



INFORME DE MUESTREO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN, 2018

Responsable: Licda. Flor Mayarí Barreno Ortiz (*Encargada de Laboratorio*); Elsa María Reyes Morales (*Jefe Depto. Investigación y Calidad Ambiental*). **Fecha de elaboración:** diciembre 2018

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.

El Departamento de Investigación y Calidad Ambiental (DICA), realiza el muestreo de calidad de agua de las plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas dentro de la cuenca del lago Atitlán bajo el marco del inciso d) del artículo 13 del Reglamento de 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*”. Con base en lo anterior, 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), se efectúa el muestreo de la calidad de agua de las plantas de tratamiento ubicadas dentro de la cuenca.

ANTECEDENTES

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).



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 las únicas 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.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

Durante el 2018, 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 diferentes unidades que las conforman, así como el afluente y efluente.

Cuadro 1. Listado y tipo de tecnología de las plantas de tratamiento de aguas residuales muestreadas durante el 2018 (DICA/AMSCLAE, 2018).

No.	Planta de tratamiento	Municipio	Tecnología*					
			RAFA	Tanque Imhoff	Laguna Facultativa	Fosa Séptica	Lodos Activados de Aireación Extendida	Lodos Activados de Aireación Convencional
1	Xajaxac, Cipresales	Sololá						
2	Col. María Tecún	Sololá						
3	Cebollales I	Panajachel						
4	Sta Catarina Palopó	Sta Catarina Palopó						
5	Sn Andrés Semetabaj	Sn Andrés Semetabaj						
6	Chuk Muk	Santiago Atitlán						

Materiales

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">)] Hoja de registro)] Agua desmineraliza)] Agua ultrapura)] Hielera)] Frascos de vidrio ambar y transparente | <ul style="list-style-type: none">)] Frascos de plástico)] Guantes de neopreno)] Marcadores)] Combustible)] Reactivos |
|--|---|

Equipo de laboratorio

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">)] 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 | <ul style="list-style-type: none">)] Campa de extracción de gases)] Purificador de agua)] Incubadora Análoga)] Sistema de Oxitop)] Mesa Anti vibración)] Desecador de reactivos)] Agitador eléctrico)] Computadora)] Picetas |
|---|--|

