



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS: MANEJO SUSTENTABLE DE  
BIORECURSO Y MEDIO AMBIENTE**

**“TRABAJO DE TITULACIÓN ESPECIAL”**

**PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGISTER EN MANEJO  
SUSTENTABLE DE BIORRECURSO Y MEDIO AMBIENTE**

**“IMPACTO AMBIENTAL DE LAS DESCARGAS DE AGUAS  
RESIDUALES EN EL RÍO CHAGUANA”**

**AUTOR: KLINFOR RODRIGO RAMÓN RIVAS**

**TUTOR: BEATRIZ PERNÍA SANTOS, Ph.D.**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**OCTUBRE 2020**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
	Presidencia de la República del Ecuador	
		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS		
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Impacto ambiental de las descargas de aguas residuales en río Chaguana		
AUTOR: Klinfor Rodrigo Ramón Rivas	TUTOR: Beatriz Pernía Santos	
	REVISORES:	
INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil	FACULTAD: Ciencias Naturales	
CARRERA: BIOLOGÍA		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	No. DE PÁGS: 83	
TÍTULO OBTENIDO: Magister en Manejo Sustentable de Biorrecursos y Ambiente		
ÁREAS TEMÁTICAS:		
PALABRAS CLAVE: aceites y grasas, coliformes fecales, contaminación, Parroquia Tendales, sulfuros		
<b>RESUMEN</b>		
<p>La presente investigación se desarrolló con el objetivo de valorar el grado de contaminación en aguas del río Chaguana y los efluentes vertidos por el sistema de alcantarillado urbano, camaronerías y bananeras en el cuerpo hídrico y los residuales de zonas productivas aledañas a la parroquia Tendales, para lo cual se obtuvieron datos secundarios ofrecidos por el municipio y autoridades encargadas, con los cuales se caracterizaron las variables, además se realizó análisis de varianza de un factor intersujetos y factorial intersujetos a un nivel de significancia del 5%. Se concluye que la fuente contaminante más significativa del río Chaguana son los efluentes emitidos por el sistema de alcantarillado, aunque se presentan afectaciones por vertidos de camaronerías y bananeras. En las aguas del río Chaguana se presentan valores superiores al LMP en los aceites &amp; grasas (0,765 mg/L), SST (173,94 mg/L) y sulfuros (0,67 mg/L), lo que evidencia contaminación al cuerpo hídrico generado por las descargas emitidas.</p>		
No. DE REGISTRO (en base de datos):	No. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> x SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES	Teléfono: +593959696482	E-mail: AMBLEG- RODRIGO@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Nombre:	
	Teléfono:	
	E-mail:	

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del estudiante KLINFOR RODRIGO RAMÓN RIVAS, del Programa de Maestría/Especialidad MAESTRÍA EN MANEJO SUSTENTABLE DE BIORECURSO Y MEDIO AMBIENTE, nombrado por el Decano de la Facultad de Ciencias Naturales CERTIFICO: que el estudio de caso del TRABAJO DE TITULACIÓN ESPECIAL titulado IMPACTO AMBIENTAL DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN EL RÍO CHAGUANA, en opción al grado académico de Magíster (Especialista) en MANEJO SUSTENTABLE DE BIORECURSO Y MEDIO AMBIENTE, cumple con los requisitos académicos, científicos y formales que establece el Reglamento aprobado para tal efecto.

**Atentamente**



Firmado electrónicamente por:  
**BEATRIZ  
MARGARITA  
PERNIA SANTOS**

**Beatriz Pernía Santos, Ph.D.**

**TUTOR**

Guayaquil, octubre de 2020

## **DEDICATORIA**

A mis padres, esposa e hijos

## **AGRADECIMIENTO**

A mí querida esposa Abg. Iliana Viteri Orellana, por haberme apoyado durante todo el desarrollo de la maestría y luego en el proceso de investigación del presente documento, de igual forma a mis dos queridos hijos Josué y Rafael, por la comprensión y paciencia durante esta etapa de estudio.

A las empresas bananeras y camaroneras del grupo Marich, que pudieron brindar las facilidades para la recopilación de datos de la presente investigación, de igual forma al GADM del cantón El Guabo por facilitar datos para el análisis del agua.

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de titulación especial, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL”

---

**KLINFOR RODRIGO RAMÓN RIVAS**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	ii
INTRODUCCIÓN .....	1
Delimitación del problema: .....	4
Formulación del problema: .....	4
Justificación:.....	4
Objeto de estudio:.....	6
Campo de acción o de investigación: .....	6
Objetivo General: .....	6
Objetivos Específicos:.....	6
Novedad científica.....	6
Capítulo I .....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
1.1 Teorías generales.....	8
1.2 Teorías sustantivas .....	14
1.3 Referentes empíricos .....	15
Capítulo II .....	16
MARCO METODOLÓGICO .....	16
2.1 Epistemología metodológica .....	16
2.2. Universo y Muestra: .....	17

2.3 Premisas o Hipótesis .....	18
2.4 Metodología de análisis.....	18
2.5 Cuadro de operacionalización de variables .....	19
2.6. Gestión de datos .....	20
Capítulo III.....	22
RESULTADOS.....	22
3.1 Antecedentes de la unidad de análisis o población.....	22
3.2. Análisis de los límites máximos permisibles (LMP) .....	23
3.2.1. Aceites y grasas.....	23
3.2.2. Coliformes fecales.....	24
3.2.3. DBO .....	25
3.2.4. DQO .....	26
3.2.5. Nitrógeno total .....	26
3.2.6. SST.....	27
3.2.7. Tensoactivos .....	28
3.2.8. Sulfuros .....	29
3.3. Comparación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos a partir de la procedencia de agua y efluentes.....	29
3.4. Variación espacio temporal de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.....	36
3.4.1. Aceites & grasas y época del año.....	36
3.4.2. Coliformes totales y época del año .....	38

3.4.3. DBO y época del año .....	41
3.4.4. DQO y época del año .....	42
3.4.5. N total y época del año.....	44
3.4.6. SST y época del año.....	45
3.4.7. Tensoactivos y época del año.....	46
CAPÍTULO IV .....	49
DISCUSIÓN .....	49
4.1 Contrastación empírica:.....	49
4.2 Limitaciones .....	51
4.3 Líneas de investigación: .....	51
4.4 Aspectos relevantes .....	51
CAPITULO V .....	53
PROPUESTA.....	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contaminantes químicos y biológicos en aguas residuales .....	9
Tabla 2. Límites máximos permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público. .....	15
Tabla 3. Cuadro de operacionalización de variables .....	19
Tabla 4. Medias obtenidas y LMP de cada una de las variables analizadas en aguas del río Chaguana y los efluentes de alcantarillado, camaroneras y bananeras. ....	23
Tabla 5. Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable aceites y grasas en relación con la procedencia del agua y los efluentes. ....	29
Tabla 6. Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable Coliformes Fecales en relación con la procedencia del agua. ....	30
Tabla 7. Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable DBO en relación con la procedencia del agua. ....	31
Tabla 8. Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable DQO (mg/l) en relación con la procedencia del agua. ....	32
Tabla 9. Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable N total (mg/l) en relación con la procedencia del agua. ....	33
Tabla 10. Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable SST (mg/l) en relación con la procedencia del agua. ....	34
Tabla 11. Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable Tensoactivos (mg/l) en relación con la procedencia del agua. ....	35
Tabla 12. Prueba de efectos inter-sujetos para la variable aceites y grasas (mg/l) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año. ....	36
Tabla 13. ANOVA de un factor intersujetos realizado para la combinación de las categorías de los factores de estudio en relación a los valores de aceites y grasas (mg/l).....	38

