

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA DE CUATRO PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES, DEL TERRITORIO DE LA MANCOMUNIDAD DE LA
CUENCA DEL RÍO NARANJO (MANCUERNA).**

Ana Gabriela Fuentes Miranda

Para optar al Título de

Química Farmacéutica

Guatemala, febrero de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA DE CUATRO PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES, DEL TERRITORIO DE LA MANCOMUNIDAD DE LA
CUENCA DEL RÍO NARANJO (MANCUERNA).**

Informe de Tesis

PRESENTADO POR

Ana Gabriela Fuentes Miranda

Para optar al Título de

Química Farmacéutica

Guatemala, febrero de 2016

JUNTA DIRECTIVA

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda, Ph.D.	Decano
Licda. Julieta Roca de Ariza, M.A.	Secretaria
Msc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	Vocal I
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Michael Javier Mó Leal	Vocal IV
Br. Blanqui Eunice Flores De León	Vocal V

DEDICATORIA

A Dios: Por ser mi creador mi guía y regalarme sabiduría y entendimiento en este camino de aprendizaje infinitas gracias por tu inmenso amor, por enseñarme que donde estas tu no falta nada.

A la Virgen María: Por ser mi madre espiritual, y acompañarme en mi caminar.

A mis Padres:

Leónidas Fuentes, por su confianza su sabios consejos, cariño y comprensión, por cuidarme a la distancia y por su ardua labor en mi aprendizaje.

A mi madre Reginalda Miranda, por todo su apoyo, sus consejos y por darme fuerzas en los momentos de debilidad, por ser esa mujer luchadora ejemplo de incansable trabajo, por darnos lo mejor de su vida.

Gracias infinitas por haberme concedido llegar hasta aquí porque sin su apoyo este triunfo no hubiera sido posible, hoy puedo decir lo logramos.

A mis Abuelos: Ana Godínez, Ezequiel Fuentes, Victoriana Soto, QEPD. y en especial a mi abuelo Eduardo Miranda por ser ejemplo de fortaleza y vida.

A Don Ramiro Joaquín hasta el cielo gracias por sus cuidados y cariño.

A mis Hermanos: Osberto, Henry, Daniel, Sandra y José. Porque me acompañaron con sus sabios consejos, su apoyo moral y económico, por la compañía y cuidado desde siempre por su ejemplo de valentía, esfuerzo, trabajo y dedicación, por ser parte de la mejor experiencia de mi vida, y apoyarme en todo momento, los quiero mucho.

A mis tíos: Ovidio y Florinda, Humberto, Elida, Flory, Héctor, Elsitita, e Isolina. Por su apoyo consejos y por recibirme en cada regreso a casa con ese cariño especial.

A mis primos: por ser ejemplo, por los momentos y experiencias compartidas

A mis sobrinos: Melissa, Valeria, Camila Nathalia Danielito, y los angelitos que viene en camino, por llenar mis días de alegría y ser esa inspiración para salir adelante, los quiero mucho.

A Fernandita: porque iluminaste mis días te quiero mucho.

A mis cuñadas: Andrea, Ileana y Lucrecia, por su cariño apoyo, y sabios consejos.

A mis amigos: por ser ese apoyo incondicional en los buenos y adversos momentos por las experiencias compartidas. Karla, Karlita, Gerber, Zulema, Edgar, Marce, Lila, Marie, Mildred, Astrid, Nilsita, Andrea, Lucia, Edgar, Ale, Wendy, Any, Chinita, Bea, Erick, Any Dianita Cesar. Por demostrarme su apoyo y cariño.

Personas Especiales:

Rodrigo Cano Anleu, por su cariño y comprensión y por su ayuda incondicional por ser una persona muy especial, con todo mi cariño.

Karla Regalado, mi amiga y compañera de estudio por esos momentos de apoyo y por abrir las puertas de tu casa te quiero mucho.

Sofía Marroquín, por todas tus enseñanzas, y por esa amistad sincera brindada a lo largo de mi carrera.

Gonzalo Orozco por su amistad y cariño.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, Alma Mater, que me brindó la oportunidad de crecer académicamente y desarrollar conocimientos profesionales con conciencia social.

A la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, especialmente a la Escuela de Química Farmacéutica por brindarme todos los conocimientos necesarios para mi desempeño personal y profesional

Al Centro de Documentación y Biblioteca -CEDOBF- por su apoyo en las investigaciones especialmente a don Luis Solís por su amistad y ayuda incondicional.

A mi Asesora, Licenciada Julia Amparo García Bolaños, por haberme orientado en el trabajo de tesis, por su apoyo incondicional, sus sabios consejos, y por su sincera amistad.

A mi Revisora de tesis, Licenciada Lucrecia Peralta de Madriz, por compartir sus conocimientos para la realización de este trabajo.

A la Mancomunidad de la Cuenca del Río Naranjo, por prestarme las instalaciones del laboratorio y facilitar el uso del equipo, reactivo, y personal, para este estudio, que sea un aporte importante para el agua de las futuras generaciones.

A el Ing. Juan Carlos Díaz, Ing. Víctor Orozco y a Oscar de León por ayudarme en este ámbito de la investigación de las aguas residuales.

A todos los docentes de la Facultad, por encaminarme en el hermoso mundo del conocimiento especialmente a los catedráticos de la Escuela de Química Farmacéutica, por su empeño en la enseñanza y el desarrollo de mi profesión.

Al Hospital Nacional de San Marcos, por permitirme desarrollar los conocimientos adquiridos, durante mi EPS y permitirme laborar y seguir adquiriendo conocimientos.

Al Hospital Nacional de Malacatán, a la Clínica de Atención Integral, por integrarme a tan noble equipo multidisciplinario y seguir ampliando mis conocimientos.

A mis compañeros de promoción por su amistad, ayuda y compañerismo.

A la Familia Regalado Girón, por permitirme ser parte de su familia desde el inicio de mi carrera, por todas sus atenciones y muestras de cariño gracias y bendiciones.

A los grupos: Nifra, Adofra, al coro Sagrada Familia, al comité San Juan de Dios, por todo su apoyo al empezar con este sueño, y a mis guías espirituales por sus constantes oraciones.

A todas aquellas personas que de una manera u otra han contribuido en la culminación de esta etapa de mi carrera gracias.

ÍNDICE		Pág.
1	RESUMEN	1
2	INTRODUCCIÓN	2
3	ANTECEDENTES	3
4	JUSTIFICACIÓN	4
5	OBJETIVOS	5
5.1	Objetivo General	6
5.2	Objetivos Específicos	7
6	HIPÓTESIS	8
7	MATERIALES Y MÉTODOS	9
7.1	Universo de trabajo	9
7.2	Muestra	9
7.3	Materiales	9
7.4	MÉTODO	10
7.4.1	Toma de la muestra	11
7.4.2	Numero de muestras recolectar	11
7.4.3	Puntos de muestreo	11
7.5	Análisis fisicoquímicos	12
7.5.1	Características químicas del agua residual	12
7.5.2	Temperatura	12
7.5.3	pH	12
7.6	Compuestos orgánicos agregados del agua residual	12
7.6.1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO 5)	13
7.6.2	Demanda Química de oxígeno (DQO)	13
8.3.3	Relaciones entre DBO Y DQO	14
7.7	Análisis microbiológico	15
7.7.1	Presencia de coliformes Totales y E coli.	15
7.7.2	Número más probable de coliformes totales y fecales por 100 mL de agua residual	15
8	RESULTADOS	16
9	DISCUSION DE RESULTADOS	21
10	CONCLUSIONES	26
11	RECOMENDACIONES	27

12	REFERENCIAS	28
13	ANEXOS	30

1. RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la eficacia de cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales pertenecientes a la parte alta de la Cuenca del Río Naranjo siendo estas Esquipulas Palo Gordo, Aldea el Recreo, San Martín Sacatepéquez, San Antonio Sacatepéquez, se realizaron 8 muestreos del afluente y 8 muestreos del efluente en época de lluvia, recolectándose un total de 64 muestras, se estudiaron las características físicas, químicas, y microbiológicas de las mismas, posteriormente estos valores, se compararon con el reglamento de “Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la disposición de lodos” acuerdo gubernativo 236-2006.

Dentro de los parámetros fisicoquímicos se analizó temperatura y pH, demanda bioquímica de oxígeno, (DBO_5), y demanda química de oxígeno, (DQO).

Con respecto al pH y la temperatura de las cuatro plantas de tratamiento cumplen con los parámetros establecidos.

La eficacia de remoción de materia orgánica, para la planta de tratamiento de San Antonio Sacatepéquez presenta valores elevados de remoción del 82 % y 84 % DBO y DQO respectivamente. La planta de Esquipulas Palo Gordo también tuvo una eficacia por encima del 50%, en cuanto las plantas del Recreo y San Martín Sacatepéquez, presentaron porcentajes bajo por lo que no cumplen con las especificaciones establecidas.

Para la determinación del tipo de agua residual las cuales pueden ser domésticas o industriales, se realizó la relación DBO_5/DQO lo cual permitió determinar que las cuatro plantas de tratamiento son de origen doméstico, y que son fácilmente biodegradables.

Los exámenes bacteriológicos realizados al agua residual de Esquipulas Palo Gordo, El Recreo y San Martín Sacatepéquez no cumplen con lo establecido para coliformes totales en efluente, sobrepasando los límites de 1×10^4 NMP/100 mL, para coliformes fecales. La planta de San Antonio si cumple con los parámetros de descarga de coliformes totales.

2. INTRODUCCIÓN

El incremento poblacional, de la República de Guatemala según las estimaciones del Instituto Nacional de Estadística (INE), para la República y por Departamento, durante el periodo 2008 al 2020, indica que para el año 2020, la República de Guatemala tendrá 18,055,025 habitantes.

El Departamento de San Marcos, según estimaciones del Instituto Nacional de estadística posee 1,095,997 habitantes, aumentando para el año 2020 a 1,250,306, lo que implica un aumento en los desechos líquidos y sólidos, de tipo doméstico. (INE, 2008)

La Mancomunidad de los Municipios de la Cuenca del Río Naranjo –MANCUERNA- está conformada, políticamente, por los municipios de: San Marcos, Esquipulas Palo Gordo, San Cristóbal Cucho, San Pedro Sacatepéquez y San Antonio Sacatepéquez, pertenecientes al Departamento de San Marcos, y por los municipios de: Palestina de Los Altos, San Juan Ostúnalco y San Martín Sacatepéquez, del Departamento de Quetzaltenango; los ocho conforman la parte alta de la cuenca del Río Naranjo y tienen como misión “la gestión integrada del recurso hídrico”. (Barreno R., 2011). La Mancomunidad de la Cuenca del Río Naranjo realiza el proceso de tratamiento de aguas residuales, por medio de cuatro plantas de tratamiento ubicadas en los municipios: Esquipulas Palo Gordo, San Antonio Sacatepéquez, Aldea el recreo, San Cristóbal Cucho, pertenecientes al Departamento de San Marcos y Aldea las Hortensias perteneciente al municipio de San Martín Sacatepéquez del Departamento de Quetzaltenango. Estas plantas de tratamiento de aguas residuales incorporan el caudal aportado por uno o más cauces, proporcionando un efluente a cuerpos receptores siendo el principal objetivo del tratamiento proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana contemplado en el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la disposición de lodos” acuerdo gubernativo 236-2006.

El objetivo fue determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica de los afluentes y efluentes de las cuatro plantas que conforman la Mancomunidad de la Cuenca del Río Naranjo –MANCUERNA- para establecer el cumplimiento de los límites máximos permisibles contemplados en el reglamento 236-2006, recolectando una cantidad de

muestras representativas, siendo estas 8 muestras del afluente y 8 muestras del efluente para cada planta de tratamiento. Posteriormente se realizaron las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas seleccionadas.

3. ANTECEDENTES

Año, 2012, Pérez Ana, Utilización con fines de riego del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad universitaria USAC. Según los resultados obtenidos, de acuerdo a los parámetros del Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales Acuerdo Gubernativo 236 – 2006, la calidad del agua del efluente es apta para: Tipo I Reúso para riego agrícola en general, y Tipo V Reúso recreativo (incluido riego de áreas verdes).

En el año 2010, Cáceres Jimmy, implementación de material de desecho pet como elemento filtrante en filtros biológicos estudio especial presentado a la escuela regional de ingeniería sanitaria y recursos hidráulicos (ERIS) El material de desecho PET puede ser usado como elemento filtrante en filtros biológicos, logrando eficiencias en remoción de DBD5 y DQO superiores al 90 por ciento, lo que lo convierte en una alternativa de bajo costo, por la fácil adquisición de la materia prima, en el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico.

Año, 2008, Urzúa Flor de María, realizó un estudio de: Eficacia de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de Estanzuela Zacapa, según los resultados obtenidos, no cumplen para que el tratamiento de las aguas, post-tratamiento sea utilizada para consumo y riego de cultivos por su nivel de contaminación, el tipo de planta de tratamiento cuenta con sistema de tratamiento preliminar, tratamiento primario, lagunas facultativas y paralelas.

En el año, 2006, García Alma, realizo un estudio de la calidad de agua de tres efluentes provenientes de la planta piloto de tratamiento de aguas residuales "ing. arturo pazos sosa" para su reutilización en el riego del cultivo de pepino *cucumis sativus* L. Según los resultados el reúso de agua residual es una alternativa viable para aquellos lugares donde el recurso hídrico es limitado, sin embargo, deben cuidarse los impactos negativos, tales como: el deterioro de la calidad del suelo por presencia de sales y el deterioro a la salud humana por presencia de organismos patógenos.

En el año, 2004, Girón Rubén, realizó un estudio sobre el “Tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando tanques imhoff en la colonia el tesoro, Mixco. Según los resultados obtenidos, las plantas de tratamiento de aguas residuales usando tanques Imhoff, como el

que utiliza la colonia El Tesoro, son funcionales por su bajo costo de mantenimiento, lo que necesitan es ser operadas o administradas correctamente.

Año, 2002, Gómez Mirna “evaluación del proceso coagulación-floculación en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa manufacturera de jabones, detergentes, dentífricos y desinfectantes” según los resultados obtenidos, en la evaluación de los gradientes de velocidad de floculación, pudo observarse que el porcentaje de remoción de la demanda química de oxígeno es aproximadamente 50%, de acuerdo a la información obtenida sobre el tratamiento de aguas residuales a través, de la precipitación química, obteniendo un resultado aceptable.

4. JUSTIFICACIÓN

La disponibilidad de agua en América Latina es de 76.5 millones sin acceso al agua potable y 103.2 millones sin acceso a un saneamiento adecuado (OMS, 2008). Guatemala tiene un porcentaje del 20%, de población que no posee acceso a servicios de saneamiento, reducir a la mitad para el 2015 es la meta de los Objetivos del Milenio ODM.

La Mancomunidad de la Cuenca del Rio Naranjo trabaja para la mejora de los Objetivos del Milenio, debido a que, del 100% de las aguas residuales que se generan en la cuenca del río Naranjo solamente el 3 % conlleva un proceso de tratamiento de aguas. (Barreno R., 2011) La MANCUERNA cuenta con cuatro plantas de tratamiento, ubicadas en: Esquipulas Palo Gordo, Aldea el Recreo, San Antonio Sacatepéquez, Estas tres pertenecientes al Departamento de San Marcos, y Las Hortensias de San Martín Sacatepéquez Quetzaltenango. La presente investigación de la calidad física química y microbiológica del agua residual del afluente y el efluente de las cuatro plantas de tratamiento que posee la MANCUERNA pretendió determinar la eficiencia de las plantas de tratamiento, por medio de la reducción de coliformes así como de la BDO₅ y DQO siendo estos los principales parámetros físicos químicos y microbiológicos a determinar en la eficacia de cada una de las plantas de tratamiento de estudio.

