



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL-DICA-

**INFORME DE MUESTREO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA
CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN 2012-2015**

Responsable: Licda. Flor Mayarí Barreno Ortiz (*Encargada de Laboratorio*); Elsa María Reyes Morales (*Jefe depto. Investigación y Calidad Ambiental*). **Fecha de redacción:** Noviembre 2015

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 la calidad de agua de las plantas de tratamiento de aguas residuales que se enmarcan en el 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 en el Reglamento de Descargas de Aguas Residuales en la Cuenca del Lago de Atitlán (Acuerdo Gubernativo 12-2011), y al reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos (Acuerdo Gubernativo 236-2006), se efectúan dos muestreos al año, de la calidad de agua de las plantas de tratamiento ubicadas dentro de la cuenca.

Durante el 2015 se muestrearon 11 plantas de tratamiento ubicadas dentro de la cuenca. El primer muestreo se efectuó en época seca, las muestras que se tomaron fueron muestras compuestas con una duración de 7 hrs por planta de tratamiento. El segundo muestreo se realizó en época lluviosa y las muestras tomadas fueron simples. La planta de tratamiento del municipio de Santa Catarina Palopó cumplió con los límites máximos permisibles establecidos en el Ac. Gub. 12-2011 en los parámetros de pH, DBO, DQO, fósforo total, nitrógeno total, color aparente y sólidos en suspensión.

Durante el 2014 se muestrearon 10 plantas de tratamiento y el humedal artificial que trata aguas grises en el municipio de San Lucas Tolimán. Se muestreo en época seca y en época lluviosa. La planta de tratamiento que cumplió con la normativa en el DQO y DBO fue la planta de tratamiento del municipio de Panajachel y en época lluviosa la planta de tratamiento del municipio de Santa Catarina Palopó.



De cada muestreo realizado en los años 2015 al 2012, se realizaron informes los cuales se han entregado a las diferentes municipalidades para informar sobre el funcionamiento de las mismas.

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 y eficiencia de la plantas de tratamiento de aguas residuales dentro de la cuenca del lago de Atitlán.
- Proporcionar información a las municipalidades y 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.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

Dentro del plan de muestreo 2015, se incluyeron las plantas de tratamiento que se han venido evaluando desde julio 2012 (Cuadro 1), las cuales se encuentra ubicadas dentro de la Cuenca del Lago de Atitlán (Fig. 1). En cada planta se muestreo el afluente y efluente de la planta de tratamiento para calcular el porcentaje de remoción de DBO y DQO. En 2015 en San Lucas Tolimán, se instaló una planta de tratamiento de lodos activados de aireación suspendida, para tratar las aguas grises de los lavaderos municipales y se clausuro el humedal artificial, que se había monitoreado los años anteriores.

Cuadro 1. Listado y tipo de tecnología de las plantas de tratamiento de aguas residuales de la cuenca del lago de Atitlán. (DICA/AMSCLAE, 2015)

No.	Municipio	Planta de tratamiento	Tecnología*					
			RAFA	Tanque Imhoff	Laguna Facultativa	Fosa Séptica	Lodos Activados de Aireación Extendida	Lodos Activados de Aireación Convencional
1	Sta Lucía Utatlán	Novillero						
2	Sololá	María Tecún						
3		Barrio Sn Bartolo						
4		Barrio Sn Antonio						
5		Sn Jorge la Laguna						
6	Panajachel	Cebollales I						
7	Sta Catarina Palopó	Sta Catarina Palopó						
8	Sn Andrés Semetabaj	Sn Andrés Semetabaj						
9	Sta Cruz La Laguna	Sta Cruz la Laguna						
10	Santiago Atitlán	Chukumuk						
11	San Lucas Tolimán	San Lucas Tolimán						

Materiales

- Hoja de registro
- Agua desmineraliza
- Agua ultrapura
- Hielera
- Frascos de vidrio ambar y transparente
- Frascos de plástico
- Guantes de neopreno
- Marcadores
- Combustible
- Reactivos

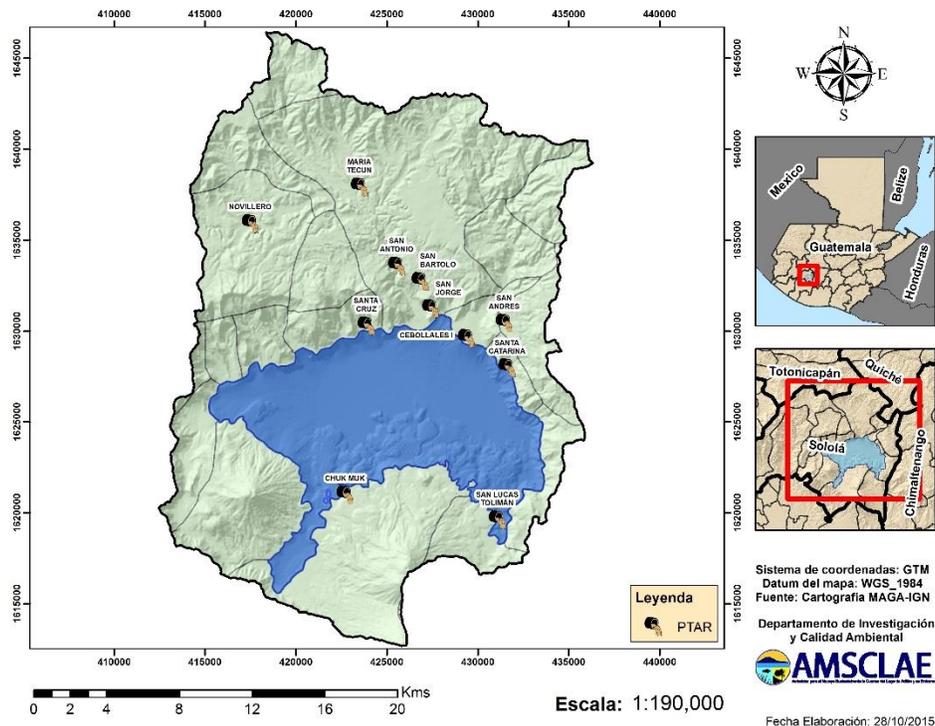


Figura 1. Ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales dentro de la cuenca del lago de Atitlán, Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015

Equipo de laboratorio

- Espectrofotómetro UVVIS
- 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

Equipo de Campo

- Sonda de Oxígeno Hach HQ40D
- Sonda de Conductividad Hach HQ40D
- Sonda de pH WTW 330i
- Cámara fotográfica
- Vehículo
- Lancha



Frecuencia de muestreo

Durante el 2015, se realizaron dos muestreos en las 11 plantas de tratamiento. En época seca el departamento de Saneamiento Ambiental en coordinación con el departamento de Investigación, realizó el primer muestreo. En época lluviosa se realizó el segundo muestreo.

En el 2014, se muestreo dos veces, las 10 plantas de tratamiento ubicadas dentro de la cuenca y el humedal artificial ubicado en el municipio de San Lucas Tolimán. El primer muestreo en época seca y el segundo en época lluviosa.