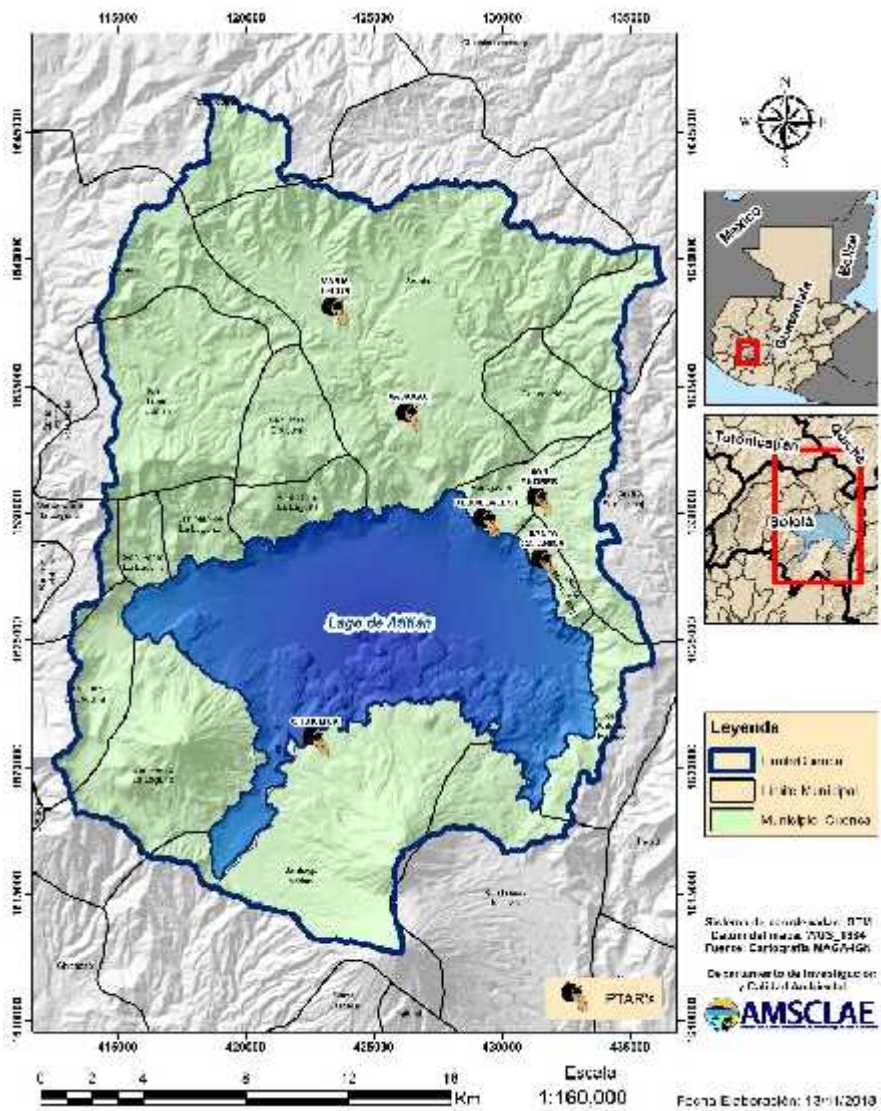


Figura 1. Ubicación de las PTAR muestreadas durante el 2018. Fuente: DICA-AMSCLAE, 2018

Equipo de Campo

- ⌋ Sonda de Oxígeno Hach HQ40D
- ⌋ Sonda de Conductividad Hach HQ40D
- ⌋ Sonda de pH Hach HQ40D
- ⌋ Cámara fotográfica
- ⌋ Vehículo



Frecuencia de muestreo

En coordinación con el departamento de Saneamiento Ambiental, durante el 2018 se muestreó una sola vez seis plantas de tratamiento de aguas residuales (Cuadro 1).

Tipo de muestra

En cada planta de tratamiento se evaluó cada una de las unidades, 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. Gob. 12-2011).

Durante el muestreo efectuado en el 2018, se tomaron muestras semicompuestas, con una duración entre 4 a 6 horas en cada una de las unidades de las diferentes plantas de tratamiento muestreadas.

Recolección de muestras

En cada planta de tratamientos se tomaron datos *in situ* de los parámetros de Oxígeno disuelto, Saturación de Oxígeno, pH, Temperatura, Conductividad eléctrica, Sólidos Disueltos Totales y en las plantas de tratamiento con tecnología de lodos, se midieron los Sólidos Sedimentables. Adicionalmente se recolectaron muestras de agua para realizar análisis en el laboratorio de los siguientes parámetros: Físicos (Sólidos Totales en Suspensión -TSS-, Color aparente), Químicos (Fósforo Total, Nitrógeno Total, Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO- y Demanda Química de Oxígeno -DQO-) y Microbiológicos (Coliformes fecales).

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 del muestreo, se diluyeron 1:10000 o 1:100000, 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 previamente lavados, y transportados posteriormente para su análisis, en cadena de frío a una temperatura de 4°C en hielera. 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).

El análisis de nutrientes se realizó 24 hrs después de tomada la muestra. El análisis de DQO y DBO, se realizó el mismo día de la toma de muestra. Los TSS y color aparente, fueron analizados al tercer día posterior a la toma de muestras.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas de tratamiento muestreadas durante el 2018, a excepción de la planta de tratamiento de Panajachel, 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). Por lo anterior, se esperaría que la mayoría de plantas de tratamiento no cumplan con la normativa 12-2011, en cuanto a remoción de nutrientes y que tengan un impacto sobre los cuerpos receptores. 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 del muestreo realizado durante el 2018, muestran que la planta de tratamiento del municipio de Santa Catarina Palopó, cumplen 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), Nitrógeno Total (NT), Color Aparente y Sólidos en Suspensión. Las plantas de tratamiento que cumplen en el parámetro de PT son las de Xajaxac y la de San Andrés Semetabaj (cuadro 2).

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

Es importante resaltar que la eficiencia de las plantas de tratamiento se mide en % de remoción de DBO, este porcentaje no indica que cumpla o no con los límites máximos permisibles según la normativa. Los resultados obtenidos del muestreo realizado durante el 2018, indican que las plantas de tratamiento del municipio de Santa Catarina Palopó, Chuk Muk, de Santiago Atitlán, Col. María Tecún y Xajaxac estas últimas del municipio de Sololá, tuvieron un porcentaje de remoción de DBO mayor al 80%. La planta de tratamiento del municipio de Santa Catarina, presento un porcentaje de remoción de DQO mayor al 90%, la planta de tratamiento del municipio de San Andrés Semetabaj tuvo un valor de DBO negativo (Fig. 2).