Tabla 14. Prueba de efectos inter-sujetos para la variable coliformes fecales (UFC/100ml) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año. ....	39
Tabla 15. ANOVA de un factor intersujetos realizado para la combinación de las categorías de los factores de estudio en relación a los valores de coliformes fecales (UFC/100ml).....	40
Tabla 16. Prueba de efectos inter-sujetos para la variable DBO (mg/l) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año. ....	41
Tabla 17. Prueba de efectos inter-sujetos para la variable DQO (mg/l) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año.....	43
Tabla 18. Prueba de efectos inter-sujetos para la variable N Total (mg/l) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año.....	44
Tabla 19. Prueba de efectos inter-sujetos para la variable SST (mg/l) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año. ....	45
Tabla 20. Prueba de efectos inter-sujetos para la variable tensoactivos (mg/l) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año. ....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripciones de las principales causas y efectos asociadas con el problema principal. ....	4
Figura 2. Valores de aceites y grasas (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado y camaronera; y su comportamiento ante el LMP. ....	24
Figura 3. Valores de coliformes fecales (UFC/100 ml) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado y camaronera; y su comportamiento ante el LMP. ....	25
Figura 4. Valores de DBO (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado y camaronera; y su comportamiento ante el LMP. ....	25
Figura 5. Valores de DQO (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado y camaronera; y su comportamiento ante el LMP. ....	26
Figura 6. Valores de Nitrógeno tota (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado y camaronera; y su comportamiento ante el LMP. ....	27
Figura 7. Valores de SST (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado, camaronera y bananera; y su comportamiento ante el LMP. ....	28
Figura 8. Valores de Tensoactivos (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado y camaronera; y su comportamiento ante el LMP. ....	28
Figura 10. Valores de Sulfuros (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana y su comportamiento ante el LMP. ....	29
Figura 11. Comparación de medias de valores de aceites y grasas (mg/l) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes de alcantarillado y camaroneras. ....	30
Figura 12. Comparación de medias de valores de coliformes fecales (UFC/100 ml) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes de alcantarillado y camaroneras. ....	31

Figura 13. Comparación de medias de valores de DBO (mg/l) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y camaroneras. ....	32
Figura 14. Comparación de medias de valores de DQO (mg/l) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y camaroneras. ....	33
Figura 15. Comparación de medias de valores de N total (mg/l) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y camaroneras. ....	34
Figura 16. Comparación de medias de valores de SST (mg/l) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y camaroneras. ....	35
Figura 17. Comparación de medias de valores de Tensoactivos (mg/l) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y camaroneras. ....	36
Figura 18. Gráfico de perfil que muestra el comportamiento de la variabilidad espacio temporal de aceites y grasas (mg/l) en el periodo evaluado. ....	37
Figura 19. Valores de aceites y grasas (mg/l) obtenidos en aguas a partir de la interacción de la procedencia del muestreo y la época del año evaluada. ....	38
Figura 20. Gráfico de perfil que muestra el comportamiento de la variabilidad espacio temporal de coliformes fecales (mg/l) en el periodo evaluado. ....	40
Figura 21. Valores de coliformes fecales (UFC/100ml) obtenidos en aguas a partir de la interacción de la procedencia del muestreo y la época del año evaluada. ....	41
Figura 22. Medias marginales de DBO (mg/l) obtenidos en muestreos de aguas de las diferentes procedencias y épocas del año estudiadas. ....	42
Figura 23. Medias marginales de DQO (mg/l) obtenidos en muestreos de aguas de las diferentes procedencias y épocas del año estudiadas. ....	43
Figura 24. Medias marginales de Nitrógeno total (mg/l) obtenido en muestreos de aguas de las diferentes procedencias y épocas del año estudiadas. ....	45

Figura 25. Medias marginales de SST (mg/l) obtenidas en muestreos de aguas de las diferentes procedencias y épocas del año estudiadas.....46

Figura 26. Medias marginales de Tensoactivos obtenidos en muestreos de aguas de las diferentes procedencias y épocas del año estudiadas.....47

**Título:** Impacto ambiental de las descargas de aguas residuales en el Río Chaguana

### **Resumen**

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de valorar el grado de contaminación en aguas del río Chaguana y los efluentes vertidos por el sistema de alcantarillado urbano, camaroneras y bananeras en el cuerpo hídrico en la parroquia Tendales, para lo cual se obtuvieron datos físico-químicos y microbiológicos del municipio con los cuales se caracterizaron las variables, además se realizó análisis de varianza de un factor intersujetos y factorial intersujetos a un nivel de significancia del 95%. Se concluye que la fuente contaminante más significativa del río Chaguana fueron los efluentes emitidos por el sistema de alcantarillado, aunque también se presentan afectaciones por vertidos de camaroneras y bananeras. En las aguas del río Chaguana se observaron valores superiores al LMP en los aceites & grasas (0,765 mg/L), sólidos suspendidos totales (173,94 mg/L) y sulfuros (0,67 mg/L), lo que evidencia contaminación al cuerpo hídrico generado por las descargas emitidas.

**Palabras clave:** aceites y grasas, coliformes fecales, contaminación, Parroquia Tendales, sulfuros

**Title:** Environmental impact of wastewater discharges in the Chaguana River

**Abstract**

This research was developed with the aim to assess the degree of contamination in the waters of the Chaguana River and its effluents considering the wastewater discharge from the urban sewerage system, shrimp farms, and banana plantations in this water body in the Tendales parish. Physical-chemical and microbiological data of the municipality were obtained and the variables were characterized. Besides, an analysis of variance of intersubject factor and intersubject factorial was performed at a significance level of 95%. It is concluded that the most significant pollutant source in the Chaguana River was the effluents emitted by the sewage system, although there are also significant effects due to discharges from shrimp farms and banana plantations. In the waters of the Chaguana River values higher than the Maximum Permissible Level (MPL) were observed in oils & fats (0.765 mg / L), total suspended solids (173.94 mg / L) and sulfides (0.67 mg / L), which shows contamination to the body of water generated by the discharges emitted.

**Key Words:** oils and fats, fecal coliforms, pollution, Tendales Parish, sulfide

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existe preocupación por la presencia de contaminantes en los recursos hídricos, las afectaciones que producen a los organismos acuáticos, y a las poblaciones que utilizan de forma sistemática, tanto para consumo humano y agrícola. En Latinoamérica, más de 300 millones de habitantes de zonas urbanas producen 225,000 toneladas de residuos sólidos cada día; sin embargo, menos del 5% de las aguas de alcantarillado reciben tratamiento de residuales, condición que genera daños severos a cuerpos hídricos utilizados para actividades humanas, industriales y agrícolas (Reynolds, 2002).

