

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



TEMA DE TESIS

Calidad Agronómica del Agua Residual de la PTAR  
Parque Venustiano Carranza, Saltillo, Coahuila, México

POR

Fernando Blanco Barranco

TESIS

Presentada como requisito parcial  
para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Septiembre de 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

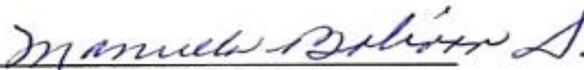
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Calidad Agronómica del Agua Residual de la PTAR  
Parque Venustiano Carranza, Saltillo, Coahuila, México

POR  
FERNANDO BLANCO BARRANCO

TESIS  
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:  
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN  
APROBADA

  
Dra. Manuela Bolívar Duarte  
ASESORA PRINCIPAL

  
COASESOR  
MC. Luis Edmundo Ramírez R.

  
COASESOR  
Ing. Carlos Rojas Peña



  
MC. SERGIO SÁNCHEZ MARTÍNEZ  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Septiembre, 2021

## **AGRADECIMIENTOS**

**A DIOS Y A LA VIRGEN.** Por darme la vida, por todas las bendiciones, por iluminar mí camino y aumentar mi fe en el transcurso de mi vida; por fortalecerme a diario y darme la oportunidad de seguir con mis metas y por estar a mi lado en los momentos más difíciles.

**A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO (UAAAN) MI ALMA TERRA MATER.** Por haberme abierto las puertas y cobijado durante estos 4 años y medio, dándome la oportunidad de formarme profesionalmente.

**A LA DRA. MANUELA BOLÍVAR DUARTE.** Por darme la confianza y apoyo moral para llevar a cabo la tesis, por compartir conmigo sus conocimientos y su valioso tiempo. GRACIAS DRA. MANUELA que Dios la cuide y la bendiga a usted y a su familia.

**A LA QDB ANA PAOLA MORENO GARZA.** Por su apoyo incondicional para la realización de este proyecto, por el tiempo invertido, por su paciencia, comprensión. MUCHAS GRACIAS.

**AL DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE, ASÍ COMO A CADA PROFESOR.** Por formar parte de su leyenda y tradición en la formación de excelentes profesionales, proporcionando así sus mayores conocimientos y a todo el personal de docencia que la forma como el mejor Departamento de la UAAAN.

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS PADRES:**

**SR. EBODIO BLANCO NIETO**

**SRA. MANUELA BARRANCO MARTÍNEZ**

A quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en una persona de provecho. Porque sólo las superaciones de mis ideales me han permitido comprender cada día más la difícil posición de ser padres. Mis conceptos, mis valores morales y mi superación se las debo a ustedes; quiero que sientan que el objetivo logrado también es de ustedes. Gracias por eternamente darme la herencia más valiosa que pudiera recibir fruto del inmenso apoyo y confianza que en Mí se depositó para que los esfuerzos y sacrificios hechos no fueron en vano. Con Amor y admiración. Su hijo.

### **A MIS HERMANOS:**

**ERNESTO BLANCO BARRANCO**

**MARÍA ANGÉLICA BLANCO BARRANCO**

**LUIS MIGUEL BLANCO BARRANCO**

Por la admiración que les tengo, por todos y cada uno de los momentos compartidos, por su apoyo incondicional. Los amo hermanos, por el apoyo moral que me brindaron en todo momento. MUCHAS GRACIAS.

### **A MIS AMIGOS**

Carlos Enrique Blanco Martínez, Abraham Zarazúa Arvizu, José de Jesús Chaire Chávez, Hansel Gabino Gómez Gómez, Orlando Alvarado García, Luis Espínola Alvarado, Julieta Colón López, Miguel Madrigal Sotelo, José Luis Miguel Barrientos Álvarez, Juan Manuel Barrientos Álvarez, Ariana Citlalli Mendoza Salinas, José Francisco Gómez Díaz, José Claudio Pérez Delgado, en especial a los del módulo 2, Por todos los momentos que compartimos.

### **A MI ESPOSA**

**ALMA ROSA VARGAS MONTOYA**

Le agradezco todo, hoy quiero que sepa que ha sido y será todo el tiempo la motivación más grande que me impulsa a salir adelante. Gracias por tu comprensión, tolerancia, sacrificio y esfuerzo fue posible hacer realidad uno de nuestros anhelos.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>INDICE DE CONTENIDO</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Objetivo .....	2
1.2. Hipótesis .....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1. El Agua .....	3
2.2. Disponibilidad de Agua .....	3
2.3. Aguas Residuales .....	4
2.4. Descarga del Agua Residual .....	5
2.5. Razones para el Tratamiento de las Aguas Residuales .....	7
2.6. Agua Cruda .....	8
2.7. Contaminantes Básicos .....	10
2.8. Contaminantes Patógenos y Parasitarios .....	10
2.9. Usos del Agua .....	10
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	12
3.1. Lugar de Muestreo .....	12
3.2. Muestreo del Influyente .....	13
3.3. Muestreo del Homogeinizador .....	14
3.4. Muestreo del Efluente .....	14
3.5. Ubicación de Laboratorio de Calidad de Aguas .....	16
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	17
4.1. pH .....	17
4.2. Conductividad Eléctrica (CE) .....	18

4.3. Sólidos Suspendidos Totales (SST) .....	19
4.4. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) .....	20
4.5. Sólidos Totales (ST) .....	22
4.6. Sólidos Totales Volátiles (STV) .....	23
4.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) .....	24
4.8. Demanda Química de Oxígeno (DQO) .....	25
4.9. Determinación de Grasas y Aceites (G y A) .....	26
4.10. Determinación de Coliformes Totales y Fecales (CT y CF) .....	27
4.11. Calidad del Agua .....	27
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>29</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>30</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación .....	5
Cuadro 2. Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación por entidad federativa.....	9
Cuadro 3. Resultados obtenidos de pH en los tres sitios de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.....	17
Cuadro 4. Conductividad Eléctrica (CE) en los tres sitios de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.....	19
Cuadro 5. Sólidos Suspendidos Totales (SST) en cada sitio de muestreo y su comparación NOM-003-SEMARNAT-1997.....	20
Cuadro 6. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) en cada sitio de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.....	21
Cuadro 7. Sólidos Totales (ST) de cada sitio de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.....	22
Cuadro 8. Sólidos Totales Volátiles (STV) de cada sitio de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.....	23
Cuadro 9. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) de cada sitio de muestreo y la evaluación con un testigo, así con la NOM-003-SEMARNAT-1997.....	24
Cuadro 10. Demanda Química de Oxígeno (DQO) de cada sitio de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997 ..	25
Cuadro 11. Grasas y Aceites (G y A) de cada sitio de muestreo y su comparación con NOM-003-SEMARNAT-1997.....	26

Cuadro 12. Coliformes Totales y Fecales (CT y CF) de cada sitio de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.....	27
Cuadro 13. Resultados obtenidos en las diferentes sitios de muestreo con respecto a la Calidad de Agua y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución porcentual de los volúmenes de agua en el planeta .....	4
Figura 2. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales .....	6
Figura 3. Caudal instalado y tratado ( $m^3/s$ ) a nivel nacional.....	8
Figura 4. Crecimiento en la extracción del agua para los diferentes usos .....	11
Figura 5. Ubicación de la PTAR-Parque Venustiano Carranza.....	12
Figura 6. Muestreo en el influente.....	13
Figura 7. Muestreo en el homogeinizador.....	14
Figura 8. Muestreo en el efluente.....	15
Figura 9. Ubicación del Laboratorio de Calidad de Aguas del Departamento de Riego y Drenaje .....	16
Figura 10. pH de cada sitio de muestreo. ....	18
Figura 11. Conductividad Eléctrica (CE) de cada sitio de muestreo .....	19
Figura 12. Sólidos Suspendidos Totales (SST) de cada sitio de muestreo.....	20
Figura 13. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) de cada sitio de muestreo .....	21
Figura 14. Sólidos Totales (ST) de cada sitio de muestreo.....	22
Figura 15. Sólidos Totales Volátiles (STV) de a cada sitio de muestreo .....	23
Figura 16. Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) de cada sitio de muestreo y un testigo.....	24

Figura 17. Valores de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) a sitio de  
muestreo. .... 25

Figura 18. Grasas y Aceites (G y A) de cada sitio de muestreo.....26

## RESUMEN

Este trabajo se llevó a cabo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR-Venustiano Carranza; se tomaron las muestras en el influente, homogeinizador y efluente para analizarlas en el Laboratorio de Calidad de Aguas del Departamento de Riego y Drenaje.

