



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE MUESTREO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN, 2020

Responsable: Licda. Flor Mayarí Barreno Ortiz (*Encargada de Laboratorio*); MSc. Elsa María Reyes Morales (*Jefe Depto. Investigación y Calidad Ambiental*). **Fecha de elaboración:** noviembre 2020

INTRODUCCIÓN

La AMSCLAE está facultada para planificar, coordinar y ejecutar en coordinación con las instituciones que corresponda, todos los trabajos que permitan conservar, preservar y resguardar los ecosistemas de la cuenca del Lago de Atitlán, generando los mecanismos necesarios para lograr sus objetivos. De igual forma busca sustentar sus decisiones sobre una base de ciencia y de datos sólidos y actualizados que permitan el desarrollo de políticas y planificación hacia el uso y manejo sustentable del lago Atitlán y los recursos en su cuenca hidrográfica.

Según el artículo 49 del Acuerdo Gubernativo 236-2006, los entes generadores, en este caso las municipalidades, deberán tomar como mínimo dos muestras al año y efectuar los análisis que correspondan de conformidad con los parámetros contenidos en el estudio técnico y/o del Acuerdo Gubernativo 236-2006 y el 12-2011. Sin embargo, la AMSCLAE a través del Departamento de Saneamiento Ambiental, asesora con asistencia técnica para el tratamiento y manejo de desechos y contaminantes a las municipalidades de la cuenca, cuando estas así lo requieran.

El Departamento de Investigación y Calidad Ambiental (DICA), apoya en el análisis de muestras de agua de las plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas dentro de la cuenca del lago Atitlán a las municipalidades, bajo el marco del inciso d) del artículo 13 del Reglamento de la AMSCLAE (Acuerdo Gubernativo 78-2012): “*Evaluar el cumplimiento y el efecto de las medidas correctivas que se implementan en las herramientas para el manejo integrado de la cuenca*” y a solicitud del Departamento de Saneamiento Ambiental, el Reglamento de Descargas de Aguas Residuales en la Cuenca del Lago de Atitlán (Acuerdo Gubernativo 12-2011), y el reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos (Acuerdo Gubernativo 236-2006).



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

ANTECEDENTES

Toda comunidad genera residuos tanto sólidos como líquidos. La parte líquida se le llama aguas residuales, es esencialmente el agua que se desprende de la comunidad una vez ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido utilizada. También se puede definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y privadas, establecimientos y comercios, a la que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales (Metcalf & Eddy, 1995).

El tratamiento de las aguas residuales, consiste en una combinación de procesos y operaciones físicas, químicas y biológicas, para remover sólidos, materia orgánica y a veces nutrientes (Pescod, 1992). La eficiencia del tratamiento se expresa en términos de reducción de la demanda biológica de oxígeno (DBO), dicho en otras palabras, de la eficiencia de remoción de la carga contaminante. Una planta de tratamiento de aguas residuales normalmente está diseñada para cualquiera de los siguientes niveles de tratamientos:

Pretratamiento, empleado para eliminar material flotante, sólidos gruesos, grasas, arenas y otros materiales grandes (Pescod, 1992).

Tratamiento primario, empleado para remover una fracción significativa de materia orgánica particulada (Sólidos suspendidos sedimentables), lo que contribuyen a la reducción de DBO.

Tratamiento secundario, el propósito de este tratamiento es oxidar la DBO biodegradable que escapa al tratamiento primario (Karia y Christian, 2006).

Tratamiento Terciario, es empleado para remover aquellos constituyentes o impurezas que no pudieron ser removidas en el tratamiento secundario y que obligatoriamente deben de ser removidas, entre estos los nutrientes (nitrógeno y fósforo) (Davis, 2010). En la cuenca del lago de Atitlán la planta de tratamiento de Panajachel Cebollales I, es de la única que cuenta con esta tecnología.

OBJETIVOS

- Evaluar el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales solicitadas por el Departamento de Saneamiento Ambiental de la AMSCLAE.
- Proporcionar información al departamento de Saneamiento Ambiental de la AMSCLAE, para implementar mantenimiento, remozamiento e incluso la modificación en algún componente de la planta y cualquier otro tipo de solución a problemáticas internas y externas de las plantas, que consideren.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

Durante el 2020, se muestrearon las Plantas de Tratamiento a demanda del Departamento de Saneamiento Ambiental (Cuadro 1 y Fig. 1). En cada una de las plantas de tratamiento se muestreo las unidades solicitadas, así como el afluente y efluente.