La descarga de aguas residuales se realiza sin considerar las condiciones del medio, siendo el vertimiento directo a los cuerpos de agua superficiales (ríos, lagos y mares) y al suelo, los métodos de evacuación de aguas residuales más comunes en la mayoría de ciudades de los países pobres además, estas prácticas no respetan las regulaciones municipales o los estándares de calidad establecidos para el agua utilizada para el riego de plantaciones agrícolas, representando problemas ambientales y riesgos para la salud, siendo, particularmente importantes en países tropicales debido a la alta incidencia de enfermedades infecciosas, cuyos agentes patógenos se dispersan en el ambiente de manera eficiente a través de las excretas o las aguas residuales crudas (Silva, Torres, & Madera, 2008).

Los contaminantes o impurezas del agua determinan su calidad y se clasifican en físicos, químicos y biológicos. La contaminación química es originada por contaminantes orgánicos e inorgánicos; los primeros conducen a la disminución del oxígeno producto de la degradación biológica de los compuestos y los segundos presentan un posible efecto tóxico (Raffo Lecca & Ruiz, 2014). Por otro lado, dentro de los contaminantes físicos se encuentran la contaminación térmica y los sólidos suspendidos totales que afectan la calidad del agua. Se define que el 40% de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media y cerca del 75% de los sólidos en suspensión son de naturaleza orgánica (Metcalf & Eddy, 1985), de origen animal y

vegetal; así como, de actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos (Raffo Lecca & Ruiz, 2014).

En un curso de agua, la materia orgánica acumulada requiere oxígeno para ser degradada, favorece el crecimiento de bacterias y hongos; sin embargo, el oxígeno utilizado para la oxidación de la materia orgánica, consume el oxígeno empleado para el desarrollo de la fauna y flora acuática; situación que provoca efectos en el ecosistema, entre los que se encuentran el cambio en la calidad del agua, y la posible elevación del pH, que están asociados a la desaparición de peces y plantas (Raffo Lecca & Ruiz, 2014).

La protección del ambiente y la concepción de la sostenibilidad implican un tipo de desarrollo en los campos productivos y sociales encaminados a satisfacer las necesidades básicas de la generación, sin comprometer y poner en riesgo las potencialidades de las sociedades futuras. Se requiere, decisiones y puesta en práctica de acciones, ya sean políticas, económicas, científicas o educativas, las cuales deben estar reflejadas en la responsabilidad del individuo, de la sociedad y de los estados frente a los problemas ambientales, (Alonso Gatell, Leyva Fontes, & Campos Velásquez, 2012).

A nivel gubernamental existen documentos técnicos de carácter multidisciplinario elaborados con la finalidad de tomar decisiones respecto a la conveniencia ambiental y social de la generación de nuevos proyectos, que permitan predecir, identificar, valorar y considerar medidas preventivas o corregir las consecuencias de los efectos ambientales que determinadas acciones antrópicas puedan causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno en un determinado ámbito geográfico (Coria, 2008).

El agua utilizada para uso doméstico, agrícola y procesos industriales procede de lagos, ríos y fuentes subterráneas de origen natural, o de represas. Gran parte del recurso hídrico que llega a las redes municipales de acueducto es agua “usada”, ya ha pasado por uno o más redes de alcantarillado o instalaciones industriales, es necesario tratarla antes de ser distribuida para su

consumo doméstico, dicho tratamiento se efectúa por parte de los gobiernos municipales y comprende normalmente cinco etapas: filtración gruesa, sedimentación, filtración por arena, aireación y esterilización (Brown, Eugene, LeMary, Bursten, & Burdge, 2004).

De forma general, es necesario que las aguas residuales generadas en procesos agrícolas, industriales, mineros, alcantarillado urbano, u otros, sean tratados adecuadamente y reutilizados antes de su vertimiento a los cuerpos hídricos, ya que pueden ocasionar el desequilibrio de los ecosistemas naturales.

La parroquia Tendales se encuentra ubicada en la parte baja de la cuenca hidrográfica del Río Jubones, por lo que, se convierte en un punto receptor de aguas generadas por los diferentes sectores productivos, entre los que se encuentran el minero, acuícola y agrícola; además, de aguas residuales domésticas, generadas por el sistema de alcantarillado urbano, las cuales son descargadas en el Río Chaguana. Lamentablemente, el Gobierno Autónomo Cantonal y Provincial no evidencian la aplicación de políticas ambientales encaminadas a la prevención y mitigación de los efectos que provocan las descargas de aguas residuales en su cauce, debiéndose considerar, que el 100% de las aguas servidas generadas en la parroquia Tendales, tienen como destino final su evacuación en el Río Chaguana.

El propósito del trabajo es valorar el grado de contaminación que generan las descargas de aguas residuales provenientes del sistema de alcantarrillado de la Parroquia Tendales y zonas productivas aledañas en el Río Chaguana, mediante el análisis de propiedades físicas, químicas y microbiológicas, y su relación con los límites máximos permisibles por la legislación ecuatoriana, así como, su comparación a partir de la procedencia del agua o efluente y la época del año, da conocer el efecto de interacción que se produce cuando se combinan los niveles de cada uno de estos factores de estudio.

### Delimitación del problema:

El presente proyecto de investigación, se construyó en base a las posibles causas y efectos del problema durante las visitas de campo (figura 1).

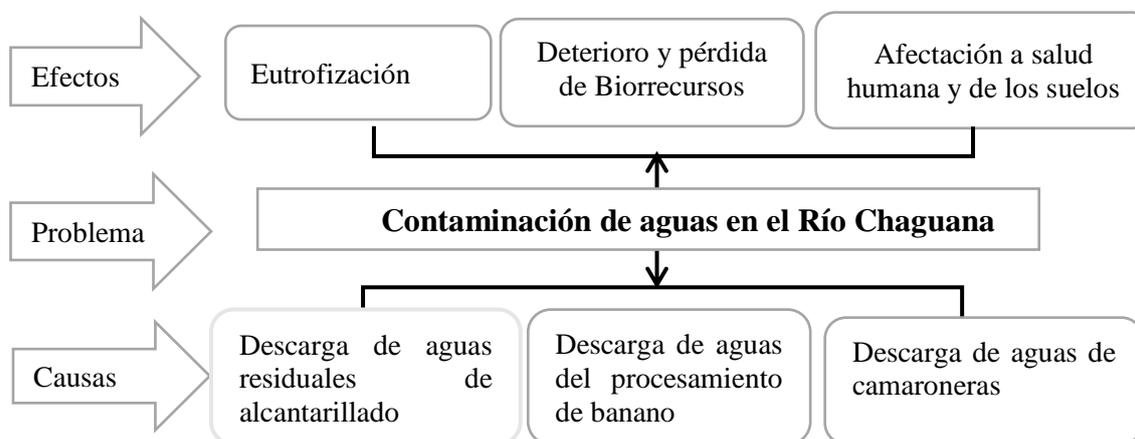


Figura 1. Descripciones de las principales causas y efectos asociadas con el problema principal.

