

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL -DICA-
INFORME DE CALIDAD DE AGUA DE RÍOS DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN 2021

Responsable: MSc. Elsa María Reyes Morales (Jefe del departamento de investigación y calidad ambiental); Rodrigo Morales (Técnico en Monitoreo 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* físicoquímicos) y a lo largo del tiempo (bioindicadores).



Figura 1 Parte alta de la microcuenca Novillero (AMSCLAE/DICA, 2021).

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 2021, se evaluó la calidad ambiental de cuatro microcuencas de forma sistemática, dicha evaluación se realizó empleando las metodologías ya estandarizadas para los muestreos en años anteriores. Los sitios de muestreo se ubicaron en la parte alta y baja de las microcuencas de Jaibalito, Xibalbay, Novillero y San Marcos (Cuadro 1) (Fig. 2 y 3). Los muestreos se realizaron en un único momento por microcuenca, durante los meses de abril para los ríos Jaibalito y Xibalbay y en julio para los ríos Novillero y San Marcos. Los puntos de muestreo se localizaron en la parte alta y baja para comparar el cambio de la calidad del agua en la microcuenca.

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		
Jaibalito	Jaibalito	Alta	422436	1630758	Santa Cruz La Laguna, Sololá	1768
Jaibalito	Jaibalito	Baja	422675	1629808	Santa Cruz La Laguna, Sololá	1583
Xibalbay	Xibalbay	Alta	428278	1641816	Sololá, Sololá	2438
Xibalbay	Xibalbay	Baja	424792	1636891	Sololá, Sololá	2238
Novillero	Novillero	Alta	421419	1637319	Nahualá, Sololá	2264
Novillero	Novillero	Baja	424191	1635154	Santa Lucía Utatlán	2202
San Marcos	San Marco	Alta	417484	1630021	San Marcos La Laguna	1830
San Marcos	San Marcos	Baja	418394	1628281	San Marcos La Laguna	1603

(Fuente: AMSCLAE/DICA, 2021).

El muestreo en cada sitio tardó dos horas, para posteriormente procesar las muestras de agua y macroinvertebrados en laboratorio. El procesamiento de las muestras de agua y clasificación de los organismos acuáticos tardó aproximadamente dos semanas. Para ello se evaluó cada parámetro, se identificaron las familias de macroinvertebrados bajo estereoscopio y se tabularon los datos en los registros del laboratorio, boletas de campo y bases de datos; finalmente se realizó la interpretación de los datos para el informe.

