



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL



TRABAJO TERMINAL

“ANÁLISIS DE LA EFICACIA DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE TIJUANA Y PLAYAS DE
ROSARITO, BAJA CALIFORNIA 2011-2020”

Presenta

Ana Sofía Arreola Serrano

Ensenada, Baja California, 29 enero 2021

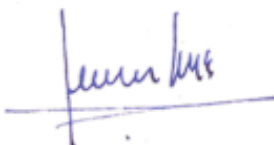
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

"ANÁLISIS DE LA EFICACIA DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE TIJUANA Y PLAYAS DE
ROSARITO, BAJA CALIFORNIA 2011-2020"

Trabajo que presenta como requisito para obtener el diplomado en Especialidad en
Gestión Ambiental

Oc. Ana Sofía Arreola Serrano

APROBADA POR:



Dr. Leopoldo Guillermo Mendoza Espinosa
Director



Dra. Mariana Villada Canela
Sinodal



Dr. Luis Walter Daesslé Heuser
Sinodal

1. Resumen

Los recursos hídricos se encuentran bajo una creciente presión debido a las actividades antropogénicas. Esto resulta en desechos, los cuales son causantes de la contaminación de cuerpos de agua que al final afectan de manera negativa a la salud y el medio ambiente. Para asegurar que los impactos tengan un menor efecto se debe de asegurar la calidad de agua residual. Este estudio analizó la eficacia de las 17 plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en Tijuana y Playas de Rosarito. Se sintetizaron los reportes trimestrales de calidad de agua de las plantas en un periodo del 2011 al 2020. Se analizó si estas cumplían con los límites máximos permisibles de contaminantes básicos y metales pesados establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996. La eficacia de las plantas de tratamiento se puede considerar aceptable ya que 53% cumple con la normatividad respecto a los contaminantes básicos y 88% con respecto a los metales pesados. Se propone realizar planes que atiendan las necesidades específicas de cada planta que no cumple con la normatividad, utilizando la información generada en este trabajo aunado a la evaluación *in situ* de la infraestructura de cada planta.

Palabras clave: Agua residual, calidad de agua, eficiencia, NOM-001-SEMARNAT-1996, planta de tratamiento, Playas de Rosarito, Tijuana.

Destacados (*hilights*)

- Las plantas de tratamiento (17) de Tijuana y Playas de Rosarito reciben un tratamiento secundario a través de lagunas de aireación (1) , zanjas de oxidación (2) y lodos activados (14).
- La eficacia de las plantas de tratamiento, con respecto a los contaminantes básicos, se puede considerar pobre ya que sólo el 53% cumple con la normatividad.
- En el caso de los metales pesados se puede considerar eficiente ya que 88% de las plantas cumple con respecto a los metales pesados establecidos en la normatividad.
- Se propone realizar planes que atiendan las necesidades específicas de cada planta utilizando la información generada en este trabajo aunado a la evaluación *in situ* de la infraestructura.

Objeto de estudio/ sector atendido: Plantas de tratamiento.

Extensión geográfica: Municipios de Tijuana y Playas de Rosarito.

2. Agradecimientos

A CONACYT por el apoyo, mediante el programa de becas nacionales

A la Universidad Autónoma de Baja California y a la Especialidad en Gestión Ambiental, por darme el conocimiento para mi formación profesional.

A la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana, en especial al Lic. Gilberto Contreras del departamento de Control de Calidad por facilitar el proceso para la obtención de datos.

A el Dr. Leopoldo Guillermo Mendoza Espinosa, director en este proyecto, por confiar en mi desde el inicio y guiarme durante la realización de este trabajo con valiosos consejos y paciencia.

A la Dra. Mariana Villada Canela y el Dr. Luis Walter Deasslé Hauser, mis sinodales, por su apoyo en la realización de este trabajo y su notable dedicación en la revisión del mismo.

A mis padres, hermanos y amigos, sería imposible no sentirme agradecida por todo el amor y apoyo que me brindan.

A todas y cada una de las personas con las que tuve el gusto de coincidir durante la especialidad.

Índice

1. Resumen.....	III
2. Agradecimientos	IV
3. Introducción	1
4. Antecedentes	4
5. Marco Conceptual.....	6
5.1 Normas Oficiales Mexicanas.....	6
5.1.2 NOM-001-SEMARNAT-1996	6
5.2 Tipos de plantas	8
6. Objetivo.....	12
6.1 General	12
6.2 Particular	12
7. Metodología.....	13
8. Resultados.....	14
8.1 Límites máximos permisibles para contaminantes básicos.	16
8.2 Límites máximos permisibles para metales pesados	89
9. Discusión	100
10. Conclusión.....	105
11. Referencias.....	106

3. Introducción

Los recursos hídricos en México se encuentran bajo una creciente presión debido al crecimiento demográfico, la urbanización, la agricultura y la industria (Vidal-Álvarez, 2019). Los desechos de las diferentes actividades productivas son las fuentes principales de contaminación de los diferentes cuerpos de agua, lo que se traduce en la desaparición de la vegetación natural, así como en la muerte de peces y demás animales acuáticos (De la Peña, 2013).

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (2018), en México solo se trata el 50% de las aguas residuales municipales e industriales. Es necesario mantener los cuerpos de agua saludables, a través del tratamiento adecuado de las descargas de aguas residuales urbanas e industriales que los contaminan (De la Peña, 2013), para poder satisfacer las necesidades de la población y contribuir al crecimiento económico y calidad de vida de la población.

Tijuana y Playas de Rosarito son municipios del Estado de Baja California. Predomina el clima seco, con lluvias escasas e irregulares durante el verano e invierno (Martínez, 2017). El sistema hidrográfico de los municipios es limitado, pues no cuenta con escurrimientos permanentes y existe un grado elevado de evaporación, por lo que la recarga de las fuentes hidrológicas es lenta (Semarnat, 2010).

Desde 1985, se ha recurrido al Valle de Mexicali para transportar agua desde el Río Colorado, el cual se encuentra a 240 km. de Tijuana. A través del Acueducto Rio

Colorado – Tijuana, el cual cruza la sierra de La Rumorosa. Se bombean 4,000 l/s de agua para abastecer a las localidades de la zona costa del estado (CEA, 2008).

Tijuana es el municipio del Estado más poblado. Dado su acelerado crecimiento poblacional, su dinámica demográfica es compleja, explicada principalmente por su condición fronteriza (Martínez, 2017). De acuerdo con Cruz (2010) y Durand (2011), existe una relación estructural entre el crecimiento demográfico y el dinamismo económico de las ciudades fronterizas de México, debido a que la instalación de empresas maquiladoras atrae importantes flujos poblacionales a la región; Por ejemplo, Tijuana concentra el 58.9% de las plantas maquiladoras instaladas en todo el estado, lo que genera una gran cantidad de empleos.

El emplazamiento de empresas en Tijuana, ligado al acelerado crecimiento demográfico y al proceso de urbanización de la ciudad, ha producido un incremento en el uso de agua potable y, por tanto, la generación de aguas residuales. Consecuentemente, esto ha impactado de manera negativa al medio ambiente. (Navarro-Chaparro, 2016).

En los municipios de Tijuana y Playas de Rosarito existen trece plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT), una planta de tratamiento que trata aguas mexicanas (pero se encuentra ubicada en Estados Unidos y es operada por la Comisión Internacional de Límites y Aguas) y tres plantas de tratamiento que se encuentran subcontratadas por la empresa SUEZ. Estas 17 plantas tienen la tarea de tratar el agua siguiendo la Norma Oficial

Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

La CESPT es el organismo encargado de suministrar el agua potable y alcantarillado sanitario a los dos municipios, así como alejar, tratar y disponer de las aguas residuales de manera segura en cumplimiento con la normatividad vigente (CESPT, 2020).

Actualmente la CESPT controla la calidad de las aguas residuales de comercios e industrias antes de que ingresen al sistema de alcantarillado sanitario. También, se encarga de la tarea de educación de la ciudadanía para el cuidado y el ahorro del agua (CESPT, 2020).

Sin embargo, los municipios de Tijuana y Playas de Rosarito han padecido problemas de drenaje a lo largo de su historia. En años recientes se han presentado altos niveles de contaminantes en las playas de Tijuana, Playas de Rosarito y las playas del vecino país, debido a que el sistema de recolección carece de mantenimiento y se encuentra sobrecargado por el crecimiento poblacional de ambos municipios (Dibble, 2018).

El presente trabajo, muestra los resultados de los análisis de calidad de agua de las plantas de tratamiento operadas por la CESPT en el periodo 2011-2020, así como su cumplimiento con la NOM-001-SEMARNAT-1996. Además, identifica ineficiencias en el sistema de tratamiento de aguas residuales y propone acciones para optimizar los sistemas en los municipios de Tijuana y Playas de Rosarito.

4. Antecedentes

Tijuana es la segunda ciudad con mayor dinamismo económico de la región fronteriza de México. Es la ciudad que cuenta con más parques industriales y empresas transnacionales maquiladoras de todo el país (Martinez, 2017).

En sus primeros años, las aguas servidas a la ciudad eran vertidas directamente al río Tijuana. Con el paso del tiempo, en la década de los cincuenta, el crecimiento de la población y la superficie urbana de Tijuana crecieron aceleradamente, junto con el efluente de la ciudad. A principios de la década de los setenta, Tijuana construyó su primer sistema para el transporte de drenaje, este descargaba en la costa cerca de Playas de Rosarito. En su trayecto, el efluente era elevado a más de 100 metros cerca de la frontera con E.U., a través de dos estaciones de bombeo (Sánchez, 1988).

El sistema de transporte tuvo constantes problemas ocasionados por una deficiente operación, pero también por el rápido incremento en el efluente y la incapacidad de la ciudad para expandir su red de drenaje al mismo ritmo (Meyer, 1983).

En un intento por controlar estos derrames, el Gobierno Federal de México y la ciudad de San Diego acordaron en 1965 la construcción de una conexión de emergencia entre el sistema de drenaje de Tijuana y de San Diego. El acuerdo permitiría a Tijuana enviar parte de sus aguas a la planta de Point Loma, San Diego. A principios de la década de los ochenta, debido a que Tijuana utilizaba la conexión de emergencia 24 horas del día, San Diego decidió cancelar el acuerdo en 1986 argumentando el excesivo costo de operación (Conway et al, 1987).

En 1987 inició la operación de la primera Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en San Antonio de los Buenos, Tijuana. Actualmente, cuenta con una capacidad de 1,100 l/s y descarga al océano Pacífico (Chaparro, 2010). Años después, en 1999, da inicio la operación de la Planta Internacional para el Tratamiento de Aguas Residuales (PITAR), con un caudal de operación de 1,100 l/s.

En 1989, inició la operación la planta Rosarito 1, la cual tiene una capacidad de 60 l/s con descarga al océano Pacífico. En el 2001, inicia operaciones las PTAR Puerto Nuevo y Pórticos de San Antonio, ambas con descargas al océano Pacífico y al arroyo Alamar por parte de la PTAR Pórticos. Puerto Nuevo tiene la capacidad de tratar 2 l/s mientras que Pórticos de San Antonio trata 7 l/s (Chaparro, 2010).

En el 2002, la CESPT inicio el proceso de construcción de las plantas La Morita, Monte de Los Olivos y Tecolote-La Gloria. Se proyectaba la terminación de las plantas para el 2007. Monte de los Olivos inició su operación en el 2009, La Morita en el 2010 y Tecolote -La Gloria nunca se concluyó (Chaparro, 2010).

En el 2003, la PTAR Santa Fe comenzó a operar, tratando 19 l/s; en 2004, comienza la PTAR Rosarito Norte, tratando 210 l/s y en 2007, empieza a operar la PTAR El Prado, tratando 56 l/s (Chaparro, 2010).

Finalmente, en el 2011 se comenzó a operar la PTAR Valle San Pedro, con una capacidad de 67 l/s (Chaparro, 2010).

Todas las PTAR que opera la CESPT deben de cumplir con la NOM-001-SEMARNAT-1996, donde se establecen los máximos permisibles de contaminantes en

las descargas de aguas residuales; en ella se regulan contaminantes básicos, así como metales pesados y cianuros.

5. Marco Conceptual

5.1 Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, que tienen como finalidad establecer las características que deben reunir los procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana; así como aquellas relativas a terminología y las que se refieran a su cumplimiento y aplicación (Secretaría de Salud, 2015).

Las NOM, una vez aprobadas son expedidas y publicadas en el Diario Oficial de la Federación y, por tratarse de materia sanitaria, entran en vigor al día siguiente de su publicación (Secretaria de Salud, 2015).

5.1.2 NOM-001-SEMARNAT-1996

Publicada el 6 de enero de 1997, establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas o bienes nacionales. Además, incluye definiciones y métodos de muestreo, así como especificaciones. Estos estándares se basan con los de Estados Unidos, con especial énfasis en los del estado de California (Semarnat, 1996).

En la tabla 1 y 2, que indican los límites máximos permisibles para contaminantes básicos se puede observar que la CESPT considera los valores de los parámetros

Tabla 2 Límites Máximos Permisibles de Metales Pesados

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS																				
PARÁMETROS (*)	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO			
(miligramos por litro)	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)		HUMEDALES NATURALES (B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.05	0.1	0.1	0.2
Cianuro	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4.0	6.0
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.005	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	5	10	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

Fuente: CONAGUA. s.f.

5.2 Tipos de plantas

Las aguas residuales son aguas contaminadas que provienen de las actividades humanas como domésticas, municipales, industriales, aguas negras y aguas grises. Estas aguas deben de llevar un tratamiento especial, con el objetivo de permitir que los diferentes efluentes sean eliminados para no causar peligro a la salud humana o daños inaceptables al medio ambiente. De acuerdo con la CONAGUA (2018), a nivel nacional existían 2,540 plantas de tratamiento con una capacidad instalada de 181 152.22 l/s y un caudal tratado de 137 698.61 l/s.

Las plantas de tratamiento pueden clasificarse de la siguiente manera:

1) Tratamiento Preliminar

Está destinado a la preparación o acondicionamiento de las aguas residuales con el objetivo específico de proteger las instalaciones, el funcionamiento de las obras de tratamiento y eliminar o reducir sensiblemente las condiciones indeseables relacionadas principalmente con la apariencia estética de las plantas de tratamiento (Rojas, 2002).

Tabla 3 Procesos del tratamiento primario

PROCESO	OBJETIVO
Rejas o tamices	Eliminación de sólidos gruesos
Trituradores	Desmenuzamiento de sólidos
Desarenadores	Eliminación de arenas y gravillas
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Preaeración	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

Fuente: (Rojas, 2002)

2) Tratamiento Primario

Tiene como objetivo la remoción por los medios físicos de una parte sustancial del material sedimentable o flotante. Es decir, el tratamiento primario es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica (Rojas, 2002). Entre los tipos de tratamiento primario se encuentran:

- a) Sedimentación primaria
- b) Flotación
- c) Precipitación química
- d) Filtros gruesos
- e) Oxidación química
- f) Coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

3) Tratamiento Secundario

La reducción de los compuestos orgánicos presentes en el agua residual, acondicionada preventivamente mediante tratamiento primario, se realiza exclusivamente por procesos biológicos. Este proceso reduce o convierte la materia orgánica finamente dividida y/o disuelta, en sólidos sedimentables floculentos que pueden ser separados por sedimentación en tanques de decantación. Los procesos biológicos más utilizados son los lodos activados y filtros percoladores. Se utilizan además muchas modificaciones de estos procesos para hacer frente a los requerimientos específicos de cada tratamiento. Así mismo, dentro de este grupo se incluyen las lagunas de estabilización y aireadas, así como el tratamiento biológico empleando oxígeno puro y el tratamiento anaeróbico (Rojas, 2002).

a) Filtración biológica:

- Baja capacidad
- Alta capacidad:
 - Filtros comunes
 - Biofiltros
 - Aero-filtros
 - Accelo-filtros.

b) Lodos activados

- Convencional
- Alta capacidad
- Contacto estabilización
- Aeración prolongada.

c) Lagunas

- Estabilización
 - Aerobia
 - Facultativa

Maduración

-Aierada:

Mezcla completa

Aierada facultativa

Facultativa con aeración mecánica

Difusión de aire

d) Otros:

-Anaeróbicos

Contacto

Filtro anaerobio

Reactor anaeróbico de flujo ascendente

-Oxigeno puro

Unos/linde

-Discos rotatorios

4) Tratamiento avanzado o terciario

Tiene como objetivo complementar los procesos anteriormente indicados para lograr efluentes más puros, menor carga contaminante y que pueda ser utilizado para diferentes usos como recarga de acuíferos, recreación, agua industrial, etc, (Rojas, 2002). Las sustancias o compuestos comúnmente removidos son:

- a) Fosfatos y nitratos
- b) Huevos y quistes de parásitos
- c) Sustancias tenso activas
- d) Algas
- e) Bacterias y virus (desinfección)
- f) Radionúclidos
- g) Solidos totales y disueltos
- h) Temperatura

6. Objetivo

6.1 General

Analizar la eficacia de las plantas de tratamiento de Tijuana y Playas de Rosarito en Baja California para el periodo 2011-2020.

6.2 Particular

1. Identificar cuáles son las plantas de tratamiento en Tijuana y Playas de Rosarito operadas por la CESPT y su tipo de tratamiento.
2. Evaluar la eficacia de las plantas de tratamiento en el periodo 2011-2020 basados en la NOM-001-SEMARNAT-1996.
3. Identificar áreas de oportunidad para el mejoramiento del tratamiento en las plantas que no cumplan con la NOM-001-SEMARNAT-1996.

7. Metodología

Se realizó una base de datos con los informes de calidad de agua de los efluentes de las PTAR operadas por la CESPT y la PITAR. Fue necesario realizar una estancia en la CESPT para lograr obtener acceso a la información. Gran parte de la duración de este análisis fue dedicado a la digitalización de 10 años de información que se encontraba en mayormente almacenada en estado físico. Este proceso tuvo una duración de 5 semanas en las que se acudió de lunes a viernes a dicha instalación. Estos informes se recuperaron del departamento de Archivo Muerto de la CESPT del año 2011 al 2020. Se seleccionaron los informes de promedios trimestrales y se transcribieron para elaborar una base de datos en el programa EXCEL. Así mismo, se identificó en la literatura el tipo de tratamiento que utiliza cada planta analizada.

Una vez concluida la base de datos se incorporaron a cada una de las plantas los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 para lograr determinar si las plantas cumplen con la norma.

Se esperaban encontrar plantas de tratamiento que no cumplan con la NOM-001-SEMARNAT-1996 debido a notas periodísticas de años recientes que acusan a la CESPT de no darle mantenimiento a las plantas. Finalmente se lograron identificar áreas de oportunidad y se proponen acciones para lograr un tratamiento de agua residual que cumpla con la normatividad vigente.

8. Resultados

La identificación de las plantas de tratamiento operadas por la CESPT se realizó a través de la página oficial de la Comisión, aunque fue necesario actualizarla una vez trabajando en el Departamento de Control de Calidad.

Para la identificación del tipo de tratamiento, esta información se encontró en el Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación (CONAGUA, 2018), así como la fuente receptora.

Según la página oficial de la CESPT, en Tijuana y Playas de Rosarito existen 17 plantas de tratamiento de aguas residuales y una planta de tratamiento internacional la cual es operada por Estados Unidos. En la tabla 4, se nombran estas plantas y sus capacidades de tratamiento.

Tabla 4 Plantas de tratamiento en la ciudad de Tijuana y Playas de Rosarito

Planta	Capacidad
Planta de Tratamiento Arturo Herrera	460 l/s
Planta de Tratamiento C.A.R.	5 l/s
Planta de Tratamiento Hacienda Las Flores	2 l/s
Planta de Tratamiento Las Maravillas	40 l/s
Planta de Tratamiento La Morita	254 l/s
Planta de Tratamiento Los Valles	15 l/s
Planta de Tratamiento PITAR	1,100 l/s
Planta de Tratamiento Pórticos de San Antonio	7.5 l/s
Planta de Tratamiento Puerto Nuevo	2 l/s
Planta de Tratamiento Rosarito 1	60 l/s
Planta de Tratamiento Rosarito Norte	210 l/s
Planta de Tratamiento San Antonio del Mar	3 l/s
Planta de Tratamiento San Antonio de los Buenos	1,100 l/s
Planta de Tratamiento Santa Fe	20 l/s
Planta de Tratamiento Urbi Villa del Prado	52 l/s
Planta de Tratamiento Valle de San Pedro	67 l/s

Planta de Tratamiento Vista del Valle	10 l/s
Planta de Tratamiento Vista Marina	6 l/s

Fuente: (CESPT,2020)

Se lograron localizar los informes de calidad de agua para las PTAR de la tabla 4 y PITAR en documento físico a partir del 2011 al 2015 y 2016 en el caso de algunas plantas, los informes del 2015 al 2020 ya se encontraban digitalizados en formato PDF.

Todos los informes se transcribieron a tablas en EXCEL: una para cada planta, en donde sólo se tomaron los límites máximos permisibles de contaminantes básicos y límites máximos permisibles de metales y cianuros que se encuentran en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Se tomaron los promedios trimestrales de cada año ya que no se contaba con informes para todos los meses del año.

Se exponen primero los resultados de los límites máximos permisibles para contaminantes básicos establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 de las plantas de tratamiento analizadas. No se mencionan los parámetros de materia flotante, pH y temperatura ya que ninguno excedía los límites establecidos en la normatividad.

Enseguida se muestran los resultados de los límites máximos permisibles para metales pesados establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Estos se exponen de manera distinta a los contaminantes básicos ya que se consideró que se visualizarían de mejor forma.

8.1 Límites máximos permisibles para contaminantes básicos.

1) Planta de Tratamiento Arturo Herrera

La PTAR Arturo Herrera fue construida en el 2006, comenzó a operar en el 2009 y tiene una capacidad de 450 l/s. Las aguas de esta planta reciben un tratamiento secundario a través de lodos activados con aeración prolongada.

Su operación y el mantenimiento del sistema de depuración de aguas residuales es llevado a cabo por la subcontratación de la empresa SUEZ.

Esta planta forma parte del Proyecto Morado, el cual es un plan activado por la CESPT para promover el reúso de las aguas tratadas en el riego de áreas verdes, en la industria y la construcción con el fin de obtener una mayor conservación del agua potable para uso doméstico. Sin embargo, sólo un 5% del agua residual tratada es utilizada para este proyecto, el resto es descargado a la canalización del Río Tijuana el cual desemboca en el océano Pacífico.

Para esta planta se recuperaron datos desde el 2011 al 2020, a excepción del año 2014.

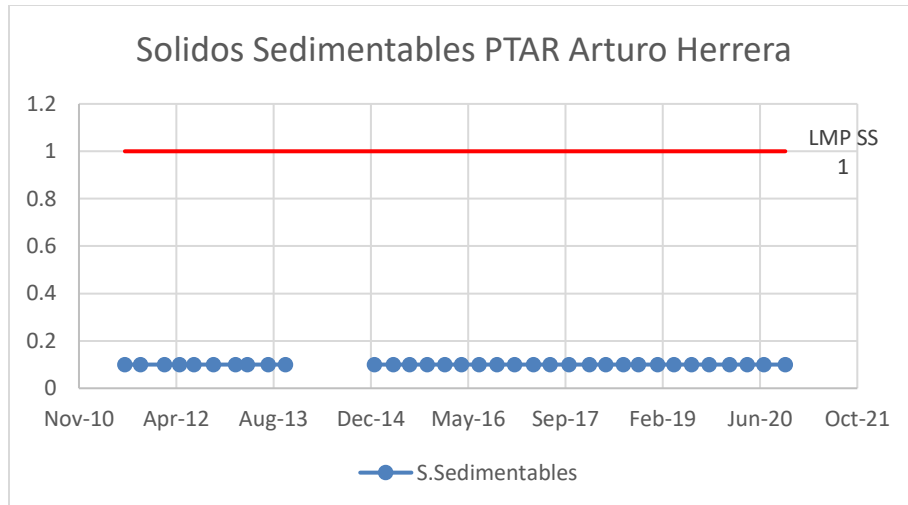


Figura 1 Concentraciones de Solidos Sedimentables para la PTAR Arturo Herrera en el periodo 2011-2020

En la figura 1 se puede observar que los Sólidos Suspendidos se encuentran en cumplimiento con la normatividad. Además, se puede apreciar que los valores permanecen constantes en el periodo analizado.

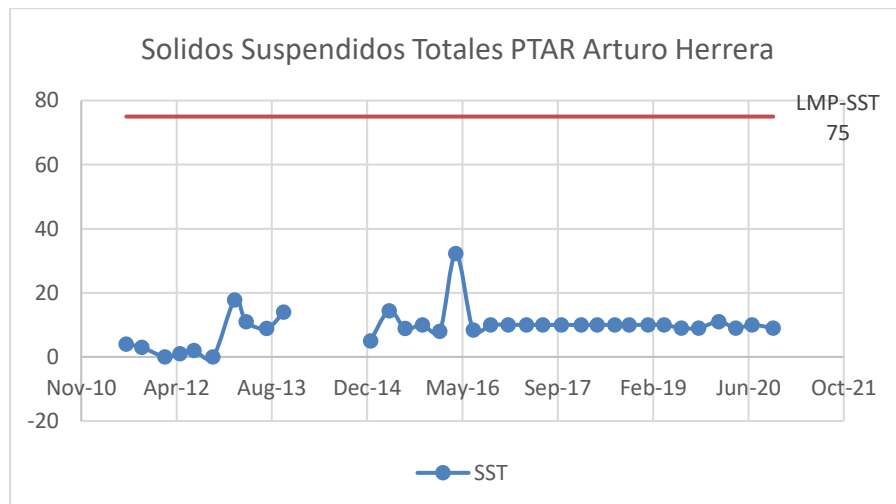


Figura 2 Concentraciones de SST para la PTAR Arturo Herrera en el periodo 2011-2020

En la figura 2, se puede observar que las concentraciones de SST se encuentran muy por debajo de lo establecido en la normatividad. Además, en los últimos años los valores han permanecido estables con un valor es entre 9 y 11 mg/L.

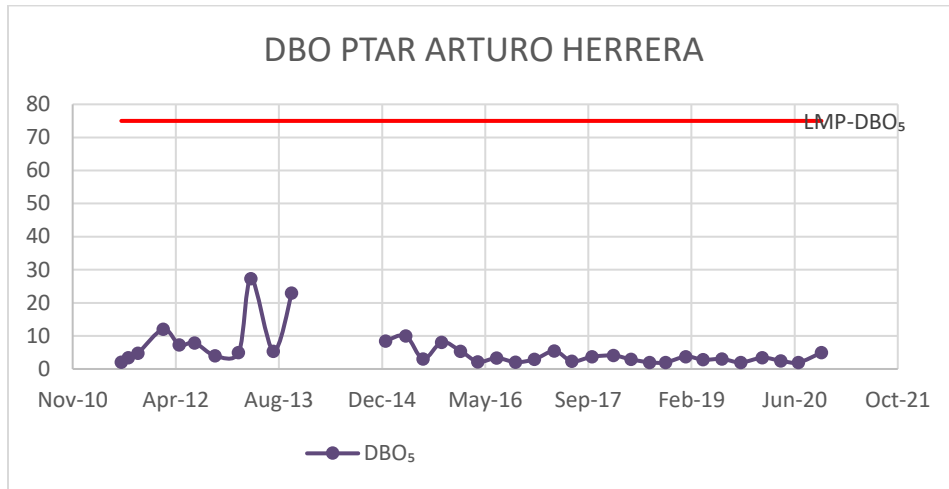


Figura 3 Concentraciones de DBO para la PTAR Arturo Herrera en el periodo 2011-2020.

En la figura 3, se puede observar que la Demanda Bioquímica de Oxígeno se encuentra en cumplimiento con la NOM-001-SEMARNAT-1996.

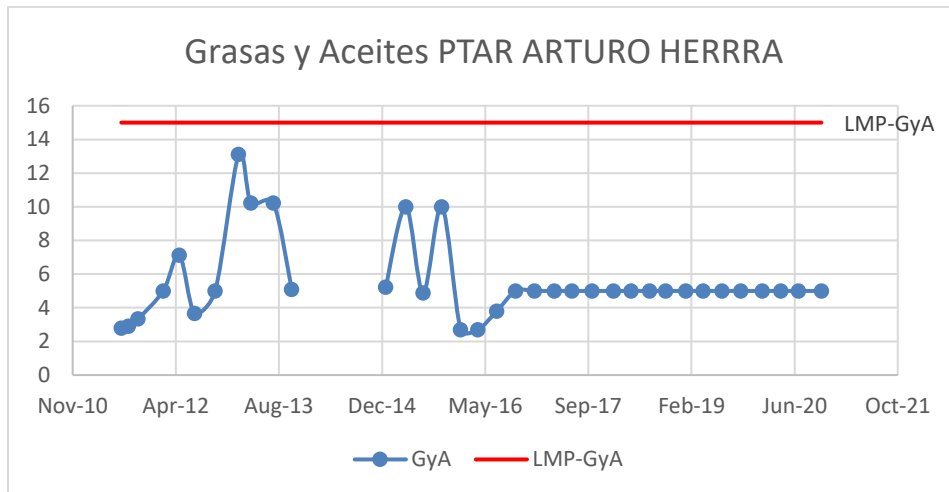


Figura 4 Valores de Grasas y Aceites para la PTAR Arturo Herrera en el periodo 2011-2020.

En la figura 4 se muestran los resultados de las concentraciones de grasas y aceites. Se puede observar que se encuentran dentro de los límites establecidos en la normatividad, siendo estos menores a 15 mg/L. Cabe mencionar que en la primera mitad del periodo analizado se observan valores con una variabilidad de 2.8 mg/L hasta 13.11 mg/L, mientras que la segunda mitad del periodo analizado muestra un comportamiento uniforme con un valor de 5 mg/L.

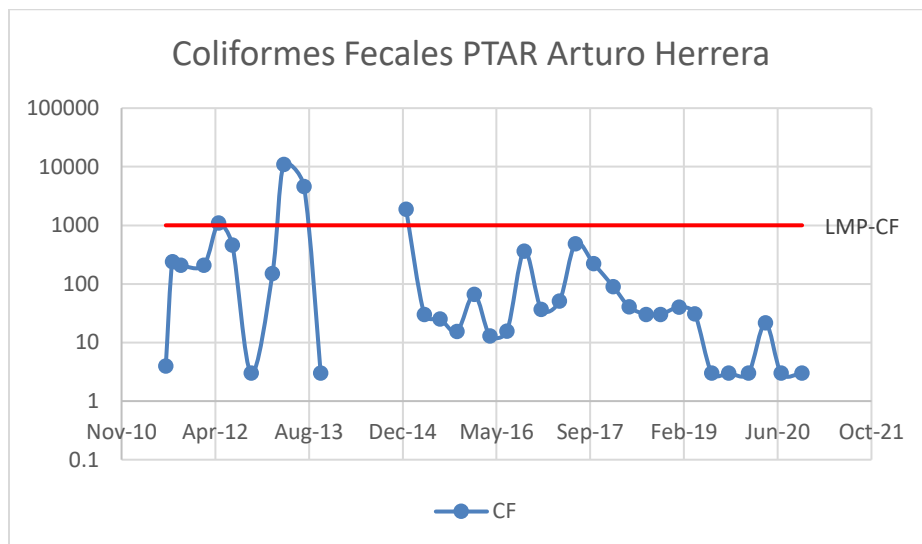


Figura 5 Concentraciones de Coliformes fecales para la PTAR Arturo Herrera en el periodo 2011-2020.