Los valores delimitados en la presente investigación son la alteración de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua del Río Chaguana como consecuencia de las descargas de residuales provenientes del alcantarillado urbano de la parroquia Tendales, así como, del sector agrícola (bananeras) y acuícolas (camaronera) de las áreas aledañas al cuerpo hídrico.

### Formulación del problema:

¿Cumplen los efluentes vertidos en el Río Chaguana proveniente del sistema de alcantarillado urbano, camaroneras y bananeras aledañas a la parroquia Tendales con los estándares de calidad permisibles por la legislación ecuatoriana?

### Justificación:

Desde épocas remotas los ríos han constituido fuente de riqueza, al proporcionar el agua imprescindible para la subsistencia y desarrollo de las poblaciones humanas, además, propician

la fertilidad de los suelos para la obtención de alimentos y facilitan la comunicación entre los pueblos. Sin embargo, las aguas de los ríos experimentan un deterioro en parámetros físicos, químicos y microbiológicos; lo cual debido principalmente a su uso como receptor de los vertimientos generados en los centros poblados, las zonas industriales, las actividades agropecuarias y escorrentías.

En el Ecuador se realizan importantes esfuerzos para avanzar hacia la sostenibilidad ambiental, mejorar la gobernabilidad y el manejo del agua. De tal manera, el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2010 introduce la sostenibilidad ambiental y las equidades de género, generacional, interculturales, y territoriales como ejes de la planificación. Entre sus 12 objetivos, el cuarto hace referencia a la sostenibilidad ambiental y establece importantes metas relacionadas con la respuesta ante el cambio climático, la reducción de riesgos y el manejo de los recursos hídricos, donde señala que es urgente racionalizar la asignación del recurso hídrico y desarrollar una nueva cultura del agua. Adicionalmente, la Constitución de la República del Ecuador, emitida en 2008, reconoce al agua como un derecho humano fundamental y declara que el agua es un “patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”

Con relación al sistema de alcantarillado existente en la comunidad de Tendales se divide en dos etapas, la primera fue construida en el año de 1985 por el IEOS y su descarga era directa al río Chaguana, la segunda etapa fue construida por el Municipio de El Guabo en el año 2007 y consta de 19 pozos, 475 metros (m) de redes principales, de una estación de bombeo y del sistema de tratamiento. Con estas dos etapas se sirve al 70 % de la población, el otro 30% restante envía sus aguas residuales a pozos sépticos o descarga directamente al río Chaguana. Sin embargo, no se han realizado estudios que certifiquen que estos procesos de tratamiento de aguas sean efectivos, ni se ha determinado cual es la actividad (alcantarillado, bananeras o camaroneras) generan un mayor impacto en la calidad de agua del río Chaguana.

**Objeto de estudio:**

Aguas del río Chaguana, y efluentes provenientes del alcantarillado urbano, bananeras y camarónicas que descargan en su cauce.

**Campo de acción o de investigación:**

Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de aguas del río Chaguana, y de los efluentes provenientes del sistema de alcantarillado, bananeras y camarónicas.

**Objetivo General:**

**Determinar el impacto ambiental generado por los efluentes vertidos del sistema de alcantarillado urbano, camarónicas y bananeras en el río Chaguana.**

**Objetivos Específicos:**

1. Establecer la calidad de agua del río Chaguana y los efluentes vertidos por el sistema de alcantarillado urbano, camarónicas y bananeras.
2. Comparar la calidad de agua del río Chaguana con los efluentes vertidos por el sistema de alcantarillado urbano, camarónicas y bananeras, referente con los límites máximos permisibles.
3. Determinar la variación espacio temporal de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua del río Chaguana y los efluentes vertidos por el sistema de alcantarillado urbano, camarónicas y bananeras.

**Novedad científica**

Se generó información sobre el diagnóstico de la situación que se presenta en las aguas del río Chaguana y los efluentes de los sistemas de alcantarillado urbano, y sector productivo aledaño a la Parroquia Tendales, tomando en consideración parámetros físicos, químicos y microbiológicos, lo cual constituye una herramienta valiosa para elaborar planes de manejo ambiental que conduzcan a mitigar las afectaciones de residuos contaminantes vertidos al

cuerpo hídrico, los cuales limitan el aprovechamiento de biorrecursos y afectan la salud humana de las comunidades establecidas en sus márgenes.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Teorías generales

Las fuentes de aguas superficiales constituyen ejes de desarrollo de los seres humanos, debido a que posibilitan abastecer diferentes actividades socioeconómicas, realizadas en los asentamientos poblacionales; sin embargo, la mayoría de estas actividades alteran y deterioran su composición original, ya sea por la incorporación de contaminantes naturales (arrastre de partículas y la presencia de materia orgánica) o compuestos antrópicos, tales como, las descargas de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola generada por la intensificación de la agricultura, efluentes de procesos industriales, entre otros (Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

Dichas aguas servidas se originan por la mezcla de tres fuentes principales, entre los que se encuentran los residuos líquidos domésticos (incluyendo residencias, instituciones y comercios), las aguas de infiltraciones y precipitaciones, y los residuos industriales líquidos (Vera, Jorquera, Lopez, & Vidal, 2016).

#### Las aguas residuales

Se definen como aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (Romero, Cruz, Sanchez, Ortíz, & Hernández, 2009); las cuales, pueden cumplir una importante función en la sustitución de aguas para riego de los cultivos (Valbuena, Díaz, Botero, & Cheng 2002), para consumo humano y otras prioridades agrícolas e industriales. Sin embargo, Ayres et al. (1992) confirman que, el incremento de la utilización de aguas residuales para irrigación de los cultivos está estrechamente relacionada con el incremento del riesgo potencial de transmisión de enfermedades.

Por otro lado, Guzmán, Palacios, Carrillo, Chávez, & Nikolskii (2007) en un estudio desarrollado en el río Texcoco, México, concluyen que las aguas residuales, además de causar un aspecto inapropiado, producen malos olores, condición que constituye un factor de riesgo para la salud de los habitantes que la utilizan. En el caso de Colombia, IDEAM, INVEMAR, SINCHI, IIAP, IAvH (2016), plantean que, la disposición de los residuos, vertimientos y en los sistemas naturales provocan daños en la calidad ambiental del agua, lo cual se justifica por lo señalado por el Ministerio de Ambiente Colombiano (MADS, 2015), que indican que se arrojan residuales a los ríos y a los cuerpos de agua como una práctica continua, con una generación anual de Residuos Sólidos de aproximadamente 9.488.204 ton.

### **Contaminantes químicos y biológicos**

En las aguas superficiales, los parámetros químicos y microbiológicos se presentan de forma natural o pueden ser introducidos por el hombre, en ambos casos, los cuales provocan una alteración de las concentraciones naturales, y que son favorecidas por actividades industriales, agrícolas o desechos urbanos y domésticos, y que finalmente, son conducentes a la afectación de la biodiversidad acuática (Sardiñas, Chiroles, Fernández, Hernández, & Pérez, 2006). A continuación, se describen algunos factores que determinan los contaminantes químicos y biológicos.