En el 2013, se muestreo una vez en época lluviosa las plantas de tratamiento ubicadas dentro de la cuenca, excepto la planta de tratamiento del municipio de Panajachel, que se muestreo 12 veces.

En el año 2012, se muestrearon en época lluviosa ocho plantas de tratamiento de las once actuales, ya que la planta de tratamiento del municipio de Panajachel se inauguró en 2013 y la planta de tratamiento del municipio de Santa Cruz la Laguna se rehabilitó en el 2013.

Tipo de muestra

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 (Acuerdo Gubernativo 12-2011).

Durante el primer muestreo del 2015, se tomaron muestras compuestas con una duración de 7 hrs, por planta de tratamiento. En el segundo muestreo se tomaron muestras simples.

Durante los años 2012-2014, se tomaron muestras simples.

Recolección de muestras

En cada planta de tratamientos se tomaron datos *in situ* de los parámetros (Oxígeno disuelto, Saturación de Oxígeno, pH, Temperatura, Conductividad eléctrica, Sólidos disueltos totales). Adicionalmente se recolectaron muestras de agua para realizar los análisis de los siguientes parámetros en el laboratorio: Físicos (Sólidos Totales en Suspensión, Turbidez, Color aparente y Color Verdadero), Químicos (Fósforo Total, Nitrógeno Total, DBO y DQO) y Microbiológico (Coliformes totales y E. Coli).



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 de época seca se diluyeron 1:100, con el objetivo de disminuir la carga bacteria y poder obtener resultados más exactos. Las muestras del muestreo de época lluviosa se diluyeron 1:1000 y 1:10000.

Muestras para análisis físicos y químicos Las muestras fueron recolectadas en recipientes de vidrio previamente lavados y transportadas previamente a su análisis en cadena de frío a una temperatura de 4°C en hielera. 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, turbidez, color aparente y color verdadero, fueron analizados al tercer día posterior a la toma de muestras.

Antes de llenar los recipientes de vidrio con la muestra, este se lavó tres veces con la muestra, excepto cuando el envase contenía un conservante o un declarante. Según el análisis, se llenó el envase por completo (análisis orgánicos), o se dejó un espacio vacío para aireación (análisis microbiológicos).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas de tratamiento ubicadas dentro de la cuenca del lago de Atitlán 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 biológica de oxígeno (DBO). Por lo anterior se esperaría que la mayoría de plantas de tratamiento no cumplan con la normativa en cuanto a remoción de nutrientes y que tengan un impacto sobre los cuerpos receptores. En los cuadros 2 y 3 se reportan los resultados del efluente y en colores se indica si cumple o no con la normativa del Acuerdo Gubernativo No. 12-2011.

Según los resultados de los dos muestreos realizados durante el 2015 uno en época seca y el otro en época lluviosa, la planta de tratamiento del municipio de Santa Catarina Palopó, cumple con la normativa del Acuerdo Gubernativo No. 12-2011, para los parámetros de pH, DBO, DQO, fósforo total, nitrógeno total, color aparente y sólidos en suspensión. La planta de tratamiento del novillero cumple con lo establecido en la normativa en el muestreo realizado en época lluviosa en los parámetros de fósforo total y nitrógeno total. La planta de tratamiento del municipio de Panajachel cumple con la normativa en el parámetro de fósforo total, según los resultados obtenidos durante el muestreo realizado en época lluviosa.

Durante el 2014, según los resultados, cumple con la normativa en los parámetros de fósforo total y nitrógeno total, la planta de tratamiento de Santa Catarina Palopó. La planta de tratamiento del municipio de Panajachel cumple durante este mismo año únicamente en el parámetro de fósforo total. Al igual que las plantas de tratamiento de Novillero del municipio de Santa Lucía Utatlán, y la planta de San Andrés Semetabaj. (Anexo 1 y 2)



Cuadro 2. Resultados del muestreo realizado en época seca durante el 2015. (DICA – AMSCLAE, 2015).

No	Parámetros	Norma (Artículo 11, Ac.Gub.#. 12-2011)	PTAR		Norma (Artículo 12, Ac.Gub.#.1 2-2011)	PTAR								Norma (Artículo 13, Ac.Gub.#.1 2-2011)	PTAR Chuk muk (Santiago Atitlán)
			Sta. Catarina Palopó	Sn. Lucas Tolimán		Novillero	Ma. Tecún	Barrio Sn Bartolo	Barrio Sn Antonio	Sn Jorge la Laguna	Panajachel	Sta. Cruz la Laguna	Sn Andrés Semetabaj		
1	Temperatura	TRC+/- 3*	22.06	22.35	TRC+/- 7*	21.68	19.48	20.2	20.5	21.62	24.9	21.7	21.2	Menor de 25	25.7
2	Potencial de Hidrógeno	6-9	7.69	7.34	6-9	9.09	7.31	7.84	7.35	7.43	7.49	7.56	7.63	6-9	9.30
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno,	30	4.5	297	50	76	80	40.4	124	175	90	180	107	50	35
4	Demanda Química de Oxígeno,	60	46	543	100	300.3	141.3	233	157.67	405.6	276.6	367.33	207.3	100	172
5	Fósforo Total	3	1.29	3.32	5	8.26	5.12	5.02	5.3	10.5	5.93	4.9	3.8	5	6.7
6	Nitrógeno Total	5	1.2	2.3	10	27.8	34	39.6	38.3	>15	25	19.23	19.5	10	19
7	Color Aparente	400	143.3	2048	300	1711	493.67	496.67	628	1863	1403	1740.66	1128.6	300	1560.67
8	Sólidos en Suspensión	40	5.3	167.4	60	118	26.5	20.2	12.55	83.75	-----	109.71	55.3	60	59
9	Coliformes Fecales	500	86 x 10 ³	2200 x 10 ³	<1x10 ⁴	186 x 10 ³	920 x 10 ³	480 x 10 ³	2200 x 10 ³	2200 x 10 ³	920 x 10 ³	≥4800	920 x 10 ³	<1x10 ⁴	86 x 10 ³

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



Cuadro 3. Resultados del muestreo realizado en época lluviosa durante el 2015. (DICA – AMSCLAE, 2015).