En la figura 5 se muestran los resultados de las concentraciones de coliformes fecales. Se puede observar que durante el 2013 y un trimestre del 2015 las concentraciones son superiores al límite máximo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996 de 1,000 NMP/100 mL. Posterior a estas concentraciones elevadas, se observa una tendencia negativa, en donde en el 2020 se tienen concentraciones de 3 NMP/100 mL.

2) Planta de Tratamiento C.A.R

Actualmente esta planta se encuentra fuera de operación, pero antes de cerrar tenía una capacidad de 5 l/s. Las aguas tratadas eran utilizadas para riego en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y en el Centro de Alto Rendimiento.

Para esta planta se recuperaron datos del 2011, 2012 y 2013.

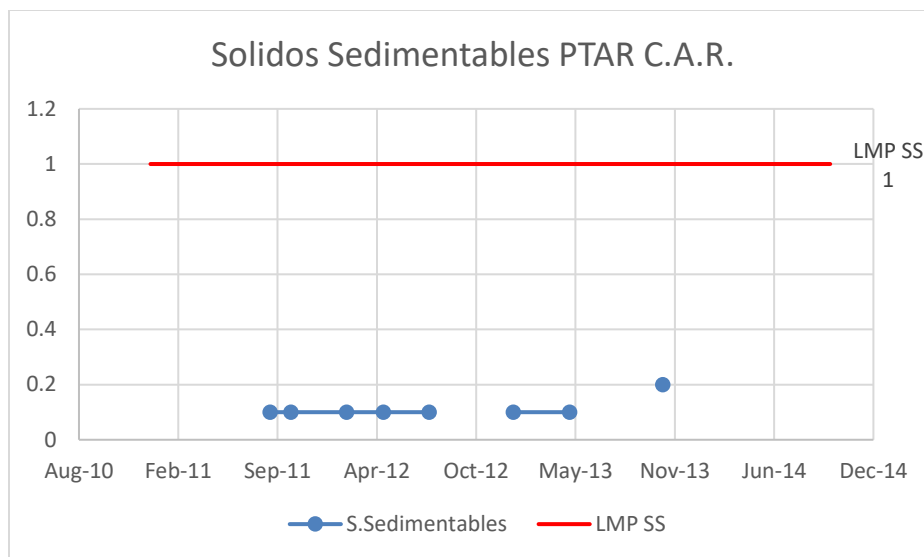


Figura 6 Concentraciones de SS para la PTAR C.A.R. en el periodo 2011-2013.

En la figura 6 se puede observar que las concentraciones de sólidos sedimentables se encuentran dentro de lo establecido en la normatividad. Cabe resaltar el último trimestre en los contaminantes básicos analizados ya que este muestra valores con la mayor concentración con excepción de las grasas y aceites (Figura 9).

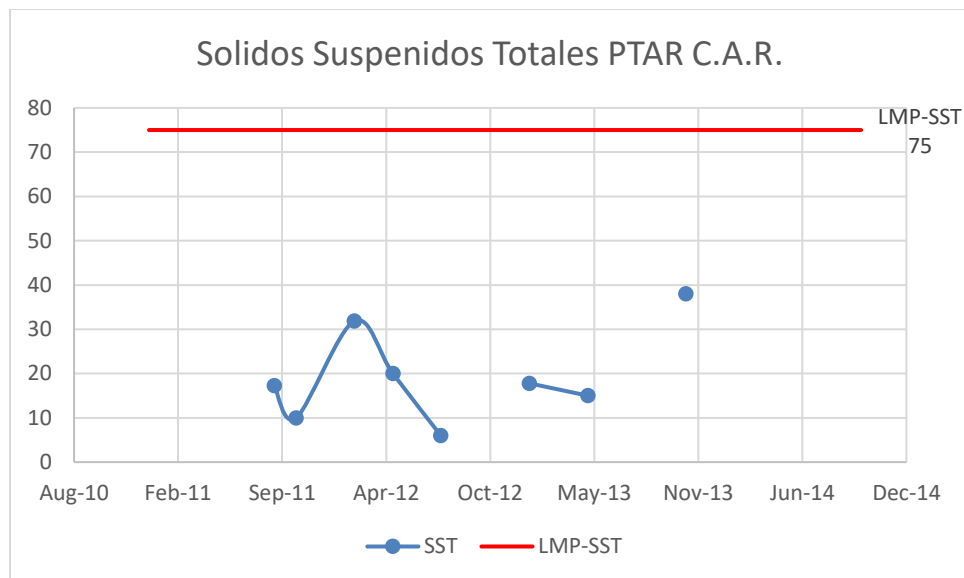


Figura 7 Concentraciones de SST de la PTAR C.A.R. en el periodo 2011-2013

En la figura 7 se observan las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales desde el tercer semestre del 2012 los valores muestran una tendencia a aumentar mas no exceden los límites establecidos en la normatividad.

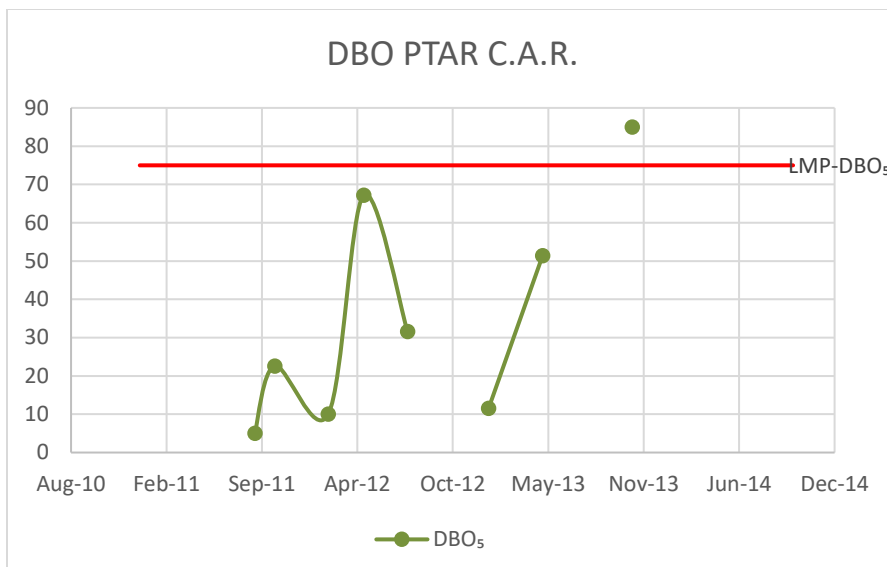


Figura 8 Concentraciones de \ DBO para la PTAR C.A.R. en el periodo 2011-2013.

En la figura 8 muestra que las concentraciones de DBO no cumplen con la normatividad, ya que en el último trimestre del que se tiene registro este excede la norma con un valor de 85.02 mg/L.

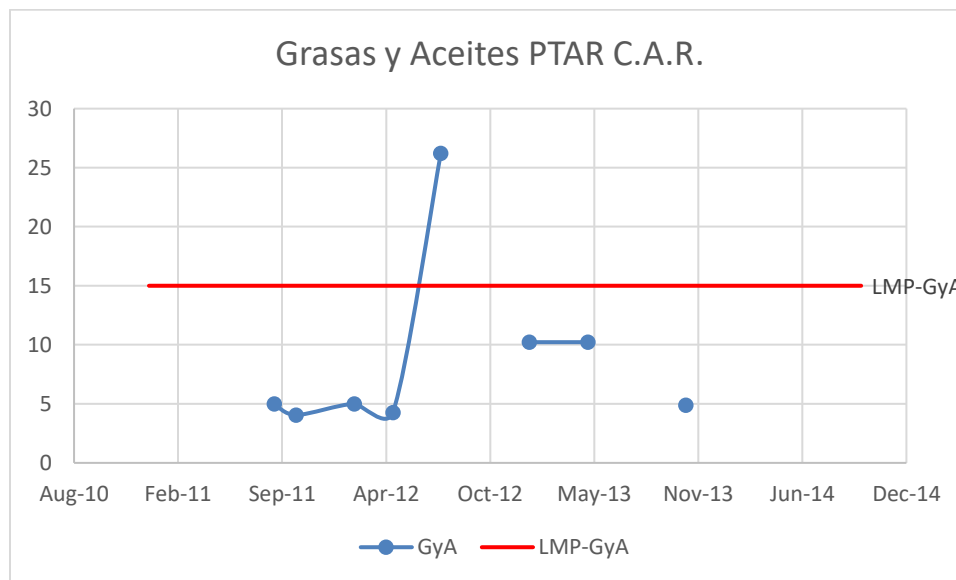


Figura 9 Concentraciones de grasas y aceites para la PTAR C.A.R. en el periodo 2011-2013.

En la figura 9 se muestran los resultados de grasas y aceites. Se observa que en el trimestre de julio del 2012 se obtuvo un valor de 26.23 mg/L, el cual excede los límites establecidos en la norma.

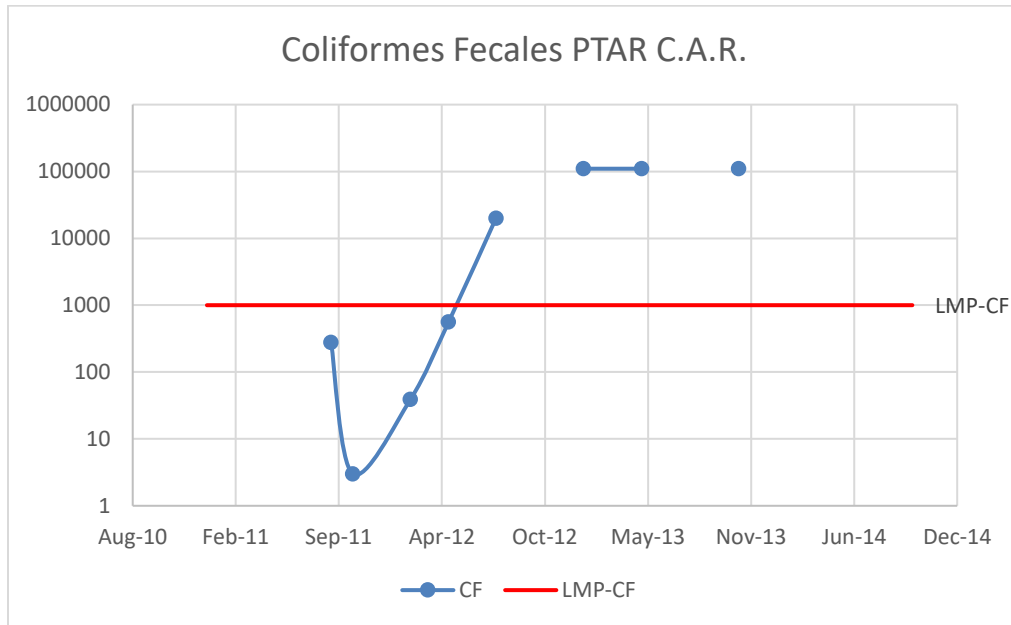


Figura 10 Concentraciones de coliformes fecales para la PTAR C.A.R. en el periodo 2011-2013.

En la figura 10 se aprecian los resultados obtenidos de coliformes fecales. Durante los últimos trimestres de los cuales se tienen registros, 2012 y 2013, las concentraciones exceden los límites establecidos en la normatividad con valores de 20,000 NMP/100 mL y 110,000 NMP/100 mL, respectivamente.

3) Planta de Tratamiento Hacienda Las Flores

Tiene una capacidad para tratar 2 l/s. Solo se recuperaron datos del 2011 al 2013. Actualmente se encuentra en completo abandono, de esta se desprenden fuertes olores fétidos. Durante los años de operación, recibía un tipo de tratamiento secundario con lodos activados. El flujo de aguas residuales que pasan a través de esta planta converge en el arroyo Tecolote-La Gloria.

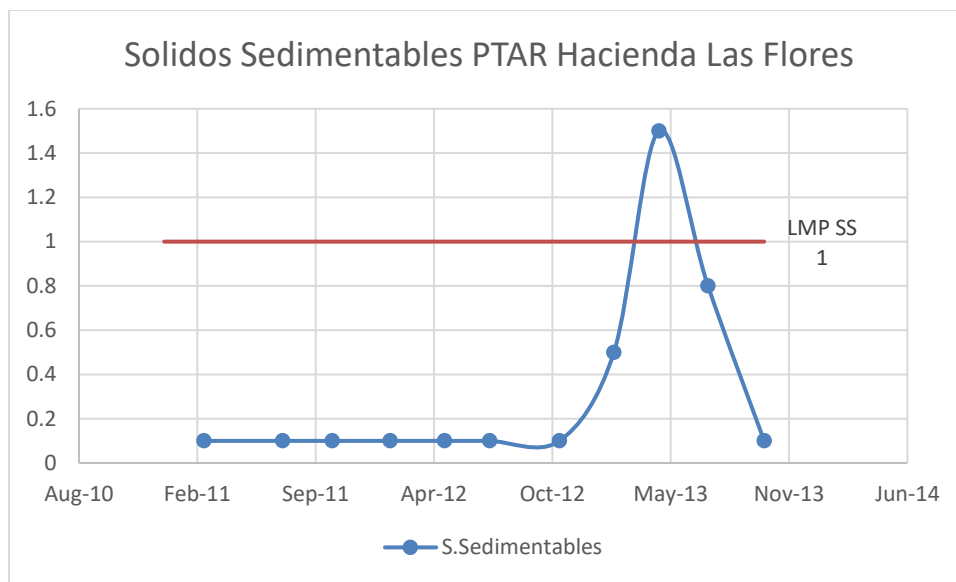


Figura 11 Concentraciones de SS para la PTAR Hacienda las Flores en el periodo 2011-2013

En la figura 11 se aprecia un aumento en los SS comenzando en el primer trimestre del 2013 con su valor máximo de 1.5 mg/L durante el segundo trimestre de ese mismo año. En los trimestres siguientes las concentraciones bajan a valores mínimos de 0.1 mg/L.

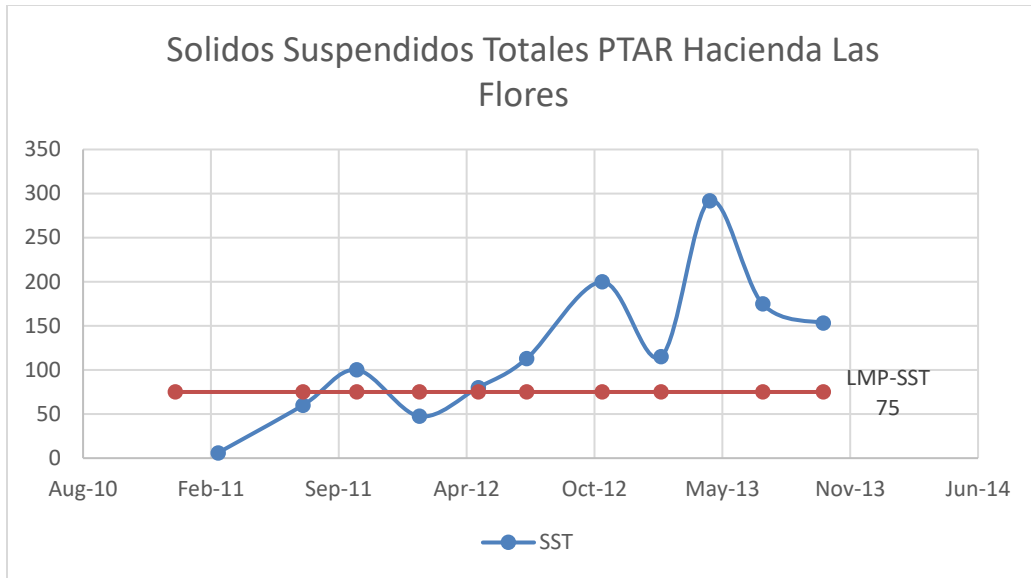


Figura 12 Concentraciones de SST para la PTAR Hacienda Las Flores en el periodo 2011-2013

En la figura 12 se pueden observar las concentraciones de SST. En el último semestre del 2011 se presentó un valor que excedía el límite establecido en la normatividad. La siguiente ocasión en la que los SST excedían la normatividad fue en el tercer trimestre del 2012, los trimestres siguientes presentaron valores con una tendencia a subir cada vez más estos niveles.

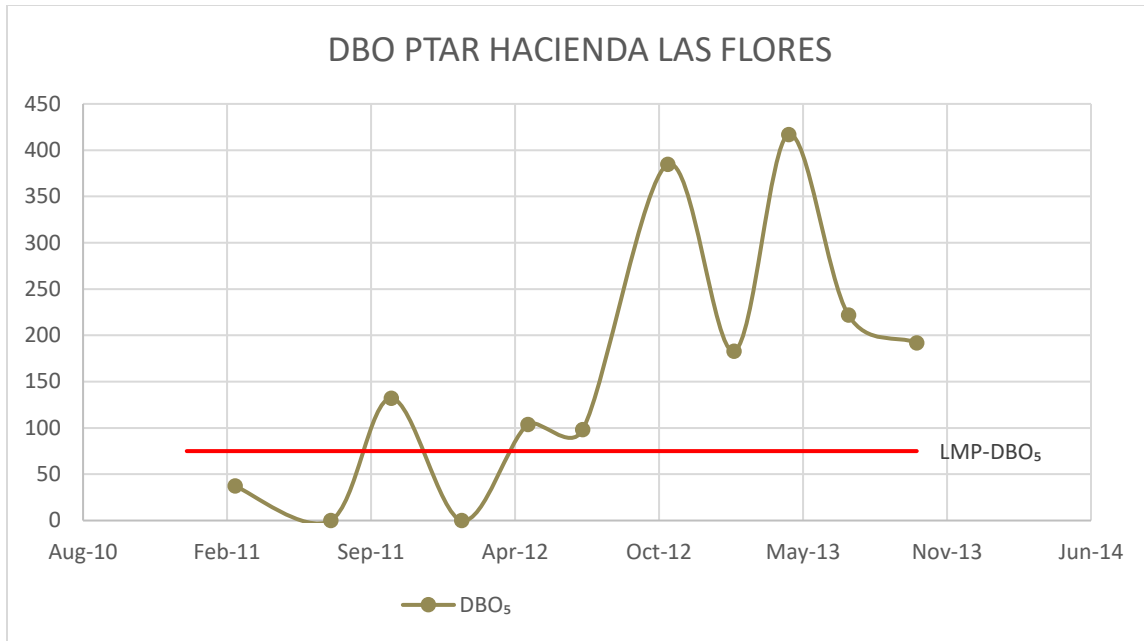


Figura 13 Concentraciones de DBO para la PTAR Hacienda Las Flores en el periodo 2011-2013.

En la figura 13 se puede observar que solo en 3 periodos durante los primeros dos años analizados se cumplió con la normatividad. Después del segundo trimestre del 2012 estas concentraciones exceden la normatividad con valores de 222 y 417 mg/L.

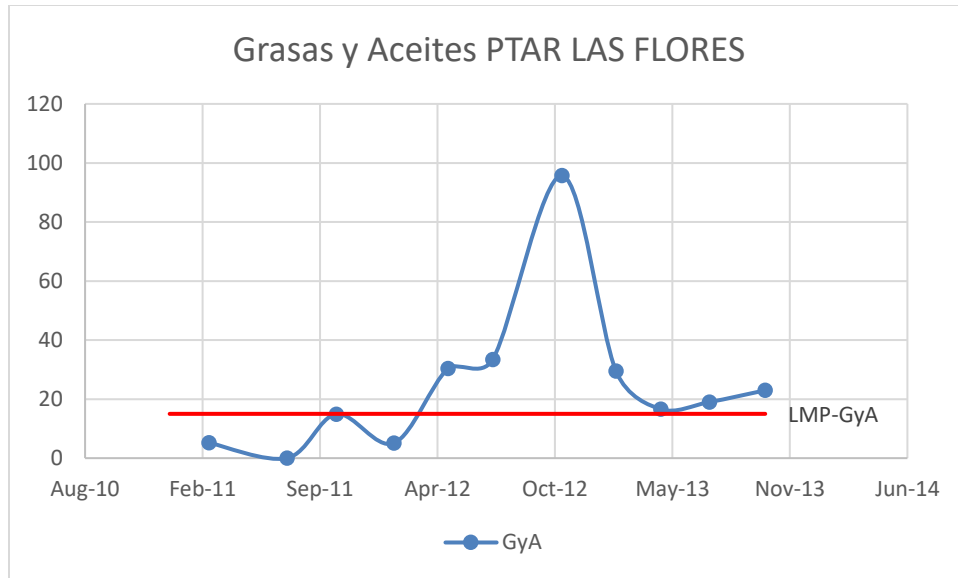


Figura 14 Concentraciones de grasas y aceites para la PTAR Hacienda Las Flores en el periodo 2011-2013.

En la figura 14 se muestran los resultados para grasas y aceites en la PTAR Hacienda las Flores en el periodo analizado. Durante el segundo, tercer y cuarto trimestre del 2012 y todo el 2013, los valores exceden la normatividad con valores de 15 a 96 mg/L.

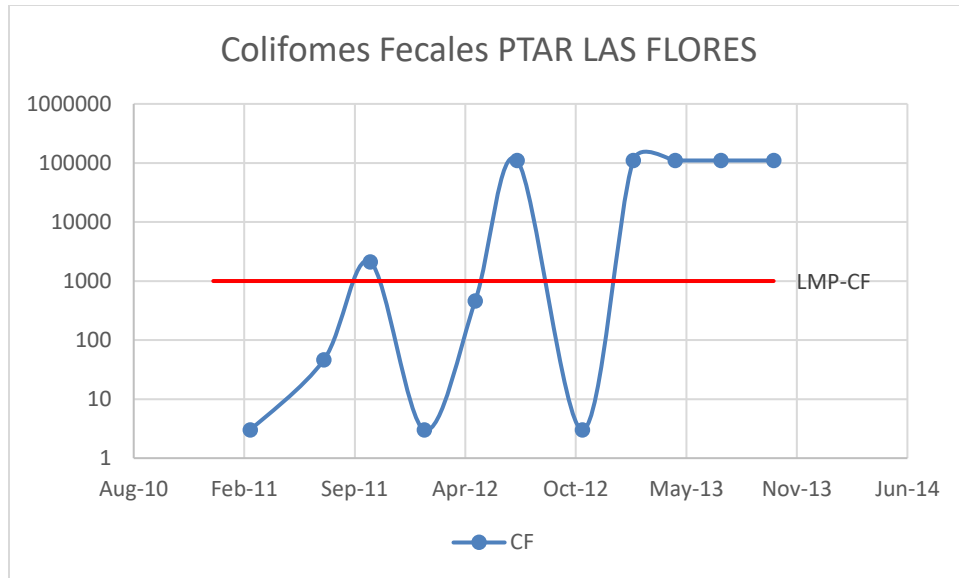


Figura 15 Concentraciones de coliformes fecales para la PTAR Hacienda las Flores en el periodo 2011-2013.

En la figura 15 se muestran los resultados de coliformes fecales en la PTAR Hacienda Las Flores en el periodo analizado. Se puede observar que el cuarto trimestre del 2011, el tercer semestre del 2012 y todo el 2013 muestran valores que exceden la normatividad con un valor de 110,000 NMP/100 mL.

4) Planta de Tratamiento Las Maravillas

La planta tiene una capacidad de tratamiento de 40 l/s y cuenta con un tipo de tratamiento secundario con lodos activados. Fue construida en el 2015 y comenzó a operar en el 2018.

Se recuperaron informes del 2018 al 2020.

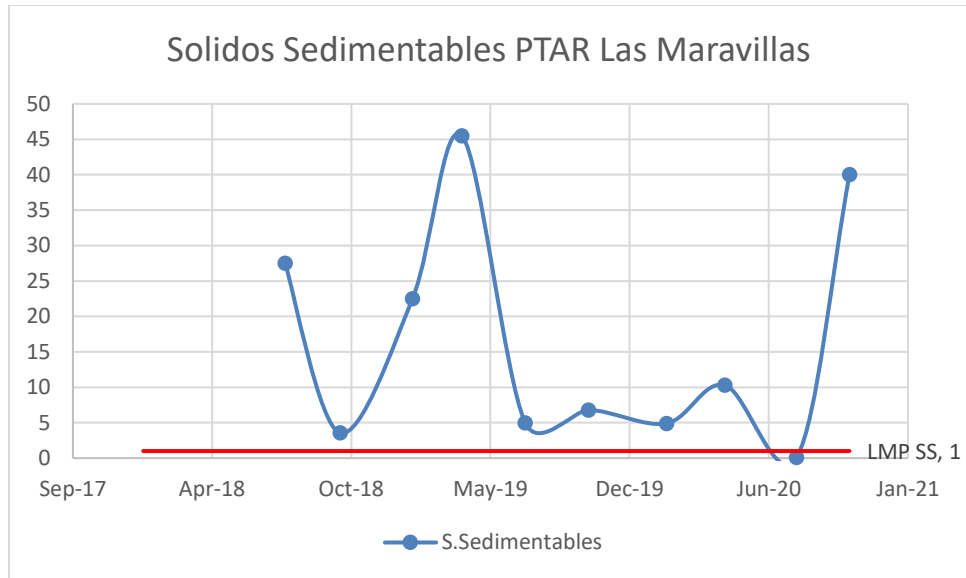


Figura 16 Concentraciones de SS en la PTAR Las Maravillas para el periodo 2018-2020

En la figura 16 se puede observar que las concentraciones de solidos sedimentables sobrepasan los límites establecidos en la normatividad desde que se tiene comenzado a operar la planta. Se encuentran valores máximos de 45.5 mg/L.

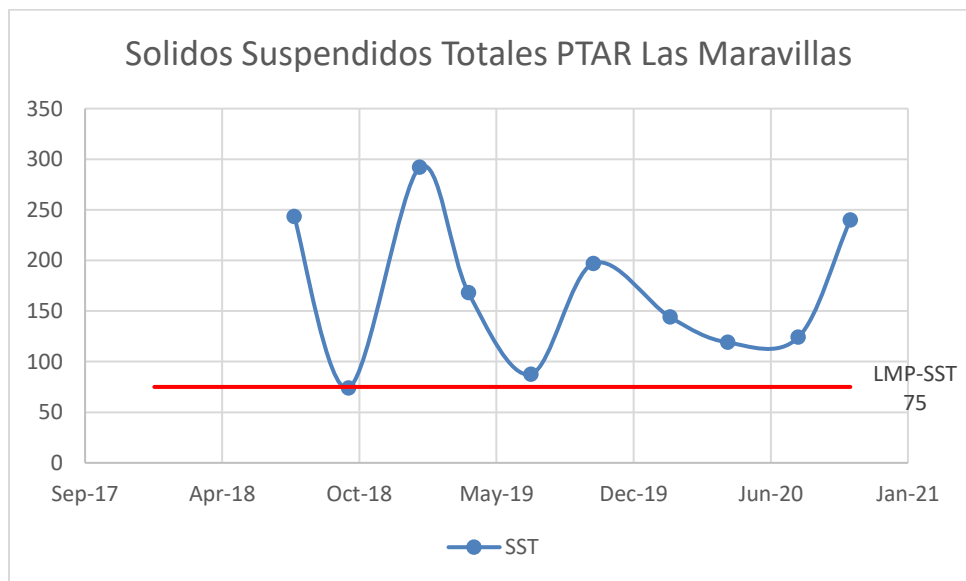


Figura 17 Concentraciones de SST en la PTAR Las Maravillas para el periodo 2018-2020

En la figura 17 se puede observar que al igual que en la figura 16, desde que comenzó a operar la planta no ha cumplido con lo establecido en la normatividad para los sólidos suspendidos totales. Se encuentran valores máximos de 291.9 mg/L

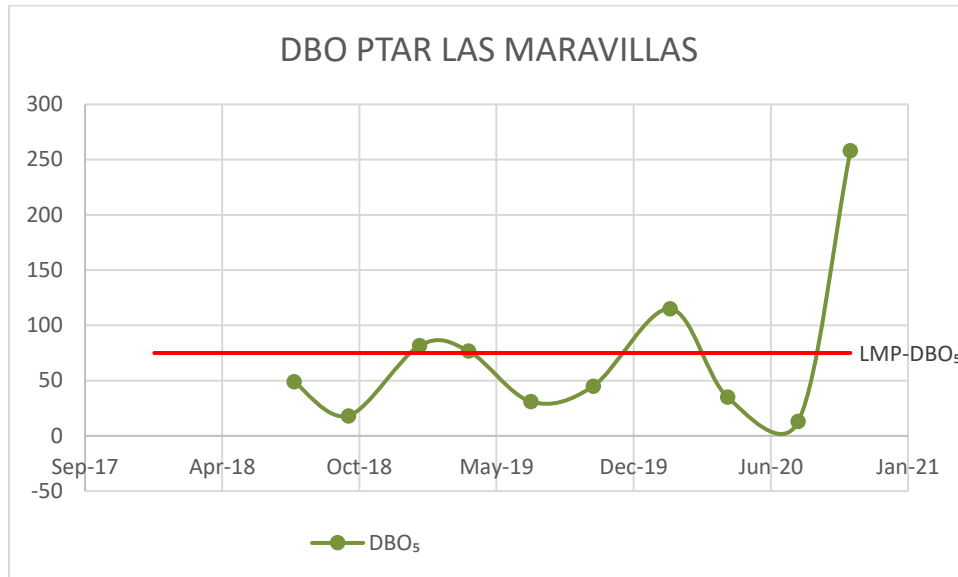


Figura 18 Concentraciones de DBO para la PTAR Las Maravillas en el periodo 2018-2020

En la figura 18 se puede observar que cuatro trimestres no cumplen con la normatividad. El primer y segundo trimestre del 2019 y el primer y último del 2020. con valores de 81 mg/L, 78 mg/L, 115 mg/L y 258 mg/L respectivamente

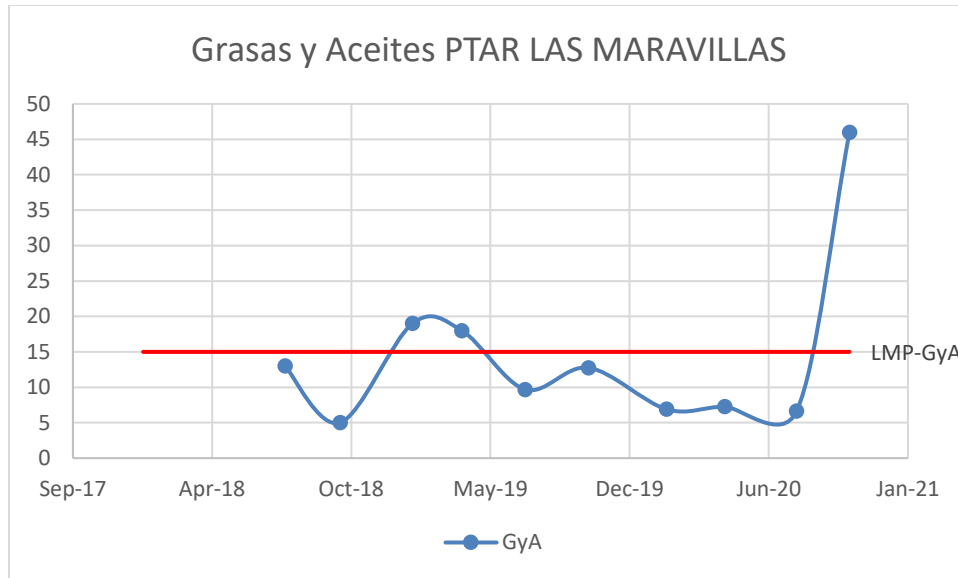


Figura 19 Concentraciones de grasas y aceites para la PTAR Las Maravillas en el periodo 2018-2020.