**Tabla 1. Contaminantes químicos y biológicos en aguas residuales**

Químicos	Químicos corrientes	Metales tóxicos, como el hierro, manganeso, plomo, mercurio arsénico, cadmio, cobre
	Carácter Antropogénico	Cianuros y fenoles Materia orgánica, tensoactivos, hidrocarburos, aceites y grasas, pesticidas
Biológicos	Bacteria	<i>Salmonella typhi</i> , <i>Leptospira</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Yersinia</i> , <i>Vibrío cholerae</i> , <i>Shigella</i> .
	Virus	<i>Adenovirus</i> , <i>Rotavirus</i>
	Hongos	<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Candida albicans</i> .
	Helmintos	<i>Ascaris lumbricoides</i> , <i>Fasciola hepatica</i> , <i>Taenia saginata</i> , <i>Trichuris trichura</i> .

**Fuente:** Raffo Lecca & Ruiz (2014).

Dentro de los parámetros químicos, la concentración de  $O_2$  disuelto es un importante indicador de la calidad del agua, la cual cuando se encuentra totalmente saturada de aire a 1 atm y  $20^\circ C$ , contiene alrededor de 9 mg/L  $O_2$ . Sin embargo, cantidades excesivas de materiales orgánicos biodegradables en el agua pueden ser perjudiciales, ya que pueden provocar anoxia o hipoxia en los cuerpos de agua dulce como resultado de los procesos de descomposición (Browm, Eugene, LeMary, Bursten, & Burdge, 2004).

En casi la totalidad de países en vías de desarrollo, es un hecho real el riesgo microbiológico, el cual se encuentra asociado principalmente a un incorrecto saneamiento de aguas (Torres, Cruz, & Patiño, 2009), ratificado en la Agenda 21 de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, que afirma que aproximadamente 80% de enfermedades y una tercera parte de defunciones ocurridas son causadas por el consumo de agua contaminada (Rojas, 2012).

La contaminación por coliformes fecales en aguas superficiales es un problema importante para la salud pública de los países, debido a la transmisión de organismos patógenos (virus, bacterias, protozoarios y otros parásitos), estimándose que la población que se ubica en zonas aledañas a costas, ríos y lagos con alta contaminación fecal, presentan mayor riesgo de adquirir enfermedades infecciosas gastrointestinales y afectar la salud humana (Barrantes, Chacón, Solano, & Achí, 3013; Pond, 2005).

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

La DBO se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerida para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua, como resultado de la acción de oxidación aerobia (Ramalho, 2003). En condiciones normales de laboratorio la DBO se determina a una temperatura de  $20^\circ C$  en un tiempo de cinco días, siendo expresado en mg/l  $O_2$  y es conocido como  $DBO_5$ . Este procedimiento fue adoptado en 1936 por la Asociación Americana de Salud Pública, y desde entonces ha permanecido como un indicador de la

contaminación. La DBO es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales (AR), como también en el control del agua potable (Raffo Lecca & Ruiz, 2014).

### **pH**

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno y de la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa, la cual puede afectar los usos específicos del agua. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH que varía entre 6 y 8, mientras que en las aguas residuales es variable y puede corregirse por neutralización. Por otro lado, la alcalinidad es la capacidad que presenta la solución para neutralizar ácidos (Pèrez, Leòn, & Delgadillo, 2013).

### **Conductividad eléctrica**

Es otro parámetro fundamental para el análisis de las aguas residuales, ya que es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua. La conductividad del agua pura es mínima, mientras que las residuales presentan valores diversos. La unidad estándar de resistencia eléctrica es el ohm y la resistividad se expresa en microhoms-centímetro (mmho/cm) (Pèrez, Leòn, & Delgadillo, 2013).

### **Fósforo**

Se encuentra en aguas naturales y residuales casi exclusivamente en forma de fosfatos, fosfatos condensados o polifosfatos y fósforo orgánico. Aparecen disueltos, en partículas o detritus y en los cuerpos de los organismos acuáticos. En general, se considera que el fósforo es el principal elemento limitante del crecimiento de las plantas en las aguas dulces de las zonas templadas (Pérez, León, & Delgadillo, 2013).

### **Sólidos suspendidos**

Sólidos son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y residuales. Sólidos totales es la expresión que se aplica a los residuos de material que quedan en un recipiente

después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida (Pérez, León, & Delgadillo, 2013). Se definen como materia que permanece como residuo después de someterse a evaporación de una muestra de agua a una temperatura de 105 °C. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de menor potabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional (Pérez, León, & Delgadillo, 2013).

### **Contaminación**

La presencia en el ambiente de uno o más agentes contaminantes o la combinación de ellos, en concentraciones superiores a los límites permisibles y con un tiempo de permanencia prolongado, pueden causar afectaciones a la vida humana, la salud y el bienestar del hombre, la flora, la fauna, los ecosistemas y producir en general un deterioro importante en el hábitat de los seres vivos, el aire, el agua, los suelos, los paisajes o los recursos naturales (Ministerio de Ambiente, 2015).

### **Cuerpo hídrico**

Son todos los cuerpos de agua superficiales y subterráneos como quebradas, acequias, ríos, lagos, lagunas, humedales, pantanos, caídas naturales (Ministerio de Ambiente, 2015).

### **Cuerpo receptor**

Es todo cuerpo de agua que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales (Ministerio de Ambiente, 2015).

### **Evaluación de Impacto Ambiental**

En la actualidad el incremento sistemático de la población mundial genera la necesidad del consumo de alimentos, lo cual conduce inevitablemente a afectaciones al ambiente por residuos y efluentes contaminantes emitidos a suelos y cuerpos hídricos (Gómez & Gómez, 2013).

El Impacto Ambiental (IA) puede ser definido (Sanz, 1991), como la alteración producida en el medio natural donde el hombre desarrolla su vida; ocasionada por un proyecto o actividades (Martínez, 2014).

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un instrumento de gestión ambiental pública que se aplica desde hace más de 45 años en muchos países del mundo (Canter, 1995). Se define como “la identificación y valoración de los impactos (efectos) potenciales de proyectos, planes, programas o acciones normativas relativos a los componentes físicoquímicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno” (Martínez, 2014).

El impacto de un proyecto sobre el medioambiente, es la diferencia existente entre la situación del medio ambiente futuro modificado (proyecto ejecutado), y la situación del medio ambiente futuro tal y como este habría evolucionado sin la realización del mismo, lo cual se conoce como alteración neta (Martínez, 2014).

El proceso de análisis encaminado a predecir los impactos ambientales que un proyecto o actividad dados producen por su ejecución, es conocido como Evaluación del Impacto Ambiental (EIA). Dicho análisis permite determinar su aceptación, modificaciones necesarias o rechazo, por parte de las autoridades que tengan a su cargo la aprobación del mismo (Martínez, 2014).

### **Gestión ambiental**

El desarrollo social e industrial originado por las obras creadas por el hombre ocasionan impactos negativos en el entorno natural, las cuales se concentran en afectaciones a los caudales hídricos, flora, fauna, contaminaciones y la migración de especies en algunos hábitats (Taveras, 2011).

La gestión ambiental se orienta a resolver, mitigar y evitar los problemas asociados con el entorno natural y su finalidad es alcanzar el desarrollo sostenible, encaminado a preservar las potencialidades de los recursos para las presentes y futuras generaciones (Botero, 2013).

