las funciones del Departamento de Investigación y Calidad Ambiental (Acuerdo Gubernativo 78-2012), se encuentran "*Evaluar en forma sistemática la calidad de agua del lago de Atitlán y sus cuencas tributarias, y llevar a cabo los programas para el monitoreo de calidad ambiental en la cuenca del lago de Atitlán*". Esto con el fin de evaluar de forma permanente el impacto ambiental de las acciones que se desarrollan en la cuenca, así como fomentar el uso sostenible de los recursos naturales mediante el manejo integrado de los mismos.

Objetivos

- Evaluar de forma sistemática la calidad ambiental de los recursos naturales a través de la calidad de agua de las microcuencas que conforman la cuenca del lago Atitlán mediante el Índice de Calidad de Agua -ICA-, el Índice de Calidad del Hábitat –RBP- y el Índice Biótico BMWP/Atitlán.

- Incrementar el listado taxonómico de macroinvertebrados acuáticos presentes en la cuenca del lago Atitlán.

Materiales y métodos

Área de estudio

Durante el 2020, se evaluó la calidad ambiental de cinco microcuencas de forma sistemática, es decir, en el mismo lugar y con las mismas metodologías que se implementaron en muestreos o años anteriores. Los sitios de muestreo se ubicaron en la parte baja de las microcuencas de Panajachel, La Catarata, San Buenaventura, Tzununá, Quiscab (Cuadro 1) (Fig.2 y 3). Se realizó un único muestreo por microcuenca durante el mes de junio y solo se tomaron muestras en la parte baja de las microcuencas debido a las restricciones de acceso en algunas comunidades por la situación COVID-19 y a la falta de personal. No obstante, el muestreo fue programado en el período de transición de época seca y lluviosa, y en las mismas fechas que en años anteriores, esto con la finalidad de poder hacer comparaciones en el tiempo.

El muestreo en cada sitio de muestreo tarda aproximadamente dos horas, luego se tienen que procesar las muestras de agua y de macroinvertebrados en el laboratorio. El procesamiento de las muestras de agua y de macroinvertebrados tarda tres semanas aproximadamente, lo cual incluye el análisis de cada parámetro, identificación bajo estereoscopio de cada uno de los organismos recolectados y la tabulación de los datos en los cuadernos de laboratorio, boletas de campo y bases de datos; y el análisis e interpretación de la información para el informe.

Cuadro 1. Sitios de muestreo las microcuencas que conforman la cuenca del lago de Atitlán.

Microcuenca	Sitio / Río	Ubicación	Coordenadas		Jurisdicción	Altitud (msnm)
			X	Y		
Quiscab	Quiscab	Baja	426187	1630392	Sololá, Sololá	1565
La Catarata	La Catarata	Baja	428288	1631199	Panajachel, Sololá	1570
San Buenaventura	San Buenaventura	Baja	428431	1631152	Panajachel, Sololá	1581
Tzununá	Tzununá	Baja	420004	1629106	Santa Cruz La Laguna, Sololá	1575
Panajachel	San Francisco	Baja	429219	1629424	Panajachel, Sololá	1553

Fuente: AMSCLAE/DICA, 2020.

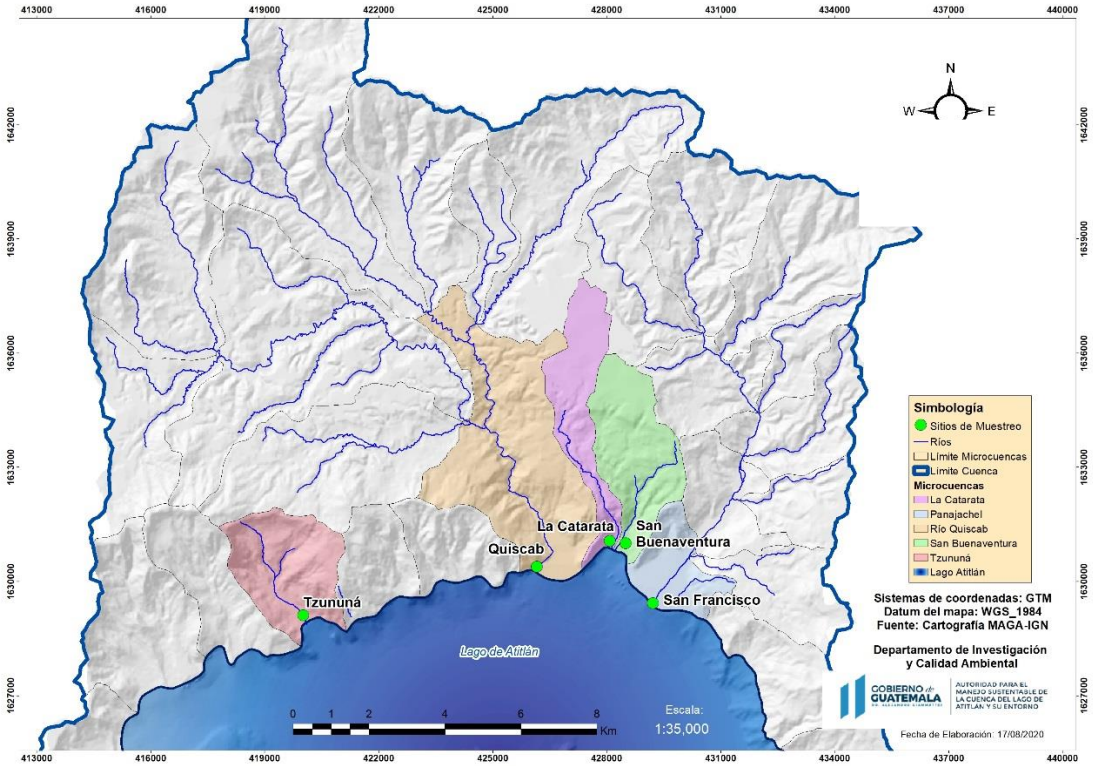

Figura 2 Ubicación de los sitios de muestreo en la cuenca del Lago de Atitlán (AMSCLAE/DICA, 2020).