Los parámetros analizados fueron: pH, Conductividad Eléctrica (CE) Sólidos Suspendidos Totales (SST) Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) Sólidos Totales (ST) y Sólidos Totales Volátiles (STV) Demanda Química de Oxígeno (DQO) Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) Grasas y Aceites (G y A), Coliformes Totales (CT) y Coliformes Fecales (CF) para compararse con los de la NOM-003-SEMARNAT-1997 y los de Calidad de agua fueron : ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) ( $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$  y  $Cl^-$ ).

Los resultados obtenidos en el primer caso cumplieron con la NOM-003-SEMARNAP-1997 con excepción de Grasas y Aceites (G y A).

La presencia de Sólidos Suspendidos Totales (SST) Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) puede obstruir los emisores del agua de riego, requiriendo mayor tiempo de digestión y sedimentación y la instalación de un desgrasador para bajar las Grasas y Aceites (G y A) para cumplir con la norma anterior.

En lo que respecta a Calidad de Agua resulta un agua  $C_3$  alta en sales y baja en sodio apta para cultivos resistentes a las sales, siempre y cuando el suelo tenga buen drenaje.

Palabras claves: Aguas residuales, calidad de agua, parámetro, normatividad.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde los tiempos más remotos el agua ha constituido un actor fundamental en el desarrollo y la estructuración política, social y económica de los pueblos, considerando que el agua es uno de los elementos fundamentales para la vida. Gracias a ella el hombre puede desarrollarse y transformarse. El hombre utiliza grandes cantidades de agua para sus actividades cotidianas (beber, cocinar, lavar, W.C., aseo personal, etc.) pero mucho más para producir alimentos, papel, ropa y demás productos que consume. Las aguas residuales pueden contener contaminantes orgánicos e inorgánicos. Los contaminantes orgánicos que puede traer el agua residual son Proteínas, Carbohidratos, Nitrógeno, Fósforo, Aceites, Grasas, Fenoles, etc. Según la Comisión Nacional del Agua (CNA 2003). Los contaminantes inorgánicos pueden ser arenas, sales, óxidos, ácidos y bases inorgánicas, metales, etc. El verter aguas residuales sin un tratamiento previo es perjudicial para el medio ambiente ya que contaminamos pozos, acuíferos, ríos y lagunas.

El mundo sólo trata 20 por ciento de sus aguas residuales, el tratamiento de aguas residuales marginal en el mundo, es clave para proteger la salud y el medioambiente, pero también para hacer frente a la escasez, según la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2017). Las aguas residuales representan un recurso muy valioso, debido a la disponibilidad limitada de agua dulce en el mundo y a la demanda al alza.

Por la importancia del agua para riego en cuanto a su calidad y escases se propone el siguiente objetivo.

### 1.1. Objetivo

Determinación de la calidad agronómica del agua residual de la PTAR-Parque Venustiano Carranza, según la NOM-003-SEMARNAT-1997.

### 1.2. Hipótesis

El tratamiento biológico de las aguas residuales de la PTAR-Parque Venustiano Carranza genera agua con calidad agronómica.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. El Agua

El agua es un recurso indispensable para las actividades humanas, para el desarrollo económico y el bienestar social. En promedio se necesitan 3,000 l de agua por persona para generar los productos necesarios para la alimentación diaria. Aunque la irrigación para fines agrícolas representa apenas 10 por ciento a nivel mundial del agua usada, ésta es la actividad de mayor consumo de agua dulce del planeta según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FAO y FIDA, 2006).

### 2.2. Disponibilidad de Agua

Desde el espacio, cualquier imagen de nuestro planeta muestra que la Tierra es un Planeta Azul y es que el 70 por ciento de su superficie está cubierta por agua y sólo 30 por ciento es tierra firme. La disponibilidad de agua promedio anual en el mundo es de aproximadamente 1,386 millones de  $\text{km}^3$ , de estos el 97.5 por ciento es agua salada, el 2.5 por ciento, es decir 35 millones de  $\text{km}^3$ , es agua dulce y de ésta casi el 70 por ciento no está disponible para consumo humano debido a que se encuentra en forma de glaciares, nieve o hielo, según un informe de la misma Organización publicado (FAO y FIDA, 2006) como se muestra en la Figura 1.

### 2.3. Aguas Residuales

Aguas de composición variada, provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (Comisión Nacional del Agua-CNA-2017).



Figura 1. Distribución porcentual de los volúmenes de agua en el planeta (FAO y FIDA, 2006).

## 2.4. Descarga del Agua Residual

Las descargas de aguas residuales se clasifican según (CNA, 2010) en municipales y no municipales. Las municipales son generadas en los núcleos de población y colectadas en los sistemas de alcantarillado urbano y rural; las no municipales son aquéllas generadas por otros usos, como puede ser la industria autoabastecida y que se descargan directamente a cuerpos de agua nacionales sin ser colectadas por sistemas de alcantarillado. La secuencia de generación de aguas residuales, recolección en alcantarillado y tratamiento/remoción, se muestra en el Cuadro 1 el número de planta de tratamiento de aguas residuales municipales, así como el caudal tratado.

Cuadro 1. Planta de tratamiento de aguas residuales municipales en operación (CNA, 2010).

Número de RHA	Número de plantas en operación	Capacidad instalada (m <sup>3</sup> /s)	Caudal tratado (m <sup>3</sup> /s)
I	72	9.55	6.98
II	123	8.13	4.83
III	444	10.70	8.55
IV	222	10.75	8.66
V	95	4.78	3.77
VI	238	32.81	24.30
VII	160	6.98	5.47
VIII	587	41.82	30.69
IX	107	5.30	4.17
X	161	7.53	5.37
XI	116	4.74	3.85
XII	78	3.16	2.11
XIII	133	34.32	14.84
<b>Total</b>	<b>2536</b>	<b>180.57</b>	<b>123.59</b>

En la Figura 2 se muestran las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (CNA, 2016).



Figura 2. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales (CNA, 2016).

El agua está contaminada cuando se ven alteradas sus características químicas, físicas, biológicas o su composición, por lo que pierde su potabilidad para consumo diario o para su reutilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. En nuestro país para cuantificar el grado de contaminación y poder establecer el sistema de tratamiento más adecuado (Rodríguez, 2006).