El objetivo principal de la gestión ambiental radica en la conservación de la capacidad de carga del ambiente para el desarrollo sostenible, la cual se considera afectada cuando pueden producirse efectos irreversibles en un intervalo generacional y previene o minimiza los efectos indeseables de las actividades del hombre sobre el entorno natural (Fernandez, 2011).

A escala nacional el deterioro sistemático del recurso hídrico se encuentra asociado principalmente a vertimientos de aguas residuales domésticas, industriales y de producción agrícola y ganadera, además de aguas de extracción minera, sin embargo, constituyen actividades vitales para el desarrollo económico del país, por lo que, una de las acciones prioritarias de la gestión ambiental es establecer mecanismos para su tratamiento y una de las opciones posibles es el empleo de plantas acuáticas, las cuales se desarrollan de forma natural en algunas localidades del país. Sin embargo, según Celis, Junod, & Sandoval (2015) se conoce poco sobre sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas, aunque ya se utilizan en Europa. Novotny & Olem, (1994) confirmaron en su estudio, que pueden ser eficientes en la remoción de una amplia gama de sustancias orgánicas, así como nutrientes y metales pesados.

## **1.2 Teorías sustantivas**

### **Marco Regulatorio de la Gestión del Agua**

En el Ecuador existe un marco regulatorio del manejo del agua, que tiene como objetivo prevenir y mitigar los ecosistemas, bajo un proceso de regularización ambiental, basado desde la Constitución Política, leyes ordinarias y orgánicas, Decretos Ejecutivos, Acuerdos Ministeriales, Ordenanzas Provinciales y cantonales, donde se definen parámetros máximos permisibles para cada parámetro de calidad indicado (Tabla 2).

Tabla 2. Límites máximos permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público.

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Ácidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO <sub>3</sub>	mg/l	0,1

Fuente: Texto único de Legislación ambiental secundaria (2015).

### 1.3 Referentes empíricos

El presente trabajo es una investigación exploratoria, transversal, y no experimental, ya que se levantó una línea base de los parámetros físico-químicos y microbiológicos realizados por el municipio de El Guabo y la mayoría de las muestras tomadas tanto en aguas del Río Chaguana como de los efluentes emitidos por el sistema de alcantarillado urbano, camaroneras y bananeras ubicadas en zonas aledañas a la parroquia Tendales, las cuales fueron procesadas y analizadas en laboratorio y facilitadas para el desarrollo del presente estudio retrospectivo; y el análisis, comparación e interpretación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que las caracterizan, puede conducir a la toma de decisiones por parte de la autoridades de la Parroquia.

## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Epistemología metodológica

Estudio de tipo observacional, debido a que no interviene en la modificación de las variables independientes, en este caso constituyen los factores de estudio la procedencia de aguas utilizadas para los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, con sus niveles (aguas del río Chaguana, efluentes del sistema de alcantarillado urbano, de camarones y bananeras) y el factor época del año, con sus respectivos niveles: época lluviosa y época seca. Desde el punto de vista de la planificación, se trata de una investigación retrospectiva, ya que se utilizó información ya disponible en el municipio del Guabo (para el caso de las variables estudiadas en el Río Chaguana y alcantarillado urbano) y en cuanto a las camaronerías y bananeras, los datos fueron facilitados por sus administradores previo oficio de solicitud.

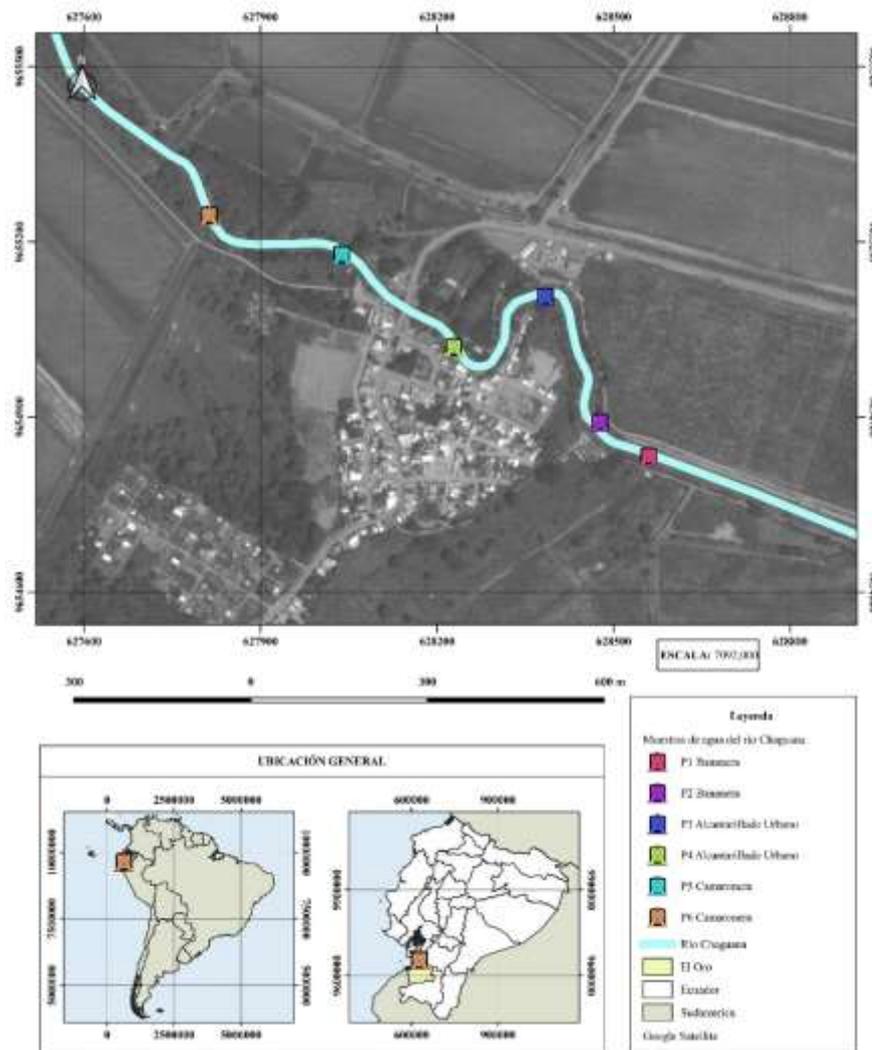
Según el número de variables, se trata de una investigación analítica, ya que se estudian y analizan más de dos variables. El nivel investigativo es descriptivo, debido a que se describen un conjunto de variables en función de las medidas de resumen de datos que incluyen medidas de tendencia central, de posición y de dispersión.

El estudio es de enfoque cuantitativo, ya que todas las variables dependientes estudiadas son de carácter numérico por sus escalas de medición, ya sea de intervalo o razón. Adicional a esto, los procedimientos estadísticos utilizados para el análisis de estas variables son cuantitativos, y describen la realidad desde un punto de vista objetivo.