En la figura 19 se muestran los resultados para grasas y aceites en la PTAR Las Maravillas en el periodo analizado. Se puede observar que, en el primer y segundo periodo del 2019 y en el último periodo del 2020 no se cumplió la normatividad, con valores de 18 a 46 mg/L.

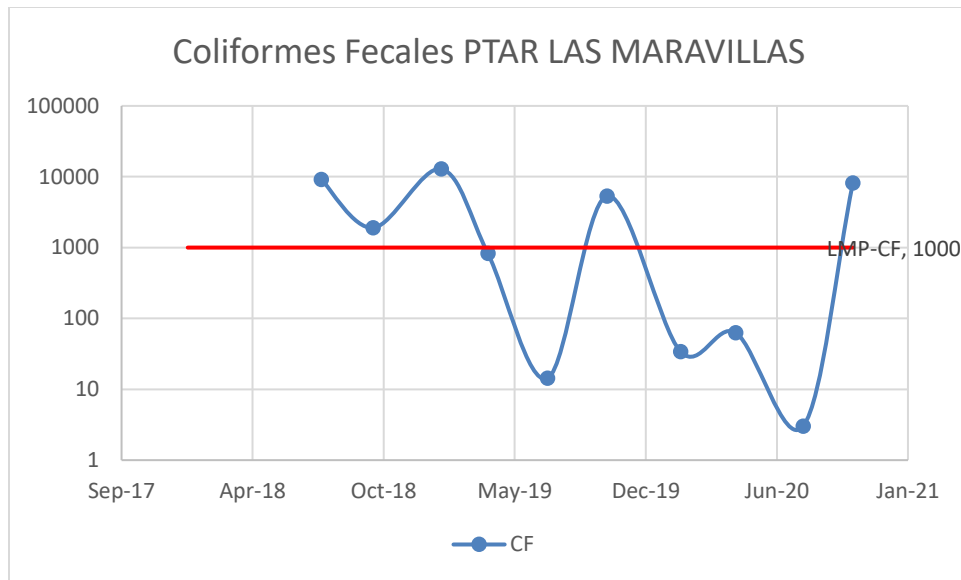


Figura 20 Concentraciones de coliformes fecales para la PTAR Las Maravillas en el periodo 2018-2020.

En la figura 20 se pueden observar los resultados de coliformes fecales de la PTAR Las Maravillas en el periodo analizado. Se puede observar que, en el tercer y cuarto trimestre del 2018, el primer y cuarto trimestre del 2019 y el último trimestre del 2020 se presentan valores que exceden la normatividad, con valores que van de 1,899 NMP/100 mL a 12,862 NMP/100 mL.

5) Planta de Tratamiento La Morita

La planta tiene una capacidad de tratamiento de 250 l/s y cuenta con un tipo de tratamiento secundario con zanjas de oxidación. Fue construida en el año 2006 y comenzó a operarse en el 2010.

Al igual que la PTAR Arturo Herrera, se encuentra subcontratada por la empresa SUEZ para su operación y mantenimiento.

El cuerpo receptor de las aguas tratadas con el Arroyo Matanuco y el Río Tijuana. Además, por formar parte del Proyecto Morado, se utilizan las aguas para riego de áreas verdes.

El agua descargada se utiliza para el riego de áreas verdes, gran parte del volumen se descarga al Río Tijuana.

Se recuperaron informes desde el 2011 al 2020, con excepción del año 2014.

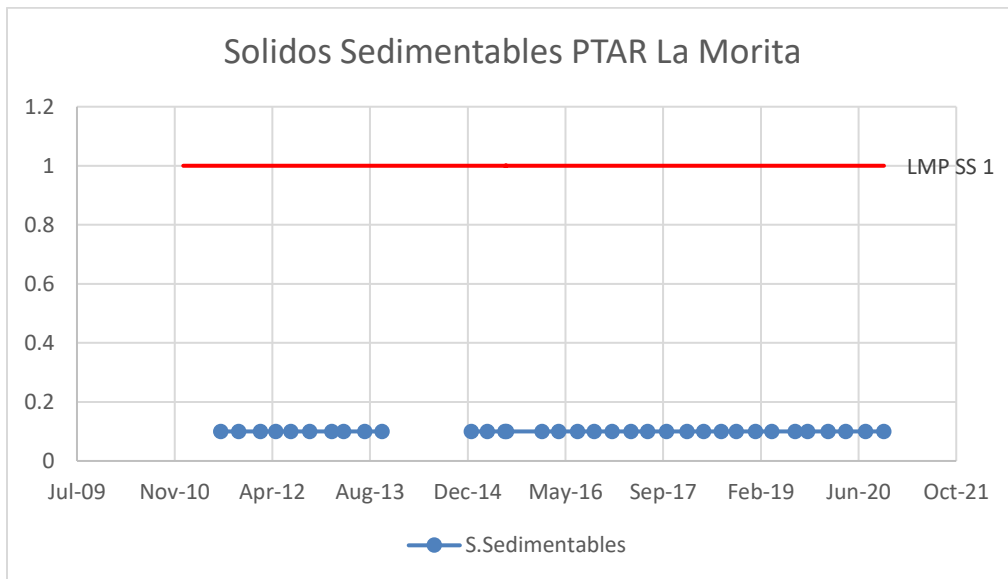


Figura 21 Concentraciones de SS para la PTAR La Morita

En la figura 21 se puede observar que la planta se encuentra en cumplimiento con la normatividad a lo largo del periodo analizado. Con valores constantes de 0.1 mg/L.

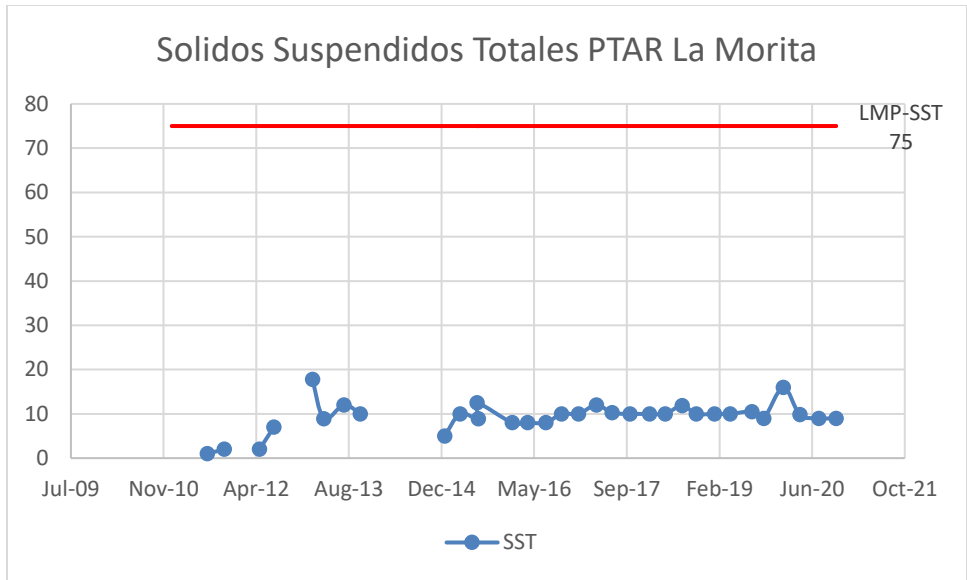


Figura 22 Concentraciones de SST para la PTAR La Morita

En la figura 22 se puede observar que la concentraciones de solidos suspendidos se encuentran por debajo de la normatividad, al igual que los solidos sedimentables en la figura 21, ha cumplido con la normatividad a lo largo del periodo analizado.

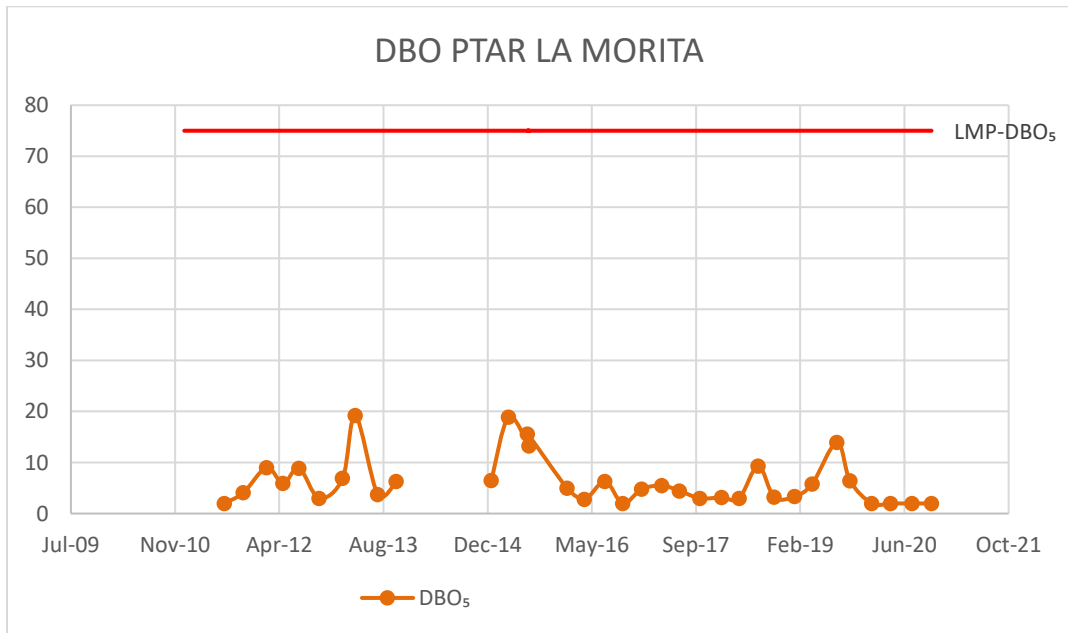


Figura 23 Concentraciones de DBO para la PTAR La Morita en el periodo 2011-2020

En la figura 23 se puede observar que los valores de la DBO se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996. La DBO muestra valores mínimos de 1.98 mg/L y máximos de 19.22 mg/L.

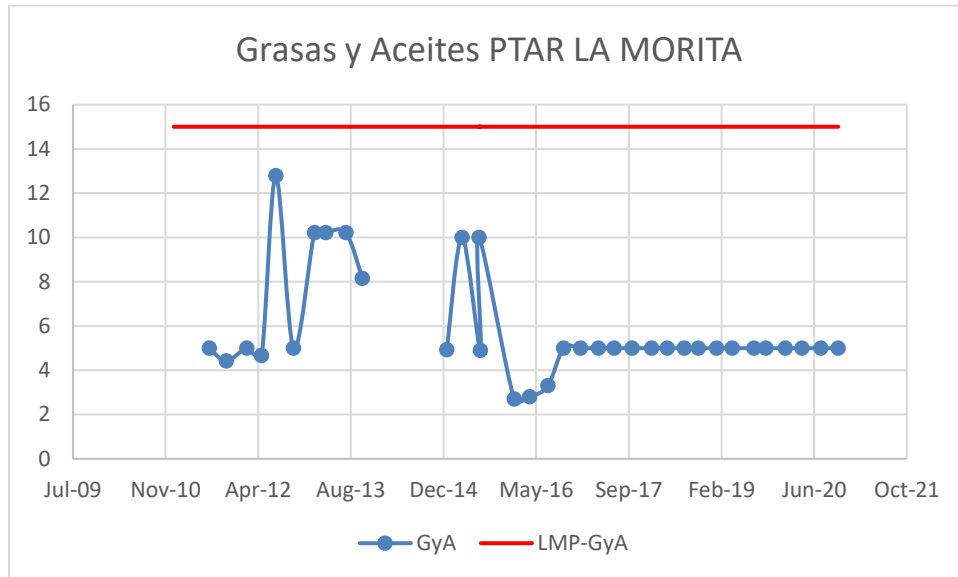


Figura 24 Concentraciones de grasas y aceites para la PTAR La Morita en el periodo 2011-2020.

En la figura 24 se muestran los resultados para grasas y aceites en la PTAR La Morita. Se puede observar que la planta se encuentra cumpliendo con la norma. Muestra valores mínimos de 2.7 mg/L y máximos de 12.78 mg/L.

Se recuperaron informes del 2011 al 2015 con la excepción del año 2014.

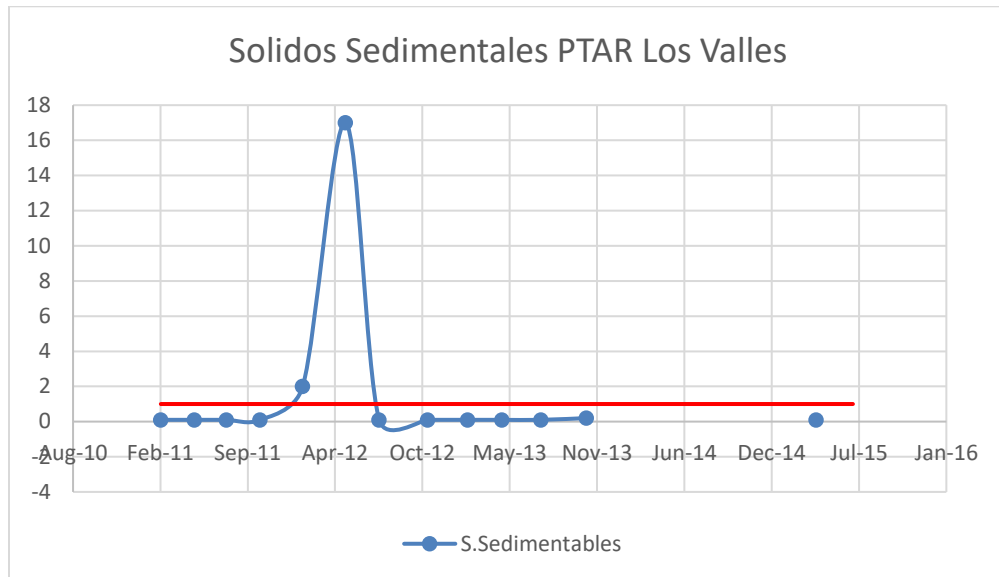


Figura 26 Concentraciones de SS para la PTAR Los Valles en el periodo 2011-2015

En la figura 26 se puede observar que en el segundo trimestre del 2012 se presentó un valor con concentraciones de 17 mg/L. Posterior a este trimestre las concentraciones de los sólidos sedimentables se mantuvieron por debajo de los límites establecidos en la normatividad con valores de 0.1 mg/L

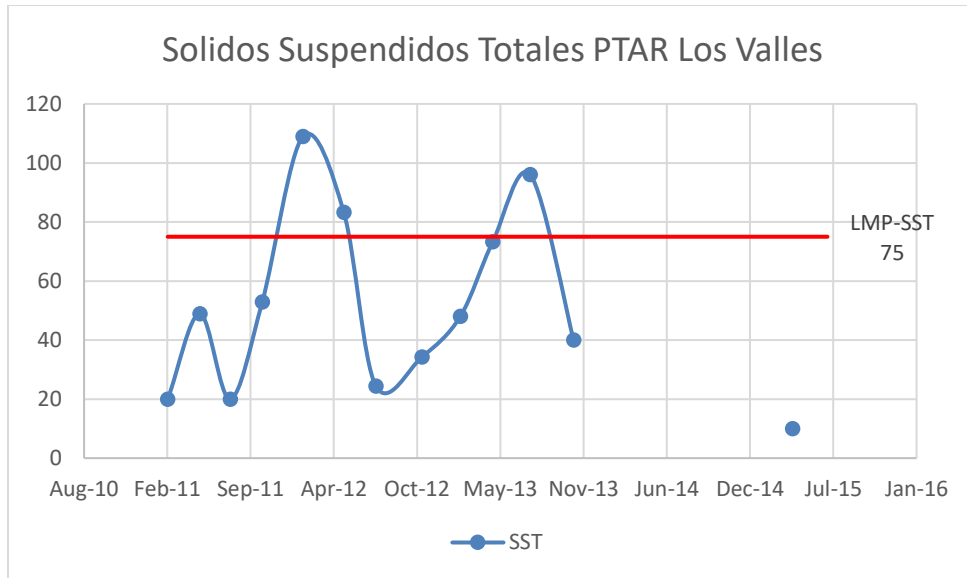


Figura 27 Concentraciones de SST para la PTAR Los Valles en el periodo 2011-2015

En la figura 27 se puede observar que las concentraciones de solidos suspendidos totales no cumplieron con la normatividad en tres trimestres del periodo analizado. Presentaron valores máximos de 109 mg/L. En los últimos trimestres reportados se observa una disminución en las concentraciones encontrándose estas debajo de los límites establecidos en la normatividad.

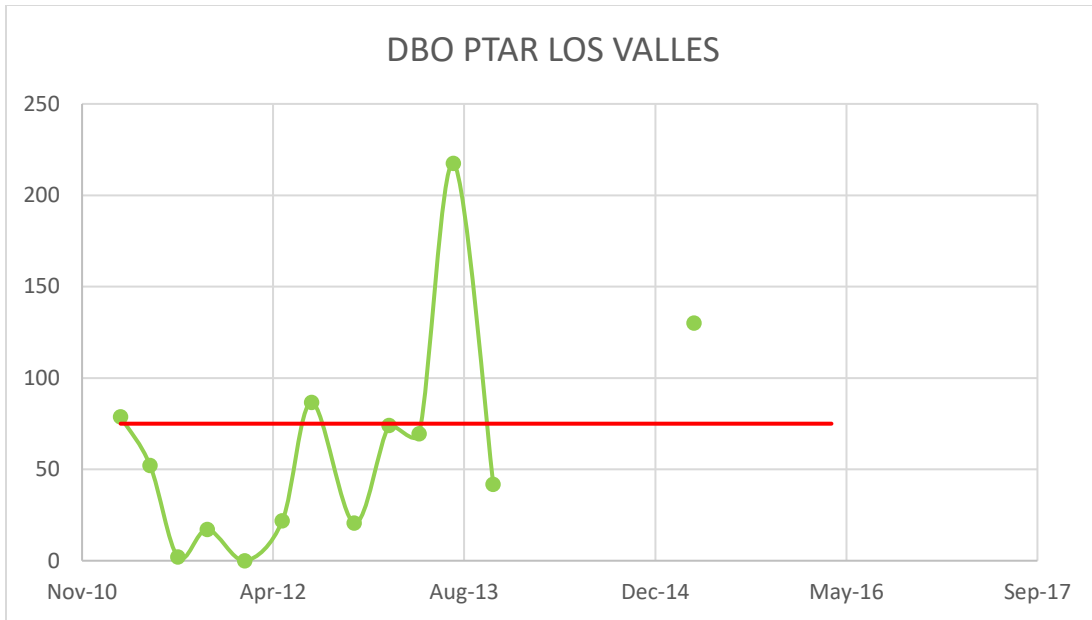


Figura 28 Concentraciones de DBO para la PTAR Los Valles en el periodo 2011-2015.

En la figura 28 se puede observar que los valores de la DBO encuentran en su mayoría cumpliendo con los parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996, con excepción del primer trimestre del 2011, el tercer trimestre del 2012, el tercer trimestre del 2013 y el segundo trimestre del 2014.

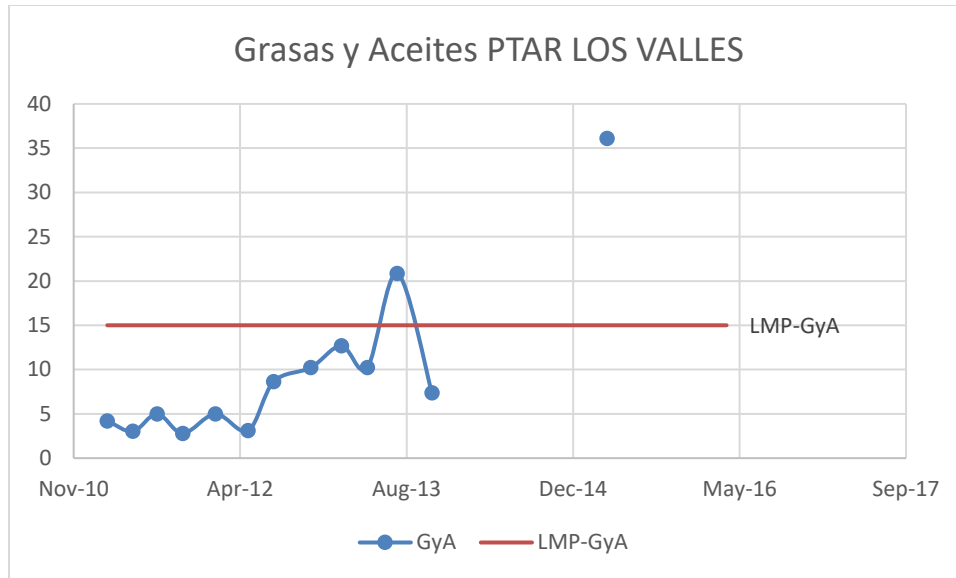


Figura 29 Concentraciones de grasas y aceites para la PTAR Los Valles en el periodo 2011-2015.

En la figura 29 se muestran los resultados para grasas y aceites en la PTAR Los Valles. Se puede observar que la planta se encuentra cumpliendo con la norma, con excepción del tercer trimestre del 2013 y el segundo trimestre del 2015. Estos valores son de 20.86 mg/L y 36.1mg/L respectivamente.

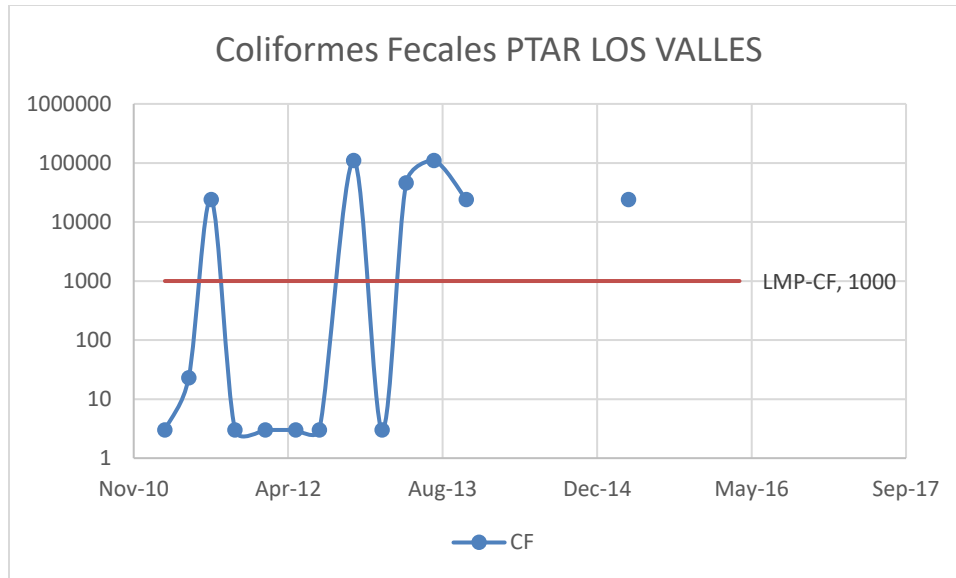


Figura 30 Concentraciones de coliformes fecales para la PTAR Los Valles en el periodo 2011-2015.

En la figura 30 se observan los resultados de coliformes fecales para la PTAR Los Valles. El eje vertical se encuentra escalado ya que los valores presentan un rango de 3 NMP/100 mL y 110,000 NMP/100 mL. Los trimestres en los que se excede la norma son el tercero del 2011, el cuarto del 2012, el segundo, tercero y cuarto del 2013 y finalmente el segundo del 2015.

7) Planta de Tratamiento Natural

Esta planta tiene la capacidad de tratar 60 l/s y cuenta con un sistema de tratamiento biológico de lodo activado diseñado en modalidad de aireación extendida.

Al igual que la PTAR Arturo Herrera y la PTAR La Morita, se encuentra subcontratada por la empresa SUEZ para su operación y mantenimiento.

Se recuperaron informes del 2017 al 2020 y actualmente la planta se encuentra en operación.

En las figuras 31 y 32 se muestran los resultados las concentraciones de solidos sedimentables y solidos suspendidos totales. En ambos casos las concentraciones se encuentran muy por debajo de los límites máximos establecidos en la normatividad a lo largo del periodo analizado.

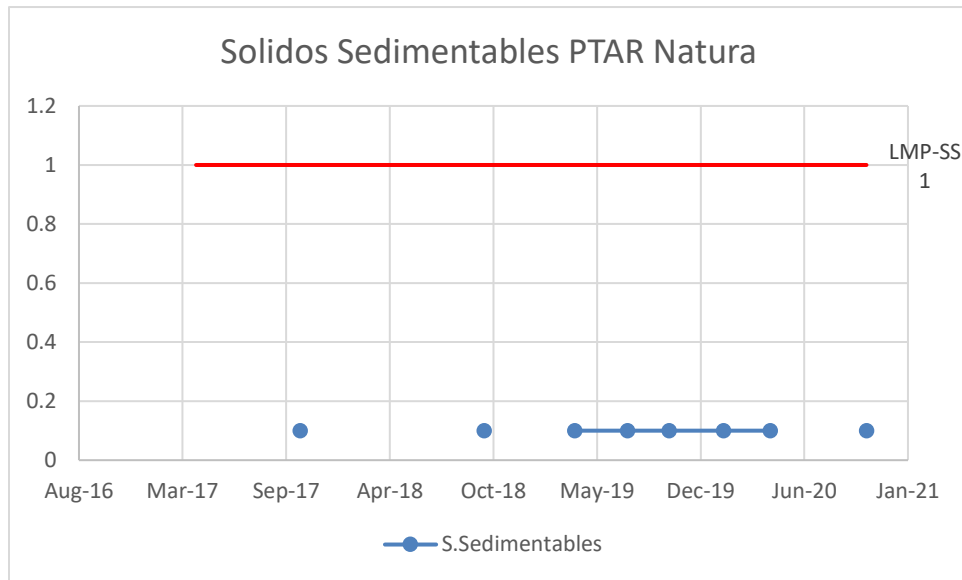


Figura 31 Concentraciones de SS para la PTAR Natura en el periodo 2017-2020

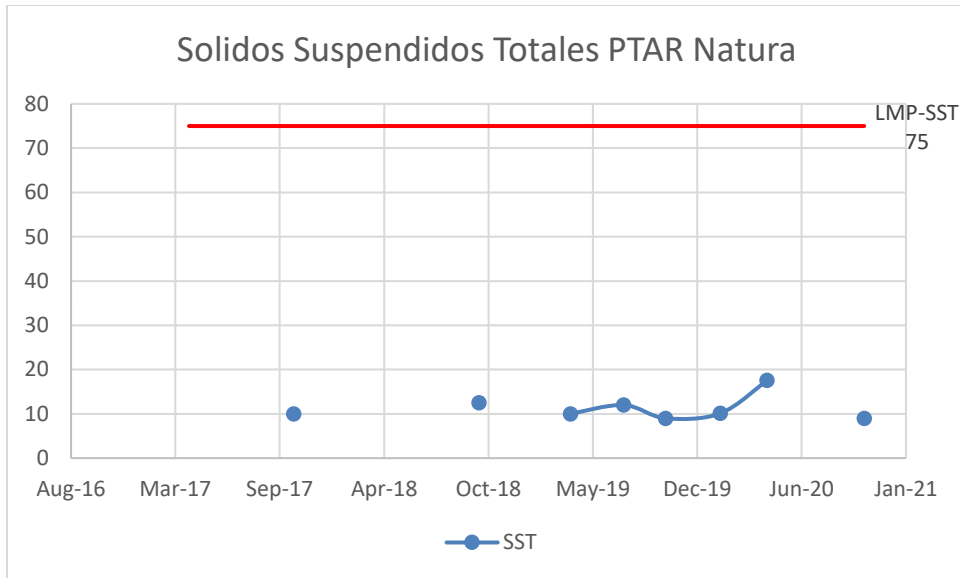


Figura 32 Concentraciones de SST para la PTAR Natura en el periodo 2017-2020

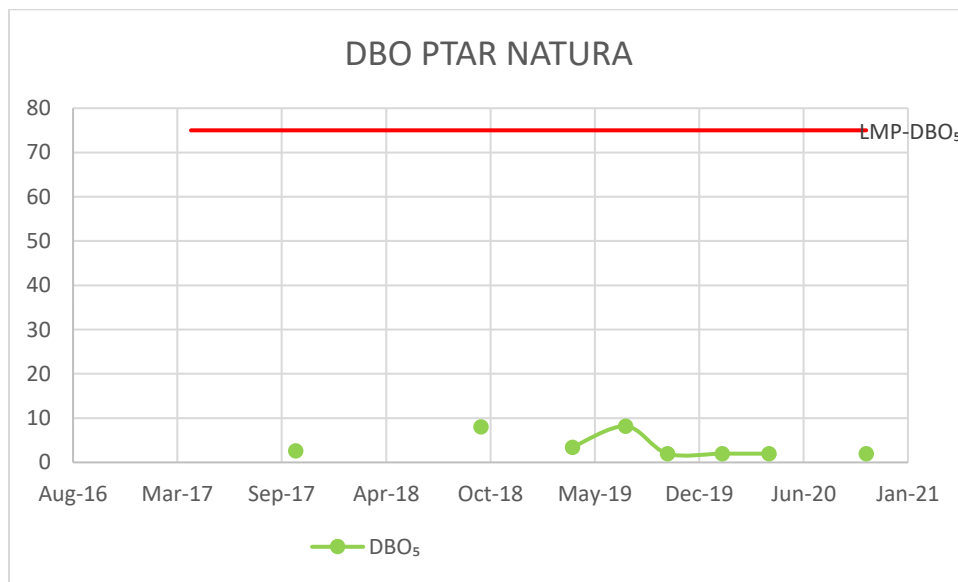


Figura 33 Concentraciones de DBO para la PTAR Natura en el periodo 2017-2020.