Nutrientes (Fosforo y Nitrógeno)

La planta de tratamiento Cebollales del municipio de Panajachel, es la única planta que cuenta con un tratamiento terciario químico para tratar el fósforo.

Los resultados obtenidos de fósforo total y nitrógeno total, en el muestreo realizado durante el 2018, indican que la planta de tratamiento no cumplió con los límites establecidos en el Ac. Gub. 12-2011, en su efluente (Cuadro 2).



Cuadro 2. Resultados del muestreo realizado durante 2018. (DICA – AMSCLAE, 2018).

Parámetro	Norma (Art. 11, Ac. Gob. No. 12-2011)	PTAR	Norma (Art. 12, Ac. Gob. No. 12-2011)	PTAR				Norma (Art. 13, Ac. Gob. No. 12-2011)	PTAR
		Sta. Catarina Palopó		Xajaxac, Sololá	San Andrés Semetabaj	Cebollales, Panajachel	Col. María Tecún, Sololá		Chuk muk, Santiago
Temperatura (°C)	TRC+/- 3*	22.56	TRC+/- 7*	17.4	20.06	23.01	19	Menor de 25	24.62
Potencial de Hidrógeno	6-9	7.79	6-9	6.8	7.75	7.5	7.55	6-9	9.46
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅ mg/L)	30	11.3	50	124	848	135	78.9	50	33.8
Demanda Química de Oxígeno (DQO mg/L)	60	46	100	282	304	633	207	100	166
Fósforo Total (mg/L)	3	0.5	5	5	4	6.6	7.6	5	6.6
Nitrógeno Total (mg/L)	5	1.6	10	42	23	35	38	10	6
Color Aparente	400	89	300	1344	1380	3772	954	300	1000
Sólidos Totales en Suspensión (mg/L)	40	2	60	47	80	333	38	60	55
Coliformes Fecales (NMP / 100 ml)	500	< 3 x 10 ⁵	<1x10 ⁴	4600 x10 ⁴	2400 x 10 ⁴	240 x 10 ⁴	240 x 10 ⁵	<1x10 ⁴	< 3 x 10 ⁵