Es de vital importancia que el tratamiento de las aguas residuales generadas en el territorio de la MANCUERNA, sean procesos eficaces, para que el efluente, de cada una de las plantas de tratamiento, cumpla con los niveles establecidos en el Reglamento Vigente de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la disposición de lodos” Acuerdo Gubernativo 236-2006.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Determinar la calidad fisicoquímica, y microbiológica de los afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento, de San Antonio Sacatepéquez, Esquipulas Palo Gordo, Aldea el Recreo, pertenecientes al Departamento de San Marcos, y la planta de san Martin Sacatepéquez, del Departamento de Quetzaltenango.

5.2 Objetivos Específicos:

- Evaluar las propiedades físicas y químicas del agua residual, recolectada en los puntos de muestreo, de los afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento.
- Determinar la, demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), de los afluentes y efluentes para establecer el cumplimiento de los límites permisibles contemplados en el “Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la disposición de lodos” acuerdo gubernativo 236-2006.
- Evaluar la eficacia del funcionamiento de cada una de las plantas de tratamiento de la Mancomunidad de la cuenca del Río Naranjo.

6. HIPÓTESIS:

El agua proveniente de las cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales, del territorio de la mancomunidad de la cuenca del naranjo (MANCUERNA), cumple con la demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno, como elementos para determinar la eficacia de las mismas según el “Reglamento de Descarga de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores” acuerdo gubernativo No. 66-2005.

7 MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Universo de trabajo

El universo de trabajo estuvo conformado por el agua que se obtiene del afluente y efluente de las cuatro plantas de tratamiento, de aguas residuales, tres ubicadas en el departamento de San Marcos, y una en San Martín, Sacatepéquez Quetzaltenango, pertenecientes a la Mancomunidad de la Cuenca del Naranja (MANCUERNA).

7.2 Muestra

El agua 64 muestras de 500 ml cada una obtenidas del afluente y efluente de las cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales de la (MANCUERNA)

7.3 Materiales

a. Instrumentos

- Gradilla
- Pipeta
- Frascos de polietileno
- Hilera
- Baterías de hielo
- Lapiceros
- Marcadores
- Tijeras
- Guantes
- Mascarillas
- Agitador magnético
- Tapones de hule
- Frascos ámbar para reacción DBO 5
- Bolsas plásticas estériles
- Bitácora laboratorio
- Pizeta

b. Cristalería

- Tubos de ensayo con rosca
- Pipetas volumétricas de vidrio
- Frascos plásticos de polietileno

- Botella ámbar de 500 ml
- Tubos de ensayo 20 ml
- Erlenmeyer
- Probeta
- Varilla de agitación

c. Equipo

- Reactor DRB200
- BODTrackII
- Homogenizadora Óster
- Incubadora precisión (35°C C)
- Refrigerador
- Lámpara de Luz Ultra violeta 5 nm
- Auto clave 3 lbs
- Sensión 5
- Sensión 1
- Balanza semianalítica

d. Reactivos

Caldo en ampollas HACH

Enzima sustrato COLITAG

Tabletas de Hidróxido de sodio

Reactivo enzima para biodigestor DBO.

7.4 MÉTODO

7.4.1 Toma de la muestra

Para el análisis físico y químico se tomaron 500 mL., de muestra de agua residual proveniente del afluente y 500 mL., de muestra de agua proveniente del efluente, en envases

de polietileno por cada muestreo para cada planta de tratamiento, que conforman la MANCUERNA.

Las muestras para el análisis microbiológico, se tomaron de la misma forma que para el análisis físico y químico en bolsas Whirlpak estériles.

Las muestras se tomaron posteriores al regulador de caudal y en la salida a una distancia de 15 metros posterior al tratamiento.

Las muestras fueron analizadas en la época lluviosa comprendida entre los meses de abril mayo junio, La escogencia de esta época del año se debe principalmente a que en este periodo, hay más afluente del agua que arrastra más sedimentos y microorganismos, lo cual sería, en el montaje del método, lo que en análisis se denomina como el peor de los casos.

Los recipientes de polietileno y las bolsas Whirlpak estériles fueron rotuladas con los siguientes datos: No. de muestra, lugar, municipio, fecha, hora, y persona responsable de la recolección de las muestras.

Se realizaron dos tomas de datos *in situ* siendo estas el pH y la temperatura debido a que son parámetros físicos y químicos que se relacionan entre sí, siendo directamente proporcionales y que para el análisis y discusión deberán ser tomados en cuenta, en el momento de la recolección de la muestra.

7.4.2 Número de muestras recolectar

De acuerdo al modelo estadístico binomial, se realizó un muestreo semanal tomando 8 muestras de la afluente y 8 muestras del efluente de cada planta de tratamiento.

7.4.3 Puntos de muestreo

Puntos de muestreo ver ANEXO No. 1,2,3,4 en los puntos, afluente, y efluente Planta de tratamiento.

7.5 Análisis fisicoquímicos

7.5.1 Características químicas del agua residual

Dentro del agua residual existe una cantidad considerable de elementos químicos inorgánicos; estos son nutrientes, constituyentes no metálicos, metales y gases. Entre los nutrientes inorgánicos se encuentran, amoníaco libre, nitrógeno orgánico y fósforo inorgánico. Las pruebas como pH, alcalinidad, cloruros y sulfatos son realizados para estimar la capacidad de reutilización de las aguas residuales tratadas y como pruebas para el control de distintos procesos de tratamiento (Metcalf H., 1996)

7.5.2 Temperatura

La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento, como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. La medición de la temperatura es de suma importancia debido a que la mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura. Es un parámetro muy importante ya que afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos. Cuando la temperatura del agua es baja, el crecimiento y la reproducción de los microorganismos son bajos también. (Collado R, 1999)

Límite máximo permisible: TCR +/-7 °C

7.5.3 pH

Es la expresión para medir la concentración del ión hidrógeno en una solución. Este se define como el logaritmo negativo de la concentración de ión hidrógeno

$$\text{pH} = -\log_{10} (\text{H}^+)$$

Límite máximo permisible: 6-9

7.6 Compuestos orgánicos agregados del agua residual

Durante todo el proceso de recolección de aguas residuales, estas adquieren componentes extras. Además de los componentes descritos anteriormente, los compuestos orgánicos agregados al agua residual son muy variados. Entre ellos la materia orgánica en aguas residuales se constituye básicamente de proteínas (40 a 60 %), carbohidratos (25 a 50 %) y grasas y aceites (8 a 12 %), así como pequeñas cantidades de un gran número de moléculas orgánicas sintéticas.

La diferencia que existe entre un agua residual tratada y otra no tratada, es la cantidad de compuestos orgánicos agregados presentes en las muestras. Este parámetro es de mucha ayuda cuando se trata de analizar el desempeño de los procesos de tratamiento y estudiar su comportamiento en las fuentes receptoras. Hoy en día existen distintos métodos para el cálculo de dicho parámetro.

Estos son:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO5)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO).(Moscoso J., 2006)

7.6.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO 5)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es el parámetro más utilizado para determinar la contaminación orgánica en aguas residuales y superficiales; se define como la cantidad de oxígeno disuelto necesario para que los microorganismos oxiden (estabilicen) la materia orgánica biodegradable aeróbicamente. Según el Reglamento 236-2006 reglamento de aguas residuales.

La medida de DBO 5 es de gran importancia para definir un tratamiento al agua residual, ya que se utiliza para fijar la cantidad de oxígeno aproximada que se requeriría para estabilizar la materia orgánica presente en el agua. Además para determinar el área de las instalaciones de tratamiento, sirve también para medir la eficiencia del tratamiento dado y finalmente para fijar las cargas orgánicas permisibles en los cuerpos receptores.

Analíticamente se determina mediante un ensayo estándar realizado en cinco días, por ello se le denomina DBO5, y consiste en una incubación realizada a 20° C, se expresa en mg (Moscoso J., 2006)

Límite máximo permisible: 200 mg O₂ /L

7.6.2 Demanda Química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno es una combustión química en húmedo de la materia orgánica de la muestra. Una combinación ácida fuerte de dicromato de potasio es usada para oxidar la materia orgánica a elevadas temperaturas; corrientemente se utilizan dos catalizadores, sulfato de plata y sulfato de mercurio, que son necesarios para neutralizar la interferencia de los cloruros y asegurar la oxidación de los compuestos orgánicos difíciles de oxidar, respectivamente. Una de las limitaciones principales de la prueba DQO es la limitación para diferenciar entre la materia orgánica degradable y la materia orgánica no degradable y no provee ninguna evidencia de la velocidad de degradación biológica del material bajo las condiciones en que existen en la naturaleza.

Límite máximo permisible: 300 mg O₂ /L

8.3.3 Relaciones entre DBO Y DQO

Dependiendo de la relación existente entre estos tres parámetros se puede hacer un análisis del tipo de tratamiento que se ha llevado en el agua residual. Así, por ejemplo tenemos que si la relación DBO/DQO para aguas no tratadas es mayor que 0.5, siendo esta la constante de la relación entre DBO₅ y DQO, los residuos se consideran fácilmente tratables mediante procesos biológicos. Si la relación DBO/DQO es menor de 0.2 el residuo puede contener constituyentes tóxicos o se pueden requerir microorganismos aclimatados para su estabilización, a continuación ver Cuadro No.4 (Tchobanoglous, 2000)

Cuadro No 4 Relación de DBO/DQO

TIPO DE AGUA RESIDUAL	DBO/DQO
No tratada	0.2-0.8
Después de sedimentación primaria	0.4-0.6
Efluente final	>0.6

Fuente: Ron Crites y George Tchobanoglous, “Tratamiento de aguas Residuales”, USA 2000.

7.7 Análisis microbiológico

7.7.1 Presencia de Coliformes Totales y E coli.

El grupo coliformes incluye bacilos gram negativos, aeróbios y anaeróbios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa formando ácido y gas dentro de 48 hrs.a 35°C. Este grupo incluye a los géneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*.

7.7.2 Número más probable de Coliformes totales y fecales por 100 mL de agua residual

Este parámetro permite evaluar el impacto microbiológico de las aguas residuales, el grado de contaminación de las mismas, la incidencia manifestada principalmente a través de estos microorganismos.

Los ensayos más habituales empleados para la determinación de la presencia de organismos coliformes son el método de fermentación en tubos múltiples y el método del filtro de membrana.

Es importante poner énfasis en el hecho de que el número más probable no es la concentración absoluta de organismos en la muestra, sino tan solo una estimación estadística de la concentración (Urzúa F. M., 2008).

El análisis de agua residual se realizó con el método de medios de cultivo caldo en ampollas Hach expresado en términos de “número más probable” NMP/100 ml de agua.

Límite máximo permisible según acuerdo gubernativo 236-2006

Coliformes totales	NPL
Coliformes fecales	1.0x14 NMP/100ML
<i>Escherichia Coli</i>	1.0x10 ⁴ NMP/100 ML

8. RESULTADOS

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

TABLA No.1 Análisis físicoquímico cualitativo del efluente¹ de las cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales de la Mancomunidad de la Cuenca del Río Naranjo.

PLANTA DE TRATAMIENTO	MUESTRAS	pH	Temperatura °C	DBO mg O ₂ /L	DQO mg O ₂ /L
PALO GORDO	Cumple	24	23	24	24
	No Cumple	0	1	0	0
SAN MARTIN	Cumple	24	24	0	14
	No Cumple	0	0	24	10
SAN ANTONIO	Cumple	24	24	24	24
	No Cumple	0	0	0	0
EL RECREO	Cumple	24	24	17	17
	No Cumple	0	0	7	7

Fuente: datos experimentales

¹ Se reportan los resultados del efluente, comparados con los parámetros del acuerdo gubernativo 236-2006. Afluente No Presenta Límite

Tabla No. 2 Análisis fisicoquímicos cuantitativos del afluente y efluente de las cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales de la Mancomunidad de la Cuenca del Río Naranjo.

PLANTA DE TRATAMIENTO		AFLUENTE				EFLUENTE			
		Temperatura °C	pH	DBO mg O2/L	DQO mg O2/L	Temperatura °C	pH	DBO mg O2/L	DQO mg O2/L
PALO GORDO	MEDIA	16,56	7,29	268,70	354,60	16,56	6,4	83,37	107
	DESVIACION ESTANDAR	+/- 3,61	+/- 1,63	+/- 79,07	+/- 86,92	+/- 4,06	+/- 1,63	+/- 24,31	+/- 25,09
SAN MARTIN	MEDIA	14,72	6,60	422,71	491,71	14,21	6,74	247,33	251,25
	DESVIACION ESTANDAR	+/- 3,40	+/- 1,40	+/- 107,20	+/- 147,55	+/- 2,95	+/- 1,46	+/- 64,61	+/- 70,40
SAN ANTONIO	MEDIA	17,46	6,66	339,92	439,92	16,56	6,94	61,55	69,13
	DESVIACION ESTANDAR	+/- 3,54	+/- 1,55	+/- 103,77	+/- 105,82	+/- 1,41	+/- 0,26	+/- 18,76	+/- 26,87
EL RECREO	MEDIA	17,34	6,69	354,33	360,25	17,31	7,89	137,83	254,67
	DESVIACION ESTANDAR	+/- 0,33	+/- 1,64	+/- 134,67	+/- 93,71	+/- 3,52	+/- 4,16	+/- 54,77	+/- 62,29
Límites permisibles *		NPL	NPL	NPL	NPL	TCR +/- 7°C	6--9	200	300

Fuente: Datos experimentales.

*Límite según el acuerdo gubernativo 236-2006

NPL=No presenta límites

TCR= Temperatura cuerpo receptor

Tabla No.3 Eficacia de la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 y Demanda Química de Oxígeno de las cuatro plantas de tratamiento, expresada en un 100%.

PLANTA	EFICACIA	
	DBO %	DQO %
PALO GORDO	69	70
SAN MARTIN	41	49
SAN ANTONIO	82	84
EL RECREO	61	29

Fuente: Datos experimentales.

Tabla No.4 Relación entre Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 y Demanda Química de Oxígeno de las cuatro plantas de tratamiento.

PLANTA	AFLUENTE	EFLUENTE
	DBO /DQO	DBO /DQO
PALO GORDO	0,8	0,8
SAN MARTIN	0,9	1,0
SAN ANTONIO	0,8	0,9
EL RECREO	1,0	0,5
Relación DBO/DQO	>0.6 Domestico	

Fuente: Datos experimentales

Tabla No. 5 Análisis Microbiológico cualitativo Número más probable de Coliformes Totales, fecales efluente¹ de las cuatro Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la Cuenca del Rio Naranjo.

Planta de Tratamiento		EFLUENTE	
		C. Totales	C. Fecales
Palo Gordo	Cumple	NPL	3
	No Cumple	NPL	5
San Martin	Cumple	NPL	0
	No Cumple	NPL	8
San Antonio	Cumple	NPL	5
	No Cumple	NPL	3
El Recreo	Cumple	NPL	0
	No Cumple	NPL	8

Fuente: Datos experimentales

¹ Se reportan los resultados del efluente, comparados con los parámetros del acuerdo gubernativo 236-2006. Afluente No Presenta Límites.

NPL=No presenta límites

TABLA No. 6 Análisis Microbiológico Número más probable de Coliformes Totales, fecales del afluente y efluente de las cuatro Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la Cuenca del Río Naranjo.

