



**Autoridad para el Manejo Sustentable de la
Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno**
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL



INFORME DE MUESTREO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN, 2019

Responsable: Licda. Flor Mayarí Barreno Ortiz (*Encargada de Laboratorio*); MSc. Elsa María Reyes Morales (*Jefe Depto. Investigación y Calidad Ambiental*). **Fecha de elaboración:** noviembre 2019

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 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*". 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), 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 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.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

Durante el 2019, 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 2019 (DICA/AMSCLAE, 2019).

No.	Planta de tratamiento	Municipio	Tecnología					
			RAFA	Tanque Imhoff	Laguna Facultativa	Lodos Activados de Aireación Extendida	Lodos Activados de Aireación Convencional	Reactores Secuenciales
1	Cebollales I	Panajachel						
2	Sn Andrés Semetabaj	Sn Andrés Semetabaj						
3	San Andrés Semetabaj (nueva)	Sn Andrés Semetabaj						
4	Sta Catarina Palopó	Sta Catarina Palopó						
5	Concepción	Concepción						
6	Chuk Muk	Santiago Atitlán						
7	San Jorge la Laguna	Sololá						
8	San José Chacayá	San José Chacayá						
9	San Marcos la Laguna	San Marcos la Laguna						

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
- Cámara fotográfica
- 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
- Campa de extracción de gases
- Purificador de agua
- Incubadora Análoga
- Sistema de Oxitop
- Mesa Anti vibración
- Desecador de reactivos
- Agitador eléctrico
- Computadora
- Picetas
- Mufla



Figura 1. Ubicación de las PTAR muestreadas durante el 2019. Fuente: DICA-AMSCLAE, 2019

Frecuencia de muestreo

En coordinación con el departamento de Saneamiento Ambiental, durante el 2019 se muestreó una sola vez nueve 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. Gub. 12-2011).



Durante el muestreo efectuado en el 2019, se tomaron muestras simples y semicompuestas, estas últimas con una duración entre 4 a 6 horas en cada una de las unidades 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, por lo cual en algunos casos no fue posible tomar muestras semicompuestas.

Recolección de muestras

En cada planta de tratamientos se tomaron datos *in situ* de los parámetros de Oxígeno disuelto, Saturación de Oxígeno, Temperatura, y Sólidos Sedimentables. En las plantas de tratamiento con tecnología de lodos, se midieron parámetros de Sólidos Totales en Suspensión -TSS- y Sólidos Volátiles. Adicionalmente se recolectaron muestras de agua para realizar análisis en el laboratorio de Fósforo Total, Fosfatos, Nitrógeno Total, Nitratos, Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO-, Demanda Química de Oxígeno -DQO- y Microbiológicos (Coliformes fecales). Los análisis de laboratorio se realizaron siguiendo los procedimientos operacionales estandarizados del POE - 2 "Recolección de muestras", POE -3 "Parámetros *In Situ*", POE - 5 "Lavado de cristalería", POE - 8 "Nitratos y Nitritos", POE - 9 "Ortofosfatos", 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".

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.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas de tratamiento muestreadas durante el 2019, 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) 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 del muestreo realizado durante el 2019, muestran que la planta de tratamiento del municipio de San Marcos la Laguna, 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), Nitrógeno Total (NT), y Coliformes Fecales. La planta de tratamiento del municipio de Santa Catarina Palopó, cumple con la normativa en los parámetros evaluados a excepción de los parámetros de DQO y Coliformes Fecales. 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 y la de Chuk Muk, del municipio de Santiago Atitlán, las plantas de tratamiento que cumplen con el parámetro de Coliformes Fecales, con las del municipio de San Marcos la Laguna, Sn José Chacayá y Chuk Muk de Santiago Atitlán (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.

Cuadro 3. Resultados de parámetros adicionales realizado durante 2019. (DICA – AMSCLAE, 2019).