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

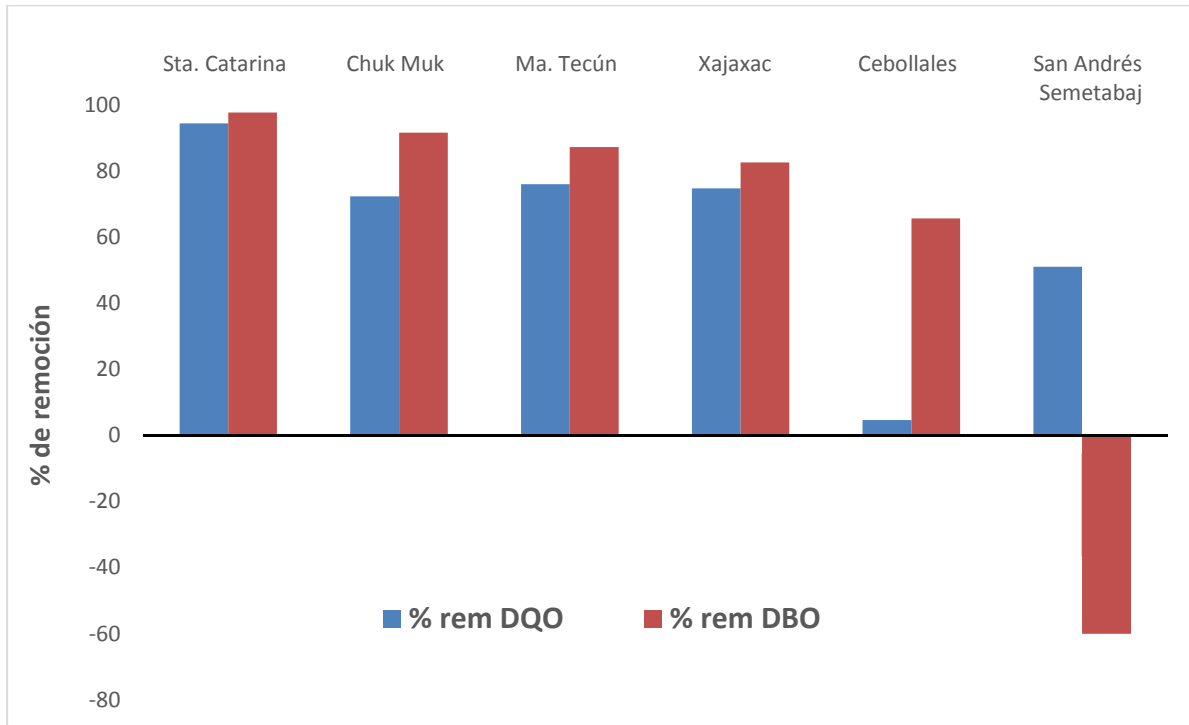


Figura 2. Porcentaje remoción de DQO Y DBO de las aguas residuales de las PTAR muestreadas durante el 2018. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2018).

Según lo observado durante el muestreo realizado, es necesario una buena operación y mantenimiento del pretratamiento en todas las plantas de tratamiento, ya que este elimina las arenas y grasas, contribuyendo así a aumentar el % de remoción de materia orgánica y por consiguiente el de DBO y DQO.

Respecto a la planta de tratamiento de los Cebollales, se debe de verificar la concentración del tratamiento fisicoquímico en el canal de floculación. Además, se debe dosificar apropiadamente para lograr disminuir la concentración de fósforo total y así mejorar la clarificación y cumplir con los límites máximos permisibles.

Los patios de secado de lodos de las plantas de tratamiento deben de recibir un mantenimiento adecuado. El lodo seco puede utilizarse para abono de cierto tipo de vegetación como grama y árboles frutales. Sí se utiliza para hortalizas, debe realizarse un análisis de coliformes fecales y metales pesados exigidos por el referido Acuerdo Gub. 236-2006 en su artículo 42.



CONCLUSIONES

-) Ninguna de las plantas de tratamiento cumple con el parámetro de coliformes fecales, por lo cual es necesario implementar un sistema de desinfección en las plantas que no lo poseen y verificar la dosificación en aquellas que si lo poseen para eliminar este contaminante de origen fecal.
-) Durante el 2018, la mayoría de las plantas de tratamiento no cumplió con los valores máximos permisibles establecidos en el Ac. Gub. No. 12-2011. La Ptar de Santa Catarina Palopó, es la que cumplen con más parámetros, siendo estos: Temperatura, pH, DQO, DBO, Fósforo Total, Nitrógeno Total, Color Aparente y Sólidos en Suspensión.
-) La planta de tratamiento de Santa Catarina Palopó tuvo una remoción de DQO y de DBO mayor al 80% durante el 2018.
-) Respecto al fósforo total, la planta de tratamiento del municipio de Panajachel no cumplió con los límites establecido en el Acuerdo Gubernativo 12-2011.
-) El apoyo administrativo y financiero por parte de las municipalidades respectivas, a las plantas de tratamiento es fundamental para mejorar el funcionamiento de las mismas, ya que una buena operación y mantenimiento es necesario para un efectivo tratamiento de las aguas residuales generadas.

RECOMENDACIONES

-) Las plantas de tratamiento deben implementar un sistema de desinfección diseñado para eliminar contaminantes fecales sin dañar al medio ambiente.
-) 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.
-) Verificar el caudal de las plantas de tratamiento, para corroborar si están operando dentro de la capacidad para las que fueron diseñadas.
-) Implementar la medición de grasas y aceites en el muestreo anual, para cuantificar y medir la eficiencia de la operación y funcionamiento de las plantas de tratamiento.
-) Dar acompañamiento y asesoría técnica a las municipalidades para recomendar mejoras correspondientes a cada planta de tratamiento y un respectivo seguimiento y evaluación de la implementación de las recomendaciones.
-) Es necesario que las municipalidades provean de insumos, recursos y capacitación a los operarios de las plantas de tratamiento, para que estos puedan operar las mismas de la mejor forma.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- J Davis, L. (2010). Water and wastewater engineering: design principles and practice. Nueva York, USA: McGraw-Hill.
- J Karia, G. y Christian, R. (2006), Wastewater treatment: concepts and design approach. India: Prentice-Hall
- J APHA-AWWA-WPCF (1992) Métodos Normalizados, para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos, S.A. España
- J 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.
- J Pescod, M.B. (1992), Wastewater treatment and use in agricultura. Roma, Italia: FAO Press.
- J Romero Rojas, J. A. (2010). Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principios de diseño. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- J 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.