#### **Área de Estudio**

La presente investigación se llevó a cabo en el río Chaguana, en el cantón El Guabo, provincia de El Oro (Figura 2). La cuenca del río ocupa 32000 ha y se ubica a 2900 msnm. La principal actividad a sus alrededores es la agricultura, donde se cultiva banano y cacao. De

igual manera se ha iniciado actividad camaronera y minera a escala artesanal en la parte alta de la cuenca del río Chaguana (Domínguez-Granda, Goethals, & De Pauw, 2005).



**Figura 2.** Área de estudio en el río Chaguana.

## 2.2. Universo y Muestra:

Para cumplir con el objetivo de describir parámetros físicos, químicos y microbiológicos en aguas procedentes del río Chaguana y efluentes vertidos por el sistema de alcantarillado urbano, las camaroneras y las bananeras aledañas a la Parroquia Tendales fueron solicitados a las autoridades pertinentes los datos relacionados con los parámetros físicoquímicos y microbiológicos realizados en el río y en la salida de agua del alcantarillado. Así mismo, se

solicitó a las camaroneras y bananeras aledañas al río, los análisis realizados a sus aguas servidas. Por lo que, el análisis fue retrospectivo, se analizaron datos de 18 muestras de aguas procedentes del río Chaguana, seis del sistema de alcantarillado urbano, nueve de camaroneras y cuatro procedentes de bananeras aledañas a la zona de estudio.

### **2.3 Premisas o Hipótesis**

Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas del río Chaguana se encuentran por encima de los límites máximos permisibles como consecuencia de los efluentes del sistema de alcantarillado urbano, las camaroneras y las bananeras aledañas a la parroquia Tendales.

### **2.4 Metodología de análisis**

Para llevar a cabo el presente trabajo se solicitó al Municipio tanto la información ofrecida por el municipio como por las camaroneras y bananeras siguieron el protocolo siguiente para la recolección de datos. Las muestras de agua se tomaron durante marea alta y marea baja, según la norma NTE INEN 2 169:98 1998-11. Los parámetros organolépticos, físicos y químicos se evaluaron en los laboratorios Havoc y LabMos, quienes proporcionaron los envases para las diferentes muestras.

#### **Criterio para la selección del punto de muestreo**

Para la selección de los puntos de muestreos se utilizaron criterios de selección: Accesibilidad, Representatividad, Seguridad y Distancia.

**Accesibilidad:** los puntos a muestrear debían estar en lugares de fácil acceso, tanto peatonales como vehiculares para facilitar el transporte de los equipos.

**Representatividad:** la muestra debía ser lo más representativa posible de las características totales del cuerpo de agua para la obtención de una mezcla homogénea.

**Seguridad:** se tomó en cuentas las condiciones climatológicas, geomorfológicas del lugar para así utilizar el equipo de protección adecuado para minimizar los riesgos de accidentes que se pudieran presentar al momento de la toma de muestra.

**Distancia:** se consideró la distancia de punto ha muestrear considerando los parámetros de muestreos a analizar (Rivero, 2016).

## 2.5 Cuadro de operacionalización de variables

**Tabla 3.** Cuadro de operacionalización de variables

<b>Variabes</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Valores finales</b>	<b>Tipo de variable</b>
Procedencia de aguas y efluentes contaminantes	Grupos creados a partir de la procedencia del agua o efluente	Agua del río Chaguana, efluentes del alcantarillado urbano, efluentes de camaroneras, efluentes de bananeras	Cualitativa politómica (nominal)
Época del año	Grupos creados a partir de la época del año	Época seca, época lluviosa	Cualitativa dicotómica (nominal)
Aceites y grasas	Magnitud de aceites y grasas	10 mg/l	Cuantitativa continua (de razón)
Coliformes fecales	Magnitud de coliformes fecales	4000 UFC/100ml	Cuantitativa continua (de razón)
DBO	Magnitud de DBO	100 mg/l	Cuantitativa continua (de razón)
DQO	Magnitud de DQO	100 mg/l	Cuantitativa continua (de razón)
SST	Magnitud de SST	100 mg/l	Cuantitativa continua (de razón)
Nitrógeno total	Magnitud de Nitrógeno total	100 mg/l	Cuantitativa continua (de razón)
Tensoactivos	Magnitud de Tensoactivos	1 mg/l	Cuantitativa continua (de razón)
Sulfuros	Magnitud de Sulfuros	1 mg/l	Cuantitativa continua (de razón)
pH	Potencial de hidrógeno	Unidad	Cuantitativa continua (de razón)
Temperatura	Temperatura	°C	Cuantitativa continua (de razón)

## **2.6. Gestión de datos**

Los datos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos fueron obtenidos del Cauce del río Chaguana: 18 muestras, tomadas por el GAD del cantón El Guabo, de los efluentes del alcantarillado urbano de la parroquia Tendales, de las cuales tres se tomaron en época seca y tres en época lluviosa, tres camaroneras (nueve muestras tomadas en tres fechas distintas) y de una bananera (tomadas dentro del programa de control de la certificación Global GAP).

### **Procedimiento estadístico**

Debido a que las variables objeto de estudio por sus escalas de medición son numéricas se calcularon estadísticos descriptivos para cada parámetro físico, químico y microbiológico que incluye las medidas de resumen de datos entre las que se encuentran las medidas de tendencia central (media y mediana), medidas de posición (cuartiles) y medidas de dispersión (mínimo, máximo, desviación estándar) y permitieron realizar la caracterización de cada una.

Para facilitar la visualización de los estadísticos descriptivos calculados, y las comparaciones con los LMP para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, se realizaron diagramas de cajas y sesgos (Tukey, 1977), representados por los cuatro cuartiles, y en los casos donde se presentan se evidencian los valores atípicos (Anderson, Sweeney, & Williams, 2008).

Con el objetivo de determinar diferencias estadísticas entre el agua del río Chaguana y los efluentes del alcantarillado, camaronera y bananera en relación con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos objetos de estudio se efectuó análisis de varianza (ANOVA) de un factor (Johnson & Kuby, 2012). En caso de presentarse diferencias estadísticas se aplicó la prueba de Scheffe (Post Hoc) con la finalidad de conocer entre qué grupo se encuentran las diferencias o las similitudes (Serra, 2017).

Para la comparación espacio-temporal de medias de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, se utilizó el análisis de varianza factorial intersujetos. En caso de encontrarse

diferencias significativas en la interacción de las categorías de los factores en estudio se realizaron comparaciones de medias mediante gráficos de perfil, en los cuales se identificó el LMP para el parámetro estudiado.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el paquete estadístico SPSS versión 22 de prueba para Windows (IBM Corp, 2016). Para todas las pruebas estadísticas se utilizó una confiabilidad del 95% (nivel de significancia  $\alpha=0,05$ ).

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS

#### 3.1 Antecedentes de la unidad de análisis o población

Del análisis estadístico se desprende que las aguas residuales provenientes de efluentes del sistema de alcantarillado urbano, camaroneras y bananeras aledañas a la parroquia Tendales son las principales descargas que se realizan al cuerpo receptor del cauce del río Chaguana en la parroquia Tendales, aunque debido a esta condición algunos parámetros en aguas del río se encuentran por encima de los LMP de la legislación ecuatoriana.