- *Caracterización del sitio de muestreo*

Para la evaluación de la calidad del hábitat ribereño se utilizó el protocolo de evaluación biológica rápida (RBP por sus siglas en inglés) (Barbour *et al.,* 1999; Reyes, 2012). En cada sitio de muestreo, se realizó una evaluación visual de las condiciones ambientales al momento de tomar las muestras (Anexo A). Se realizó una breve descripción del lecho del río y de la vegetación ribereña.

Se determinó el caudal de cada sitio de muestreo con base en el Método de sección-velocidad (Herrera, 2011). Se definió una sección transversal del cauce para calcular el área, y la velocidad del agua (Anexo B). De tal manera que, el caudal del río está dado por (Herrera, 2011):

$$Q\ (m^3/s) = \text{Área x Velocidad media}$$

Para la medición de la profundidad y la velocidad de cada tramo de la sección transversal del río, se utilizó un molinete magnético OTT MF PRO. Posteriormente se realizaron los cálculos de los caudales con los datos tomados en campo.

Microcuenca Quiscab, baja

Ancho 5 m, caudal 0.664 $m^3 s^{-1}$

Microcuenca Panajachel, baja

Ancho 4.6 m, caudal 0.442 $m^3 s^{-1}$

Microcuenca San Buenaventura, baja

Ancho 3 m, caudal 0.079 $m^3 s^{-1}$

Microcuenca La Catarata, baja

Ancho 2 m, caudal 0.028 $m^3 s^{-1}$

Microcuenca Tzununá, baja

Ancho 2.2 m, caudal 0.103 $m^3 s^{-1}$

Figura 3. Registro fotográfico de los sitios de muestreo, dentro de la cuenca del lago Atitlán (AMSCLAE/DICA,2020).

Cabe mencionar, que en el punto de muestreo ubicado en la parte baja de la microcuenca Panajachel, sobre el río San Francisco, hay presencia humana y una alta perturbación del cauce (*e.i.,* extracción de arena y piedra, descargas de aguas residuales y atraviesa todo el casco urbano de Panajachel). Los puntos de muestreo ubicados en la parte baja de los ríos de las microcuencas San Buenaventura y La Catarata se encuentran dentro de la reserva natural Atitlán donde hay una cobertura forestal significativa a lo largo del cauce. El punto de muestreo ubicado en la microcuenca del río Tzununá se encuentra cercano al casco urbano de la aldea y hay extracción de arena y piedra cerca de la desembocadura, no obstante, hay algunos remanentes de cobertura ribereña a lo largo del río. Finalmente, el punto de muestreo ubicado en la desembocadura del río Quiscab se encuentra lejos de cualquier perturbación urbano, sin embargo, está altamente degradado el bosque rivereño debido a las constantes crecidas del río.

- *Parámetros fisicoquímicos*

En cada sitio se muestreo se tomaron parámetros *in situ* de calidad de agua, tales como oxígeno disuelto (mg/L), saturación de oxígeno (% saturación), salinidad (mg/L), temperatura ambiental (°C), temperatura del agua (°C), pH (unidades de pH) y sólidos disueltos totales (mg/L). El equipo de campo que se utilizó para la medición de los parámetros *in situ* fue un multiparamétrico marca HACH HQ 40d (Fig. 4). Además, se midieron los sólidos sedimentables con un Cono Imhoff y la transparencia con una botella graduada para medición de transparencia de ríos.

Para los análisis microbiológicos de agua, se tomó una muestra en recipientes de plástico de 120 ml previamente esterilizados (POE-18, Recolección de muestras para análisis microbiológico). Los recipientes se abrieron, se llenaron y cerraron bajo el agua para evitar que la muestra se contaminara, y luego fueron trasladados a una temperatura de 4 °C. Se determinó la *E. coli* utilizando la metodología del NMP/100 ml en 5 tubos, realizando una dilución seriada e incubando las muestras durante 24 horas a 36 ± 1 °C.

Adicional se tomó una muestra de 500 ml en recipientes ámbar de vidrio para determinar la Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO_5) y una de 250 ml para análisis de nutrientes (POE-2, Recolección y preservación de muestras: análisis fisicoquímicos y conteo de plancton). El análisis de DBO se realizó utilizando el sistema Oxitop y para los análisis de nutrientes se siguieron los procedimientos operacionales estándar del laboratorio de calidad de agua de DICA, nitratos (POE-08, Análisis de nitratos y nitritos), fosfatos (POE-009, Análisis de fosforo reactivo soluble [Ortofosfatos]) y turbidez -FAU- (programa 77 fotómetro NOVA 60). Para la toma de ambas muestras de agua se lavó el recipiente tres veces con agua del río y posteriormente se llenaron evitando que quedaran burbujas de aire adentro (Fig. 4). Todas las muestras se transportaron y almacenaron a una temperatura de 4 °C.