Cuadro 1. Listado y tipo de tecnología de las plantas de tratamiento de aguas residuales muestreadas durante el 2020 (DICA/AMSCLAE, 2020).

Planta de tratamiento	Municipio	Tecnología			
		RAFA	Tanque Imhoff	Lodos Activados de Aireación Extendida	Reactores Secuenciales
San Jorge La Laguna	Sololá				
Col. Ma. Tecún					
Barrio San Bartolo					
Concepción	Concepción				
Sn Andrés Semetabaj	Sn Andrés Semetabaj				
San Andrés Semetabaj nueva)					
San Marcos la Laguna	San Marcos la Laguna				
San José Chacayá	San José Chacayá				

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

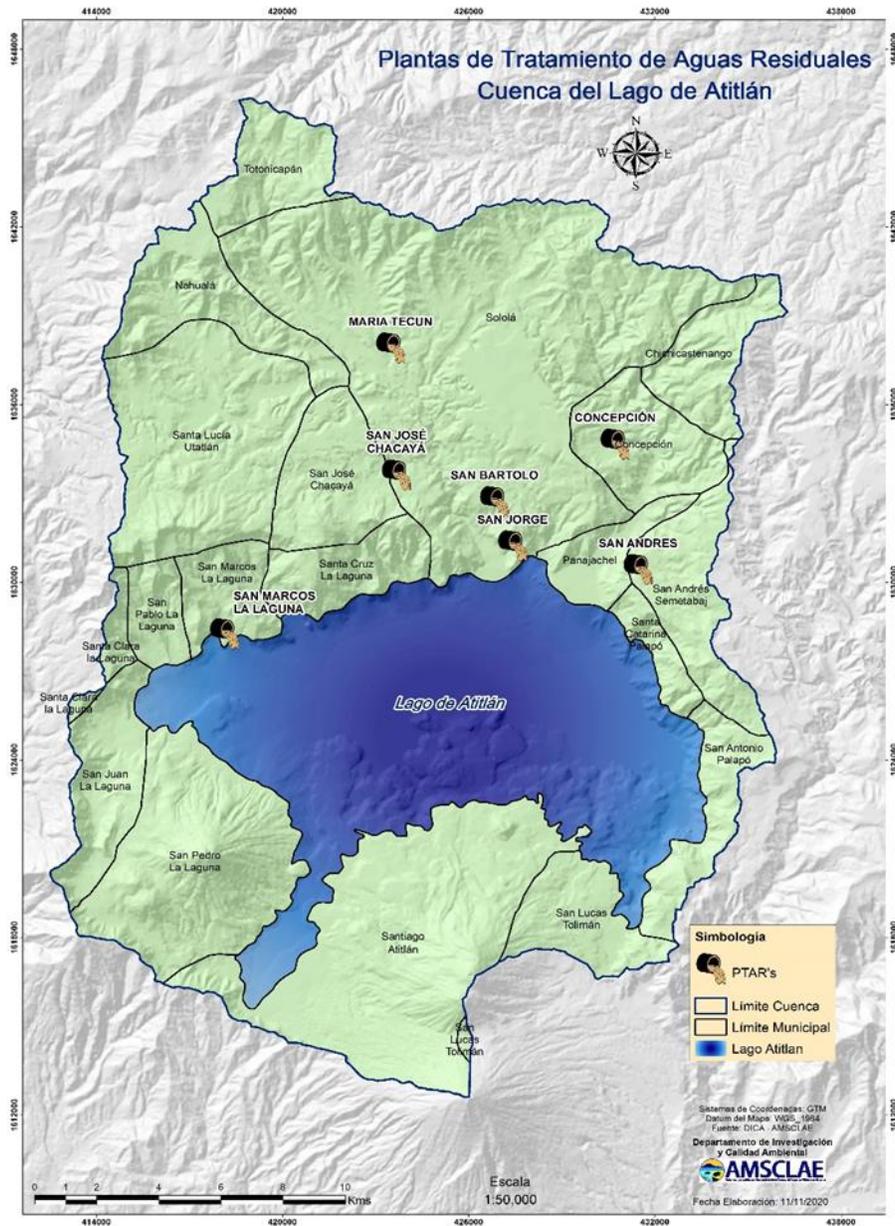


Figura 1. Ubicación de las PTAR muestreadas durante el 2020. Fuente: DICA-AMSCLAE, 2020.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Materiales y Equipo de campo