No.	Parámetros	Norma (Artículo 11, Ac.Gub.#.12-2011)	PTAR		Norma (Artículo 12, Ac.Gub.#.12-2011)	PTAR								Norma (Artículo 13, Ac.Gub.#.12-2011)	PTAR Chuk muk (Santiago)
			Sta. Catarina Palopó	Sn. Lucas Tolimán		Novillero	Ma. Tecún	Barrio Sn Bartolo	Barrio Sn Antonio	Sn Jorge La Laguna	Panajachel	Sta. Cruz la Laguna	Sn Andrés Semetabaj		
1	Temperatura	TRC+/- 3*	26.5	25.3	TRC+/- 7*	27.1	19.3	21.5	21	24.2	23.8	20.5	22.1	Menor de 25	27.2
2	Potencial de Hidrógeno	6-9	7.61	7.75	6-9	9.39	7.80	7.90	7.28	7.63	7.35	7.19	7.1	6-9	9.13
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno,	30	11.3	146	50	56.3	62	78.9	213	135	163	197	214	50	39.4
4	Demanda Química de Oxígeno,	60	16.33	393.6	100	608.33	245.6	175	357	294.3	365.3	356	292.6	100	100
5	Fósforo Total	3	0.426	3.21	5	3.55	6.47	5.98	7.11	7.18	1.90	1.34	3.68	5	4.17
6	Nitrógeno Total	5	0.4	1.4	10	10	30.3	15.3	22	35	23	9	10.3	10	4.8
7	Color Aparente	400	81.6	240.6	300	1595	701.3	538.6	1259.6	1394.6	2330.6	1839	1417.6	300	670.6
8	Sólidos en Suspensión	40	1	142	60	76.6	26.6	24	110	126	128	160	63	60	54.1
9	Coliformes Fecales	500	4 x 10 ⁴	2200 x 10 ³	<1x10 ⁴	23 x 10 ⁴	2400 x 10 ⁴	240 x 10 ⁴	240 x 10 ⁴	460 x 10 ⁴	460 x 10 ³	≥2400 x 10 ³	≥2400 x 10 ³	<1x10 ⁴	≥2400

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

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

Los resultados del muestreo realizado en época seca del 2015 indican que la planta de tratamiento del municipio de Santa Catarina Palopó, tuvo un porcentaje de remoción de DQO y DBO mayor al 80% (Fig. 2). Los resultados del muestreo en época lluviosa indican que las plantas de tratamiento de los municipios de Santa Catarina Palopó y de la aldea Chuk Muk del municipio de Santiago Atitlán, tuvieron un porcentaje de remoción de DQO y DBO mayor al 80% (Fig. 3).

Es importante resaltar que la eficiencia de las plantas de tratamiento se miden en % de remoción de DBO, este porcentaje no indica que cumpla o no con los límites máximos permisibles según la normativa.

En el 2014, en el muestreo realizado en época seca, las plantas de tratamiento de los municipios de Panajachel, Santa Catarina Palopó y de la aldea María Tecún de Sololá, tuvieron un porcentaje de remoción de DQO y DBO mayor al 80% (Fig. 4). Los resultados del muestreo en época lluviosa indican que las plantas de tratamiento de los municipios de Santa Catarina Palopó, barrio San Bartolo, barrio San Antonio y aldea María Tecún del municipio de Sololá, tuvieron un porcentaje de remoción de DQO y DBO mayor al 80% (Fig. 5).

Durante el muestreo en época lluviosa del 2013, las plantas de tratamiento de San Andrés Semetabaj, Santa Catarina Palopó, Santiago Atitlán-Chukumuk y barrio San Antonio del municipio de Sololá presentaron el mayor porcentaje de remoción de DBO y DQO (Fig. 6).

Durante el año 2012, las plantas de tratamiento obtuvieron el mayor porcentaje de remoción de DBO y DQO fueron el barrio San Antonio y Barrio San Bartolo, ambas del municipio de Sololá (Fig. 7).

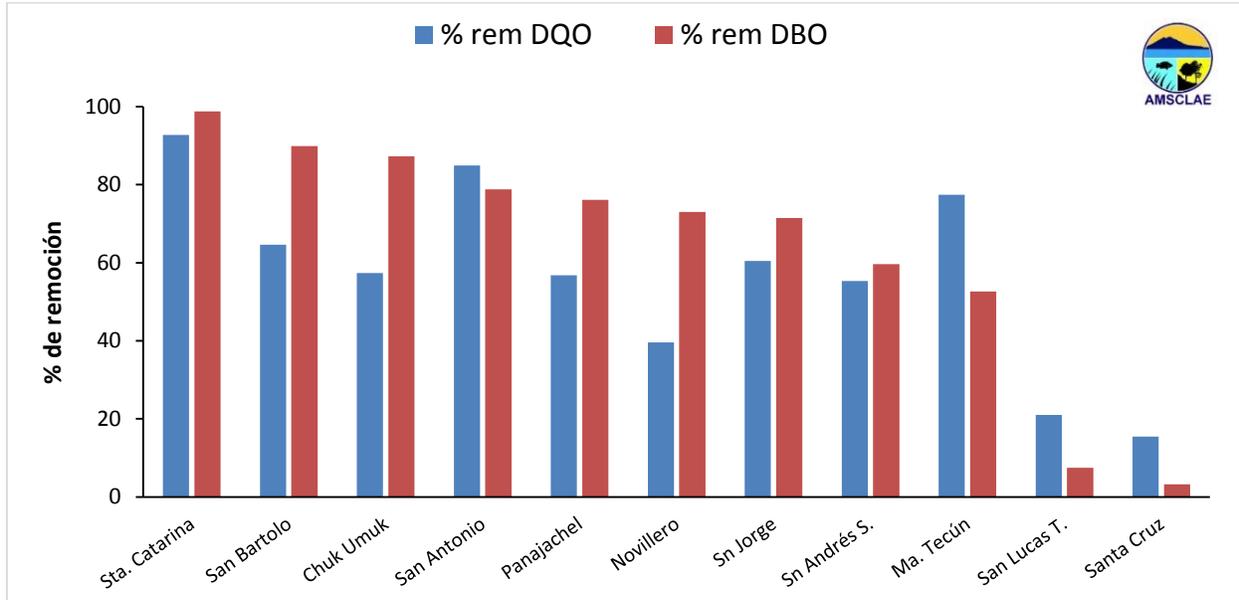


Figura 2. Porcentaje remoción de DQO Y DBO de las aguas residuales de las PTAR de la cuenca, época seca 2015. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015).

