

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**



Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de La Palma, departamento de Chalatenango, El Salvador.

**Por:**

Br. Yariel José Pineda Mancía

Br. Ariel Antonio Avalos Ochoa

Ciudad Universitaria, junio de 2019



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**



Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de La Palma, departamento de Chalatenango, El Salvador.

**Por:**

Br. Yariel José Pineda Mancía

Br. Ariel Antonio Avalos Ochoa

Ciudad Universitaria, junio de 2019

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE DESARROLLO RURAL**



Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de La Palma, departamento de Chalatenango, El Salvador.

**Por:**

Br. Yariel José Pineda Mancía

Br. Ariel Antonio Avalos Ochoa

**Requisito para optar al título de:**

Ingeniero Agrónomo

Ciudad Universitaria, junio de 2019

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

Lic. M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

**SECRETARIO GENERAL:**

Lic. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

Ing. M. Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

**SECRETARIO:**

Ing. M. Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO RURAL:**

---

Ing. y Lic. EDGAR MARROQUÍN MENA

**DOCENTES DIRECTORES**

---

Ing. M. Sc. EFRAÍN ANTONIO RODRÍGUEZ URRUTIA

---

Licda. M. Sc. ADA YANIRA ARIAS DE LINARES

---

Licda. CLAUDIA MARIA ARRIAZA ALFARO

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

---

Ing. Agr. RAFAEL ANTONIO ESPINO BARAHONA

## Resumen

La investigación se llevó a cabo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de La Palma, en el departamento de Chalatenango, en El Salvador, ubicada a 1,059 metros sobre el nivel del mar. El objetivo era evaluar el funcionamiento en cuanto a manejo, operación y mantenimiento de dicha Planta, así como también conocer si cumple con los parámetros establecidos en la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09, y elaborar una propuesta para el manejo de la Planta.

Se realizaron cinco muestreos de las aguas residuales, dos en la época seca, uno en la época de transición y dos durante la época lluviosa, con el objetivo de comparar si existía variación de los resultados en las diferentes épocas del año. Dentro de cada muestreo se tomaron 15 muestras para análisis físico-químicos, microbiológicos y aceites y grasas; en total se hicieron 75 muestras de aguas residuales en los cinco muestreos.

Los análisis de Sólidos Suspendidos, pH, Conductividad, Turbidez, Nitratos, Fosfatos y la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) fueron realizados en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas; los análisis de Aceites y Grasas, y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia; los análisis microbiológicos de Coliformes Fecales y Totales se realizaron en el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD), todos de la Universidad de El Salvador.

Según los resultados obtenidos en la investigación, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales cumple su función en los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), pH, Temperatura, Nitratos y Fosfatos; pero no está cumpliendo su función para los parámetros Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Grasas y Aceites, Sólidos Totales Disueltos, Turbidez y Conductividad eléctrica, ya que los resultados sobrepasan los límites máximos que la Norma establece. Para el parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) se cumplen los parámetros solamente en ciertas épocas del año.

**Palabras claves:** Planta de tratamiento, aguas residuales, La Palma, evaluar, funcionamiento, análisis, ANDA, Coliformes, DQO,  $DBO_5$ .

## **Abstract**

The investigation was carried out in the Wastewater Treatment Plant of the municipality of La Palma, in the department of Chalatenango, in El Salvador, located 1,059 meters above sea level. The objective was to evaluate the operation in terms of management, operation and maintenance of said Plant, as well as to know if it complies with the parameters established in the Salvadoran Standard for Wastewater Discharged to a Receiving Body NSO 13.49.01: 09, and to elaborate a proposal for the management of the Plant.

Five samplings of wastewater were carried out, two in the dry season, one during the transition period and two during the rainy season, in order to compare whether there was variation in the results at different times of the year. Within each sample, 15 samples were taken for physical-chemical, microbiological and oil and fat analyzes; In total 75 sewage samples were made in the five samplings.

The analysis of Suspended Solids, pH, Conductivity, Turbidity, Nitrates, Phosphates and the Oxygen Biochemical Demand (BOD<sub>5</sub>) were carried out in the Agricultural Chemistry Laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences; the analysis of Oils and Fats, and the Chemical Oxygen Demand (COD) were carried out in the laboratory of the Faculty of Chemistry and Pharmacy; the microbiological analyzes of Fecal and Total Coliforms were carried out in the Center for Research and Development in Health (CENSALUD), all of the University of El Salvador.

According to the results obtained in the investigation, the Wastewater Treatment Plant fulfills its function in the parameters Biochemical Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>), pH, temperature, nitrates and phosphates; but it is not fulfilling its function for the parameters Total Coliforms, Fecal Coliforms, Fats and Oils, Dissolved Total Solids, turbidity and electrical conductivity, since the results exceed the maximum limits established by the Norm. For the parameter Chemical Oxygen Demand (COD) parameters are met only at certain times of the year.

**Key words:** Treatment plant, wastewater, La Palma, evaluate, operation, analysis, ANDA, Coliforms, COD, BOD<sub>5</sub>



## **Agradecimientos**

A Dios, por la vida, por siempre cuidarme y protegerme durante mis estudios y permitirme llegar hasta este momento para culminar mi carrera universitaria.

A mis padres Joel Pineda Solís y Sonia Elizabeth Mancía, por brindarme su apoyo incondicional en el trayecto de mi vida y mis estudios, por su esfuerzo de formarme como profesional y ser una persona de bien para la sociedad.

A mis hermanos: Joel, Julián, Brenda y Alex que siempre han influido grandemente en mi vida y formación como persona.

A Rocío Alejandra Gutiérrez Rivera, por el apoyo, amor y comprensión en todo momento, por siempre ayudarme a ser mejor persona e influir grandemente en mi vida profesional.

Al Ingeniero Efraín Antonio Rodríguez Urrutia por su apoyo como asesor de tesis y orientación en la vida profesional

A la Licenciada Ada Yanira Arias de Linares por el apoyo como asesora de tesis y en la realización de los análisis en el laboratorio del Departamento de Química Agrícola.

A la licenciada Claudia María Arriaza de ANDA por el apoyo como asesora de tesis.

A la Licenciada Amy Elieth Moran Rodríguez del laboratorio de CENSALUD por su apoyo y contribución académica y profesional en nuestra tesis.

Al personal del laboratorio de Agua de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador por el apoyo en los análisis.

Al Banco de Desarrollo de El Salvador (BANDESAL) por el apoyo económico brindado en la realización de nuestra investigación

A la unidad del medio ambiente y personal que labora en la planta de tratamiento de aguas residuales de La Palma, Chalatenango, por permitirnos llevar a cabo esta investigación y el apoyo en todo momento.

A los miembros de la Junta Directiva de la Asociación de Estudiantes de Ciencias Agronómicas (ASECAS) periodo 2015-2017.

A los familiares, amigos y compañeros que estuvieron incondicionalmente en apoyo durante mi formación profesional agradecimientos infinitos.

**Yariel José Pineda Mancia**

## **Agradecimientos**

A Dios y la Virgen María, por darme sabiduría, entendimiento y fortaleza para poder culminar este trabajo de investigación.

A mi madre Rosa Clemencia Ochoa Hernández y a mi padre Héctor Raúl Avalos por apoyarme en todo momento de mi vida y darme las fortalezas de seguir adelante en todo.

A Fernando Ochoa y Belia Ochoa por su apoyo incondicional durante mis estudios.

A mis hermanos Ana Ochoa, Raúl Ochoa, Roberto Ochoa y Walter Ochoa, que, aunque estén lejos me estuvieron apoyando durante todo este tiempo.

Al Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia y a la Lic. Ada Yanira Arias de Linares, por su apoyo como Asesores de tesis.

A mis amigos que siempre estuvieron brindando ese apoyo incondicional y sus consejos para seguir adelante durante todos mis estudios.

Al Banco de Desarrollo de El Salvador (BANDESAL), por su apoyo en el financiamiento para la realización de la investigación.

A la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), principalmente a la Lic. Claudia María Arriaza por su apoyo como asesor de tesis.

**Ariel Antonio Avalos Ochoa**

## Índice de Contenido

	Página
Resumen .....	iv
Abstract .....	v
Agradecimientos .....	vi
Índice de Contenido .....	ix
Índice de Cuadros .....	xii
Índice de Figuras .....	xiii
Índice de Anexos .....	xiv
1. Introducción .....	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA .....	2
2.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	2
2.2. Desarrollo Sostenible .....	2
2.3. Desarrollo Rural .....	3
2.4. Desarrollo Local .....	4
2.4.1. Sostenibilidad del Desarrollo Local .....	4
2.5. Recursos Naturales .....	5
2.6. Recurso Agua .....	5
2.7. Contaminación del Agua .....	6
2.7.1. Eutrofización .....	7
2.8. Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales .....	7
2.8.1. Tratamiento Primario .....	8
2.8.2. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Palma, Chalatenango .....	8
2.8.3. Mantenimiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) .....	11
2.9. Parámetros a analizar para determinar la calidad del agua residual .....	13
2.10. Diagnóstico y evaluación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales .....	14
2.11. Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09 .....	15
2.11.1. Coliformes .....	16
2.11.2. Coliformes totales .....	16
2.11.3. Coliformes fecales .....	16
2.11.4. Demanda Química de Oxígeno (DQO) .....	17
2.11.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....	17

2.11.6. Solidos Totales (ST) .....	17
2.11.7. Solidos Suspendidos .....	17
2.11.8. Solidos Sedimentables .....	18
2.11.9. Grasas y Aceites .....	18
2.11.10. pH .....	18
2.11.11. Fosfatos .....	18
2.11.12. Nitratos .....	19
2.11.13. Turbidez .....	19
2.11.14. Conductividad .....	19
3. MATERIALES Y METODOS .....	20
3.1. Ubicación de la investigación .....	20
3.2. Metodología de campo .....	20
3.3. Puntos de muestreo .....	22
3.4. Medición de Caudal .....	22
3.5. Metodología de Laboratorio .....	23
3.6. Metodología estadística .....	26
4. Resultados y Discusión .....	26
4.1. Caracterización de las aguas de la Planta de Tratamiento .....	26
4.1.1. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5 .....	26
4.1.2. Resultados de la Demanda Química de Oxígeno DQO .....	27
4.1.3. Resultados de Grasas y Aceites .....	28
4.1.4. Resultados de Solidos Totales Suspendidos .....	29
4.1.5. Resultados de Fosfatos .....	30
4.1.6. Resultados de Nitratos .....	31
4.1.7. Resultados de pH .....	32
4.1.8. Resultados de Turbidez .....	33
4.1.9. Resultados de Temperaturas .....	34
4.1.10. Resultados de Conductividad .....	35
4.1.11. Resultados de Coliformes Fecales .....	36
4.1.12. Resultados de Coliformes totales .....	37
4.2. Análisis Estadístico .....	38
4.2.1. Componentes principales para parámetros físico-químicos .....	38
4.2.2. Prueba de componentes principales para parámetros Físico- químicos.....	40
4.2.3. Medidas de Resumen para Grasas y Aceites .....	41
4.2.4. Prueba de análisis de correspondencia para Grasas y Aceites .....	41
4.2.5. Medidas de Resumen para Coliformes Totales y Coliformes	

Fecales .....	42
4.2.6. Prueba de análisis de correspondencia para Coliformes fecales .....	43
4.2.7. Prueba de análisis de correspondencia para coliformes Totales .....	44
4.2.8. Prueba de análisis de componentes principales para Coliformes Totales y Coliformes Fecales .....	45
5. CONCLUSIONES .....	47
6. RECOMENDACIONES .....	48
7. BIBLIOGRAFÍAS .....	50
8. ANEXOS .....	56

## Índice de Cuadros

Página

Cuadro 1. Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Palma Chalatenango.....	12
Cuadro 2. Boleta de evaluación de la PTAR.....	15
Cuadro 3. parámetros y valores admisibles para aguas residuales de tipo ordinario ..	16
Cuadro 4. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) afluente .....	27
Cuadro 5. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) efluente .....	27
Cuadro 6. Resultados de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el afluente .....	27
Cuadro 7. Resultados de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el efluente .....	28
Cuadro 8. Resultados de Grasas y Aceites en el afluente .....	28
Cuadro 9. Resultados de Grasas y Aceites en el efluente .....	29
Cuadro 10. Resultados de Sólidos Totales Suspendidos en el afluente .....	29
Cuadro 11. Resultados de Sólidos Totales Suspendidos en el efluente .....	30
Cuadro 12. Resultados de Fosfatos en el afluente .....	30
Cuadro 13. Resultados de Fosfatos en el efluente .....	31
Cuadro 14. Resultados de Nitratos en el afluente .....	31
Cuadro 15. Resultados de Nitratos en el efluente .....	32
Cuadro 16. Resultados de pH en el afluente .....	32
Cuadro 17. Resultados de pH en el efluente .....	33
Cuadro 18. Resultados de Turbidez en el afluente .....	33
Cuadro 19. Resultados de Turbidez en el efluente .....	33
Cuadro 20. Resultados de Temperatura en el afluente .....	34
Cuadro 21. Resultados de Temperatura en el efluente .....	34
Cuadro 22. Resultados de Conductividad Eléctrica en el afluente .....	35
Cuadro 23. Resultados de Conductividad Eléctrica en el efluente .....	35
Cuadro 24. Resultados de Coliformes fecales en el afluente .....	36
Cuadro 25. Resultados de Coliformes fecales en el efluente .....	36
Cuadro 26. Resultados de Coliformes totales en el afluente .....	37
Cuadro 27. Resultados de Coliformes totales en el efluente .....	38

## Índice de Figuras

	Página
Figura 1. Proceso de tratamiento primario.....	8
Figura 2. Tanque RAFA.....	9
Figura 3. Filtro biológico.....	9
Figura 4. Sedimentador Secundario.....	10
Figura 5. Tanque de cloración.....	10
Figura 6. Digestor de lodos.....	10
Figura 7. Procesos del tratamiento de las aguas residuales en la PTAR de La Palma Chalatenango.....	11
Figura 8. Ubicación de la investigación.....	20
Figura 9. Hieleras y Frascos para toma de muestras.....	21
Figura 10. Toma de muestras.....	21
Figura 11. Rotulación de muestras.....	22
Figura 12. Sitios de la PTRR donde se tomaron las muestras de aguas residuales.....	23
Figura 13. Filtrado de muestras y uso de sonda multiparametros para hacer análisis.....	24
Figura 14. Análisis de coliformes fecales y totales en el laboratorio de CENSALUD.....	24
Figura 15. Análisis de grasas y aceites.....	25
Figura 16. Mezcla y filtrado de muestras de agua para análisis de DQO.....	25
Figura 17. Componentes Principales para parámetros fisicoquímicos .....	39
Figura 18. Gráfico de análisis de correspondencia para grasas y aceites .....	41
Figura 19. Gráfico de análisis de correspondencia para coliformes fecales .....	43
Figura 20. Gráfico de análisis de correspondencia para coliformes totales .....	44
Figura 21. Gráfico de Componentes principales .....	45



## Índice de Anexos

Página

Anexo 1. Calculo de caudal en época seca.....	56
Anexo 2. Calculo de caudal en época de transición.....	56
Anexo 3. Calculo de caudal en época lluviosa.....	56
Anexo 4. Resultados de 1º análisis DQO y Grasas y aceites (afluente).....	57
Anexo 5. Resultados de 1º análisis DQO y Grasas y aceites (efluente).....	58
Anexo 6. Resultados de 1º análisis de coliformes totales y fecales (afluente).....	59
Anexo 7. Resultados de 1º análisis coliformes totales y fecales (efluente).....	60
Anexo 8. Resultados de 2º análisis de coliformes totales y fecales (afluente).....	61
Anexo 9. Resultados de 2º análisis de coliformes totales y fecales (efluente).....	62
Anexo 10. Resultados de 2º análisis DQO y Grasas y aceites (afluente).....	63
Anexo 11. Resultados de 2º análisis DQO y Grasas y aceites (efluente).....	64
Anexo 12. Resultado del 3º análisis.....	65
Anexo 13. Resultados de 4º análisis para coliformes totales y fecales (afluente).....	66
Anexo 14. Resultados de 4º análisis para coliformes totales y fecales(efluente).....	67
Anexo 15. Resultados del 4º análisis DQO y Grasas y Aceites (afluente).....	68
Anexo 16. Resultados del 4º análisis DQO y Grasas y Aceites (efluente).....	69
Anexo 17. Resultados del 5º análisis coliformes totales y fecales (afluente).....	70
Anexo 18. Resultados del 5º análisis coliformes totales y fecales (efluente).....	71
Anexo 19. Resultados del 5º análisis DQO y Grasas y Aceites (afluente).....	72
Anexo 20. Resultados del 5º análisis DQO y Grasas y Aceites (efluente).....	73
Anexo 21. Resultado del primer análisis de parámetros físico-químicos.....	74
Anexo 22. Resultado del segundo análisis de parámetros físico-químicos .....	74
Anexo 23. Resultado del cuarto análisis de parámetros físico-químicos .....	74
Anexo 24. Resultado del quinto análisis de parámetros físico-químicos .....	75
Anexo 25. Calculo de eficiencia .....	75
Anexo 26. Comparación de la eficiencia en diferentes épocas del año .....	76
Anexo 27. Medidas de resumen para parámetros físico-químico .....	76
Anexo 28. Medidas de Resumen para Grasas y Aceites .....	78
Anexo 29. Medidas de Resumen para Coliformes Totales y Coliformes Fecales .....	78

## 1. Introducción

Internacionalmente se sabe que 2,600 millones de personas carecen de acceso al saneamiento apropiado en el mundo, según cálculos de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Si la tendencia actual se mantiene, en 2020 habrá 3,000 millones de personas sin acceso al saneamiento básico, las regiones con la peor cobertura son el África subsahariana (31%), el sur de Asia (36%) y Oceanía (53%). Los problemas fundamentales que empeoran la situación en muchos países son una infraestructura deficiente, escasez de recursos humanos y medios insuficientes para mejorar la situación (Olea 2013).

El crecimiento de la urbanización y la población humana aumentan los problemas de contaminación y en consecuencia el suministro de agua potable y el tratamiento de las aguas residuales. Debido a esto se han desarrollado diferentes técnicas como el tratamiento aerobio y anaerobio en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, para disminuir la contaminación de ríos y lagos, las cuales están siendo adoptadas por diferentes sectores industriales y municipales, ya que son requisitos exigidos por parte de las autoridades ambientales de El Salvador.

En El Salvador la calidad del agua de los ríos es mala ya que solo el 5% del agua superficial es apta para ser potable mediante procesos convencionales. Casi todas las aguas rebasan los límites establecidos para una buena calidad medioambiental y sanitaria en Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) y coliformes fecales. La mala calidad del agua y el poco acceso a ella afectan la calidad de vida, la productividad y la salud de la población y de los ingresos de los diferentes sectores, ya que las personas pobres del área rural dedican un porcentaje de su tiempo productivo para acarrear agua a sus viviendas (ANDA 2009).

Una vez las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales estén operando, éstas deben seguir un programa de monitoreo y vigilancia continua sobre su funcionamiento, para saber qué tan eficiente es y además solucionar a tiempo los problemas que se estén presentando (Domínguez 2009).

El objetivo de esta investigación fue conocer y evaluar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Palma, Chalatenango, y el cumplimiento de la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09, y conocer por medio de análisis físicos, químicos y microbiológicos, si el agua descargada al río La Palma presenta algún tipo de contaminantes.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible**

Son una herramienta de planificación para los países en el periodo 2015-2030, tanto a nivel nacional como local. Gracias a su visión a largo plazo, constituirán un apoyo para cada país en su senda hacia un desarrollo sostenido, inclusivo y en armonía con el medio ambiente, protegiendo el planeta y garantizando que todas las personas gocen de paz y prosperidad a través de políticas públicas e instrumentos de presupuesto, monitoreo y evaluación (CEPAL 2016).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son los siguientes:

- 1) Fin de la pobreza.
- 2) Hambre cero.
- 3) Salud y Bienestar.
- 4) Educación de calidad.
- 5) Igualdad de Género.
- 6) Agua limpia y saneamiento.
- 7) Energía asequible y no contaminante.
- 8) Trabajo decente y crecimiento económico.
- 9) Industria innovación e infraestructura.
- 10) Reducción de las desigualdades.
- 11) Ciudades y comunidades sostenibles.
- 12) Producción y consumo responsables.
- 13) Acción por el clima.
- 14) Vida submarina.
- 15) Vida de ecosistemas terrestres.
- 16) Paz justicia e instituciones sólidas.
- 17) Alianza para lograr los objetivos (FAO 2015).