En la figura 33 se observa que el DBO se encuentra en cumplimiento con la NOM-001-SEMARNAT-1996. Presentan valores mínimos de 1.98 mg/L y máximos de 8.81 mg/L.

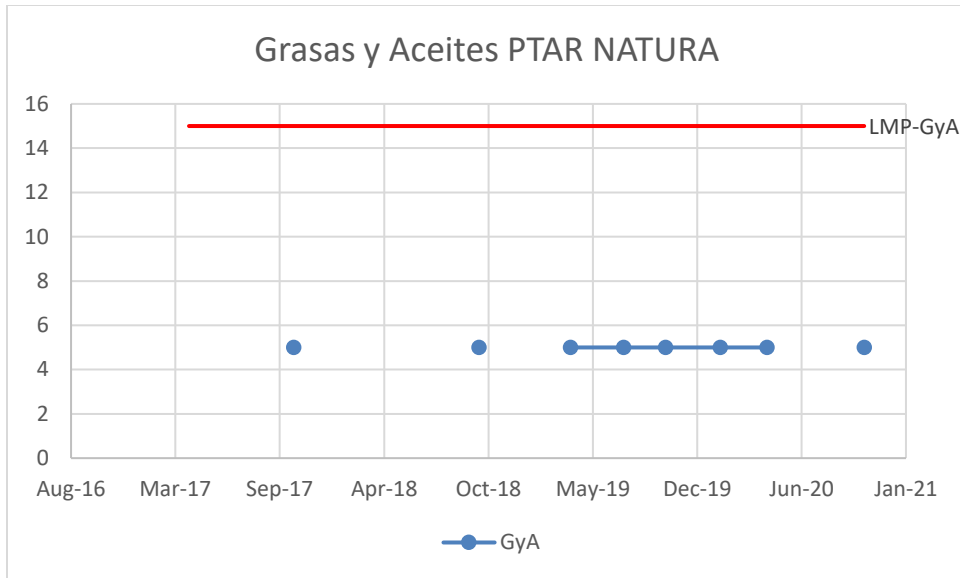


Figura 34 Concentraciones de grasas y aceites para la PTAR Natura en el periodo 2017-2020.

En la figura 34 se muestran los resultados de grasas y aceites para la PTAR Natura. Se puede observar que se encuentra en cumplimiento con la normatividad, presentando valores constantes de 5 mg/L.

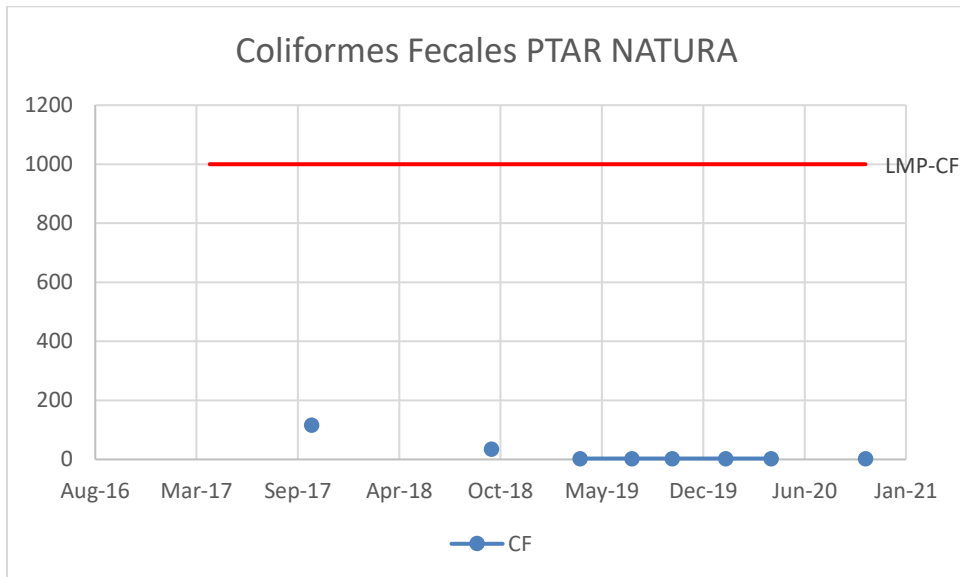


Figura 35 Concentraciones de coliformes fecales para la PTAR Natura en el periodo 2017-2020.

En la figura 35 se muestran los resultados de coliformes fecales para la PTAR Natura. Se puede observar que los valores tienen una tendencia negativa muy por debajo del valor máximo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

8) Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales (PITAR)

La planta binacional es una planta de tratamiento secundario de 1100 l/s, ubicada en el condado de San Diego, California, a unos 3 km al oeste del puerto de entrada de San Ysidro. La planta trata las aguas residuales que se originan en Tijuana, México y las descarga al océano Pacífico a través de South Bay Ocean Outfall, una tubería de 3.3 metros de diámetro y 6.4 km de largo.

En 1999 se dio inicio a la operación de la Planta Internacional. La mantiene y opera la Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos (CILA). Esta le envía los reportes de calidad a la CESPT mensualmente.

Se encontraron datos desde el 2011 hasta el 2018, con excepción de los años 2014 y 2015. Actualmente sigue operando.

En las siguientes figuras 36 y 37 se muestran los resultados de sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales. En ambos casos se cumple con lo establecido en la normatividad. En el caso de los sólidos suspendidos totales se observa un aumento en las concentraciones del segundo trimestre del 2012. A pesar de ser un valor alto comparado con los demás años se encuentra cumpliendo con la normatividad.

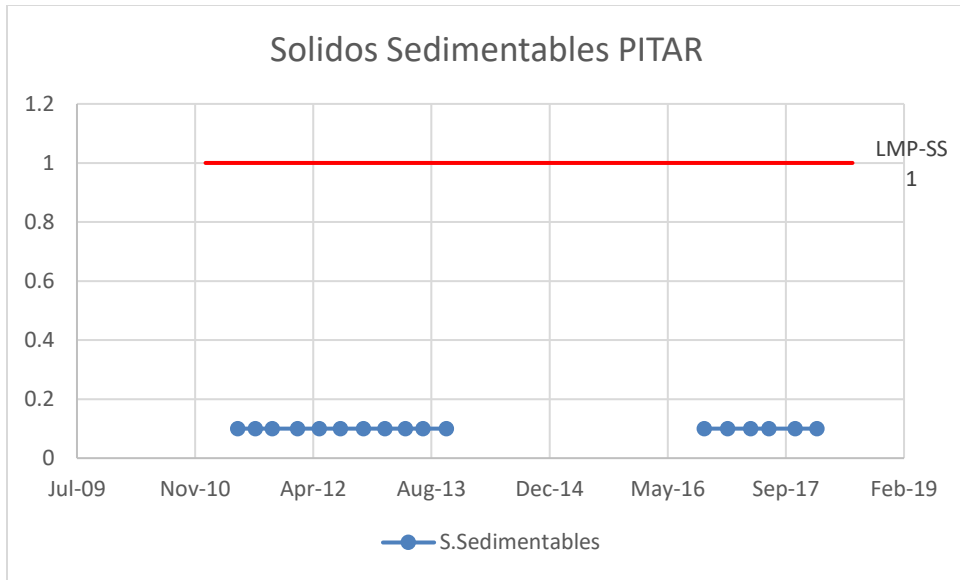


Figura 36 Concentraciones de SS para la PTAR para el periodo 2011-2018

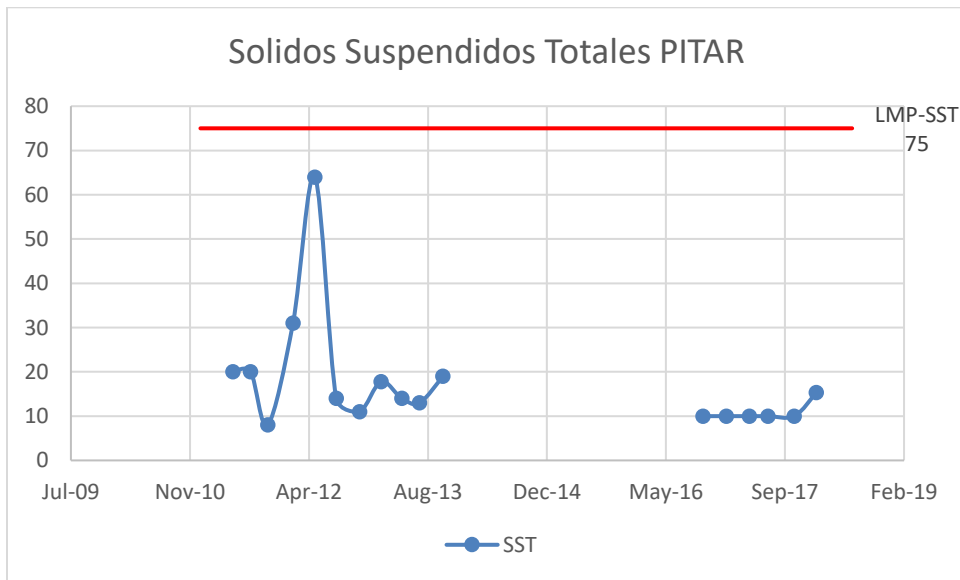


Figura 37 Concentraciones de SST para la PITAR en el periodo 2011/2018

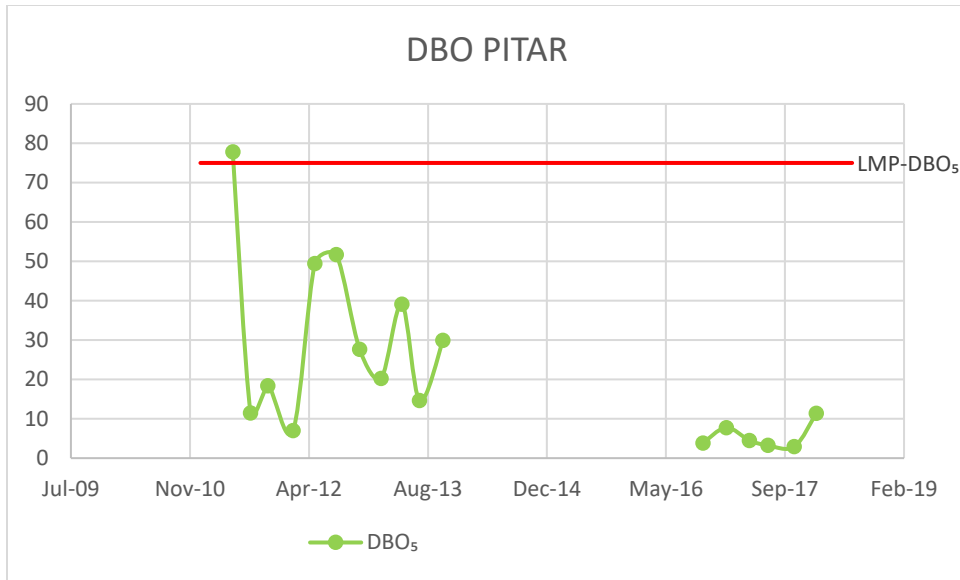


Figura 38 Concentraciones de DBO para la PITAR en el periodo 2011-2018.

En la figura 38 se muestran los resultados de DBO para la PITAR. Se puede observar que las concentraciones de DBO se encuentran por debajo de los límites establecidos en la normatividad.

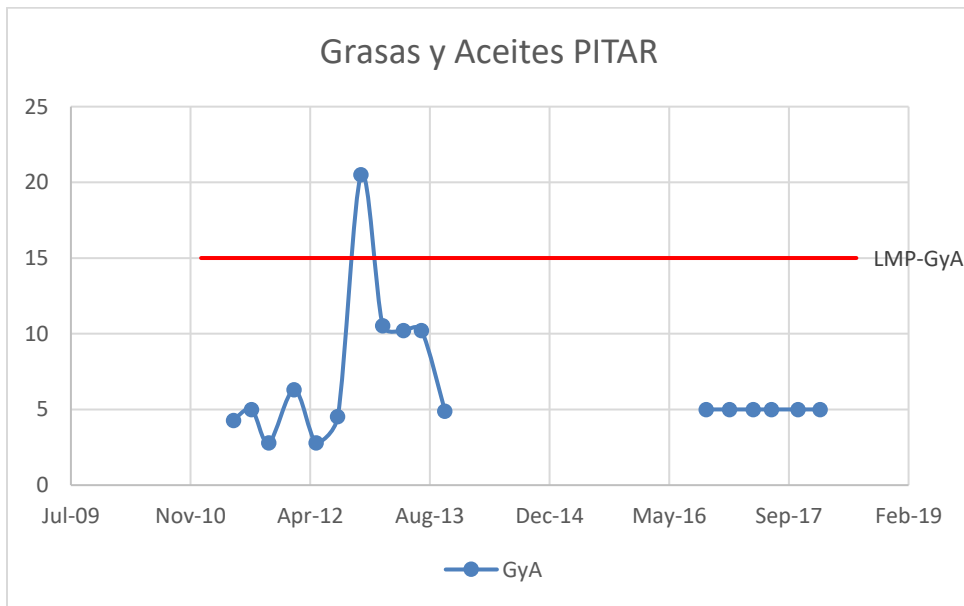


Figura 39 Concentraciones de grasas y aceites para la PITAR en el periodo 2011-2018

En la figura 39 se observan los resultados de grasas y aceites que van desde el 2011 al 2018. Se muestra que solo en el cuarto trimestre del 2012 se presentó un valor por arriba del máximo establecido en la normatividad, siendo este un valor de 20.5 mg/L.

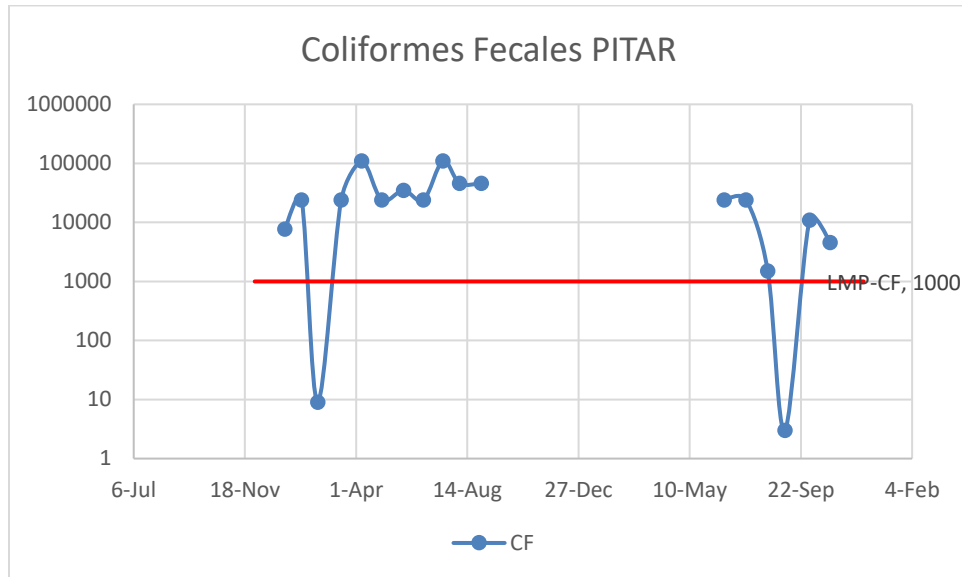


Figura 40 Concentraciones de coliformes fecales para la PITAR en el periodo 2011-2018.

En el caso de los coliformes fecales, se puede observar en la figura 40 que en su mayoría se excede el límite máximo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996. El eje vertical se encuentra escalado para poder tener una mejor apreciación de los valores mínimos. El rango de valores es muy amplio, siendo el valor mínimo de 3 NMP/100 mL y el máximo de 110,000 NMP/100 mL.

partir del segundo trimestre del 2012 hasta el último trimestre del 2020 las concentraciones se mantuvieron debajo de los límites establecidos en la normatividad.

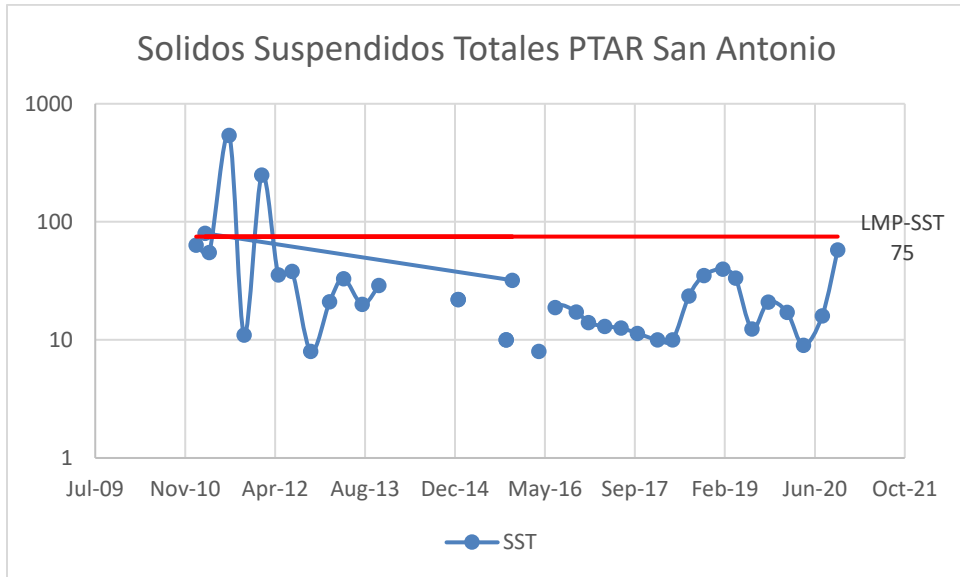


Figura 42 Concentraciones de SST para la PTAR Pórticos de San Antonio en el periodo 2011-2020

En la figura 42 el comportamiento de las concentraciones de solidos suspendidos totales es muy similar a la de los solidos sedimentables en la figura 41. Durante los primeros años en los que se tiene registro las concentraciones rebasaban los límites máximos permisibles establecidos en la norma con valore de 540 mg/L. Posterior al primer trimestre del 2012 los valores bajaron considerablemente y desde entonces, se han mantenido dentro de los límites establecidos en la normatividad.

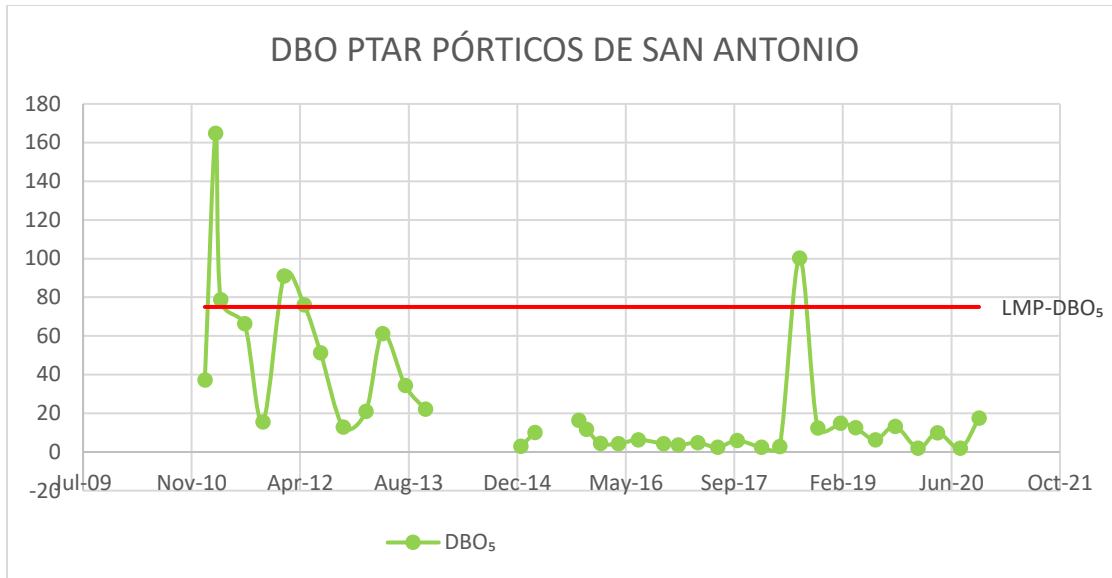


Figura 43 Concentraciones de DBO para la PTAR Pórticos de San Antonio en el periodo 2011-2020.

En la figura 43 se puede observar que la DBO muestra trimestres en los que los valores exceden los límites establecidos en la normatividad. La DBO presenta valores máximos de 164.85 mg/L. En los últimos años analizados se han mantenido las concentraciones por debajo del límite máximo establecido en la normatividad.

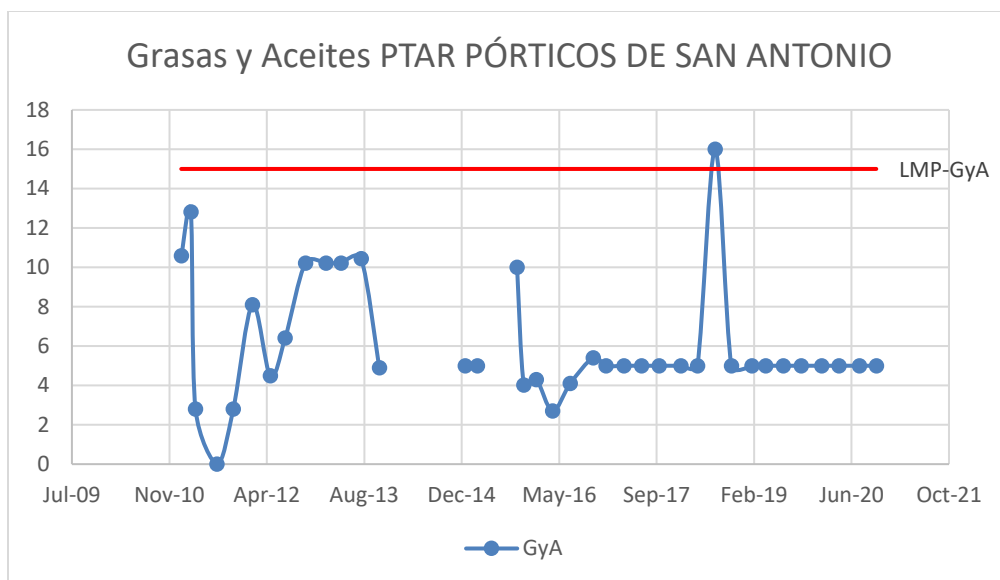


Figura 44 Concentraciones de de grasas y Aceites para la PTAR Pórticos de San Antonio en el periodo 2011-2020.

En la figura 44 se puede observar que para grasas y aceites los valores se encuentran por debajo de lo establecido en la normatividad, con excepción del tercer trimestre del 2018 en el que se reportó un valor de 16 mg/L.

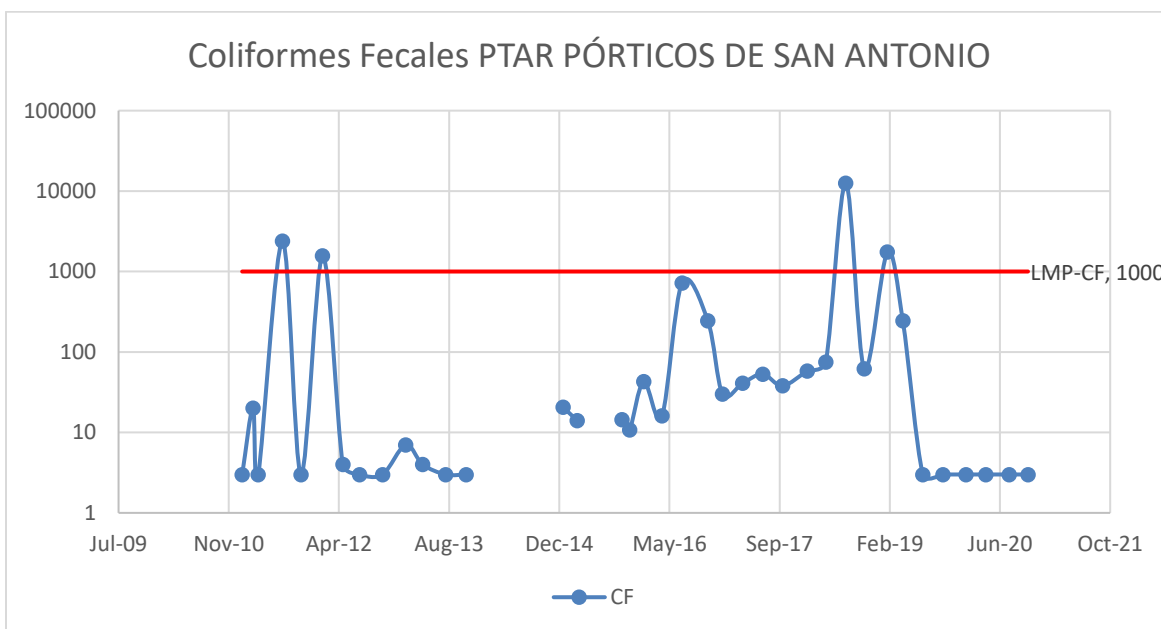


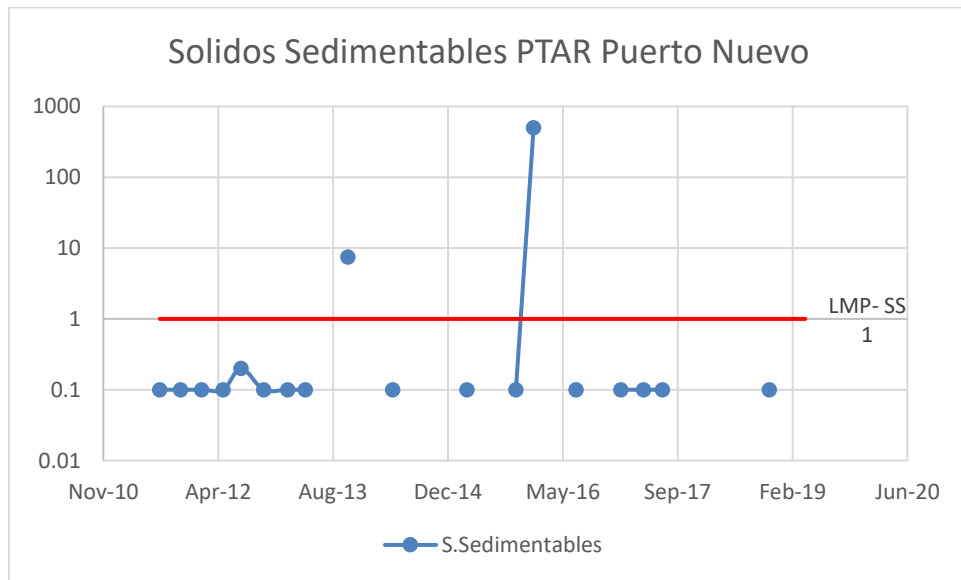
Figura 45 Concentraciones de coliformes fecales para la PTAR Pórticos de San Antonio en el periodo 2011-2020.

En la figura 45 se muestran los resultados de coliformes fecales. Se puede observar que los valores tienden a permanecer por debajo del límite máximo establecido en la normatividad, con excepción de 4 trimestres: el tercer trimestre del 2011, el primer trimestre del 2012, el tercer trimestre del 2018 y el primer trimestre del 2019. Estos periodos presentan valores máximos de hasta 12,559 NMP/100 mL.

10) Planta de Tratamiento Puerto Nuevo

La planta de tratamiento de Puerto Nuevo tiene una capacidad de 2 l/s, se construyó en el 2000 y comenzó a operar en ese mismo año.

De esta planta se encontraron informes de calidad del 2011 al 2018, con excepción de algunos promedios mensuales del 2013, 2014, 2015 y 2016.



En la figura 46 se observa que en dos de los trimestres analizados se excede el límite máximo establecido en la normatividad. Estos valores corresponden a el tercer trimestre del 2013 y el primer trimestre del 2016 siendo estos de 7.5 mg/L y 500 mg/L respectivamente. En los trimestres siguientes las concentraciones se mantuvieron constantes con valores de 0.1 mg/L.

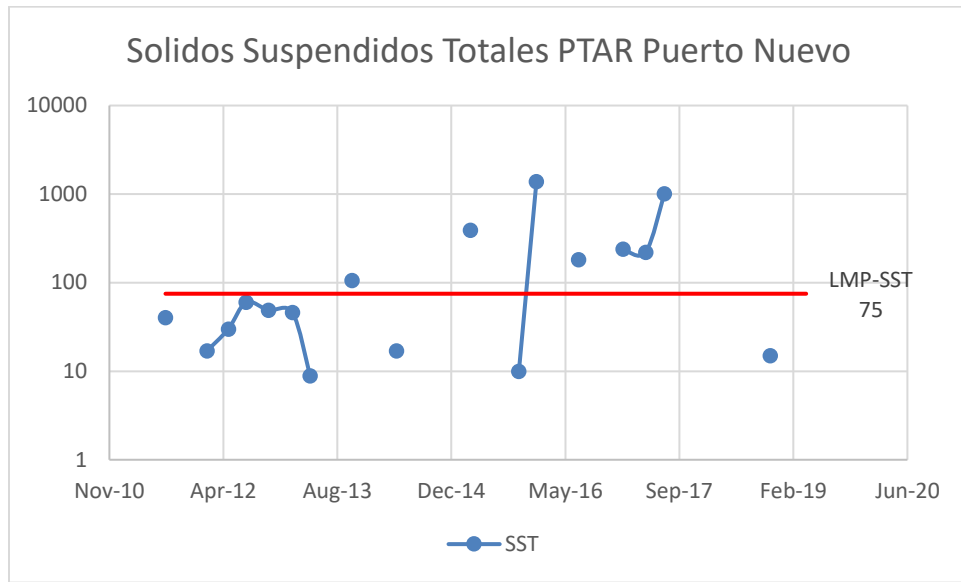


Figura 47 Concentraciones de SST en la PTAR Puerto Nuevo para el periodo 2011-2019

En la figura 47 se observan 8 trimestres en los que no se cumplió con la normatividad con valores máximos de 1380 mg/L. El ultimo trimestre registrado presento valores que se encuentran por debajo de los límites máximos establecidos en la normatividad.