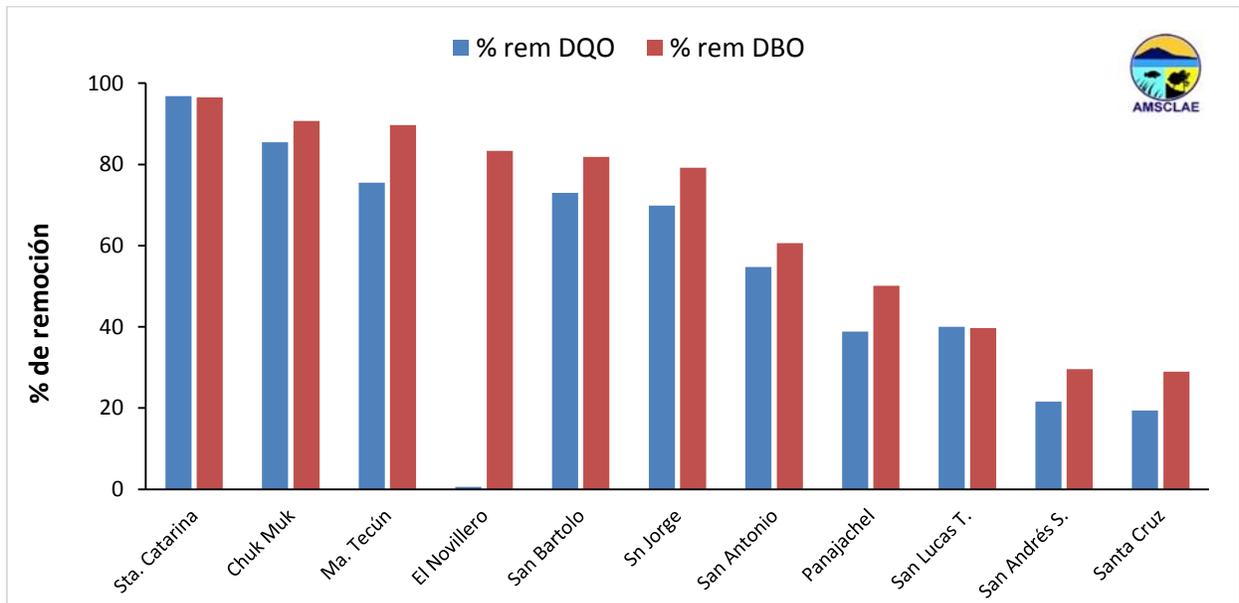


Figura 3. Porcentaje remoción de DBO Y DQO de las aguas residuales de las PTAR de la cuenca, época lluviosa 2015. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015)

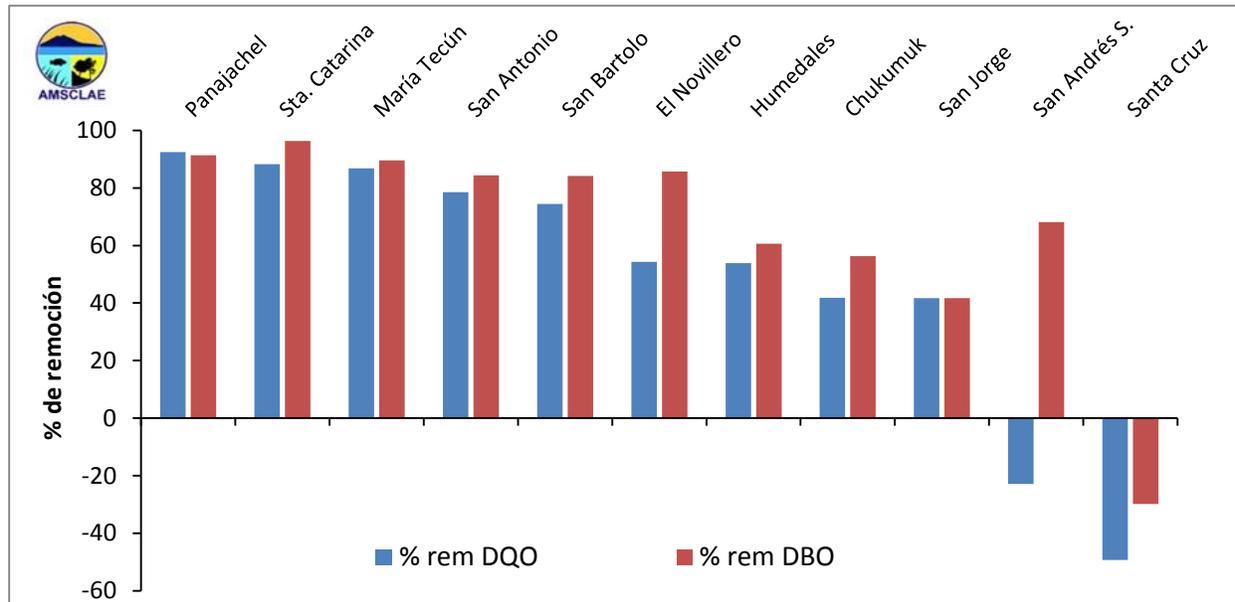


Figura 4. Porcentaje remoción de DBO Y DQO de las aguas residuales de las PTAR de la cuenca, época seca 2014. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2014).

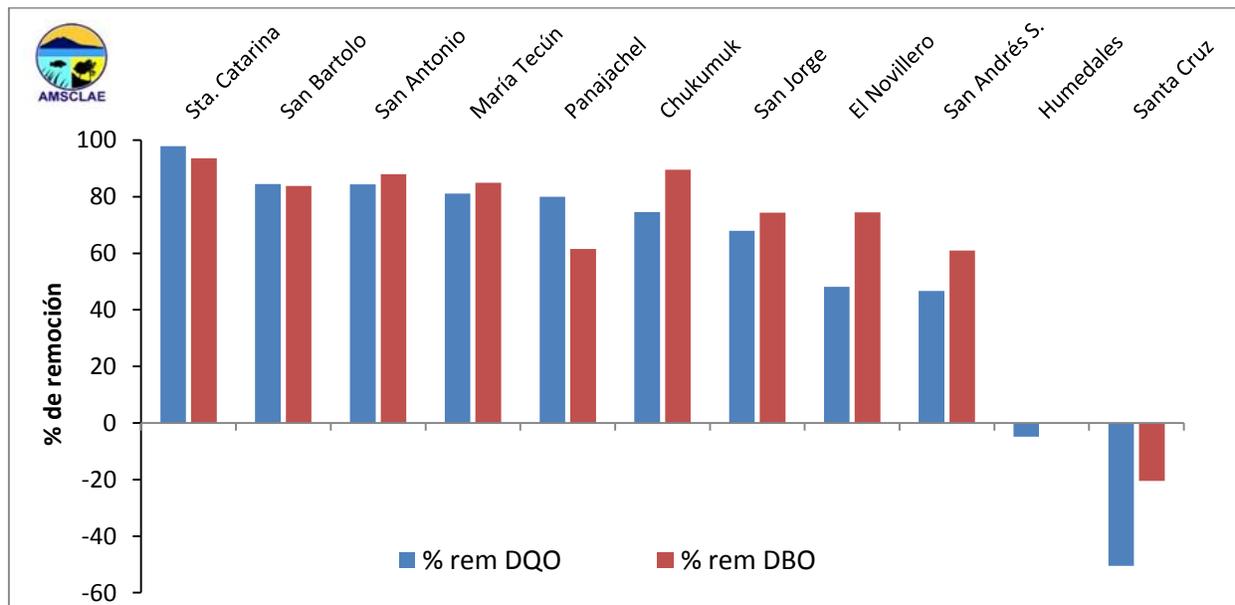


Figura 5. Porcentaje remoción de DBO Y DQO de las aguas residuales de las PTAR de la cuenca, época lluviosa 2014. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2014)