No muestra	AFLUENTE								EFLUENTE							
	PALO GORDO		SAN MARTIN		SAN ANTONIO		EL RECREO		PALO GORDO		SAN MARTIN		SAN ANTONIO		EL RECREO	
	C. Totales	C. Fecales	C. Totales	C. Fecales	C. Totales	C. Fecales	C. Totales	C. Fecales	C. Totales	C. Fecales	C. Totales	C. Fecales	C. Totales	C. Fecales	C. Totales	C. Fecales
M1	9.8x10 ⁹	3.1x10 ⁷	7.3x10 ⁹	6.61x10 ⁸	2.6x10 ⁸	8.8 x10 ⁶	6.9 x10 ⁸	1.1X10 ⁸	6.1 X10 ⁴	6,9 X10 ³	6.3x10 ⁵	6,9 X10 ⁵	6.3x10 ³	6,9 X10 ³	3.3x10 ⁴	1.3x10 ⁴
M2	5.5x10 ⁹	2.5x10 ⁷	4.4x10 ⁹	5.7.1x10 ⁸	5.6x10 ⁷	4.8 x10 ⁷	9.4 x10 ⁸	6.9X10 ⁷	2.5X10 ⁶	1.2X10 ⁴	4.2.x10 ⁹	1.2X10 ⁴	4.2.x10 ³	9.9.X10 ³	3.2.x10 ⁵	1.2.x10 ⁵
M3	9.8x10 ⁹	1.2x10 ⁷	6.110 ⁸	5.1x10 ⁸	4.3x10 ⁷	7.8 x10 ⁶	6.3 x10 ⁸	1.7X10 ⁸	2.5X10 ⁵	1.6X10 ⁴	3.6 x10 ⁴	1.6X10 ⁴	1.1. x10 ⁴	1.6X10 ³	3.6 x10 ⁴	7.6 x10 ⁴
M4	7.8x10 ⁹	1.6x10 ⁷	2.3x10 ⁹	7.1x10 ⁸	2.6x10 ⁸	8.4 x10 ⁷	9.2 x10 ⁸	3.9X10 ⁸	3.6X10 ⁵	1.1X10 ⁵	3.9 x10 ⁵	1.1X10 ⁵	9.2 x10 ⁴	1.1X10 ⁴	3.9 x10 ⁵	39.9 x10 ⁴
M5	3.6x10 ⁹	1.1x10 ⁷	7.3x10 ⁸	2.1x10 ⁶	6.6x10 ⁸	4.8 x10 ⁷	5.3 x10 ⁸	2.7X10 ⁸	2X10 ⁶	1.5X10 ⁵	3.5 x10 ⁶	1.5X10 ⁵	5.2 x10 ³	2.5X10 ⁴	4.5 x10 ⁴	4.5 x10 ⁴
M6	6.7x10 ⁹	1.1x10 ⁷	3.7x10 ⁸	3.1x10 ⁶	3.3x10 ⁸	4.3 x10 ⁷	5.5 x10 ⁸	3.4X10 ⁸	2.8X10 ⁵	9.2X10 ³	4.5 x10 ⁶	9.2X10 ⁵	4.5 x10 ³	2.2X10 ²	2.5 x10 ⁵	2.5 x10 ⁵
M7	6.1x10 ⁹	1.7x10 ⁷	3.8x10 ⁹	5.1x10 ⁸	6.3x10 ⁸	4.9x10 ⁶	3.1 x10 ⁸	1.9X10 ⁸	2.2X10 ⁴	1.6X10 ³	1.2 x10 ⁶	1.6X10 ⁵	1.2 x10 ³	1.7X10 ³	1.2 x10 ⁵	5.2 x10 ⁵
M8	9.8x10 ⁹	1.2x10 ⁷	2.3x10 ⁹	1.1x10 ⁷	5.5x10 ⁸	5.4 x10 ⁷	6.9 x10 ⁸	7.9X10 ⁸	2.5 X10 ⁵	1.2X10 ⁴	9.2 x10 ⁵	1.2X10 ⁵	9.2 x10 ⁴	1.3X10 ⁴	2.2 x10 ⁵	7.2 x10 ⁵
Límites permisibles	NPL	NPL	NPL	NPL	NPL	NPL	NPL	NPL	NPL	1.0x10 ⁴ NMP/100m L	NPL	1.0x10 ⁴ NMP/100 mL	NPL	1.0x10 ⁴ NMP/100 mL	NPL	1.0x10 ⁴ NMP/100 mL

Fuente: Datos experimentales

NPL=No presenta límites

9. DISCUSION DE RESULTADOS

Se determinó de la eficacia de las cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales, que pertenecen a la Mancomunidad de la Cuenca del Río Naranja –MANCUERNA-, siendo estas, Aldea Palo Gordo, San Antonio Sacatepéquez, y aldea el Recreo, del Departamento de San Marcos, así como aldea las Hortensias San Martín Sacatepéquez, Departamento de Quetzaltenango, analizando los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en los afluentes y efluentes para determinar si cumplen con los parámetros establecidos, en el “Reglamento de Descarga de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores” Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

Se muestrearon las cuatro plantas de tratamiento, obteniendo un total de 64 muestras analizadas por triplicado, para cada planta de tratamiento. La calidad del agua, fue determinada mediante el diferencial de cada parámetro entre el agua cruda afluente y el agua tratada efluente.

Dentro de los parámetros fisicoquímicos analizados están temperatura y pH, demanda bioquímica de oxígeno, (DBO_5), y demanda química de oxígeno, (DQO), estos últimos se utilizaron para determinar la eficacia de las plantas de tratamiento como parámetros principales en el estudio, tomando en cuenta que la demanda bioquímica de oxígeno DBO_5 es uno de los parámetros más importantes de calidad de agua residual, porque revela la cantidad de materia orgánica que puede ser biodegradada por los microorganismos presentes en el agua.

El pH y la temperatura fueron parámetros tomados in situ, siendo esta toma imprescindible ya que son parámetros inestables que pueden modificar su composición química y física fuera del caudal, se reportan únicamente los datos obtenidos del efluente ya que en el reglamento de descargas el afluente no presenta límites.

El afluente de las cuatro plantas presenta valores más elevados de temperatura que el efluente (ver tabla No. 2) esto ocurre normalmente ya que el agua residual suele ser más elevada que la del suministro, causado por cambios físicos químicos y biológicos, provenientes del uso de las aguas para fines domésticos, sin embargo los datos generales reportados para las cuatro plantas de tratamiento revelan que la temperatura sufrió un cambio poco significativo en la entrada y salida, este fenómeno puede deberse a la

ubicación geográfica de las plantas de tratamiento, ya que estas se encuentran en la parte alta de la cuenca, en donde la temperatura es sustancialmente baja. La importancia del análisis de la temperatura, radica en que la misma no debe superar los valores permisibles² tomando en cuenta que la temperatura es importante para el desarrollo de la vida acuática, debido a que el oxígeno es menos soluble en agua tibia que en agua fría, con este estudio se confirma que no ocurre cambio de temperatura significativo en ninguna de las plantas del universo de trabajo.

El pH no sufrió cambios bruscos, entre el afluente y el efluente de las plantas, por lo que no hay modificación significativa en la composición química del agua, evitando así una descompensación o disminución de la efectividad en el proceso de coagulación, controlando así sus efectos en otros constituyentes del agua como los orgánicos e inorgánicos. Las cuatro plantas de tratamiento cumplen con los parámetros fisicoquímicos pH y temperatura parámetros que son de vital importancia, pues intervienen en el ciclo hidrológico desde el momento que el agua ha sufrido modificación en su composición fisicoquímica.

La determinación de los compuestos agregados al agua residual, demanda bioquímica de oxígeno DBO5 y demanda química de oxígeno DQO, son parámetros que fueron seleccionados en base al reglamento de descargas de aguas residuales, en la tabla No 2 se puede observar que los resultados fisicoquímicos obtenidos, reportan datos significativos medibles en la entrada y salida de las plantas de estudio, estos resultados fueron traducidos en porcentaje de eficacia de cada una de las plantas, porcentajes que reflejan la remoción de materia orgánica, para determinar la calidad del agua resultante del tratamiento, presentados en la tabla No 3, las plantas con mayor porcentaje de remoción son Esquipulas Palo Gordo y San Antonio Sacatepéquez, el funcionamiento instalado en los sistemas de tratamiento de estas plantas, poseen una capacidad de reducir la cantidad de materia orgánica presente en el agua que ingresa a las plantas y que posterior a un tratamiento es enviada a los cuerpos receptores, favoreciendo los ecosistemas que rodean los caudales de salida.

²“Reglamento de Descarga de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores” Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

Los altos porcentajes de remoción de la planta de San Antonio Sacatepéquez se deben al tratamiento primario y secundario ya que la estructura de esta planta se caracteriza por estar compuesta de ocho biodigestores con tanques de propileno, que realizan un proceso de remoción anaerobio tanque Imhoff, cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos integrando la sedimentación del agua, y la digestión de lodos sedimentados en la misma unidad.

La planta de Esquipulas Palo Gordo, varía en su estructura ya que posee un sistema anaerobios de Reactor Ascendente RAFA, este sistema de tratamiento primario así como el de los tanque imhoff, funcionan de forma eficiente, pero dependen en su mayoría de un pre tratamiento adecuado, siendo estos remoción y retención de grasas y sólidos grandes suspendidos en la caja de derivador de caudales, este tipo de pre tratamiento es la base fundamental para una alta remoción de materia orgánica, también depende del tipo de aguas que se estén tratando. Cumpliendo con las especificaciones.

A diferencia de San Antonio y Esquipulas Palo gordo, las plantas del recreo y San Martín Sacatepéquez, poseen en su tratamiento primario, un filtro percolador, siendo esta estructura poco eficiente en el proceso de remoción de materia orgánica, obteniendo porcentajes bajo por lo que no cumplen con las especificaciones².

La determinación del tipo de agua residual las cuales pueden ser estas Domésticas o Industriales, se analizó por medio de la relación DBO_5/DQO (ver tabla No. 4), este análisis de datos permitió determinar que las cuatro plantas de tratamiento son de origen doméstico, con valores mayores a 0.6 que fueron obtenidos del sustrato entre DBO_5 y DQO . Si las aguas son de origen doméstico implica que existe mayor cantidad de materia orgánica que inorgánica, que puede ser fácilmente biodegradada, favoreciendo la remoción de estos componentes, por lo que hay que emplear o reforzar los procesos de tratamiento de la materia orgánica que ingresa para cumplir con los parámetros establecidos, y lograr que cada planta sea eficaz.

²“Reglamento de Descarga de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores” Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

Los exámenes bacteriológicos realizados al agua de las variables establecidas afluente y efluente de las plantas de tratamiento de Esquipulas Palo Gordo, El Recreo y San Martín Sacatepéquez no cumplen con lo establecido para coliformes totales ya que sobrepasan los límites 1×10^4 NMP/100 mL, para coliformes Fecales según acuerdo gubernativo² no presenta límites de descarga de agua analizada, sin embargo la planta de tratamiento de San Antonio cumple con lo establecido.

Estos análisis permitieron evaluar el impacto microbiológico de las aguas residuales, la evaluación del recuento de coliformes totales, fecales (*E. coli*) se realizó en época de lluvia, como punto de referencia a lo que en análisis se le conoce como el peor de los casos, aunque las tres plantas ya descritas no cumplen con lo establecido se observa que existe diferencia significativa entre el afluente y el efluente de las plantas, pudiendo haber un problema en el proceso de sedimentación, ya que este permite retener de manera adecuada los sólidos residuales finos de las aguas ya tratadas lodos y heces, aprovechando la densidad entre el líquido y las partículas suspendidas.

Estos procesos son de vital importancia debido a que afectan la salud humana y vida de otros organismos, por lo que el agua no puede ser utilizada como sistema de riego, para la agricultura, y se deberá realizar un reforzamiento en el proceso de sedimentación. El mantenimiento de las plantas de tratamiento y de cada uno de los procesos es importante realizarlo de manera oportuna, ya que las plantas se caracterizan por ser tratamiento de lagunaje facultativo, siendo comprobado que estas lagunas, son bastante efectivas en cuanto a la inactivación de coliformes totales y fecales, o bien adicionar otro método de inactivación de estas bacterias anaerobias, previamente estudiado.

²“Reglamento de Descarga de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores” Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

10. CONCLUSIONES

- 10.1** Las cuatro plantas de tratamiento cumplen con los parámetros fisicoquímicos de pH y temperatura, tomados *in situ*.
- 10.2** La Planta de tratamiento de San Antonio Sacatepéquez posee mayor porcentaje de eficacia en la remoción de DBO y DQO, con valores de remoción del 82% y 84% por lo que cumple con el reglamento de descargas residuales 236-2006.
- 10.3** La planta de tratamiento de Equipulas Palo Gordo tiene valores mayores al 50 % de remoción de DBO y DQO, cumpliendo así con el reglamento de descargas residuales 236-2006
- 10.4** El Recreo y San Martín Sacatepéquez no cumplen con el reglamento de descargas residuales 236-2006 ya que los valores de remoción de DBO₅ Y DQO están por debajo del 50%.
- 10.5** Las cuatro plantas de tratamiento son de origen doméstico debido a que presentan valores mayores a 0.6 en la relación DBO₅/DQO por lo que son fácilmente biodegradables.
- 10.6** La planta San Antonio Sacatepéquez, si cumple con los parámetros establecidos para coliformes totales.
- 10.7** El recuento bacteriológicos realizado a las plantas de tratamiento de Esquipulas Palo Gordo, El Recreo y San Martín Sacatepéquez no cumplen con lo establecido para coliformes totales ya que sobrepasan los límites 1×10^4 NMP/100 MI

11. RECOMENDACIONES

- 11.1** Implementar una bitácora de toma de parámetros *in situ* pH y temperatura

- 11.2** Establecer un plan educacional continuo a las personas encargadas del mantenimiento de las plantas de tratamiento, en cuanto a la importancia de realizar de forma adecuada el pre tratamiento primario de las aguas.

- 11.3** Realizar un estudio mensual de todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas, como control, el cual puede ayudar en el mantenimiento de las plantas.

- 11.4** Realizar un reforzamiento en el proceso de sedimentación de lodos, para verificar si su funcionamiento tiene responsabilidad en el resultado del análisis microbiológico. De las tres plantas que no cumplieron con los valores establecidos en el reglamento de descargas residuales, 236-2006

- 11.5** Estudiar la inclusión de un método de inactivación de bacterias anaerobias, adicional al tratamiento, previamente estudiado.

12. REFERENCIAS

- Asociación Española de Cooperación Internacional AECI. (2001). Metodología de evaluación de la Cooperación Española II. Madrid.
- Barreno R. (2011). Experiencias municipales en GIRH MANCUERNA, Guatemala. San Marcos, Guatemala.
- Collado R. (1999). Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades. Bogotá.
- Fraune J. (2000). Manual Abecedario Ecológico. Colombia: Printed in Colombia.
- Harris C. (2007). Análisis Químico cuantitativo. Barcelona-España: Reverté S.A.
- Huertas R. et.al. (1996). Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes.
- Instituto Nacional de Estadística INE. (2008). Población estimada por departamento y municipios. Guatemala.
- MANCUERNA. (2012). Manual de Operación y Mantenimiento Sistema de gestión.
- Metcalf H. (1996). "Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización". (Vol. I). México: McGraw Hill.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social –MSPAS- (2006).
- Moscoso J. (2006). Tratamiento y uso de aguas Residuales, CEPIS/OPS/OMS.
- Oakley, SM. (2008). Lagunas de estabilización para Tratamiento de Aguas negras; las expectativas de Honduras, Nicaragua, El Salvador y Guatemala. Tegucigalpa, Honduras Red nacional de Agua y Saneamiento de C.A.) (28-30).
- Organización Mundial de la Salud OMS. (2013) Departamento de Estadísticas y sistemas de información sanitaria, estadísticas Mundiales.
- Organización Mundial de la Salud OMS. (2008). Presentación de los Objetivos del Milenio.
- POG, M. (2011). Mejora de la Gobernabilidad del agua asociada a la cobertura y gestión sostenible de los servicios de agua potable y saneamiento en comunidades rurales indígenas Mam de la mancomunidad de Municipios de la Cuenca Alta del Rio Naranjo (MANCUERNA).
- Prescott, et.al. (1999). "Microbiología; los microorganismos y el ambiente". México: McGrawHill.
- Rivadeneira L. (2011). Guatemala Población y desarrollo un Diagnóstico Socio demográfico. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

- Severiche C. (2013). Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas. Colombia.78p.
- Secretaría General de planificación y programación. SEGEPLAN. (2006). Estrategia para la gestión Integrada de los Recursos Hídricos de Guatemala.
- Standard Methods: for the examination of Water and wastewater. 1998. 20ª. Ed. American public health Asociation. United States of America.
- Tchobanoglous, R. c. (2000). Tratamiento de aguas Residuales. USA.
- Urzúa F. M. (2008). Determinación de la Eficacia de la planta de tratamiento de agua residual de Estanzuela Zacapa. (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia).
- Valladares, L.R. et,al. (2001). serie territorio y regionalización en Guatemala Territorio y Región, AGUA, DRENAJES Y RECURSOS NATURALES EN GUATEMALA. Guatemala: J Reyes.