### **2.2. Desarrollo Sostenible**

Se define como el proceso capaz de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas. Es decir, el concepto involucra las dimensiones que vinculan la eficiencia económica, la equidad social y la conservación ambiental, o el trípode de la sostenibilidad. Desde la perspectiva de la planificación para el desarrollo sostenible se puede conceptuar como el proceso de cambio social y elevación de las oportunidades de la sociedad, compatibilizando en el tiempo y en el espacio, el crecimiento y la eficiencia económicos, la

conservación ambiental, la calidad de vida y la equidad social, partiendo de un claro compromiso con el futuro y de la solidaridad entre generaciones (IICA 2011).

### **2.3. Desarrollo Rural**

Es el proceso de revitalización equilibrado y auto sostenible del mundo rural basado en su potencial económico, social y medioambiental, mediante una política regional y una aplicación integrada de medidas con base territorial por parte de organizaciones participativas (Cortes 2013).

Desde el punto de vista del enfoque territorial de desarrollo rural planteado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), son cuatro las dimensiones a considerar:

- **Dimensión económica.** Se deben plantear a priori resultados económicos (productivos) que utilicen de manera eficiente los recursos locales para generar nuevas oportunidades de empleo e ingresos, fortaleciendo cadenas productivas e integrando redes de pequeñas empresas.
- **Dimensión social.** Debe sentar las bases para establecer procesos que promuevan equidad social (de género, etaria y etnia), a través del acceso a los servicios básicos de salud, educación e infra-estructura básica (habitación, energía eléctrica, caminos viales, entre otros).
- **Dimensión ambiental.** Es la base para promover la comprensión del ambiente como activo del desarrollo, de manera que se adopte el principio de sustentabilidad y se enfatice el principio de gestión integrada de los recursos naturales. La dimensión ambiental se incorpora en todas las decisiones y prioridades de inversión, no sólo como una medida preventiva, sino también en propuestas innovadoras tales como servicios ambientales, la recuperación de áreas degradadas, protección de manantiales, el establecimiento de corredores ecológicos, cobertura vegetal de laderas y áreas de reserva y de preservación. De igual forma, se debe incorporar de forma permanente el manejo de residuos sólidos y líquidos de todos los procesos productivos.
- **Dimensión político-institucional.** Por una parte, incluye las organizaciones administrativas locales y su relación con el sistema nacional (municipios, organismos locales del Estado, agencias locales de empresas nacionales, otras); por otra, debe incluir las organizaciones deliberativas locales en donde juegan un papel fundamental los legislativos municipales, Juntas locales, otras, por donde también pasan las decisiones (IICA 2011).

## **2.4. Desarrollo Local**

Es ese conjunto de procesos económicos, sociales, culturales, políticos y territoriales, a través de los cuales una comunidad, a partir de sus propias potencialidades y de las oportunidades que le brinda el entorno, accede al bienestar, sin exclusiones ni discriminaciones, y garantiza las condiciones para que futuras generaciones también puedan hacerlo.

En el marco del desarrollo local es importante mirar la relación del desarrollo con la cultura, la economía, el medio ambiente y género. La cultura no es un factor instrumental para el desarrollo, sino una dimensión que en cierta medida orienta el tipo de desarrollo y lo potencializa. En otras palabras, los planificadores del desarrollo han de tener un conocimiento cabal de su sociedad y su cultura, no sólo para estar seguros de que sus políticas económicas responden a las aspiraciones y necesidades de las comunidades interesadas, sino también para ser capaces de aprovechar, con miras a la ejecución exitosa de dichas políticas, esa fuerza dinámica que constituye la identidad de un pueblo y que es el elemento estratégico de cualquier cultura (Arizaldo 2011).

### **2.4.1. Sostenibilidad del Desarrollo Local**

Según la FAO, citado por Monterroso (2014) el desarrollo es sostenible cuando se conserva la tierra, el agua y todos los recursos sin degradar el medio ambiente, asegurando la viabilidad económica y la aceptación social. En este sentido es importante tomar en cuenta que el concepto de sostenibilidad no se centra ni es exclusivo de las cuestiones ambientales en tanto que la sostenibilidad afecta las dimensiones económica, ambiental y social del desarrollo. Un ejemplo claro de dónde se puede analizar la sostenibilidad es en los procesos de producción para la generación de un producto, en donde el uso del agua y la disposición de basura o residuos es clave. Es por eso que cuando se habla de producción se hace referencia a las exigencias actuales de producción limpia o producción ecológica inclusive orgánica.

El nuevo enfoque del desarrollo local no habla de un desarrollo económico local, sino de desarrollo local sostenible, como aquel promovido y desarrollado por autoridades locales en pro del desarrollo sostenible de su comunidad, para actuar hacia la mejora ambiental del municipio y como un proceso donde la forma local de gobierno, ampliamente comunitaria y participativa, tiene por objetivo establecer una exhaustiva estrategia de acción para la protección del medio ambiente, la prosperidad económica y el bienestar social dentro del ámbito local (Morales 2006).

## **2.5. Recursos Naturales**

Los recursos naturales –tierra, agua y el material genético– son esenciales para la producción de alimentos, el desarrollo rural y los medios de subsistencia sostenibles. Desafortunadamente, por el acceso a estos recursos es probable que en muchas regiones aumenten los conflictos –presentes desde hace mucho tiempo en la historia humana– debido al aumento de la demanda de alimentos, fibras y energía, así como a la pérdida y degradación de las tierras productivas. La transformación de las condiciones agrícolas, una escasez mayor de agua, la pérdida de biodiversidad, los acontecimientos meteorológicos extremos y otros efectos del cambio climático exacerbarán los conflictos. Para salvaguardar la agricultura productiva habrá que afrontar estos desafíos (FAO s. f.).

La disponibilidad en el tiempo, tasa de generación (o regeneración) y ritmo de uso o consumo, se clasifican en renovables y no renovables. Los recursos naturales renovables son aquellos recursos que no se agotan con su utilización, debido a que vuelven a su estado original o se regeneran a una tasa mayor a la tasa con que los recursos son disminuidos mediante su utilización. Esto significa que ciertos recursos renovables pueden dejar de serlo si su tasa de utilización es tan alta que evite su renovación. Algunos de los recursos renovables son: el bosque, el agua, viento, peces, radiación solar, energía hidráulica, madera, energía eólica y productos de la agricultura. (Rivera 2010).

Los recursos naturales no renovables son aquellos que no pueden ser producidos, cultivados, regenerados o reutilizados a una escala tal que pueda sostener su tasa de consumo. Estos recursos frecuentemente existen en cantidades fijas o consumidas mucho más rápido de lo que la naturaleza puede recrearlos. Algunos de los recursos no renovables son: petróleo, minerales, metales, gas natural y los depósitos de agua subterránea, siempre que sean acuíferos confinados sin recarga. En ocasiones es el uso abusivo y sin control que los convierte en agotados, como por ejemplo en el caso de la extinción de especies. Otro fenómeno puede ser que el recurso exista, pero que no pueda utilizarse, como sucede con el agua contaminada, otros (Rivera 2010).

## **2.6. Recurso Agua**

El agua es esencial para la supervivencia y el bienestar humano, y es importante para muchos sectores de la economía. Los recursos hídricos se encuentran repartidos de manera desigual en el espacio y el tiempo, y sometidos a presión debido a las actividades humanas (GreenFacts 2009).

El agua de la Tierra se encuentra naturalmente en varias formas y lugares: en la atmósfera, en la superficie, bajo tierra y en los océanos. El agua dulce representa sólo el 2,5% del agua de la Tierra y se encuentra en su mayoría congelada en glaciares y casquetes glaciares, el resto se presenta principalmente en forma de agua subterránea y sólo una pequeña fracción se encuentra en la superficie o en la atmósfera. Las precipitaciones (lluvia, nieve, rocío, otros.) son imprescindibles para renovar los recursos hídricos, así como determinantes para las condiciones climáticas y la biodiversidad locales. En función de las condiciones locales, las precipitaciones pueden alimentar ríos o lagos, recargar los suministros de aguas subterráneas o volver a la atmósfera por evaporación; sin embargo, debido al cambio climático, muchos de ellos están retrocediendo (GreenFacts 2009).

En todo el mundo la actividad humana y los factores naturales están agotando los recursos hídricos disponibles. Aunque en la última década la sociedad ha tomado conciencia de la necesidad de mejorar la gestión y la protección del agua, los criterios económicos y los factores políticos todavía tienden a dirigir todos los ámbitos de la política del agua. La ciencia y las mejores prácticas a menudo no reciben la atención adecuada. La presión sobre los recursos hídricos está aumentando, principalmente como resultado de actividades humanas tales como la urbanización, el crecimiento demográfico, la elevación del nivel de vida, la creciente competencia por el agua y la contaminación, cuyas consecuencias se ven agravadas por el cambio climático y las variaciones en las condiciones naturales. No obstante, se han realizado ciertos progresos. Cada vez más, las autoridades evalúan al mismo tiempo la cantidad y la calidad del agua, y coordinan esfuerzos de gestión (GreenFacts 2009).

## **2.7. Contaminación del agua**

Las fuentes de contaminación del agua son las siguientes:

- a) Fuentes naturales: Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo (ejemplo: sales minerales, calcio, magnesio, hierro, otras). Aunque pueden ser nocivos para la salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar.
- b) Fuentes artificiales: Producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos, difíciles de eliminar (García 2002).

Según García (2002), hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar en los siguientes ocho grupos:

1. Microorganismos patógenos.
2. Desechos orgánicos.
3. Sustancias químicas inorgánicas.
4. Nutrientes vegetales inorgánicos.
5. Compuestos orgánicos.
6. Sedimentos y materiales suspendidos.
7. Sustancias radiactivas.
8. Contaminación térmica.

### **2.7.1. Eutrofización**

Es el enriquecimiento excesivo del agua en determinados nutrientes (Fósforo y Nitrógeno), originando el crecimiento de algas. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores, dándole un aspecto nauseabundo y disminuyendo drásticamente su calidad. El proceso de putrefacción consume una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos.

Los vertidos humanos aceleran el proceso de eutrofización hasta convertirlo, muchas veces, en un grave problema de contaminación. Las principales fuentes de eutrofización son:

1. Los vertidos urbanos, que llevan detergentes y desechos orgánicos.
2. Los vertidos ganaderos y agrícolas, que aportan fertilizantes, desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos (García 2002).

### **2.8. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales**

El abastecimiento de agua limpia para la población humana continuamente en crecimiento, es uno de los problemas más severos que se enfrenta al comienzo del nuevo milenio. El desarrollo de nuevas fuentes de agua es cada día más caro. Por otra parte, un alto porcentaje del agua limpia está siendo contaminada por su uso doméstico e industrial, y vertida a ríos y lagos sin recibir ningún tipo de tratamiento.

En Centroamérica, los recursos invertidos en el tratamiento de aguas residuales han sido bajos en comparación al abastecimiento de agua potable. Parece ser que no se ha centrado en la mentalidad de la región la importancia del tratamiento de las aguas residuales para la calidad de vida, los ecosistemas, la pesca y para ese recurso que se valoriza tanto el agua limpia (PROARCA 2003).



El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reutilización (Pérez 2011).

### 2.8.1. Tratamiento Primario

Según Pérez (2011), éste tratamiento es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está hecho con maquinaria, de ahí conocido también como tratamiento mecánico, el cual consiste en:

- 1) Remoción de sólidos. El afluente es filtrado en cámaras de rejillas para eliminar todos los objetos grandes que son depositados en el sistema de alcantarillado como: trapos, plástico, latas, frutas, papel higiénico, otros.
- 2) Remoción de arena. La arena y las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento. En muchos casos la arena es enviada a un terraplén.
- 3) Sedimentación: El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos lodos que pueden ser tratados separadamente. Los tanques primarios de establecimiento se equipan generalmente con raspadores conducidos mecánicamente que llevan continuamente los lodos recogidos hacia una tolva en la base del tanque donde mediante una bomba puede llevar a éste hacia otras etapas del tratamiento (figura 1).

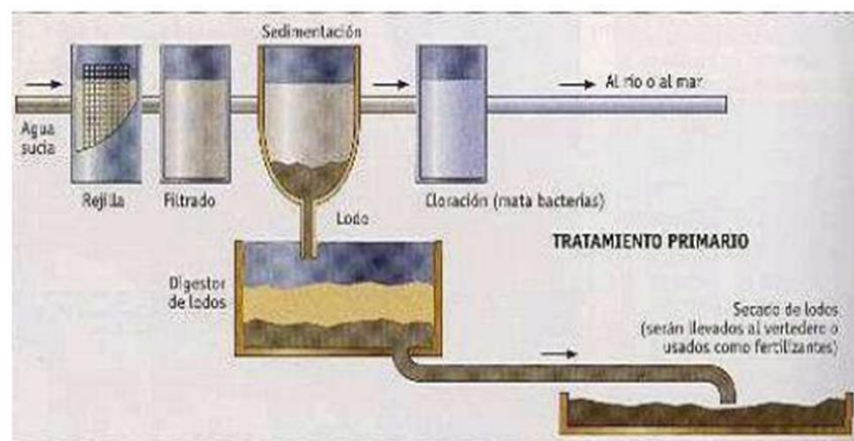


Figura 1. Proceso de tratamiento primario.

### 2.8.2. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Palma, Chalatenango

En la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de La Palma, Chalatenango, el tratamiento se realiza de la siguiente manera:

1. Tanque RAFA (Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente –UASB-, por sus siglas en inglés): Es un tanque en el cual el agua residual ingresa por el fondo, distribuyéndose de manera uniforme desde el fondo hacia la superficie. El tratamiento se produce al entrar en contacto el agua residual con las partículas que son capas de lodo formadas por gránulos de microbios de 0.5 a 2 mm de diámetro.



Figura 2. Tanque RAFA.

2. Filtro Biológico: Es de forma rectangular, la función principal es la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual a través de un medio filtrante.



Figura 3. Filtro Biológico.

3. Sedimentador Secundario: Es rectangular, en esta unidad son retenidas las partículas o sólidos que se encuentran en suspensión y que son capaces de sedimentar por acción de su propio peso o por la biofloculación entre ellos, de tipo floculento, durante un período de retención establecido en dos horas.



Figura 4. Sedimentador Secundario.

4. Tanque de Cloración: Está ubicado como tratamiento final con el fin de desinfectar el efluente a través del cloro en la forma de sodio o de calcio.



Figura 5. Tanque de Cloración.

5. Digestor de Lodos: La digestión de los lodos extraídos del tanque RAFA y del sedimentador secundario se depositan en un tanque cilíndrico cuyo diámetro interno es de cinco metros, donde son completamente estabilizados los lodos por acción de bacterias anaerobias y facultativas (SAGRISA 2005).



Figura 6. Digestor de lodos.

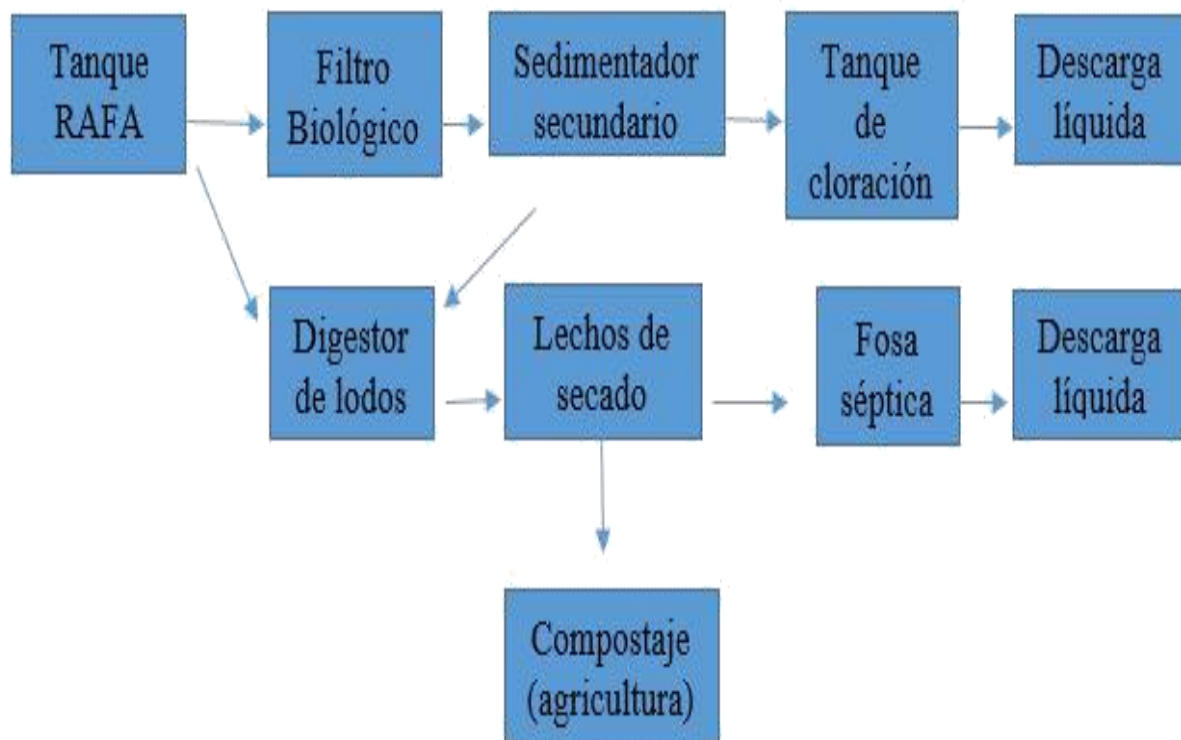


Figura 7. Procesos del tratamiento de las aguas residuales en la Planta de Tratamiento de La Palma, Chalatenango.

### 2.8.3. Mantenimiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

El mantenimiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es la conservación o protección de componentes o equipos para una condición determinada, especialmente en lo que se refiere a su eficiencia y bajo costo de operación. Las principales ventajas del mantenimiento son las siguientes: mejor conservación de los equipos, aumento de la calidad y de la productividad, disminución de paralizaciones imprevistas, disminución de reparaciones, reducción de horas extras, otras (Velasco 2010).

El mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Palma, Chalatenango, consiste en las siguientes actividades (Cuadro 1).

Cuadro 1. Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Palma, Chalatenango.

<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Rejilla</b>	
Limpiar rejilla	Dos veces al día, en lluvia cada 2 horas
Lijar y pintar con pintura Anticorrosiva	Una vez al año
<b>Canal desarenador</b>	
Revisar sistema de compuertas	Una vez cada semana
Lijar y pintar con pintura Anticorrosiva compuertas y Vertederos	Una vez al año
Limpieza del canal desarenador	Cada vez que se llene la cámara de almacenamiento
<b>Tanque UASB</b>	
Verificar obstrucciones entrada y salida	Una vez al día
Limpiar y engrasar válvulas	Una vez cada 6 meses
Descarga de lodos	Una vez cada 6 meses
<b>Filtro biológico</b>	
Limpieza de canaleta distribuidora	Una vez al día
Limpieza de vigas canal	Una vez al día
Limpieza de costados laterales de vigas	Cada 3 días en época seca, en época lluviosa cada semana
Aplicar agua a presión en la superficie del lecho filtrante	Cada 15 días en época seca
<b>Sedimentador</b>	
Extracción de sólidos flotantes	Una vez al día
Extracción de lodos	Cada 2 días
Limpieza del canal recolector perimetral y cincho de concreto	Una vez al día
Lijar y pintar con pintura anticorrosiva las partes metálicas	Una vez al año
<b>Tanque de cloración</b>	
Revisar tuberías en entrada y salida	Una vez a la semana
Limpieza del fondo del tanque	Cuando sea necesario
<b>Digestor de lodos</b>	
Verificar la presencia de objetos extraños	Una vez al día
Evacuación de lodos a patios de secado	Cada 2 meses en época seca, cada 4 meses en época lluviosa.
<b>Lechos de secado de lodos</b>	
Revisar tuberías de carga y descarga de lodos	Una vez al mes
Revisar obstrucción en tuberías de drenaje	Una vez cada 2 meses

Fuente: Tomado de SAGRISA (2005).

## 2.9. Parámetros a analizar para determinar la calidad del agua residual

Para determinar la calidad de un agua residual es necesario analizar los siguientes parámetros:

### 1) Parámetros físicos

- Características organolépticas (olor, color).
- Temperatura (la temperatura óptima es de 8-15° C).
- Conductividad (debido a las sales).
- Turbidez (Pérez 2011).