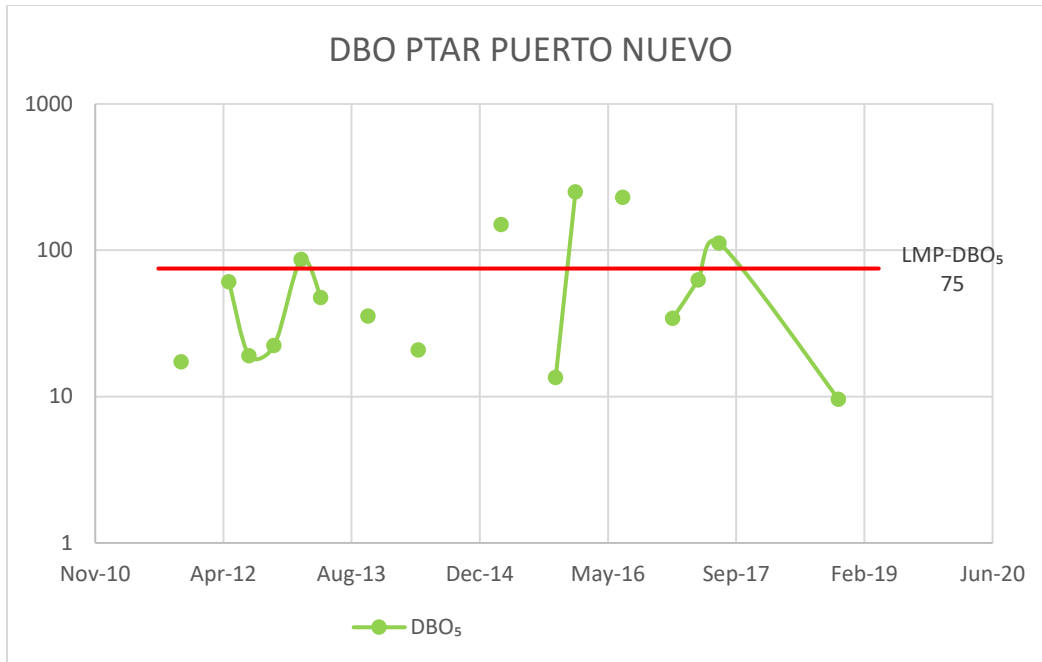


Figura 48 Concentraciones de DBO de la PTAR Puerto Nuevo en el periodo 2011-2018

En la figura 48 se puede observar que en algunos de los trimestres no se cumple con la NOM-001-SEMARNAT-1996. La DBO presenta valores mínimos de 9.6 mg/L y máximos de 250 mg/L. Cabe mencionar que en el último trimestre reportado los valores se encuentran por debajo de los límites establecidos en la normatividad.

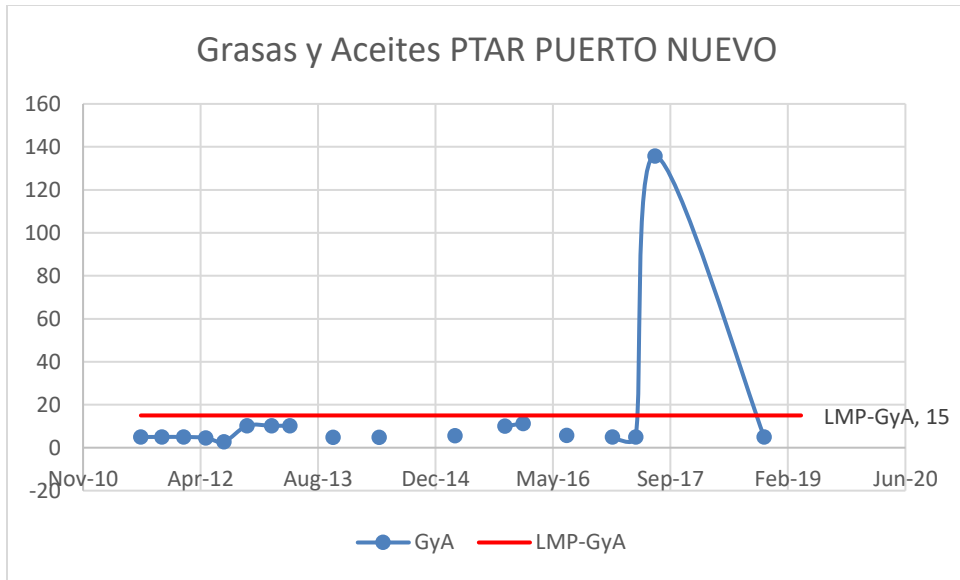


Figura 49 Concentraciones de grasas y aceites para la PTAR Puerto Nuevo en el periodo 2011-2018.

En la figura 49 se puede observar que, con la excepción de un trimestre del 2017, se cumple con la normatividad. A este trimestre le corresponde un valor de 135.8 mg/L. El resto de los valores se encuentran en un rango entre 2.8 mg/L y 15 mg/L.

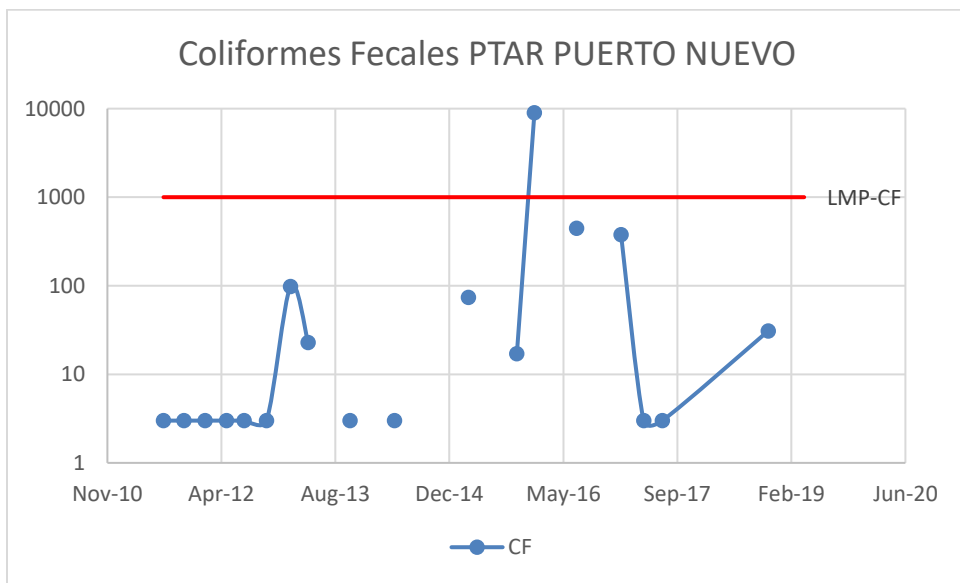


Figura 50 Concentraciones de coliformes fecales de la PTAR Puerto Nuevo en el periodo 2011-2018.

En la figura 50 se muestran los valores de los coliformes fecales. Sólo un trimestre tiene valores que se encuentran por arriba del límite máximo establecido en la normatividad. Este valor corresponde al primer trimestre del 2016 con un valor de 9,000 NMP/100 mL.

11) Planta de Tratamiento Rosarito 1

La PTAR Rosarito I provee un tratamiento de nivel secundario, el cual consiste de un sistema de lodos activados de aeración extendida que incluye una unidad de pretratamiento, dos lagunas aireadas, un clarificador secundario, un digestor de lodos y una unidad de secado de lodos. La planta cuenta con una capacidad de tratamiento de 120 l/s, descargando el efluente tratado en el Arroyo Huahuatay para su disposición final en el océano Pacífico.

Fue construida en el año 2011 y comenzó a operar en el 2013.

Se recuperaron informes del 2011 al 2020 con la excepción del año 2014.

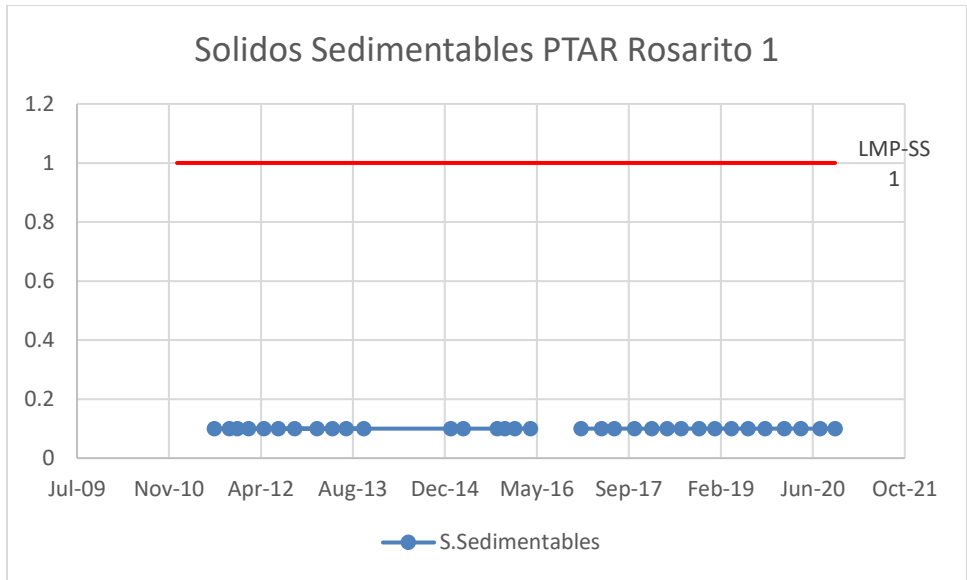


Figura 51 Concentraciones de SS en la PTAR Rosario 1 para el periodo 2011-2020

En la figura 51 se observa que las concentraciones de solidos sedimentables se encuentran en cumplimiento con la normatividad. Estos valores se mantienen constantes a lo largo del periodo analizado con valores de 0.1 mg/L.

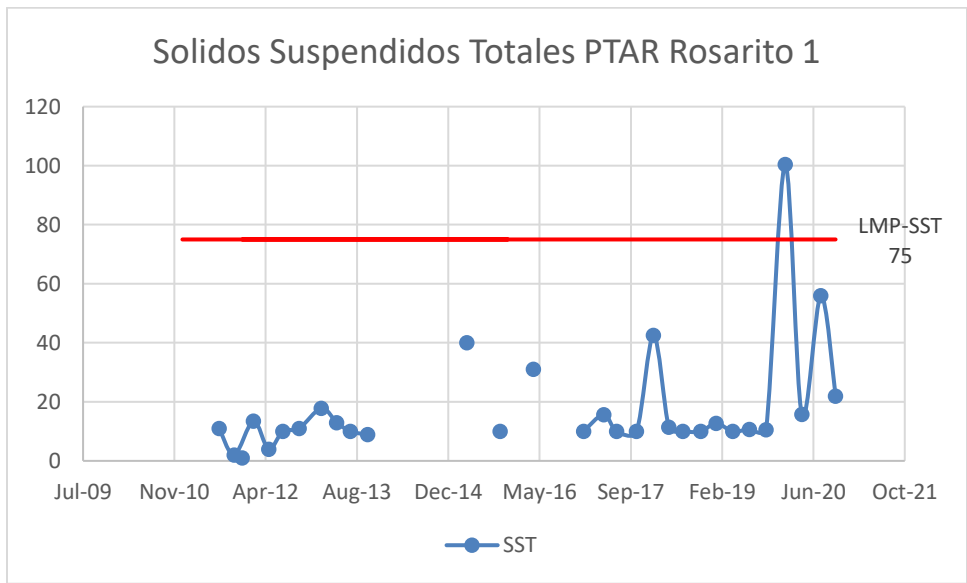


Figura 52 Concentraciones de SST en la PTAR Rosario 1 para el periodo 2011-2020

En la figura 52 se muestra que las concentraciones de SST se encontraban debajo de los límites máximos permisibles en la normatividad hasta el primer trimestre del 2020 en donde se reporto un valor de 100.4 mg/L.. Esto es un caso aislado ya que en el siguiente semestre reportado el valor bajo a 56 mg/L.

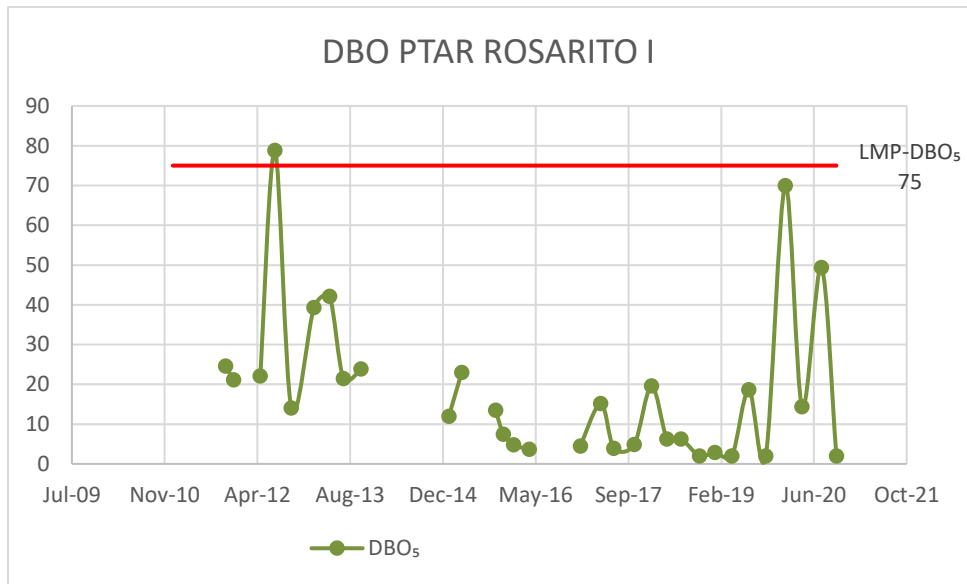


Figura 53 Concentraciones de DBO de la PTAR Rosarito 1 en el periodo 2011-2020.

En la figura 53 se puede observar que en la mayoría de los trimestres se cumple con la norma. El segundo trimestre del 2012, el DBO presento un valor de 78.84 mg/L, 3 mg/L por arriba del máximo permisible. Después del registro del valor que excede los límites de la norma los valores permanecieron en cumplimiento con la normatividad.

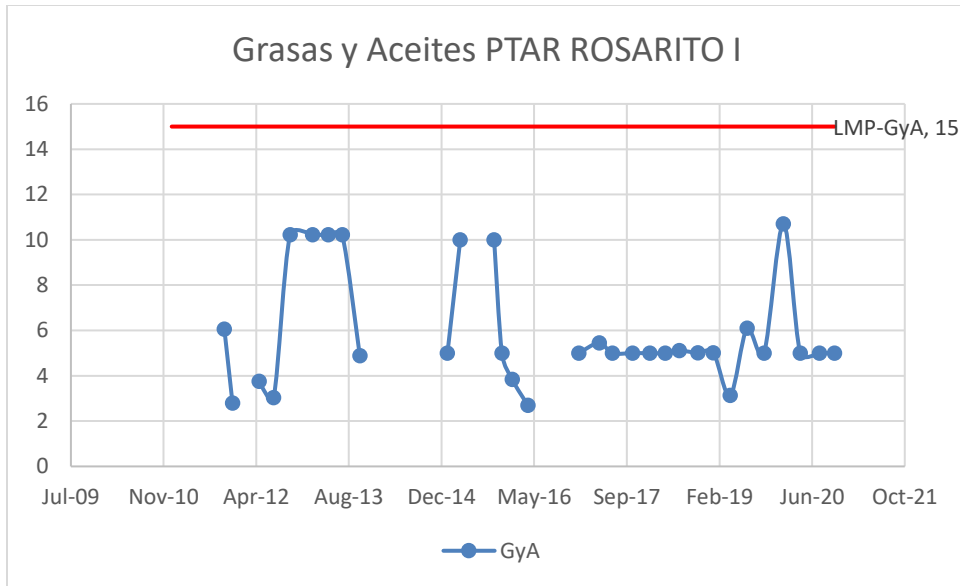


Figura 54 Concentraciones de grasas y aceites para la PTAR Rosarito 1 en el periodo 201-2020.

En la figura 54 se puede observar que los valores se encuentran por debajo del máximo permisible establecido en la normatividad. El valor mínimo es de 2.7 mg/L y el máximo de 10.7 mg/L.

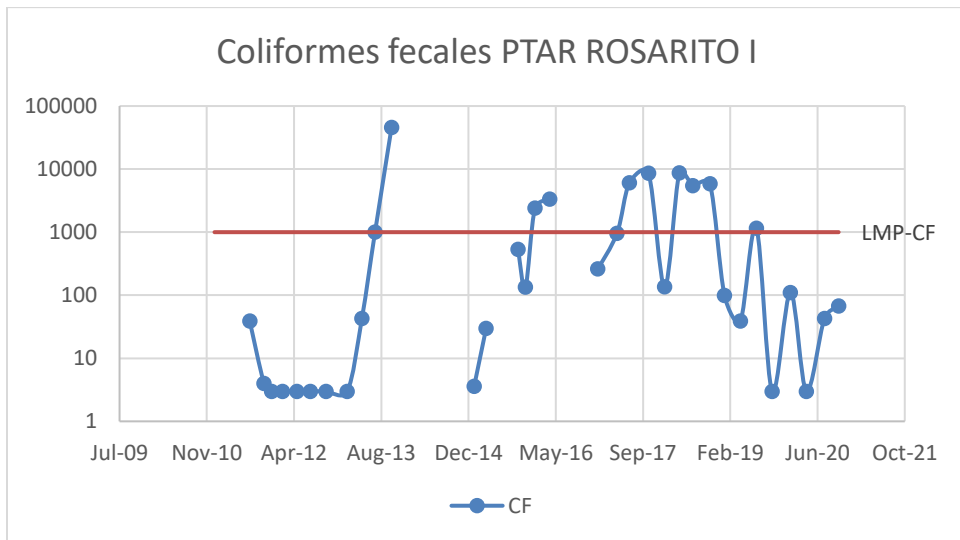


Figura 55 Concentraciones de coliformes fecales en la PTAR Rosarito 1 en el periodo 2011-2020.

En la figura 55 se puede observar que un gran número de trimestres no se cumplió con la normatividad, presentando valores máximos entre 2,400 NMP/100 mL y 46,000 NMP/100 mL. El eje vertical se encuentra escalado para mejor representar los valores.

12) Planta de Tratamiento Rosarito Norte

Esta planta consta de 2 módulos: uno de 70 l/s y otro 140 l/s y cuenta con un tratamiento secundario con aireación extendida. La PTAR da servicio de tratamiento a las aguas residuales de los residentes ubicados al suroeste del municipio de Tijuana y al norte del municipio de Playas de Rosarito. Las descargas de sus aguas tratadas se vierten al océano Pacífico.

Esta planta fue construida en el 2003 y comenzó a operar en el 2005.

Para esta planta se encontraron datos del 2011 al 2020 con excepción del año 2014 y un reporte trimestral del 2015.

En las figuras 56 y 57 se muestran los resultados de los SS y SST. Se puede observar que en ambos parámetros el único trimestre en el que se reportaron valores que exceden la normatividad es el tercer trimestre del 2019. Posteriormente a este trimestre los valores volvieron a cumplir con la normatividad.

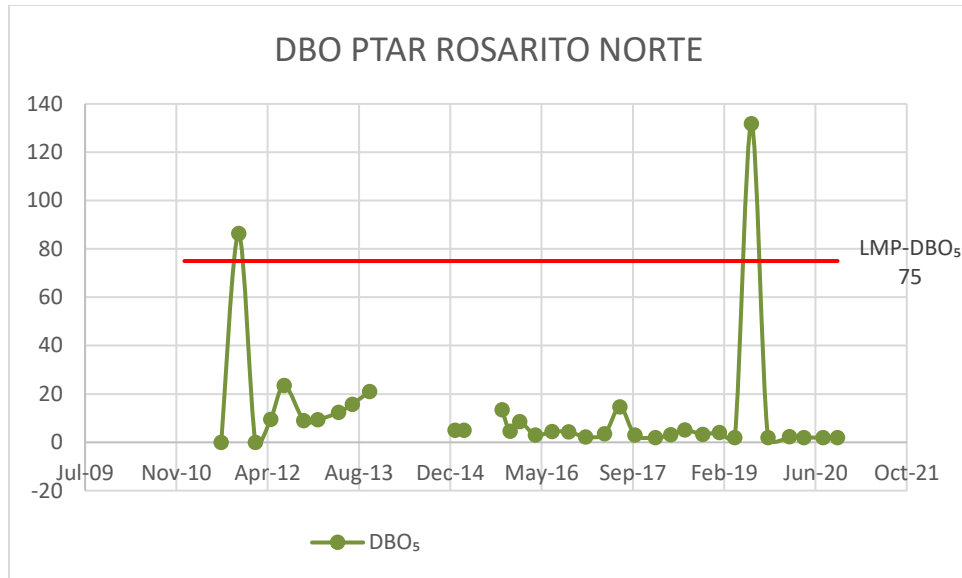


Figura 58 Concentraciones de DBO para la PTAR Rosarito Norte en el periodo 2011 al -20212020.

En la figura 58 se puede observar que solo en dos trimestres no se cumplió con la normatividad. Estos trimestres corresponden al último del 2011 y tercero del 2019. El valor máximo reportado es de 131 mg/L. A partir de este último reporte los valores se mantuvieron por debajo de los límites establecidos en la normatividad con valores mínimos de 1.98 mg/L.

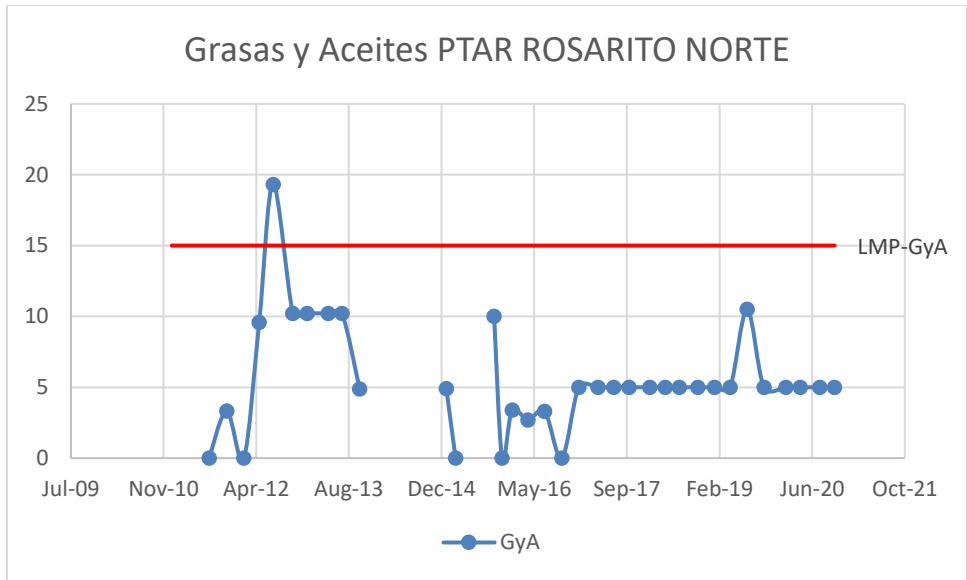


Figura 59 Concentraciones de grasas y aceites para la PTAR Rosario Norte en el periodo 2011-2020.

En la figura 59 se puede observar que, con excepción del tercer trimestre del 2012, los valores de grasas y aceites se encuentran por debajo del límite máximo establecido en la normatividad. El valor del trimestre que excede la normatividad es de 19.32 mg/L.

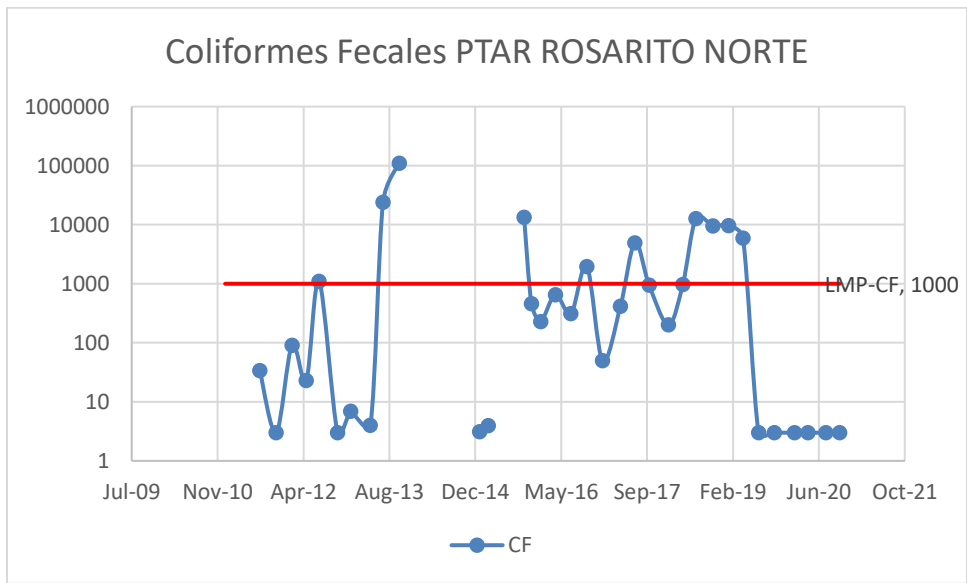


Figura 60 Concentraciones de Coliformes coliformes Fecales fecales de la PTAR Rosario Norte en el periodo 2011-2020.

En la figura 60 se pueden observar 10 trimestres en los que se obtuvieron valores que exceden el límite máximo establecido en la normatividad. Estos trimestres presentan valores entre 1,100 NMP/100 mL y 110,000 NMP/100 mL.

13) Planta de Tratamiento San Antonio del Mar

La planta de tratamiento San Antonio del Mar tiene una capacidad de 3 l/s y cuenta con un tratamiento secundario con aireación extendida. La capacidad de tratamiento se encuentra rebasada por la generación de aguas residuales. Se tiene contemplado un proyecto de ampliación de la planta para incrementar su capacidad de tratamiento.

Esta planta fue construida en 1987 y comenzó a operar hasta 1990 debido a considerables filtraciones en dos de las lagunas durante el periodo de prueba. Actualmente se encuentra operando

Se recuperaron informes del 2011 hasta el 2020 con la excepción del año 2014 y el primero segundo y tercer trimestre del 2018.

La figura 62 muestra un gran parecido a la 61 ya que a partir del segundo trimestre del 2016 es cuando se comienzan a ver variaciones que exceden los límites máximos establecidos en la normatividad. Los valores máximos registrados se reportan en el último trimestre del 2016 con valores de 1720 mg/L, este valor es el mas alto registrado de todas las plantas.

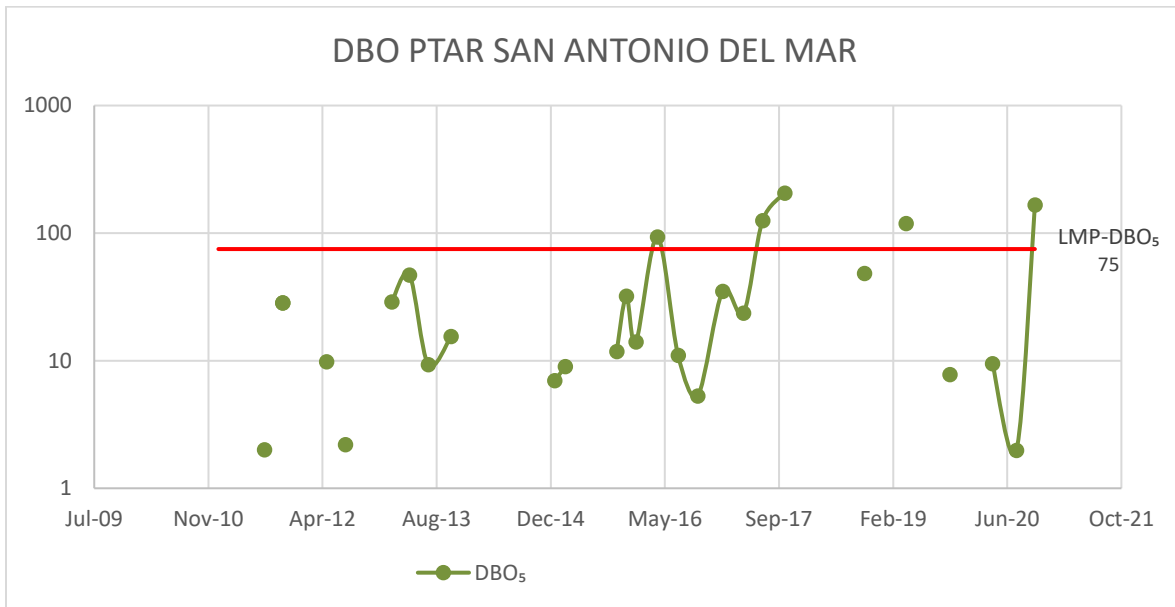


Figura 63 Concentraciones de DBO de la PTAR San Antonio del Mar en el periodo 2011-2020.

En la figura 63 se pueden observar que en 5 trimestres los valores de DBO se encuentran por arriba del límite máximo establecido en la normatividad. El valor máximo reportado de DBO es de 200 mg/L. En los últimos reportes registrados se muestra que las concentraciones van en aumento.

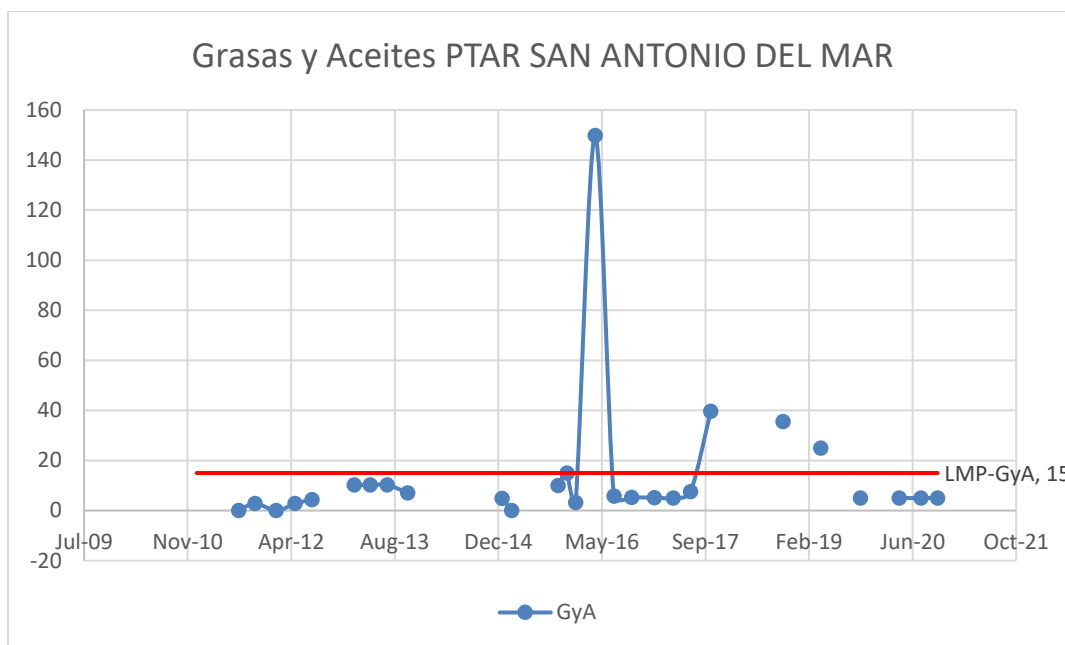


Figura 64 Concentraciones de Grasas grasas y Aceites aceites de la PTAR San Antonio del Mar en el periodo 2011-2020.