13. ANEXOS

Anexo I

GENERALIDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES

1. DEFINICIONES

A continuación se describen algunos términos importantes relacionados con las aguas residuales.

1.1 Aguas Residuales

Son una combinación de líquidos o aguas portadoras de residuos procedentes de residencias, de cualquier actividad humana, instituciones públicas, así como de centros comerciales e industriales, a las que eventualmente pueden agregarse aguas subterráneas, superficiales y pluviales.(Metcalf H., 1996)

Las aguas superficiales constituyen el aporte de la escorrentía superficial y las pluviales de las precipitaciones. Por lo que el grado de contaminación de las aguas es considerable ya que su fuente generadora, los vertidos urbanos, son permanentes que haya fluctuaciones horarias.

El agua que se utiliza en las distintas actividades humanas, sufre modificaciones en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Por esta razón el agua procedente de los distintos procesos y actividades domésticas, industriales agrícolas etc, son denominadas aguas residuales. Las aguas residuales son consideradas dispersiones debido a la gran cantidad de impurezas que contiene en su seno. Estas impurezas varían de tamaño en un amplio rango, que oscila en unos 10-3 cm para sustancias solubles y 10⁻² cm para la materia en suspensión. (Collado R, 1999)

1.1.2 Parámetros de contaminación y de purificación de las aguas residuales

El grado de contaminación y de purificación se puede medir físico, química y biológicamente, dependiendo de la naturaleza de las sustancias contaminantes y de los usos de la masa receptora de agua (o el agua tomada de ella). Se realizan mediciones de turbiedad, color, olor, nitrógeno en sus varias formas, fósforo, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, oxígeno disuelto, microorganismos y la composición de la flora y la fauna acuática (Oakley, SM., 2008)

Según el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores, los valores de referencia son los siguientes:

Cuadro No. 1 Parámetros de Referencia para Aguas Residuales según el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

ANÁLISIS	PARÁMETRO DE REFERENCIA
Temperatura	TCR* +/- 7 °C
pH	6-9
Demanda Química de Oxígeno	300 mg O2/L
Demanda Bioquímica de oxígeno	200 mgo2/L
Coliformes totales	NPL
Coliformes fecales	1.0x14 NMP/100ML
<i>Escherichia Coli</i>	1.0x10 ⁴ NMP/100 ML

Fuente: acuerdo gubernativo 236-2006

*TCR temperatura del campo Receptor.

1.1.3 Clasificación de las aguas residuales:

Las aguas residuales pueden clasificarse de acuerdo a su origen y composición de la siguiente manera:

1.1.4 Aguas residuales domésticas:

Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

1.1.5 Aguas residuales comerciales:

Proviene de locales comerciales como rastros, pequeñas industrias que suelen estar conectadas a un sistema común de alcantarillado.

1.1.6 Aguas residuales industriales:

Son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.

Son producidas por las grandes plantas industriales, de todo tipo; por ejemplo, industrias lecheras, petroquímicas, de curtido, papeleras, de lavado de minerales, de acabado de metales, industrias de laminación, plantas de ácido sulfúrico, industrias de alimentos, etc. (Urzúa F. M., 2008)

1.1.7 Aguas residuales agrícolas:

Proviene de la cría de ganado y del procesamiento de productos animales y vegetales.

1.1.8 Aguas de infiltración:

Proviene de los sistemas de drenaje, tuberías de desagüe y del descenso artificial del nivel de las aguas subterráneas, así como de la infiltración de éstas hacia el sistema de alcantarillado a través de tuberías y otras instalaciones defectuosas.

1.1.9 Aguas pluviales:

Son aguas de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo. Incluye todas las formas de precipitación (lluvia, granizo, niebla y nieve).

1.1.10 Aguas superficiales:

Proviene de aquellos cuerpos de agua superficiales que ingresan directamente en el sistema de alcantarillado (Urzúa F. M., 2008)

1.2 Usos del agua

La disponibilidad de recursos hídricos del país supera ampliamente el límite hídrico definido por la comunidad internacional en cuanto a cantidad de agua por persona y año para consumo humano lo que permite la posibilidad de otros usos del agua para otro tipo de actividades. (AECI, 2001)

En la proporción en la extracción de agua de los usos consuntivos es similar a la del resto del mundo. La agricultura consume cerca del 40 %, el uso doméstico el 9 % y otros usos, entre ellos el industrial, el 3 %. El 48 % restante se emplea en usos no consuntivos, principalmente

hidroelectricidad aunque cabe destacar que no se han estimado las demandas de agua para fines turísticos ni caudales ecológicos. (SEGEPLAN, 2006)

La cobertura de agua entubada ha mejorado significativamente durante los últimos años; alcanza al 75 % de la población. Sin embargo, cerca de tres millones de guatemaltecos aún se abastecen directamente de fuentes naturales cuya calidad no es confiable. Si prevalece el ritmo de crecimiento de la tasa poblacional y de la inversión en el subsector, para el 2025 serán 5 millones de habitantes quienes no tengan acceso a estos servicios.

Los usos actuales han comprometido el caudal que naturalmente escurre por vertientes, nacimientos, ríos y lagos, aguas superficiales. El aprovechamiento de esta agua superficial depende de la posibilidad de derivar dentro de una misma propiedad o entre varias propiedades cuyos dueños están dispuestos a permitir servidumbres de acueducto voluntarias; y que el aprovechamiento de las aguas subterráneas se incrementa conforme las fuentes superficiales se hacen más escasas. (SEGEPLAN, 2006)

Del volumen total de agua disponible, se estima, que se aprovecha cerca de un 10%, es decir, 9,700 millones de metros cúbicos; sin embargo, en el mes más seco del año la disponibilidad total se reduce y se estima cercana al 5%, es decir, una cantidad aproximada de 4,800 millones de metros cúbicos, distribuida de forma irregular en tres vertientes y 38 cuencas. (POG, 2011)

1.3 Constituyentes de las aguas residuales:

Existen dos tipos de impurezas en el agua

Aquellas que se encuentran suspendidas y otras que están disueltas. El material suspendido son partículas grandes que se sostienen en el agua debido a fuerzas de viscosidad. El material disuelto lo componen las moléculas o iones que se retienen en el agua debido a la estructura molecular del agua. (Moscoso J., 2006)

Las aguas residuales se componen, básicamente, de un 99,9% de agua en su estado conocido como de agua potable y de, un 0,1% por peso de sólidos, sean éstos disueltos o suspendidos. Este 0,1% referido es el que requiere ser removido para que el agua pueda ser reutilizada. El agua sirve o actúa como medio de transporte de estos sólidos, los que pueden estar disueltos, en suspensión o flotando en la superficie del líquido. (Metcalf H., 1996)

Los constituyentes encontrados en las aguas residuales pueden ser clasificados como: físicos,

químicos y biológicos. Existen cinco características físicas esenciales en el agua residual que pueden ser fácilmente percibidas por los sentidos. Estos son:

- Sólidos
- Gases disueltos
- Turbiedad
- Color
- Temperatura

1.3.1 Sólidos

En las aguas residuales se encuentran todo tipo de sólidos, distinguiéndose entre ellos orgánicos e inorgánicos: Los sólidos orgánicos son sustancias que contienen carbón hidrógeno y oxígeno, pudiendo alguno de estos elementos combinarse con nitrógeno, azufre o fósforo. Los principales grupos lo conforman las proteínas, los carbohidratos y las grasas, susceptibles todos de ser degradados por medio de bacterias y de organismos vivos que son combustibles, es decir, pueden ser quemados. Los sólidos inorgánicos son sustancias inertes y no susceptibles de ser degradados, designándoseles comúnmente como minerales. Dentro de estos se Incluyen aceites y sales minerales disueltas en el agua potable y sin propiedades combustibles, y microorganismos. Sumados a estos sólidos naturales, existen grandes cantidades de aquellas partículas orgánicas, inorgánicas o líquidos inmiscibles que se encuentran en el agua. Algunos sólidos inorgánicos pueden ser arcillas u otros componentes del suelo. De la misma forma, pueden ser encontrados sólidos orgánicos como, restos de plantas, sólidos en suspensión, orgánicos e inorgánicos, residuos provenientes de los procesos industriales y domésticos, así como también líquidos inmiscibles como aceites y grasas.(Tchobanoglous, 2000)

2.1 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.1.1 Etapas del proceso de tratamiento de las aguas residuales.

Dentro del campo del tratamiento de aguas residuales ha existido un desarrollo tecnológico considerable, la variedad de posibles métodos de tratamiento ha aumentado, sin embargo, los métodos que han comprobado su eficiencia son de tres tipos: físicos, químicos y biológicos. Estos, a su vez, se combinan entre sí en una gran variedad de formas creando sistemas bioquímicos o físico biológicos se afirma “los tratamientos de tipo físico son aquellos en los que predomina la aplicación de fuerzas físicas, tal es el caso de, cribado, sedimentación, filtración, flotación y mezclado”. (Metcalf H., 1996)

Los métodos modernos para el tratamiento de aguas residuales son encaminados a reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de las aguas residuales, antes de que sean descargadas en los cuerpos de agua para mantener la calidad de los mismos. Existen varios métodos físicos, químicos y microbiológicos.

El tratamiento de las aguas residuales (desechos líquidos) es encaminado a eliminar la materia orgánica, microorganismos patógenos para el hombre y sustancias tóxicas. El tratamiento de aguas negras domésticas reduce la demanda bioquímica de oxígeno al suspender o disolver las sustancias orgánicas y el número de microorganismos entéricos patógenos, de tal manera que las aguas residuales que se descarguen no causen un deterioro inaceptable de la calidad ambiental.(Metcalf H., 1996).

2.2 Sistema preliminar de tratamiento

El tratamiento preliminar se realiza por medio de un canal de rejillas para retener los sólidos gruesos, un desarenador para sedimentar sólidos finos y una trampa de grasas para extraer todas las grasas y aceites que ponen en peligro la operación adecuada de los otros elementos de la unidad de tratamiento.

2.2.1 Canal de rejillas

Tiene como objetivo la remoción de los materiales gruesos, los cuales podrían perjudicar el flujo de líquidos en el sistema de conducción de la planta. Esta unidad está formada por barras

metálicas separadas entre sí en claros libres de 1,0 a 5,0 centímetros (comúnmente 2,5 centímetros), colocadas en un ángulo de 30 a 60 grados respecto al plano horizontal. Los sólidos separados por este sistema se disponen de ellos enterrándolos o incinerándolos.

2.2.2 Desarenador

El sistema más utilizado para extraer la arena que va dentro de las aguas residuales es el desarenador rectangular de flujo horizontal. Los sólidos inorgánicos como arenas varían en cantidad, dependiendo de factores como geología o si la red de alcantarillado es solo sanitaria o combinada (la combinada contiene más arena y grava). Las arenas pueden causar serias dificultades en el funcionamiento de los tanques de sedimentación y en la digestión de materia orgánica, al acumularse alrededor de las tuberías de entrada, causando obstrucciones.

El desarenador está formado por una caja o canal, donde las partículas se separan del líquido por acción de la gravedad (caen por su peso). Normalmente se construyen dos canales en forma paralela, con la intención de dejar funcionando un canal mientras el otro se limpia.

2.2.3 Trampas de grasa

Acumulación de grasas puede causar problemas tanto en sistemas de alcantarillado como en unidades de tratamiento posteriores. Lo mejor es colocarlos a nivel individual para evitar problemas en el alcantarillado, pero también es recomendable construir una unidad para remover grasas a la entrada de la planta de tratamiento.

Las trampas de grasas individuales idealmente serán obligatorios para el acondicionamiento de las descargas de las lavanderías, lavaplatos, u otros aparatos sanitarios instalados en restaurantes, cocinas de hoteles, hospitales y similares. Las trampas de grasas individuales deberán ubicarse próximas a los aparatos sanitarios que descarguen desechos grasosos, y por ningún motivo deberán ingresar aguas residuales provenientes de los servicios higiénicos. (MANCUERNA, 2012)

2.3 Medición del caudal

Para un adecuado control de un sistema de tratamiento, es necesario conocer el caudal (cantidad de agua por día) que ingresa a la planta. Existen varias opciones para la medición de los caudales, incluyendo:

Equipo eléctrico que trabaja por medio de sensores puede registrar automáticamente y en forma constante las variaciones de caudal.

2.4 Tratamiento primario

El sistema preliminar de tratamiento establece una serie de mecanismos de descontaminación, los cuales son métodos mecánicos como por ejemplo: rejas, desmenuzadores, desarenadores y tanques de remoción de grasas y aceites.

En el caso del tratamiento primario, se establece que el propósito principal del mismo es remover los sólidos finos sedimentables y que esto se puede lograr por medio de sedimentación simple, filtración, tanques sépticos o bien con un tanque Imhoff o con lagunas de estabilización anaerobia.

2.4.1 Tanque séptico

Estos dispositivos combinan el proceso de sedimentación y de digestión anaerobia de la materia orgánica; en ocasiones los tanques se diseñan con dos o más cámaras que operan una serie. En el primer compartimiento se efectúa la sedimentación, biodigestión y el almacenamiento de los lodos. Debido a que en la descomposición anaerobia se produce gases, mismos que suspenden sólidos sedimentados en la primera cámara, se requiere una segunda cámara para mejorar el proceso de remoción evitando que los sólidos sean arrastrados con el efluente, fuera del tanque. Dicho efluente se encuentra en condiciones sépticas (anaerobias, sin oxígeno) y aun lleva consigo un importante contenido de materia orgánica disuelta y suspendida, por lo que se requiere siempre de un tratamiento posterior.

2.4.2 Tanques de imhoff

La sedimentación se da en dos niveles. Se utiliza como estanque de sedimentación y cámara de digestión. El tanque imhoff es una cantidad compacta, cuyo estanque de sedimentación está ubicado sobre una cámara de digestión. El material que se sedimenta se desvía por

paredes internas inclinadas para que pueda deslizarse directamente hacia la región de digestión. El dispositivo de retención, en la superficie de deslizamiento, impide que el gas ascienda y altere el proceso de sedimentación. Los tanques imhoff pueden construirse en secciones transversales circulares o cuadradas.

Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas; tienen una operación muy simple y no requieren de partes mecánicas; sin embargo para su uso correcto se requiere que las aguas residuales pasen por el proceso de cribado y remoción de arena. Funcionan muy bien en climas calurosos, pues esto facilita la digestión de la materia orgánica. En la selección de esta unidad de tratamiento se debe considerar que los tanques imhoff también pueden producir olores desagradables.(Metcalf H., 1996)

2.5 Tratamiento Secundario

El objetivo principal es remover o estabilizar las materias que puedan descomponerse (putrefacción) y que estén suspendidas, en estado coloidal o en solución. Para lograr esto, se considera factibles los mecanismos de filtración y tratamiento biológico por contacto. Es importante recalcar que el organismo sugiere los métodos de filtración biológica, la de lodos activados y las lagunas aerobias, anaerobias y facultativas, así como las zanjas de oxidación.