### 2) Parámetros químicos:

a) Parámetros orgánicos: miden la cantidad de materia orgánica que hay en el agua, a mayor cantidad de materia orgánica en el agua menor calidad de la misma.

- DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno): Mide el oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia. El periodo de incubación tras el cual se realiza la medición suele ser de 5 días, comparándose el valor obtenido con el original presente en la muestra. Se determina así la cantidad aproximada de oxígeno utilizado para degradar biológicamente la materia orgánica.
- DQO (Demanda Química de Oxígeno): Mide el oxígeno disuelto requerido para oxidar la materia mediante un agente químico. Mide la cantidad de materia orgánica total (la biodegradable y la no biodegradable).

b) Parámetros inorgánicos: los más usuales son el pH y la concentración de sales.

c) Gases: los gases presentes habitualmente en las aguas naturales son el nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono, que son gases comunes en la atmósfera, mientras que en las aguas residuales hay sulfuro de hidrógeno, metano y amoniacó, que proceden de la descomposición de la materia orgánica. Por otro lado, en las aguas desinfectadas se puede encontrar cloro y ozono (Pérez 2011).

3) Parámetros microbiológicos: Este control es exclusivo para aguas de uso humano. Se basan en medir la presencia de microorganismos como bacterias coliformes y los microorganismos patógenos que producen cólera, por ejemplo. Además de estos

parámetros existen organismos bioindicadores que pueden informar sobre la calidad del agua, éstos son larvas de algunos insectos, moluscos, que no pueden vivir en aguas contaminadas (Pérez 2011).

## **2.10. Diagnóstico y evaluación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

Se realiza para determinar si el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es el adecuado y si se están cumpliendo las leyes y normativas. A partir de los resultados obtenidos se pueden hacer observaciones, recomendaciones y de esta manera lograr los resultados esperados de dicha planta de tratamiento.

### **Paso a) Recopilar información:**

- Archivos de control de operación de la Planta;
- Planos de replanteo de obra de la Planta;
- Esquema de flujo de la Planta;
- Manuales de operación y mantenimiento;
- Manuales de los equipos;
- Presupuestos anteriores y el del año en curso;
- Capacidad de la Planta;
- Proyecciones.

### **Paso b) Recorrido por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.**

Se efectúa un recorrido por toda la Planta, desde el afluente, pasando por cada proceso unitario, mientras se llena la ficha de inspección. Durante este recorrido se debe preguntar a los operadores acerca de cualquier factor que pueda estar limitando la operación y mantenimiento.

### **Paso c) Recopilación de datos de control de la operación.**

Se construirán gráficos a partir de la información histórica de los resultados de calidad del agua de campo y laboratorio (Romero 2000).

Se puede utilizar una boleta, para diagnosticar el estado de la Planta, identificando los datos en que se encuentran los parámetros a evaluar (Cuadro 2).

Cuadro 2. Boleta de evaluación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Fecha:	Hora:	
Especificación: Norma NSO 13.49.01.09, Agua Residual Tipo Ordinario		
Determinación	Especificación	Resultados
Descripción		
Referencia: Standard methods for the examination of water and wastewater, 22 <sup>nd</sup> . Ed (SMEWW) Método: 2110		
Fecha final de análisis		
pH	5.50 – 9.0	8.3
Referencia: SMEWW: método 4500- H+B		
Fecha final de análisis		
Sólidos suspendidos totales	60 mg/L	112.0 mg/L
Referencia: SMEWW: método 2540 D		
Fecha final de análisis		
Sólidos Sedimentados	1 ml/L	0.2 ml/L
Referencia: SMEWW: Método: 2540 F		
Fecha final de análisis		
Demanda Química de Oxígeno	150 mg/L	92.9 mg/L
Referencia: SMEWW: método: 5220 D		
Fecha final de análisis		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	60 mg/L	43.7 mg/L
Referencia: SMEWW: método: 5210– OC		
Fecha final de análisis		

Fuente: SAGRISA (2005).

### 2.11. Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09

La Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09, establece las características y valores permisibles que debe presentar el agua residual para proteger los cuerpos receptores. Esta Norma distingue entre aguas residuales de carácter ordinario como el agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares; y aguas residuales de tipo especial como el agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario (MARN 2009).



Cuadro 3. Parámetros y valores admisibles para aguas residuales de tipo ordinario según la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales NSO 13.49.01:09.

Parámetro	Valor máximo admisible
DBO <sub>5</sub>	60 mg/l
DQO	150 mg/l
Sólidos en suspensión	60 mg/l
Fósforo total	15 mg/l
Nitrógeno total	50 mg/l
Coliformes fecales	2,000 NMP/100 ml
Coliformes totales	10,000 NMP/100 ml

Fuente: MARN (2009).

### 2.11.1. Coliformes

Los coliformes son bacilos cortos que se han definido como bacterias aerobias o anaerobias facultativas, que fermentan la lactosa con producción de gas. Las principales especies de bacterias coliformes son el *Escherichia coli* y *Enterobacter aerogenes*; no obstante, las especies que es posible que se ajusten a estos criterios son más de veinte (Roman et al. 2012).

### 2.11.2. Coliformes totales

Las coliformes totales incluyen una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gran negativo y no esporulantes, capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 horas a 35° – 37° C. *Escherichia coli* y los coliformes termolábiles son un subgrupo del grupo de los coliformes totales que pueden fermentar la lactosa a temperaturas más altas. Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales (excluida *E. coli*) están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de las personas y animales, pero muchos coliformes son heterótrofos y capaces de multiplicarse en suelos y medios acuáticos. Los coliformes totales pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua, sobretodo en presencia de biopelículas (Galvis y Rivera 2013).

### 2.11.3. Coliformes fecales

Para llegar a este grupo en un análisis de laboratorio hay que determinar primero los coliformes totales. Este grupo incluye a los coliformes capaces de crecer a temperaturas elevadas de 44.5° o 45° C. Para *Escherichia coli* la temperatura óptima de crecimiento del microorganismo es de 37° C, con un intervalo de crecimiento de 10° a 40° C. Su pH óptimo de crecimiento es de 7.0 a 7.5, con un pH mínimo de crecimiento de 4.0 y un pH máximo

de crecimiento de 8.5. Este microorganismo es relativamente termo-sensible y puede ser destruido con facilidad a temperaturas de pasteurización (Galvis y Rivera 2013)

#### **2.11.4. Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo (IDEAM 2007).

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

Es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general aguas residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO<sub>5</sub> se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales. En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO<sub>5</sub> representa en promedio un 65 a 70% del total de la materia orgánica oxidable. La DBO<sub>5</sub> como todo ensayo biológico, requiere cuidado especial en su realización, así como conocimiento de las características esenciales que deben cumplirse, con el fin de obtener valores representativos confiables (Metcalf 1996).

#### **2.11.6. Sólidos Totales (ST)**

La determinación de los sólidos totales permite estimar los contenidos de materias disueltas y suspendidas presentes en un agua, pero el resultado está condicionado por la temperatura y la duración de la desecación. Su determinación se basa en una medición cuantitativa del incremento de peso que experimente una cápsula tras la evaporación de una muestra y secado a peso constante entre 103° a 105° C (Argandoña y Macías 2013).

#### **2.11.7. Sólidos Suspendidos (SS)**

Constituyen uno de los límites que se fijan a los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Los sólidos suspendidos se determinan como la cantidad de material retenido después de filtrar un determinado volumen de muestra, a través de crisoles "GOOCH" o filtros de fibra de vidrio que utilizan como medio filtrante. En la actualidad se prefiere utilizar filtros de membrana con un tamaño de poro de aproximadamente 1.2 micrómetros ( $1.2 \times 10^{-6}$  metros). Los sólidos suspendidos son principalmente de naturaleza orgánica, están formados por algunos de los materiales más objetables contenidos en el agua residual. La mayor parte de los sólidos suspendidos son desechos humanos,

desperdicios de alimentos, papel, trapos y células biológicas que forman una masa de sólidos suspendidos en el agua (Argandoña y Macías 2013).

#### **2.11.8. Sólidos Sedimentables**

Los sólidos sedimentables son el grupo de sólidos cuyos tamaños de partícula corresponde a 10 micras o más y que pueden sedimentar (Argandoña y Macías 2013).

#### **2.11.9. Grasas y Aceites**

Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que, al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

Su efecto en los sistemas de tratamientos de aguas residuales o en las aguas naturales se debe a que interfieren con el intercambio de gases en el agua y la atmosfera. No permite el libre paso del oxígeno hacia el agua ni la salida de CO<sub>2</sub> del agua hacia la atmosfera; en casos extremos pueden llegar a producir la acidificación del agua junto con bajos niveles de oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar (Toapanta 2011).

#### **2.11.10. pH**

Es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua. Por lo general, un agua con pH menor de 6.0 es considerada agresiva y corrosiva para los metales. Un pH ácido en el agua no necesariamente indica la presencia de ácidos, pues algunas sales como las de aluminio pueden generar pH 4 por hidrólisis. El pH tiene gran importancia en el tratamiento del agua, especialmente en la coagulación, desinfección y estabilización (Bonilla 2015).

#### **2.11.11. Fosfatos**

Las especies químicas de fósforo más comunes en el agua son los ortofosfatos, los fosfatos condensados (piro-, meta- y polifosfatos) y los fosfatos orgánicos. Estos fosfatos pueden estar solubles como partículas de detritus o en los cuerpos de los organismos acuáticos (Bonilla 2015).

Es común encontrar fosfatos en el agua. Son nutrientes de las vidas acuáticas y limitantes del crecimiento de las plantas; sin embargo, su presencia está asociada con la eutrofización

de las aguas, con problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos, con acumulación de sedimentos (Roldán 2003).

#### **2.11.12. Nitratos**

Los nitratos son derivados del Nitrógeno que se encuentra en formas diferentes en los ecosistemas acuáticos y terrestres, estas formas incluyen Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3$ ), Nitritos ( $\text{NH}_2$ ). Los nitratos son esenciales para el desarrollo de las plantas, pero en cantidades excesivas pueden causar problemas de calidad de las aguas. Junto con el Fósforo, cantidades excesivas de Nitrato pueden acelerar la eutrofización, que causa un gran incremento del crecimiento de las plantas acuáticas y cambios en los tipos de plantas y animales que viven en el cauce. El exceso de Nitratos (10 mg/l o más) puede causar hipoxia (niveles bajos de Oxígeno disuelto) y llegar a ser tóxico para animales de sangre caliente en ciertas condiciones (Drinan y Spellman 2000).

Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua. En general, los nitratos (sales del ácido nítrico) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos (Bonilla 2015).

#### **2.11.13. Turbidez**

Es la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. La turbidez es ocasionada por una serie de causas, las más importantes pueden ser la erosión natural de las cuencas, la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos, la contaminación causada por industrias en sus procesos o por desechos domésticos (Bonilla 2015).

#### **2.11.14. Conductividad**

La conductividad es un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones especialmente de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , fosfatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos. Las aguas que tienen altas concentraciones de conductividad son corrosivas (Sierra 2011).

### 3. Materiales y Métodos

#### 3.1. Ubicación de la investigación

La investigación se llevó a cabo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de La Palma, departamento de Chalatenango, en El Salvador, ubicada a 1,059 metros sobre el nivel del mar (msnm), con coordenadas geográficas Latitud 14.3167 y Longitud -89.1667.

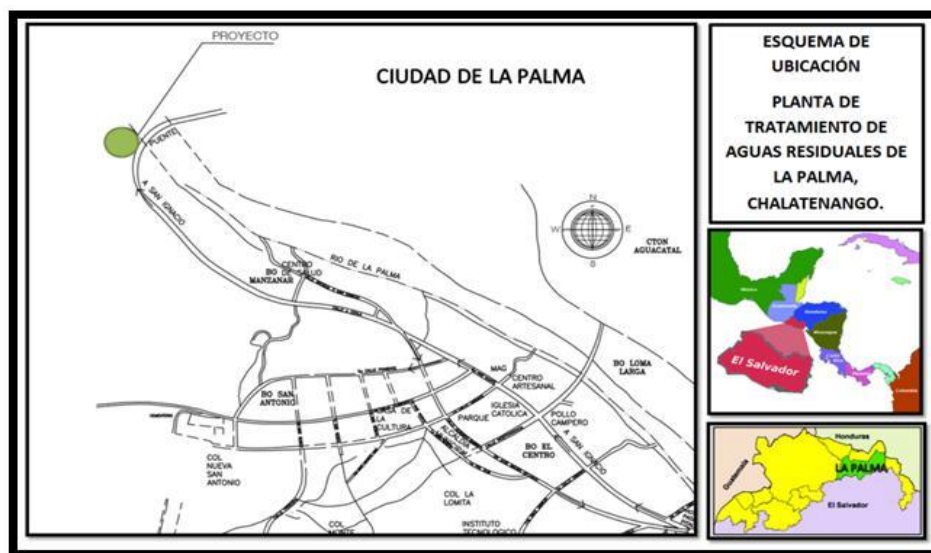


Figura 8. Mapa de ubicación de la investigación.

#### 3.2. Metodología de campo

Durante la investigación se realizaron cinco muestreos de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento, el primer muestreo se realizó en el mes de septiembre de 2017 correspondiente al primer muestreo de la época lluviosa; el segundo muestreo se hizo en enero 2018 correspondiente al primer muestreo de la época seca; el tercer muestreo se realizó a principios del mes de abril, que fue el segundo muestreo de la época seca; el cuarto muestreo se realizó a finales del mes de abril correspondiente al muestreo de la época de transición y el quinto muestreo se realizó en junio y fue el segundo muestreo de la época lluviosa. En los muestreos se analizaron: Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Totales Suspendedos, Aceites y Grasas, Nitratos, Fosfatos, pH, temperatura, turbidez y conductividad eléctrica.

Para el análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se utilizaron frascos de vidrio color ámbar de un litro de capacidad, para los análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Totales Suspendedos, Grasas y Aceites, Nitratos, Fosfatos, pH, Turbidez, Temperatura, y conductividad eléctrica se utilizaron frascos de polietileno de un litro, para

las muestras de coliformes totales y coliformes fecales se utilizaron frascos de polietileno esterilizados.



Figura 9. Frascos y hieleras utilizados para la toma de muestras de aguas residuales.

Al momento de realizar cada muestreo los frascos se enjuagaron tres veces antes de proceder a llenarlos, identificando los frascos con las muestras de agua residual con la siguiente información: lugar, fecha, hora del muestreo y análisis que se realizara; después los frascos fueron depositados en una hielera, teniendo el cuidado de mantener la cadena de frío a una temperatura de más o menos 4° C.



Figura 10. Toma de muestras de aguas residuales.



Figura 11. Muestras rotuladas y colocadas en hielera.

Las muestras de aguas residuales para análisis de Coliformes Totales y Coliformes Fecales fueron llevadas al laboratorio del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD); las muestras para análisis de Aceites y Grasas, y Demanda Química de Oxígeno al laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia; y las muestras para análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos, Fosfatos, Sólidos Totales Suspendidos, pH, temperatura, conductividad y turbidez al laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, todos de la Universidad de El Salvador. Los resultados de los análisis de las muestras fueron comparados con los valores de la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09.

### 3.3. Puntos de muestreo

Las aguas residuales pasan por diferentes procesos de depuración dentro de la Planta de Tratamiento, los cuales se presentan en la figura 12.

Las muestras fueron tomadas en los siguientes puntos, de acuerdo a las unidades de la Planta de Tratamiento: 1º Afluente, 2º trampa de grasa, 3º RAFA, 4º filtro biológico, 5º sedimentador secundario, y 6º Efluente.

### 3.4. Medición del Caudal

Para la medición del caudal, se realizó un aforo volumétrico de la siguiente manera: se colocó una reja impidiendo el paso total del agua, se esperó a que el canal se llenara completamente, se preparó un balde con capacidad de 5 galones y un cronómetro. Al momento de colocar el balde en el flujo de agua se inició el cronómetro, cuando el balde

se llenó por completo se detuvo. Repitiendo este proceso por tres veces y sacando un promedio, la medición del caudal se realizó en época seca, en la época de transición y en la época lluviosa.

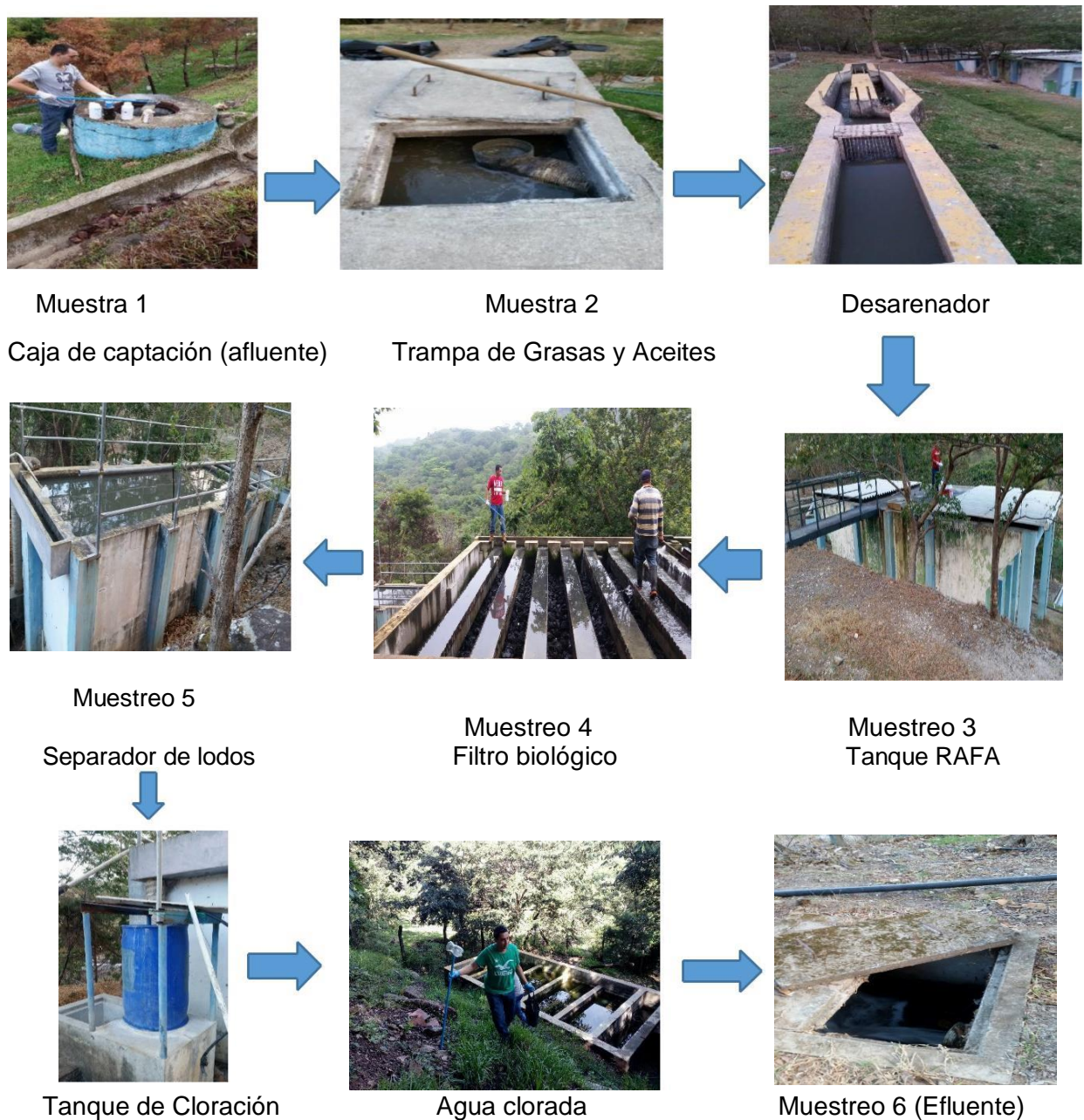


Figura 12. Sitios de la Planta de Tratamiento donde se tomaron las muestras de aguas residuales.

### 3.5. Metodología de laboratorio

Las muestras de aguas residuales se tomaron entre las 5:30 am y 6:00 am, y fueron trasladadas hacia los laboratorios debidamente protegidas e identificadas para realizar los análisis.