Figura 4 Toma de muestras de agua para análisis en el laboratorio y medición de parámetros in situ (AMSCLAE/DICA, 2020).

Utilizando los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Anexo 1), se calculó el Índice de Calidad de Agua (Bonilla *et al*., 2010) para determinar su calidad (Cuadro 2). El ICA utiliza los siguientes parámetros: temperatura ambiental y del agua, saturación de oxígeno, pH, TDS, turbidez, fosfatos, nitratos, DBO_5 y coliformes fecales; utilizando la siguiente fórmula:

$$ICA_m = \prod_{i=1}^{9} (Sub_i^{wi})$$

Donde:
w_i: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub_i), ponderados entre 0 y 1.
Sub_i: Subíndice del parámetro i.

Cuadro 2. Clasificación del índice de calidad del agua -ICA- (Bonilla *et. al.,* 2010).

ICA	Calidad de Agua	Color
91 – 100	Excelente	**Azul**
71 – 90	Buena	**Verde**
51 – 70	Regular	**Amarillo**
26 – 50	Mala	**Naranja**
0 – 25	Pésima	**Rojo**

- *Recolecta de Macroinvertebrados*

La recolección de macroinvertebrados se realizó con base en el POE-15 “Calidad de agua mediante el índice BMWP/Atitlán (Macroinvertebrados acuáticos)”, cerca de la desembocadura del río. La metodología consiste en identificar un tramo del punto de muestreo en el río no mayor a 50 m que sea lo más representativo posible de las generalidades del río. A lo largo de este tramo se seleccionaron distintos microhabitats (piedra, hojarasca, troncos, arenas y sedimento), los cuales se limpiaron con la mano o con los pies, procurando que lo removido quedara atrapado dentro de la red “D” (Fig. 5). Se realizó una limpieza *in situ* de las muestras (Fig. 5) y se almacenaran en alcohol al 70%.

Figura 5. Toma de muestras de macroinvertebrados acuáticos con red en D y limpieza *in situ* de las muestras (AMSCLAE/DICA, 2020).

Las muestras de macroinvertebrados se identificaron a nivel de familia y se realizó el conteo de los organismos pertenecientes a cada familia. Los organismos colectados forman parte de la colección de macroinvertebrados del Laboratorio de Calidad de Aguas de la AMSCLAE. Para la determinación de la calidad de agua con base en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, se utilizó el Índice biótico BMWP/Atitlán, el cual se obtiene sumando los puntajes de cada familia presentes en cada sitio de muestreo, clasificando la calidad del agua en seis categorías (Anexo 2) (Reyes, 2012).

- *Calidad ambiental integrada*

Utilizando los resultados de los tres índices se calculó de una forma integrada la calidad ambiental (CA) de los ríos muestreados, utilizando la siguiente fórmula, pesos relativos por índice y clasificación (Cuadro 3):

$$CA_m = \prod_{i=1}^{3} (Sub_i^{wi})$$

Donde:

Sub_i: Subíndice del índice i.

w_i: Pesos relativos asignados a cada índice (Sub_i)

Índice de calidad de hábitat 0.3
Índice de calidad de agua 0.3
Índice BMWP / Atitlán 0.4

Cuadro 3. Clasificación de la calidad ambiental.

Calidad Ambiental	Clasificación	Color
> 91	Buena	**Verde**
61 – 90	Regular	**Amarillo**
< 61	Mala	**Rojo**

Resultados y discusión

Calidad de agua y de hábitat de los sitios de muestreo

En la figura 6 se muestran los resultados de los índices RBP, ICA y BMWP/Atitlán (Anexo 3). La calidad de hábitat (Fig. 6 [a]) osciló entre pésima a buena. Las microcuencas Tzununá, San Buenaventura y Quiscab obtuvieron una calidad regular, La Catarata buena y Panajachel pésima. La razón por la que la mayoría de los ríos tienen una regular calidad de hábitat podría deberse a que se encuentran ubicados en zonas con poca influencia antropogénica y con un poco de bosque ribereño. La microcuenca de Panajachel, el área donde desemboca el río San Francisco tiene una alta intervención humana, tal como descarga de aguas residuales, poca cobertura forestal y extracción de arena y piedra, lo que deteriora significativamente el entorno y por consiguiente el hábitat donde se hizo el muestreo.

La calidad de agua según el ICA osciló varió de mala a regular (Fig. 6[b]). La calidad de agua de los sitios de muestreo está directamente influenciada por las actividades antropogénicas que se realizan dentro de la cuenca (*e.i.,* agricultura, la descarga de aguas residuales, el cambio del uso de suelo, basureros no autorizados), la mayoría de los ríos pasa por algún centro poblado por lo que su calidad de agua se ve afectada. De forma general la calidad de agua, según el ICA, puede verse afectada por el incremento de caudal durante la temporada lluviosa, diluyendo los contaminantes.