2.6 Tratamiento terciario

El tratamiento final es la cloración, con lo que se tendrá un tratamiento parcialmente completo. Se dice que está parcialmente completo debido a que no han sido aun eliminados los metales pesados y sustancias tóxicas inorgánicas que se encuentran disueltas y no suspendidas. Para lograr esto se necesitaría la implementación de un tratamiento terciario. Este último excede muchas veces las necesidades de tratamiento por lo que el tratamiento normalmente llega a un nivel secundario con cloración. Lo que asegura un agua clara, sin olores y baja en contenido microbiano.(MANCUERNA, 2012)

La descripción de cada uno de las plantas de estudio se amplía en ANEXO II.

3. IMPORTANCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

3.1 Principales objetivos del tratamiento de aguas residuales

- Proteger la salud pública
- Proteger la degradación o la contaminación al ambiente receptor
- Reducir los costos de tratamiento mediante la retención de aguas y sólidos cerca de su punto de descarga para su utilización.

3.2 Principales causas de Morbilidad según la organización Mundial de la Salud OMS.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), la considera una de las principales causas de morbilidad, estrechamente ligada a la pobreza y relacionada con inadecuada higiene personal y de los alimentos crudos, falta de servicios sanitarios, falta de provisión de agua potable y contaminación fecal del ambiente. Infecta a personas de todas las edades, pero la sufren principalmente los niños, a quienes les causa trastornos en el crecimiento y desarrollo.

Según publicaciones de la OMS, más de la quinta parte de la población mundial está infectada por uno o varios parásitos intestinales y en muchos países de América Central y Sudamérica el promedio de infecciones parasitarias es del 45%. Se estima en 1000 millones las personas infectadas por *Ascaris lumbricoides*, 500 millones con *Trichuris trichiura*, 480 millones con *Entamoeba histolytica* y 200 millones con *Giardia lamblia*.

La endemicidad de las parasitosis intestinales es el resultado de un proceso dinámico, basado en infecciones repetidas donde intervienen múltiples factores que se relacionan entre sí, como variables ecológicas, inmunológicas, genéticas, fisiológicas y nutricionales enmarcadas en condiciones socioeconómicas y culturales que favorecen la presencia de dichas enfermedades. (OMS, 2008)

Los primeros factores son responsables del desarrollo e invasión parasitaria, mientras que los factores socioeconómicos y culturales son los responsables de que el medio ambiente se contamine con las diferentes formas evolutivas parasitarias, restableciéndose así el ciclo de la invasión parasitaria. (Rivadeneira L., 2011)

3.3 Principales causas de Mortalidad según la organización Mundial de la Salud OMS.

Entre 1950 y 2000 la población guatemalteca aumentó de casi tres millones a poco más de

once millones. Pese a su reciente atenuación, el ritmo de crecimiento demográfico actual excede en 1.6 veces al promedio de la región latinoamericana (26.4 por mil contra 16 por mil). Si se cumplen los supuestos bases de las proyecciones demográficas, la población guatemalteca alcanzará una magnitud cercana a los 18 millones hacia el 2020.

Cuatro regiones del país exhiben los mayores riesgos de morbimortalidad (Central, Suroccidente, Nororiente y Suroriente) y albergan a algo más de la mitad (54%) de la población guatemalteca. Tres de esas unidades (Suroriente, Central y Suroccidente) registran también tasas de fecundidad elevadas. En la medida en que se atiendan las necesidades de sus habitantes muy particularmente en aquellos ámbitos que permiten ampliar las oportunidades de bienestar de la población (Rivadeneira L., 2011)

3.4 Análisis de las causas de la problemática de salud que afrontan la población de MANCUERNA.

Dentro de las principales causas asociadas al “Alto índice de morbilidad general por enfermedades de origen hídrico” se encuentran principalmente:

El poco acceso de la población a servicios de agua potable en cantidad calidad debido a:

- El 41% de los sistemas de agua existentes están contaminados por desechos sólidos (50 botaderos de basura¹³) y líquidos 36 desfogues (169.3 litros/segundo se vierten a los ríos sin ningún tratamiento).
- Uso de agroquímicos de forma indiscriminada. o Reducción de caudales de las fuentes de agua por deforestación acelerada por la necesidad de tierra para cultivar y para vivienda.
- Inequidad en la distribución del recurso y del servicio de agua por falta de mecanismo de control y seguimiento por parte de las municipalidades.
- Ausencia de fuentes de agua superficial y subterránea cercana a centros poblados.
- Inadecuada disposición de excretas humanas principalmente en el área rural, por el mal estado de las letrinas en la mayoría de casos y por déficit en otros. Es de mencionar el problema que se da en los centros educativos, ya que por la deficiente infraestructura sanitaria, se convierten en un foco de contaminación para la población infantil.
- Inadecuada disposición de aguas grises en las áreas rurales, en promedio el 66% de

viviendas ubicadas en el área rural disponen el agua gris a flor de tierra. Mejora de la gobernabilidad del agua asociada a la cobertura y gestión sostenible de los servicios de agua potable y saneamiento en comunidades rurales indígenas Mam de la Mancomunidad de municipios de la Cuenca Alta del Río Naranjo (MANCUERNA)

La ausencia de fuentes de agua superficiales y subterráneas cercanas a centros poblados Muchos centros poblados debido a su posición en la parte alta de las micro cuencas, no tienen acceso a fuentes de aguas superficiales y subterráneas. Aunque este aspecto su causal es de tipo estructural del país relacionado al acceso de tierras y ordenamiento territorial; se asocia un factor económico, pues en algunos casos existen fuentes de agua subterránea pero la construcción, operación y mantenimiento, suponen altos costos que son difíciles de asumir por los habitantes de dichas zonas.

3.4.1 Hábitos de higiene inadecuados.

Otra de las causas de las enfermedades en la población son los hábitos de higiene inadecuados y el acceso de la población a servicios de agua en cantidad y calidad, están estrechamente relacionados. De acuerdo con lo expuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS), los riesgos relacionados al consumo de agua no potable son principalmente la causa de incidencias de enfermedades de origen hídrico, tales como fiebre tifoidea, disentería bacilar, cólera, gastroenteritis, diarreas, hepatitis A y E , poliomielitis y disentería amebiana. Los hábitos de higiene, están asociados principalmente a la poca educación profiláctica de escolares y población en general. En este sentido, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, con base en el Acuerdo Gubernativo No. 115-99, del Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, reconoce al Departamento de Regulación de Programas de la Salud y Ambiente –DRPSA- y atribuye funciones de tipo normativo, prevención, promoción, vigilancia, autorización y recuperación de la salud ambiental para contribuir a la mejora de la calidad de la salud humana. Sin embargo, es evidente la escasa cobertura y seguimiento a procesos de promoción y sensibilización en las comunidades seleccionadas en el programa.

4 DESCRIPCIÓN TERRITORIAL

4.1 Descripción territorial de la Mancomunidad de la Cuenca del Río Naranjo y ubicación de la mancomunidad

La mancomunidad de municipios de la cuenca del río naranjo MANCUERNA se constituye en el año 2003 y se localiza en el occidente de la República de Guatemala, dentro de la region territorial conocida como altiplano occidental; esta conformada por 8 municipios que estan ubicados en la parte alta de la cuenca del río Naranjo; de estos 8 municipios, 5 pertenecen al departamento de San Marcos (San Marcos, San Pedro Sacatepéquez, Esquipulas Palo Gordo, San Cristóbal Cucho y San Antonio Sacatepéquez y 3 pertenecen al departamento de Quetzaltenango (San Juan Ostúnalco, San Martin Sacatepéquez y Palestina de los Altos).

Su territorio forma parte, en un alto porcentaje, de la vertiente del Océano Pacífico y una pequeña porción en la sub vertiente del Golfo de México; se encuentra ubicada en el cinturón volcánico de Guatemala. Comprende suelos montañosos, con pendientes fuertes, topografía escarpada a ondulada, con valles, planicies y elevaciones que van de los 750 a los 3500msn. La extensión territorial que cubre la mancomunidad en conjunto es de aproximadamente 722 km² con una población total estimada para el 2008 de 241,442 habitantes.

Cabe mencionar que el territorio de la MANCUERNA es estratégico, ya que está localizado en la parte alta de varias cuencas de los ríos; Suchiate; Naranjo, Ocosito, Salamá, y Cuilco. La ubicación estratégica de la mancomunidad en función de su posición geográfica, hace necesario, para ella misma y para el país, el enfoque de Gestión Integrada del Recurso Hídrico GIRH en su que hacer. La mayor parte del territorio de la MANCUERNA está ubicado dentro de la cuenca del río Naranjo, derivándose, de ahí su nombre.

La importancia de la mancomunidad se manifiesta desde su naturaleza misma, que los 8 municipios se unen concretamente para la creación de políticas y proyectos territoriales que promuevan la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH), lo cual fundamenta su constitución ya que se transcribe en sus estatutos, en su misión y en su visión.

4.2 Acceso a Agua potable y Saneamiento Básico

Según información del censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística en el año 2002, en Guatemala, los hogares urbanos representan el 50.2% del total nacional e integran el 46.1% de la población del país, mientras que los hogares rurales constituyen el 49.8% del total nacional conformados por el 53.9% de la población. De igual manera en la población extremadamente pobre, el 24.3% representa a población indígena y el 6.5% a población ladina (INE, 2008).

En el año 2006, según la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (ENCOVI), los hogares pobres constituían el 51% del total, y 15% eran hogares en condiciones de extrema pobreza (indigencia). Los porcentajes de indigencia así como de pobreza superan al valor promedio de América Latina (51% y 36%). La incidencia de la pobreza difiere por zonas y etnias. En las zonas urbanas son pobres el 31% de la población, y el 5% están en la pobreza extrema, mientras que en las zonas rurales el 71% son pobres y el 24% indigentes. (POG, 2011)

En Guatemala, se estima que la mayoría de fuentes superficiales están contaminadas con heces, desechos en descomposición, basuras de todo tipo, químicos y otras sustancias perjudiciales para la salud. Se estima que menos de un 5% de las aguas residuales producidas anualmente en el país (total cercano a los 1,500 millones de metros cúbicos) reciben algún tratamiento, y por ende también se estima que la mayoría de fuentes superficiales de agua están contaminadas (el 70 % de los municipios se abastecen de aguas superficiales). (INE, 2008)

5 CONDICIONES GENERALES DEL TERRITORIO POBREZA, EDUCACIÓN Y SALUD

5.1 Pobreza

El área geográfica de la Mancomunidad se sitúa cerca de la frontera con México y comprende una población aproximada de 241,000 habitantes, de los cuales cerca del 60% son pobres y el 15% de estos vive en extrema pobreza.

Cuadro No. 9 Población que posee planta de tratamiento para aguas residuales del territorio MANCUERNA, población, extensión territorial, pobreza, pobreza extrema.

Municipio	Población total municipio	Extensión Territorial	% Pobreza	% Pobreza Extrema
Esquipulas Palo Gordo	11,456	21	56.89	9.76
San Cristóbal Cucho	17,667	56	67.92	17.87
San Antonio Sacatepéquez	19,098	79	67.76	15.05
San Martín Sacatepéquez	26,708	100	82.99	28.09

Fuente: Elaboración propia según la Encuesta de Condiciones de Vida (ENCOVI, 2006)

En la MANCUERNA la población indígena (mayoritariamente Mam) representa aproximadamente el 80% del total, cuenta con algunos de los índices de desarrollo humano más bajos de Guatemala: 0.496 (el del país es 0.64 y el de la capital 0.83), con índices en salud de 0.541, en educación de 0.428 y en ingresos de 0.518. Las condiciones de exclusión en el acceso a los servicios públicos básicos inciden en indicadores de salud precarios, a esto se suma la mala atención a los derechos de salud de la población, en particular de las mujeres. En el área, el crecimiento poblacional y la pobreza presionan los recursos naturales como el bosque y el agua; como consecuencia existe severa deforestación, ampliación de la frontera agrícola y erosión de los suelos por falta de prácticas de manejo y conservación.

5.2 Educación

De acuerdo a estimaciones del Ministerio de Educación, en el año 2008, la población analfabeta (de 15 años y más) en la MANCUERNA representaba un 21.28% de la población total del territorio, porcentaje que es menor al promedio nacional (22.41%). Si se observa el analfabetismo, desde la perspectiva de género, es mayor en mujeres (23.90%) que en hombres (18.26%). Los municipios con mayor porcentaje de analfabetismo son: Palestina de los Altos (41.76%), San Juan Ostúnalco (33.19%) y San Martín Sacatepéquez (41.58%), estos

municipios representan la mayor cantidad de población de origen Mam. Esquipulas Palo Gordo es el municipio con menor porcentaje de analfabetismo (5.20%). En lo que respecta a la educación formal en el ciclo primario, en las escuelas de la MANCUERNA en el año 2008 fueron atendidos 48,395 alumnos por un total de 1,510 profesores, en promedio cada profesor atendió 32.05 alumnos. Promedio superior al nacional (30.45 estudiantes/ profesor). A nivel del ciclo básico fueron atendidos 13,447 estudiantes por 652 maestros, lo que representa un promedio de 20.62 estudiantes/profesor, superior al nacional que es 17.05 estudiantes/profesor. (Barreno R., 2011)

5.3 Salud

En el área de MANCUERNA se reportan enfermedades comunes que inciden en la población, los porcentajes de incidencia de enfermedades transmisibles se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro No. 10: Enfermedades comunes Transmisibles en la región de MANCUERNA

Causas enfermedades transmisibles	%
Gastrointestinales (diarrea común, parasitismo intestinal, y amebiasis)	31
Respiratorias (neumonías, resfriado Común, amigdalitis y rinofaringitis)	47
Dermatológicas (micosis, impétigo, alergias y otras)	22
Total	100

Fuente: Experiencias municipales en GIRH MANCUERNA, Guatemala 2011.

Las causas principales de la morbilidad materna en el territorio de la Mancomunidad son infecciones urinarias, flujo vaginal, anemia, enfermedades pépticas. Las causas de mortalidad se deben a la eclampsia y a la retención placentaria. En el caso de los niños las causas de la morbilidad tienen que ver con enfermedades gastrointestinales, enfermedades respiratorias, desnutrición y dermatológicas. La mortalidad tiene que ver con casos de neumonía, muerte prematura y asfixia, entre otros.

En un estudio de talla escolar realizado en el 2001 por el Ministerio de Educación se evidenció que en la región de la MANCUERNA los niños presentan un alto grado de desnutrición crónica. (Barreno R., 2011)

Respecto a los servicios en salud, existen en la MANCUERNA: un Hospital Nacional, ubicado en San Marcos; centros de salud tipo “B” en los municipios de San Marcos, San Pedro Sacatepéquez, Palestina de los Altos, San Juan Ostúnalco y San Martín Sacatepéquez; existen 29 puestos de salud y 13 unidades mínimas en diferentes comunidades de la región.

Anexo II

Descripción de las cuatro plantas de tratamiento con estructura diferente, ubicadas en cuatro diferentes comunidades pertenecientes a la parte alta de la cuenca del río Naranjo.

Descripción de la Planta de Tratamiento Ubicada en el Municipio de Esquipulas Palo Gordo.

Parte de la planta de tratamiento Descripción

Rejas

Su ubicación es a la entrada de la planta de tratamiento de las aguas residuales, tiene la finalidad de retener los sólidos gruesos.

Las aguas residuales contienen materiales tales como, desperdicios, pedazos de madera, arena, etc., las que deben ser removidas antes de ingresar a las unidades de tratamiento debido a que pueden obstruir tuberías, canales, vertedero, etc.

Su función es atrapar los sólidos gruesos, tales como plásticos, toallas sanitarias, envases, trozos de madera, etc., así como plásticos, grasas y otros materiales flotantes en general No Biodegradables.