En el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, la primer actividad que se realizaba con las muestras fue el filtrado, para ello se utilizó papel filtro Watman número 42, para posteriormente realizar los análisis de: conductividad eléctrica, solidos totales y solidos suspendidos, los que fueron medidos con una Sonda Multiparámetros; el pH se medía con un Peachímetro el cual se calibro con una solución buffer; la turbidez se midió en un Espectrofotómetro; para los análisis de nitratos y fosfatos se medía con unos kit que traen sus respectivos reactivos (sólidos y líquidos); y la temperatura se midió con un termómetro.



Figura 13. Filtrado de muestras y uso de sonda multiparámetros para hacer análisis.

En el laboratorio de CENSALUD ubicado en la Universidad de El Salvador se realizaron los análisis de coliformes fecales y coliformes totales. Para estos análisis las muestras no son filtradas, se toman 10 ml de cada muestra y se realizan varias diluciones con una solución búfer, luego las muestras se pasan a incubadora. En las primeras 24 horas se observa si hay viraje de color de café a azul verdoso o inflorescencia y para obtener mejores resultados se están revisando diariamente dichos virajes de colores por al menos 5 días.



Figura 14. Análisis de coliformes fecales y totales en el laboratorio de CENSALUD.

En el laboratorio fisicoquímico de aguas de la Facultad de Química y Farmacia se realizaron los análisis de grasas y aceites, y de Demanda Química de Oxígeno. El análisis de grasas y aceites se inicia homogenizando la muestra, se mide el pH ya que para dicho análisis el pH debe ser 2, si la muestra es mayor de 2 se aplica ácido Clorhídrico 1+1 para bajarlo, al estar el pH adecuado se procedió a medir 500 ml de la muestra, luego se filtraron, al finalizar el filtrado se colocó en una estufa a 103° C por 30 minutos, después el filtrado se colocó en un balón volumétrico con Hexano, se esperó durante 4 horas para obtener resultados.



Figura 15. Análisis de grasas y aceites.

Para el análisis de DQO se utilizó un kit especial el cual contiene una cubeta de reacción, la cual se agita y se le agregan 3 ml de muestra de agua, dichos kit se colocaron por 2 horas en un termo reactor a 148° C, luego se tomó la lectura de resultados del parámetro en un fotómetro.



Figura 16. Mezcla y filtrado de la muestra de agua para análisis de DQO.

### **3.6. Metodología estadística**

Se utilizaron métodos estadísticos descriptivos multivariados tales como: análisis de correspondencia con el objetivo de crear un mapa de la posición relativa de las variables cualitativas estudiadas con cada uno de sus valores posibles; una posición que refleje el grado de asociación entre ellas. Así como también análisis de componentes principales para describir un conjunto de datos en términos de nuevas variables ("componentes") no correlacionadas y así reducir la dimensionalidad de los datos obtenidos. Dichos análisis se harán utilizando el software estadístico Infostat.

## **4. Resultados y Discusión**

La determinación de los parámetros en las aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Palma, Chalatenango, se realizó según la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 "Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor", que establece las características y valores permisibles que debe presentar el agua residual para ser descargada a un cuerpo receptor. Los resultados que no cumplen con la norma son señalizados de color amarillo en los cuadros correspondientes a cada parámetro.

Los objetivos de esta investigación son caracterizar mediante análisis de laboratorio las aguas de la Planta de Tratamiento y los efluentes de la misma; comparar si la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales cumple con los parámetros establecidos en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 "Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor" y proponer mediante los resultados una alternativa para reutilización del agua en agricultura.

### **4.1. Caracterización de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento**

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

En el cuadro 4 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del afluente o entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro DBO<sub>5</sub>, en el cual se observa que solamente en el cuarto muestreo realizado correspondiente al de la transición de la época seca a lluviosa, se sobrepasa el límite máximo permisible (60 mg/L) que establece la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 "Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor", para los demás muestreos los resultados cumplen con la Norma.

Cuadro 4. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en el Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
DBO <sub>5</sub>	14.7 mg/L	6 mg/l	36.5 mg/l	84 mg/l	60 mg/l	60 mg/l

En el cuadro 5 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro DBO<sub>5</sub>, en el cual se observa que en todos los resultados se cumple con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”, y se demuestra que la Planta de Tratamiento cumple con el tratamiento para este parámetro.

Cuadro 5. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
DBO <sub>5</sub>	6.4 mg/ L	39 mg/l	36.5 mg/l	9.54 mg/l	10.56 mg/l	60 mg/l

Según Benavidez (2006), la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) permite estimar el consumo de oxígeno que utilizarán las bacterias para degradar la materia orgánica del líquido residual disponible en los sistemas líquidos en 5 días a 20° C. Si este consumo es superior a la cantidad de oxígeno disuelto presente en ese lecho, el mismo entrara en proceso de putrefacción.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales está cumpliendo su función para el parámetro DBO<sub>5</sub>, por lo tanto, esta tiene la cantidad necesaria de oxígeno para degradar la materia orgánica presente en el agua residual.

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

En el cuadro 6 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del afluente o entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro DQO, en el cual se observa que solo el primer y el tercer muestreo cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 6. Resultados de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
DQO	64 mg/L	539 mg/L	126.3 mg/L	631 mg/L	557 mg/L	150 mg/L

En el cuadro 7 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro DQO, en el cual se observa que en segundo y quinto muestreos no se cumple con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09.

Para el segundo muestreo los valores de la DQO aumentaron significativamente debido a una ruptura de las cañerías en la carretera, permitiendo el ingreso de otro tipo de aguas, materiales y sustancias no deseadas, y para el quinto muestreo los resultados sobrepasan el límite debido al aumento del caudal en la época lluviosa, lo que demuestra que la Planta de Tratamiento cumple parcialmente con el tratamiento para este parámetro.

Cuadro 7. Resultados de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
DQO	8 mg/ L	223 mg/L	126.3mg/L	93 mg/L	156 mg/L	150 mg/L

Según Hidritec (2011), la Demanda Química de Oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica presente en un agua residual. Es, por tanto, una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente, siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos y que da una idea del grado de toxicidad del vertido.

#### 4.1.3. Grasas y Aceites

En el cuadro 8 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del afluente o entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Grasas y Aceites, en el cual se observa que solo el tercer muestreo cumple con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 8. Resultados de Grasas y Aceites en el Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Grasas y Aceites	53.4 mg/L	128.6 mg/L	Menor a 10 mg/L	72 mg/L	43.4 mg/L	20 mg/L

En el cuadro 9 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Grasas y

Aceites, en el cual se observa que solo el tercer y cuarto muestreo cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09.

Cuadro 9. Resultados de Grasas y Aceites en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Grasas y Aceites	58 mg/ L	124.2 mg/L	Menor a 10 mg/L	2 mg/L	25 mg/L	20 mg/L

El afluente y el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales contienen altas concentraciones de grasas y aceites debido a que durante el día solamente se limpia dos veces la trampa de grasas que ayuda a disminuir este parámetro.

Según Aguamarket (2017), el hecho de que las grasas y aceites sean menos densos que el agua e inmiscibles con ella, hace que se difundan por la superficie, de modo que pequeñas cantidades de grasas y aceites pueden cubrir grandes superficies de agua.

Además de producir un impacto estético, reducen la reoxigenación a través de la interfase aire-agua, disminuyendo el oxígeno disuelto y absorbiendo la radiación solar, afectando a la actividad fotosintética y, en consecuencia, la producción interna de oxígeno disuelto. Encarecen los tratamientos de depuración, y algunos aceites, especialmente los minerales, suelen ser tóxicos.

#### 4.1.4. Sólidos Totales Suspendidos

En el cuadro 10 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del afluente o entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Sólidos Totales Suspendidos, en el cual se observa que solo el primer muestreo cumple con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 10. Resultados de Sólidos Totales Suspendidos en el Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Sólidos Totales Disueltos	59.1 mg/L	265 mg/L	64 mg/L	299.5 mg/L	293 mg/L	60 mg/L

En el cuadro 11 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Sólidos

Totales Disueltos, en el cual se observa que todos los resultados no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09.

Cuadro 11. Resultados de Sólidos Totales Suspendidos en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Sólidos Totales Disueltos	141.4 mg/L	202.5 mg/L	64.0 mg/L	186.1	186.2 mg/L	60 mg/L

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no está cumpliendo las funciones para la disminución de este parámetro debido a que el desarenador tiene algunos problemas estructurales y las rejillas que retienen los sólidos deben ser más finas para disminuir las cantidades de sólidos totales disueltos que entran a la Planta de Tratamiento.

Según Fluence (2017), los sólidos totales suspendidos es una medida de la cantidad de material disuelto en el agua. Este material puede incluir lo siguiente: carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos, nitratos, calcio, magnesio, sodio, iones orgánicos, otros iones. Ciertos niveles de estos iones en el agua son necesarios para la vida acuática.

Los cambios en las concentraciones de los sólidos totales suspendidos pueden ser dañinos debido a que la densidad del agua determina el flujo del agua hacia y desde las células de un organismo; sin embargo, si las concentraciones de los sólidos totales suspendidos son demasiado altas o demasiado bajas, el crecimiento de gran parte de la vida acuática puede ser limitado y se puede producir la muerte.

#### 4.1.5. Fosfatos

En el cuadro 12 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del afluente o entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Fosfatos, en el cual se observa que todos los resultados cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 12. Resultados de Fosfatos en el Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Fósforo Total	1.3 mg/L	0.06 mg/l	4.8 mg/l	6.3 mg/l	11.7 mg/l	15 mg/l

En el cuadro 13 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Fosfatos, en el cual se observa que todos los resultados cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09.

Cuadro 13. Resultados de Fosfatos en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Fósforo total	9.7 mg/L	0.16 mg/l	4.1 mg/l	4.3 mg/l	6.8 mg/l	15 mg/l

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales está cumpliendo su función para este parámetro.

Según Bolaños et al. (2017), el ion fosfato suele operar como un nutriente del crecimiento de algas, esto quiere decir que, al existir mayor concentración de fosfatos, crecen las algas de manera desmedida, lo que a su vez afecta la cantidad de oxígeno presente en el agua y, por ende, el crecimiento descontrolado de la materia orgánica viva, situación que conlleva a una mayor tasa de descomposición, que finalmente conduce a un proceso franco de eutrofización.

#### 4.1.6. Nitratos

En el cuadro 14 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del afluente o entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Nitratos, en el cual se observa que todos los resultados cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 14. Resultados de Nitratos en el Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Nitrógeno Total	0.8 mg/L	0.98 mg/l	0.78 mg/l	0.80 mg/l	0.42 mg/l	50 mg/l

En el cuadro 15 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Nitratos, en el cual se observa que todos los resultados cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09.



Cuadro 15. Resultados de Nitratos en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Nitrógeno Total	3.5 mg/L	0.92 mg/l	0.73 mg/l	0.87 mg/l	0.6 mg/l	50 mg/l

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales está cumpliendo su función para este parámetro.

Según Palomares (2013), los nitratos son iones formados por tres átomos de oxígeno y uno de nitrógeno, con una carga negativa ( $\text{NO}_3^-$ ), no tienen color ni sabor y se encuentran en la naturaleza disueltos en el agua. Su presencia natural en las aguas superficiales o subterráneas es consecuencia del ciclo natural del nitrógeno; sin embargo, en determinadas zonas ha habido una alteración de este ciclo en el sentido de que se ha producido un aumento en la concentración de nitratos, debido fundamentalmente a un excesivo uso de abonos nitrogenados y a su posterior arrastre por las aguas de lluvia o riegos. Actualmente en la Comunidad Europea el nivel máximo permitido de nitratos en aguas potables es de 50 mg/l, siendo 25 mg/l el valor guía.

#### 4.1.7. pH

En el cuadro 16 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del afluente o entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro pH, en el cual se observa que todos los resultados cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 16. Resultados de pH en el Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
pH	6.71	8.26	7.8	7.46	7.49	5.5 – 9.0

En el cuadro 17 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro pH, en el cual se observa que todos los resultados cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09.

Cuadro 17. Resultados de pH en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
pH	7.13	8.25	7.8	7.57	7.55	5.5 - 9.0

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales está cumpliendo su función para este parámetro.

Según Espigares y Pérez (s. f.), la actividad biológica se desarrolla dentro de un intervalo de pH generalmente estricto. Un pH que se encuentre entre los valores de 5 a 9, no suele tener un efecto significativo sobre la mayoría de las especies, aunque algunas son muy estrictas a este respecto. Un aspecto importante del pH es la agresividad de las aguas ácidas, que da lugar a la solubilización de sustancias por ataque a los materiales.

#### 4.1.8. Turbidez

En el cuadro 18 se presentan los resultados de los cuatro muestreos realizados del afluente o entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Turbidez, en el cual se observa que todos los resultados no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 18. Resultados de Turbidez en el Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Turbidez	83 u	Mayor de 100 u		60 u	98 u	5 unidades

En el tercer muestreo no se realizó la medición de este parámetro debido a dificultades con el equipo de medición.

En el cuadro 19 se presentan los resultados de los cuatro muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Turbidez, en el cual se observa que todos los resultados no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09.

Cuadro 19. Resultados de Turbidez en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Turbidez	8 u	55 u		25 u	21 u	5 unidades

Según los resultados obtenidos y la comparación entre el afluente y el efluente, se observa que después que el agua pasa por todos los procesos disminuye la turbidez significativamente, sin embargo, no se logra cumplir con Norma. Los altos valores de la turbidez son debido a los desechos domésticos y a los materiales suspendidos en el agua que llega a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Según Espigares y Pérez (s. f.), la alta turbidez en las aguas residuales se debe a la cantidad de materias en suspensión (limo, materia orgánica y microorganismos). Esta turbidez, en las masas de aguas receptoras, afecta la penetración de la luz, lo que redundaría en una menor productividad primaria.

#### 4.1.9. Temperatura

En el cuadro 20 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del afluente o entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Temperatura, en el cual se observa que el primero y el segundo muestreo no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 20. Resultados de Temperatura en el Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Temperatura	19.1° C	18.3° C	23° C	21.6° C	22.5° C	20 - 35° C

En el cuadro 21 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Temperatura, en el cual se observa que el primer muestreo no cumple con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09.

Cuadro 21. Resultados de Temperatura en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Temperatura	19.1° C	22° C	23° C	21° C	22.4° C	20 - 35° C

Para este parámetro la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales mantiene la temperatura dentro del rango adecuado según la Norma, a excepción del primer muestreo en el que el termómetro no estaba debidamente calibrado.

Según Ruiz (2005), las temperaturas altas ejercen una acción perjudicial sobre las aguas receptoras, pudiendo modificar la flora y fauna de éstas, dando lugar al crecimiento indeseable de algas, hongos, entre otros.

#### 4.1.10. Conductividad Eléctrica

En el cuadro 22 se presentan los resultados de los cuatro muestreos realizados del afluente o entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Conductividad Eléctrica, en el cual se observa que el primer muestreo no cumple con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 22. Resultados de Conductividad Eléctrica en el Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Conductividad eléctrica	125.1 mS/cm	546 mS/cm		523 mS/cm	532 mS/cm	500 a 800 mS/cm

En el tercer muestreo no se realizó la medición de este parámetro debido a dificultades con el equipo de medición.

En el cuadro 23 se presentan los resultados de los cuatro muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Conductividad Eléctrica, en el cual se observa que todos los muestreos no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09.

Cuadro 23. Resultados de Conductividad Eléctrica en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Conductividad eléctrica	296 mS/cm	419 mS/cm		298 mS/cm	336 mS/cm	500 a 800 mS/cm

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales disminuye los valores de la Conductividad Eléctrica, por lo tanto, el tratamiento dado al agua en la Planta no es adecuado para controlar el parámetro conductividad.

La Conductividad Eléctrica indica la facilidad con la que la corriente eléctrica pasa a través del agua residual. Puesto que el agua pura es muy mala conductora de la corriente eléctrica, las conductividades elevadas indican presencia de impurezas, y más

concretamente de sales disueltas. Además, la conductividad informa sobre la posibilidad de usar el agua residual tratada para riegos, ya que muchos cultivos son sensibles al contenido de sales disueltas, y la exposición del terreno a riegos prolongados con aguas muy conductoras puede dar lugar a su inutilización como terreno de cultivo.

En este caso la Conductividad eléctrica de la Planta de tratamiento de aguas residuales bajo debido a que la temperatura de dicha agua es baja; así como también los Sólidos Disueltos. (MOPT s.f.).

#### 4.1.11. Coliformes fecales

En el cuadro 24 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del afluente o entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Coliformes fecales, en el cual se observa que todos los muestreos no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 24. Resultados de Coliformes fecales en el Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Coliformes Fecales	Mayor de 16,000 NMP/100 MI	Mayor de 160,000 NMP/100 MI	Mayor de 160,000 NMP/100 MI	Mayor de 23,000 NMP/100 mL	Mayor de 23,000 NMP/100 MI	2,000 NMP/100 ml

En el cuadro 25 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Coliformes fecales, en el cual se observa que solo el primer muestreo cumple con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09.

Cuadro 25. Resultados de Coliformes fecales en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Coliformes fecales	390 NMP/100 MI	Mayor de 160,000 NMP	Mayor de 160,000 NMP/100ml	Mayor de 23,000 NMP/100 mL	Mayor de 23,000 NMP/100 mL	2,000 NMP/100 ml

En este parámetro los factores que influyen en las altas concentraciones de coliformes fecales son:

- La cantidad de agua residual que entra en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es bastante, lo que hace suponer que las aguas lluvias en las viviendas del casco urbano de la ciudad de La Palma están conectadas al sistema de alcantarillado sanitario;
- El volteo del material que resulta del filtro biológico no se realiza debido a la poca mano de obra que trabaja en la Planta de Tratamiento.

El grado de desinfección requerido de cualquier sistema de desinfección por cloración puede ser obtenido mediante la variación de la dosis y el tiempo de contacto. La dosis de cloro varía con base en la demanda de cloro, las características del agua residual y los requisitos de descarga del efluente. La dosis generalmente tiene un rango de 5 a 20 miligramos por litro (mg/L). (EPA 1999).

Según Reyes (2016), el hecho de que se den intervalos de valores de las dosis de Cloro es debido a la variabilidad de las características del agua residual. Por ello, siempre que sea factible, es conveniente realizar ensayos de laboratorio para determinar las dosis óptimas de cloro.

#### 4.1.12. Coliformes totales

En el cuadro 26 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del afluente o entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Coliformes totales, en el cual se observa que todos los muestreos no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

Cuadro 26. Resultados de Coliformes totales en el Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestreos					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Coliformes Totales	Mayor de 16,000 NMP/100 MI	Mayor de 160,000 NMP/100 MI	160,000 NMP/100 MI	Mayor de 23,000 NMP/100 ml	Mayor de 23,000 NMP/100 ml	10,000 NMP/100 ml

En el cuadro 27 se presentan los resultados de los cinco muestreos realizados del efluente o salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el parámetro Coliformes totales, en el cual se observa que todos los muestreos no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09.

Cuadro 27. Resultados de Coliformes totales en el Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Análisis	Fechas de Muestras					Parámetro según la Norma NSO.13.49.01:09
	27-9-2017	31-01-2018	16-04-2018	27-04-2018	13-06-2018	
Coliformes totales	Mayor de 16,000 NMP/100 MI	Mayor de 160,000 NMP/100 MI	Mayor de 160,000 NMP/100 MI	Mayor de 23,000 NMP/100 mL	Mayor de 23,000 NMP/100 mL	10,000 NMP/100 ml

En este parámetro los factores que influyen en las altas concentraciones de coliformes totales son:

- El tanque RAFA (Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente) tuvo una ruptura en su parte superior, lo cual afecta el proceso de depuración;
- Las dosis de Cloro que están usando y la frecuencia con la que aplican no logran disminuir las concentraciones de coliformes totales.

Según DSENY (2008), el grupo de coliformes totales es menos fiable como indicador, pues no todos los coliformes son exclusivamente de origen fecal y a menudo, la proporción de coliformes no fecales es muy elevada en los climas cálidos.

#### 4.2. Análisis Estadístico

Para evaluar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se analizaron los siguientes parámetros: DQO, DBO<sub>5</sub>, Nitrógeno total, Fósforo total, Temperatura, pH, Aceites y Grasas, turbidez, conductividad, grasas y aceites, coliformes totales y coliformes fecales, y se compararon con el valor máximo permisible establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO.13.49.01:09”, a estos resultados se les realizó una Prueba de Componentes Principales y Análisis de Correspondencia mediante el programa estadístico-informático INFOSTAT.