- Hoja de registro y Marcadores
- Agua desmineraliza y ultrapura
- Hielera
- Frascos de vidrio ambar y transparente
- Frascos de plástico
- Guantes de neopreno
- Reactivos
- Sonda de Oxígeno Hach HQ40D
- Sonda de Conductividad Hach HQ40D
- Sonda de pH Hach HQ40D
- Conos Imhoff y gradillas
- Caudalímetro tipo hélice
- Muestreador de aguas residuales
- Cámara fotográfica
- Pichel
- Vehículo y combustible

Equipo de laboratorio

- Espectrofotómetro Prove 600
- Fotómetro Nova 60
- Termo reactor TR 420
- Autoclave tipo olla 6.25gal
- Horno de convección
- Micro pipetas de diferentes volúmenes
- Balanza analítica Scientech
- Bomba de vacío
- Refrigerador
- Campana de extracción de gases
- Purificador de agua
- Incubadora Análoga
- Sistema de Oxitop
- Mesa Anti vibración
- Desecador de reactivos
- Agitador eléctrico
- Computadora
- Picetas
- Mufla

Frecuencia de muestreo

En coordinación con el departamento de Saneamiento Ambiental, durante el 2020 se muestreó una sola vez ocho plantas de tratamiento de aguas residuales (Cuadro 1).

Tipo de muestra

En cada planta de tratamiento se evaluaron diferentes unidades que integran cada una, así como, el afluente y efluente. Existen dos tipos de muestreo, muestreo simple y muestreo compuesto. La muestra simple, es aquella muestra tomada en una sola operación, proporcionando información sobre la calidad en un punto y momento dado (Acuerdo Gubernativo 12-2011). La muestra compuesta, se refiere a dos o más muestras simples que se toman en intervalos determinados de tiempo y que se adicionan para obtener un resultado de las características de las aguas residuales, aguas para re-uso o lodos (Ac. Gub. 12-2011).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Recolección de muestras

Durante el muestreo efectuado en el 2020, se tomaron muestras simples y semi-compuestas, estas últimas con una duración entre una a tres horas en las unidades evaluadas de las diferentes plantas de tratamiento muestreadas. El tomar los dos tipos de muestras se debe a la tecnología de cada planta de tratamiento y los tiempos que cada unidad requiere, así como la disponibilidad de tiempo para hacer el muestreo, por lo cual en algunos casos no fue posible tomar muestras semi-compuestas.

Dependiendo de la tecnología se tomaron datos *in situ* de los parámetros de Oxígeno disuelto, Saturación de Oxígeno, Temperatura, y Sólidos Sedimentables. En las plantas de tratamiento se evaluaron los parámetros de Sólidos Totales en Suspensión -TSS- y Sólidos Volátiles, Fósforo Total, Nitrógeno Total, Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO-, Demanda Química de Oxígeno -DQO- y Microbiológicos (Coliformes fecales), pH, Turbidez, Color Aparente, Sólidos Disueltos Totales.

Muestras para análisis microbiológico Las muestras fueron recolectadas en recipientes plásticos, previamente esterilizados, y transportadas en cadena de frío a 4°C, en hielera. Las muestras fueron procesadas inmediatamente al ingresar al laboratorio, ya que no pueden ser almacenadas para su posterior análisis por más de 24 hrs. Las muestras se diluyeron 1: 100, 1:1000 o 1:10000, con el objetivo de disminuir la carga bacteriana y poder obtener resultados más precisos.