Desarenador

Esta instalación se ubica inmediatamente después del canal de rejas y permite retener los sólidos suspendidos de menor tamaño factibles de decantar, como material fino, arena u otro elemento inerte no retenido en el canal de rejas y que pueda ingresar al Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA).

Trampa de grasas flotantes

Cuando detecte presencia de materiales flotantes, estos residuos livianos, deberán de trasladarse a la bandeja perforada del desarenador y dejarlos un tiempo prudencial de secado y disponiéndolos como residuos sólidos o basuras posteriormente.

Caja de derivador de caudales

El operador debe estar revisando esta unidad, verificando que dentro de la tubería de ingreso a RAFA no exista taponamiento, retirando cuando detecte presencia de materiales flotantes, estos residuos livianos, deberán de trasladarse a la bandeja perforada del desarenador y dejarlos un tiempo prudencial de secado y disponiéndolos como residuos sólidos o basuras posteriormente.

Reactor anaeróbico de flujo ascendente RAFA Esta instalación se ubica inmediatamente después de caja derivador de caudales y permite retener los sólidos residuales de mayor tamaño de las aguas negras (lodos, heces).
El tratamiento primario secundario está integrado por dos reactores anaerobios de flujo ascendente – RAFAS-, en donde por medio de digestión anaerobia se desarrollará la degradación y sedimentación de materia orgánica contenida en las aguas residuales

Filtro percolador Esta instalación se ubica inmediatamente después del Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente RAFA y permite la oxigenación de las aguas residuales.
El tratamiento terciario se realizará por medio de filtro percolador que tendrá la capacidad de degradar la materia orgánica que no sea tratada en el RAFA por medio de una acción aerobia a través de la película biológica que se forma en el lecho filtrante y luego de este proceso se realizará una sedimentación del agua residual, previo a su descarga.
Este sistema de tratamiento con biomasa adherida permite que los microorganismos se encuentran pegados a un medio de soporte piedra; dependiendo de las condiciones ambientales que rodean el medio de soporte, los sistemas de biomasa adherida pueden ser aerobios o anaerobios

Sedimentador Esta instalación se ubica inmediatamente después del filtro percolador y permite retener los sólidos residuales finos de las aguas negras ya tratadas (lodos, heces).
El sedimentador es un tanque que sirve para un proceso físico que aprovecha la diferencia de densidad y peso entre el líquido y las partículas suspendidas; los sólidos, más pesados que el agua trae de los tratamientos previos, precipitan produciéndose su separación del líquido sedimentando las partículas floculentas (con o sin coagulación previa)

Patio de lodos Esta instalación se ubica inmediatamente después del sedimentador y permite retener los lodos sedimentado dentro de tanques sedimentadores primario y secundario.
Los lodos son un subproducto del tratamiento de las aguas residuales; pueden ser primarios, secundarios o digeridos.
Las características de los lodos varían con la composición del agua residual y con el tipo de tratamiento.
El tratamiento de los lodos procedentes de los RAFAS, se realizará por medio de la deshidratación de los mismos en

patios de lodos. Los lodos que se produzcan del tratamiento en el filtro percolador serán retenidos en el sedimentador y recirculados por medio de una bomba diesel hacia los RAFAS

Fuente: Elaboración propia con base en información del manual de operaciones y mantenimiento de la planta de tratamiento Esquipulas Palo Gordo, MANCUERNA 2012.

**Descripción de la Planta de Tratamiento Ubicada en el departamento de Quetzaltenango
Municipio de San Martín Sacatepéquez, aldea las Hortensias.**

Parte de la planta de tratamiento	Descripción
Rejas	<p>Su ubicación es a la entrada de la planta de tratamiento de las aguas residuales, tiene la finalidad de retener los sólidos gruesos.</p> <p>Las aguas residuales contienen materiales tales como, desperdicios, pedazos de madera, arena, etc., las que deben ser removidas antes de ingresar a las unidades de tratamiento debido a que pueden obstruir tuberías, canales, vertedero, etc.</p> <p>Además una vez que ingresan a la planta resulta difícil remover estas materias.</p> <p>Los residuos retenidos en las rejas deben extraerse tantas veces al día como sea necesario, para permitir el libre escurrimiento.</p>
Desarenador	<p>Esta instalación se ubica inmediatamente después del canal de rejas y permite retener los sólidos suspendidos de menor tamaño factibles de decantar, como material fino, arena u otro elemento inerte no retenido en el canal de rejas y que pueda ingresar al sedimentador primario.</p>
Trampa de grasas flotantes	<p>El operador debe estar revisando esta unidad, retirando, cuando detecte presencia de materiales flotantes, estos residuos livianos, deberán de trasladarse a la bandeja perforada del desarenador y dejarlos un tiempo prudencial de secado y disponiéndolos como residuos sólidos o basuras posteriormente</p>

Sedimentador primario

Esta instalación se ubica inmediatamente después de la trampa grasa y permite retener los sólidos residuales de mayor tamaño de las aguas negras (lodos, heces).

El sedimentador primario es un tanque que sirven para regular o disminuir los efectos de la variación del flujo o de la concentración de las aguas residuales, es indispensables en el tratamiento de las aguas residuales municipales, este tanque es de forma rectangular con capacidad suficiente para contener el flujo de agua residual que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales.

Filtro percolador

Esta instalación se ubica inmediatamente después del sedimentador primario y permite la oxigenación de las aguas residuales.

Este sistema de tratamiento con biomasa adherida permite que los microorganismos que se encuentran pegados a un medio de soporte, siendo este de piedra; con el tiempo, formen una biopelícula (*biofilm*), llamada también zooglea, sobre este material de soporte; esta biopelícula o lama biológica de microorganismos se encargará de tomar como alimento (adherir y descomponer), la materia orgánica biodegradable presente en las aguas del afluente. los sistemas de biomasa adherida pueden ser aerobios o anaerobios

Sedimentador Secundario

Esta instalación se ubica inmediatamente después del filtro percolador y permite retener los sólidos residuales finos de las aguas negras ya tratadas (lodos, heces).

El sedimentador secundario es un tanque que mediante un proceso físico que aprovecha la diferencia de densidad y peso entre el líquido y las partículas suspendidas; los sólidos, más pesados que el agua trae de los tratamientos previos, precipitan produciéndose su separación del líquido sedimentando las partículas floculentas (con o sin coagulación previa)

Patio de lodos

Esta instalación se ubica inmediatamente después del sedimentador secundario y permite retener los lodos sedimentados dentro de tanques sedimentadores primario

y secundario.

Los lodos son un subproducto del tratamiento de las aguas residuales; pueden ser primarios, secundarios o digeridos.

Las características de los lodos varían con la composición del agua residual y con el tipo de tratamiento.

Fuente: Elaboración propia con base en información del manual de operaciones y mantenimiento de la planta de tratamiento San Martín Sacatepéquez, MANCUERNA 2012.

Descripción de la Planta de Tratamiento Ubicada en el Departamento de San Marcos Municipio de San Antonio Sacatepéquez. S.M

Parte de la planta de tratamiento	Descripción
Rejas	<p>Su ubicación es a la entrada de la planta de tratamiento de las aguas residuales, tiene la finalidad de retener los sólidos gruesos.</p> <p>Las aguas residuales contienen materiales tales como, desperdicios, pedazos de madera, arena, etc., las que deben ser removidas antes de ingresar a las unidades de tratamiento debido a que pueden obstruir tuberías, canales, vertedero, etc.</p>
Desarenador	<p>Esta instalación se ubica inmediatamente después del canal de rejas y permite retener los sólidos suspendidos de menor tamaño factibles de decantar, como material fino, arena u otro elemento inerte no retenido en el canal de rejas y que pueda ingresar al sedimentador primario.</p>
Trampa de grasas flotantes	<p>El operador debe estar revisando esta unidad, retirando, cuando detecte presencia de materiales flotantes, estos residuos livianos, deberán de trasladarse a la bandeja perforada del desarenador y dejarlos un tiempo prudencial de secado y disponiéndolos como residuos sólidos o basuras posteriormente</p>

Caja de derivador de caudales	El operador debe estar revisando esta unidad, verificando que dentro de la tubería de ingreso a los tanques imhoff no exista taponamiento, retirando cuando detecte presencia de materiales flotantes, estos residuos livianos, deberán de trasladarse a la bandeja perforada del desarenador y dejarlos un tiempo prudencial de secado y disponiéndolos como residuos sólidos o basuras posteriormente.
Tanques imhoff	Esta instalación se ubica inmediatamente después de caja derivador de caudales y tiene como objetivo la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. El tratamiento biológico está integrado por ocho tanques imhoff, en donde por medio de digestión anaerobia se desarrollará la degradación y sedimentación de materia orgánica contenida en las aguas residuales.
Filtro percolador	Esta instalación se ubica inmediatamente después los tanques imhoff y permite la oxigenación de las aguas residuales consta de 4 filtros percoladores de material filtrante plástico. El tratamiento se realizará por medio de filtro percolador que tendrá la capacidad de degradar la materia orgánica que no sea tratada los tanques imhoff por medio de una acción aerobia a través de la película biológica que se forma en el lecho filtrante y luego de este proceso se realizará una sedimentación del agua residual, previo a su descarga. Este sistema de tratamiento con biomasa adherida permite que los microorganismos que se encuentran pegados a un medio de soporte, siendo este de piedra; con el tiempo, formen una biopelícula (<i>biofilm</i>), llamada también zooglea, sobre este material de soporte; esta biopelícula o lama biológica de microorganismos se encargará de tomar como alimento (adherir y descomponer), la materia orgánica biodegradable presente en las aguas del afluente. los sistemas de biomasa adherida pueden ser aerobios o anaerobios
Sedimentador de lodos	En el sedimentador, las canalizaciones de salida y llegado el caso, los tubos de la entrada, tienen que permanecer limpios, las placas de lodo que están flotando

o la subida de burbujas de aire son signos de presencia en el estanque de lodo que esta fermentado.

Esta instalación se ubica inmediatamente después del filtro percolador y permite retener los sólidos residuales finos de las aguas negras ya tratadas.

El sedimentador es un tanque que sirve para un proceso físico que aprovecha la diferencia de densidad y peso entre el líquido y las partículas suspendidas; los sólidos, más pesados que el agua trae de los tratamiento previos, precipitan produciéndose su separación del líquido sedimentando las partículas flocculentas (con o sin coagulación previa).

Patio de Lodos:

Esta instalación se ubica inmediatamente después del sedimentador y permite retener los lodos sedimentado dentro de tanques sedimentadores.

Los lodos son un subproducto del tratamiento de las aguas residuales; pueden ser primarios, secundarios o digeridos.

Las características de los lodos varían con la composición del agua residual y con el tipo de tratamiento.

El tratamiento de los lodos procedentes de los tanques imhoff, se realizará por medio de la deshidratación de los mismos en patios de lodos.

Fuente: Elaboración propia con base en información del manual de operaciones y mantenimiento de la planta de tratamiento San Antonio Sacatepéquez, MANCUERNA 2012.

Descripción de la Planta de Tratamiento Ubicada en el departamento de San Marcos Aldea el Recreo

Parte de la planta de tratamiento	Descripción
Rejas	<p>Su ubicación es a la entrada de la planta de tratamiento de las aguas residuales, tiene la finalidad de retener los sólidos gruesos.</p> <p>Las aguas residuales contienen materiales tales como, desperdicios, pedazos de madera, arena, etc., las que deben ser removidas antes de ingresar a las unidades de tratamiento debido a que pueden obstruir tuberías, canales, vertedero, etc.</p>
Desarenador	<p>Esta instalación se ubica inmediatamente después del canal de rejas y permite retener los sólidos suspendidos de menor tamaño factibles de decantar, como material fino, arena u otro elemento inerte no retenido en el canal de rejas y que pueda ingresar al sedimentador primario.</p>
Trampa de grasas flotantes	<p>El operador debe estar revisando esta unidad, retirando, cuando detecte presencia de materiales flotantes, estos residuos livianos, deberán de trasladarse a la bandeja perforada del desarenador y dejarlos un tiempo prudencial de secado y disponiéndolos como residuos sólidos o basuras posteriormente</p>
Caja de derivador de caudales	<p>El operador debe estar revisando esta unidad, verificando que dentro de la tubería de ingreso a los tanques IMHOFF no exista taponamiento, retirando cuando detecte presencia de materiales flotantes, estos residuos livianos, deberán de trasladarse a la bandeja perforada del desarenador y dejarlos un tiempo prudencial de secado y disponiéndolos como residuos sólidos o basuras posteriormente.</p>

Tanques imhoff

Esta instalación se ubica inmediatamente después de caja derivador de caudales y tiene como objetivo la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica.

El tratamiento biológico está integrado por ocho tanques imhoff, en donde por medio de digestión anaerobia se desarrollará la degradación y sedimentación de materia orgánica contenida en las aguas residuales.

Filtro percolador

Esta instalación se ubica inmediatamente después los tanques imhoff y permite la oxigenación de las aguas residuales consta de 4 filtros percoladores de material filtrante plástico.

El tratamiento se realizará por medio de filtro percolador que tendrá la capacidad de degradar la materia orgánica que no sea tratada los tanques imhoff por medio de una acción aerobia a través de la película biológica que se forma en el lecho filtrante y luego de este proceso se realizará una sedimentación del agua residual, previo a su descarga.

Sedimentador de lodos

En el sedimentador, las canalizaciones de salida y llegado el caso, los tubos de la entrada, tienen que permanecer limpios, las placas de lodo que están flotando o la subida de burbujas de aire son signos de presencia en el estanque de lodo que esta fermentado.

Esta instalación se ubica inmediatamente después del filtro percolador y permite retener los sólidos residuales finos de las aguas negras ya tratadas.

El sedimentador es un tanque que sirve para un proceso físico que aprovecha la diferencia de densidad y peso entre el líquido y las partículas suspendidas; los sólidos, más pesados que el agua trae de los tratamientos previos, precipitan

produciéndose su separación del líquido sedimentando las partículas floculentas (con o sin coagulación previa).

Patio de Lodos

Esta instalación se ubica inmediatamente después del sedimentador y permite retener los lodos sedimentados dentro de tanques sedimentadores.

Los lodos son un subproducto del tratamiento de las aguas residuales; pueden ser primarios, secundarios o digeridos.

Las características de los lodos varían con la composición del agua residual y con el tipo de tratamiento.

El tratamiento de los lodos procedentes de los tanques imhoff, se realizará por medio de la deshidratación de los mismos en patios de lodos.

Fuente: Elaboración propia con base en información del manual de operaciones y mantenimiento de la planta de tratamiento, Aldea el Recreo MANCUERNA 2012.

Anexo III

Diagrama de flujo de las diferentes estructuras ubicadas en cuatro diferentes comunidades pertenecientes a la parte alta de la cuenca del río Naranjo.