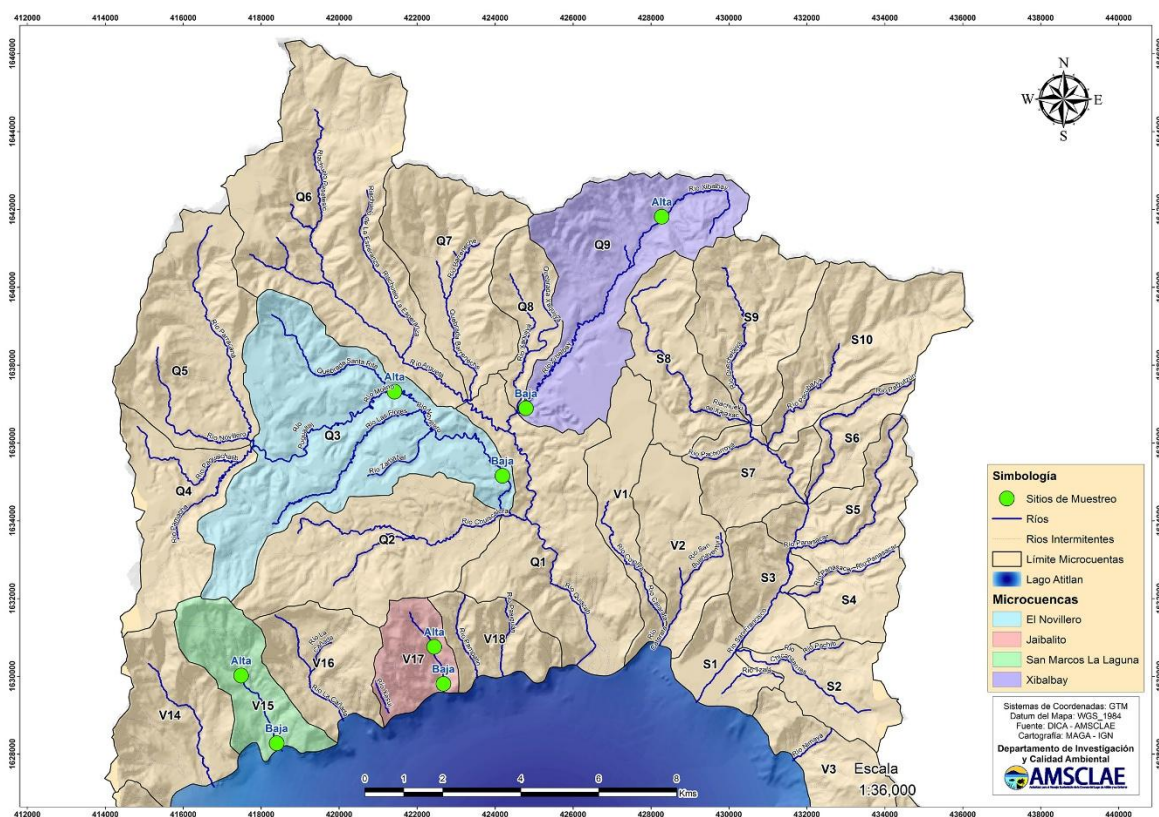


Figura 2 Ubicación de los sitios de muestreo en la cuenca del Lago de Atitlán (AMSCLAE/DICA, 2021).

- *Caracterización del sitio de muestreo*

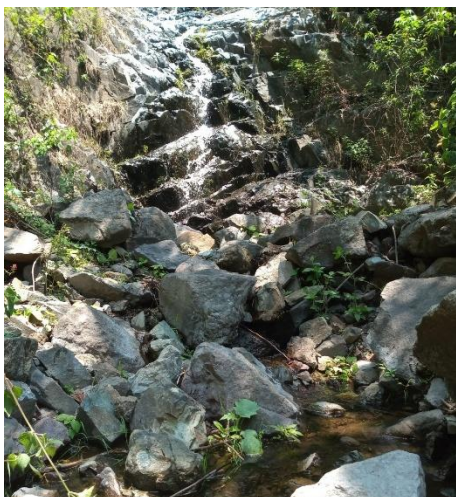
Para la evaluación de la calidad del hábitat ribereño se utilizó el protocolo de evaluación biológica rápida (RBP por sus siglas en inglés) (Barbour *et al.*, 1999; Reyes, 2012). En cada sitio de muestreo, se realizó una evaluación visual de las condiciones ambientales al momento de tomar las muestras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

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

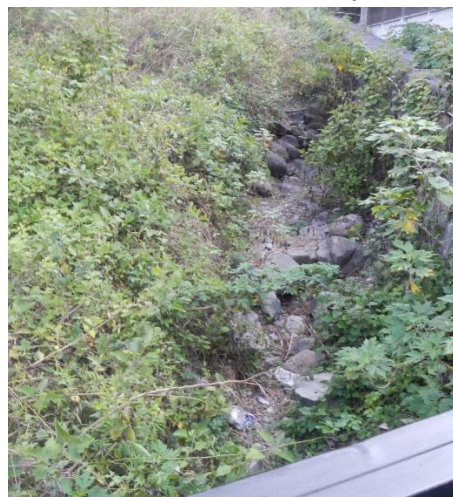
Para la medición de la profundidad y la velocidad de cada tramo de la sección transversal del río, se utilizó un molinete magnético OTT MF PRO. Posteriormente se realizaron los cálculos de los caudales con los datos tomados en campo.