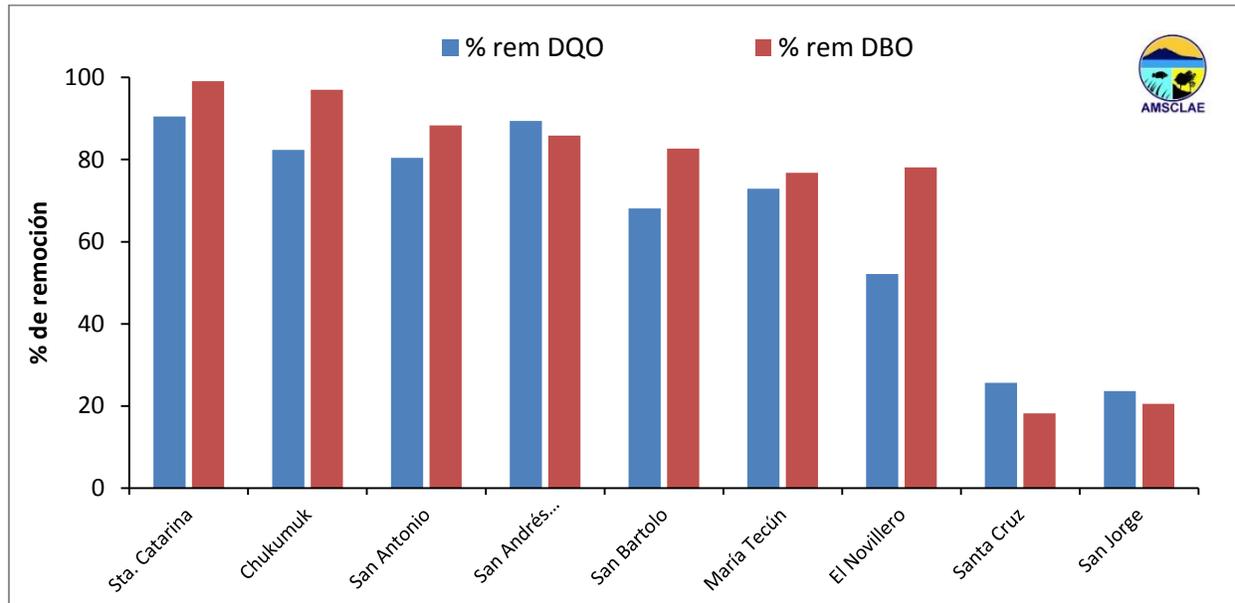


Figura 6. Porcentaje remoción de DBO Y DQO de las aguas residuales de las PTAR de la cuenca, época lluviosa 2013. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2013).

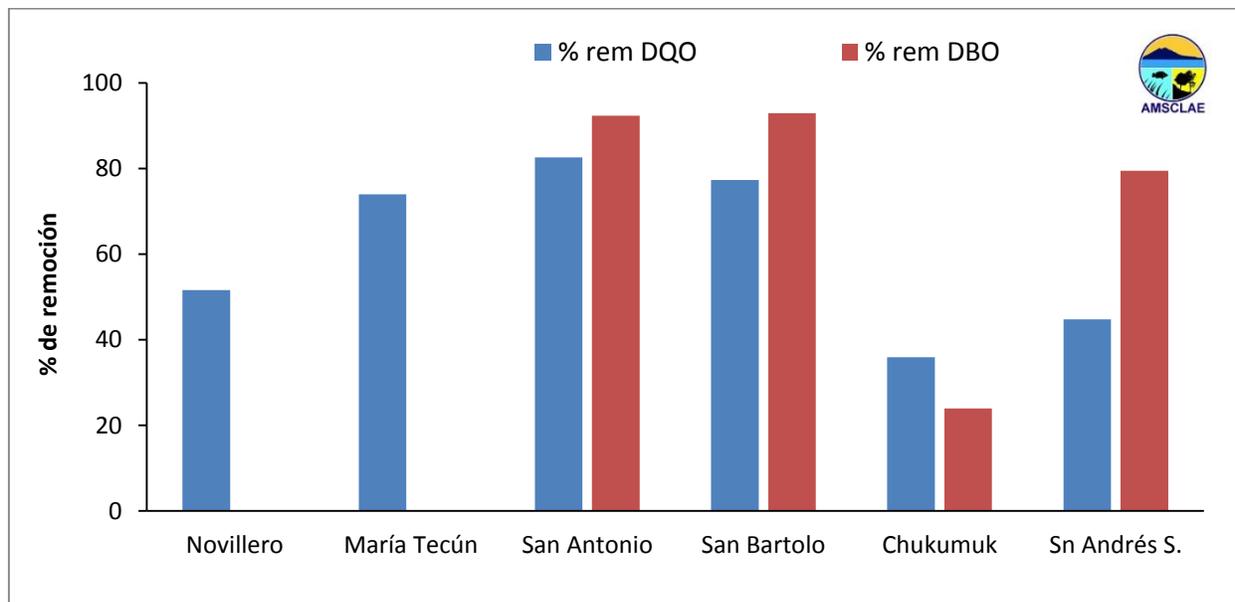


Figura 7. Porcentaje remoción DBO y DQO de las aguas residuales de las PTAR de la cuenca, época lluviosa, 2012. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2012)

Nutrientes (Fosforo y Nitrógeno)

La planta de tratamiento Cebollales I del municipio de Panajachel, es la única planta que cuenta con un tratamiento terciario químico para tratar el fósforo. Respecto al fósforo total en el 2015, cumplió con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo 12-2011, únicamente en el muestreo realizado en época lluviosa (Fig. 8). Durante el 2014, la planta de tratamiento cumplió con lo establecido en la normativa durante los dos muestreos realizados (Fig. 9).

Según los resultados de fósforo total obtenidos durante el 2013 del efluente de la planta de tratamiento Cebollales I, reflejan que cumplió con los valores máximos establecidos en el Ac. Gub. 11-2011 (Fig. 10). En los meses de julio a octubre el cuerpo receptor fue el río San Francisco, por lo que el valor máximo permisible fue de 5mg/L. En los meses de noviembre y diciembre el límite permisible bajo a 3mg/L, debido a que el cuerpo receptor fue el lago de Atitlán.

En cuanto al nitrógeno total durante el 2015 la planta de tratamiento de Cebollales I no cumple con los límites máximos permisibles según el Ac. Gub. 12-2011, como se observa en la figura 11, se puede apreciar que durante el muestreo realizado en época lluviosa el afluente presentó una mayor concentración que el efluente. Según los resultados obtenidos durante el 2014, dicha planta de tratamiento no cumplió con la normativa (Fig. 12).

En la figura 13, se pueden observar los resultados de nitrógeno total de los muestreos realizados el 2 de julio, 2 de septiembre, 25 de noviembre y 10 de diciembre del año 2012, la planta de tratamiento de Cebollales I no cumplió con el Ac. Gub. 11-2011. Los valores máximos permisibles cambian de 10mg/L a 5 mg/L debido a que a partir del 25 de noviembre el cuerpo receptor fue el Lago de Atitlán. Es importante mencionar que además de no cumplir con lo normativa, la mayoría de las veces el efluente presenta mayor concentración de nitrógeno total, que el afluente. Este aumento en la concentración de nitrógeno, se debe probablemente al exceso de velocidad al momento de inyectar el oxígeno por medio de los aireadores a los lodos.