## 2.5. Razones para el Tratamiento de las Aguas Residuales

El tratamiento de las aguas residuales es realizado con el propósito de evitar la contaminación física, química, bioquímica, biológica y radioactiva de los cursos y cuerpos de agua receptores (Rojas, 2002). De un modo general, el tratamiento persigue evitar:

- Daños a los abastecimientos públicos, privados e industriales de suministro de agua
- Daño a las aguas destinadas a la recreación y el esparcimiento
- Daños a las actividades piscícolas
- Perjuicios a la agricultura y depreciación del valor de la tierra
- Impacto al entorno ecológico

El tratamiento de las aguas residuales ha sido una consecuencia del desarrollo de la civilización y que se caracteriza por el aumento de la densidad demográfica y expansión industrial, así mismo da razones que justifican el tratamiento de las aguas residuales y las resume en cuatro puntos:

- Razones higiénicas o de salud pública
- Razones económicas
- Razones estéticas
- Razones legales

## 2.6. Agua Cruda

Es el nombre que recibe el agua que no ha recibido ningún tratamiento y que generalmente se encuentra en fuentes y reservas naturales de aguas superficiales y subterráneas. También se llama así toda agua que entra en las plantas de tratamiento, antes de poder ser considerada como potable, el agua cruda debe pasar por una serie de pruebas, entre las que se cuentan análisis de turbiedad, de flora microbiana (para determinar la posible presencia de microorganismos patógenos) y de detección de diferentes compuestos tóxicos (Ríos, 2006) como se muestra en la Figura 3 donde se observa la diferencia entre caudales de agua cruda tratada y no tratada (CNA, 2012).

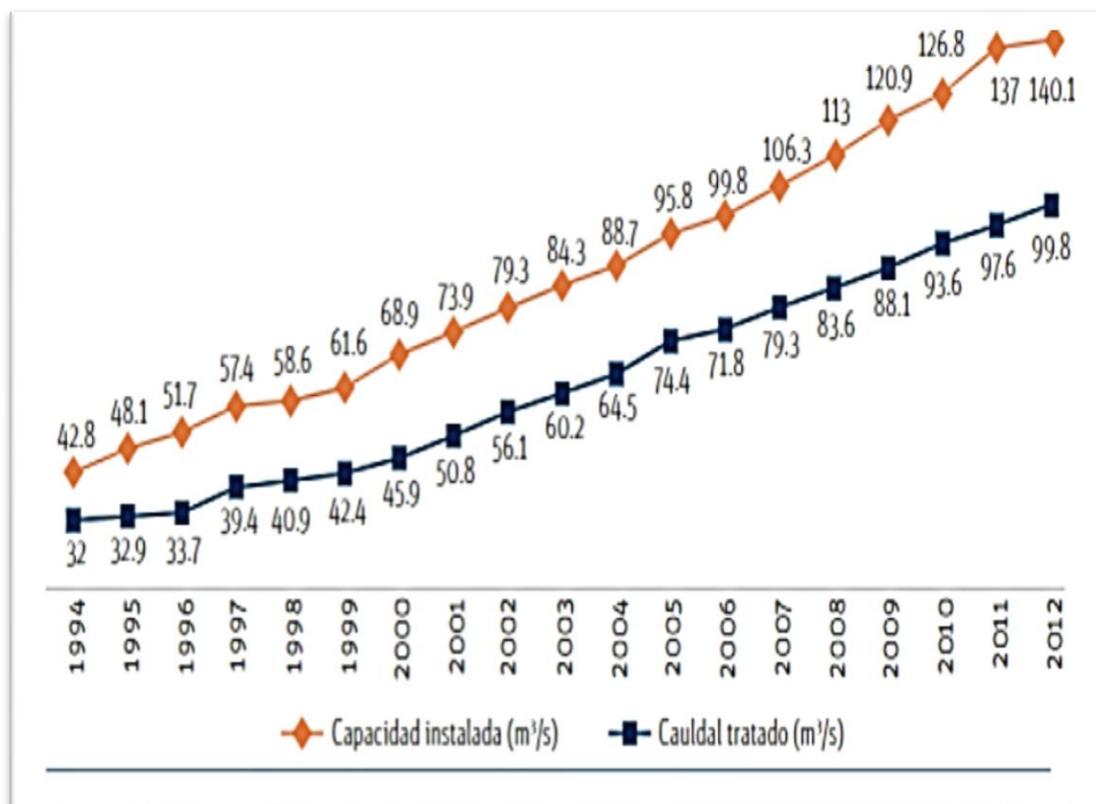


Figura 3. Caudal instalado y tratado (m<sup>3</sup>/s) a nivel nacional (CNA, 2012).

En el Cuadro 2 se muestran las diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales a nivel nacional y cuantas existen en cada estado en funcionamiento, así como sus caudales tratados industriales.

**Cuadro 2. Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación por entidad federativa (CNA, 2016).**

Entidad Federativa	Número de plantas en operación	Capacidad instalada (m <sup>3</sup> /s)	Caudal tratado(m <sup>3</sup> /s)
Aguascalientes	69	0.338	0.167
Baja California	120	13.092	13.075
Baja California Sur	29	4.965	4.965
Campeche	174	3.423	3.423
Coahuila de Zaragoza	62	0.797	0.534
Colima	14	0.451	0.292
Chiapas	114	2.320	1.988
Chihuahua	15	0.655	0.283
Ciudad de México	8	0.008	0.006
Durango	43	1.078	0.622
Guanajuato	120	0.881	0.630
Guerrero	7	0.023	0.019
Hidalgo	45	1.841	1.377
Jalisco	96	1.841	1.735
México	281	3.300	2.428
Michoacán de Ocampo	136	3.730	3.191
Morelos	104	0.608	0.569
Nayarit	16	0.803	0.803
Nuevo León	97	4.113	2.976
Oaxaca	22	3.388	3.068
Puebla	219	1.102	0.961
Querétaro	156	1.246	0.662
Quintana Roo	4	0.060	0.055
San Luis Potosí	60	0.972	0.592
Sinaloa	105	8.647	6.295
Sonora	235	6.458	6.255
Tabasco	144	0.963	0.906
Tamaulipas	115	8.459	7.917
Tlaxcala	71	0.303	0.219
Veracruz de Ignacio de la Llave	159	12.619	9.315
Yucatán	182	0.450	0.410
Zacatecas	19	0.193	0.168

## 2.7. Contaminantes Básicos

Son aquellos compuestos o parámetros que pueden ser removidos o estabilizados mediante procesos convencionales. En lo que corresponde a la NOM-003-SEMARNAT-1997 solo se consideran los siguientes: Grasas y Aceites (G y A), material flotante, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).

## 2.8. Contaminantes Patógenos y Parasitarios

Son los microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta NOM-003-SEMARNAT-1997 sólo se consideran los Coliformes fecales medidos como NMP o UFC/100 ml (número más probable o unidades formadoras de colonias por cada 100 mililitros) y los huevos de helminto medidos como h/l (huevos por litro).

## 2.9. Usos del Agua

A nivel mundial, la proporción de extracción de agua es aproximadamente 69 por ciento agropecuaria; 19 por ciento industrial y 12 por ciento municipal según un sistema de información global de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2010). Este cálculo está dado a partir de la extracción total global para cada uso y está fuertemente influenciado por unos pocos países que tienen una extracción de agua muy alta, en comparación con otros. Por otro lado, cuando se calculan las proporciones de agua extraída por uso para cada país y se elabora el promedio global, se demuestra que “para un país dado” la proporción de extracción es de 59 por ciento, 23 por ciento y 18 por ciento, respectivamente (FAO-AQUASTAT,

2010) como se muestra en la Figura 4, Observándose la proporción del agua en cuanto a la agricultura, industria y municipal.