Microcuenca Jaibalito, Alta



Ancho 0.7 m, caudal 0.0017 m³ s⁻¹

Microcuenca Jaibalito, baja



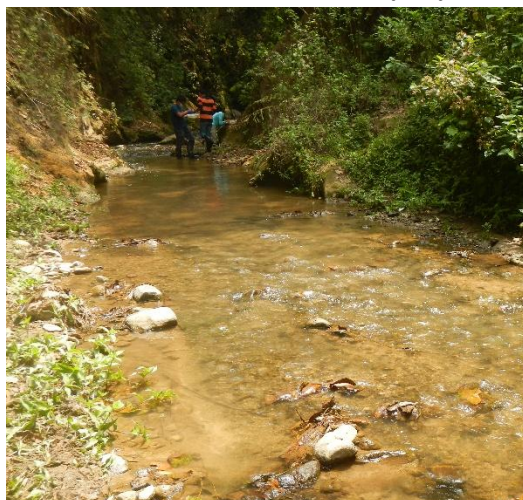
Sin caudal

Microcuenca Xibalbay, Alta



Ancho 0.6 m, caudal 0.003 m³ s⁻¹

Microcuenca Xibalbay, Baja



Ancho 3.4 m, caudal 0.118 m³ s⁻¹

Microcuenca Novillero, Alta



Ancho 3.2 m, caudal $0.25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

Microcuenca Novillero, baja



Ancho 4.5 m, caudal $0.348 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

Microcuenca San Marcos, Alta



Ancho 0.5 m, caudal $0.008 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

Microcuenca San Marcos, Baja



Sin caudal

Figura 3. Registro fotográfico de los sitios de muestreo, dentro de la cuenca del lago Atitlán
(AMSCLAE/DICA, 2021).

Hay que resaltar, en los puntos de muestreo de la microcuenca de Jaibalito, la parte alta se encontraba lejos de la zona urbana de la aldea, por lo cual existe muy pocas perturbaciones en el sitio y la cobertura vegetal es abundante; en la parte baja del río se encontraba seco posiblemente por la canalización de este. En los puntos de muestreo de la microcuenca Xibalbay, la parte alta se encontraba en un área dedicada a cultivos y existía canalización del recurso hídrico; en parte baja se contaba con cultivos, pero también con vegetación propia del lugar. Los puntos situados en la microcuenca Novillero en la parte alta de la microcuenca se encontraba cercano a un área

urbanizada, con cultivos y el río se utilizaba para lavado de ropa; en la parte baja de la microcuenca se encontraba lejos de la zona urbana, pero con alta carga de desechos orgánicos producto de desechos de caballo. Los puntos de monitoreo en la microcuenca San Marcos, la parte alta se encontró lejos de la zona urbana, presentaba una cobertura vegetal abundante y no presentaba alteraciones antropogénicas; en la parte baja posiblemente por canalización el río se había secado y se observó presencia de desechos sólidos.

- *Parámetros fisicoquímicos*

En cada sitio de 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_5 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 fósforo 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, 2021).

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Anexo 1), sirvieron para calcular el Índice de Calidad de Agua (Bonilla *et al.*, 2021) y así para determinar la calidad de los ríos monitoreados (Cuadro 2). El ICA utiliza los siguientes parámetros: temperatura ambiental y del agua, saturación de oxígeno, pH, TDS, turbidez, fosfatos, nitratos, DBO₅ y coliformes fecales; utilizando la siguiente fórmula:

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

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)”, en los puntos determinados en las partes altas y bajas de las microcuencas monitoreadas. 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 almacenaron 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, 2021).

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):

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

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 y excelente. Los sitios de muestreo que obtuvieron la menor puntuación y se fueron clasificados con pésima y mala calidad puede deberse a su ubicación y al impacto de actividades humanas y/o alteraciones antropogénicas. En cambio, los sitios que sus resultados fueron entre regular y bueno se debe a que existía muy pocas alteraciones humanas como terrenos cercanos destinados a la agricultura, sin embargo, estos sitios tampoco presentaban bosques con vegetación nativa del lugar. Finalmente, los sitios que presentaron los mejores resultados pueden deberse a ser sitios de muestreo lejanos a las zonas urbanas sin ninguna alteración humana y con abundante vegetación que formaba bosques ribereños.

La calidad de agua según el ICA se encontró entre regular y buena en la mayoría de los sitios (Fig. 6[b]). La calidad de agua está relacionada directamente con las actividades antropogénicas de las microcuencas. Siendo actividades como la agricultura, descarga de aguas domésticas en las partes intermedias de la microcuencas y escorrentía derivado de las lluvias las que modifican las características físicas y químicas del agua. Cabe mencionar que en Jaibalito y San Marcos partes bajas no se pudo tomar muestra de agua debido a que los ríos se encontraban sin caudal, posiblemente por desviaciones del caudal en parte intermedias del río.