En la figura 64 se puede observar que, con la excepción de cuatro trimestres, los valores reportados se encuentran en su mayoría por debajo del límite máximo establecido en la normatividad. Los valores que exceden la normatividad van desde 24.9 mg/L hasta 149.8 mg/L.

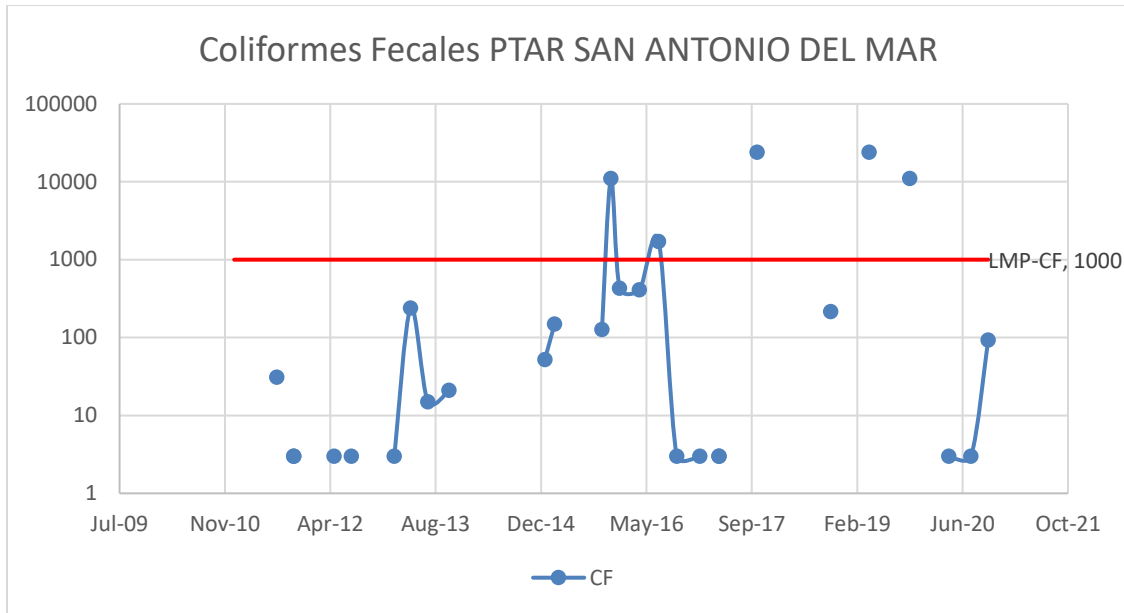


Figura 65 Concentraciones de coliformes fecales para la PTAR San Antonio del Mar en el periodo 2011-2020.

En la figura 65 se puede observar que, en su mayoría, la planta se encuentra en cumplimiento con la normatividad, con la excepción de cinco trimestres. Estos presentan valores de 1,719.4 NMP/100 mL hasta 24,000 NMP/100 mL. Los trimestres que se encuentran en cumplimiento con la normatividad presentan valores mínimos de 3 NMP/100 mL y 430 NMP/100 mL.

14) Planta de Tratamiento San Antonio de los Buenos

La planta de San Antonio de Los Buenos, también conocida como Punta Banderas, tiene una capacidad de tratamiento de 1,100 l/s. Es una planta de tratamiento secundario con lagunas de oxidación. Actualmente se encuentra fuera de operación y existen condiciones anóxicas.

Se construyó en 1985 y comenzó a operar en 1987, es la planta de tratamiento más antigua en Tijuana.

Se recuperaron registros del 2011 al 2020 con la excepción del año 2014.

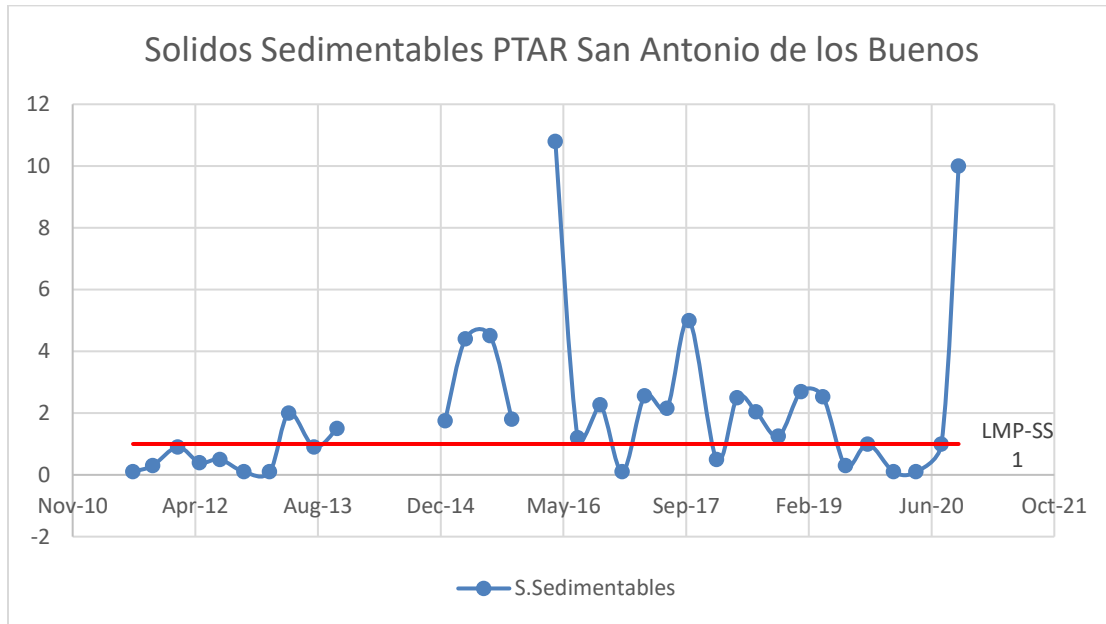


Figura 66 Concentraciones de SS de la PTAR San Antonio de los Buenos para el periodo de 2011-2020

En la figura 66 las concentraciones de SS se encuentran en su mayoría por encima de los límites máximos establecidos en la normatividad. A partir del primer semestre del 2013 las concentraciones comenzaron a subir. En los últimos años han alcanzado valores de 10 mg/L.

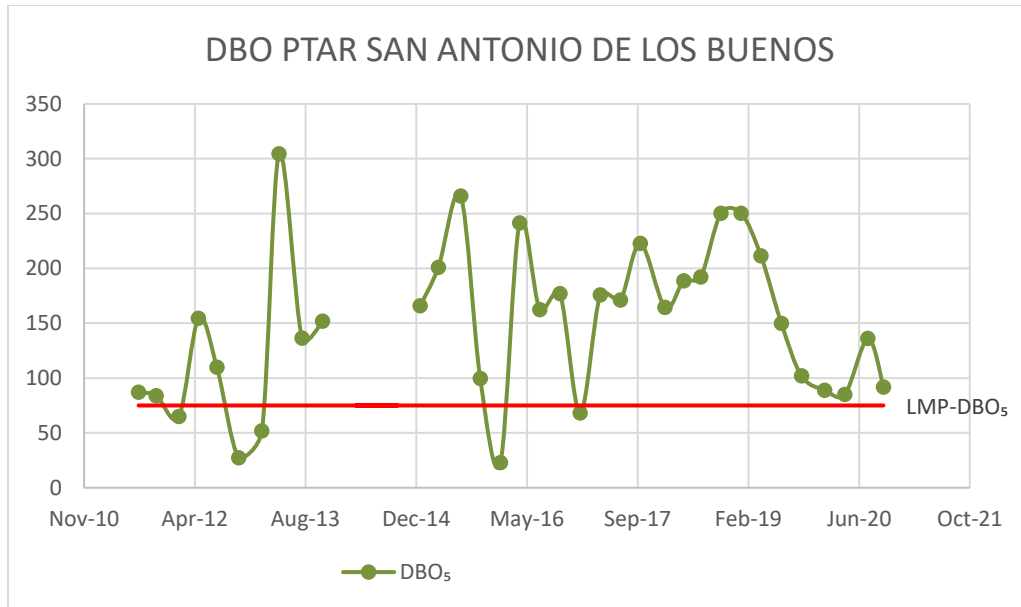
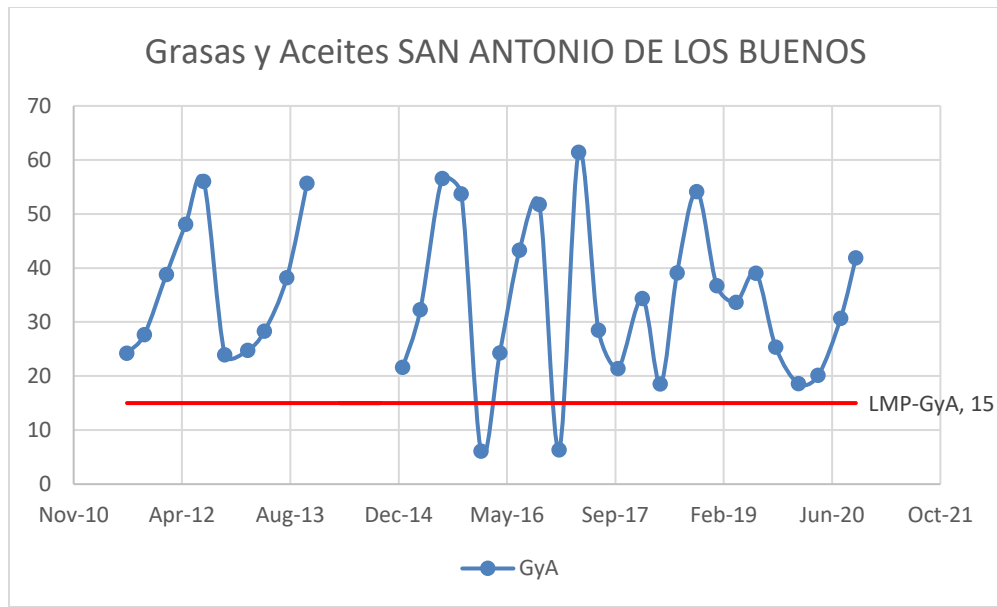


Figura 68 Concentraciones de DBO de la PTAR San Antonio de los Buenos en el periodo 2011-2020.

En la figura 68 se puede observar que los valores de DBO en su mayoría exceden los límites máximos establecidos en la normatividad. La DBO presenta valores mínimos de 23 mg/L y máximos de 304.5 mg/L. Cabe mencionar que solo en 5 trimestres de los años analizados se cumplió con la normatividad.



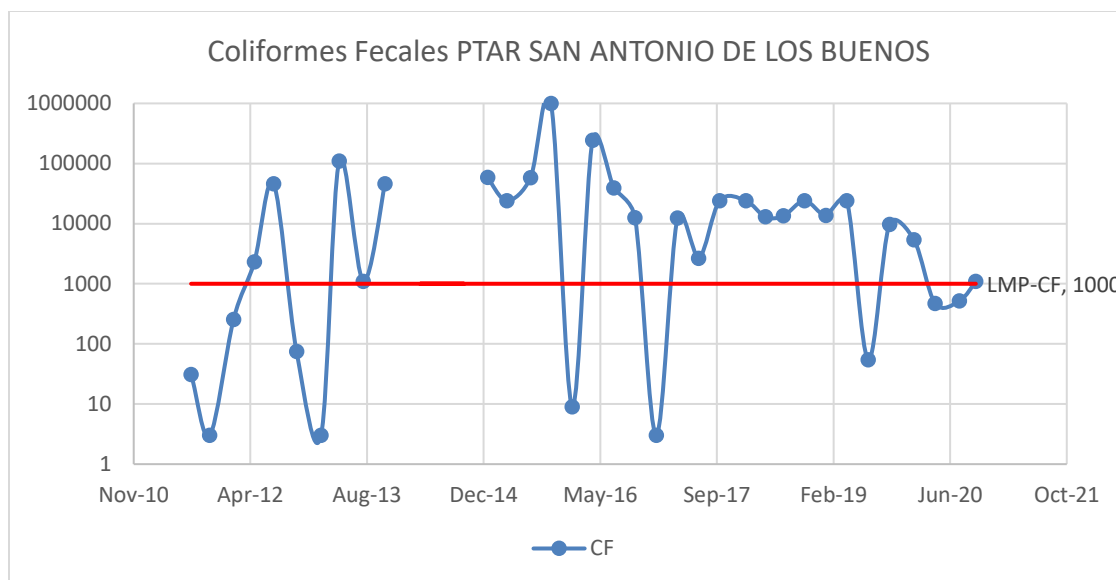


Figura 70 Concentraciones de Coliformes coliformes Fecales fecales de la PTAR San Antonio de los Buenos en el periodo 2011-2020.

En la figura 70 se puede observar, al igual que en las figuras 40 y 41, que esta planta en la mayoría de los trimestres no cumple con lo establecido en la normatividad: presenta valores mínimos de 3 NMP/100 mL y máximos de 997,000 NMP/100 mL. Cabe mencionar que son los valores más altos reportados para coliformes fecales de todas las plantas analizadas.

15) Planta de Tratamiento Santa Fe

Esta planta tiene la capacidad de tratar 20 l/s Fue construida por la desarrolladora Grupo URBI, S.A. de C.V en el 2002 y comenzó a operarse en el 2004.

Al igual que la PTAR Arturo Herrera y PTAR La Morita, esta planta formó parte del Proyecto Morado.

Se obtuvieron datos del 2011 al 2020, con excepción del año 2014 y un reporte trimestral del 2015, 2018 y 2019.

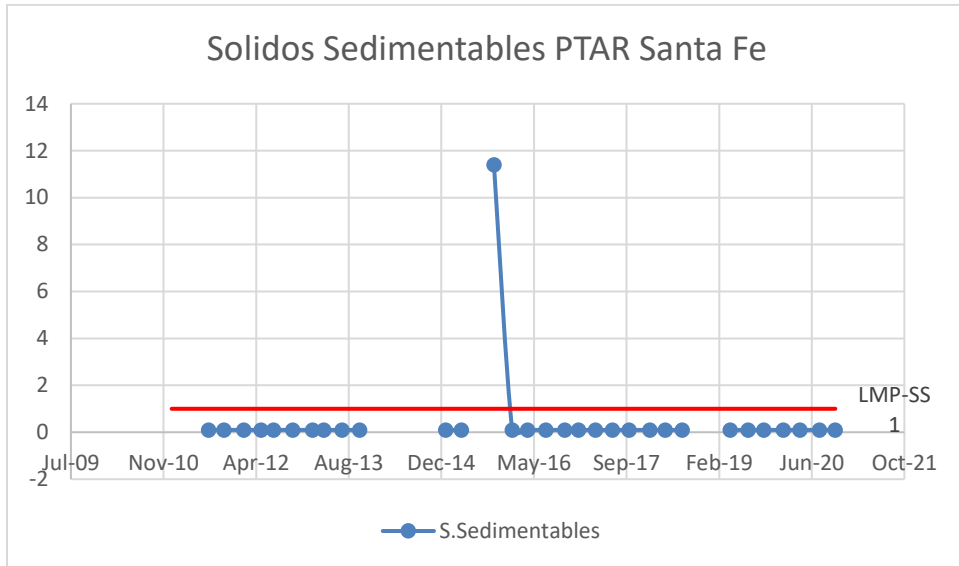


Figura 71 Concentraciones de SS en la PTAR Santa Fe en el periodo 2011-2020

En la figura 71 resalta el registro del cuarto trimestre del 2015 en el que se reportó una concentración de 11 mg/L. Este es un caso aislado ya que en ningún otro trimestre del periodo analizado las concentraciones sobrepasan lo establecido en la normatividad. El valor que permanece constante a lo largo del periodo analizado es de 0.1 mg/L.

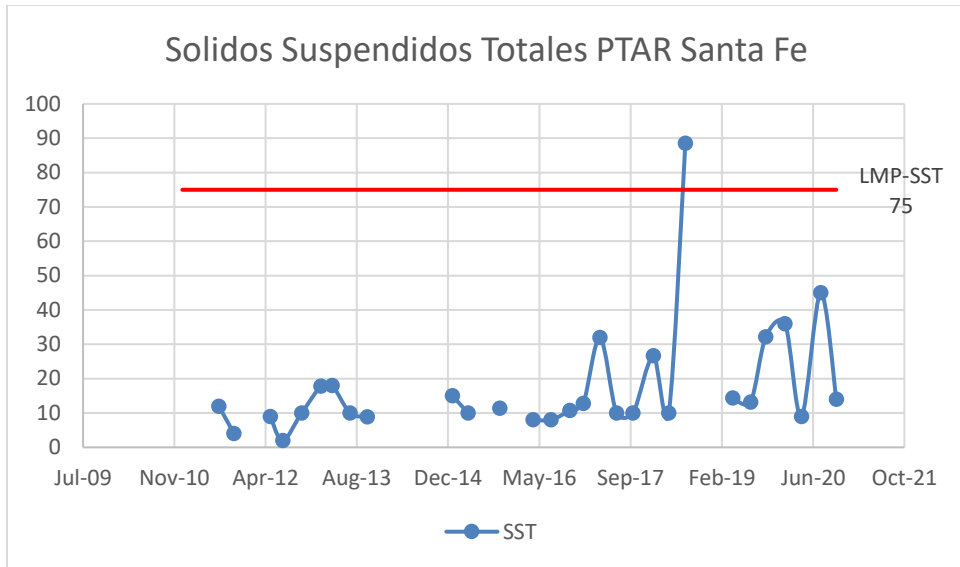


Figura 72 Concentraciones de SST de la PTAR Santa Fe en el periodo 2011-2020

En el caso de lo SST el trimestre que reporto un valor de 88.56 mg/L que sobre pasa los límites establecidos en la normatividad es el tercer trimestre del 2018. Con la excepción de este trimestre las concentraciones permanecen constantes con valores que van de 2 mg/L hasta 45 mg/L.

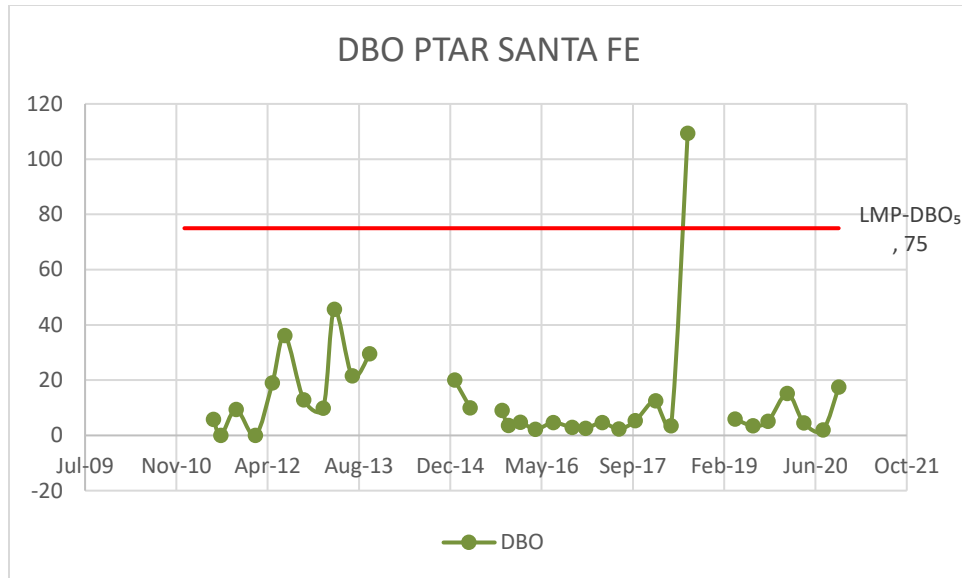


Figura 73 Concentraciones de DBO de la PTAR Santa Fe en el periodo 2011-2020.

En la figura 73 se observa que la DBO se encuentra en cumplimiento con la normatividad, con la excepción del tercer trimestre del 2018 en donde registro un valor de 109 mg/L. Cabe mencionar que en los últimos dos años registrados los valores se han mantenido constantes cumpliendo con la normatividad.

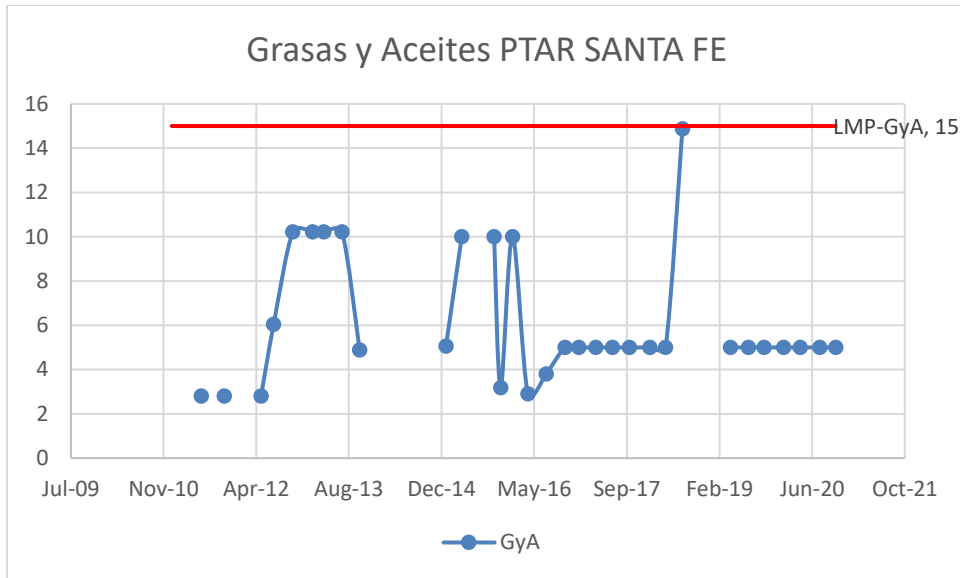


Figura 74 Concentraciones de grasas y aceites de la PTAR Santa Fe en el periodo 2011-2020.

En la figura 74 se puede observar que la planta se encuentra en cumplimiento con la normatividad en lo que corresponde a grasas y aceites. Se reportaron valores mínimos de 2.8 mg/L y máximos de 15 mg/L.

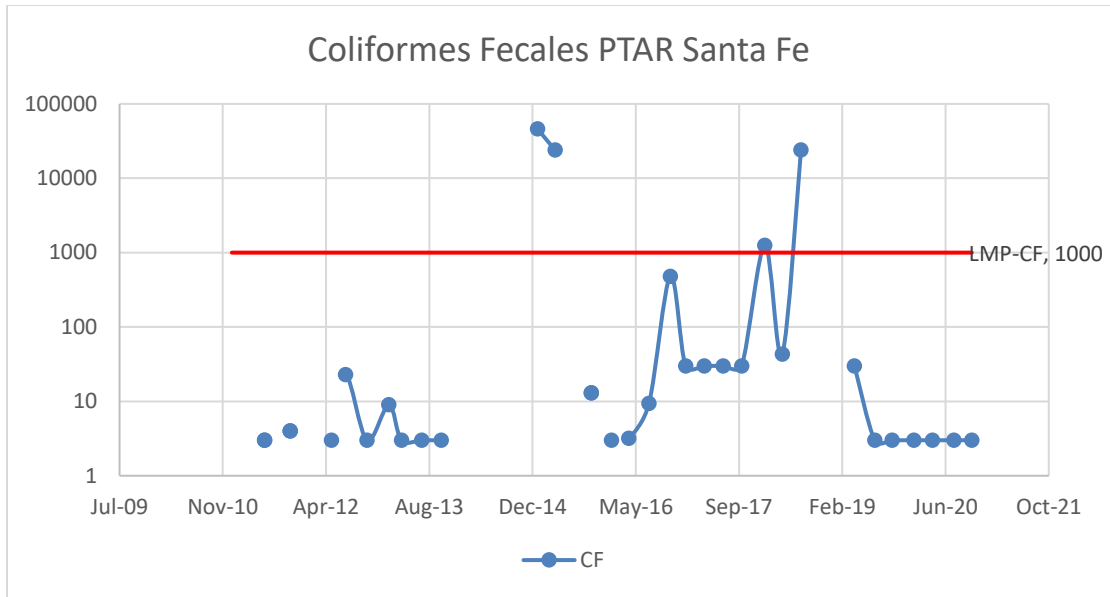


Figura 75 Concentraciones de coliformes fecales para la PTAR Santa Fe en el periodo 2011-2020.

En el grafico 75 se puede observar que solo cuatro trimestres no cumplieron con lo establecido con la normatividad. Estos trimestres presentaron valores de 1,260 NMP/100mL hasta 46,000NMP/100mL.

16) Planta de Tratamiento Villas del Prado

Esta planta tiene una capacidad de 52 l/s. Las aguas residuales reciben un tratamiento secundario con aireación extendida de lodos activados y las descargas se realizan al cauce del arroyo del Ejido Mazatlán para converger al Arroyo Huahuatay.

Se recuperaron informes de los años 2011 a 2020 con la excepción del año 2014 y primer, segundo y tercer trimestre del 2018.

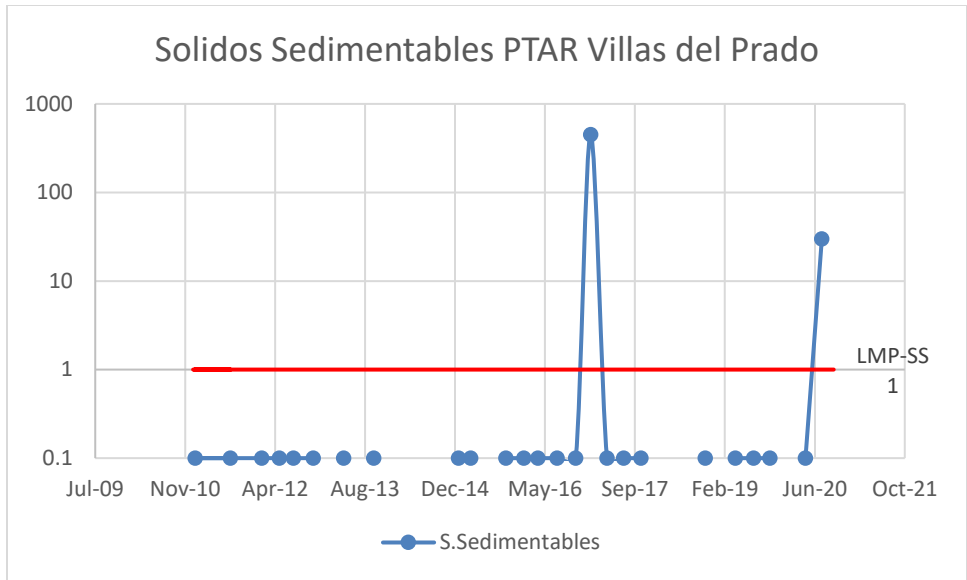


Figura 76 Concentraciones de SS para la PTAR Villas del Prado en el periodo 2011-2020

En la figura 76 se pueden observar dos máximos que corresponden al primer trimestre del 2017 y 2020. Estos reportaron valores de 450 mg/L y 30 mg/L respectivamente. En todos los demás trimestres el valor fue de 0.1 mg/L.

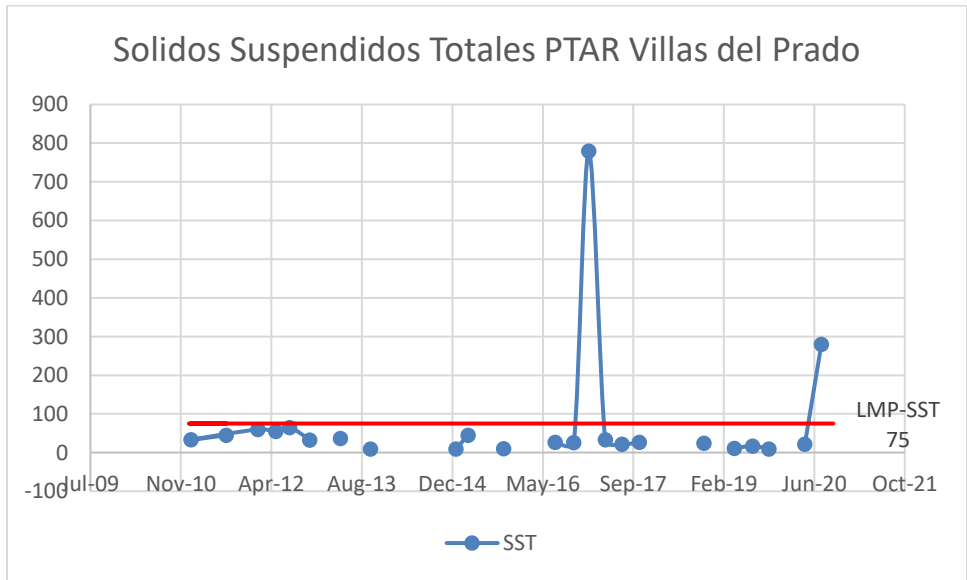
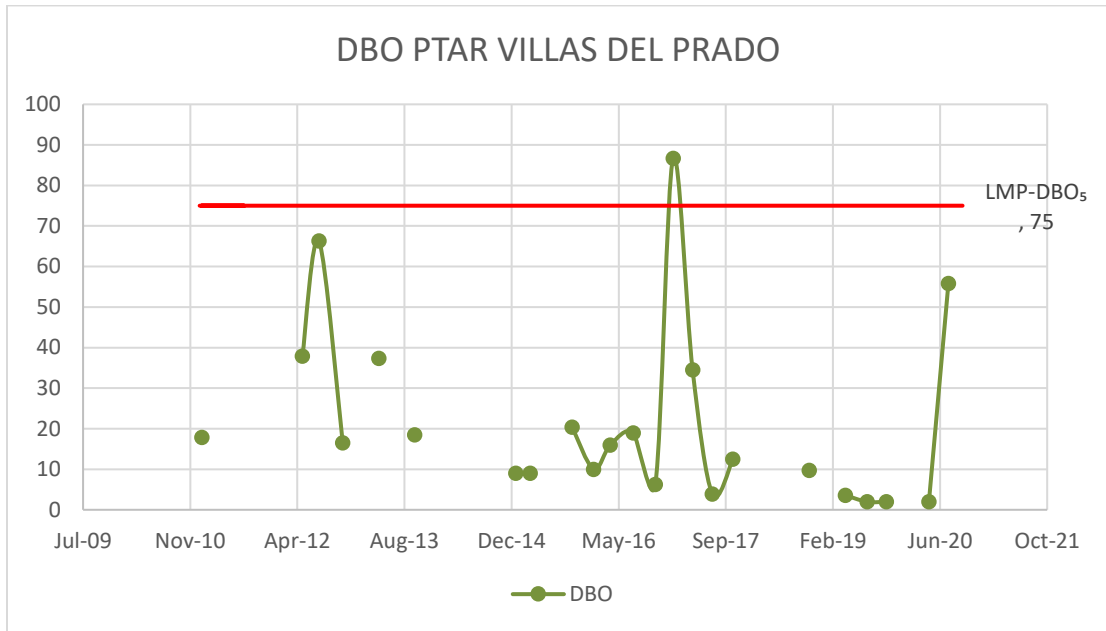


Figura 77 Concentraciones de SST en la PTAR Villas del Prado en el periodo 2011-2020

En la figura 77 se puede observar un comportamiento semejante al de la figura 76, de nuevo los trimestres que presentan valores fuera de la norma son el tercero del 2017 y 2020. Reportaron valores de 780mg/L y 280 mg/L respectivamente



78 Concentraciones de DBO de la PTAR Villas del Prado en el periodo 2011-2020.

En la figura 76 se puede observar que para el DBO solo un trimestre en el 2017 no cumplió con la normatividad. Este valor es de 86.7 mg/L. Para todos los demás trimestres se reportaron valores que van de 1.98 mg/L hasta 66.3 mg/L.