Parámetros	PTAR								
	Santa Catarina Palopó	Panajachel	**San Andrés Semetabaj	San Andrés Semetabaj (nueva)	Concepción	San Jorge la Laguna	San José Chacayá	**Chuk muk (Santiago) Atitlán)	**San Marcos la Laguna
Fosfatos (mg/L)	0.8	3.5	2.9	2.4	3.3	10.5	13.9	4.51	0.31
Nitratos (mg/L)	0.12	0.05	0.03	0.05	1.2	0.9	12.98	13.8	2.07
Sólidos Sedimentables (mL/L)	< 0.1	9	0.35	0.2	0.5	1.7	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Oxígeno Disuelto (mg/L)	2.81	1.59	3.48	4.63	3.13	3.96	3.92	16.3	4.62

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

Cuadro 2. Resultados de los parámetros establecidos en el acuerdo gubernativo 12-2011 durante 2019. (DICA – AMSCLAE, 2019).

Parámetros	Norma (Art. 11, Ac.Gub.#. 12-2011)	PTAR		Norma (Art. 12, Ac.Gub.#. 12-2011)	PTAR						PTAR		
		Sta. Catarina Palopó			Panajachel	**San Andrés Semetabaj	San Andrés Semetabaj (nueva)	Concepción	San Jorge la Laguna	San José Chacayá	Norma (Art. 13, Ac.Gub.#. 12-2011)	**Chuk muk (Santiago Atitlán)	**San Marcos la Laguna
Temperatura (°C)	TCR +/-3*	23.7		TCR +/-7*	23.95	20.60	21	20.13	20.6	19.7	< 25	ND	21.05
Potencial de Hidrógeno, pH	6-9	7.66		6-9	7.46	7.5	7.45	7.7	7.13	7.61	6-9	9.1	7.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO _{5,20} (mg/L)	30	11.3		50	84.7	169	141	226	620	28.2	50	31	5.1
Demanda Química de Oxígeno, DQO (mg/L)	60	83		100	305	327	250	385	930	58	100	128.5	47
Fósforo Total (mg/L)	3	1		5	6.2	4.2	3.4	5.2	14.4	23.09	5	5.05	0.32
Nitrógeno Total (mg/L)	5	1.1		10	34	28	16	22	91	19	10	17	6.25
Sólidos en Suspensión (mg/L)	40	3.7		60	480	115	133	ND	ND	ND	60	ND	ND
Coliformes Fecales (NMP)	500	9.2 x 10 ⁴		<1x10 ⁴	460 x 10 ⁴	>1100 x 10 ⁴	460 x 10 ⁴	>1100 x 10 ⁴	>1100 x 10 ⁴	1100 x 10 ³	<1x10 ⁴	< 3 x 10 ²	9300

* Se reporta la temperatura de la muestra en grados Celsius

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

TCR = Temperatura del cuerpo receptor

ND = No Dato

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



**Autoridad para el Manejo Sustentable de la
Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno**

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL



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 2019, indican que las plantas de tratamiento del municipio de San Marcos la Laguna, Chuk Muk, de Santiago Atitlán, San José Chacayá y Santa Catarina Palopó, tuvieron un porcentaje de remoción de DBO mayor al 85% (Fig. 2) y cumplen con el límite máximo permisible de la normativa establecidos en el Ac. Gub. 12-2011 (30 o 50 mg/L) (Cuadro 2). Respecto al DQO, las plantas de tratamiento de San Marcos la Laguna, Santa Catarina Palopó y San José Chacayá, tuvieron un porcentaje de remoción de DQO mayor al 90% (Fig. 3), además cumplieron con la normativa establecida en el Ac. Gub. 12-2011 (60 o 100 mg/L) (Cuadro 2), el resto de las plantas de tratamiento no cumplen.

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 elimina las arenas y grasas, las cuales pueden reducir la eficiencia de los procesos posteriores.

Nutrientes (Fosforo y Nitrógeno)

La planta de tratamiento Cebollales del municipio de Panajachel, cuenta con un tratamiento terciario químico para tratar el fósforo. No obstante, según los resultados obtenidos de fósforo total y nitrógeno total en el muestreo realizado durante el 2019, indican que el efluente de la planta de tratamiento no cumplió con los límites establecidos en el Ac. Gub. 12-2011 (Cuadro 2). Para que la planta cumpla con la normativa se debe verificar la concentración del tratamiento fisicoquímico en el canal de floculación, y ajustarlo al caudal de la planta de tratamiento. Además, se debe dosificar apropiadamente para lograr disminuir la concentración de fósforo y así mejorar la clarificación de su efluente.