La calidad de agua según el BMWP/Atitlán varió entre regular y muy mala (Fig. 6[c]). El río Tzununá fue el único que registró una calidad de agua regular y los demás una calidad muy mala. La abundancia y diversidad de macroinvertebrados acuáticos depende de la calidad y cantidad de sustratos disponibles para vivir, y debido al grado de sensibilidad y/o tolerancia a la contaminación ambiental se les considera como los mejores bioindicadores de calidad de agua, pues integra los cambios del ambiente y las condiciones física y química del agua. Los resultados del monitoreo de ríos reflejan que las condiciones ambientales en los ríos monitoreados son malas, reflejo de una alta contaminación del agua, poca cobertura forestal, vegetación ribereña escasa y alteración de los cauces, afectando así a las comunidades acuáticas que en ellos habitan.

Macroinvertebrados acuáticos

Durante el 2020, se recolectaron 205 macroinvertebrados acuáticos, pertenecientes a 11 Órdenes y 24 familias (Anexo 2). La microcuenca que presentó mayor abundancia y diversidad de macroinvertebrados fue Tzununá, esto está asociado a que es un sitio donde el grado de alteración no es tan fuerte como en los otros, ya que presenta mayor heterogeneidad de micro hábitats. En el resto de las microcuencas solo se recolectaron de cuatro a ocho familias, lo que puede estar asociado a que son ríos con altos niveles de contaminación y gran perturbación del ecosistema.

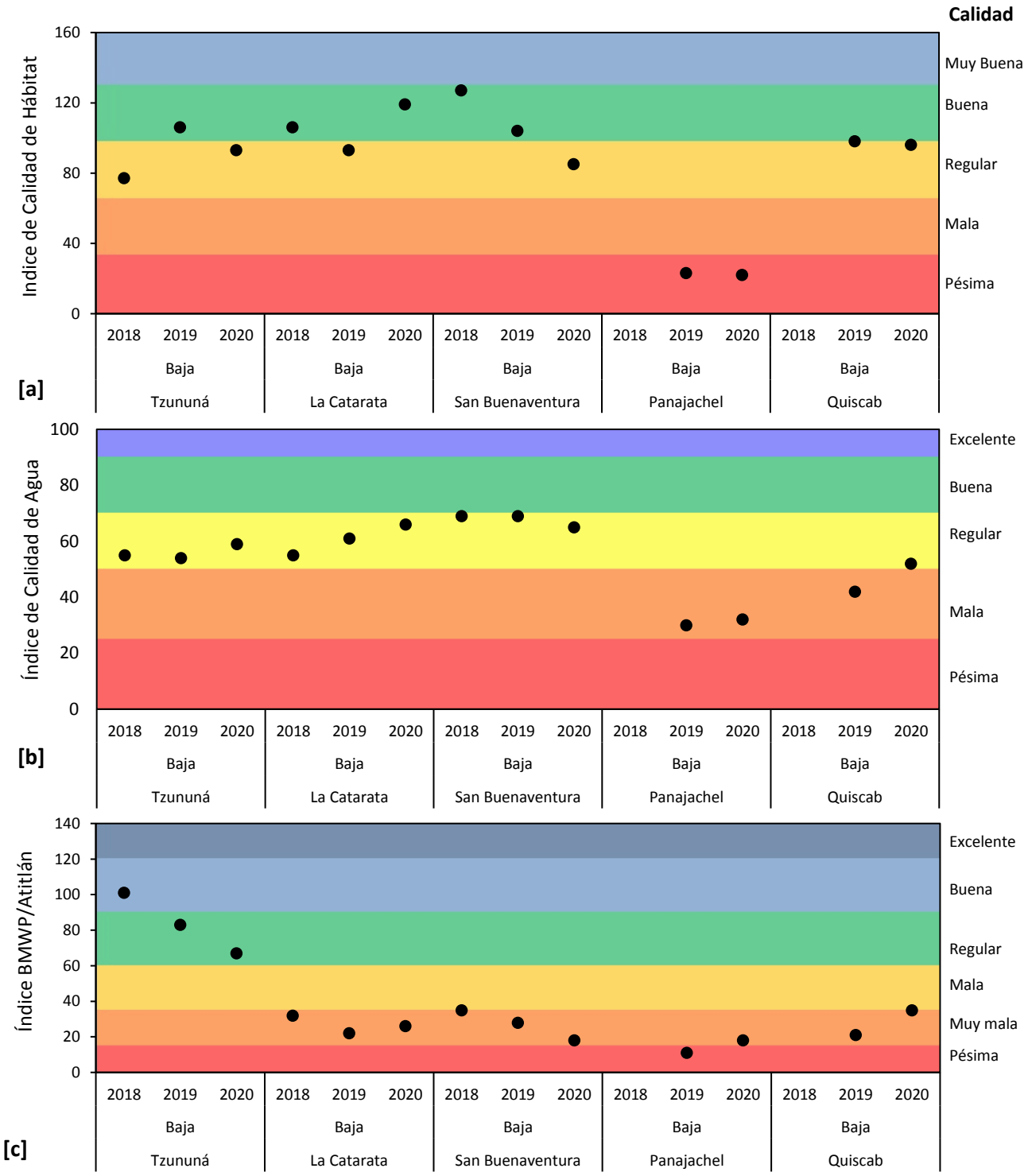

Figura 6. Resultados del [a] Índice de calidad de hábitat. [b] Índice de calidad de agua y [c] Biological Monitoring Working Party para Atitlán durante el 2018, 2019 y 2020 (AMSCLAE/DICA, 2020).