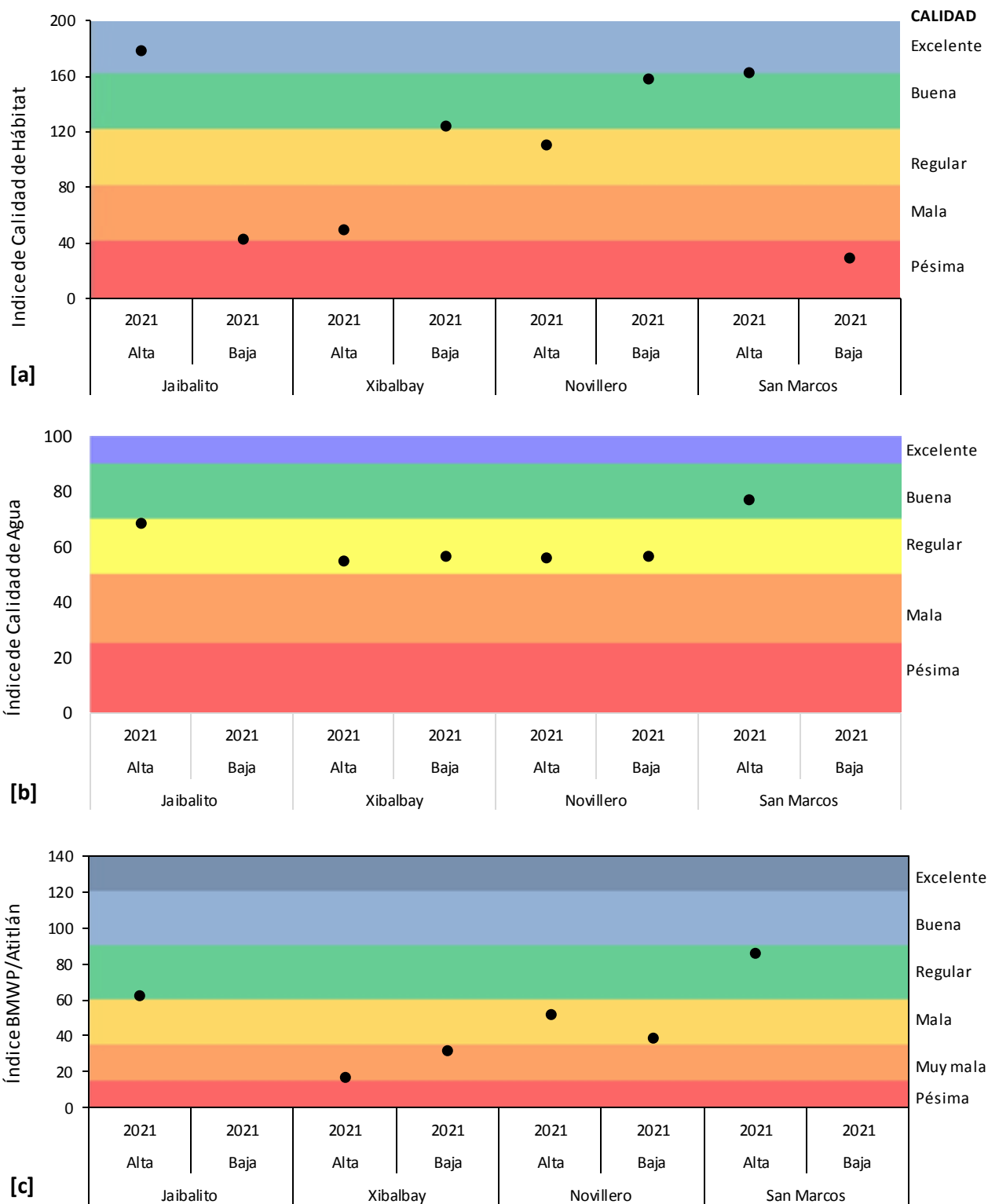


Figura 6. Resultados del [a] Índice de calidad de hábitat. [b] Índice de calidad de agua y [c] Biological Monitoring Working Party para Atitlán durante el 2021 (AMSCLAE/DICA, 2021).