Muestras para análisis físicos y químicos Las muestras fueron recolectadas en recipientes de vidrio y transportados en cadena de frío a una temperatura de 4°C para su análisis. Según el tipo de muestra y análisis, se llenó el envase por completo (análisis orgánicos), o se dejó un espacio vacío para aireación (análisis microbiológicos). Las muestras se diluyeron 1:2, 1:10, 1:50 ó 1:100, con el objetivo de disminuir la concentración y poder obtener resultados. El análisis de nutrientes se realizó 24 y 48 hrs después de tomada la muestra. El análisis de DQO y DBO, se realizó el mismo día de la toma de muestra y los TSS fueron analizados de forma posterior a la toma de muestras. Los análisis de laboratorio se realizaron siguiendo los procedimientos operacionales estandarizados del POE - 2 "Recolección de muestras", POE -3 "Parámetros *In Situ*", POE - 4 "Seguridad en el Laboratorio", POE - 5 "Lavado de cristalería", POE - 10 "Fósforo Total", POE - 18 "Recolección y preservación de muestras para microbiología", POE - 16 "Análisis microbiológico de aguas: tubos múltiples", POE - 19 "Registro de Muestras Ingresadas al Laboratorio", POE - 20 " Uso y Mantenimiento de Autoclave", POE - 21 "Limpieza de equipo de filtración", POE - 24 "Sólidos Totales en Suspensión (TSS)", POE - 27 "Control de Calidad de Equipos". Merck análogo a EPA 410.4 APHA 5220D y ASTM D1252-06 B Standard Methods 17 edition, APHA 4500-P B 4500-P E Merck análogo a DIN EN ISO 11905-1 Standard Methods 17 edition, APHA 2540 D Spectroquant® PROVE 600, método 032 Hazen 340 Standard Methods 17 edition, APHA 9221 C Standard Methods 17 edition, APHA 2540 F Standard Methods 17 edition, APHA 2540 E, Spectroquant® PROVE 600, método 077.



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas de tratamiento muestreadas durante el 2020, están diseñadas para realizar la sedimentación y degradación de la materia orgánica, por lo que la eficiencia del tratamiento se expresa en términos de reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y/o reducción de la demanda química de oxígeno (DQO). Por lo anterior, la mayoría de plantas de tratamiento no están diseñadas para cumplir con la remoción de nutrientes, según la normativa 12-2011. En el cuadro 2, se reportan los resultados del efluente y en colores se indica si cumple o no con la normativa del Acuerdo Gubernativo No. 12-2011.

Los resultados de los análisis de agua de las muestras recolectadas durante el 2020, muestran que la planta de tratamiento del municipio de San José Chacayá, cumple con la normativa Ac. Gub. No. 12-2011, en los parámetros de Temperatura (°C), Potencial de Hidrógeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Fósforo Total (PT), Sólidos en Suspensión, Coliformes Fecales y Color Aparente, no cumple en Nitrógeno Total (NT). La planta de tratamiento del municipio de San Marcos La Laguna, cumple con la normativa en los parámetros evaluados a excepción de los parámetros de DQO y Nitrógeno Total. Las plantas de tratamiento que cumplen en el parámetro de PT, además de las mencionadas anteriormente, son las dos del municipio de San Andrés Semetabaj, las plantas de tratamiento que cumplen con el parámetro de Coliformes Fecales, con las del municipio de San Marcos la Laguna y Sn José Chacayá (cuadro 2). En el cuadro 3, se reportan otros análisis realizados en las plantas de tratamiento, los cuales no son requeridos por la normativa mencionada anteriormente, pero son necesarios para conocer su funcionamiento.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es importante resaltar que la eficiencia de las plantas de tratamiento se mide según el porcentaje de remoción de DBO y/o DQO, no obstante, este porcentaje no indica que cumpla o no con los límites máximos permisibles según la normativa. Los resultados obtenidos del muestreo realizado durante el 2020, indican que las plantas de tratamiento del municipio de San Marcos la Laguna, San José Chacayá y la del barrio San Bartolo del municipio de Sololá, tuvieron un porcentaje de remoción de DBO mayor al 85% (Fig. 2), únicamente las dos primeras la del municipio de Sn Marcos la Laguna y la de San José Chacayá cumplen con el límite máximo permisible de la normativa establecidos en el Ac. Gub. 12-2011 (50 mg/L) (Cuadro 2). Esto evidencia que a pesar que las plantas de tratamiento tuvieron un alto porcentaje de remoción, no cumplen con la normativa.