Los resultados obtenidos del cálculo de la calidad ambiental, tomando en cuenta la integración de los tres índices, muestran que el 80 % de los ríos evaluados están bajo una clasificación de mala calidad y el 20 % con una clasificación regular (Cuadro. 4, Fig. 7).

Cuadro 4. Calidad ambiental de los ríos según el índice de calidad ambiental integrada (AMSCLAE/DICA, 2020)

Microcuenca	Ubicación	RBP	ICA	BMWP	Calidad Integrada	Clasificación
La Catarata	Baja	119	66	26	54	Mala
Panajachel	Baja	22	32	18	23	Mala
Quiscab	Baja	96	52	35	53	Mala
San Buenaventura	Baja	85	65	18	42	Mala
Tzununá	Baja	93	59	67	71	Regular

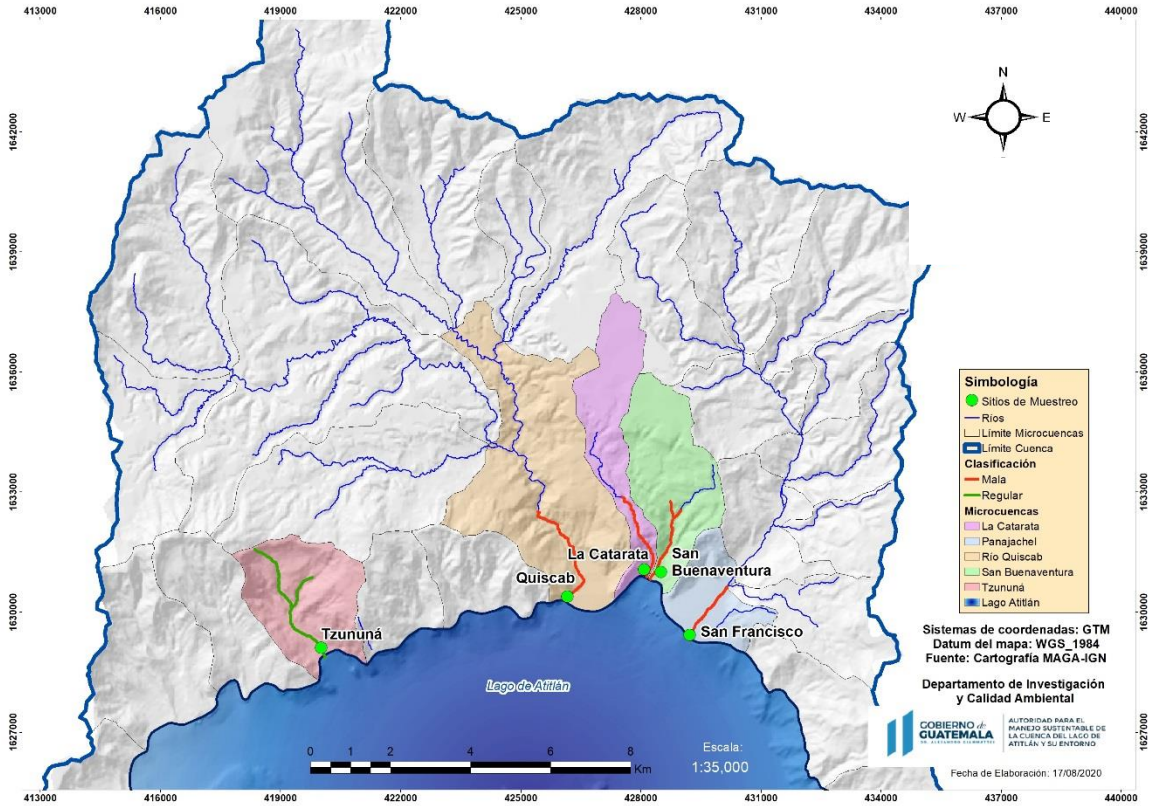

Figura 7. Calidad de agua de los ríos según el índice BMWP/Atitlán y su ubicación geográfica dentro de la cuenca del lago Atitlán. (AMSCLAE/DICA, 2020)

Conclusiones

- La calidad de hábitat y agua entre todas las microcuencas varió entre pésima y excelente. Las diferencias están asociadas a la ubicación de los sitios de muestreo dentro de las microcuencas, el tipo de actividades que se desarrollen en cada microcuenca, el grado de conservación de la zona ribereña y la calidad ambiental de los recursos naturales (suelo y bosque) de cada sitio de muestreo.
- En general e integrando cada uno de los índices, el 80 % de los sitios de muestreo están bajo malas condiciones de calidad de agua. Estos resultados reflejan que hay una degradación de la calidad ambiental de los recursos naturales (agua, suelo y bosque) dentro de la cuenca del lago Atitlán, lo cual tendrá un efecto en el lago Atitlán.