##### 4.2.1. Medidas de Resumen de Componentes Principales para parámetros físico-químicos

En la figura 17 se observa que el Componente 1 (CP1) o eje “x” representa el 41.9% de la variación, teniendo mayor representatividad la DQO, la Conductividad y los Sólidos Totales Suspendidos, ya que son los valores que en la figura se posicionan más al lado derecho. En la misma figura, el Componente 2 (CP2) o eje “y” representa el 18.9% de la variación, teniendo mayor representatividad el Fósforo total, la temperatura y la DBO<sub>5</sub>, ya que son los parámetros que se encuentran en la parte superior del eje “y”.

En la figura 17 se utiliza la siguiente nomenclatura: F1E, F2E, F3E, F4E y F5E, la cual corresponde a las cinco fechas de los muestreos realizados y la letra E significa que ese muestreo es de la entrada o afluente del agua a la Planta de Tratamiento; en el caso de F1S, F2S, F3S, F4S y F5S, son las cinco fechas de muestreo y la letra S significa la salida o efluente del agua residual en la Planta de Tratamiento.

Los resultados obtenidos en el muestreo F2E (entrada o afluente) del 31 de enero de 2018, se presenta mayor cantidad de Turbidez y de pH; y en el muestreo F2S (salida o efluente) de la misma fecha se presenta en mayor cantidad los Sólidos Totales Suspendidos. El Nitrógeno Total no tiene mayor representatividad para esa fecha ya que se encuentra en pequeñas concentraciones.

En el caso de los parámetros físico-químicos, el que obtuvo una media mayor fue la DQO en la F4E con un valor de 631 mg/L, seguido del mismo parámetro en la F5E con un valor de 557 mg/L. El parámetro que obtuvo la media menor es el Fósforo Total con un valor de 0.06 mg/L en la F2E, seguido del mismo parámetro con 0.16 mg/L en la F2S (anexo 33).

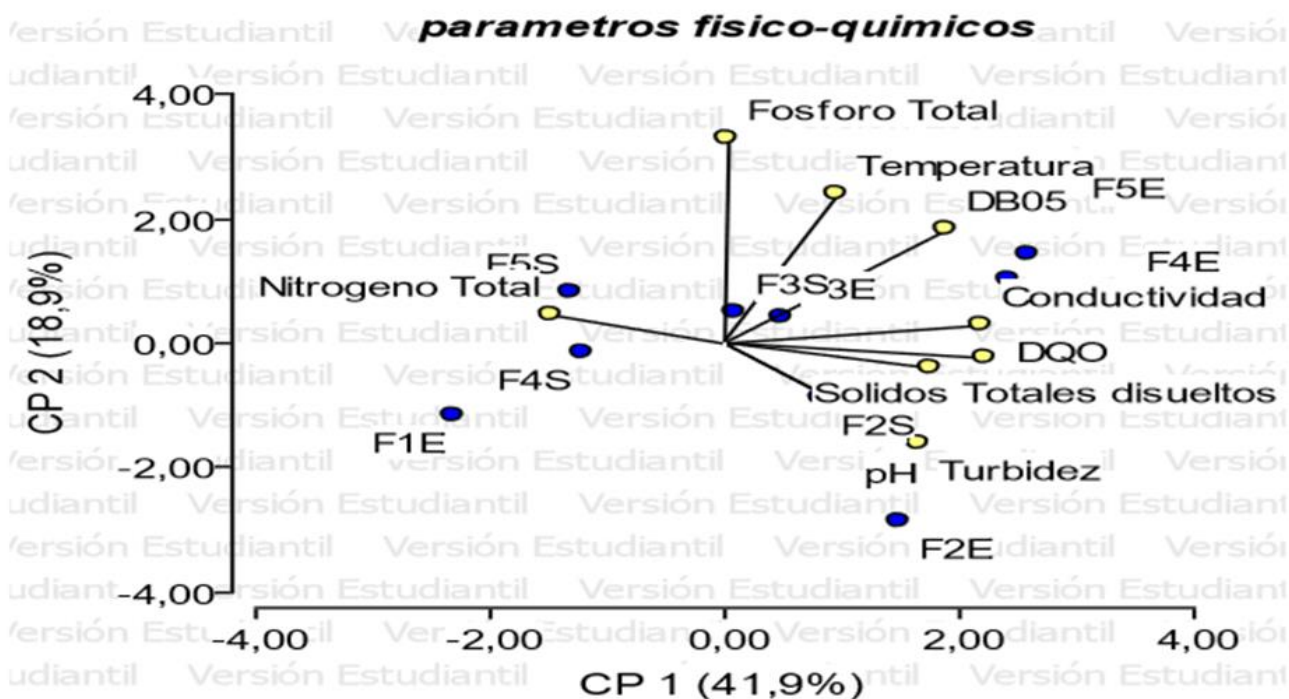


Figura 17. Componentes principales para parámetros físico-químicos



#### 4.2.2. Prueba de Componentes Principales para parámetros físico-químicos

Se realizó la prueba de Componentes Principales a los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio de las aguas afluentes y efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Los autovalores expresan los 9 parámetros que componen los análisis físico-químicos ordenados por la cantidad de varianza original que describen y centra los datos en la media de cada atributo, proporcionando el valor, la proporción y la proporción acumulada de cada parámetro. La suma de cada uno de los valores logra el 100% del total.

Los valores más altos son de los parámetros que se presentan en mayores concentraciones y se ordenan en la tabla de mayor a menor, es decir la DQO se presenta mayormente y el nitrógeno total en menor concentración.

##### Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum	Parametro
1	3,77	0,42	0,42	DQO
2	1,70	0,19	0,61	Conductividad
3	1,57	0,17	0,78	DBO <sub>5</sub>
4	1,09	0,12	0,90	Solidos Totales Disueltos
5	0,42	0,05	0,95	Turbidez
6	0,30	0,03	0,98	pH
7	0,13	0,01	1,00	Temperatura
8	0,02	2,3E-03	1,00	Fosforo Total
9	1,5E-05	1,6E-06	1,00	Nitrógeno Total

##### Autovectores

Los autovectores comprueban la información del gráfico, y se obtienen las variables o parámetros y los ejes 1 o eje "x" y el eje 2 o eje "y" con cada uno de sus valores. Los parámetros que tienen mayor representatividad, es decir, mayor valor para el eje 1 son: DQO, Conductividad, DBO<sub>5</sub> y los Solidos Totales Suspendidos; y para el eje 2 son el Fósforo Total, Temperatura y la DBO<sub>5</sub>.

Los valores más altos son de los parámetros que se presentan en mayores concentraciones.

Variables	e1	e2
Turbidez	0,33	-0,32
Nitrógeno Total	-0,30	0,09
Sólidos Totales disuel	0,35	-0,08
Temperatura	0,20	0,48
DBO <sub>5</sub>	0,39	0,36
DQO	0,45	-0,05
Conductividad	0,44	0,06
Fósforo Total	0,01	0,66
pH	0,29	-0,28

Correlación cofenética= 0,920

### 4.2.3. Medidas de Resumen para Grasas y Aceites

En el eje 1 se observa que el mayor contenido de Grasas y Aceites se encontró en el muestreo de aguas residuales F1S, (58 mg/l) realizado el 27 de septiembre de 2017; seguido del muestreo F5E (43.4 mg/l) del 13 de junio de 2018 y el muestreo F2E (128.6 mg/l) del 31 de enero de 2018.

En el eje 2 se observa que los valores de Grasas y Aceites más altos corresponden al muestreo F5S (25 mg/l) del 13 de junio de 2018, seguido de los muestreos F3E (10 mg/l) y F3S (10 mg/l) del 16 de abril de 2018; es decir, que para próximas investigaciones tomar como prioridad este parámetro para estas fechas ya que se presentan en mayores concentraciones (figura 18).

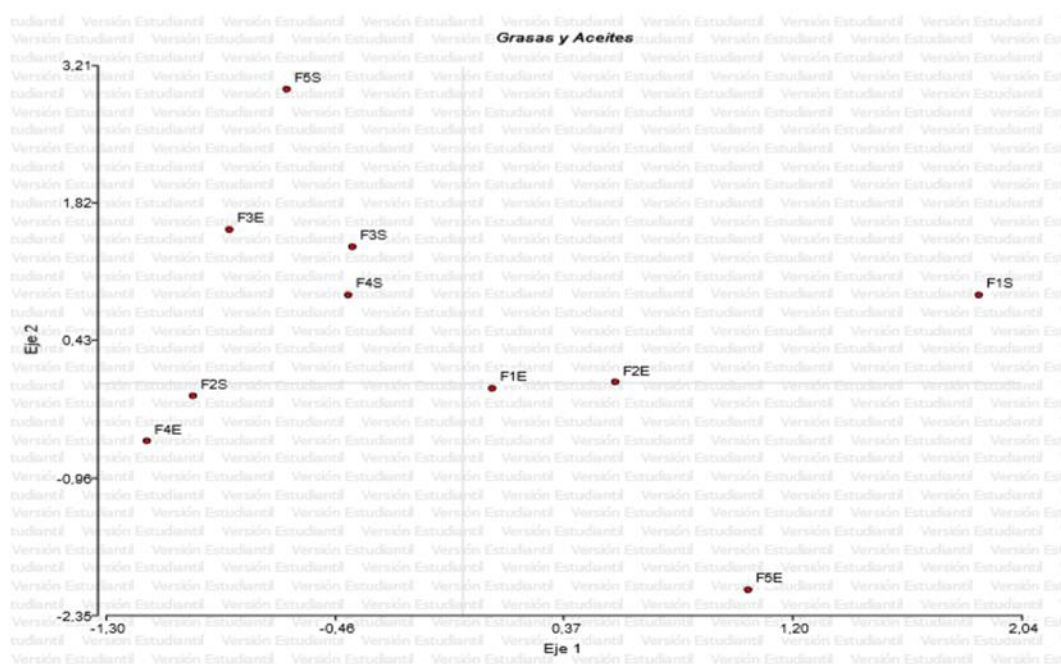


Figura 18. Análisis de correspondencia para Grasas y Aceites

En el anexo 34 se presentan las medidas de resumen para el parámetro Grasas y Aceites, en el cual se observa que donde se obtuvo una media mayor es en la fecha F2E con 128.60 mg/L, seguido de la F2S con 124.20 mg/L. La F4E fue la que obtuvo una media inferior a todas con un valor de 2 mg/L.

### 4.2.4. Prueba de análisis de Correspondencia para Grasas y Aceites

Según los resultados obtenidos en la Contribución a la Chi Cuadrado existen diferencias entre la distribución observada y la teórica, por lo tanto, no se acepta la hipótesis: Si la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales está funcionando en forma adecuada cumplirá con los parámetros establecidos en la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01.09. ya que no cumple con la normativa.

#### Contribución a la Chi cuadrado

	Autovalor	Inercias	Chi-Cuadrado	(%)	% acumulado
1	1,00	1,00	526,60	11,11	11,11
2	1,00	1,00	526,60	11,11	22,22

Las coordenadas comprueban la información de la figura. Las fechas en que se presentan mayores concentraciones de Grasas y Aceites para el eje 1 son: F1S, F5E y F2E; y para el eje 2 son: F5S, F3E y F3S.

#### Coordenadas Fila

	Eje 1	Eje 2
F1E	0,11	-0,07
F2E	0,56	-3,4E-03
F3E	-0,85	1,53
F4E	-1,15	-0,59
F5E	1,04	-2,10
F1S	1,89	0,88
F2S	-0,98	-0,14
F3S	-0,40	1,37
F4S	-0,41	0,88
F5S	-0,64	2,96

#### 4.2.5. Medidas de Resumen para Coliformes Totales y Fecales

En el anexo 35 se presentan las medidas de resumen para los parámetros coliformes totales y fecales, Los parámetros donde se obtuvo una mayor media son en las F2E, F2S, F3E Y FES con un valor de 160,000 NMP/100 ml. El parámetro q obtuvo la media menor es el coliformes fecales en F1S con un valor de 390 NMP/100 ml.

En la figura 19 se observa en el eje 1 que la mayor concentración de Coliformes fecales se obtuvo en el muestreo F5E del 13 de junio de 2018, seguido del muestreo F3E del 16 de abril de 2018 y el muestreo F1E del 27 de septiembre de 2017. En el eje 2 los valores más altos se encuentran en el muestreo F2E del 31 de enero de 2018, seguido del muestreo F1E y F3E; por lo tanto, para próximas investigaciones hay que tomar como prioridad este parámetro para estas fechas.

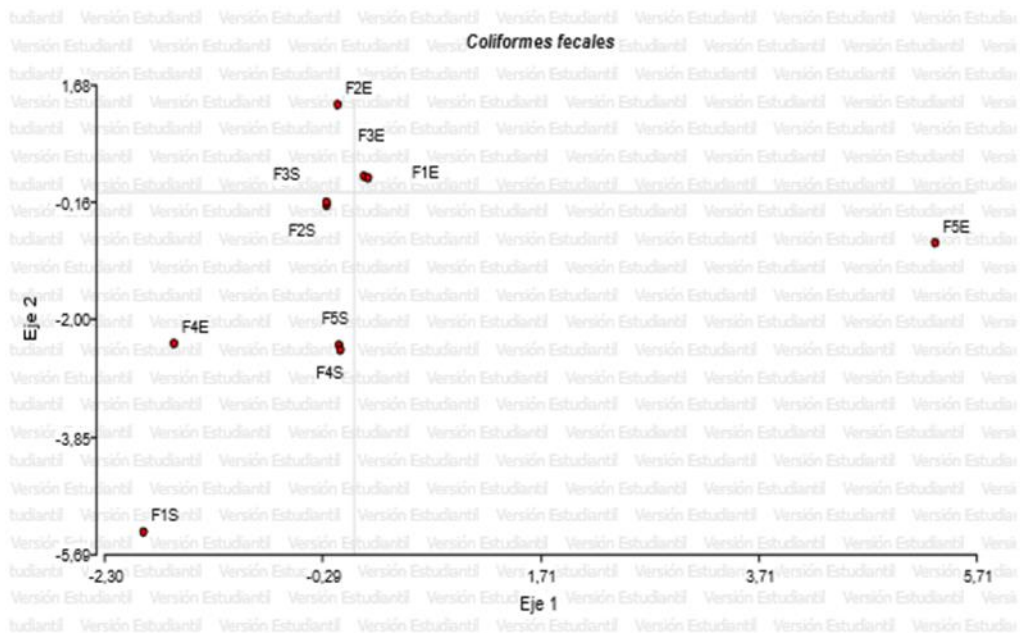


Figura 19. Análisis de correspondencia para coliformes fecales

#### 4.2.6. Prueba de análisis de correspondencia para Coliformes fecales

Según los resultados obtenidos en la Contribución a la Chi Cuadrado, existen diferencias entre la distribución observada y la teórica, por lo tanto, no se acepta la siguiente hipótesis: Si la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales está funcionando en forma adecuada cumplirá con los parámetros establecidos en la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01.09. ya que no cumple con la normativa.

##### Contribución a la Chi cuadrado

	Autovalor	Inercias	Chi-Cuadrado	(%)	% acumulado
1	1,00	1,00	748390,00	11,11	11,11
2	1,00	1,00	748390,00	11,11	22,22

Las coordenadas comprueban la información de la figura 19, ya que los muestreos en que se presentan las mayores concentraciones de Coliformes Fecales para el eje 1 son: F5E, F3E y F1E; y para el eje 2 son: F2E, F1E y F3E.

##### Coordenadas fila

	Eje 1	Eje 2
F1E	0,09	0,23
F2E	-0,14	1,35
F3E	0,14	0,22
F4E	-1,65	-2,39
F5E	5,35	-0,81
F1S	-1,93	-5,35
F2S	-0,25	-0,24
F3S	-0,25	-0,17
F4S	-0,13	-2,41
F5S	-0,12	-2,50

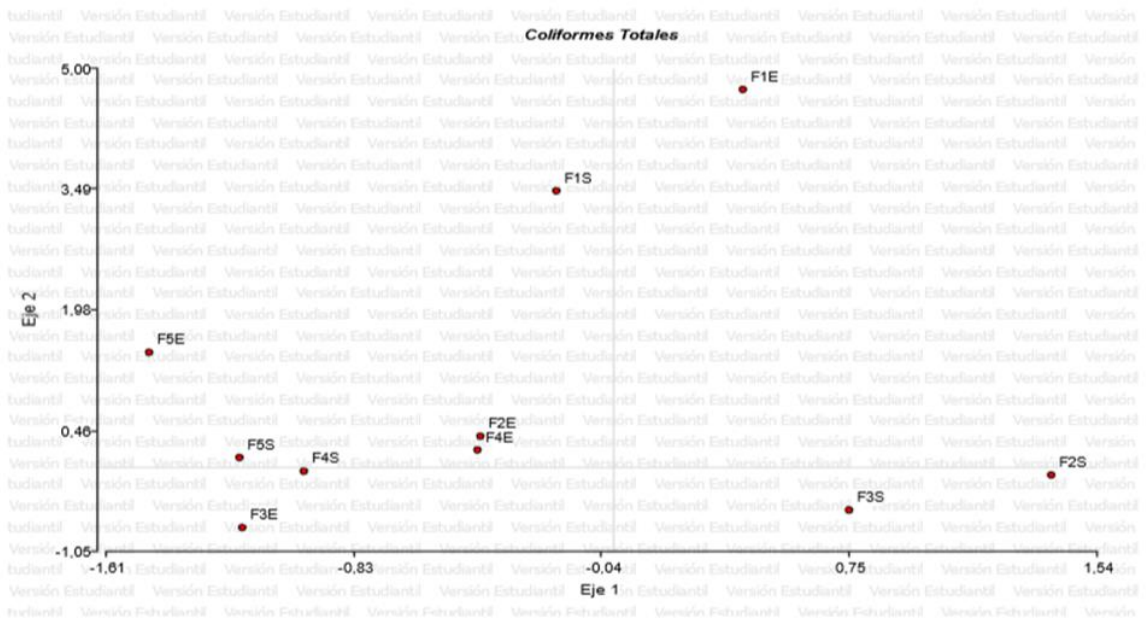


Figura 20. Análisis de correspondencia para coliformes totales

En la figura 20 se observa que en el eje 1 las fecha en que los Coliformes Totales están en mayores cantidades es en el muestreo F2S del 31 de enero de 2018, seguido del muestreo F3S del 16 de abril de 2018 y del muestreo F1E del 27 de septiembre de 2017; para el eje 2 los valores más altos se encuentran en el muestreo F1E del 27 de septiembre de 2018 seguido del muestreo F1S del 27 de septiembre de 2017) y el muestreo del F5E del 13 de junio de 2018. Es decir, que para próximas investigaciones tomar como prioridad este parámetro para estas fechas.

#### 4.2.7. Prueba de Análisis de Correspondencia para Coliformes Totales

Según los resultados obtenidos en la Contribución a la Chi Cuadrado, existen diferencias entre la distribución observada y la teórica, por lo tanto, no se acepta la siguiente hipótesis: Si la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales está funcionando en forma adecuada cumplirá con los parámetros establecidos en la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01.09. ya que según los resultados obtenidos no cumple con la normativa.

##### Contribución a la Chi cuadrado

	Autovalor	Inercias	Chi-Cuadrado	(%)	% acumulado
1	1,00	1,00	764000,00	11,11	11,11
2	1,00	1,00	764000,00	11,11	22,22

Las coordenadas comprueban la información de la figura 20, ya que los muestreos en que se presentan las mayores concentraciones de Coliformes Totales para el eje 1 son: F2S, F3S y F1E; para el eje 2 son: F1E, F1S y F5E.