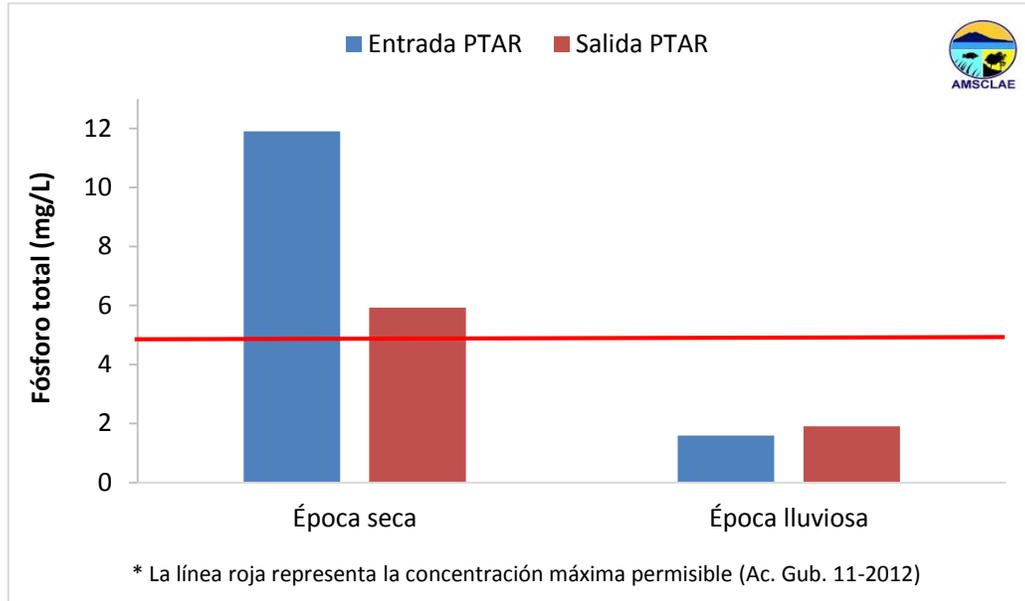


Figura 8. Resumen comparativo de afluente y efluente de fósforo total en la planta Cebollales I, 2015. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015).

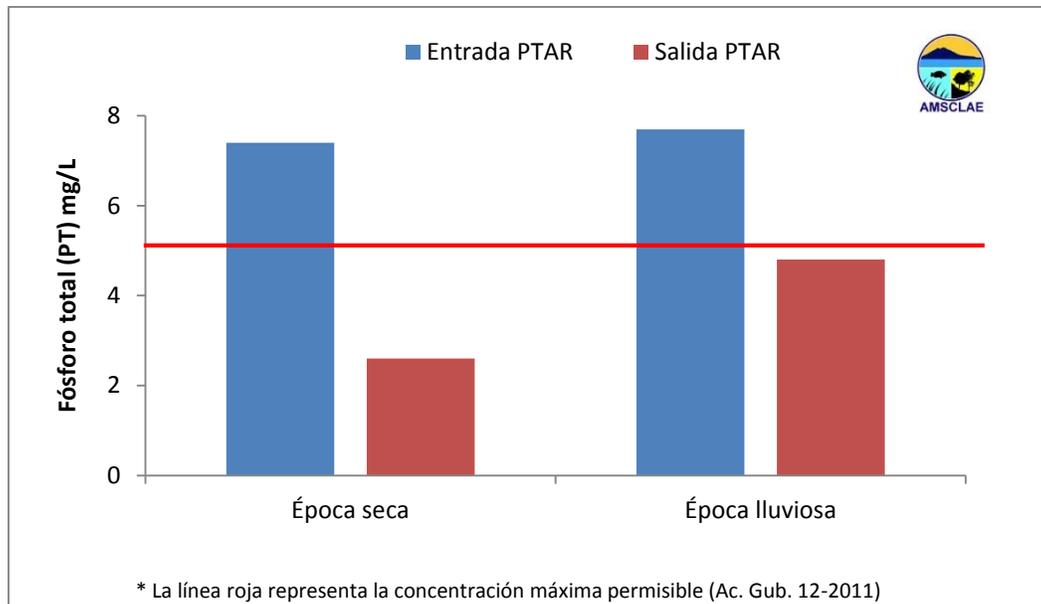


Figura 9. Resumen comparativo de afluente y efluente de fósforo total en la planta Cebollales I, 2014. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2014).

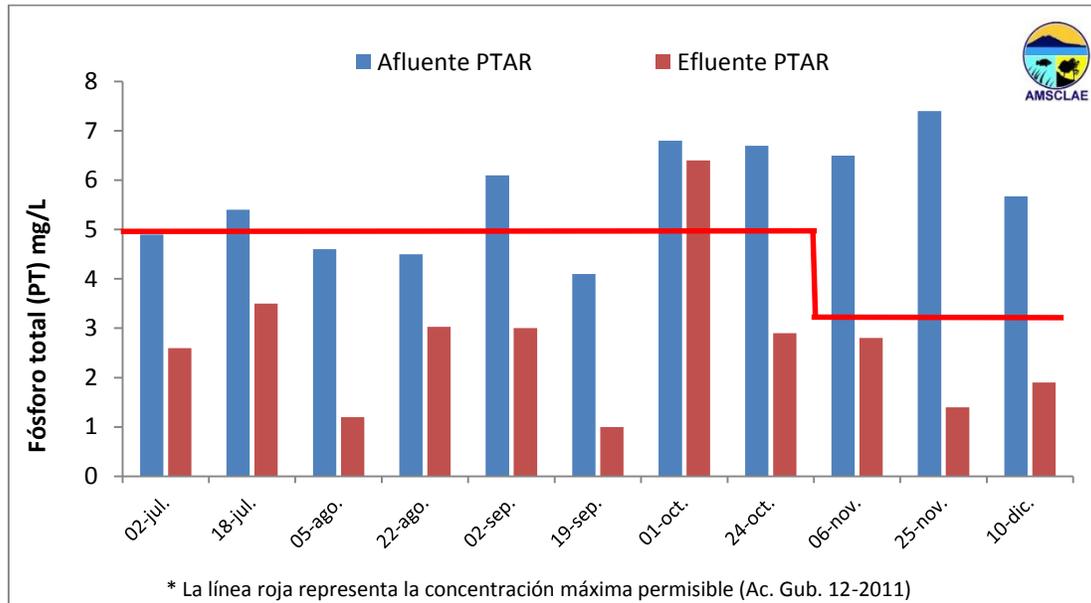


Figura 10. Resumen comparativo de afluente y efluente de fósforo total de la planta Cebollales I, 2013. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2013)