Recomendaciones

- Completar la línea base de calidad de agua de los afluentes de todas las microcuencas que tengan ríos permanentemente. En la actualidad se tienen caracterizadas 15 microcuencas, la mayoría se encuentran ubicadas en la parte norte de la cuenca.
- Socializar los resultados obtenidos a nivel institucional, departamental, municipal y comunal para que se tenga el conocimiento de la calidad de agua de las microcuencas evaluadas durante el 2020 y se elaboren acciones conjuntas para reducir la degradación de los cuerpos de agua.
- Implementar programas de reforestación en las zonas ribereñas de los ríos, para reducir los ingresos de contaminantes derivados de las actividades humanas que se desarrollan dentro de la cuenca. Las zonas ribereñas interceptan, ciclan y acumulan componentes químicos en flujo subsuperficial en diversos grados, eliminando contaminantes del flujo superficial y el agua subterránea poco profunda. Los programas de reforestación en los ríos deben estar bajo las acciones a implementar en el plan de manejo integrado de la cuenca del lago Atitlán o en los planes de manejo de cada microcuenca.
- Ampliar la frecuencia de muestreos en cada microcuenca para evaluar cambios temporales y estacionales que puedan estar asociados a condiciones climáticas y/o actividades humanas. Realizar al menos dos muestreos por año.

Literatura consultada

American Public Health Association, American Water Works Association. y Water Pollution Control Federation. (1992). *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales).* 17ª Ed. Editorial Díaz de Santos: Madrid, ES.

Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder & J.B. Stribling. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams nd Wadeable Rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish.* Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. EEUU.

Bonilla, B., F. Carranza, J. Flores, C. Gonzáles, A. Arias & J. Chávez. 2010. Metodológica analítica para la determinación del índice de calidad del agua (ICA). Editorial Universitaria, San Salvador, El Salvador.

Gutiérrez-Fonseca, P. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Coleoptera en El Salvador*. San Salvador: Editorial Universitaria.

Herrera, IR. (2011). *Manual de hidrología*. Universidad de San Carlos de Guatemala: Facultad de Agronomía y Red Centroamericana de Manejo de Recursos Hídricos. 259 p.

Menjívar, RA. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Diptera en El Salvador*. San Salvador: Editorial Universitaria.

Pacheco-Chaves, B. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Hemiptera en El Salvador.* San Salvador: Editorial Universitaria.

Presidencia de la República. (2012, 12 de abril). Reglamento de la Ley de Creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable del lago de Atitlán y su entorno/ Decreto Gubernativo No. 78-2012. *Diario de Centro América,* p. 1-6.

Reyes, EMF. (2012). *Uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de la calidad del agua en la cuenca del lago de Atitlán, Guatemala.* Tesis Maestría Académica en Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. 2ª Ed. Imprenta Universidad de Antioquía: Colombia.

Serrano Cervantes, L., y Zepeda Aguilar, A. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Ephemeroptera en El Salvador.* San Salvador: Editorial Universitaria.

Sermeño, JM., Pérez, D., Muños, SM., Serrano, L., Rivas, AW. & Monterrosa, AJ. (2010). *Metodología estandarizada de muestreo multi-hábitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la Red "D" en ríos de El Salvador.* Springer (Ed). San Salvador: Editorial Universitaria.

Springer, M., Serrano Cervantes, L. & A. Zepeda Aguilar. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Trichoptera.* San Salvador: Editorial Universitaria.

Anexo A. Plantilla para la evaluación de la calidad de hábitat en ríos (Modificada de Barbour *et al.*¸1999)

AMSCLAE	DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL UNIDAD DE CALIDAD AMBIENTAL **BOLETA DE CAMPO PARA MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DE RÍOS**	Código: B - _____ Versión: 1.2 Emisión: 12/05/2017 Vigencia: 12/05/2017 Página: 2 de 2