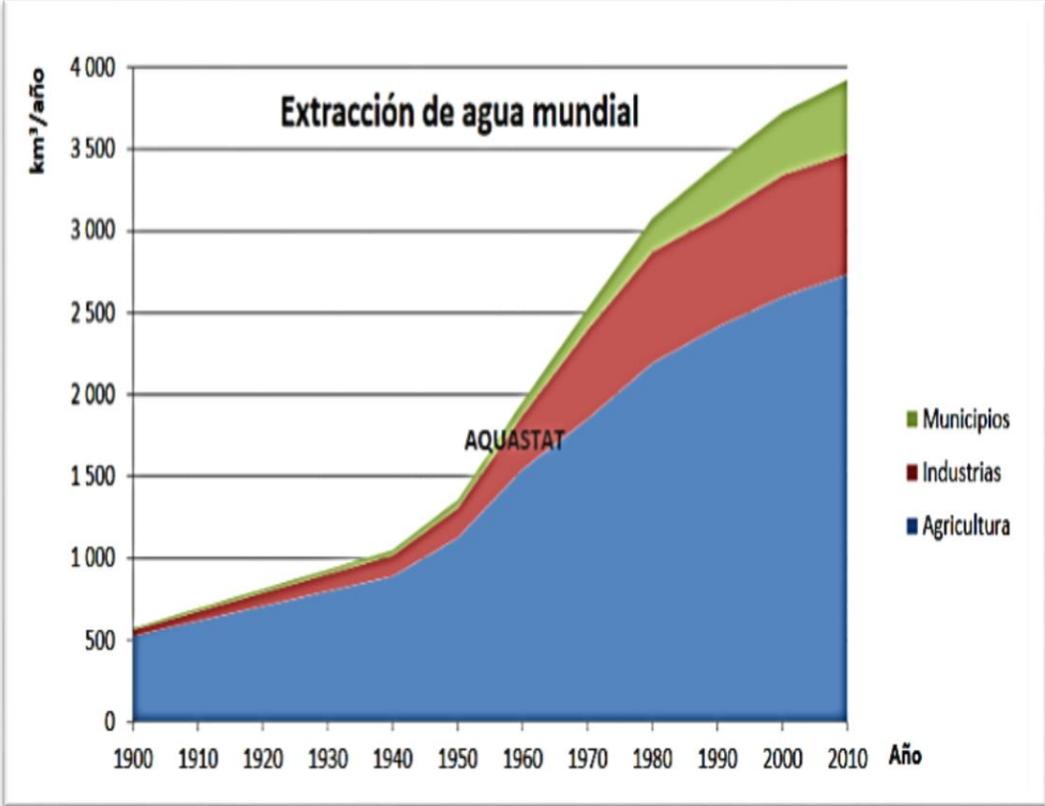


Figura 4. Crecimiento en la extracción del agua para los diferentes usos (FAO-AQUASTATM, 2010).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de Muestreo

El presente trabajo de investigación se realizó en la PTAR-Parque Venustiano Carranza localizado en la Latitud  $25^{\circ}24'10''N$ , Longitud  $101^{\circ}00'59''W$  y a una altura de 1688 msnm (Google, 2019).

El agua proviene de la Colonia Buenos Aires, Oxxos, tiendas, departamentos (descargas de grasas, aceites y detergentes) la descarga máxima de la planta es de 10 lps, se hizo la toma de muestra el día 27 de mayo del 2019. En la Figura 5 se observa el sitio de la PTAR-Parque Venustiano Carranza.



Figura 5. Ubicación de la PTAR-Parque Venustiano Carranza (Google, 2019).

### 3.2. Muestreo del Influyente

En la Figura 6 se observa la entrada de las aguas residuales crudas, es decir, que aún no se le hace ningún tratamiento o que aún no pasa por ningún proceso. Se tomaron 2 litros de agua como muestra en cada sitio de muestreo para los estudios a realizar.



Figura 6. Muestreo en el influente

### 3.3. Muestreo del Homogeinizador

Esta es la parte media de la PTAR, es decir, que las aguas residuales sólo han pasado por algunos pre-tratamientos como las rejillas para la eliminación de materia orgánica, como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Muestreo en el homogeinizador.

### 3.4. Muestreo del Efluente

El muestreo se realiza en la salida de la PTAR donde el agua ya ha pasado por el tratamiento físico y biológico para su tratamiento. Como se muestra en la Figura 8.

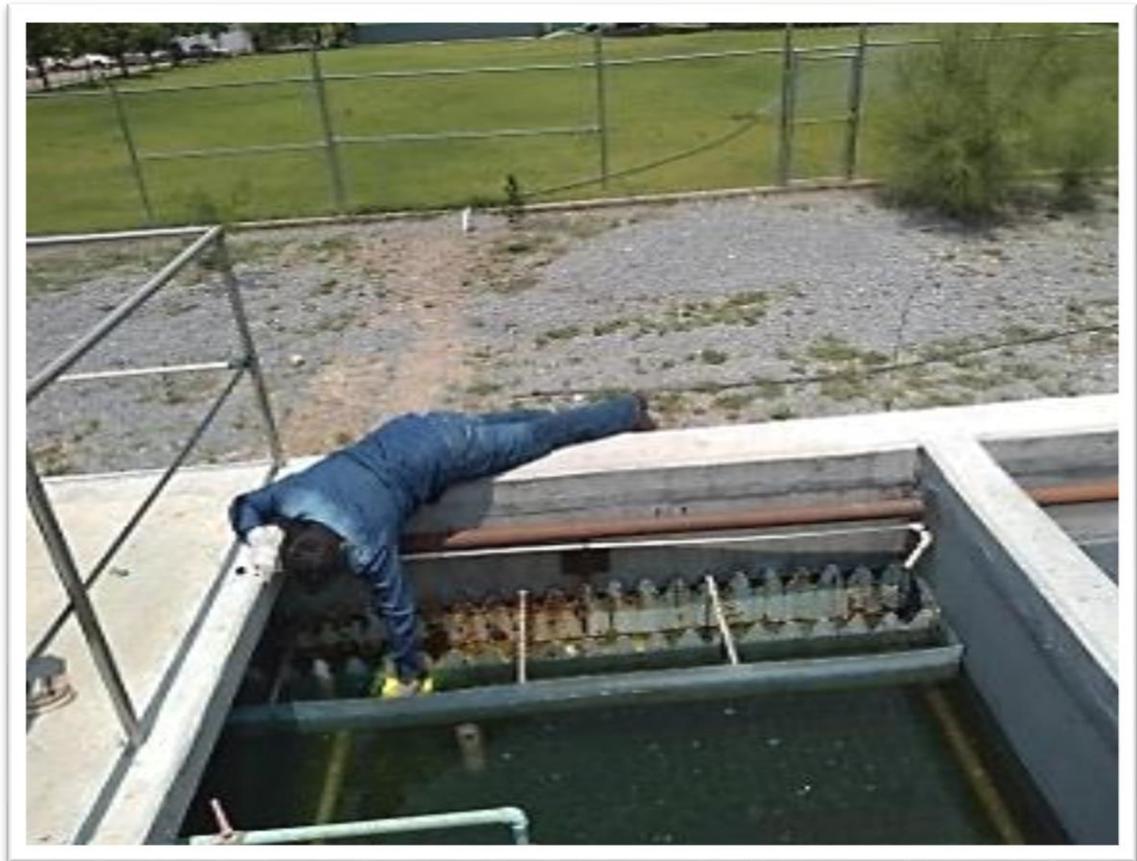


Figura 8. Muestreo del Efluente.