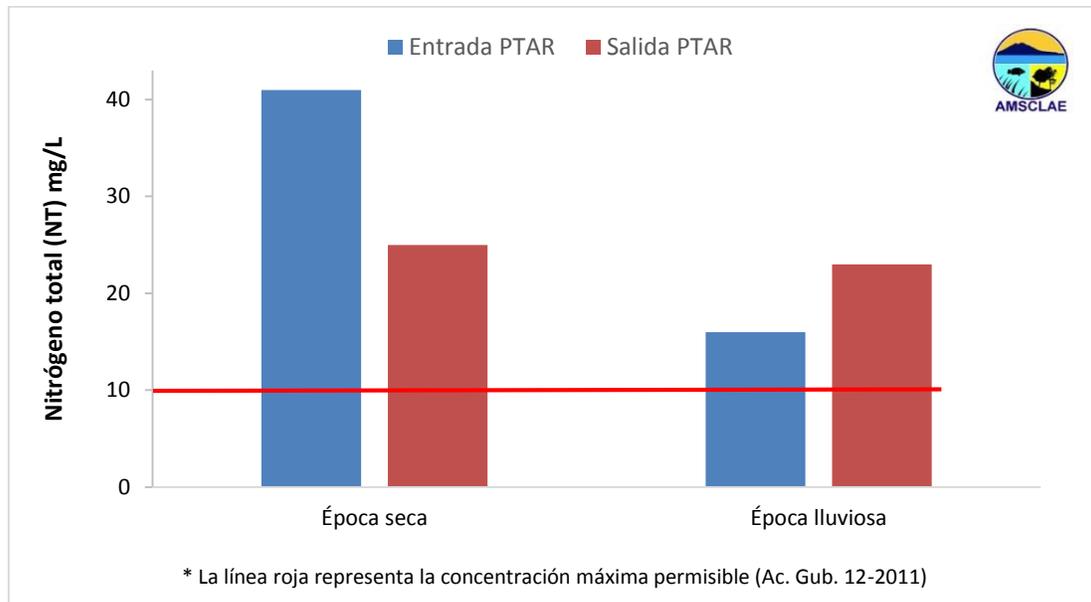


Figura 11. Resumen comparativo de afluente y efluente de nitrógeno total en la planta Cebollales I, 2015. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015).

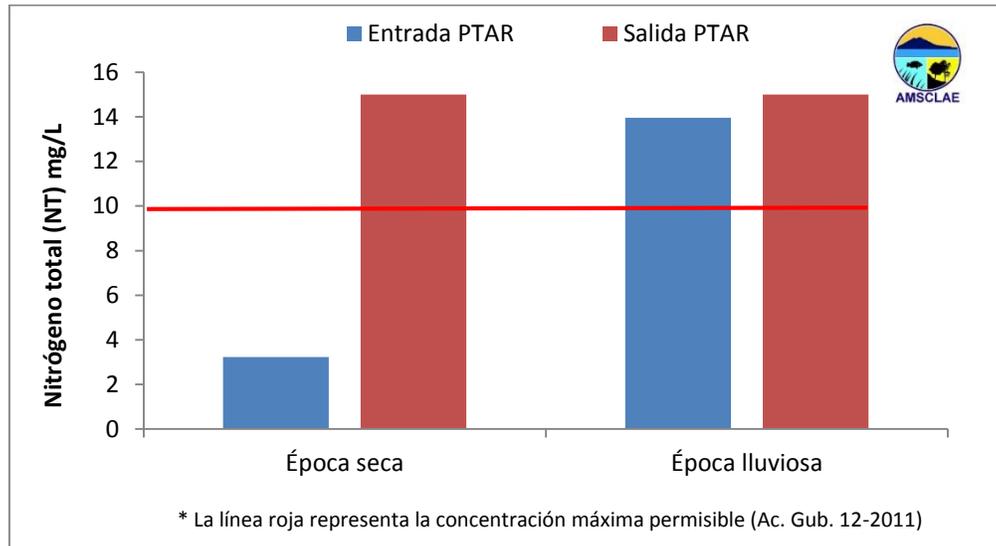


Figura 12. Resumen comparativo de afluente y efluente de nitrógeno total en la planta Cebollales I, 2014. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2014).

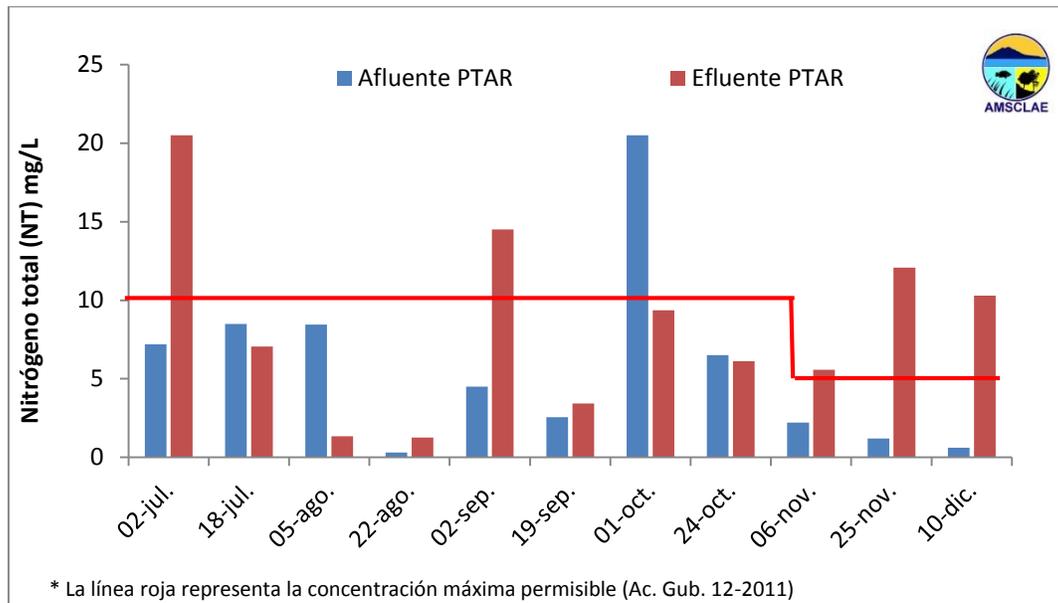


Figura 13. Resumen comparativo de afluente y efluente de nitrógeno total en la planta Cebollales I, 2013. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2013).

Según las observaciones en campo y los resultados obtenidos, es necesario que el pretratamiento de las plantas de tratamiento funcione y se le dé el mantenimiento adecuado, ya que en este se eliminan arenas y grasas, contribuyendo a aumentar el % de remoción de materia orgánica. La remoción de grasas es importante ya que estas interfieren en el ciclo de vida de las bacterias, encapsulando el oxígeno y formando una capa insoluble en el agua que no favorece la remoción de la materia orgánica por las bacterias. La presencia de arenas influye en el aumento de DQO en el efluente, ya que no permiten la aireación de las tuberías.

Las plantas de tratamiento son administradas y operadas bajo la responsabilidad de cada municipalidad correspondiente. En algunos casos las plantas de tratamiento no cuentan con la maquinaria, insumos, personal o equipo necesario para el mantenimiento y funcionamiento apropiado. Por ejemplo, la planta de tratamiento del Barrio San Antonio no cuenta con una bomba que sirve para remover los lodos de los sedimentadores, los lodos al no ser removidos disminuye la eficiencia de la planta de tratamiento, y por ende la planta de tratamiento nunca cumplirá con la normativa que regula las descargas de aguas residuales dentro de la cuenca del lago Atitlán.

Otro problema observado, es que algunas veces, durante la construcción, no se respetan los parámetros y detalles con las cuales fueron diseñadas las plantas de tratamiento. Por ejemplo, la planta de tratamiento de San Andrés Semetabaj fue diseñada para trabajar con un caudal de 7.5L/s, actualmente está recibiendo un caudal medio de 11L/s, esta sobrecarga de aguas residuales contribuye a que no funcione adecuadamente la planta y por lo tanto la remoción de la materia orgánica es deficiente.