DIAGRAMA DE FLUJO PLANTA DE TRATAMIENTO ESQUIPULAS PALO GORDO.
SAN MARCOS

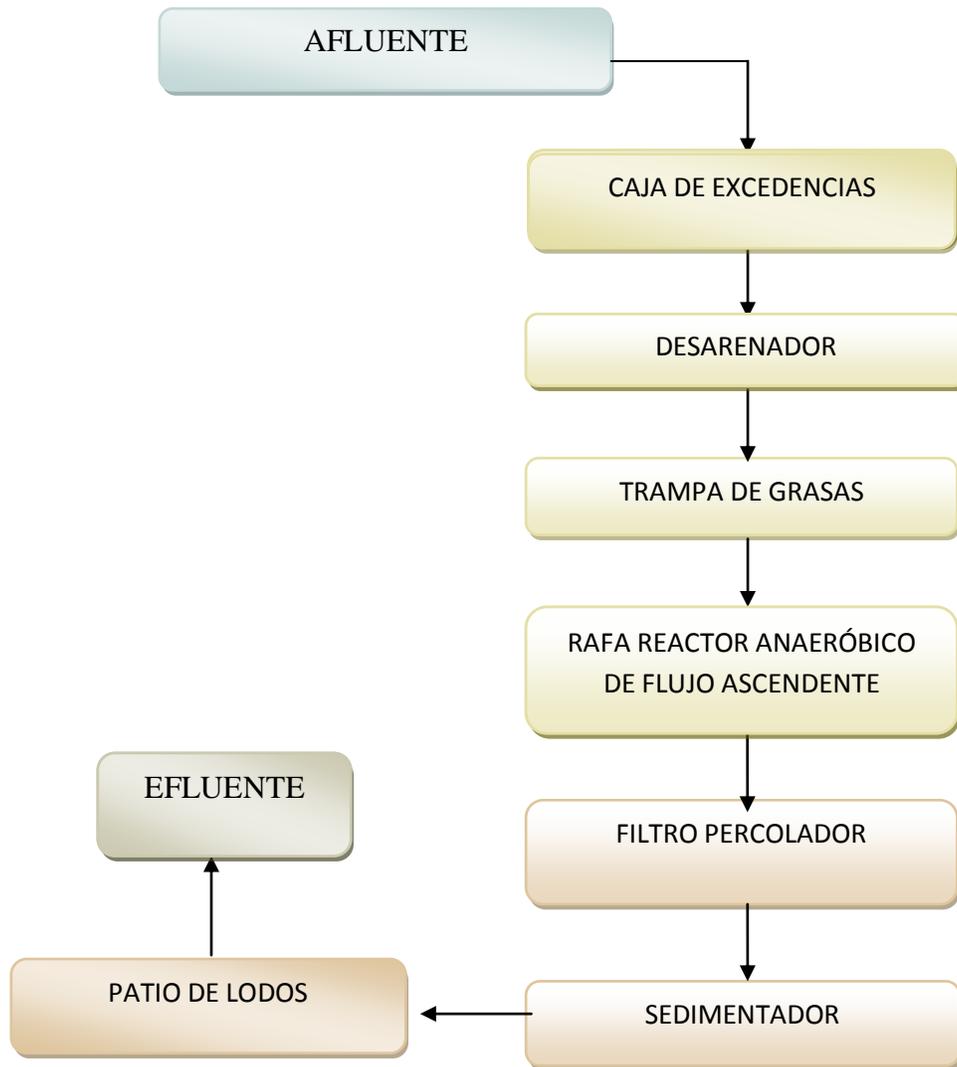


DIAGRAMA DE FLUJO PLANTA DE TRATAMIENTO DE LAS HORTENSIAS QUETZALTENANGO.

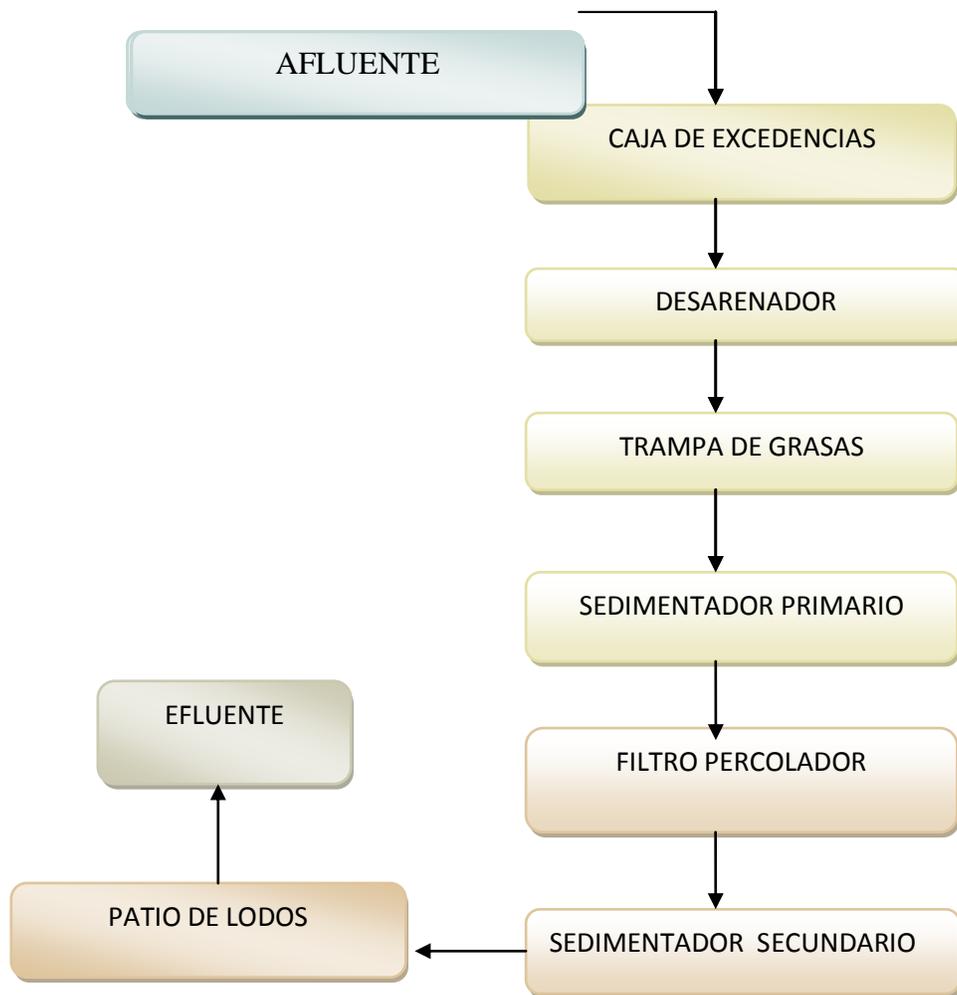


DIAGRAMA DE FLUJO PLANTA DE TRATAMIENTO DE SAN ANTONIO
SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

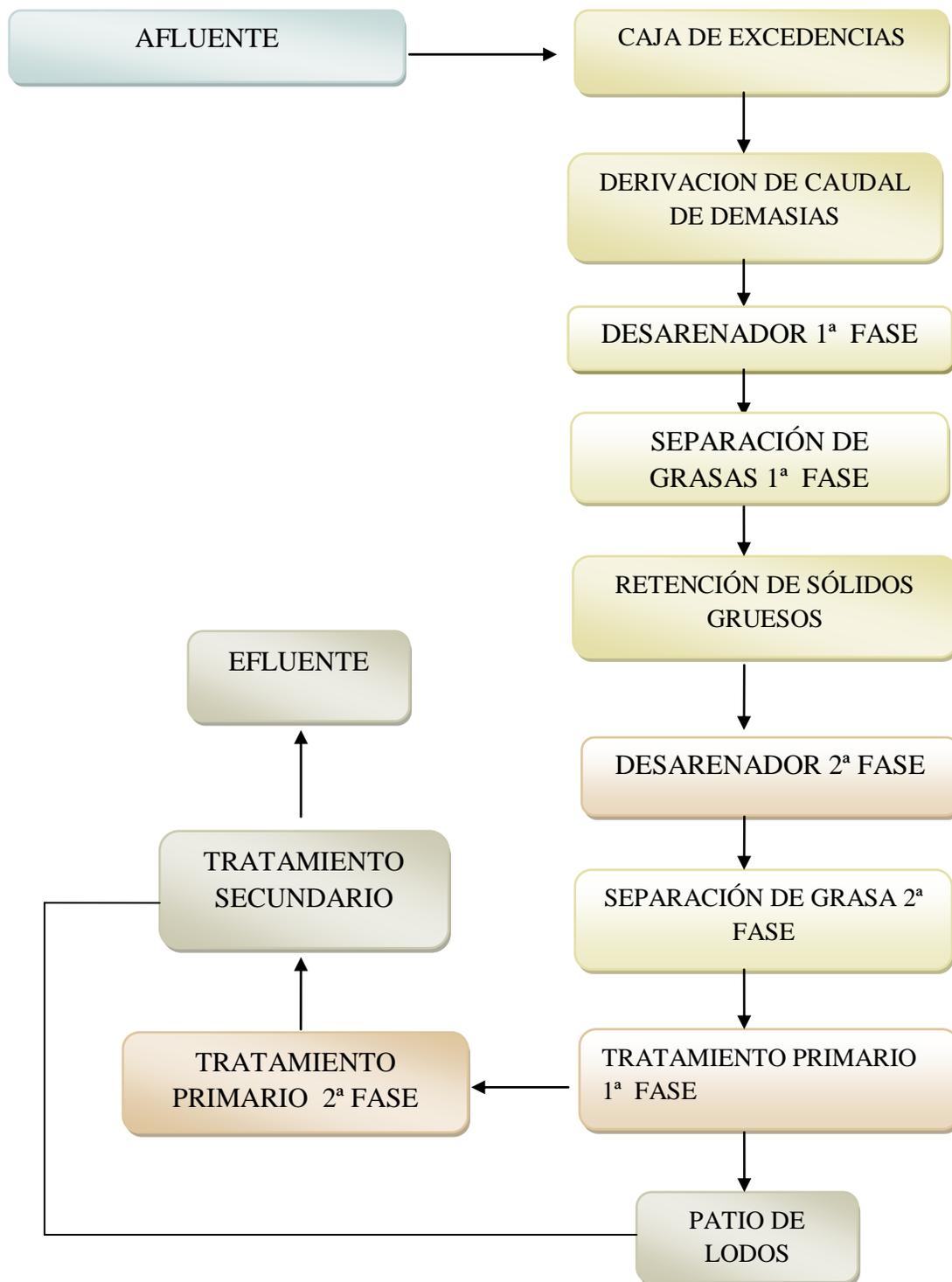
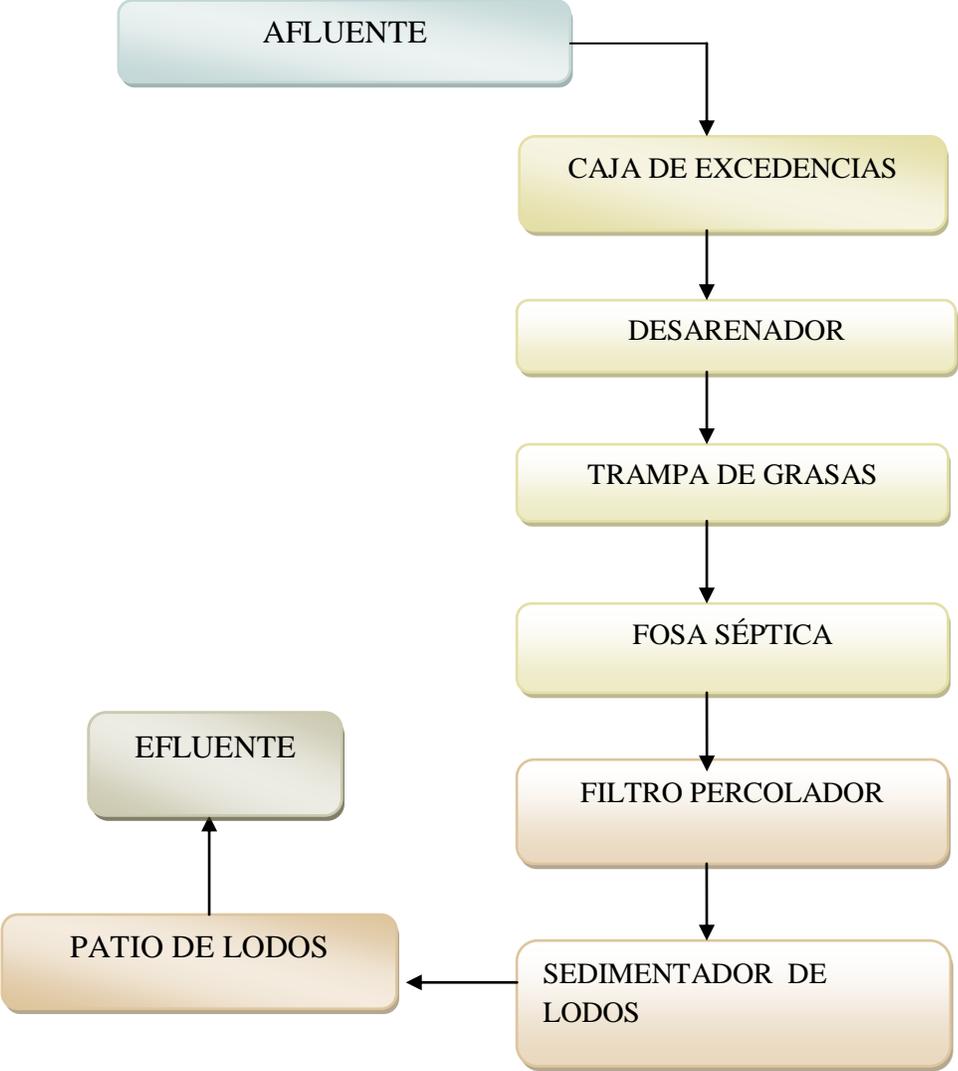


DIAGRAMA DE FLUJO PLANTA DE TRATAMIENTO ALDEA EL RECREO SAN MARCOS



Anexo IV

Resultados cuantitativos de las pruebas Fisicoquímicas de las muestras de agua residual obtenidas en los afluentes y efluentes de las cuatro plantas de tratamiento de la cuenca del Río Naranjo –MANCUERNA-

Tabla No. 7 Análisis de parámetros fisicoquímicos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la planta de tratamiento de Esquipulas Palo Gordo.

No. Muestra	Análisis Fisicoquímico							
	AFLUENTE				EFLUENTE			
	Temperatura °C	pH	DBO mg O2/L	DQO mg O2/L	Temperatura °C	pH	DBO mg O2/L	DQO mg O2/L
M1	18.5	8.3	243	357	20.1	7.3	73	92
M1A	17.9	8.6	247	366	20.5	7	69	102
M1B	18.5	8	239	340	20.2	7.1	70	91
M2	16.8	6.3	218	328	18	7	94	110
M2A	17	6.2	222	330	18.7	6.8	92	96
M2B	17.1	6	226	335	18.9	6.6	94	106
M3	17	7.9	223	298	16.5	7.1	91	119
M3A	15.8	8	218	278	17	6.9	90	123
M3B	16	8.1	210	287	16.5	7.4	87	127
M4	13.1	7.3	231	431	13	6.9	86	116
M4A	14	7.1	234	387	13	6.9	77	115
M4B	17	6.9	245	422	12.7	6.6	80	117
M5	14	6.7	356	356	17	6.8	104	119
M5A	17	6.5	387	344	17	6.6	100	110
M5B	15.5	6.5	377	347	17.7	6	96	102
M6	18.1	7.7	173	423	12.1	6.4	97	113
M6A	18	7	275	332	15	6.6	99	122
M6B	17	7.6	300	343	16	6.9	106	101
M7	17.8	7.8	305	422	18.8	5.8	103	72
M7A	17.3	7.9	308	356	16	7.1	78	92
M7B	16.1	8	266	344	14	6.9	76	97
M8	14.3	6.9	278	385	17	5.5	39	109
M8A	17	6.6	335	345	16	6.2	44	115
M8B	16.7	6.9	333	366	16	7.9	56	121
Media	16.6	7.3	269	355	16.6	6.4	83	107
Desviación Estándar	3.61	1.63	79.07	86.92	4.05	1.63	24.31	25.09
Límites permisibles *	NPL	NPL	NPL	NPL	TCR +/- 7°C	6-9	200	300

Fuente: Datos Experimentales

Tabla No. 8 Análisis de parámetros fisicoquímicos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la planta de tratamiento de San Martín Sacatepéquez.