La calidad de agua según el Índice BMWP/Atitlán para todos los sitios monitoreados se situaron entre muy mala y regular (Fig. 6 [c]). Solo los sitios ubicados en la parte alta de la microcuenca de San Marcos y Jaibalito fueron clasificados con una calidad de agua regular, el resto fueron clasificados como muy mala y mala. Se debe resaltar que en las partes bajas del río Jaibalito y San Marcos no se recolectó muestra de macroinvertebrados debido a la falta de caudal. La abundancia y diversidad de macroinvertebrados en los ríos depende la calidad y de los sustratos donde estos habitan; estos mismos son considerados los mejores bioindicadores por ser sensibles a la contaminación y tener una rápida respuesta en la estructura de su comunidad cuando factores físicos o químicos en el agua se ven modificadas. Los resultados han determinado que la mayoría de las condiciones que se presentan en los ríos son malas, debido a la contaminación provocada por las actividades antropogénicas realizadas en las cercanías de los ríos, las cuales han alterado la vegetación ribereña, el cauce del río y la biota presente.

Los resultados del cálculo de la calidad ambiental, tomando en cuenta la integración de los tres índices, determinaron que el 50% de los sitios monitoreados tanto en las partes altas y bajas de las microcuencas tienen una clasificación de mala calidad, el 37.5% bajo una clasificación regular y el 12.5% con una clasificación de buena (Cuadro. 4, Fig. 7).

Cuadro 4. Calidad ambiental de los ríos según el índice de calidad ambiental integrada (AMSCLAE/DICA, 2021)

Microcuenca	Ubicación	RBP	ICA	BMWP	Calidad Integrada	Clasificación
Jaibalito	Alta	179	69	62	88	Regular
	Baja	43	ND	ND	---	---
Xibalbay	Alta	50	55	17	33	Mala
	Baja	125	57	32	57	Mala
Novillero	Alta	111	56	52	67	Regular
	Baja	159	57	39	67	Regular
San Marcos	Alta	163	77	86	100	Buena
	Baja	29	ND	ND	---	---

(Fuente: AMSCLAE/DICA, 2021).

Macroinvertebrados acuáticos

Durante el 2021, se recolectaron 722 macroinvertebrados acuáticos, pertenecientes a 12 órdenes y 27 familia (Anexo 2). Las partes altas de las microcuencas Jaibalito, Novillero y San Marcos registraron la mayor abundancia y diversidad de macroinvertebrados, esto puede asociarse a la localización de los sitios, estando lejos de zonas urbanizadas y sin impacto antropogénico en el caso de Jaibalito y San Marcos; y teniendo presente diversos micro hábitats para poblar en los tres sitios antes mencionados. Por el contrario, para el resto de los ríos solo se registraron de 5 a 11 familias lo cual se asocia a la perturbación de los ecosistemas por las comunidades humanas.