Respecto al DQO, la planta de tratamiento de San Marcos la Laguna, tuvo un porcentaje de remoción de DQO mayor al 95% (Fig. 3), sin embargo, no cumple con la normativa establecida en el Ac. Gub. 12-2011 (100 mg/L) (Cuadro 2). La única planta de tratamiento que cumple con la normativa en este parámetro es la del municipio de San José Chacayá, con un % de remoción de 77.7 (Fig. 3).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Cuadro 2. Resultados del efluente, según los parámetros establecidos en el acuerdo gubernativo 12-2011 durante 2020 (DICA-AMSCLAE, 2020)

Parámetros	Norma Art. 12, Ac. Gob. 12-2011	PTAR							Norma Art. 13, Ac. Gob. 12-2011	PTAR San Marcos La Laguna
		San Jorge la laguna	Col. Ma. Tecún**	Sn. Andrés Semetabaj	Sn. Andrés Semetabaj (nueva)	Concepción	San José Chacayá	Barrio San Bartolo, Sololá		
Temperatura (°C)	TRC+/- 7*	ND	ND	20	20.6	NS	18.7	19.87	Menor de 25	ND
Potencial de Hidrógeno (U pH)	6-9	7.21	7.29	7.36	7.24	NS	7.93	7.9	6-9	7.35
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO ₅ (mg/L)	50	648	198	124	90.1	NS	28.2	56.3	50	22.5
Demanda Química de Oxígeno, DQO (mg/L)	100	1009	198	224	216	NS	100	151	100	118
Fósforo Total (mg/L)	5	13	7.25	1.13	1.008	NS	3.7	10.6	5	1.4
Nitrógeno Total (mg/L)	10	98	41.5	25	18.6	25	24	39	10	11.6
Sólidos en Suspensión (mg/L)	60	183.33	27.33	71.43	30	NS	16	40	60	10
Coliformes Fecales (NMP)	<1x10 ⁴	>1100 x 10 ⁴	ND	>1100 x 10 ⁴	460 x 10 ⁴	NS	<3.0	460 x 10 ⁴	<1x10 ⁴	1100 x 10 ³
Color Aparente (U Pt-Co)	300	3980	970	192.6	162.8	NS	37.6	110.8	300	47

*Se reporta la temperatura de la muestra en grados Celsius

**Se reportan datos promedio de los efluentes de la planta de tratamiento

Verde: Cumple con la normativa, **Rojo:** no cumple con la normativa

TCR = Temperatura del cuerpo receptor

ND = No Dato

NS = No Solicitado por el Depto. de Saneamiento Ambiental

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Cuadro 3. Resultados de parámetros adicionales realizados durante 2020 (DICA – AMSCLAE, 2020)

Parámetros	Norma Art. 11, 12, 13, Ac. Gub.12-2011	PTAR							
		San Jorge la laguna	Col. Ma. Tecún**	San Andrés Semetabaj	San Andrés Semetabaj (nueva)	Concepción	San José Chacayá	Barrio San Bartolo, Sololá	San Marcos La Laguna**
Turbidez (FAU)	NSR	330	74	106	82	NS	18	54	14
Sólidos Sedimentables (mg/L)	NSR	NS	NS	0.5	< 1	0.55	< 0.5	0.2	< 0.1
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	NSR	NS	NS	262	246	NS	232	354	283
Sólidos Volátiles (mg/L)	NSR	NS	NS	71.43	24	NS	10.6	39	10