**Coordenadas fila**

	Eje 1	Eje 2
F1E	0,42	4,73
F2E	-0,42	0,38
F3E	-1,17	-0,78
F4E	-0,43	0,20
F5E	-1,47	1,43
F1S	-0,18	3,44
F2S	1,40	-0,11
F3S	0,75	-0,54
F4S	-0,98	-0,07
F5S	-1,19	0,11

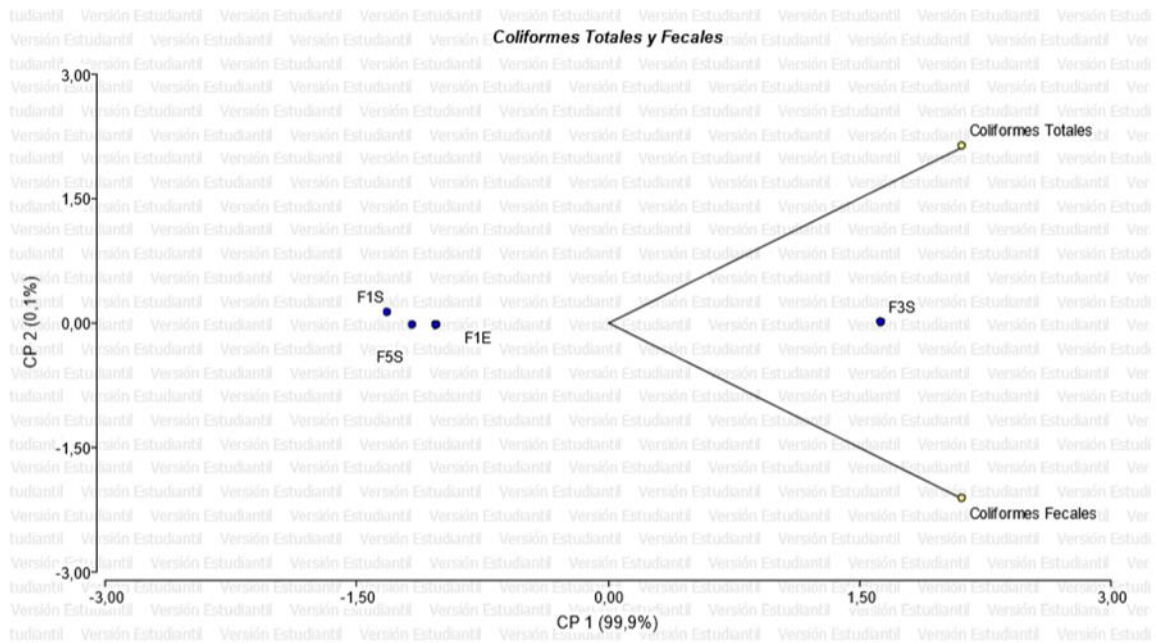


Figura 21. Componentes principales de coliformes totales y fecales

En la figura 21 se observa que el Componente 1 está explicando el 99.9% de la variación, teniendo igual representatividad los Coliformes Totales y los Coliformes Fecales. En el Componente 2 se observa que el 0.1% representa a los Coliformes Totales. En el muestreo F3S del 16 de abril de 2018 se presentó la mayor cantidad de ambos parámetros, pero, los coliformes totales y fecales deben ser analizados todo el año.

#### 4.2.8. Prueba de análisis de Componentes Principales para Coliformes Totales y Coliformes Fecales

##### Análisis de componentes principales

Datos estandarizados  
 Casos leídos 10  
 Casos omitidos 0

## VARIABLES DE CLASIFICACIÓN

Fecha

### Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Prop	Acum
1	2,00	1,00		1,00
2	2,1E-03	1,0E-03		1,00

### Autovectores

Variables	e1	e2
Coliformes Totales	0,71	0,71
Coliformes Fecales	0,71	-0,71

*Correlación cofenética= 1,000*

Los autovalores expresan los Coliformes Totales y Fecales ordenados por la cantidad de varianza original que describen, y centra los datos en la media de cada atributo, proporcionando el valor, la proporción y la proporción acumulada de cada parámetro. La suma de cada uno de los valores da el 100% del total.

Los autovectores comprueban la información de la figura 21, ya que los Coliformes Totales y Fecales presentan igual representatividad.

## 5. CONCLUSIONES

El agua descargada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales hacia el Río de La Palma, Chalatenango, cumple con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas. Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”, para los parámetros Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), pH y Temperatura, Nitratos y Fosfatos.

El agua descargada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales hacia el Río de La Palma, Chalatenango, no cumple con la Norma NSO.13.49.01:09 para los parámetros: Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Turbidez, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos y Aceites y Grasas.

Existe variación en las concentraciones de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en las aguas residuales afluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales durante la época seca, de transición y lluviosa, ya que en los resultados obtenidos cambian en cada época.

En la Planta de Tratamiento no tienen los instrumentos para analizar la Temperatura y el pH, y no aplican las dosis de Cloro necesarias ni en la frecuencia que se necesita.

El mal estado de algunas infraestructuras de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y los frecuentes rompimientos de las tuberías que conducen las aguas residuales hace que éstas sean descargadas al río La Palma sin ningún tratamiento.

El personal que trabaja en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales carece de algunos conocimientos técnicos sobre el funcionamiento, manejo y operación de la misma.

No se están realizando los muestreos de las aguas residuales necesarios para analizar la calidad del agua tratada que es descargada al río.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Palma, Chalatenango, no está diseñada para eliminar parámetros microbiológicos.

No se está invirtiendo lo necesario en el mejoramiento ni en mejorar la infraestructura de la Planta de Tratamiento de aguas residuales para mejorar la calidad del efluente.



## 6. RECOMENDACIONES

En la entrada de las aguas residuales a la Planta de Tratamiento de la Palma, Chalatenango, cambiar rejillas, pintarlas con pintura anticorrosiva y limpiar con mayor frecuencia el desarenador para disminuir la concentración de sólidos totales.

Construir humedales artificiales para remoción de Coliformes Totales y Fecales.

Realizar análisis físico-químicos y microbiológicos de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento cada tres meses, según lo establece la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales NSO 13.49.01:09.

La aplicación de cloro en el proceso final de descarga del agua al río debe de hacerse en mayor dosificación y distribuida durante todo el día en varias aplicaciones para lograr disminuir las concentraciones de coliformes fecales

Mantener tapado y en buenas condiciones de funcionamiento el tanque RAFA, ya que es un proceso anaeróbico el que realiza para cumplir con la depuración del agua.

La trampa de Grasas y Aceites se debe de limpiar por lo menos 4 veces al día para cumplir con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO.13.49.01:09 “Aguas. Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”.

El agua residual efluente de la Planta de Tratamiento puede ser utilizada únicamente para el riego de viveros de plantas forestales que producen madera y leña.

Realizar lavado con agua a presión el filtro biológico para facilitar el movimiento de aire a través del filtro y limpieza 2 veces diarias de los canales para evitar la acumulación de sedimentos y que el agua circule normalmente.

Capacitar frecuentemente al personal que labora en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales sobre su funcionamiento, operación y mantenimiento, y dotarlos de los instrumentos básicos para la medición de los parámetros en campo.

Realizar mantenimiento y protección de tuberías que conducen el agua residual hacia la Planta de Tratamiento para evitar rompimientos frecuentes.

Elaborar una Carpeta Técnica de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para definir la inversión que hay que realizar para mejorar su funcionamiento y para realizar las gestiones necesarias para obtener financiamiento.

Invertir en mejorar la infraestructura y el mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para mejorar la calidad del efluente.

## 7. BIBLIOGRAFIAS

- Aguamarket, 2017. Contaminantes del agua, grasas y aceites (en línea). Santiago, Chile. Consultado 27 de sep. 2018. Disponible en <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3039>
- ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, El Salvador). 2009. Aspectos Generales de El Salvador (en línea). Consultado 28 de ene. 2017. Disponible en [www.Bnamericas.com/profile/es/wasterwater-tratamiento-planta-san-salvador-ptar-san-salvador](http://www.Bnamericas.com/profile/es/wasterwater-tratamiento-planta-san-salvador-ptar-san-salvador)
- Argandoña Zambrano, LE; Macías García, RG. 2013. Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia Colón, cantón Portoviejo, provincia de Manabí (en línea). Ecuador. Consultado 26 feb. 2018. disponible en <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/137/1/DETERMINACION%20DE%20SOLIDOS%20TOTALES%2C%20SUSPENDIDOS%2C%20SEDIMENTADOS%20Y%20VOLATILES.pdf>
- Arizaldo, C. 2011. Desarrollo Local: Manual Básico para Agentes de Desarrollo Local y otros actores. 1º ed (en línea). Málaga, España. 31-55 p. Consultado 27 dic. Disponible en [http://www.cesmuamfar.com/pdf/Manual\\_B%C3%A1sico\\_para\\_Agentes\\_de\\_Development\\_Local\\_y\\_otros\\_actores.pdf](http://www.cesmuamfar.com/pdf/Manual_B%C3%A1sico_para_Agentes_de_Development_Local_y_otros_actores.pdf)
- Benavidez Benavidez, LP. 2006. Evaluación De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales de la Central de Sacrificio de Túquerres (Nariño). (en línea). Colombia. 10 p. Consultado 06 de nov. 2018. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/11051512.pdf>
- Bolaños-Alfaro, JD; Cordero-Castro, G; Segura- Araya, G. 2017. Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). 17 p (en línea). Consultado 31 de oct. 2016. Disponible en. <http://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- Bonilla de Torres, BL. 2015. Diagnóstico de la calidad de los recursos hídricos y diseño de una propuesta para su manejo y sostenibilidad en las cuencas El Jute y San Antonio, La Libertad, El Salvador. Tesis Maestría. Universidad de El Salvador. El Salvador. 172 p.

- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile). 2016. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe (en línea). Consultado 20 de ene. 2017. Disponible en <http://www.sela.org/media/2262361/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf>.
- Cortés Samper, C. 2013. Estrategias de desarrollo rural en la UE: definición de espacio rural, ruralidad y desarrollo rural (en línea). España. 7-10 p. Consultado 21 de ene. 2017. Disponible en [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/26548/2/dosier\\_teorico.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/26548/2/dosier_teorico.pdf).
- Cristhian, Y. 2015. Evaluación del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Complejo Urbanístico Barcelona de Indias (en línea). Colombia. 13 p. Consultado 22 de ene. 2017. Disponible en <http://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/305/1/CFMaestria%20en%20Ingenier%C3%A1%20Civil-1128051460.pdf>
- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Albany (DSENY), Estados Unidos. 2008. Manual de Tratamiento de Aguas. Nueva York, Estados Unidos. Editorial Limusa. p 203.
- Domínguez Morera, K. 2009. Evaluación del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Aeropuerto Internacional Matecaña (en línea). Colombia. 1 p. Consultado 25 de ene. 2017. Disponible en [www.Repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059](http://www.Repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059)
- Drinan, J; Spellman, FR. 2000. Manual del Agua Potable. Trad. AB Celma. Zaragoza, España. Editorial Acribia. 255 p.
- EPA (Environmental Protection Agency, Estados Unidos). 1999. Folleto informativo de tecnología de aguas residuales. Desinfección con cloro. (en línea). Consultado 06 de nov. 2018. Disponible en <http://www.vypasesores.com/images/sce/docs/Desinfeccion-con-cloro-de-aguas-residuales.pdf>
- Espigares García, M; Pérez López, J. (s. f.). Aguas Residuales. Composición (en línea). Consultado 31 de oct. 2017. Disponible en [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/idades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/idades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2015. La FAO y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (en línea). Consultado 29 de dic. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i4997s.pdf>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). s.f. Recursos naturales (en línea). Consultado 04 de ene. 2017. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0765s/i0765s13.pdf>
- Fluence, 2017. Sólidos disueltos y purificación del agua (en línea). NY, USA. Consultado 27 de sep. 2018. Disponible en [www.fluencecorp.com/es/purificacion-de-agua-y-solidos-disueltos/](http://www.fluencecorp.com/es/purificacion-de-agua-y-solidos-disueltos/)
- Galvis Toro, J; Rivera Guerrero, X. 2013. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los lodos presentes en la planta de tratamientos de aguas residuales industriales (PTARI) de la empresa jugos Hit de la ciudad de Pereira. Trabajo de grado Tecnóloga Química. Universidad Tecnológica de Pereira. 101 p.
- García, G. 2002. Enfermería comunitaria I: salud pública (en línea). Consultado 04 ene. 2017. Disponible en <http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/salud-publica-y-atencion-primaria-de-salud/otros-recursos-1/lecturas/bloque-iii/Contaminacion%20del%20agua.pdf>
- GreenFacts. 2009. Resumen del 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo (en línea). Consultado 04 ene. 2017. Disponible en <http://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/recursos-hidricos-foldout.pdf>
- Hidritec. 2011. Tratamiento de aguas Residuales, disminución de DQO (en línea) España. Consultado 27 de sep. 2018. Disponible en <http://www.hidritec.com/hidritec/tratamiento-de-aguas-residuales-y-disminucion-de-dqo>
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia). 2007. Demanda química de oxígeno por reflujo cerrado y volumetría (en línea). Consultado 18 ene. 2018. Disponible en <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Paraguay). 2011. Guía para la formulación y gestión de planes de desarrollo rural sostenible: Un abordaje participativo con enfoque territorial (en línea). Consultado 27 dic. 2016. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/b2103e/b2103e.pdf>

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2009. Norma Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09 (en línea). Consultado 30 ene. 2017. Disponible en <http://www.marn.gob.sv/descarga/norma-aguas-residuales-descargadas-a-cuerpo-receptor-nso-13-49-01-09/>

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador).2013. Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (en línea). Consultado 06 nov. 2017. Disponible en [http://www.marn.gob.sv/wp-content/uploads/estrategia\\_ENRH.pdf](http://www.marn.gob.sv/wp-content/uploads/estrategia_ENRH.pdf)

Metcalf, F. 1996. Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento vertido y utilización (en línea). México. Consultado 23 de feb. 2018. Disponible en <https://quimiambientalutp.files.wordpress.com/2012/05/demanda-bioquimica-de-oxigeno.pdf>

Monterroso, I. 2014. Desarrollo Local Sustentable (en línea). Guatemala. 8 p. Consultado 27 de ene. 2017. Disponible en [http://www.conectadel.org/wp-content/uploads/downloads/2015/08/11-Desarrollo-Local-Sustentable-PERT-Iliana\\_FD-VF.pdf](http://www.conectadel.org/wp-content/uploads/downloads/2015/08/11-Desarrollo-Local-Sustentable-PERT-Iliana_FD-VF.pdf).

MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica). S.f. Aguas residuales. (en línea). Consultado 06 de nov. 2017. Disponible en [http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/Aguas\\_residuales\\_MOPT.pdf](http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/Aguas_residuales_MOPT.pdf)

Morales, M. 2006. El Desarrollo Local Sostenible. Economía y Desarrollo. 140(2):60-71.

Olea Madruga, RC. 2013. Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Coatepec, Veracruz (en línea). Mexico.1 p. Consultado 26 de ene. 2017. Disponible en [www.docplayer.es/9644614-Evaluacion-de-la-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-del-municipio-de-coatepec-veracruz-html](http://www.docplayer.es/9644614-Evaluacion-de-la-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-del-municipio-de-coatepec-veracruz-html)

Palomares, AE. 2013. Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento (en línea). España. Consultado 27 de sep. 2018. Disponible en <https://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>

Pérez Alarcón, FE, Camacho Alcalá, KL. 2011. Tecnologías para el tratamiento de aguas servidas (en línea). Consultado 05 ene. 2017. Disponible en <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29490/1/PerezAlarconyCamachoAlcala.pdf>

PROARCA (Programa Ambiental Regional para Centroamérica, Guatemala). 2003. Guía para el Manejo de Excretas y Aguas Residuales Municipales (en línea). Consultado 05 ene. 2017. Disponible en [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/085\\_guia\\_aguas\\_residuales/guia\\_aguas\\_residuales%20PROARCA%202004.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/085_guia_aguas_residuales/guia_aguas_residuales%20PROARCA%202004.pdf)

Reyes López, MG. 2016. Uso del Cloro en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas: Desinfección y Formación de Subproductos. (en línea). Mexico. 16 p. Consultado 06 de nov. 2018. Disponible en <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/23350/1/Tesis%20Gpe%20Reyes%20.pdf>

Rivera, TO. 2010. Los recursos de la naturaleza: recursos geológicos, biológicos, energéticos de la Tierra (en línea). Nicaragua. Consultado 03 ene. 2017. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/recursos-naturaleza-recursos-geologicos-y-energeticos-actuales/recursos-naturaleza-recursos-geologicos-y-energeticos-actuales.pdf>

Roldan, GA. 2003. Bioindicación de la calidad del agua de Colombia. Ciencia y tecnología. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. p. 1–9.

Román, F; Monge, J; de Aguilar, M; Franco, M. 2012. Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Metapán en Santa Ana, estudio de pre-factibilidad. 83 p (en línea). Consultado 18 de enero 2016. Disponible en. [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00HSSC.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00HSSC.pdf)

- Romero Cristales, MA, 2000. Manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (en línea). Consultado 30 ene. 2017. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/centroa22/Ponencia38.pdf>
- Ruiz, CJ. 2005. Efecto del vetiver (*Chrysopogon zizanioides L.*) en la reducción del flúor y otros compuestos contaminantes en aguas de consumo humano. Caso: caserío Guarataro, estado Yaracuy, Venezuela (en línea). Consultados 10 oc. 2017. Disponible en [http://www.vetiver.org/LAICV2F/2%20Environmental%20Protection/E6Yasmin\\_PpS.pdf](http://www.vetiver.org/LAICV2F/2%20Environmental%20Protection/E6Yasmin_PpS.pdf)
- SAGRISA (Servicio Agrícola Salvadoreño). 2005. Manual de operación y mantenimiento. Planta de tratamiento de aguas residuales y ampliación de alcantarillado sanitario, municipio de La Palma, Chalatenango. San Salvador, El Salvador. 73 p.
- Sierra, CA. 2011. Calidad del agua, evaluación y diagnóstico. Ed. LD López. Bogotá, Colombia. Digiprint. 457 p.
- Toapanta Vera, MI. 2011. Calidad del agua: Grasas y Aceites (en línea). Consultado 23 feb. 2018. Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/8/GRASASYACEITES.pdf>
- Velasco, G. 2010. Programa General de Mantenimiento. Acciones Necesarias para la Conservación en Condiciones de Operación de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales (en línea). México. 2 p. Consultado 21 ene. 2017. Disponible en [http://www.ens.uabc.mx/documentos/Programa\\_General\\_de\\_Mantenimiento\\_acciones\\_necesarias\\_para\\_la\\_conservacion\\_de\\_planta\\_de\\_aguas\\_residuales.pdf](http://www.ens.uabc.mx/documentos/Programa_General_de_Mantenimiento_acciones_necesarias_para_la_conservacion_de_planta_de_aguas_residuales.pdf)



## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Cálculo de Caudal en época seca

- $60 \text{ segundos} \div 3.8 \text{ segundos} = 15.79$  veces que se llena el balde en un minuto.
- $15.79 \times 5 \text{ galones} = 78.95$  galones por minuto
- $78.95 \text{ galones por minuto} \times 60 \text{ minutos} = 4,737$  galones por hora
- $4,737 \text{ galones por hora} \times 24 \text{ horas} = 113,688$  galones por día.
- $113,688 \text{ galones por día} \times 0.00378541 \text{ metros cúbicos}$   
 $\frac{\quad}{1 \text{ galón}} = 430 \text{ m}^3 \text{ al día.}$

### Anexo 2. Cálculo de Caudal en época de transición

- $60 \text{ segundos} \div 2.92 \text{ segundos} = 20.54$  veces que se llena el balde en minuto
- $20.54 \times 5 \text{ galones} = 102.7$  galones por minuto
- $102.7 \text{ galones por minuto} \times 60 \text{ minutos} = 6,162$  galones por hora
- $6,162 \text{ galones por hora} \times 24 \text{ horas} = 147,888$  galones por día.
- $147,888 \text{ galones por día} \times 0.00378541 \text{ metros cúbicos}$   
 $\frac{\quad}{1 \text{ galón}} = 560 \text{ m}^3 \text{ al día}$

### Anexo 3. Cálculo de Caudal en época lluviosa

- $60 \text{ segundos} \div 1.70 \text{ segundos} = 35.29$  veces que se llena el balde en un minuto
- $35.29 \times 5 \text{ galones} = 176.45$  galones por minuto
- $176.45 \text{ galones por minuto} \times 60 \text{ minutos} = 10,587$  galones por hora
- $10,587 \text{ galones por hora} \times 24 \text{ horas} = 254,088$  galones por día
- $254,088 \text{ galones por día} \times 0.00378541 \text{ metros cúbicos}$   
 $\frac{\quad}{\text{día. } 1 \text{ galón}} = 961.82 \text{ m}^3 \text{ al}$

Anexo 4. Resultados del primer análisis de DQO, Grasas y Aceites (afluente).