Los análisis fueron físicos y químicos. Entre los físicos están: Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) Sólidos Totales (ST) y Sólidos Totales Volátiles (STV). Las determinaciones químicas abarcan pH, Conductividad Eléctrica (CE) Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) Grasas y Aceites (G y A) Coliformes Totales (CT) y Coliformes Fecales (CF) y calidad de agua.

### 3.5. Ubicación de Laboratorio de Calidad de Aguas

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Aguas perteneciente al Departamento de Riego y Drenaje de la Universidad ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila (Figura 9) (Google, 2019).

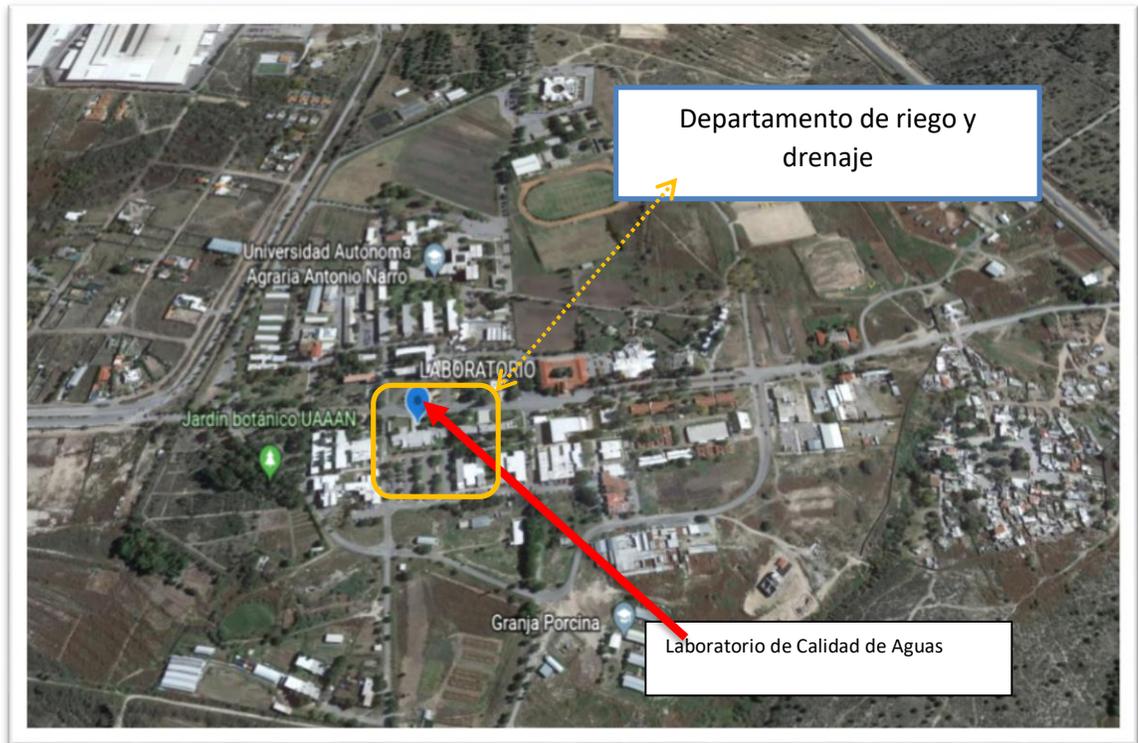


Figura 9. Ubicación del Laboratorio de Calidad de Aguas del Dep. de Riego y Drenaje (Google, 2019).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se dan a conocer los resultados de las muestras, mismos que son comparados con los parámetros con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

### 4.1. pH

Los valores obtenidos con respecto a las muestras de agua en pH (Cuadro 3 y Figura 10) puede observarse el cambio de pH ácido a un pH bajo alcalino, aunque en el homogeinizador baje el pH, subió en la muestra del efluente. El buen manejo de aguas para riego en los cultivos está entre un pH de 6 – 7.5 para que los nutrientes puedan ser asimilados con mayor facilidad por las plantas. Este parámetro no aplica en la NOM-003-SEMARNAT-1997 (N/A).

Cuadro 3. Resultados obtenidos de pH en los tres sitios de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

MUESTRA	pH	NOM-003-SEMARNAT-1997
Influente	6.37	N/A
homogeinizador	5.868	N/A
Efluente	7.52	N/A

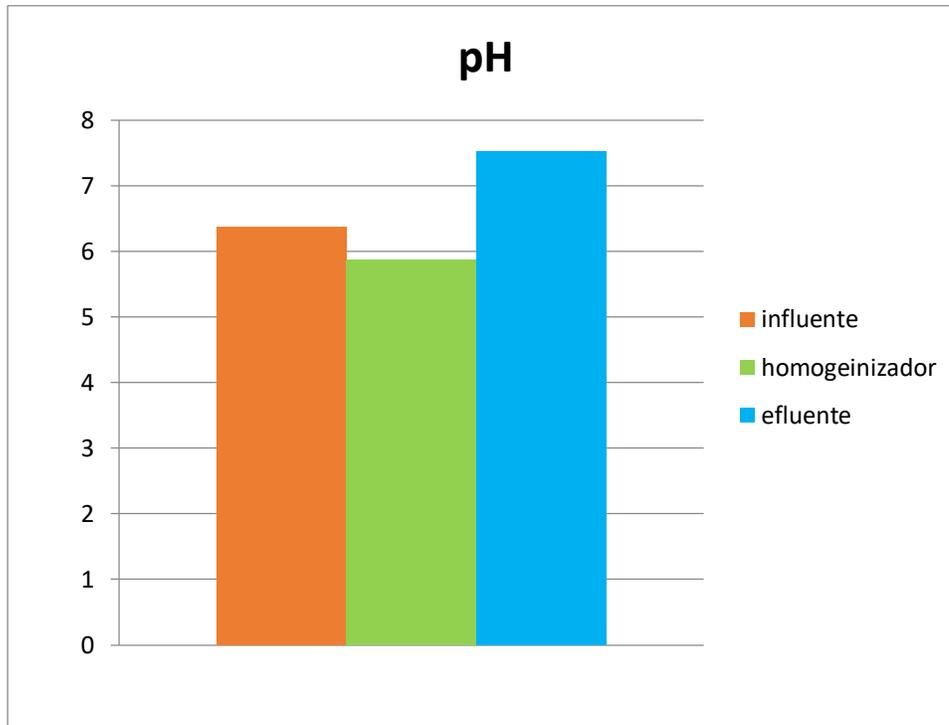


Figura 10. pH de cada sitio de muestreo.

#### 4.2. Conductividad Eléctrica (CE)

La Conductividad Eléctrica muestra el mismo comportamiento que el parámetro anterior de 1778  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 1175  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo de buena calidad para el riego coincidiendo con (James et al., 1982) ya que para que un agua sea buena para un riego tiene que tener menos de 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nuestro resultado de agua en el efluente es de 1175  $\mu\text{S}/\text{cm}$  clasificándose como  $C_3$ , alta en sales lo cual nos da rango permisible para su uso, pero aún así puede reusarse para un riego agronómico (Cuadro 4 y Figura 11). Este parámetro no aplica en la NOM-003-SEMARNAT-1997 (N/A).