**Se reportan datos promedio de los efluentes de la planta de tratamiento

NSR = No solicitado por el reglamento

NS = No solicitado por el Depto. de Saneamiento Ambiental

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

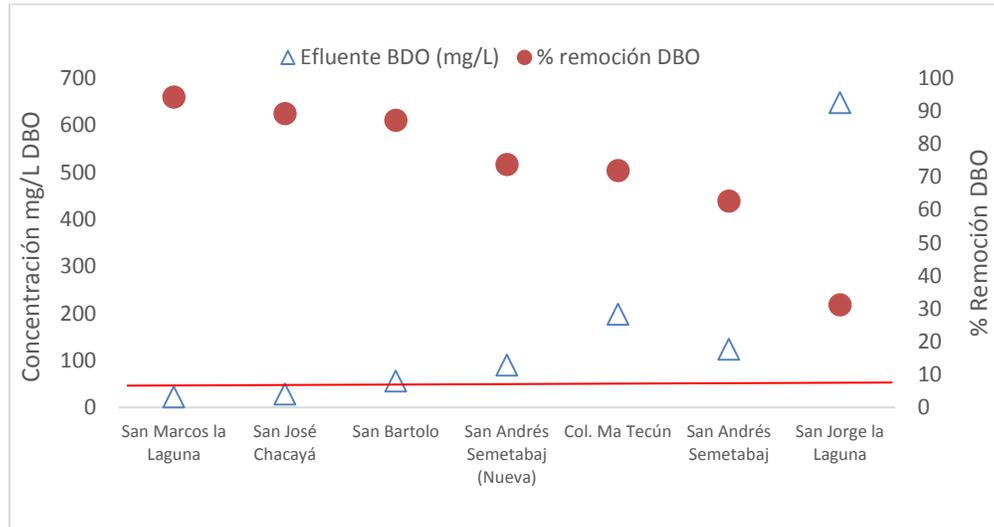


Figura 2. Valores de DBO del efluente (mg/L) vrs el % de remoción de DBO de las PTAR muestreadas durante el 2020 (Fuente DICA – AMSCLAE, 2020). La línea indica el límite máximo permisible 50 mg/L.

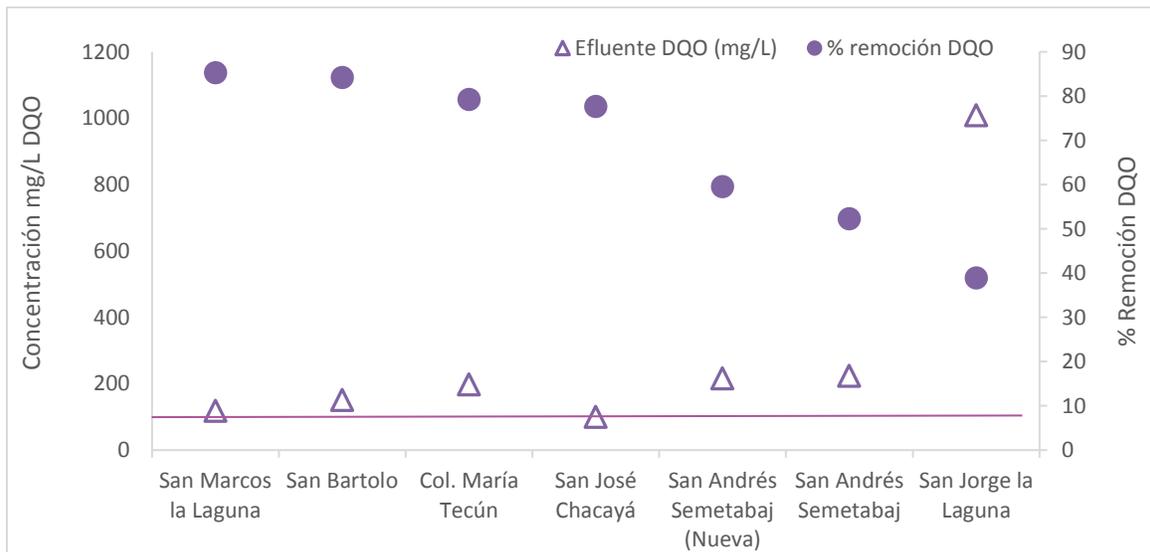


Figura 3. Valores de DQO del efluente (mg/L) vrs el % de remoción de DQO de las PTAR muestreadas durante el 2020 (Fuente DICA – AMSCLAE, 2020). La línea indica el límite máximo permisible 100 mg/L.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Para el cumplimiento de la remoción de materia orgánica en las aguas residuales, es necesario que se realice una buena operación y mantenimiento del pretratamiento en todas las plantas de tratamiento, durante este proceso se eliminan las arenas y grasas, así como algunos sólidos, que pueden reducir la eficiencia de los procesos posteriores.

Nutrientes (Fosforo y Nitrógeno)

Según los resultados obtenidos de fósforo total durante el 2020, las plantas de tratamiento que si cumplieron con los límites establecidos en el Ac. Gub. 12-2011 (Cuadro 2), fueron las dos plantas de tratamiento del municipio de San Andrés Semetabaj, la del municipio de San José Chacayá y la del municipio de San Marcos la Laguna. Para el parámetro de nitrógeno total ninguna planta de tratamiento cumplió con los límites establecidos en el Ac. Gub. 12-2011 (Cuadro 2).