Oxígeno Disuelto -OD- (Cebollales I)

Adicionalmente a los parámetros establecidos en el Ac. Gub. 12-2011 y a los análisis solicitados por el departamento de Saneamiento ambiental, se realizaron mediciones de la concentración de oxígeno disuelto en los dos tanques de fangos activados de la planta de tratamiento de Cebollales I (Anexo 1 y 2). Los sistemas de fangos activados utilizan el oxígeno para realizar el proceso oxidación de la materia orgánica. La concentración de oxígeno en el tanque normalmente debe estar entre 1 y 2 mg/L, una baja concentración de OD podría generar un pobre crecimiento del lodo y una baja remoción en los contaminantes, a su vez una alta concentración de podría presentar una pobre eficiencia de sedimentación del lodo al igual que un bajo rendimiento en la remoción.

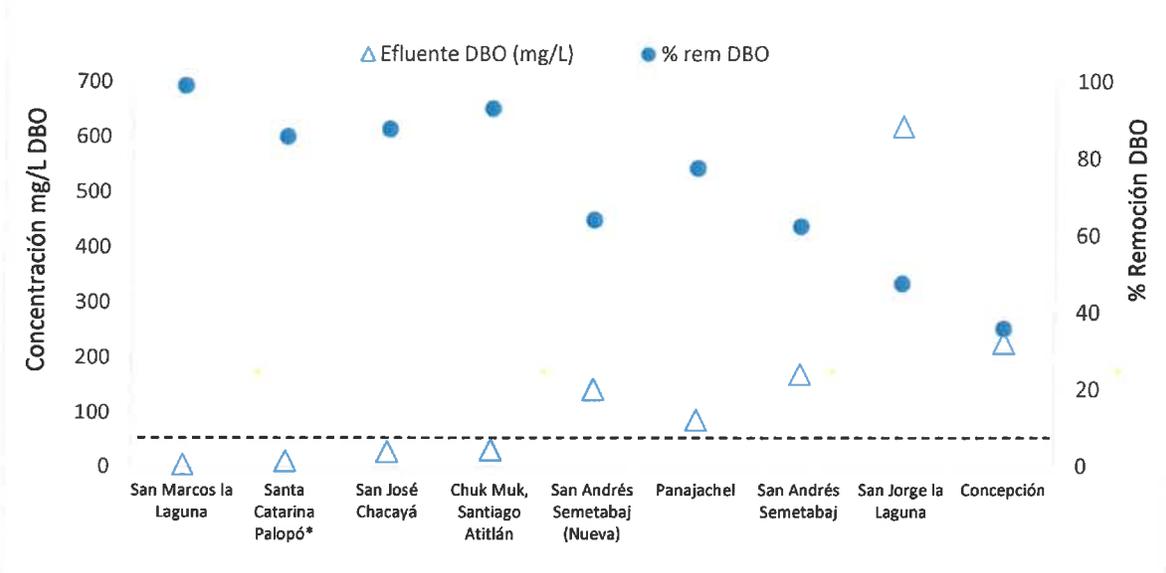


Figura 2. Valores de concentración de DBO del efluente (mg/L) vs el porcentaje remoción de DBO de las PTAR muestreadas durante el 2019. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2019). La línea punteada indica el límite máximo permisible, para la PTAR de Santa Catarina Palopó* es 30 mg/L y para el resto es 50 mg/L.