F - 09



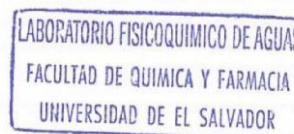
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 36-17		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: YARIEL JOSE PINEDA MANCIA PUENTE LA PALMA. CHALATENANGO.					Pág. 1 de 2
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL					N° DE MUESTRAS: 2
Lugar de toma de muestra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PALMA. CHALATENANGO.					
Fecha de elaboración del informe: LUNES, 09 DE OCTUBRE DE 2017.					
Fecha de recepción de muestra: 27 DE SEPTIEMBRE DE 2017			Fecha de Análisis: DEL 27/09/17 AL 03/10/17		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma Salvadoreña Agua. Agua Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aceites y Grasas	Gravimétrico	36-17-01	MX 1	53.4 mg/L	20 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Fotométrico			64 mg/L	150 mg/L
<b>Observaciones:</b> - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

- NOTA:** - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.  
- Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.  
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: [quejas.sgc.lfqa@gmail.com](mailto:quejas.sgc.lfqa@gmail.com).

FECHA DE ENTREGA: 10 OCT 2017



*Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras*  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara*  
Analista

*Lic. María del Carmen Pofio Martínez*  
Analista

FIN DEL REPORTE

ach\*

Anexo 5. Resultados del primer análisis de DQO, Grasas y Aceites (efluente).



F - 09



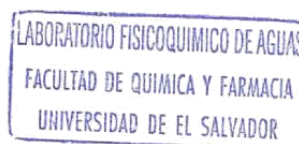
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 36-17		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: YARIEL JOSE PINEDA MANCIA PUENTE LA PALMA. CHALATENANGO.					Pág. 2 de 2
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL				N° DE MUESTRAS: 2	
Lugar de toma de muestra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PALMA. CHALATENANGO.					
Fecha de elaboración del informe: LUNES, 09 DE OCTUBRE DE 2017.					
Fecha de recepción de muestra: 27 DE SEPTIEMBRE DE 2017			Fecha de Análisis: DEL 27/09/17 AL 03/10/17		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma Salvadoreña Agua. Agua Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aceites y Grasas	Gravimétrico	36-17-02	MX 2	58.0 mg/L	20 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Fotométrico			8 mg/L	150 mg/L
<b>Observaciones:</b> - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

- NOTA:** - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.  
- Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.  
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: [quejas.sgc.lfqa@gmail.com](mailto:quejas.sgc.lfqa@gmail.com).

FECHA DE ENTREGA: 10 OCT 2017



*Lic. Henry Alberto Hernández Contreras*  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara*  
Analista

*Lic. María del Carmen Pofío Martínez*  
Analista

FIN DEL REPORTE

act

Anexo 6. Resultados del primer análisis de Coliformes Totales y Fecales (afluente).



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO



162 Años  
Al servicio de la  
Educación Superior

Ciudad Universitaria  
Final 25 Avenida Norte  
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nombre de la muestra: Agua de tratamiento Código: 270901

Punto de muestreo: Entrada

Procedencia: La Palma, Chalatenango

Solicitante: Yariel José Pineda Mancía Fecha de emisión: 16-10-2017

Determinación de Coliformes Totales y Fecales por el Método del Número más Probable

Método: (NMP), según BAM capítulo

Fecha de Muestreo: 27-09-2017 Hora de Muestreo: No reportada

Persona que tomó la muestra: Yariel José Pineda Mancía

Descripción: Líquido transparente, sin olor, ligeramente ámbar, con poco sedimento.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
Bacterias coliformes totales	Mayor de 16,000 NMP/100 mL	10,000 NMP/100 mL
Bacterias coliformes fecales	Mayor de 16,000 NMP/100 mL	2,000 NMP/100 mL
<b>NMP:</b> Número más Probable; <b>UFC:</b> Unidades formadoras de Colonias; <b>mL:</b> mililitro(s) de muestra		
<b>OBSERVACIONES:</b>		
- El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y ensayada. - Especificaciones basadas en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.49.01:09 Agua. Aguas Residuales descargadas a un cuerpo receptor.		

MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez  
QUIMICO-FARMACEUTICA

Fecha de análisis: 27-09-2017

Anexo 7. Resultados de primer análisis para coliformes totales y fecales (efluente)



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO



162 Años  
Al servicio de la  
Educación Superior

Ciudad Universitaria  
Final 25 Avenida Norte  
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nombre de la muestra: Agua de tratamiento Código: 270902

Punto de muestreo: Salida

Procedencia: La Palma, Chalatenango

Solicitante: Yariel José Pineda Mancía Fecha de emisión: 16-10-2017

Determinación de Coliformes Totales y Fecales por el Método del Número más Probable

Método: (NMP), según BAM capítulo

Fecha de Muestreo: 27-09-2017 Hora de Muestreo: No reportada

Persona que tomó la muestra: Yariel José Pineda Mancía

Descripción: Líquido transparente, sin olor, incolora.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
Bacterias coliformes totales	Mayor de 16,000 NMP/100 mL	10,000 NMP/100 mL
Bacterias coliformes fecales	390 NMP/100 mL	2,000 NMP/100 mL
<b>NMP:</b> Número más Probable; <b>UFC:</b> Unidades formadoras de Colonias; <b>mL:</b> mililitro(s) de muestra		
<b>OBSERVACIONES:</b>		
* Especificaciones basadas en la Norma NSO 13.07.01:08 "Agua. Agua Potable".		
- El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y ensayada.		



MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez  
QUIMICO-FARMACEUTICA

Fecha de análisis: 27-09-2017

## 2º MUESTREO

### Anexo 8. Resultado de segundo análisis para coliformes totales y fecales (afluente)



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO



162 Años  
Al servicio de la  
Educación Superior

Ciudad Universitaria  
Final 25 Avenida Norte  
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

### INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: Agua de tratamiento Código: 18310101  
Punto de muestreo: Entrada  
Procedencia: La Palma, Chalatenango  
Solicitante: Yariel José Pineda Mancía Fecha de emisión: 19-02-2018  
Determinación de Coliformes Totales y Fecales por el Método del Número más Probable  
Método: (NMP)  
Fecha de Muestreo: 31-01-2018 Hora de Muestreo: No reportada  
Persona que tomó la muestra: Yariel José Pineda Mancía

Descripción: Líquido transparente, sin olor, ligeramente ámbar, con poco sedimento.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
Bacterias coliformes totales	Mayor de 160,000 NMP/100 mL	10,000 NMP/100 mL
Bacterias coliformes fecales	Mayor de 160,000 NMP/100 mL	2,000 NMP/100 mL

**NMP:** Número más Probable; **UFC:** Unidades formadoras de Colonias; **mL:** mililitro(s) de muestra

**OBSERVACIONES:**

- El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y ensayada.
- Especificaciones basadas en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.49.01:09 Agua. Aguas Residuales descargadas a un cuerpo receptor.



Fecha de análisis: 31-01-2018

Anexo 9. Resultado de segundo análisis para coliformes totales y fecales (efluente)



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO



102 Años  
El servicio de la  
Educativa Superior

Ciudad Universitaria  
Paseo 21, Avenida Nueva  
San Salvador, El Salvador

Teléfono No. (503) 2111-2028

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nombre de la muestra: Agua de tratamiento Código: 18310102  
 Punto de muestreo: Salida  
 Procedencia: La Palma, Chalatenango  
 Solicitante: Yariel José Pineda Mancía Fecha de emisión: 19-02-2018  
 Determinación de Coliformes Totales y Fecales por el Método del Número más Probable  
 Método: (NMP)  
 Fecha de Muestreo: 31-01-2018 Hora de Muestreo: No reportada  
 Persona que tomó la muestra: Yariel José Pineda Mancía

Descripción: Líquido transparente, sin olor, ligeramente ámbar, con poco sedimento.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
Bacterias coliformes totales	Mayor de 160,000 NMP/100 mL	10,000 NMP/100 mL
Bacterias coliformes fecales	Mayor de 160,000 NMP/100 mL	2,000 NMP/100 mL
NMP: Número más Probable; UFC: Unidades formadoras de Colonias; mL: mililitro(s) de muestra		
<b>OBSERVACIONES:</b>		
- El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y ensayada. - Especificaciones basadas en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.49.01:09 Agua. Aguas Residuales descargadas a un cuerpo receptor.		

MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez  
QUÍMICO-FARMACEÚTICA



Fecha de análisis: 31-01-2018

Anexo 10. Resultado de segundo análisis de DQO y grasas y aceites (afluente)



F - 09



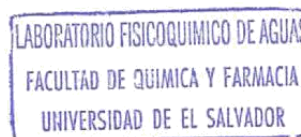
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO Nº 01-18		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: YARIEL JOSE PINEDA MANCIA PUENTE LA PALMA. CHALATENANGO					Pág. 1 de 2
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL					Nº DE MUESTRAS: 2
Lugar de toma de muestra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PALMA. CHALATENANGO					
Fecha de elaboración del informe: VIERNES, 09 DE FEBRERO DE 2018					
Fecha de recepción de muestra: 31 DE ENERO DE 2018			Fecha de Análisis: DEL 31/01/18 AL 09/02/18		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma Salvadoreña Agua. Agua Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aceites y Grasas	Gravimétrico	01-18-01	Entrada de agua a la planta, aguas residuales la Palma, Chalatenango	128.6 mg/L	20 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Fotométrico			539 mg/L	150 mg/L
Observaciones: - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

- NOTA:** - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.  
- Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.  
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas.sgc.lfqa@gmail.com.

FECHA DE ENTREGA: 14 FEB 2018



*Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras*  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Lic. Rosa Miriam Rojas de Lara*  
Analista

FIN DEL REPORTE

act



Anexo 11. Resultado de segundo análisis para DQO y grasas y aceites (efluente)



F - 09



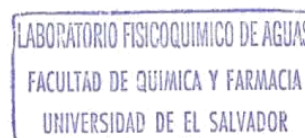
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 01-18		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: YARIEL JOSE PINEDA MANCIA PUENTE LA PALMA. CHALATENANGO					Pág. 2 de 2
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL					N° DE MUESTRAS: 2
Lugar de toma de muestra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PALMA. CHALATENANGO					
Fecha de elaboración del informe: VIERNES, 09 DE FEBRERO DE 2018					
Fecha de recepción de muestra: 31 DE ENERO DE 2018			Fecha de Análisis: DEL 31/01/18 AL 09/02/18		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma Salvadoreña Agua. Agua Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aceites y Grasas	Gravimétrico	01-18-02	Salida de agua y descargada al río, aguas residuales, la Palma, Chalatenango	124.2 mg/L	20 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Fotométrico			223 mg/L	150 mg/L
Observaciones: - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.  
- Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.  
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: [quejas.sgc.lfqa@gmail.com](mailto:quejas.sgc.lfqa@gmail.com).

FECHA DE ENTREGA: 14 FFR 2018



Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara  
Analista

FIN DEL REPORTE

act<sup>®</sup>

### 3º MUESTREO

#### Anexo 12. Resultados de tercer análisis



**Laboratorio Especializado en Control de Calidad**

ESEBESA, S.A. DE C.V.  
No. de Inscripción 357

Calle San Antonio Abad, No. 1965. San Salvador, El Salvador, C.A.  
PBX: (503) 2525-0200 FAX: 2525-0222 • www.lecc.com.sv • E-mail: info@lecc.com.sv

#### INFORME DE ANÁLISIS

PROCEDENCIA:	ALCALDIA MUNICIPAL DE LA PALMA	CONTROL:	AG-804-006
MUESTRA:	AGUA RESIDUAL DE SALIDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO	LOTE:	NO APLICA
	MUESTRA COMPUESTA TOMADA DE 10:00 AM A 11:00 AM	VENCIMIENTO:	NO DISPONIBLE
	ORIGEN: PLANTA DE TRATAMIENTO	INGRESO:	16-ABR-2018
MUESTREADO:	ALCALDIA MUNICIPAL DE LA PALMA	MUESTREÓ:	LECC (1)
	FECHA: 16/04/2018, HORA: 10:00, 10:15, 10:30, 10:45, 10:00 AM	EMISIÓN:	25-ABR-2018

DETERMINACIÓN	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS
Sólidos Suspendidos Totales * Referencia: SMEWW. Método: 2540 D Fecha final de análisis: 19-abr-2018	LMP: 60 mg/L	64.0 mg/L
Sólidos Sedimentables * Referencia: SMEWW. Método: 2540 F Fecha final de análisis: 19-abr-2018	LMP: 1 mL/L	0.2 mL/L
Demanda Química de Oxígeno * Referencia: SMEWW. Método: 5220 D Fecha final de análisis: 23-abr-2018	LMP: 150 mg/L	126.3 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno * Referencia: SMEWW. Método: 5210 B 4500-OC Fecha final de análisis: 23-abr-2018	LMP: 60 mg/L	36.5 mg/L
Aceites y Grasas * Referencia: SMEWW. Método: 5520 B Fecha final de análisis: 24-abr-2018	LMP: 20 mg/L	Menor a 10.0 mg/L
Temperatura (Tomada en campo) * Referencia: SMEWW. Método: 2550 Fecha final de análisis: 18-abr-2018	20 - 35 °C	23 °C, 23 °C, 23 °C, 23 °C, 23 °C, promedio: 23 °C
pH (Tomado en campo) * Referencia: SMEWW. Método: 4500-H+B Fecha final de análisis: 18-abr-2018	5.5 - 9.0	8.0, 7.8, 7.8, 7.8, 7.8, promedio: 7.8

(1) CONFORME PROCEDIMIENTO INTERNO PE-GC-35 VIGENTE

ESPECIFICACIÓN SEGÚN: NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.49.01:09, AGUA RESIDUAL TIPO ORDINARIO  
SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Ed  
LMP: Límite Máximo Permisible

El informe corresponde a la muestra remitida y ensayada

  
Lic. Oscar David Guzmán Julián  
Dir. Integración Técnica-Administrativa

Lic. OSCAR DAVID GUZMAN JULIAN  
QUIMICO FARMACEUTICO

Insc. IYBOE No. 1810

\* PRUEBAS ACREDITADAS BAJO NORMA ISO 17025 VIGENTE



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA POR LA DIRECCIÓN DE LECC  
EL INFORME NO ES VALIDO SIN EL SELLO SECO DE LECC

Pag: 1 de 1

## 4º MUESTREO

### Anexo 13. Resultado de cuarto análisis para coliformes totales y fecales (afluente)



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO**



162 Años  
Al servicio de la  
Educación Superior

Ciudad Universitaria  
Final 25 Avenida Norte  
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

### INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: Agua residual Entrada (MB1) Código: 20180427-01

Punto de muestreo: Planta de Chalatenango Aguas Residuales

Procedencia: Planta de aguas residuales, La Palma Chalatenango

Solicitante: Yariel Jose Pineda Fecha de emisión: 25-05-2018

Determinación de Coliformes Totales y Fecales por el Método del Número más Probable  
Método: (NMP)

Fecha de Muestreo: 27-04-2018 Hora de Muestreo: 7:15 am

Persona que tomó la muestra: Yariel Jose Pineda

Descripción: Líquido turbio, con residuos de lodo, sin olor.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
Bacterias coliformes totales	> 23000 NMP / 100 mL	< 10000 NMP / 100 mL
Bacterias coliformes fecales	>23000 NMP / 100 mL	< 2000 NMP / 100 mL
<b>NMP:</b> Número más Probable; <b>UFC:</b> Unidades formadoras de Colonias; <b>mL:</b> mililitro(s) de muestra		
<b>OBSERVACIONES:</b>		
* Especificaciones basadas en la Norma NSO 13.49.01:09 "Agua. Agua Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor".		
- El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y ensayada el 27/04/2018.		

MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez  
QUIMICO-FARMACEUTICA



Fecha de análisis: 27-04-2018

Anexo 14. Resultado de 4º análisis para coliformes totales y fecales (efluente)



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO



162 Años  
Al servicio de la  
Educación Superior

Ciudad Universitaria  
Final 25 Avenida Norte  
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nombre de la muestra: Agua residual Salida (MB4) Código: 20180427-04  
 Punto de muestreo: Planta de Chalatenango Aguas Residuales  
 Procedencia: Planta de aguas residuales, La Palma Chalatenango  
 Solicitante: Yariel Jose Pineda Fecha de emisión: 25-05-2018  
 Determinación de Coliformes Totales y Fecales por el Método del Número más Probable  
 Método: (NMP)  
 Fecha de Muestreo: 27-04-2018 Hora de Muestreo: 7:35 am  
 Persona que tomó la muestra: Yariel Jose Pineda

Descripción: Líquido turbio, con residuos de lodo, sin olor.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
Bacterias coliformes totales	> 23000 NMP / 100 mL	< 10000 NMP / 100 mL
Bacterias coliformes fecales	>23000 NMP / 100 mL	< 2000 NMP / 100 mL

**NMP:** Número más Probable; **UFC:** Unidades formadoras de Colonias; **mL:** mililitro(s) de muestra  
**OBSERVACIONES:**  
 \* Especificaciones basadas en la Norma NSO 13.49.01:09 "Agua. Agua Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor".  
 - El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y ensayada el 27/04/2018.



MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez  
QUIMICO-FARMACEUTICA

Fecha de análisis: 27-04-2018

Anexo 15. Resultado de cuarto análisis para DQO y grasas y aceites (afluente)



F - 09

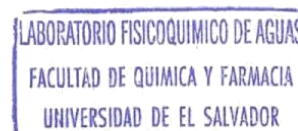
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO Nº 03-18		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: YARIEL JOSE PINEDA MANCIA PUENTE LA PALMA. CHALATENANGO					Pág. 1 de 2
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL					Nº DE MUESTRAS: 2
Lugar de toma de muestra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PALMA. CHALATENANGO					
Fecha de elaboración del informe: MARTES, 08 DE MAYO DE 2018					
Fecha de recepción de muestra: 27 DE ABRIL DE 2018			Fecha de Análisis: DEL 27/04/18 AL 08/05/18		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma Salvadoreña Agua. Agua Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aceites y Grasas	Gravimétrico	03-18-01	Entrada de agua a la planta, aguas residuales la Palma, Chalatenango	72 mg/L	20 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Fotométrico			631 mg/L	150 mg/L
<b>Observaciones:</b> - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

- NOTA:** - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.  
- Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.  
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas.sgc.lfqa@gmail.com.

FECHA DE ENTREGA: 18 MAY 2018



*Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras*  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara*  
Analista

*Lic. María del Carmen Polio Martínez*  
Analista

FIN DEL REPORTE

act\*

Anexo 16. Resultado de cuarto análisis para DQO y grasas y aceites (efluente)



X

F - 09

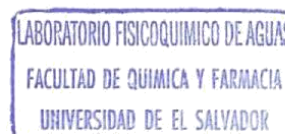
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 03-18		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: YARIEL JOSE PINEDA MANCIA PUENTE LA PALMA. CHALATENANGO					Pág. 2 de 2
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL					N° DE MUESTRAS: 2
Lugar de toma de muestra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PALMA. CHALATENANGO					
Fecha de elaboración del informe: MARTES, 08 DE MAYO DE 2018					
Fecha de recepción de muestra: 27 DE ABRIL DE 2018			Fecha de Análisis: DEL 27/04/18 AL 08/05/18		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma Salvadoreña Agua. Agua Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aceites y Grasas	Gravimétrico	03-18-02	Salida de agua y descargada al río, aguas residuales, la Palma, Chalatenango	2 mg/L	20 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Fotométrico			93 mg/L	150 mg/L
<b>Observaciones:</b> - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.  
- Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.  
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas.sgc.lfqa@gmail.com.

FECHA DE ENTREGA: 18 MAY 2018



Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara  
Analista

Lic. María del Carmen Polio Martínez  
Analista

FIN DEL REPORTE

ack\*

Final Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfono Directo: 2531-2948. Correo electrónico: labfqa\_ues@yahoo.com

Anexo 17. Resultado de quinto analisis de coliformes totales y fecales (afluente)



162 Años  
Al servicio de la  
Educación Superior

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO



Ciudad Universitaria  
Final 25 Avenida Norte  
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nombre de la muestra: Agua residual Entrada Código: 20180613-01

Punto de muestreo: Planta de Chalatenango Aguas Residuales Inicio

Procedencia: Tanque de la planta de aguas residuales, La Palma Chalatenango

Solicitante: Ariel Antonio Avalos Ochoa Fecha de emisión: 26-06-2018

Determinación de Coliformes Totales y Fecales por el Método del Número más Probable  
Método: (NMP)

Fecha de Muestreo: 13-06-2018 Hora de Muestreo: 7:30 am

Persona que tomó la muestra: Ariel Antonio Avalos Ochoa

Descripción: Líquido turbio, con residuos de lodo, sin olor.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
Bacterias coliformes totales	> 230000 NMP / 100 mL	< 1000 NMP / 100 mL
Bacterias coliformes fecales	> 230000 NMP / 100 mL	< 2000 NMP / 100 mL

**NMP:** Número más Probable; **UFC:** Unidades formadoras de Colonias; **mL:** mililitro(s) de muestra

**OBSERVACIONES:**  
\* Especificaciones basadas en la Norma NSO 13.49.01:09 "Agua. Agua Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor".  
- El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y ensayada el 13/06/2018.

MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez  
QUIMICO-FARMACEUTICA



Fecha de análisis: 13-06-2018

Anexo18. Resultado de quinto análisis de coliformes totales y fecales(efluente)



162 Años  
Al servicio de la  
Educación Superior

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO



Ciudad Universitaria  
Final 25 Avenida Norte  
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nombre de la muestra: Agua residual Entrada Código: 20180613-02  
 Punto de muestreo: Planta de Chalatenango Aguas Residuales Inicio  
 Procedencia: Tanque de la planta de aguas residuales, La Palma Chalatenango  
 Solicitante: Ariel Antonio Avalos Ochoa Fecha de emisión: 26-06-2018  
 Determinación de Coliformes Totales y Fecales por el Método del Número más Probable  
 Método: (NMP)  
 Fecha de Muestreo: 13-06-2018 Hora de Muestreo: 7:30 am  
 Persona que tomó la muestra: Ariel Antonio Avalos Ochoa

Descripción: Líquido turbio, con residuos de lodo, sin olor.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
Bacterias coliformes totales	> 230000 NMP / 100 mL	< 1000 NMP / 100 mL
Bacterias coliformes fecales	> 230000 NMP / 100 mL	< 2000 NMP / 100 mL

**NMP:** Número más Probable; **UFC:** Unidades formadoras de Colonias; **mL:** mililitro(s) de muestra  
**OBSERVACIONES:**  
 \* Especificaciones basadas en la Norma NSO 13.49.01:09 "Agua. Agua Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor".  
 - El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y ensayada el 13/06/2018.

MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez  
QUIMICO-FARMACEUTICA



Fecha de análisis: 13-06-2018



Anexo 19. Resultado de quinto análisis para DQO y grasas y aceites (afluente)



F - 09



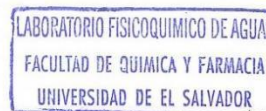
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 06-18		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: YARIEL JOSE PINEDA MANCIA PUENTE LA PALMA. CHALATENANGO					Pág. 1 de 2
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL					N° DE MUESTRAS: 2
Lugar de toma de muestra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PALMA. CHALATENANGO					
Fecha de elaboración del informe: MIÉRCOLES, 20 DE JUNIO DE 2018					
Fecha de recepción de muestra: 13 DE JUNIO DE 2018			Fecha de Análisis: DEL 13/06/18 AL 20/06/18		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma Salvadoreña Agua. Agua Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aceites y Grasas	Gravimétrico	06-18-01	Entrada de agua a la planta, aguas residuales la Palma, Chalatenango	43.4mg/L	20 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Fotométrico			557 mg/L	150 mg/L
<b>Observaciones:</b> - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

- NOTA:**
- El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.
  - Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
  - El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas.sgc.lfqa@gmail.com.

FECHA DE ENTREGA: 27 JUN 2018



*[Signature]*  
Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*[Signature]*  
Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara  
Analista

*[Signature]*  
Lic. María del Carmen Poffo Martínez  
Analista

FIN DEL REPORTE

ach\*

Final Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfono Directo: 2531-2948. Correo electrónico: labfqa\_ues@yahoo.com

Anexo 20. Resultado de quinto análisis para DQO y grasas y aceite (efluente)



F - 09



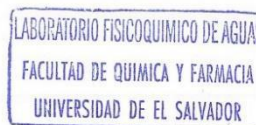
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 06-18		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: YARIEL JOSE PINEDA MANCIA PUENTE LA PALMA, CHALATENANGO					Pág. 2 de 2
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL					N° DE MUESTRAS: 2
Lugar de toma de muestra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PALMA, CHALATENANGO					
Fecha de elaboración del informe: MIERCOLES, 20 DE JUNIO DE 2018					
Fecha de recepción de muestra: 13 DE JUNIO DE 2018			Fecha de Análisis: DEL 13/06/18 AL 20/06/18		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma Salvadoreña Agua. Agua Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aceites y Grasas	Gravimétrico	06-18-02	Salida de agua y descargada al río, aguas residuales, la Palma, Chalatenango	25 mg/L	20 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Fotométrico			156 mg/L	150 mg/L
<b>Observaciones:</b> - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.  
- Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.  
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: [quejas.sgc.lfqa@gmail.com](mailto:quejas.sgc.lfqa@gmail.com).

FECHA DE ENTREGA: 27 JUN 2018



*Henry Alfredo Hernández Contreras*  
Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Rosa Mician Rivas de Lara*  
Lic. Rosa Mician Rivas de Lara  
Analista

*María del Carmen Polio Martínez*  
Lic. María del Carmen Polio Martínez  
Analista

FIN DEL REPORTE

act

Anexo 21. Resultado del primer análisis de parámetros físico-químicos.

LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO QUIMICA AGRICOLA

Fecha de Análisis	Identificación de la muestra	pH	STD (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	Turbidez FAU	T	Cond. µ/cm	DBO <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> /l
28-09-17	M1	6.71	59.1	0.8	1.3	83	19.1	125.1	14.7
	M2	6.85	58.4	0.9	1.1	69	19.1	125.1	
	M3	7.14	121.0	2.8	9.9	15	19.1	124.1	
	M4	7.13	118.2	3.5	10.3	11	19.1	253	
	M5	7.13	141.4	3.5	9.7	8	19.1	296	6.4

**M1:** tanque de grasas y aceites **M2:** tanque RAFA (reactor anaeróbico de flujo ascendente) **M3:** filtro biológico **M4:** separador de lodos **M5:** tanque de cloración.

Anexo 22. Resultado del segundo análisis de parámetros físico-químicos.

LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO QUIMICA AGRICOLA

Fecha de Análisis	Identificación de la muestra	pH	STD (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	Turbidez FAU	T	Cond. µ/cm	DBO <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> /l
31-enero-2018	Planta de tratamiento salida la palma	8.25	202.5				18.4	419	39
31-enero-2018	Entrada de la PT palma	8.26	265				18.3	546	6
01-02-2018	M1	7.80	273	0.98	0.06	>100	21.8	564	
	M2	6.85	173.1	0.51	0.09	52	21.8	361	
	M3	7.35	174.1	0.60	0.15	40	21.8	362	
	M4	7.30	184.9	0.63	0.16	46	21.9	387	
	M5	7.45	209.5	0.92	0.16	55	22	437	

Anexo 23. Resultado del cuarto análisis de parámetros físico-químicos.

LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO QUIMICA AGRICOLA

PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA PALMA CHALATENANGO

Fecha de Análisis	Identificación de la muestra	pH	STD (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	Turbidez FAU	T	Cond. µ/cm	DBO <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> /l
27 ABRIL-2018	Planta de tratamiento ENTRADA la palma	7.46					21.6		84
27 ABRIL-2018	SALIDA de la PT palma	7.57					21.0		9.54
27 ABRIL-2018	M1	7.29	299.5	0.80	6.3	60	21.6	523	
27 ABRIL-2018	M2	7.01	195.8	0.97	5.8	58	21.6	324	
27 ABRIL-2018	M3	7.49	180.1	1.1	4.7	28	21.8	312	
27 ABRIL-2018	M4	7.51	183.7	1.3	4.8	29	21.7	308	
27 ABRIL-2018	M5	7.47	186.1	0.87	4.3	25	21.9	298	

Anexo 24. Resultado del quinto análisis de parámetros físico-químicos.

LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO QUIMICA AGRICOLA

PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA PALMA CHALATENANGO

Fecha de Análisis	Identificación de la muestra	pH	STD (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	Turbidez FAU	T	Cond. µ/cm	DBO <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> /l
13 JUNIO -2018	Planta de tratamiento ENTRADA la palma	7.49					22.5		60
13 JUNIO-2018	SALIDADE la PT palma	7.55					22.4		10.56
13JUNIO-2018	M1	7.31	293	0.42	11.7	98	22.0	532	
13 JUNIO	M2	6.50	185.9	1.0	7.1	58	22.8	336	
13JUNIO	M3	7.51	179.4	1.3	6.5	29	22.3	325	
13 JUNIO	M4	7.53	182.9	1.0	6.6	23	22.7	332	
13 JUNIO	M5	7.49	186.2	0.6	6.8	21	22.4	336	

Anexo 25. Cálculo de eficiencia.

$$EF = 100 (X_e - X_s) / X_e$$

Donde:

EF: Eficiencia sanitaria, (%)

X<sub>e</sub>: Concentración del contaminante a la entrada de la unidad de tratamiento.

X<sub>s</sub>: Concentración del contaminante a la salida de la unidad de tratamiento.

Las concentraciones se refieren a las de DBO, DQO, grasas y aceites.



**Primer muestreo:**

- DQO (Demanda Química de Oxígeno)

$$EF = 100 (X_e - X_s) / X_e \quad EF = 100 (64-8) / 64 \quad EF = 87.5 \%$$

- DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

$$EF = 100 (X_e - X_s) / X_e \quad EF = 100 (14.7-6.4) / 14.7 \quad EF = 56.4\%$$

- Grasas y aceites

$$EF = 100 (X_e - X_s) / X_e \quad EF = 100 (53.4-58) / 53.4 \quad EF = -8.6\%$$



**Segundo muestreo**

- DQO (Demanda Química de Oxígeno)

$$EF = 100 (X_e - X_s) / X_e \quad EF = 100 (539-223) / 539 \quad EF = 58.6\%$$

- DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

$$EF = 100 (X_e - X_s) / X_e \quad EF = 100 (39-6) / 39 \quad EF = 84.6 \%$$

- Grasas y aceites

$$EF = 100 (X_e - X_s) / X_e \quad EF = 100 (128.6-124.2) / 128.6 \quad EF = 3.4 \%$$



**Cuarto muestreo**

- DQO (Demanda Química de Oxígeno)

$$EF = 100 (X_e - X_s) / X_e \quad EF = 100 (631-93) / 631 \quad EF = 85.2 \%$$

- DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

EF= 100 (Xe-Xs) / Xe	EF= 100 (84-9.54) / 84	EF= <b>88.6 %</b>
• Grasas y aceites		
EF= 100 (Xe-Xs) / Xe	EF= 100 (72-2) / Xe	EF= <b>97.2 %</b>
➤		
<b>Quinto muestreo</b>		
• DQO (Demanda Química de Oxígeno)		
EF= 100 (Xe-Xs) / Xe	EF= 100 (557-156) / 557	EF= <b>72 %</b>
• DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)		
EF= 100 (Xe-Xs) / Xe	EF= 100 (60-10.56) / 60	EF= <b>82.4 %</b>
• Grasas y aceites		
EF= 100 (Xe-Xs) / Xe	EF= 100 (43.4-25) / 43.4	EF= <b>42.4 %</b>

Anexo 26. Comparación de la eficiencia en diferentes épocas del año

ANALISIS	27-09-2017	31-01-2018	27-04-2018	13-06-2018
DQO	87.5%	58.6%	85.2%	72%
DB0	56.4%	84.6%	88.6%	82.4%
Grasas y Aceites	-8.6%	3.4%	97.2%	42.4%

Anexo 27. Medidas de resumen para parámetros físico-químico

Fecha	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
F1E	DQO	1	64,00	0,00	64,00	64,00
F1E	DB05	1	14,70	0,00	14,70	14,70
F1E	Temperatura	1	19,10	0,00	19,10	19,10
F1E	Nitrogeno Total	1	0,80	0,00	0,80	0,80
F1E	Conductividad	1	125,10	0,00	125,10	125,10
F1E	Fosforo Total	1	1,30	0,00	1,30	1,30
F1E	Turbidez	1	83,00	0,00	83,00	83,00
F1E	Solidos Totales disueltos	1	59,10	0,00	59,10	59,10
F1E	pH	1	6,71	0,00	6,71	6,71
F1S	DQO	1	8,00	0,00	8,00	8,00
F1S	DB05	1	6,40	0,00	6,40	6,40
F1S	Temperatura	1	19,10	0,00	19,10	19,10
F1S	Nitrogeno Total	1	3,50	0,00	3,50	3,50
F1S	Conductividad	1	296,00	0,00	296,00	296,00
F1S	Fosforo Total	1	9,70	0,00	9,70	9,70
F1S	Turbidez	1	8,00	0,00	8,00	8,00
F1S	Solidos Totales disueltos	1	141,40	0,00	141,40	141,40
F1S	pH	1	7,13	0,00	7,13	7,13
F2E	DQO	1	539,00	0,00	539,00	539,00
F2E	DB05	1	6,00	0,00	6,00	6,00
F2E	Temperatura	1	18,30	0,00	18,30	18,30
F2E	Nitrogeno Total	1	0,98	0,00	0,98	0,98
F2E	Conductividad	1	546,00	0,00	546,00	546,00
F2E	Fosforo Total	1	0,06	0,00	0,06	0,06
F2E	Turbidez	1	100,00	0,00	100,00	100,00
F2E	Solidos Totales disueltos	1	265,00	0,00	265,00	265,00
F2E	pH	1	8,26	0,00	8,26	8,26
F2S	DQO	1	223,00	0,00	223,00	223,00
F2S	DB05	1	39,00	0,00	39,00	39,00
F2S	Temperatura	1	22,00	0,00	22,00	22,00
F2S	Nitrogeno Total	1	0,92	0,00	0,92	0,92

F2S	Conductividad	1	436,00	0,00	436,00	436,00
F2S	Fosforo Total	1	0,16	0,00	0,16	0,16
F2S	Turbidez	1	55,00	0,00	55,00	55,00
F2S	Solidos Totales disueltos	1	212,50	0,00	212,50	212,50
F2S	pH	1	8,25	0,00	8,25	8,25
F3E	DQO	1	126,30	0,00	126,30	126,30
F3E	DB05	1	36,50	0,00	36,50	36,50
F3E	Temperatura	1	23,00	0,00	23,00	23,00
F3E	Nitrogeno Total	1	0,78	0,00	0,78	0,78
F3E	Conductividad	1	530,00	0,00	530,00	530,00
F3E	Fosforo Total	1	4,80	0,00	4,80	4,80
F3E	Turbidez	1	75,00	0,00	75,00	75,00
F3E	Solidos Totales disueltos	1	64,00	0,00	64,00	64,00
F3E	pH	1	7,80	0,00	7,80	7,80
F3S	DQO	1	126,30	0,00	126,30	126,30
F3S	DB05	1	36,50	0,00	36,50	36,50
F3S	Temperatura	1	23,00	0,00	23,00	23,00
F3S	Nitrogeno Total	1	0,73	0,00	0,73	0,73
F3S	Conductividad	1	480,00	0,00	480,00	480,00
F3S	Fosforo Total	1	4,10	0,00	4,10	4,10
F3S	Turbidez	1	50,00	0,00	50,00	50,00
F3S	Solidos Totales disueltos	1	64,00	0,00	64,00	64,00
F3S	pH	1	7,80	0,00	7,80	7,80
F4E	DQO	1	631,00	0,00	631,00	631,00
F4E	DB05	1	84,00	0,00	84,00	84,00
F4E	Temperatura	1	21,60	0,00	21,60	21,60
F4E	Nitrogeno Total	1	0,80	0,00	0,80	0,80
F4E	Conductividad	1	523,00	0,00	523,00	523,00
F4E	Fosforo Total	1	6,30	0,00	6,30	6,30
F4E	Turbidez	1	60,00	0,00	60,00	60,00
F4E	Solidos Totales disueltos	1	299,50	0,00	299,50	299,50
F4E	pH	1	7,46	0,00	7,46	7,46
F4S	DQO	1	93,00	0,00	93,00	93,00
F4S	DB05	1	9,54	0,00	9,54	9,54
F4S	Temperatura	1	21,00	0,00	21,00	21,00
F4S	Nitrogeno Total	1	0,87	0,00	0,87	0,87
F4S	Conductividad	1	298,00	0,00	298,00	298,00
F4S	Fosforo Total	1	4,30	0,00	4,30	4,30
F4S	Turbidez	1	25,00	0,00	25,00	25,00
F4S	Solidos Totales disueltos	1	186,10	0,00	186,10	186,10
F4S	pH	1	7,57	0,00	7,57	7,57
F5E	DQO	1	557,00	0,00	557,00	557,00
F5E	DB05	1	60,00	0,00	60,00	60,00
F5E	Temperatura	1	22,50	0,00	22,50	22,50
F5E	Nitrogeno Total	1	0,42	0,00	0,42	0,42
F5E	Conductividad	1	532,00	0,00	532,00	532,00
F5E	Fosforo Total	1	11,70	0,00	11,70	11,70
F5E	Turbidez	1	98,00	0,00	98,00	98,00
F5E	Solidos Totales disueltos	1	293,00	0,00	293,00	293,00
F5E	pH	1	7,49	0,00	7,49	7,49
F5S	DQO	1	156,00	0,00	156,00	156,00
F5S	DB05	1	10,56	0,00	10,56	10,56
F5S	Temperatura	1	22,40	0,00	22,40	22,40
F5S	Nitrogeno Total	1	0,60	0,00	0,60	0,60
F5S	Conductividad	1	336,00	0,00	336,00	336,00
F5S	Fosforo Total	1	6,80	0,00	6,80	6,80
F5S	Turbidez	1	21,00	0,00	21,00	21,00
F5S	Solidos Totales disueltos	1	18,20	0,00	18,20	18,20
F5S	pH	1	7,55	0,00	7,55	7,55

Fuente: Infostat (2018).

### Anexo 28. Medidas de Resumen para Grasas y Aceites.

Fecha	Variable	n	Media	D.E.	Min	Máx
F1E	Grasas y aceites	1	53,40	0,00	53,40	53,40
F1S	Grasas y aceites	1	58,00	0,00	58,00	58,00
F2E	Grasas y aceites	1	128,60	0,00	128,60	128,60
F2S	Grasas y aceites	1	124,20	0,00	124,20	124,20
F3E	Grasas y aceites	1	10,00	0,00	10,00	10,00
F3S	Grasas y aceites	1	10,00	0,00	10,00	10,00
F4E	Grasas y aceites	1	72,00	0,00	72,00	72,00
F4S	Grasas y aceites	1	2,00	0,00	2,00	2,00
F5E	Grasas y aceites	1	43,40	0,00	43,40	43,40
F5S	Grasas y aceites	1	25,00	0,00	25,00	25,00

### Anexo 29. Medidas de Resumen para Coliformes Totales y Coliformes Fecales

Fecha	Variable	n	Media	D.E.	Min	Máx
F1E	Coliformes Totales	1	16000,00	0,00	16000,00	16000,00
F1E	Coliformes Fecales	1	16000,00	0,00	16000,00	16000,00
F1S	Coliformes Totales	1	16000,00	0,00	16000,00	16000,00
F1S	Coliformes Fecales	1	390,00	0,00	390,00	390,00
F2E	Coliformes Totales	1	160000,00	0,00	160000,00	160000,00
F2E	Coliformes Fecales	1	160000,00	0,00	160000,00	160000,00
F2S	Coliformes Totales	1	160000,00	0,00	160000,00	160000,00
F2S	Coliformes Fecales	1	160000,00	0,00	160000,00	160000,00
F3E	Coliformes Totales	1	160000,00	0,00	160000,00	160000,00
F3E	Coliformes Fecales	1	160000,00	0,00	160000,00	160000,00
F3S	Coliformes Totales	1	160000,00	0,00	160000,00	160000,00
F3S	Coliformes Fecales	1	160000,00	0,00	160000,00	160000,00
F4E	Coliformes Totales	1	23000,00	0,00	23000,00	23000,00
F4E	Coliformes Fecales	1	23000,00	0,00	23000,00	23000,00
F4S	Coliformes Totales	1	23000,00	0,00	23000,00	23000,00
F4S	Coliformes Fecales	1	23000,00	0,00	23000,00	23000,00
F5E	Coliformes Totales	1	23000,00	0,00	23000,00	23000,00
F5E	Coliformes Fecales	1	23000,00	0,00	23000,00	23000,00
F5S	Coliformes Totales	1	23000,00	0,00	23000,00	23000,00
F5S	Coliformes Fecales	1	23000,00	0,00	23000,00	23000,00