CONCLUSIONES

- Las plantas de tratamiento de aguas residuales de los municipios de San José Chacayá y San Marcos La Laguna cumplen con el parámetro de coliformes fecales. Las dos plantas de tratamiento poseen un sistema de desinfección cuya dosis actualmente se ajusta al caudal.
- La planta de tratamiento de San José Chacayá cumple con la mayoría de los valores máximos permisibles establecidos en el Ac. Gub. No. 12-2011, a excepción del parámetro de Nitrógeno Total.
- La PTAR de San Marcos la Laguna, cumple con los parámetros de pH, DBO, fósforo total, sólidos en suspensión, coliformes fecales y color aparente, excepto DQO y de Nitrógeno Total.
- Las plantas de tratamiento de San Marcos la Laguna y San José Chacayá cumplen con los valores máximos permisibles establecidos para DBO en el Ac. Gub. 12-2011, además presentaron una remoción de DBO mayor al 85%.
- La planta de tratamiento de San Marcos la Laguna no cumple con los valores máximos permisibles establecidos para DQO en el Ac. Gub. 12-2011, a pesar de haber presentado un 85% de remoción. La única planta de tratamiento que cumple con este parámetro es la del municipio de San José Chacayá, con una remoción del 77.7 %.
- Las plantas de tratamiento que cumplen con los límites establecidos para fósforo total en el Acuerdo Gubernativo 12-2011, son las dos plantas de tratamiento del municipio de San Andrés Semetabaj, la de San José Chacayá y la de San Marcos la Laguna.
- Ninguna planta de tratamiento de las muestreadas durante el 2020 cumple con los límites establecidos para nitrógeno total en el Acuerdo Gubernativo 12-2011.



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

- Es necesario una buena operación y mantenimiento en todas las plantas de tratamiento, especialmente del pretratamiento, ya que este contribuye a la eliminación de arenas y grasas, y sólidos, mejorando la remoción de materia orgánica.
- Por tercer año consecutivo no se contó con el Técnico en Manejo de Aguas Residuales en el departamento de Saneamiento Ambiental de la Amsclae, por tal motivo no se pudo muestrear todas las plantas de tratamiento que se encuentran dentro de la cuenca del lago Atitlán. Derivado de lo anterior tampoco se pudo realizar la medición de caudal por lo menos durante 6 hora continuas para conocer los caudales máximos, mínimos y horas pico.

RECOMENDACIONES

- Implementar un sistema de desinfección en las plantas de tratamiento de aguas residuales que no poseen uno para poder eliminar la contaminación de origen fecal, que se ajuste al caudal.
- Los efluentes de aguas residuales tratadas pueden ser reutilizada para fertirriego, apegado a los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35 del Ac. Gub. 236-200.
- Realizar la medición de caudal por períodos de 24 horas y en diferentes días, para poder verificar el caudal de las plantas de tratamiento y así verificar si están operando según la capacidad para las que fueron diseñadas.
- Implementar la medición de oxígeno disuelto en aquellas plantas de tratamientos con tecnología de fangos activados, para conocer la operación y funcionamiento de las plantas de tratamiento.
- Dar acompañamiento y asesoría técnica a las municipalidades para que implementen mejoras en las plantas de tratamiento que administran. Asimismo, debe de hacerse un respectivo seguimiento y evaluación de la implementación de las recomendaciones.
- Contratación del Técnico en Manejo de Aguas Residuales para dar cumplimiento a la estrategia de aguas residuales de la AMSCLAE y reducir la problemática de contaminación por aguas residuales en el lago Atitlán.
- Garantizar que los operadores de las plantas de tratamiento reciban capacitación, así como la dotación de los insumos necesarios para que estos puedan operar las plantas de tratamiento de la mejor forma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA-AWWA-WPCF (1992) Métodos Normalizados, para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos, S.A. España
- Davis, L. (2010). Water and wastewater engineering: design principles and practice. Nueva York, USA: McGraw-Hill.
- Karia, G. y Christian, R. (2006), Wastewater treatment: concepts and design approach. India: Prentice-Hall
- Metcalf & Eddy. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización. Volumen I, 3era edición. España. McGraw-Hill.
- OPS (2005) Organización Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización, Perú.
- Pescod, M.B. (1992), Wastewater treatment and use in agricultura. Roma, Italia: FAO Press.
- Romero Rojas, J. A. (2010). Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principios de diseño. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- World Health Organization -WHO- (2000). Monitoring Bating Waters – A Practical Guide to the Design and Implementation of Assessments and Monitoring Programmes. London: F & FN Spon.