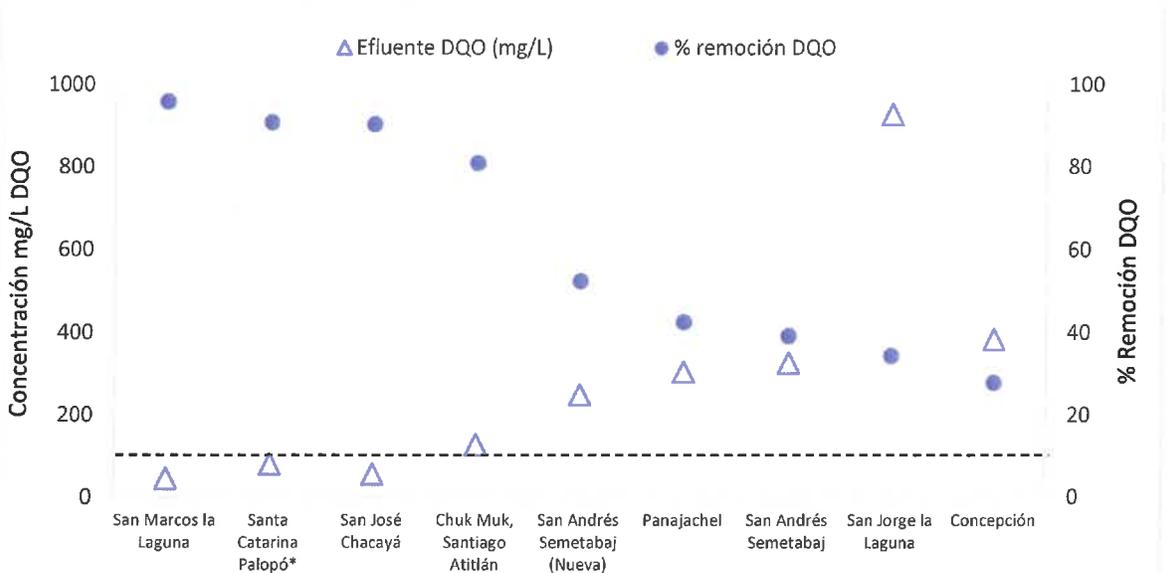


Figura 3. Valores de concentración de DQO del efluente (mg/L) vs el porcentaje remoción de DQO de las PTAR muestreadas durante el 2019. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2019). La línea punteada indica el límite máximo permisible, para la PTAR de Santa Catarina Palopó* es 60 mg/L y para el resto es 100 mg/L.

En la figura 4, se puede observar los niveles de oxígeno disuelto del tanque norte y sur de fangos activados, desde la entrada hasta la salida (Anexo 1 y 2). Todos los valores del tanque norte se encuentran por debajo de los 0.2 mg/L. Los valores de la entrada y el centro del tanque sur están por debajo de 1 mg/L, solo la salida del tanque sur se encuentra entre lo normal para un buen funcionamiento. La disponibilidad de oxígeno en los tanques de fangos activos, es necesaria para que se desarrollen apropiadamente los microorganismos que llevarán a cabo la degradación biológica de la materia orgánica.

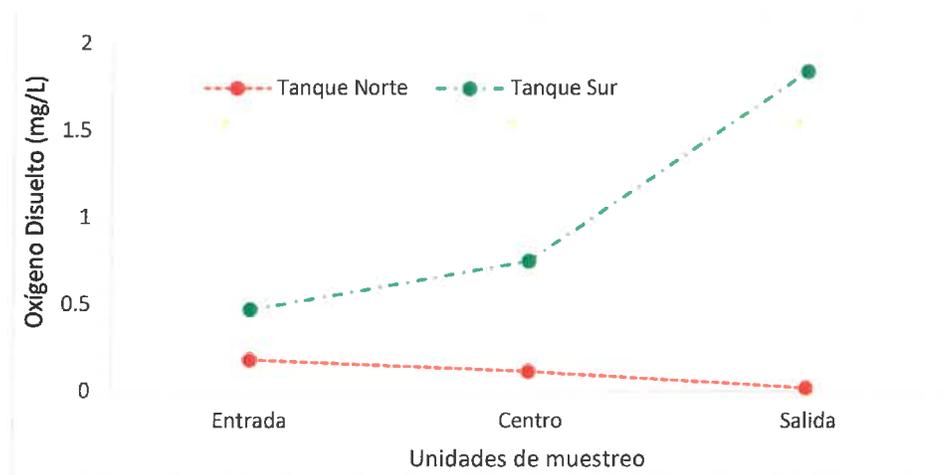


Figura 4. Concentración de Oxígeno Disuelto en los tanques de fangos activados de la planta de tratamiento los Cebollales, Panajachel (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2019).