Cuadro 4. Conductividad Eléctrica (CE) en los tres sitios de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

MUESTRA	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)	NOM-003-SEMARNAT-1997
Influente	1778 $\mu\text{S/cm}$	N/A
homogeinizador	1638 $\mu\text{S/cm}$	N/A
Efluente	1175 $\mu\text{S/cm}$	N/A

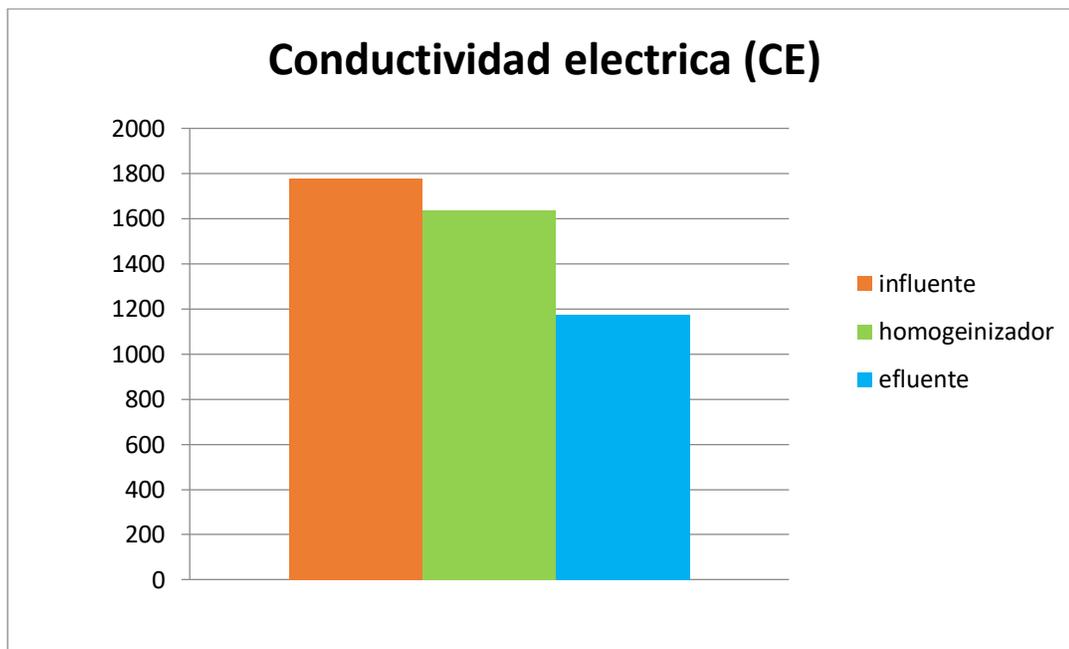


Figura 11. Conductividad Eléctrica (CE) de cada sitio de muestreo.

#### 4.3. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Con respecto al valor obtenido en Sólidos Suspendidos Totales (SST) (Cuadro 5 y Figura 12) podemos observar que de 430 mg/l del influente bajó a 25 mg/l en el efluente cumpliendo con el valor que señala la NOM-003-SERMARNAT-1997 siendo éste menor de 30mg/l para un uso agrícola.

Cuadro 5. Sólidos Suspendidos Totales (SST) en cada sitio de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

MUESTRA	SST(mg/l)	NOM-003-SERMARNAT-1997 (mg/l)
influyente	430	-----
homogeinizador	235	-----
efluente	25	30

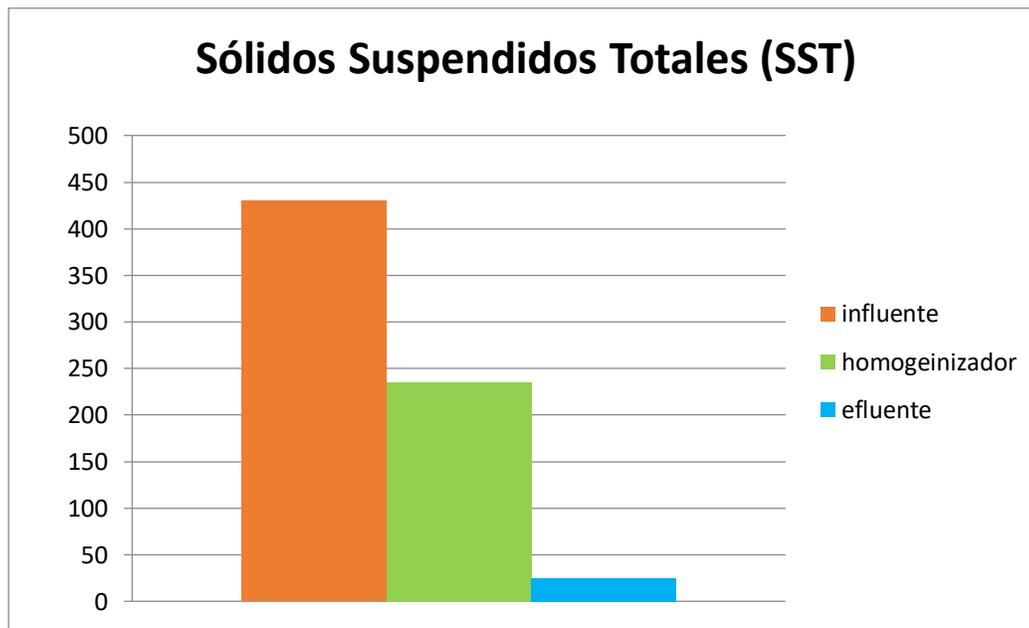


Figura 12. Sólidos Suspendidos Totales (SST) de cada sitio de muestreo.

#### 4.4. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)

En el resultado de Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV, Cuadro 6 y Figura 13) podemos observar cómo se disminuye de 355 mg/l del influyente a 20mg/l en el efluente. Este parámetro no aplica en la NOM-003-SEMARNAT-1997 (N/A). Sin embargo, para el uso agrícola sí es importante porque refleja la cantidad de M.O. en suspensión.

Cuadro 6. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) en cada sitio de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

peso de crisol	SSV(mg/l)	NOM-003-SEMARNAT-1997
influyente	355	N/A
homogeinizador	190	N/A
efluente	20	N/A

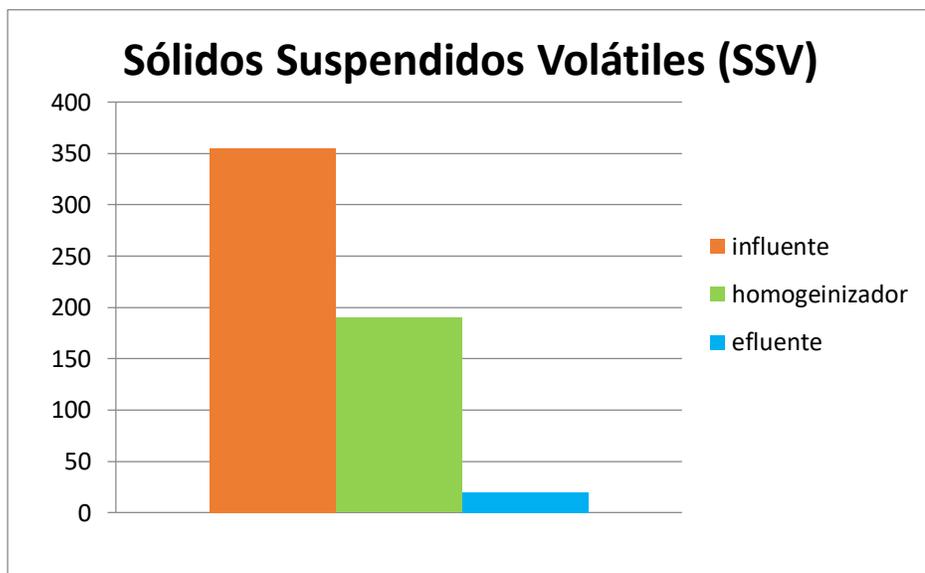


Figura 13. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) de cada sitio de muestreo.