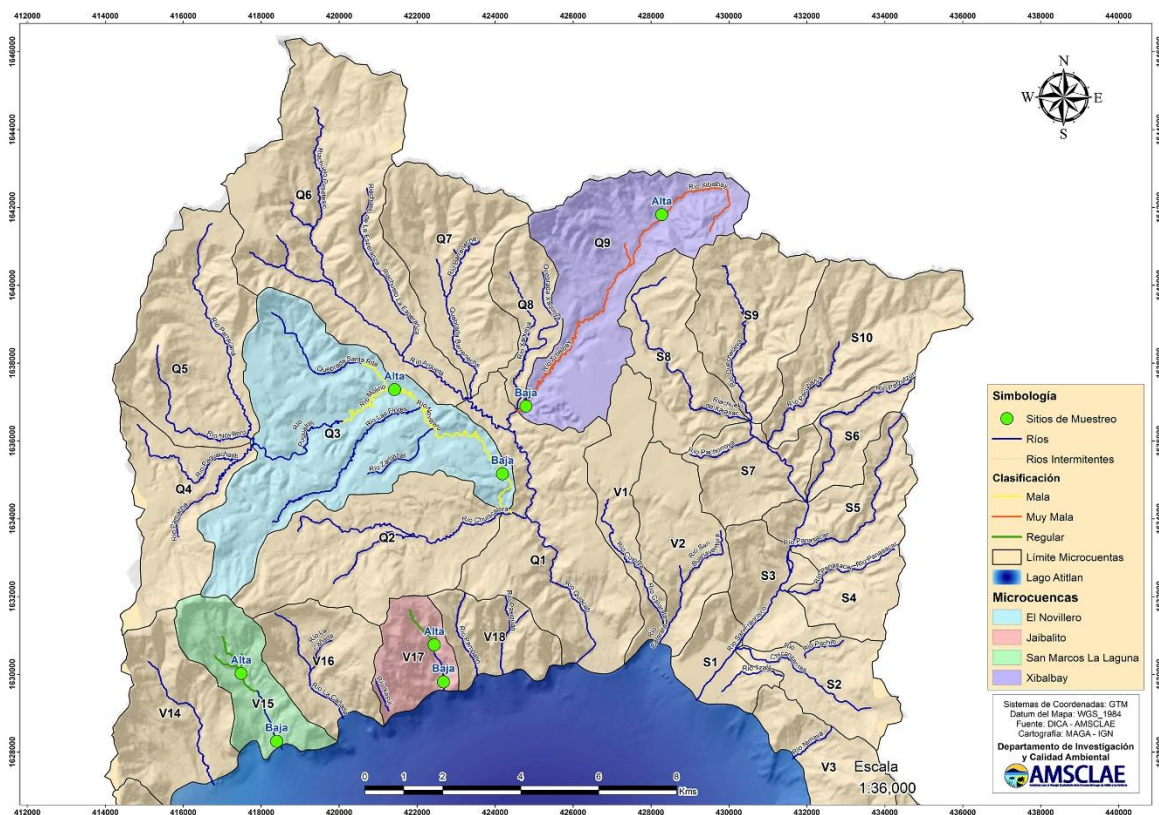


Figura 7. Calidad de agua de los ríos según el índice BMWP/Atitlán y su ubicación geográfica dentro de la cuenca del lago Atitlán. (AMSCLAE/DICA, 2021)

Conclusiones

- Evaluar de forma sistemática la calidad ambiental de los recursos hídricos mediante la recolección de datos y análisis de laboratorio, permite establecer estrategias de manejo y conservación, y así garantizar los servicios ecosistémicos que proveen a los usuarios de la cuenca del lago Atitlán.
- La calidad de hábitat y agua de los sitios de las microcuencas monitoreadas varió entre pésima y excelente. La calidad tanto del hábitat como del agua, dependen directamente de las actividades y alteraciones humanas que se desarrollan dentro de la microcuenca. Además, se hace evidente la importancia de la cobertura vegetal y conservación de los suelos para proteger los ecosistemas de la cuenca del lago Atitlán.
- Se evidenció con el Índice de Calidad Ambiental Integrada una degradación de los recursos naturales desde la parte alta hacia la parte baja de las microcuencas monitoreadas. Esto se debe a alteraciones antropogénicas como lo ha sido las desviaciones de los caudales de los ríos y descarga de aguas domésticas.

Recomendaciones

- Ampliar la temporalidad y frecuencia de los muestreos en las microcuencas monitoreadas para evidenciar los cambios que existieran de época seca a lluviosa. Realizar por lo menos dos monitoreos por año.
- Completar y dar seguimiento a la línea base de calidad de agua de los ríos permanentes de las microcuencas de la cuenca del lago Atitlán.
- Difundir y socializar los resultados obtenidos a las autoridades correspondientes a nivel departamental, municipal y comunal, esto con el fin de implementar programas y acciones que reduzcan la contaminación y degradación de los ecosistemas acuáticos.
- Implementar y desarrollar investigaciones asociando los macroinvertebrados como bioindicadores de metales pesados presente en los ríos de las microcuencas del lago Atitlán.

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 and 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.



**Autoridad para el Manejo Sustentable de la
Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno**
Departamento de Investigación y Calidad Ambiental



- 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)

	DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL	Código: B - _____
	UNIDAD DE CALIDAD AMBIENTAL	Versión: 1.2
	BOLETA DE CAMPO PARA MONITOREO	Emisión: 12/05/2017
	DE CALIDAD DE AGUA DE RÍOS	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	Solo 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. Deposition de sedimentos	Ausencia de lías 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 cauce 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 protegidos con gabiones o cemento. Más del 80% del trecho del río canalizado 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 tramos 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	2 1 0	
Puntos:	Margen Derecha 10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0	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	2 1 0	
Puntos:	Margen Derecha 10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0	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	2 1 0	
Puntos:	Margen Derecha 10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0	2 1 0	

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.