CONCLUSIONES

- Las plantas de tratamiento de aguas residuales de los municipios de San José Chacayá, San Marcos La Laguna y Chuk Muk del municipio de Santiago Atitlán cumple con el parámetro de coliformes fecales. Las dos primeras poseen un sistema de desinfección cuya dosis actualmente se ajusta al caudal. La tecnología de lagunas facultativas de la planta de tratamiento de Chuk Muk, le permite la eliminación de contaminación fecal ya que sus aguas se encuentran expuestas a la radiación solar.
- La planta de tratamiento de San Marcos la Laguna cumple con los valores máximos permisibles establecidos en el Ac. Gub. No. 12-2011. La PTAR de Santa Catarina Palopó, cumple con los parámetros de temperatura, pH, DBO, fósforo total, nitrógeno total y sólidos en suspensión.
- Las plantas de tratamiento de San Marcos la Laguna, Chuk Muk de Santiago Atitlán, San José Chacayá y Santa Catarina Palopó cumplen con los valores máximos permisibles establecidos para DBO en el Ac. Gub. 12-2011, además que tuvieron una remoción de DBO mayor al 85%.



- Las plantas de tratamiento de San Marcos la Laguna y San José Chacayá cumplen con los valores máximos permisibles establecidos para DQO en el Ac. Gub. 12-2011, además que tuvieron una remoción de DQO mayor al 90%, al igual que Santa Catarina Palopó.
- La planta de tratamiento del municipio de Panajachel no cumplió con los límites establecido para fósforo total en el Acuerdo Gubernativo 12-2011, solo Santa Catarina Palopó, San Andrés Semetabaj I y II, Chuk Muk, Santiago Atitlán y San Marcos la Laguna cumplieron.
- 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, mejorando la remoción de materia orgánica.
- Por segundo 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 lo poseen, para poder eliminar la contaminación de origen fecal.
- 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, además de fortalecer el departamento de Saneamiento Ambiental y establecer una plataforma de coordinación interinstitucional, y así 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.



Autoridad para el Manejo Sustentable de la
Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