No. Muestra	Análisis Fisicoquímico							
	AFLUENTE				EFLUENTE			
	Temperatura °C	pH	DBO mg O2/L	DQO mg O2/L	Temperatura °C	pH	DBO mg O2/L	DQO mg O2/L
M1	12,2	6	357	563	14,1	6,3	277	307
M1A	13	5,9	335	540	13	6,6	265	311
M1B	13,2	6,2	457	534	14,1	7	212	298
M2	12,2	6	432	510	15,6	6	221	257
M2A	13,7	6,2	345	601	13,4	6,6	225	315
M2B	14	6,5	567	587	14,6	7,8	232	300
M3	13,7	6,3	444	338	15	7,1	201	310
M3A	13	6,1	533	456	15,5	7	256	250
M3B	14	7	564	677	15,2	7,9	264	298
M4	15,1	6,7	457	688	15,6	7	289	302
M4A	14,6	7,8	456	555	15,1	6,7	232	307
M4B	13,6	7,4	452	678	13,4	7,7	254	258
M5	13,3	6,6	410	353	13,2	6	297	200
M5A	13,8	6,2	348	345	13,4	7,7	245	215
M5B	13,9	6,3	422	366	13,5	6,6	212	315
M6	16,4	6,9	396	345	14	6,3	305	370
M6A	16	6,6	454	434	13,7	6,1	317	345
M6B	16,3	7	345	456	14,5	6,4	321	289
M7	16,8	7,1	349	508	13,5	6,6	231	210
M7A	17	6,6	356	510	13,6	6,9	226	234
M7B	16,9	7	332	534	13,7	6,2	225	256
M8	16,7	6,2	450	399	14	6,5	212	217
M8A	16,4	6,8	423	409	14,4	6,6	210	223
M8B	16,3	6,9	461	415	14,9	6,1	207	300
Media	14,7	6,6	423	492	14,2	6,7	247	279
Desviación Estándar	3,40	1,40	107,20	147,55	2,95	1,46	64,61	71,28
Límites permisibles*	NPL	NPL	NPL	NPL	TCR +/- 7°C	6-9	200	300

Fuente: Datos Experimentales

Tabla No. 9 Análisis de parámetros fisicoquímicos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la planta de tratamiento de San Antonio Sacatepéquez.

No. Muestra	Análisis Fisicoquímico							
	AFLUENTE				EFLUENTE			
	Temperatura °C	pH	DBO mg O2/L	DQO mg O2/L	Temperatura °C	pH	DBO mg O2/L	DQO mg O2/L
M1	16,9	7,7	473	555	15,9	7,4	60	92
M1A	17	7,1	345	490	16	7,1	72	99
M1B	16,6	7,2	456	478	16,1	7,2	79	101
M2	18	6,4	381	467	17	7	63	30
M2A	17	6,5	440	445	16,9	7	68	74
M2B	18,1	6,6	378	440	16	7,2	25,2	76
M3	18	7	327	428	14,5	7,1	76	61
M3A	17	6,9	500	456	15,6	7,3	77	87
M3B	16,9	6,1	377	377	16,1	6,9	34,7	98
M4	17,7	7	410	447	16,9	6,6	62	58
M4A	17,5	7,3	405	502	16,8	6,7	56	35
M4B	17,1	7,2	408	498	17	6,6	78	45
M5	18,9	7,4	298	466	17	7,1	79	26
M5A	17,9	7,1	234	435	16,5	6,7	77	79
M5B	17,8	7,2	256	400	16,6	7	71	99
M6	18	7,43	291	389	16,8	6,4	45	78
M6A	18,1	6,1	287	378	16,9	6,6	48,4	76
M6B	17,9	6,2	330	376	16,1	7,1	51	75
M7	17,6	5,8	284	366	17,4	6,9	54,3	81
M7A	17,2	5,9	234	330	17	6,8	61	79
M7B	17,5	5,7	254	346	16,9	6,8	66	83
M8	17	5,6	317	490	17	7,2	66,8	39
M8A	16,8	6,1	236	501	17,1	7,1	61,8	43
M8B	16,6	6,2	237	498	17,3	6,8	45,1	45
Media	17,5	6,7	340	440	16,6	6,9	62	69
Desviación Estándar	3,54	1,55	103,77	105,82	1,41	0,26	18,76	26,87
Límites permisibles *	NPL	NPL	NPL	NPL	TCR +/- 7°C	6-9	200	300

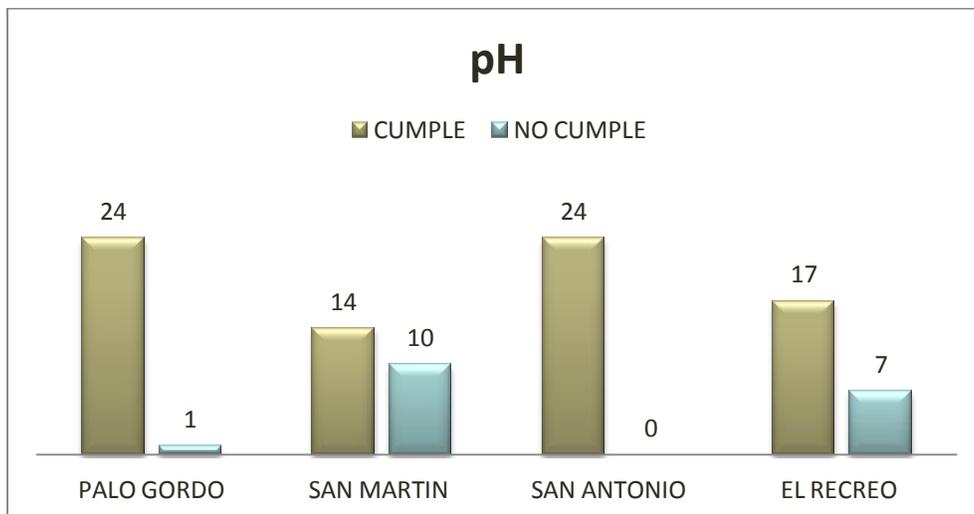
Fuente: Datos Experimentales

Tabla No. 10 Análisis de parámetros fisicoquímicos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de El Recreo

No. Muestra	Análisis Fisicoquímico							
	AFLUENTE				EFLUENTE			
	Temperatura °C	pH	DBO mg O2/L	DQO mg O2/L	Temperatura °C	pH	DBO mg O2/L	DQO mg O2/L
M1	17,4	7,1	170	277	17,6	6,6	88	257
M1A	17,4	7,2	189	215	17,4	6,9	90	200
M1B	17,6	5,5	190	220	17,7	7,3	99	199
M2	17	5,9	380	490	16,5	6,5	128	310
M2A	17,1	8,9	305	390	16,5	6,6	113	301
M2B	17,3	7,9	317	389	16,7	6,6	200	307
M3	17	6,7	397	514	16,4	6,4	214	376
M3A	16,9	8,3	387	500	16,6	6,4	217	377
M3B	16,8	8	388	504	16,3	6,5	216	274
M4	17,2	7,7	410	534	18,6	6,8	203	308
M4A	17	7,8	398	525	18	6,7	202	301
M4B	17,6	6,1	378	426	18,3	6,6	216	248
M5	18	5,8	367	394	18,1	6,8	95	288
M5A	17,5	6,1	368	370	18,1	6,7	96	279
M5B	17,1	6,3	339	377	18,1	6,6	99	276
M6	17,1	6,2	276	358	17,1	6,3	107	274
M6A	17,7	5,1	276	367	17	6,4	110	276
M6B	17,6	6,2	265	380	17,3	6,4	110	273
M7	17,4	5,6	244	377	17	6,2	115	196
M7A	17,4	6,2	246	367	17,1	7,1	110	199
M7B	17,1	6,5	248	366	17	6,3	113	201
M8	18	6,3	344	388	17,4	6,7	123	250
M8A	17,7	6,4	358	380	17,4	6,7	120	256
M8B	17,3	6,7	286	387	17,3	7,3	124	257
Media	17,3	6,7	314	396	17,3	6,6	138	270
Desviación Estándar	0,33	1,64	95,89	114,42	3,52	1,41	54,77	72,52
Límites permisibles*	NPL	NPL	NPL	NPL	TCR +/- 7°C	6--9	200	300

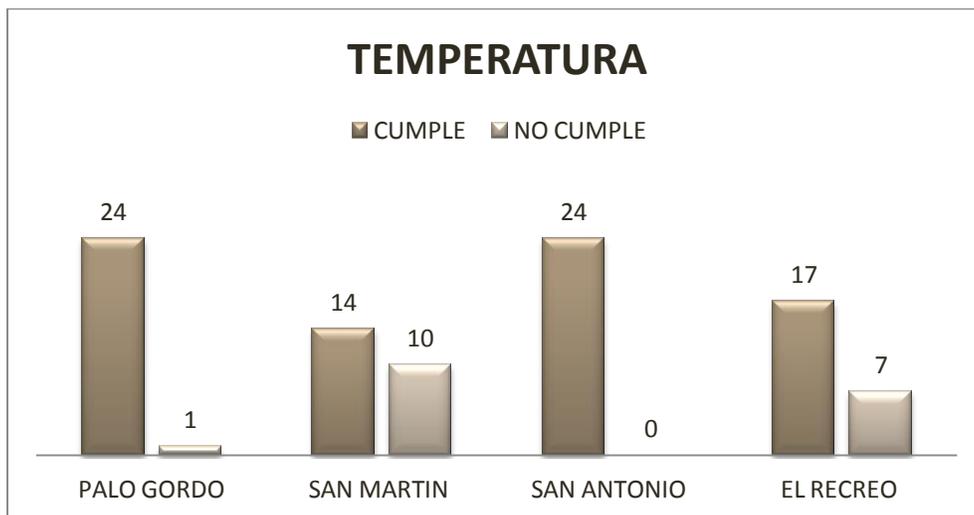
Fuente: Datos Experimentales

GRAFICA No. 1 Cumplimiento del pH del efluente de las cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales de MANCUERNA comparado con el Acuerdo Gubernativo 236-2006



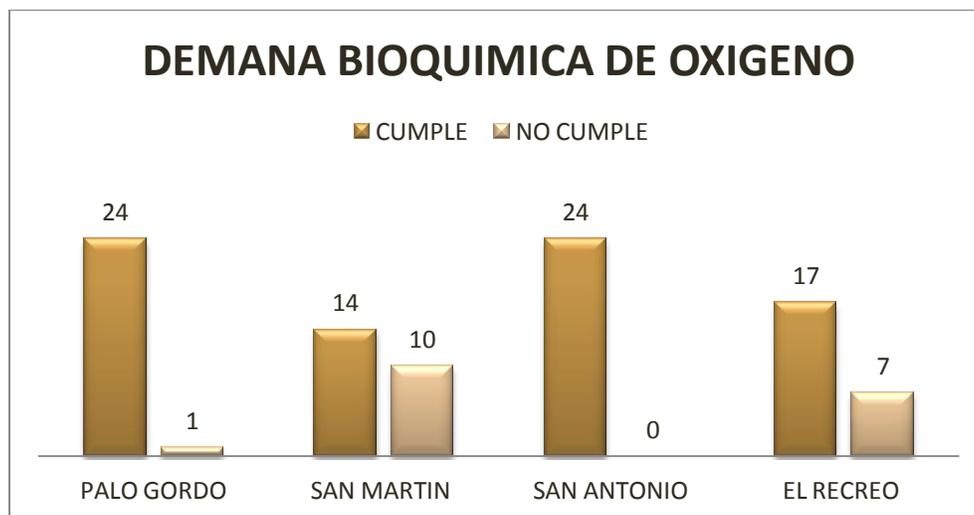
Fuente: Datos Experimentales

GRAFICA No. 2 Cumplimiento de Temperatura del efluente de las cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales comparado con el Acuerdo Gubernativo 236-2006



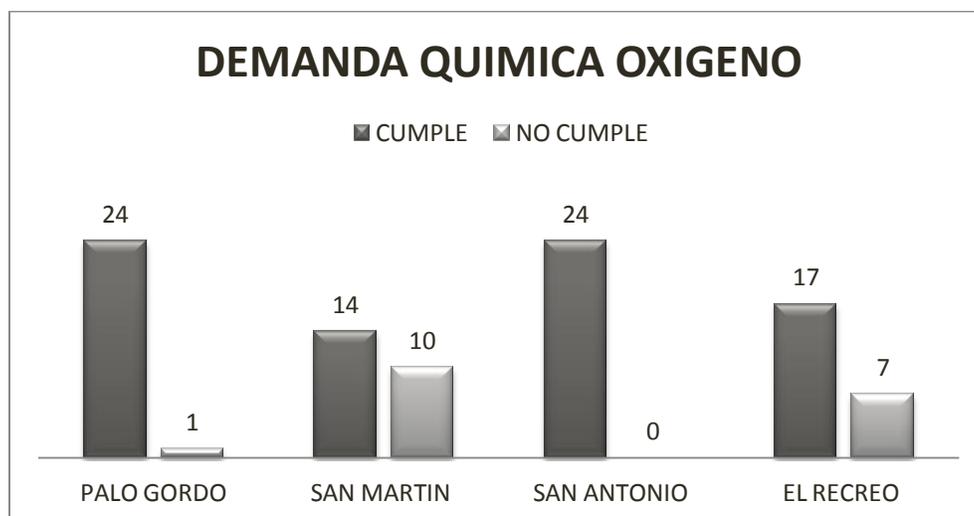
Fuente: Datos Experimentales

GRAFICA No.3 Cumplimiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 del efluente de las cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales de MANCUERNA comparado con el Acuerdo Gubernativo 236-2006



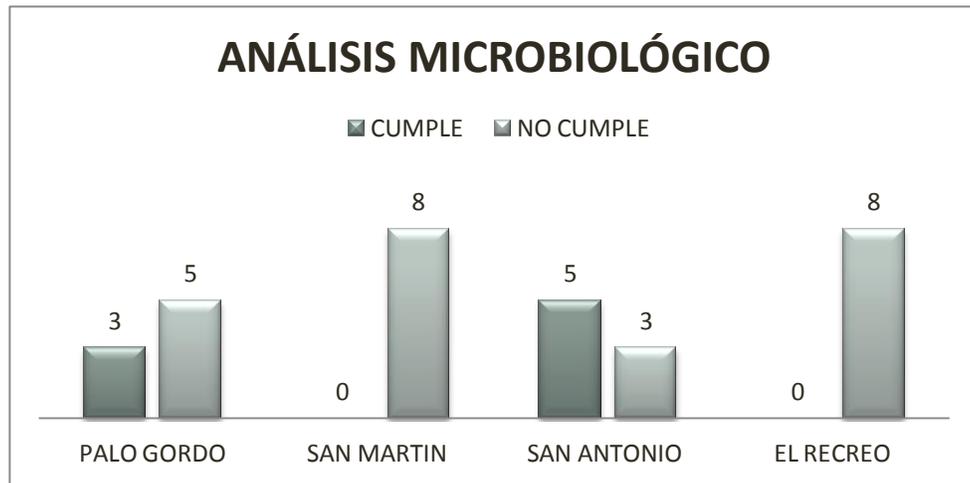
Fuente: Datos Experimentales

GRAFICA No. 4 Cumplimiento de la Demanda Química de Oxígeno DQO del efluente de las cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales MANCUERNA comparado con el Acuerdo Gubernativo 236-2006



Fuente: Datos Experimentales

GRAFICA No. 5 Cumplimiento de Coliformes Totales del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales MANCUERNA comparado con el Acuerdo Gubernativo 236-2006



Fuente: Datos Experimentales

Ana Gabriela Fuentes Miranda

Autora

Licda. Julia Amparo García Bolaños

Asesora

Licda. Lucrecia Peralta de Madríz

Revisora

Licda. Hada Marieta Alvarado Beteta M.Ad.Ed.

Directora

Dr. Rubén Velásquez Miranda Ph.D.

Decano