Cada una de las plantas de tratamiento tiene un sin fin de deficiencias y problemas que sí no son resueltos por las autoridades correspondientes (Municipalidades) el impacto al ambiente por descargas de aguas residuales continuará y la recuperación del lago Atitlán será irreversible.

CONCLUSIONES

En el 2015, la planta de tratamiento del municipio de Santa Catarina Palopó fue la única que cumplió con los valores máximos permisibles establecidos en el Ac. Gub. No. 12-2011, en los parámetros de pH, DBO, DQO, fósforo total, nitrógeno total, color aparente y sólidos en suspensión.

En el 2015, las plantas de tratamiento que obtuvieron porcentajes de remoción de DBO mayores al 60% en época seca y lluviosa fueron cinco. En cuanto al porcentaje de remoción de DQO en época seca fueron ocho y en época lluviosa fueron siete plantas de tratamiento las que tuvieron un porcentaje de remoción mayor al 60%.

Desde el 2012 a la fecha, la planta de tratamiento que ha cumplido con los límites máximos establecidos en el Ac. Gub. 12-2011 en los parámetros de DBO y DQO ha sido la del municipio de Santa Catarina Palopó. Las otras plantas de tratamiento de una u otra forma no han podido cumplir con los límites establecidos en el reglamento.

Una buena operación de cada una de las unidades de cada planta de tratamiento y el apoyo administrativo y financiero por parte de las municipalidades respectivas, es fundamental para mejorar el funcionamiento de cada una de las once plantas de tratamiento que se encuentran dentro de la cuenca del lago Atitlán. Sí se logra optimizar el buen funcionamiento de las plantas de tratamiento en un corto plazo, se podría reducir, en un buen porcentaje, la contaminación que el lago Atitlán día a día recibe.

RECOMENDACIONES

Continuar con los muestreos realizando muestras compuestas, para obtener resultados acordes a las variaciones que ocurren durante un día en cada planta de tratamiento.

Incluir dentro del programa de monitoreo la medición de caudales. Esto con el fin de verificar si las plantas de tratamiento 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.

Implementar el % de sedimentación en las plantas de tratamiento con sedimentadores, para poder verificar la eficiencia de los mismos.



Dar acompañamiento y asesoría técnica a las municipalidades para efectuar las mejoras correspondientes a cada planta de tratamiento.

Es imperativo que las municipalidades provean de insumos y recursos a los operarios de las plantas de tratamiento, para que estos puedan operar las mismas de la mejor forma. Así en un plazo no mayor a cinco años las plantas de tratamiento cumplan con la normativa vigente y se reduzca el impacto ambiental sobre el lago Atitlán.

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. Resultados de los muestreos realizados en época seca durante el 2014. (DICA – AMSCLAE, 2014).

No.	Parámetros	Norma (Artículo 11, Ac.Gub.#.12- 2011)	PTAR		Norma (Artículo 12, Ac.Gub.#.12- 2011)	PTAR								Norma (Artículo 13, Ac.Gub.#.12- 2011)	PTAR Chuk muk (Santiago Atitlán)
			Sta. Catarina Palopó	Sn. Lucas Tolimán		Novillero	Ma. Tecún	Barrio Sn Bartolo	Barrio Sn Antonio	Sn Jorge la Laguna	Panajachel	Sta. Cruz la Laguna	Sn Andrés Semetabaj		
1	Temperatura (°C)	TRC+/- 3*	22.7	24.7	TRC+/- 7*	23.6	18.5	21.2	20.9	22.4	24.2	22.3	21.7	Menor de 25	25.4
2	Potencial de Hidrógeno	6-9	7.81	8.10	6-9	8.49	7.25	8.33	7.78	7.58	7.84	7.45	7.53	6-9	9.26
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO ₅ (mg/L)	30	22.5	113	50	56.3	53.5	56.3	67.6	468	33.8	366	78.9	50	118
4	Demanda Química de Oxígeno, DQO, (mg/L)	60	111	277	100	228.3	120.6	156	156.3	724.3	50	600	464	100	282.6
5	Fósforo Total (mg/L)	3	1.4	2.1	5	4.8	7.4	6.1	7.6	11.8	2.6	9.9	4.1	5	8.3
6	Nitrógeno Total (mg/L)	5	3	1.8	10	16.53	>15	>15	>15	1.2	>15	9.8	18.5	10	6.26
7	Color Aparente	400	228	1154	300	1641	495.6	362.3	589	1923.7	197	2327.33	763	300	2421.33
8	Sólidos en Suspensión (mg/L)	40	29	69	60	105	19.5	30	23	150	14	196	57.5	60	175.71
9	Coliformes Fecales (NMP)	500	>2400	>2400	<1x10 ⁴	>2400	>2400	>2400	>2400	>2400	>2400	>2400	>2400	<1x10 ⁴	920

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

Anexo 2. Resultados de los muestreos realizados en época lluviosa durante el 2014. (DICA – AMSCLAE, 2014).

No.	Parámetros	Norma (Artículo 11, Ac.Gub.#.12- 2011)	PTAR		Norma (Artículo 12, Ac.Gub.#.12- 2011)	PTAR								Norma (Artículo 13, Ac.Gub.#.12- 2011)	PTAR Chuk muk (Santiago Atitlán)
			Sta. Catarina Palopó	Sn. Lucas Tolimán		Novillero	Ma. Tecún	Barrio Sn Bartolo	Barrio Sn Antonio	Sn Jorge la Laguna	Panajachel	Sta. Cruz la Laguna	Sn Andrés Semetabaj		
1	Temperatura (°C)	TRC+/- 3*	22.7	23	TRC+/- 7*	24.09	20.6	20.5	20.4	20.3	23.6	21.8	20.5	Menor de 25	28.6
2	Potencial de Hidrógeno	6-9	7.39	8.10	6-9	9.61	7.27	7.90	7.38	7.37	7.84	7.54	7.70	6-9	8.22
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO ₅ (mg/L)	30	22.5	259	50	67.6	62	67.6	39.4	101	180	394	90.1	50	28.2
4	Demanda Química de Oxígeno, DQO, (mg/L)	60	11.3	587.66	100	212.33	116	79	104	197	118.33	410	193	100	117.66
5	Fósforo Total (mg/L)	3	1.3	3.2	5	4.83	6.8	5.8	6.5	7.4	4.8	4.3	4.3	5	8.1
6	Nitrógeno Total (mg/L)	5	2.5	2.8	10	21.4	>15	>15	>15	21	>15	15.56	12.1	10	16.8
7	Color Aparente	400	116.66	2157.66	300	1875.33	593	179.66	567.33	1221.33	824.66	1802.33	1149.33	300	868.33
8	Sólidos en Suspensión (mg/L)	40	6.75	135.42	60	105	29	16.25	33.5	150	65	134.5	89.7	60	14.5
9	Coliformes Fecales (NMP)	500	92000	>2400	<1x10 ⁴	>16000	>2400	>2400	>2400	>2400	460	>2400	1,100,000	<1x10 ⁴	1100

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