#### 4.5. Sólidos Totales (ST)

Este parámetro se ve disminuido en el influente de 1295 mg/l a 535 mg/l en el efluente (Cuadro 7 y Figura 14). Este parámetro no aplica la NOM-003-SEMARNAT-1997 (N/A).

Cuadro 7. Sólidos Totales (ST) de cada sitio de muestreo y su comparación con NOM-003-SEMARNAT-1997.

Muestra	ST(mg/l)	NOM-003-SEMARNAT-1997
influyente	1295	N/A
homogeinizador	1235	N/A
efluente	535	N/A

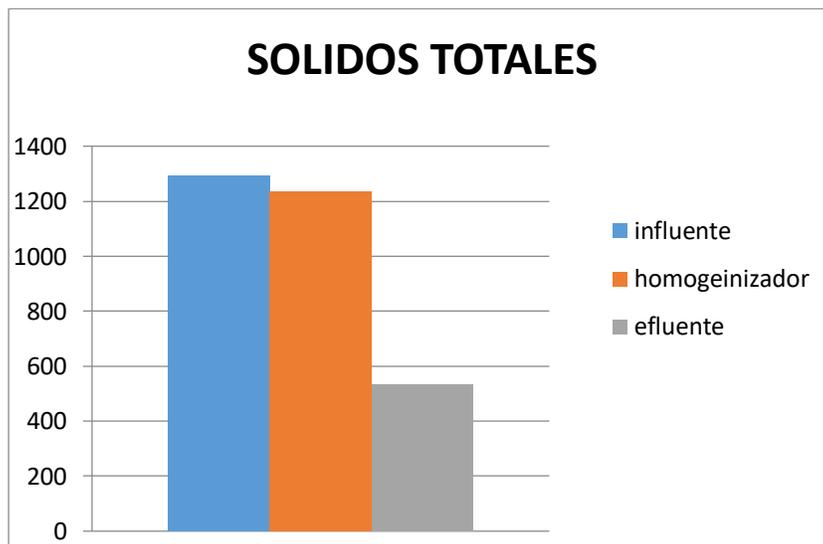


Figura 14. Sólidos Totales (ST) de cada sitio de muestreo.

#### 4.6. Sólidos Totales Volátiles (STV)

Este parámetro no aplica en la NOM-003-SEMARNAT-1997 (N/A). Sin embargo, al obtener 90 mg/l en el efluente, podemos observar que se elimina durante el proceso, la mayor parte de la M.O. (Cuadro 8 y Figura 15).

Cuadro 8. Sólidos Totales Volátiles (STV) en cada sitio de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

Muestra	SSV(mg/l)	NOM-003-SEMARNAT-1997
influyente	505	N/A
homogeinizador	500	N/A
efluente	90	N/A

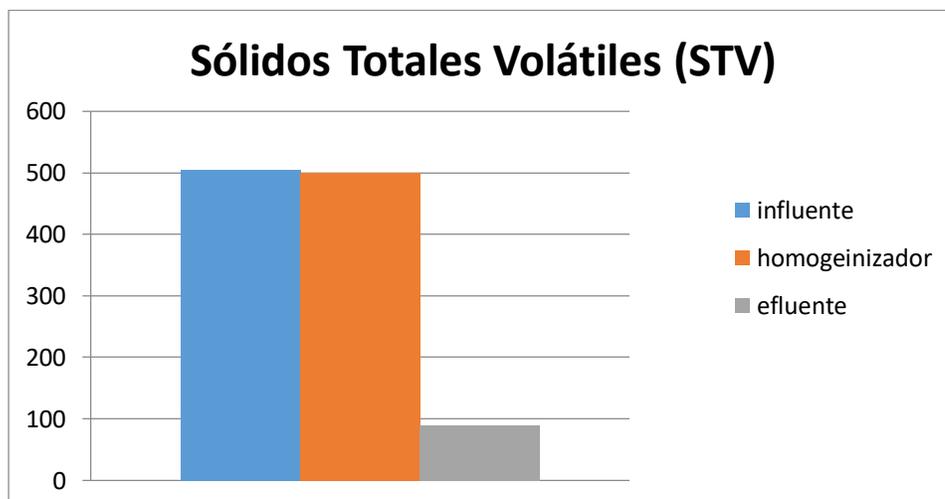


Figura 15. Sólidos Totales Volátiles (STV) de cada sitio de muestreo.

#### 4.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Finalmente con nuestro resultado de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) encontramos que dio el valor del efluente de 0.093666667 mg/L (Cuadro 9 y Figura 16) y que en comparación con nuestra norma (NOM-003-SEMARNAT-1997) sólo nos permite 30 mg/l, nuestro resultado es muy bajo que por esta razón se puede hacer un buen uso de esta agua tratada para el riego. Al ver cada una de nuestras muestras todas cumplen la norma hasta la de la entrada del agua cruda (influyente) como de observa en el Cuadro 9 y la comparación de los testigos en la Figura 16.

Cuadro 9. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de cada sitio de muestreo y la evaluación con un testigo, así con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

Muestra	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	NOM-003- SEMARNAT-1997
Influente	0.56	-----
homogeneizador	0.662	-----
Efluente	0.093666667	30
testigo	0.0172	-----

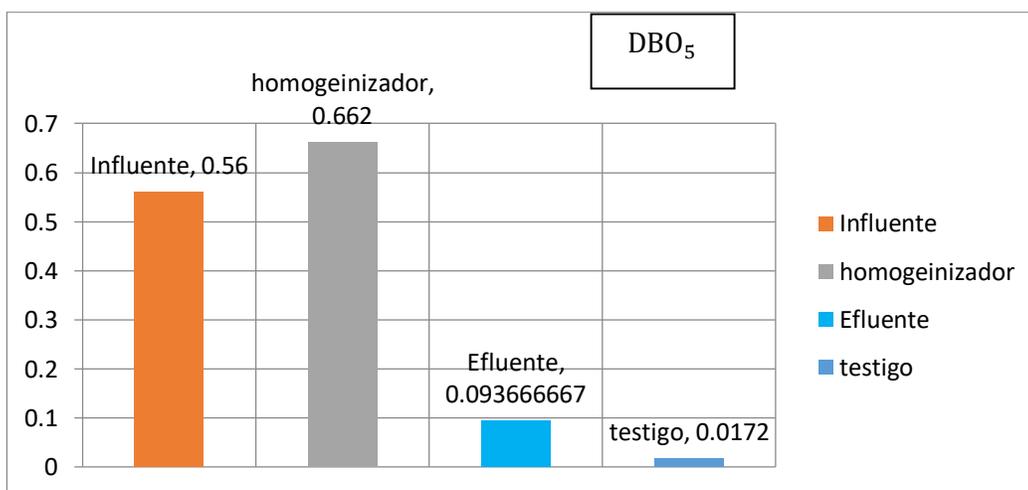


Figura 16. DBO<sub>5</sub> de cada muestra y un testigo.

#### 4.8. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

En este parámetro los resultados que cambian mínimamente según el sitio de muestreo (Cuadro 10). Puede observarse que el agua tratada es buena para el uso agronómico, según la NOM-003-SEMARNAT-1997 no aplica (N/A), lo que indica la ausencia de componentes metálicos.

Cuadro 10. Demanda Química de Oxígeno (DQO) de cada sitio de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

Muestra	DQO (mg/l)	NOM-003-SEMARNAT-1997
<b>Influente</b>	50.615	N/A
<b>Homogeinizador</b>	50.63	N/A
<b>Efluente</b>	50.7075	N/A
<b>testigo</b>	50.7175	N/A

En la Figura 17 se muestran los valores obtenidos de los tres sitios de muestreo, así como un testigo, siendo menor en el efluente que en influente, como se espera que sea. Sin embargo, esta norma no aplica para riego.