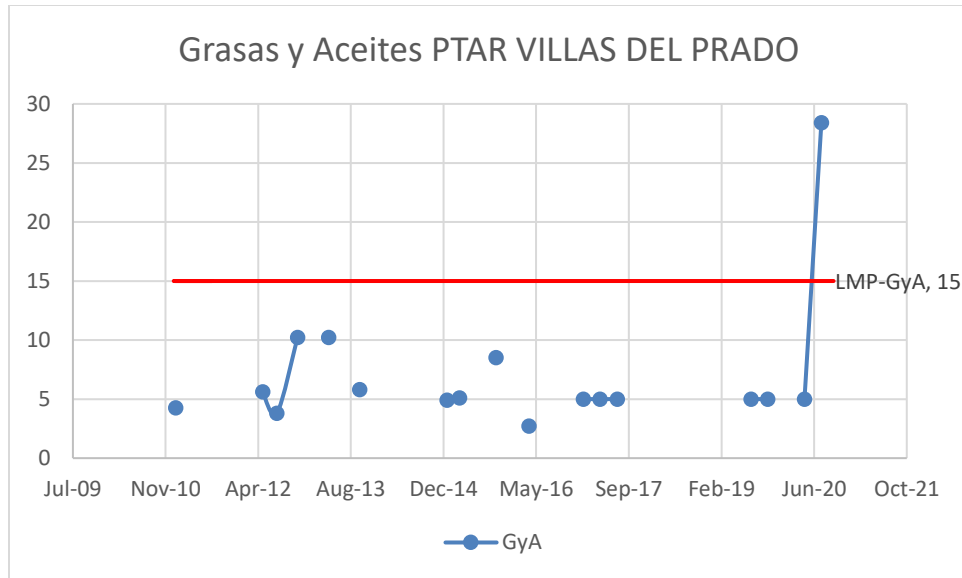


Figura 79 Concentraciones de grasas y aceites de la PTAR Villas del Prado en el periodo 2011-2020.

En la figura 79 se observa que, con excepción del tercer trimestre del 2020 al cual corresponde el valor de 28.4 mg/L, esta planta cumple con lo establecido en la normatividad. Los valores que se encuentran dentro de la normatividad van de 2.7 mg/L hasta 10.22 mg/L.

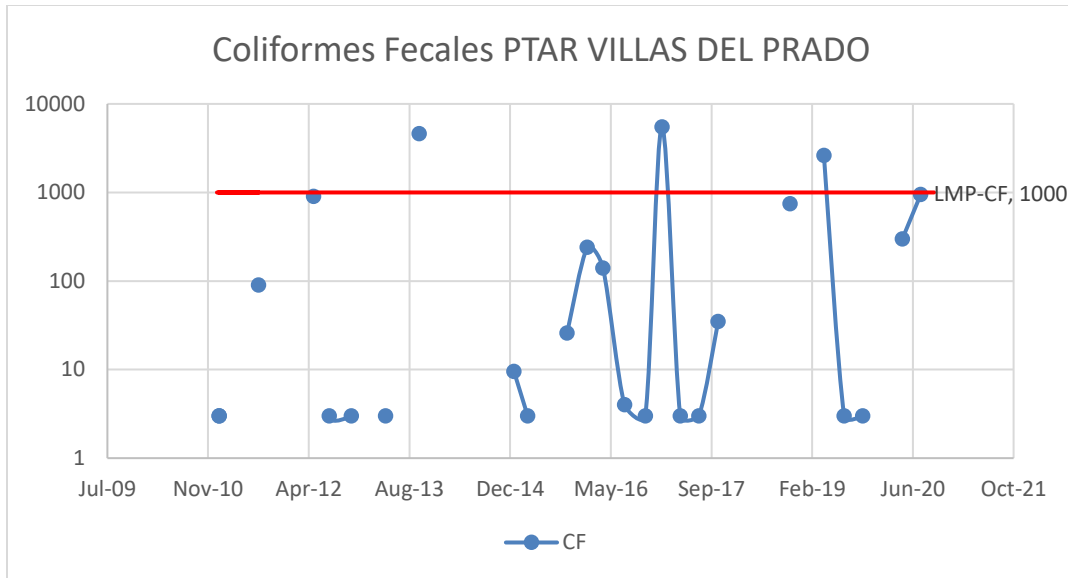


Figura 80 Concentraciones de coliformes fecales de la PTAR Villas del Prado en el periodo 2011-2020,

En la figura 80 se puede observar que, en su gran mayoría, la planta cumple con los límites establecidos en la norma. Las excepciones corresponden al cuarto trimestre del 2013 con un valor de 4,600 NMP/100 mL, el primer semestre del 2017 con un valor de 5,503 NMP/100 mL y el segundo trimestre del 2019 con un valor de 2,626 NMP/100 mL.

17) Planta de Tratamiento Valle San Pedro

Esta planta tiene una capacidad de 67 litros por segundo. Las aguas reciben un tratamiento secundario con un sistema de zanjas de oxidación. Funciona de manera intermitente ya que la generación de aguas residuales no es suficiente para una operación continua, actualmente la planta carece de centrifuga para extraer lodos de la misma. La descarga de las aguas residuales tratadas las realiza a cauce del arroyo Las Palmas.

Se construyó en el año 2007 y comenzó a operarse en el 2008.

Se recuperaron informes de los años 2013 al 2020 con la excepción del año 2014 y el tercer trimestre del 2015.

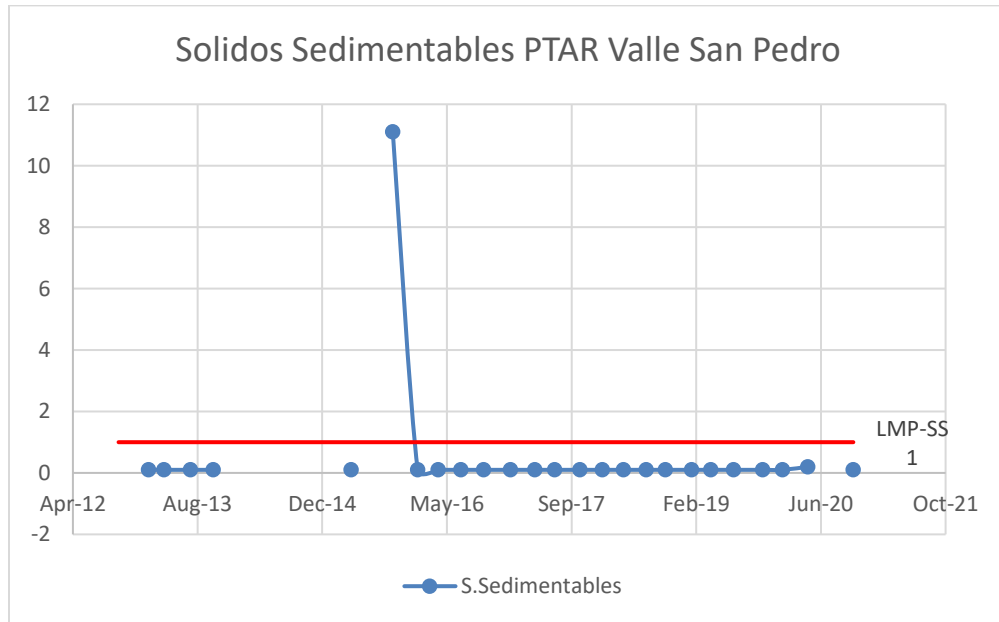


Figura 81 Concentraciones de SS de la PTAR Valle San Pedro para el periodo 2011-2020

En la figura 81 se puede observar un máximo aislado que corresponde al último trimestre del 2015 con un valor de 11.1 mg/L. El resto de los trimestres reportan valores de 0.1 mg/L.

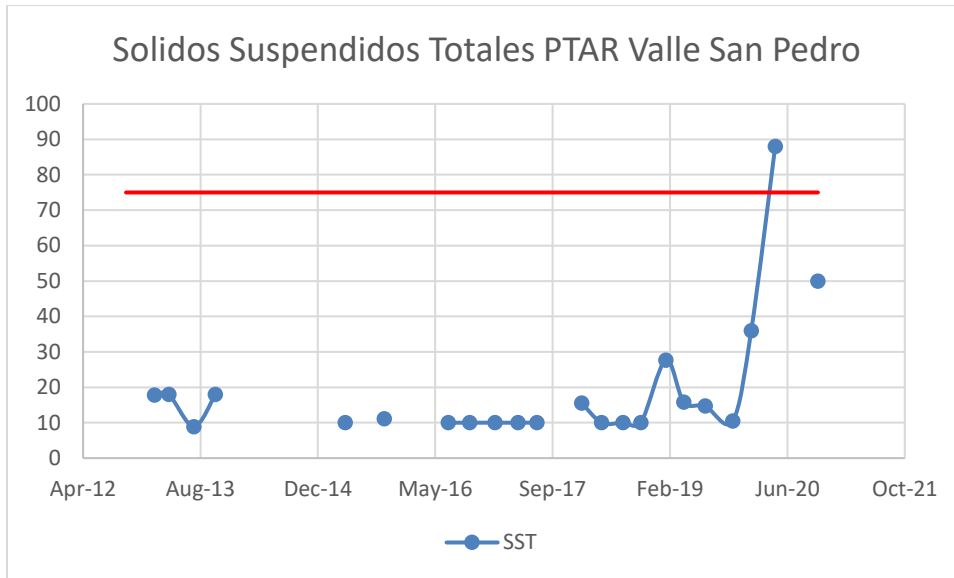


Figura 82 Concentraciones de SST de la PTAR Valle San Pedro en el periodo 2011-2020

Para los SST la figura 82 muestra un valor máximo de 88 mg/L en el segundo trimestre del 2020. Los trimestres anteriores reportan valores dentro de los límites establecidos en la normatividad que van de 10 mg/L hasta 50 mg/L.

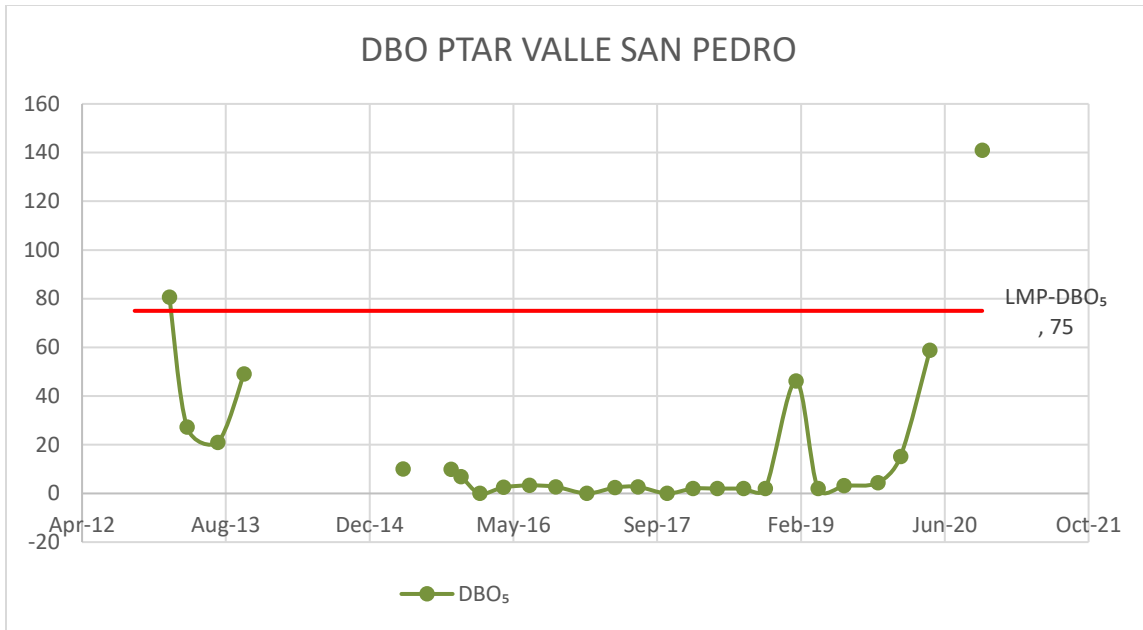


Figura 83 Concentraciones de DBO de la PTAR Valle San Pedro en el periodo 2012-2020

En la figura 83 se puede observar dos trimestres no cumplen con los límites máximos establecidos en la normatividad. Estos corresponden al primer semestre del 2013, con un valor de 81.71 mg/L, y el cuarto trimestre del 2020, con un valor de 141 mg/L.

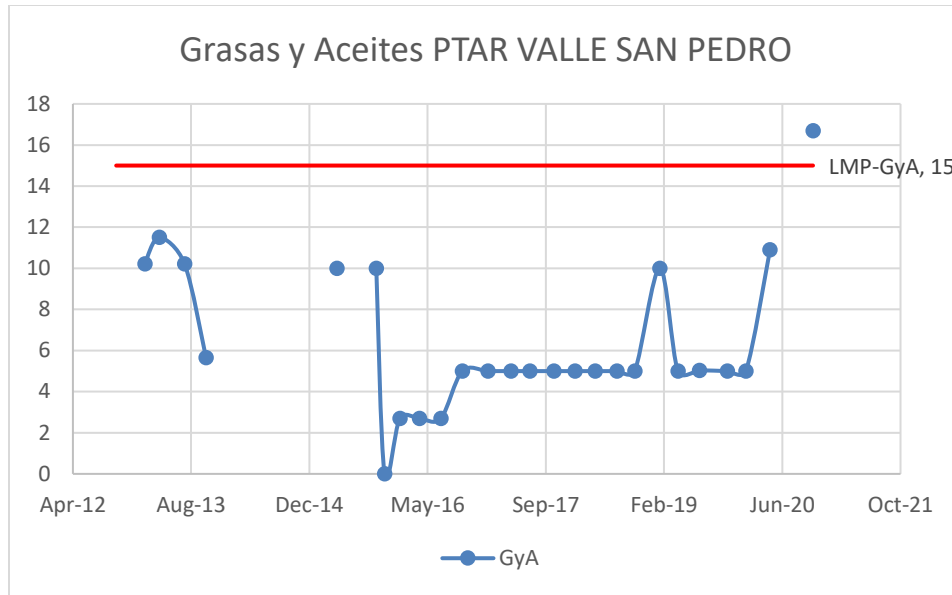


Figura 84 Concentraciones de grasas y aceites de la PTAR San Pedro en el periodo 2012-2020.

En la figura 84 se puede observar que, con excepción del último trimestre del 2020, la planta cumple con lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Este trimestre reporta un valor de 16.7 mg/L.

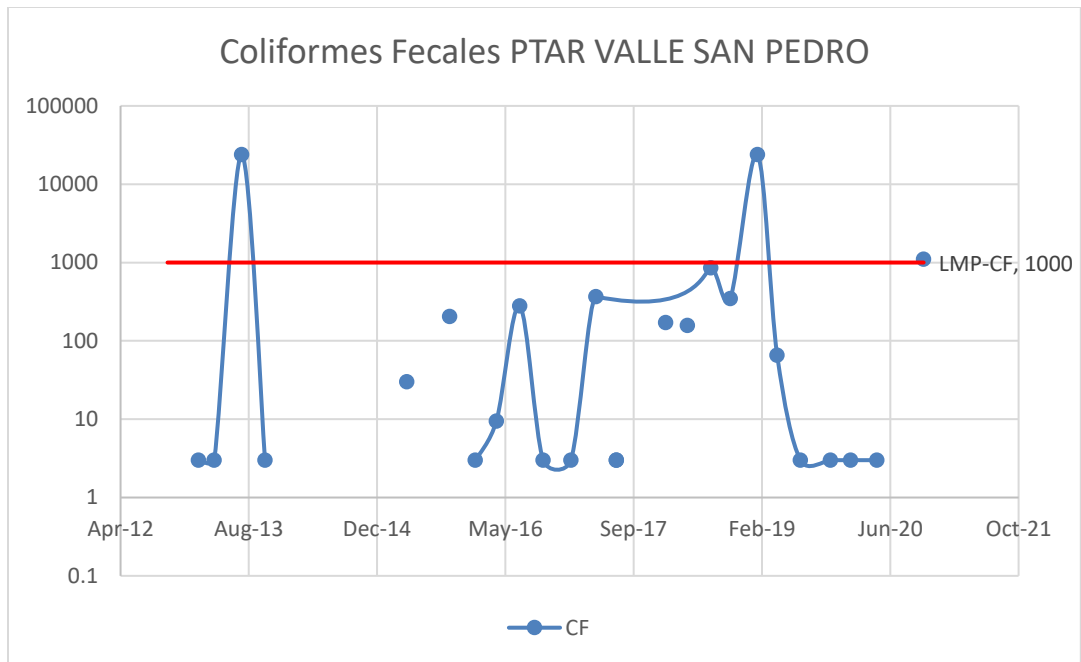


Figura 85 Concentraciones de coliformes fecales en la PTAR Valle San Pedro en el periodo 2012-2020

En la figura 85 se pueden observar los valores de los reportes trimestrales de coliformes fecales. Los trimestres que reportan valores que exceden lo establecido en la normatividad son el tercer trimestre del 2013, con un valor de 24,000 NMP/100 mL y el primer trimestre del 2019, con un valor de 24,000 NMP/100 mL.

8.2 Límites máximos permisibles para metales pesados

A continuación, se muestran las concentraciones de los metales pesados para las 17 plantas analizadas

1) Arsénico

En la figura 86 se puede observar que, a pesar de presentar variaciones en los valores, en ninguna de las plantas las concentraciones reportadas exceden los 0.2mg/L, el máximo permisible establecido en la normatividad.

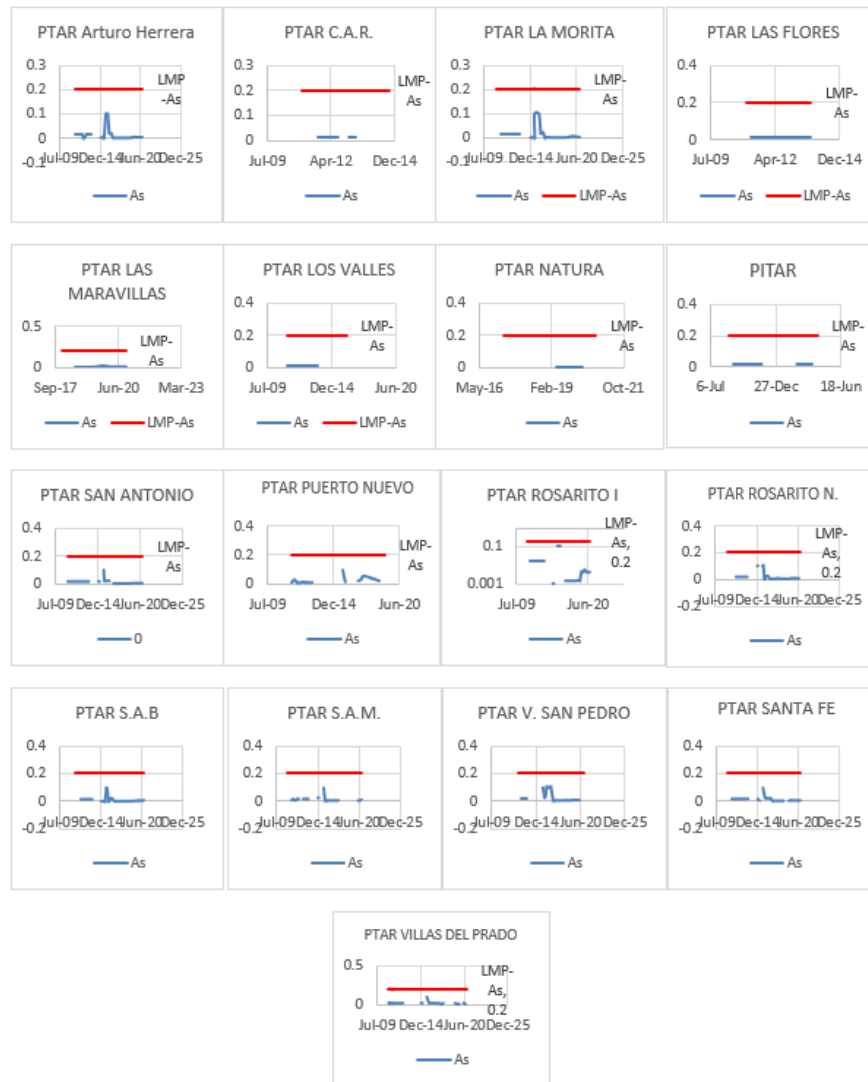


Figura 86 Concentraciones de Arsénico para las PTAR analizadas.

2) Cadmio

En la Figura 87 se puede observar que en ninguna de las plantas analizadas se excede el límite máximo permisible de 0.25mg/L establecido en la normatividad. Los valores tienden a estar muy por debajo del límite máximo.

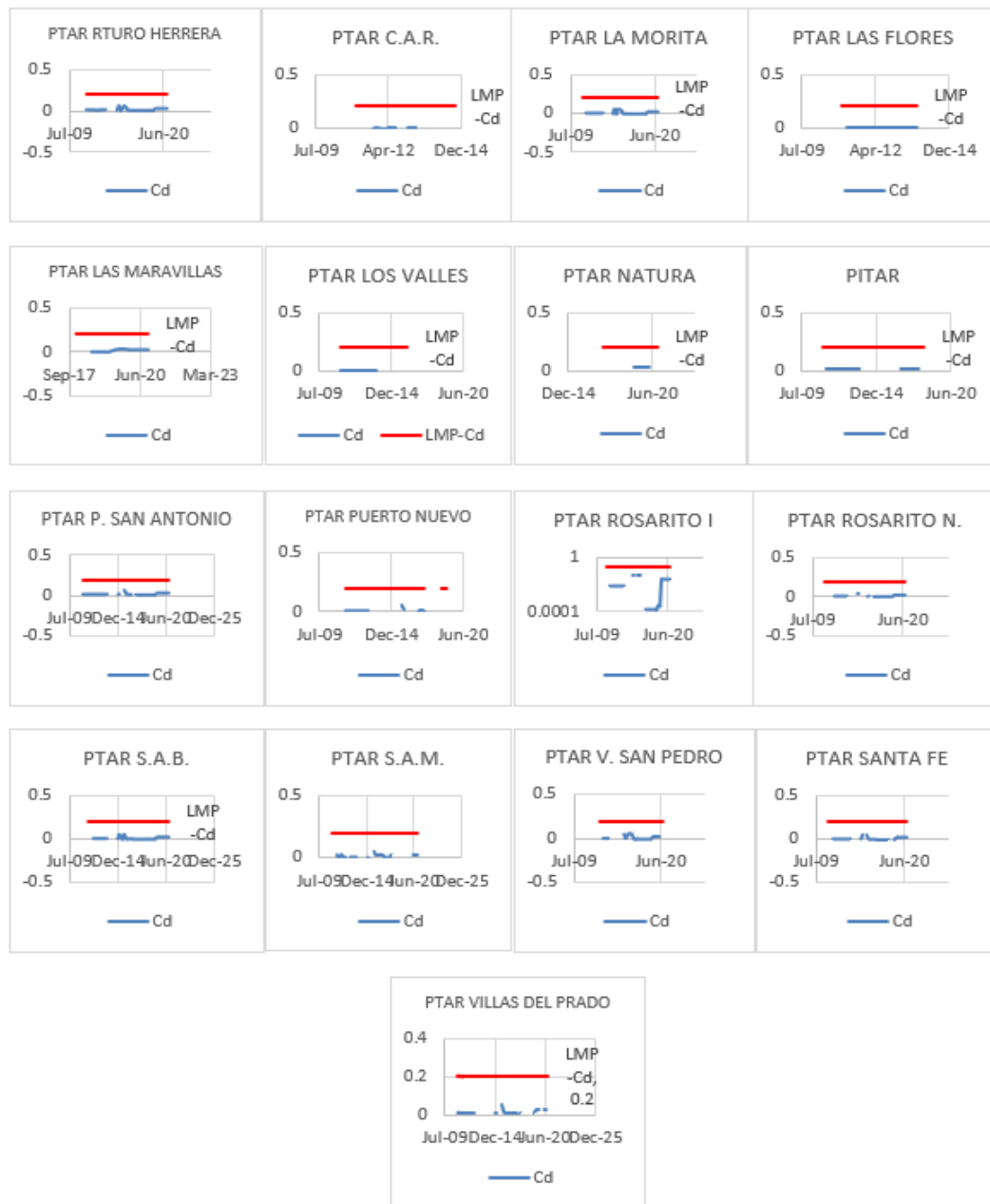


Figura 87 Concentraciones de Cadmio para las PTAR analizadas.

3) Cianuros Totales

En la figura 88 se puede observar que en ninguna de las PTAR analizadas se excede el límite máximo de 2 mg/L establecido en la normatividad. En algunos casos como en PTAR Rosarito I, Rosarito Norte, San Antonio de los Buenos y San Antonio del mar fue necesario escalar el eje vertical para poder tener una mejor apreciación de los valores mínimos.

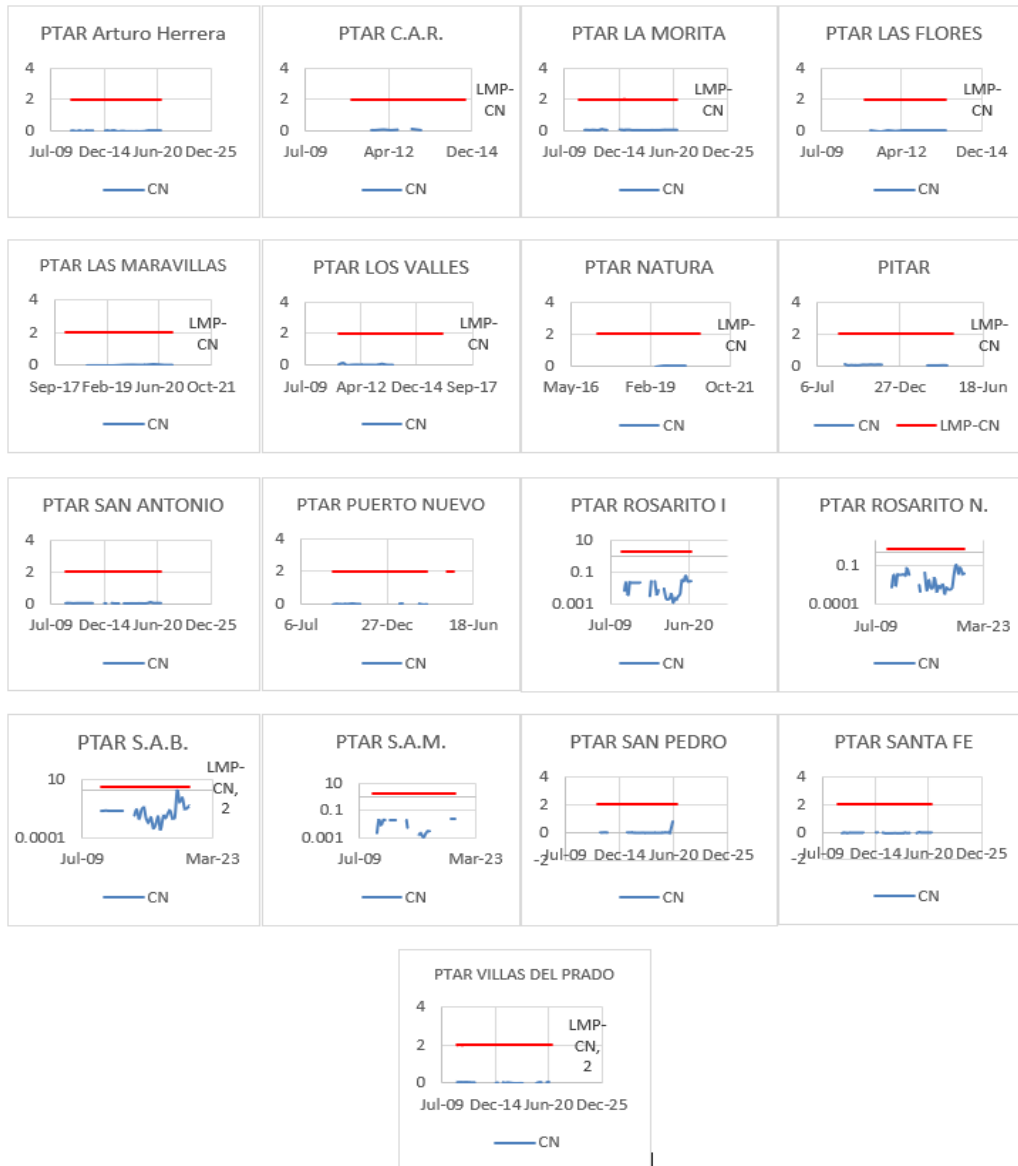


Figura 88 Concentraciones de Cianuros Totales para las PTAR analizadas.

4) Cobre

En la figura 89 se puede observar que en ninguna de las PTAR analizadas se excede el límite máximo de 4 mg/L establecido en la normatividad. En algunos casos como en PTAR Rosarito 1, Rosarito Norte, Valle San Pedro y Villas del Prado fue necesario escalar el eje vertical para poder tener una mejor apreciación de los valores mínimos.