	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 _____ perfiton _____ 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 macroinvertebrados: _____ Índice 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 FÍSICOQUÍMICOS Oxígeno disuelto _____ (mg/L) Sat. Oxígeno _____ (%) 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)	
--	--

Índice 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 2021. Saturación de Oxígeno (Oxi.), Conductividad (Cond.), Transparencia (Secchi), Turbidez (Turb.), Sólidos disueltos totales (TDS), *Escherichia coli* (*E. coli*), Demanda de Oxígeno (DBO), Nitratos (NO³), Fosfatos (PO⁴) y Temperatura del agua y ambiental (Amb.). (AMSCLAE/DICA, 2021)

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)
Jaibalito												
Alta	107.4	213.6	8.03	30	1	101.7	86	8.7	0.9	1.2	17.9	19.7
Baja	Sin caudal											20.3
Xibalbay												
Alta	92.7	193.8	7.09	25	10	92.1	4650	2.5	13.31	1.7	14.9	15.6
Baja	109.3	141.3	7.94	25	18	66.9	7500	0.3	3.48	1.8	17.2	19.5
Novillero												
Alta	100.2	145	7.92	18	10	68.7	4300	5.6	2.42	1.9	15.8	20.4
Baja	106.1	141.8	8.25	18	23	67.1	3600	2.8	2.89	1.8	17.5	20.4
San Marcos												
Alta	89.9	210.9	7.54	70	1	100.4	23	2	2.4	1.3	16.9	18.1
Baja	Sin caudal											20.3

Anexo 2. Abundancia total de macroinvertebrados acuáticos a nivel de familia recolectados durante el 2021 dentro de la cuenca del lago Atitlán (AMSCLAE/DICA, 2021).

Familia	Jaibalito Cuenca Alta	Xibalbay Cuenca Alta	Xibalbay Cuenca Baja	Novillero Cuenca Baja	Novillero Cuenca Alta	San Marcos Cuenca Alta
Baetidae	2	55	60	72	60	36
Calopterygidae				2	1	
Carabidae					1	
Chironomidae	4	43	46	5	17	1
Crambidae	1					1
Dixidae						1
Dytiscidae	3			1	2	19
Elmidae	2					
Hydrachnidae					2	
Hydraenidae	1					
Hydrobiosidae						1
Hydrophilidae				1	1	1
Hydropsychidae	1		8	12	5	5
Lepidostomatidae			1			3
Libellulidae						1
Notonectidae	1					
Oligochaeta		14	9	5	19	
Philopotamidae						1
Physidae				1	12	
Polycentropodidae	1					25
Pseudothelphusidae		1				
Simuliidae			17	3	1	22
Staphylinidae	16	1		1	1	3
Stratiomyidae	3					
Tipulidae	1		9	7	2	15
Turbellaria	4				18	2
Veliidae	4		2		7	16

Anexo 3. Resultados de los Índices RBP, ICA y BMWP/Atitlán (AMSCLAE/DICA, 2021)

Microcuenca/Ubicación		RBP			ICA			BMWP		
		Valor	Calidad	Color	Valor	Calidad	Color	Valor	Calidad	Color
Jaibalito	Alta	179	Muy buena	Azul	69	Regular	Amarillo	62	Regular	Verde
	Baja	43	Mala	Naranja		Sin caudal			Sin caudal	
Xibalbay	Alta	50	Mala	Naranja	55	Regular	Amarillo	17	Muy mala	Naranja
	Baja	125	Buena	Verde	57	Regular	Amarillo	32	Muy mala	Naranja
Novillero	Alta	111	Regular	Amarillo	56	Regular	Amarillo	52	Mala	Amarillo
	Baja	159	Buena	Verde	57	Regular	Amarillo	39	Mala	Amarillo
San Marcos	Alta	163	Muy Buena	Azul	77	Buena	Verde	86	Regular	Verde
	Baja	29	Pésima	Rojo		Sin caudal			Sin caudal	