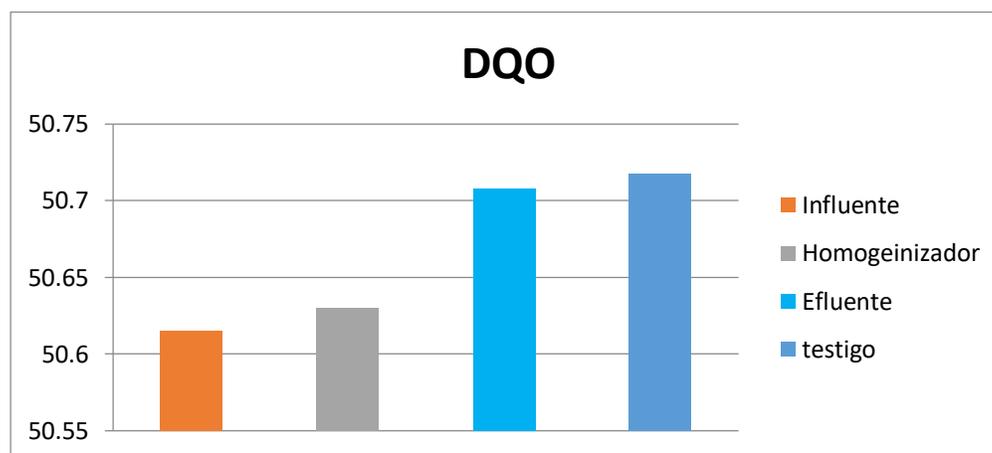


Figura 17. Valores de DQO con respecto a sitio de muestreo.

#### 4.9. Determinación de Grasas y Aceites (G y A)

Los resultados de las Grasas y Aceites (G y A) (Cuadro 11 y Figura 18) que se reportan en cada una de las muestras, rebasan los límites máximos permisibles que son 15 mg/l de la NOM-003-SEMARNAT-1997. El agua cruda entra con una gran concentración de grasas y aceites (950mg/l) la cual, se ve que baja su concentración en el efluente a 205 mg/l que sobrepasa el valor con mucho lo recomendado por dicha norma (15 mg/l).

Cuadro 11. Grasas y Aceites (G y A) de cada sitio de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

Muestra	Grasas y Aceites (mg/L)	NOM-003-SEMARNAT-1997
Influyente	950	-----
Homogeneizador	765	-----
Efluente	205	15

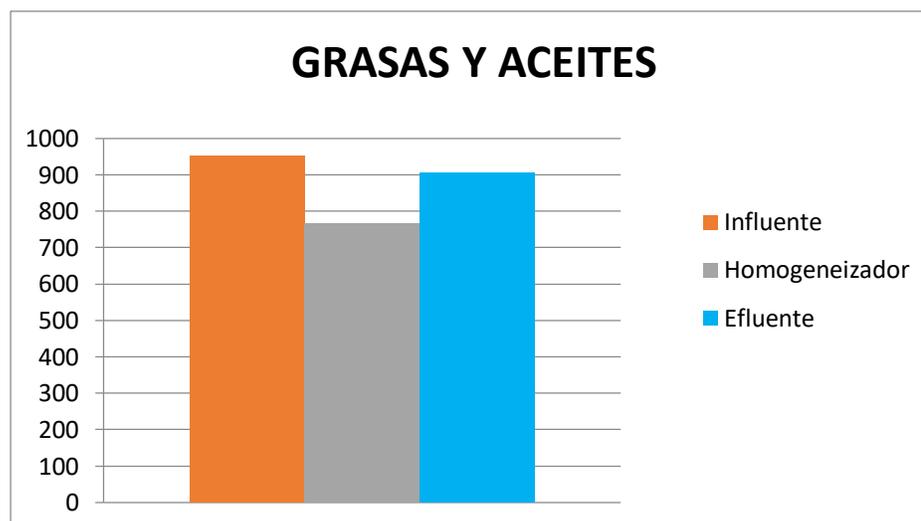


Figura 18. Grasas y Aceites (G y A) de cada muestreo.

#### 4.10. Determinación de Coliformes Totales y Fecales (CT y CF)

En el Cuadro 12 los resultados obtenidos (Cuadro 12) muestra los resultados de Coliformes Totales (CT) y Coliformes Fecales (CF). En el efluente 27 NMP/100ml teniendo en un inicio un NMP/100ml >1600, resultando un agua de buena calidad, ya que la NOM-003-SEMARNAT-1997 permite un valor <1000 NMP/100 mg/l para el reúso del agua en la agricultura.

Cuadro 12. Coliformes Totales y Fecales (CT y CF) en cada sitio de muestreo y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

Sitio de muestreo	CALDO VERDE BILIS	CALDO ECOLE	NOM-003- SEMARNAT-1997
	NMP/100ml	NMP/100ml	NMP/100ml
<b>INFLUENTE</b>	>1600	>1600	-----
<b>HOMOGEINIZADOR</b>	>1600	>1600	-----
<b>EFLUENTE</b>	27	27	<1000
	COLIFORMES TOTALES (CT)	COLOFORMES FECALES(CF)	

#### 4.11. Calidad de Agua

Como puede observarse cada uno de los aniones ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{Cl}^-$ ) y cationes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) cumple un papel muy importante en la calidad del agua, ya que tiene un rango permisible para que pueda ser usada en el campo agronómico. En los resultados obtenidos solamente el Mg (5.1 mg/l) del efluente no cumple con la norma para riego sin considerar el cultivo, observándose en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Resultados obtenidos en los diferentes sitios de muestreo con respecto a la Calidad de Agua y su comparación con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

Muestra	cantidad de titulación para cada muestra				
	Calcio (meq/l)	Magnesio (meq/l)	Carbonatos (meq/l)	Bicarbonatos (meq/l)	Cloruro (meq/l)
Influyente	4.1	12	1.2	11.9	4.784
Homogeinizador	6.5	7.2	1.4	11.1	6.072
Efluente	1.4	13.1	0.7	6.1	5.152
<b>NOM-003- SEMARNAT- 1997</b>	20	5	0 - 1	10	<30

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) que pasan la norma y los Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) que no aplica (N/A) se debe de tener cuidado por el taponamiento que pueden causar a los emisores de riego.

En lo que respecta a Grasas y Aceites (G y A) el valor rebasa lo indicado por la norma, es recomendable instalar un desengrasador para disminuir este valor y pueda ser reusada el agua en riego con seguridad.

Los valores obtenidos de Coliformes Totales (CT) y Coliformes Fecales (CF) permiten el reúso seguro para el riego de los cultivos sin riesgo a la salud humana.

El agua del efluente se clasifica como  $C_3$ , alta en sales para cultivos que soporten riegos con alta concentración de sales y suelos con buen drenaje.

## VI. LITERATURA CITADA

*Comisión Nacional del Agua\_CNA\_2017. Estadísticas del Agua en México, México. Pág. 67.*

*Comisión Nacional del Agua\_CNA\_2017. Estadísticas del Agua en México, México Pág. 134.*

*FAO y FIDA\_2006. El agua para la alimentación, la agricultura y los medios de vida rurales. Pág. 47.*

*Ríos D. 2006. Riesgos biológicos y subproductos de la desinfección en el agua de bebida. Pág. 32.*

*Rodríguez A. 2006. Remoción de nitrógeno en un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical a escala de banco. España.Pág.63.*

*Rojas R. 2002. Curso Internacional “Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales”. México. Pág. 9.*