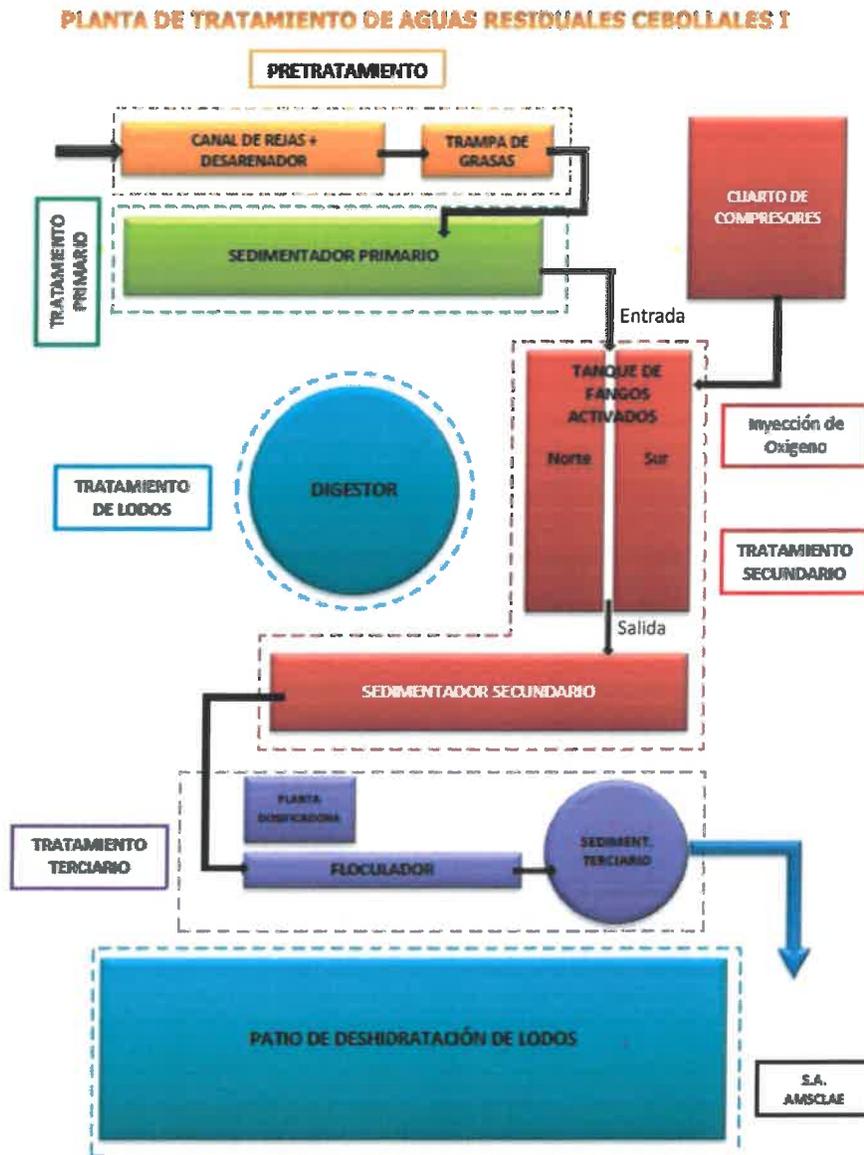


REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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
- APHA-AWWA-WPCF (1992) Métodos Normalizados, para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos, S.A. España
- 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.

ANEXOS

Anexo 1 Diagrama de Planta de tratamiento de Aguas Residuales Cebollales I.





Anexo 2 Medición de Oxígeno Disuelto en los Tanque de Fangos Activados de la PTAR "Los Cebollales".

Medición Oxígeno Disuelto Tanque de Fangos Activados Norte

ENTRADA					
Derecha		Centro		Izquierda	
Profundidad (m)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Profundidad (m)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Profundidad (m)	Oxígeno Disuelto (mg/L)
3.5	0.21	3.5	0.05	3.5	0.03
2.5	0.38	2.5	0.21	2.5	0.10
0.5	0.16	0.5	0.18	0.5	0.27
CENTRO					
3.5	0.11	3.5	0.03	3.5	0.02
2.5	0.23	2.5	0.05	2.5	0.04
0.5	0.38	0.5	0.13	0.5	0.03
SALIDA					
3.5	0.04	3.5	0.01	3.5	0.02
2.5	0.03	2.5	0.01	2.5	0.01
0.5	0.02	0.5	0.02	0.5	0.01

Medición de Oxígeno Disuelto Tanque de Fangos Activados Sur

ENTRADA					
Derecha		Centro		Izquierda	
Profundidad (m)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Profundidad (m)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Profundidad (m)	Oxígeno Disuelto (mg/L)
3.5	0.20	3.5	0.09	3.5	0.04
2.5	0.78	2.5	0.5	2.5	0.55
0.5	1.03	0.5	0.41	0.5	0.66
CENTRO					
3.5	0.54	3.5	0.64	3.5	0.62
2.5	0.65	2.5	0.80	2.5	0.75
0.5	0.93	0.5	0.90	0.5	0.98
SALIDA					
3.5	1.51	3.5	2.14	3.5	1.78
2.5	1.82	2.5	1.69	2.5	1.88
0.5	1.93	0.5	1.75	0.5	


Licda. Flor Mayari Barreno Ortiz
 Encargada de Laboratorio
 -AMSCLAE-


 MSc. Elsa María de Fátima Rojas Morales
 Jefe del Deplo. de Investigación y
 Calidad Ambiental
 -AMSCLAE-


 MSc. Onelia Xicay Franco
 Subdirectora Técnica
 AMSCLAE