EVALUACIÓN DE CALIDAD DE HÁBITAT

Parámetro	Óptimo	Subóptimo	Marginal	Pobre
1. Heterogeneidad de sustratos disponibles para la epifauna	Más del 70% del sustrato es estable y puede ser colonizado por la epifauna (el trecho presenta una mezcla de piedras, troncos sumergidos o cualquier otro sustrato estable)	Entre el 40 y 70% del sustrato es estable. Además, existe un sustrato nuevo aun sin condiciones para ser habitado	Entre 20 y 40% del sustrato es estable. Frecuentemente perturbado o removido	Menos de un 20% del sustrato es estable. Ausencia de hábitats adecuados
Puntos:	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1
2. Empotramiento del sustrato	Entre 0 y 25% de la superficie de rocas, piedras y grava está rodeado de sedimento fino	Entre 25 y 50% de la superficie de rocas, piedras y grava está rodeado de sedimento fino	Entre 50 y 75% de la superficie de rocas, piedras y grava está rodeado de sedimento fino	Más de un 75% de la superficie de rocas, piedras y grava está rodeado de sedimento fino
Puntos:	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1
3. Relación profundidad y velocidad	El trecho del río presenta las cuatro combinaciones: a)lento/ profundo b) lento/bajo c)rápido/profundo y d)rápido/ bajo	Solo tres combinaciones. La ausencia de rápido/bajo determina el menor puntaje	Sólo dos combinaciones. La ausencia de rápido/bajo y lento/bajo determina el menor puntaje	Una cosa combinación presente. Usualmente lento/profundo.
Puntos:	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1
4. Deposición de sedimentos	Ausencia de islas o bancos de arena. Menos del 5% del fondo afectado por deposición de sedimentos.	Reciente y escasa formación de bancos de piedra, arena o sedimento fino. Entre 5 y 30% del fondo afectado por deposición de sedimento, ligera deposición en pozos	Deposición moderada de grava, arena o sedimento fino sobre bancos viejos y nuevos. Entre 30 y 50% del fondo afectado. Sedimento sobre obstrucciones, constricciones y recodos. Moderada deposición en pozos	Grandes depósitos de material fino. Muchos bancos. Más del 50% del fondo cambia con frecuencia. Pozos casi ausentes debido a la gran deposición de sedimentos.
Puntos:	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1
5. Estado del cause de flujo	El nivel del agua alcanza la base de las márgenes y la exposición del sustrato de fondo es mínima.	El agua sólo cubre el 75% del cauce o menos del 25% del sustrato de fondo queda expuesto.	El nivel del agua cubre entre el 25 y 75% del cauce y queda expuesta la mayor parte del sustrato de los rápidos	Muy poca agua sobre el cauce y la mayoría como pozos.
Puntos:	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1
6. Alteración del cauce	Ausencia o mínima presencia de canalización o dragado. Corriente con cauce normal.	Cierta canalización presente por puentes. Evidencia de canalización actual o pasada	Canalización extensiva. Diques u otras estructuras presentes en ambas márgenes. Entre el 40 y 80% del trecho del río canalizado y alterado.	Márgenes protegidas con gabiones o cemento. Más del 80% del trecho del río canalizada y alterado. Los hábitats internos eliminados totalmente.
Puntos:	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1
7. Frecuencia de rápidos	Ocurrencia de rápidos relativamente frecuente. La relación distancia entre rápidos y el ancho del río es < 7 (generalmente 5 o 7).	Ocurrencia de rápidos poco frecuente. La relación distancia entre rápidos y el ancho del río se encuentra entre 7 y 15.	Ocurrencia ocasional de rápidos. La relación distancia entre rápidos y el ancho del río se encuentra entre 15 y 25.	Por lo general el agua corre sin interrupción o rápidos muy bajos. La relación distancia entre rápidos y el ancho del río es mayor a 25.
Puntos:	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1
8. Estabilidad de las márgenes	Márgenes estables. Ausencia de erosión o desprendimientos. Poca posibilidad de problemas futuros. Menos del 5% de la margen está afectada	Estabilidad moderada. Pequeñas áreas de erosión. Entre 5 y 30% de las márgenes del trecho tiene áreas de erosión.	Inestabilidad moderada Entre 30 y 60% de las márgenes del trecho tiene áreas de erosión. Posibilidad de fuerte erosión durante las crecidas.	Inestabilidad completa. Áreas muy erosionadas. Frecuencia de áreas despejadas en trechos rectos y recodos. Entre 60 y 100% de las márgenes del trecho erosionadas.
Puntos:	Margen Izquierda 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
Puntos:	Margen Derecha 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
9. Vegetación protectora de las riberas	Más del 90% de las márgenes y la zona ribereña está cubierta por vegetación nativa incluyendo árboles, arbustos, macrofitas. Vegetación tupida natural.	Entre el 70 y 90% de las márgenes cubiertas por vegetación nativa. Vegetación algo abierta.	Entre el 50 y 70% de las márgenes cubiertas por vegetación nativa. Vegetación abierta.	Menos del 50% de las márgenes cubiertas por vegetación nativa.
Puntos:	Margen Izquierda 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
Puntos:	Margen Derecha 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
10. Amplitud de la vegetación ribereña	Extensión de la vegetación ribereña mayor a 18 m y sin impacto antrópico.	Extensión de la vegetación ribereña entre 12 y 18 m y un mínimo impacto antrópico	Extensión de la vegetación ribereña entre 6 y 12 m y un impacto antrópico evidente.	Extensión de la vegetación ribereña menor a 6 m. Poca o ninguna vegetación debido a un fuerte impacto antrópico.
Puntos:	Margen Izquierda 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
Puntos:	Margen Derecha 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0

RBP
Calidad
Color

Control de emisión		
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
F:_____ Ana Isabel Arriola Técnico en manejo de tul	F:_____ Elsa María Reyes Jefe DICA	F:_____ Elsa María Reyes Jefe DICA
Fecha:	Fecha:	Fecha:

Anexo B. Plantilla para la evaluación de las características del sitio de muestreo.

AMSCLAE	DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL UNIDAD DE MONITOREO AMBIENTAL BOLETA DE CAMPO **MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DE RÍOS**	Código: B - 3 Versión: 4 Emisión: 22/Jun/2020 Página: 1 de 2

DATOS GENERALES

No. _____ Nombre del río: _____ Microcuenca: _____

Fecha: _____ Hora: _____

Coordenadas: X _____ Y _____ Altitud: _____ (msnm)

Tipo de curso: _____ inicial _____ medio _____ bajo _____ desembocadura

Velocidad del agua: _____ rápida _____ moderada _____ lenta _____ estancada

Ancho: _____ cauce (m) _____ banco (m) Profundidad: _____ (m) Caudal _____ (m^3/s)

Tipo de sustrato: _____ arena _____ piedras-arena gruesa _____ concreto
_____ arcillo-lodoso

Rocas: _____ muy grandes _____ grandes _____ medianas _____ pequeñas

Superficie de rocas: _____ limpia _____ perifiton _____ musgo _____ sedimento

En el sitio hay: _____ hojarasca _____ troncos/ ramas sumergidos
_____ raíces sumergidas