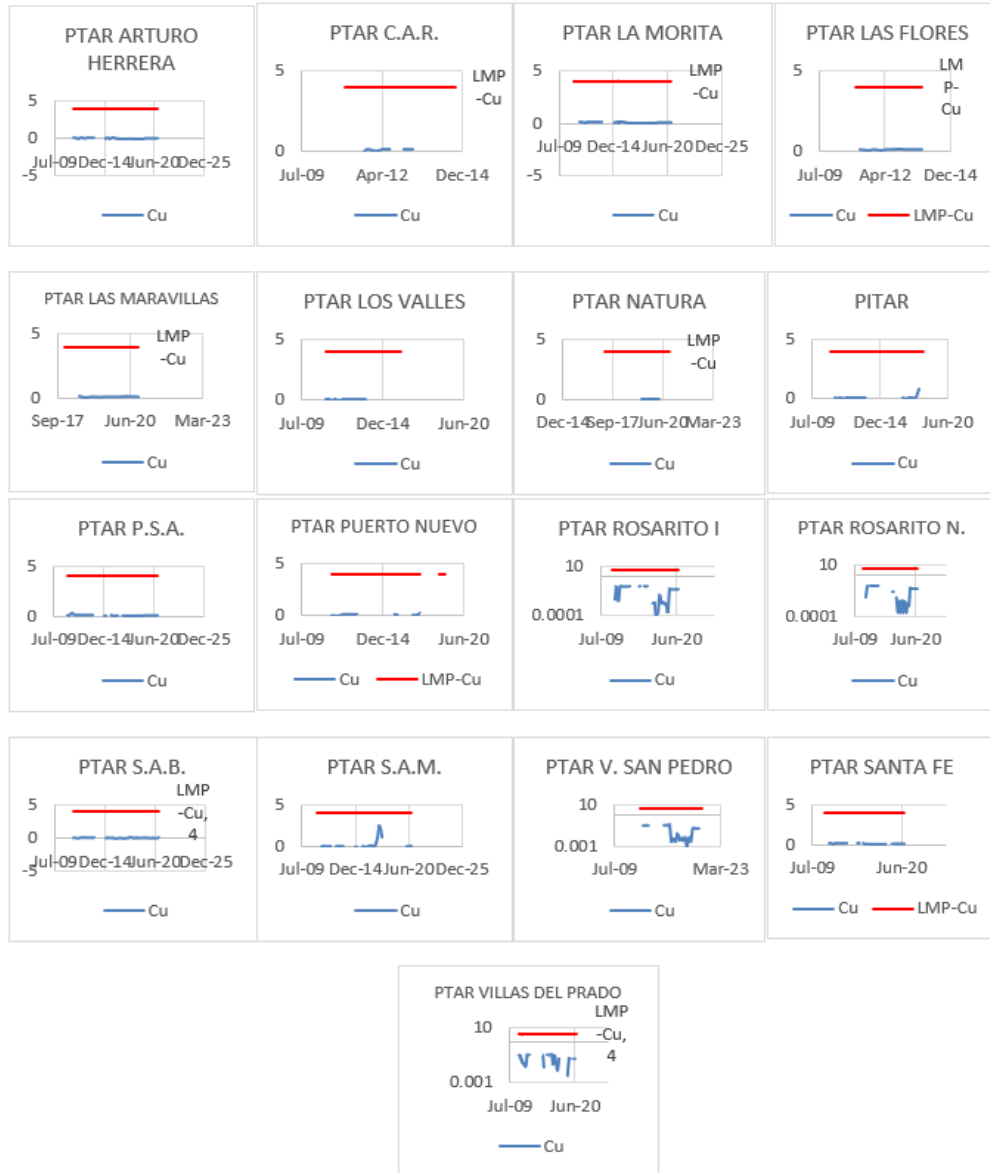


Figura 89 Concentraciones de Cobre para las PTAR analizadas.

5) Cromo

En la figura 90 se puede observar que en ninguna de las PTAR analizadas se excede el límite máximo de 1 mg/L establecido en la normatividad. En algunos casos como en PTAR Rosarito 1 fue necesario escalar el eje vertical para poder tener una mejor apreciación de los valores mínimos.

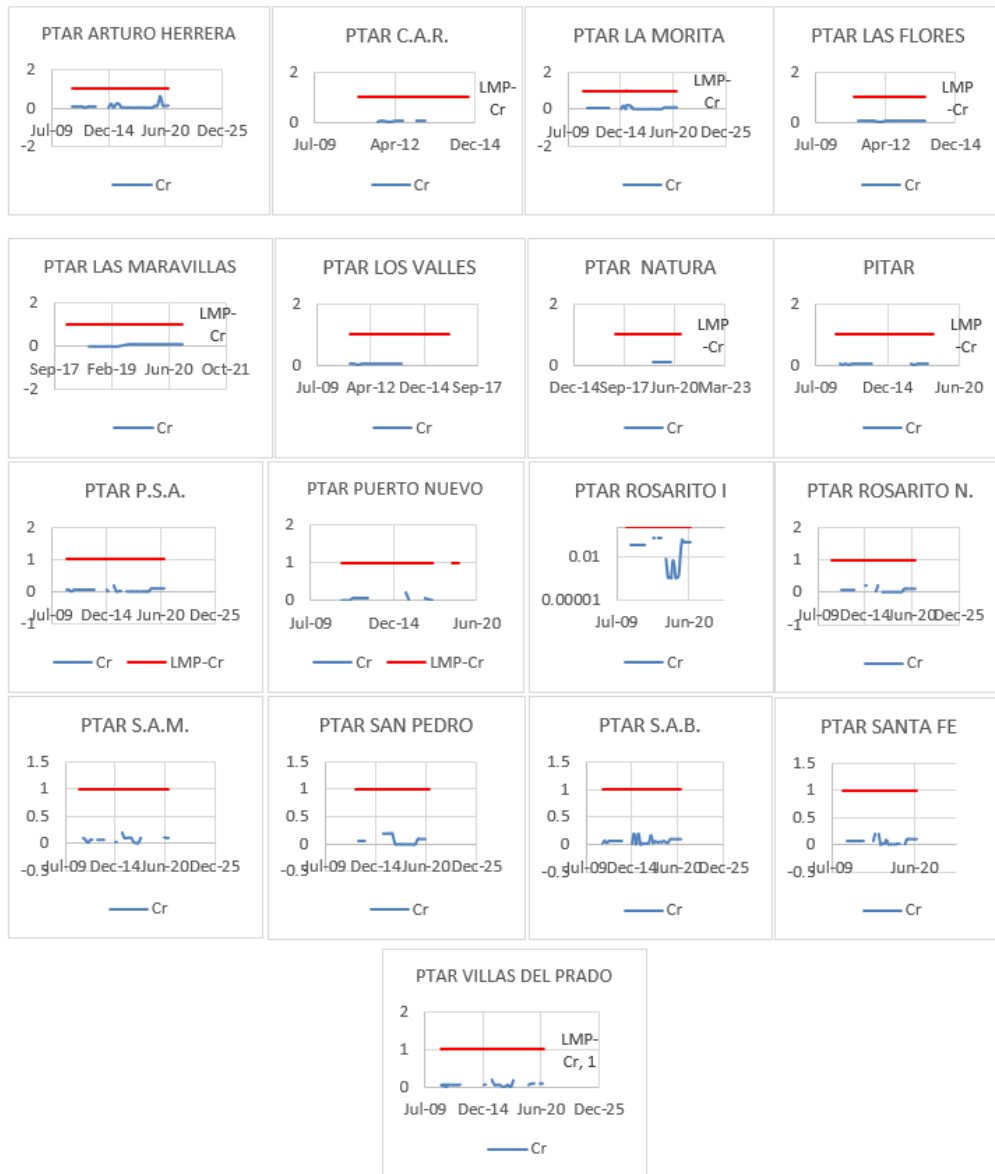


Figura 90 Concentraciones de Cromo para las PTAR analizadas.

6) Mercurio

En la figura 91 se puede observar que solo en la PTAR Arturo Herrera se excede el límite máximo de 0.01 mg/L establecido en la normatividad. Este valor corresponde al tercer trimestre del 2016 y tiene un valor de 0.0122 mg/L. Debido a que este valor representa un pico anormal se puede deber a que esta planta recibe aguas del Parque Industrial El Florido, Parque Industrial El Florido I y Parque Industrial El Florido II.

En algunos casos como en PTAR Rosarito 1 y Rosarito Norte fue necesario escalar el eje vertical para poder tener una mejor apreciación de los valores mínimos.



Figura 91 Concentraciones de Mercurio para las PTAR analizadas.

7) Níquel

En la figura 58 se puede observar que en ninguna de las PTAR analizadas se excede el límite máximo de 2 mg/L establecido en la normatividad. En el caso de la PTAR Rosarito Norte fue necesario escalar el eje vertical para poder tener una mejor apreciación de los valores mínimos.

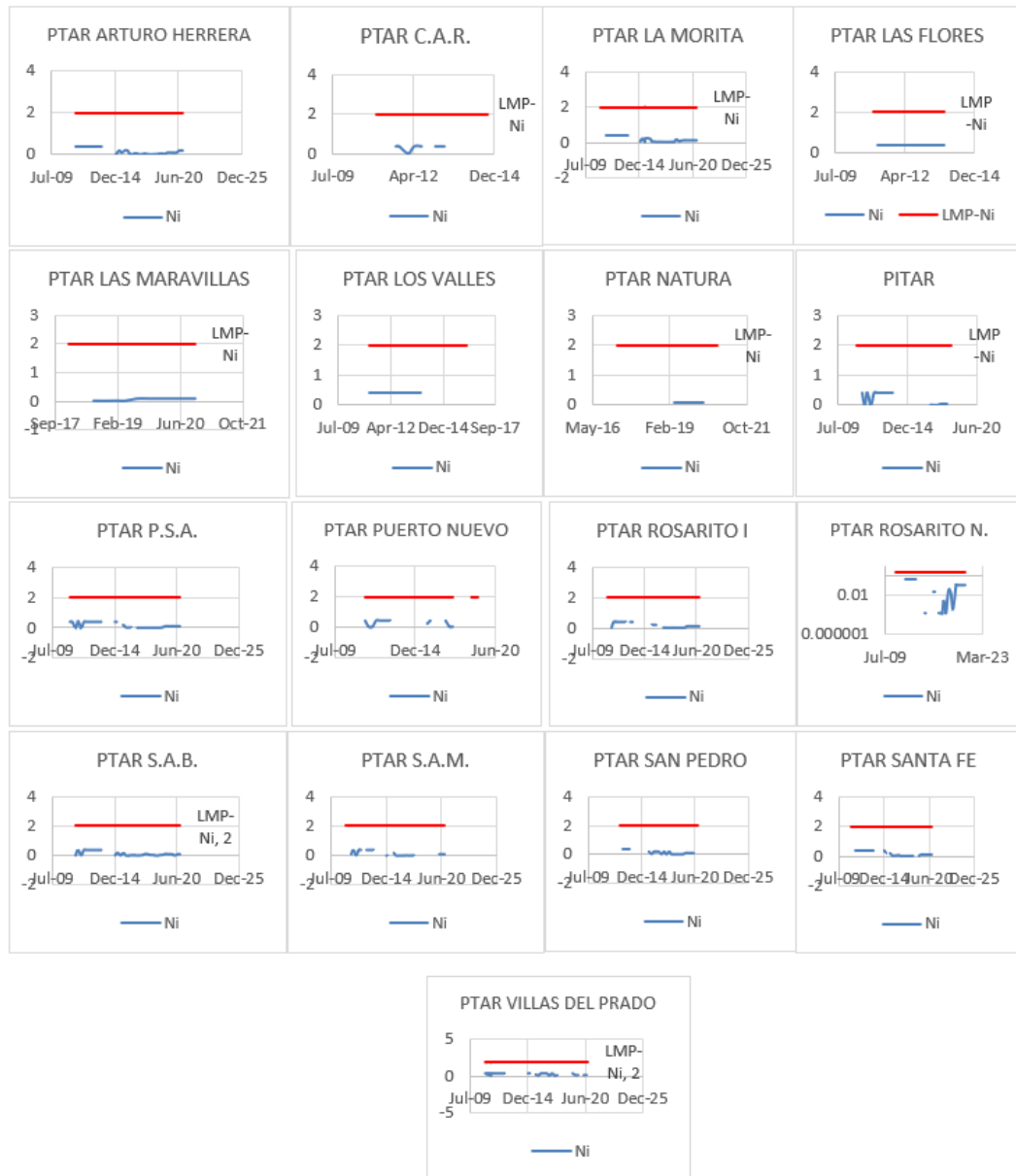


Figura 92 Concentraciones de Níquel para las PTAR analizadas.

8) Plomo

En la figura 93 se puede observar que solo en la PTAR Santa Fe se excede el límite máximo de 0.5 mg/L establecido en la normatividad. Este valor corresponde al cuarto trimestre del 2020 y tiene un valor de 0.886 mg/L. Debido a que este valor representa un pico anormal ya que esta PTAR recibe aguas del complejo habitacional antiguamente llamado URBI.

En el caso de la PTAR Rosarito Norte fue necesario escalar el eje vertical para poder tener una mejor apreciación de los valores mínimos.



Figura 93 Concentraciones de Plomo para las PTAR analizadas

9) Zinc

En la figura 94 se puede observar que en ninguna de las PTAR analizadas se excede el límite máximo de 10 mg/L establecido en la normatividad. En algunos casos como en PTAR Rosarito I y Villas del Prado fue necesario escalar el eje vertical para poder tener una mejor apreciación de los valores mínimos.

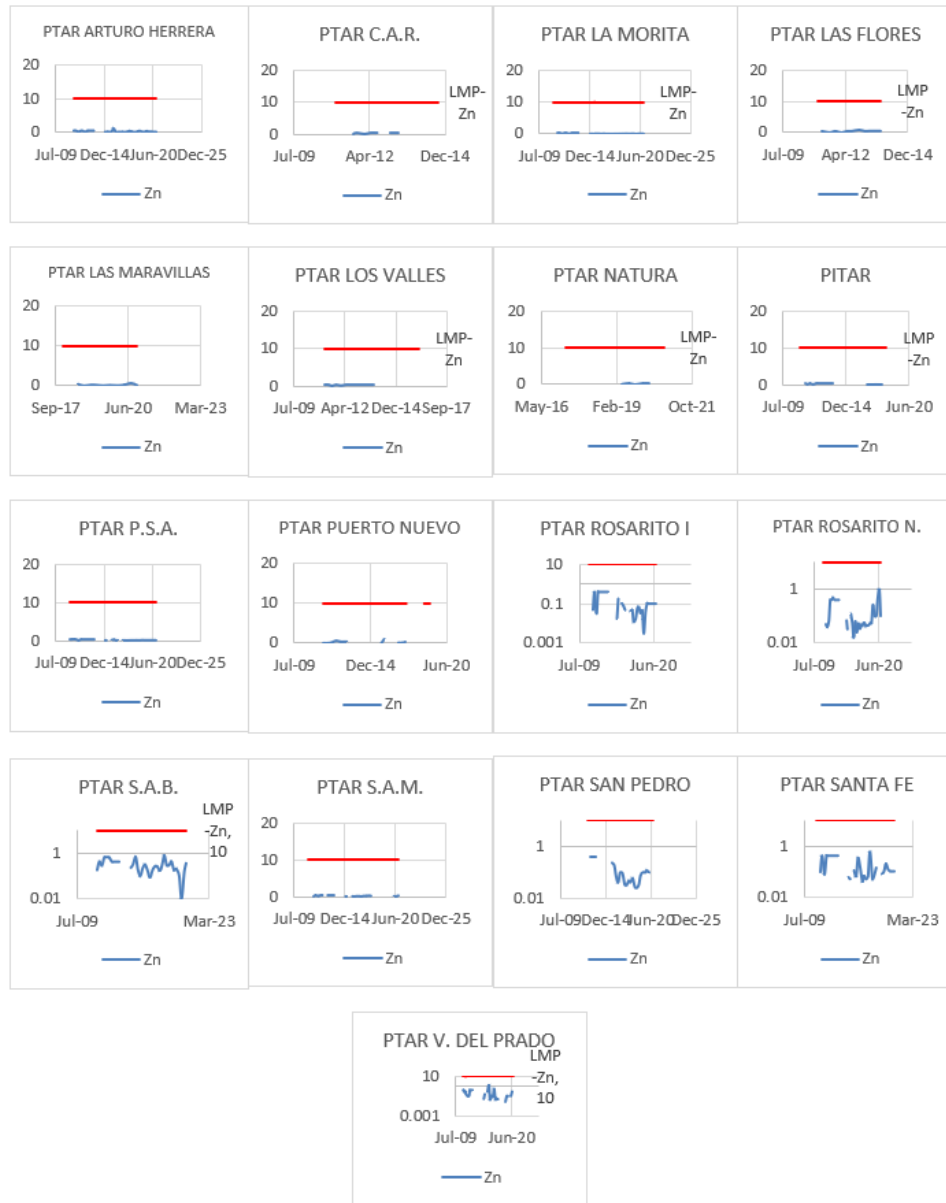


Figura 94 Concentraciones de Zinc para las PTAR analizadas.

9. Discusión

Tijuana y Playas de Rosarito tratan el 94% de las aguas residuales (COPLADE, 2020). Este es un porcentaje alto ya que, en el país, según lo reportado por CONAGUA en el 2017 se trata solo el 63% de las aguas residuales generadas por un total de 2,526 plantas en operación a lo largo del país (CONAGUA, 2018). Sin embargo, gran parte del agua tratada en Tijuana y Rosarito con respecto a los contaminantes básicos, no cumple con la normatividad (COPLADE, 2020).

Esto es evidente ya que los reportes de calidad de agua presentados en este estudio muestran plantas con valores que exceden lo establecido en la norma con respecto a los límites máximos permisibles de contaminantes básicos. Estas son: C.A.R., Hacienda las Flores, Las Maravillas, Los Valles, PITAR, San Antonio del Mar, San Antonio de los Buenos, Villas del Prado y Valle San Pedro lo que representa casi el 50% de las plantas que operan en los municipios de Tijuana y Playas de Rosarito.

En el caso de Las Flores, Los Valles y San Antonio de los Buenos continúan arrojando aguas negras a arroyos que desembocan en el mar debido a que se encuentran fuera de operación. Esto causa efectos nocivos a la salud y al ambiente como es el caso del Río Nuevo en Mexicali el cual lleva desde la década de los 50 manifestando problemas de contaminación. Actualmente es considerado una de las vías fluviales más contaminadas en los Estados Unidos que desemboca en el Mar de Salton. Este río lleva aguas provenientes de escorrentías agrícolas e industriales generadas en Mexicali, así como aguas altamente contaminadas (Amidon, 2018). La pestilencia que se desprende

del río puede provocar dolores de cabeza, así como lagrimeos, además, el tener contacto con estas aguas puede provocar erupciones en la piel o irritantes llagas (James, 2018).

Las descargas de aguas que terminan en el mar también pueden producir daños a los hábitats acuáticos y ecosistemas marinos, así también la pérdida de especies se ve marcada por estos efectos (Escobar, 2002).

En cuanto a los metales pesados incluidos en la norma, siendo Tijuana una ciudad de gran actividad industrial, solo se encontraron dos ocasiones en las que no se cumplió con la normatividad a lo largo del periodo analizado. Esto demuestra que la contaminación de aguas residuales por metales pesados no es de gravedad.

La primera se dio en la PTAR Arturo Herrera, en donde se excedieron los límites establecidos en la norma con respecto al mercurio. Como se mencionó anteriormente esto se pudo deber a que la planta trata aguas que provienen de parques industriales.

La segunda instancia en la que se encontró un valor que excedía lo establecido en la norma fue en la PTAR Santa Fe con respecto al plomo. Hay diferentes vías en las que el plomo puede llegar al agua entre ellas está el sector industrial y productos agrícolas (Alameida, 2019). Pero debido a que esta planta trata aguas que provienen de complejos residenciales es de suponer que esta anomalía se puede deber a un error analítico o a un caso aislado en el que se haya vertido algún desecho con alto contenido de plomo. Sin embargo, es necesario obtener mayor cantidad de datos para confirmar lo anterior.

Las deficiencias en el tratamiento de las aguas residuales de Tijuana y Playas de Rosarito deben ser atendidas a la brevedad posible por los impactos que se están generando al medio ambiente y a la salud.

La Comisión ha iniciado este proceso con la construcción de un colector costero el cual tiene la intención de eliminar las descargas al mar captando agua desde Tijuana hasta Ensenada para en su disposición final ser tratada. El colector es una tubería de gran tamaño que irá desde Tijuana hasta Ensenada por un costado de la carretera. Si esta obra es concretada traerá beneficios al corredor costero ya que eliminara aproximadamente 100 l/s de aguas negras provenientes de los 14 desarrollos habitacionales que se encuentran asentados en su camino (De León, 2020).

Esta obra es de suma importancia ya que contempla ser una solución para la constante queja por parte de los Estados Unidos hacia México al verse afectadas las playas de los condados de Imperial Beach y Coronado ante las descargas de agua residual al mar provenientes de Tijuana y Playas de Rosarito.

Otra descarga ligada a los reclamos por parte del vecino país es la de la planta San Antonio de los Buenos. Esta planta no funciona adecuadamente, pues las eficiencias de remoción están muy por debajo de lo esperado, ocasionando que descargue 1,100 l/s de aguas negras al mar.

Se han iniciado acciones para la rehabilitación de la planta. Actualmente el proyecto se encuentra en la fase de estudios. Se plantea la construcción de 3 módulos de 400 l/s con flexibilidad de ser implementados por etapas con un tipo de tratamiento

mediante Zanjias de Oxidación y se espera que dé inicio la construcción este año de acuerdo a Proyectos México (2020).

Estas iniciativas representan un gran avance, pero aún hay mucho por hacer. Las plantas anteriormente mencionadas que no se encuentran en cumplimiento con la normatividad requieren de mantenimiento y en algunos casos de nueva infraestructura.

Se propone realizar un programa en el que se evalúe la eficacia de cada PTAR que no cumple con la normatividad, aunado a la evaluación de su infraestructura utilizando la información generada en este trabajo para así, poder implementar planes que atiendan las necesidades específicas de cada una.

De igual forma, debido a los contratiempos experimentados durante la realización de este estudio, se resalta la importancia del libre acceso a la información ya que nos permite estar mejor preparados para así tomar acciones responsables. Además, la participación por parte de la ciudadanía puede contribuir a mejorar la calidad de las decisiones por parte del gobierno, incrementar la calidad de los productos generados por los mismos, incorporar diferentes recursos y capacidades, y generar aprendizaje entre la comunidad política (Villada et.al.,2019)

Ramón (2010) menciona que se debe de concientizar a la gente en cuanto a los efectos ambientales de los servicios que recibe. En su mismo estudio demostró la importancia de esto ya que al involucrar a la población contribuyo a la generación de una verdadera conciencia sobre la importancia de cuidar y contaminar lo menos posible el agua de que disponen. Al verse involucrados en el proceso del agua en su vida diaria

entendieron que es necesario contribuir al esfuerzo de mantenerla limpia y hacer uso eficiente de ella (Ramón, 2010).

Por otro lado, Benez (2010) nos demuestra que las percepciones de la población son la base para construir puentes de entendimiento para que estos sean adaptados a las necesidades y aspiraciones de todos los segmentos de la población.

10. Conclusión

La eficacia de las PTAR analizadas en este estudio se puede considerar pobre, con respecto a los contaminantes básicos, ya que solo el 53% de las plantas cumplen con la normatividad. En el caso de los metales pesados, se puede considerar aceptable ya que el 88% de las plantas cumple con la normatividad.

El 100% de las plantas de tratamiento es de tipo secundario. El 82% es de lodos activados, el 12% de zanjas de oxidación y 6% a lagunas aireadas.

En relación a los límites máximos de contaminantes básicos establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996, se encontró que las PTAR bajo la operación y mantenimiento de la empresa SUEZ (Arturo Herrera, La Morita y Natura) tienen una mejor eficacia que las operadas por la CESPT, ya que las 3 cumplen con la normatividad.

El cumplimiento por parte de las plantas, con excepción de la PTAR Arturo Herrera y Santa Fe, con respecto a los metales pesados es satisfactorio ya que se encuentra tratando de manera eficiente las aguas residuales provenientes de industrias.

Con una coordinación adecuada que involucre a la ciudadanía informándole sobre el manejo y cuidado de agua se puede llegar a optimizar el recurso hídrico y repercutir en bienestar de todos.

11. Referencias

- Amidon, W., Burt, J., Lemus, R., Lopez, H., & Verzi, D. (2018). New river constructed wetlands: How many are enough to cleanse the Salton Sea? *Journal of Statistics and Management Systems*, 21(1), 47-60.
- Castro Castro, M. H. (2018). Tratamiento de aguas residuales municipales provenientes del área urbana de Marín, Nuevo León, por medio de un humedal artificial superficial (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- CEA (2008) Comisión Estatal del Agua de Baja California. Programa Estatal Hídrico 2008-2013. Recuperado de: <https://futurocostaensenada.files.wordpress.com/2010/02/peh20082013.pdf>
- Chaparro, S. K. N. (2010). *La problemática del agua urbana en la ciudad de Tijuana, Baja California y algunas alternativas para una gestión sustentable* (Doctoral dissertation, Tesis Maestría Admón. Integral del Ambiente, Tijuana, BC., COLEF-CICESE. Recuperado de http://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/files/Copy%20of%20TESIS_Navarro%20Chaparro%20Shirley%20Karina.pdf)
- Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (2020) Acerca de Nosotros: Misión y Visión. Recuperado de <https://www.cespt.gob.mx/organismo/nosotros.html>
- Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (2020) Aguas Residuales Recuperado de: https://www.cespt.gob.mx/culturaagua/articulo_aguaresiduales.html
- Comisión Nacional del Agua. (2011) Ley Federal de Derechos:(disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales): 2011. Comisión Nacional del Agua

CONAGUA (2018) Estadísticas del Agua en México 2018. Recuperado de:

http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf

CONAGUA (2018). Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación.

CONAGUA, (sin fecha) Normas Oficiales Mexicanas. Recuperado de:

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAA-15-13.pdf>

CONAGUA. 2018. Estadísticas del agua en México. Gobierno federal. Recuperado de

http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf

COPLADE (2020) Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 2020-2024. Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Baja California

Cruz, Rodolfo (2010), "Flujos migratorios en la frontera norte: dinamismo y cambio social", Francisco Alba, Manuel Ángel Castillo y Gustavo Verduzco (coordinadores), Los grandes problemas de México. Migraciones Internacionales, México, El Colegio de México, pp. 396-434

De la Peña, M. E., Ducci, J., & Zamora, V. (2013). Tratamiento de aguas residuales en México. Banco Interamericano de Desarrollo <http://publications.iadb.org/handle/11319/5931>.

De Leon, N (2020) Colector costero traerá playas limpias a BC. El Imparcial. Recuperado de <https://www.elimparcial.com/mexicali/mexicali/Colector-costero-traera-playas-limpias-a-BC-20201231-0006.html>

- Dibble, S. (2018) Los derrames de aguas residuales de Tijuana han sido un problema ambiental durante décadas, ¿cuál es la solución? *The San Diego Union Tribune*
Recuperado de: <https://www.sandiegouniontribune.com/en-espanol/sdhoy-los-derrames-de-aguas-residuales-de-tijuana-han-sido-un-problema-ambiental-durante-decadas-cual-es-l-20180326-story.html>
- Durand, Jorge (2011), “Migración y políticas públicas. Inercias y desafíos”, *Migración y Fronteras*. Revista de la Universidad Iberoamericana, III (14):4-5, junio-julio.
- García, Sonia [2009], “Padece Tijuana consecuencias ambientales por calentamiento global”. Recuperado de: <http://www.oem.com.mx/esto/notas/n1272232.htm>
- James, I. (2018) Descuidado por décadas, un río toxico contamina la frontera. *La Voz Arizona*. Recuperado de: <https://www.lavozarizona.com/story/noticias/2018/12/05/rio-contaminado-fluye-frontera/1981567002/>
- Jáuregui Medina, C., Espinosa Rodríguez, M. A., Tovar Rodarte R., Ramírez Hernández, S., Quintero Hernández, B., & Rodríguez Castañeda, I. (2007). Impacto de la descarga de aguas residuales en la calidad del río Mololoa (Nayarit, México) y propuestas de solución. CONACYT.
- Martínez Cuero, J. (2019). El impacto de las empresas transnacionales en las condiciones de vida de la población en Tijuana (México). *Revista de El Colegio de San Luis*, 9(19), 61-89.
- Martínez, J. (2017). Avances de investigación Tijuana: empresas transnacionales maquiladoras y devastación ambiental. *B0. let. in*, 69.

- Meyer, E.L. (1983), "History of Sewarage Facilities Serving the City of Tijuana, Baja California, Mexico", California Regional Water Control Board, San Diego Region, mimeo.
- Navarro-Chaparro, Karina, Rivera, Patricia, & Sánchez, Roberto. (2016). Análisis del manejo de agua en la ciudad de Tijuana, Baja California: Factores críticos y retos. *Estudios fronterizos*, 17(33), 53-82. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-69612016000100003&lng=es&tlng=es
- Ramón, V. L. (2010). Infraestructura sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 12(2), 58-69.
- Rojas, R. (2002). Sistemas de tratamiento de aguas residuales. *Gestión integral de tratamiento de aguas residuales*, 1(1), 8-15.
- Sánchez, R. (1988). El problema del drenaje en Tijuana y San Diego: Una fuente de conflicto binacional entre México y Estados Unidos. *Estudios Demográficos Y Urbanos*, 3(3 (9)), 479-505. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/40314805>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (1996). Norma Oficial Mexicana Nom-001-Semarnat-1996, Que Establece Los Límites Máximos Permisibles De Contaminantes En Las Descargas Residuales En Aguas Y Bienes Nacionales. México, Distrito Federal: Secretaria de Gobernación.
- Secretaria de Salud (2015) Normas Oficiales Mexicanas, *Gobierno de México*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/salud/en/documentos/normas-oficiales-mexicanas-9705>

Semarnat [2010], "Sistema nacional de información ambiental y de recursos naturales (SNIARN)", Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/estadisticas-ambientales>

Tinoco, H. 2006. *Historia de los Acueductos en Tijuana y Playas de Rosarito*, Tijuana, BC. CESPT. Cap. II Antecedentes históricos -p.15-27. Recuperado de: <https://www.cespt.gob.mx/culturaagua/pdf/articulos/Acueductos%2802%29.pdf>

Vidal-Álvarez, M. (2019). Tratamiento de aguas residuales en México: problemáticas de salud pública y oportunidad de uso de ecotecnologías sustentables. RINDERESU, 3(1-2), 41-58.

Villada-Canela, M., Martínez-Segura, N., Daesslé, L. W., & Mendoza-Espinosa, L. (2019). Fundamentals, obstacles and challenges of public participation in water Management in Mexico/Fundamentos, obstáculos y retos de la participación pública en la gestión del agua en México. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(3), 12-46.