Otra fauna: _____ renacuajos _____ peces _____ otros

Color del agua: _____ Olor del agua: _____

Presencia de: _____ des. org. _____ espuma _____ aceite _____ org. muertos
_____ des. sólidos _____ des. aguas residuales _____ Otros

Tiempo mx macroinvetebrados: _____

Indice **BMWP - Atitlán** _____ Calidad _____ Color _____

CONDICIONES AMBIENTALES

Soleado _____ Nublado _____ Lluvioso _____ Otras condiciones _____

Vegetación de la orilla: _____

Vegetación dentro del agua: _____

Exposición: _____ 100% sombra _____ sombra con ventanas
_____ grandes claros _____ 100% expuestos

Observaciones: _____

CAUDAL

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	Vel. m/s
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Prof. (m)

* 0 - 1 m = 0.20 m; 1 - 2 m = 0.25 m; 2 - 4 m = 0.50 m; 4 - 8 m = 1.0 m

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Oxígeno disuelto	(mg/L)	Sat. Oxigeno	(%)
Temperatura del agua	°C	Salinidad	(mg/L)
Temperatura ambiental	°C	pH	
Sólidos sedimentables	(mg/L)	$DBO_{(5, 20)}$	(mg/L)
Conductividad	(µS/cm)	Fosfatos	(mg/L)
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	(NMP)	Nitratos	(mg/L)
Secchi	cm	Turbidez	FAU
Cod. Lab.		TDS	(mg/L)

Indice de calidad de agua (**ICA**) _____ Calidad _____ Color _____

Participantes: _____

Encargado de toma de muestras: _____

Control de emisión		
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
F:_____ Domingo Ujpan Tec. Sistemas de Información	F:_____ Flor Barreno Encargada de Laboratorio	F:_____ Elsa Reyes Morales Jefe DICA
Fecha:	Fecha:	Fecha:

Anexo 1 Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del monitoreo de ríos del 2020. Saturación de Oxígeno (Oxi.), Conductividad (Cond.), Transparencia (Secchi), Turbidez (Turb.), Sólidos disueltos totales (TDS), *Escherichia* coli (E. *coli*), Demanda de Oxigeno (DBO), Nitratos (NO^3), Fosfatos (PO^4) y Temperatura del agua y ambiental (Amb.). (AMSCLAE/DICA, 2020)

Ubicación	Oxí (%)	Cond. (uS/cm)	pH	Secchi (cm)	Turb. (FAU)	TDS (mg/L)	*Col. Fec.* (NMP/ 100ml)	$DBO_{5,20}$ (mg/L)	NO3 (mg/L)	PO4 (mg/L)	Temperatura	
											Agua (°C)	Amb. (°C)
La Catarata												
Baja	96.7	250	8.12	58	8	119.4	2300	2.0	1.246	0.627	19.1	20
Panajachel												
Baja	88.7	322	8.00	5	120	154.2	>1100 x 10^2	13	1.605	1.631	21.6	22
Quiscab												
Baja	96.4	229	8.02	4	35	109.6	46000	2.8	2.014	0.116	20.7	31
San Buenaventura												
Baja	97.7	264	8.32	13	14	126.1	2300	1.1	2.253	0.497	19.4	22
Tzununá												
Baja	95.2	135	7.81	9.5	7	63.7	46000	4.8	0.498	0.073	20.1	20

Anexo 2. Abundancia total de macroinvertebrados acuáticos a nivel de familia u orden recolectados durante el 2020 dentro de la cuenca del lago Atitlán (AMSCLAE/DICA, 2020).

Familia	Catarata Baja	Panajachel Baja	Quiscab Baja	San Buenaventura Baja	Tzununá Baja
Baetidae	1	8	1	3	33
Belostomatidae					5
Calopterygidae					2
Chironomidae	11	31		4	
Coenagrionidae					2
Crambidae			1		
Dytiscidae		1	6		
Gelastocoridae					1
Hydrobiosidae					2
Hydrophilidae				1	2
Hydropsychidae	1		12		1
Leptohyphidae			1		2
Libellulidae					2
Oligochaeta	1	2	2	4	
Physidae					1
Pleidae					1
Psephenidae					1
Psychodidae	1	3			
Simulidae	6		10	9	17
Staphylinidae	1	1			1
Tipulidae	2		1	1	
Trombidiformes					1
Turbellaria					2
Veliidae			3		

Anexo 3. Resultados de los Índices RBP, ICA y BMWP/Atitlán (AMSCLAE/DICA, 2020)

Microcuenca/Ubicación		RBP			ICA			BMWP		
		Valor	Calidad	Color	Valor	Calidad	Color	Valor	Calidad	Color
San Buenaventura	Baja	85	Regular	Amarillo	65	Regular	Amarillo	18	Muy Mala	Naranja
La Catarata	Baja	119	Regular	Amarillo	66	Regular	Amarillo	26	Muy Mala	Naranja
Panajachel	Baja	22	Pésima	Rojo	32	Mala	Naranja	18	Muy Mala	Naranja
Quiscab	Baja	96	Regular	Amarillo	52	Regular	Amarillo	35	Muy Mala	Naranja
Tzununá	Baja	93	Regular	Amarillo	59	Regular	Amarillo	67	Regular	Verde