Los parámetros objeto de estudio se fundamentan en el Acuerdo Ministerial No. 97A (R.O. 30 de julio 2015), que determina los Criterios de calidad admisibles para la prevención de la flora y fauna en aguas dulces, valores a partir de los cuales se efectuó la comparación tomando en consideración la procedencia del agua y los efluentes analizados.

Con respecto a los parámetros físicos tales como temperatura y pH, estos se encontraban dentro de los límites permisibles. La temperatura fluctuó de 26-28°C en el río Chaguana, 26-30°C en el agua del alcantarillado, de 27,30 a 31,60 °C en las camaroneras y en las bananeras. Por otro lado, el pH varió de 7,0-8,1 en el río, en el alcantarillado de 6,9-8,0; en la camaronera el pH fue de 7,3-8,3 y en la bananera de 7,6-8,6.

Por el contrario, los sólidos suspendidos totales (SST) presentaron valores superiores al LMP (130 mg/l) en aguas del río Chaguana (173,94 mg/l) y en efluentes de las bananeras (261,5 mg/l), representando las bananeras la fuente de SST (Tabla 4).

Dentro de los parámetros químicos, el contenido de aceites y grasas fluctuó entre 0,765 mg/l en el río Chaguana y 3,456 mg/l en el sistema de alcantarillado urbano, valores por encima del LMP (0,3 mg/l), por lo que se infiere que las aguas de alcantarillado y camaroneras son la fuente de contaminación por aceites y grasas al río. Los tensoactivos también se encontraron

por encima del LMP (0,5 mg/l) en efluentes de las camaroneras (0,60 mg/l). Mientras que, los sulfuros son mayores al LMP (0,5 mg/l) en aguas del río Chaguana (0,67 mg/l).

Los niveles de BDO y DQO superaron los límites máximos en efluentes del alcantarillado, donde se obtuvieron valores superiores al LMP para DBO (150 mg/l) y la DQO (250 mg/l) donde se observaron concentraciones de 166,79 y 255,22 mg/l, respectivamente. Los valores de DBO (63,89 mg/l) y DQO (118,22 mg/l) del río Chaguana superaron los límites máximos permisibles para la preservación de flora y fauna, que se establecen en 20 y 40 mg/l, respectivamente; situación similar a nivel microbiológico, para el caso de Coliformes fecales (Tabla 4).

**Tabla 4.** Medias obtenidas y LMP de cada una de las variables analizadas en aguas del río Chaguana y los efluentes de alcantarillado, camaroneras y bananeras.

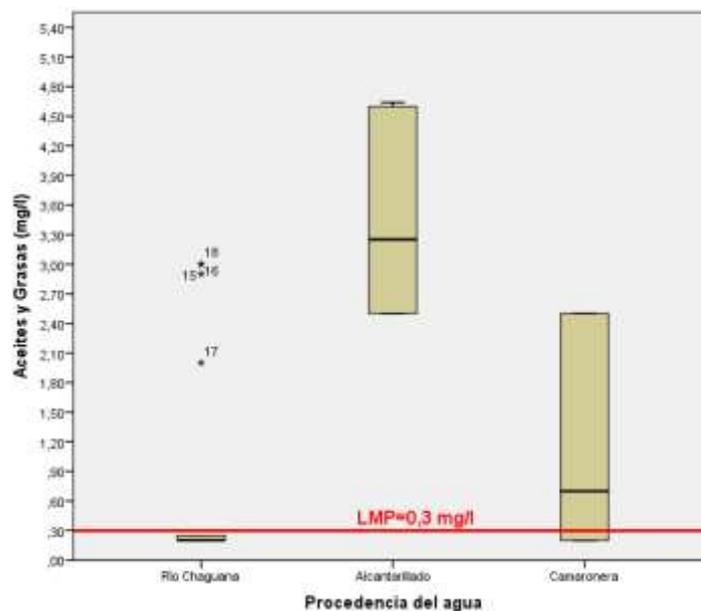
Variable	LMP	Río Chaguana		Alcantarillado		Camaroneras		Bananeras	
		Mean	$ES_{\bar{x}}$	Mean	$ES_{\bar{x}}$	Mean	$ES_{\bar{x}}$	Mean	$ES_{\bar{x}}$
Aceites y grasas	0,3 mg/l	0,765	0,258	3,456	0,409	1,256	0,352		
C. fecales	2000 UFC/100ml	732,0	163,3	260 M	129 M	0,123	0,035	1,8	0,00
DBO	150 mg/l	63,89	9,868	166,79	16,857	95,45	22,36		
DQO	250 mg/l	118,22	10,372	255,22	29,621	12,03	0,459		
N. total	50 mg/l	30,39	4,647	42,193	2,899	0,583	0,039		
N. amoniacal	30 mg/l	-	-	28,635	0,342	12,02	0,459		
SST	130 mg/l	173,94	27,29	65,333	15,158	87,33	15,20	261,5	21,3
Tensoactivos	0,5 mg/l	0,0507	0,004	0,271	0,064	0,60	0,109		
Sulfuros	0,5 mg/l	0,67	0,247						

### 3.2. Análisis de los límites máximos permisibles (LMP)

#### 3.2.1. Aceites y grasas

Los aceites y grasas muestran un comportamiento diferente en los tipos de aguas analizadas, para el caso del río Chaguana los valores se encuentran por debajo del LMP (0,3 mg/l); aunque, en la distribución de datos presenta valores atípicos que indican que, en ocasiones las

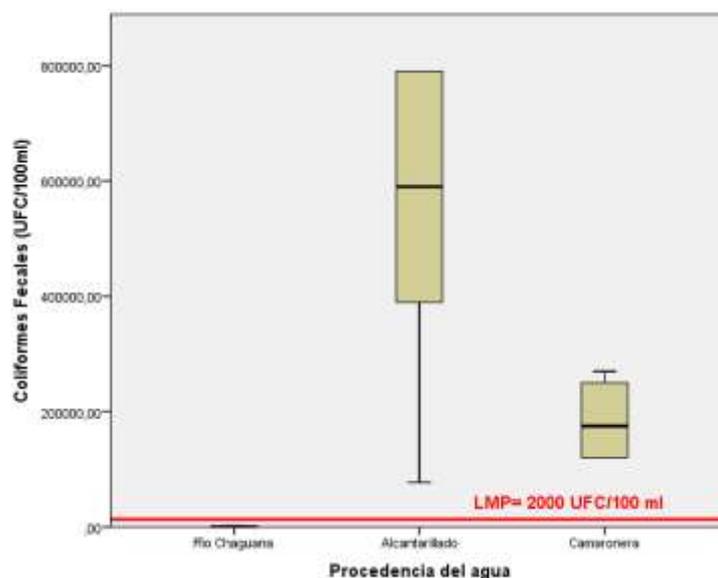
observaciones sobrepasan el límite establecido por la legislación ecuatoriana. Sin embargo, el agua procedente del alcantarillado y de la camaronera presentan valores superiores al valor de referencia (Figura 3).



**Figura 3.** Valores de aceites y grasas (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado y camaronera. LMP = límite máximo permisible.

### 3.2.2. Coliformes fecales

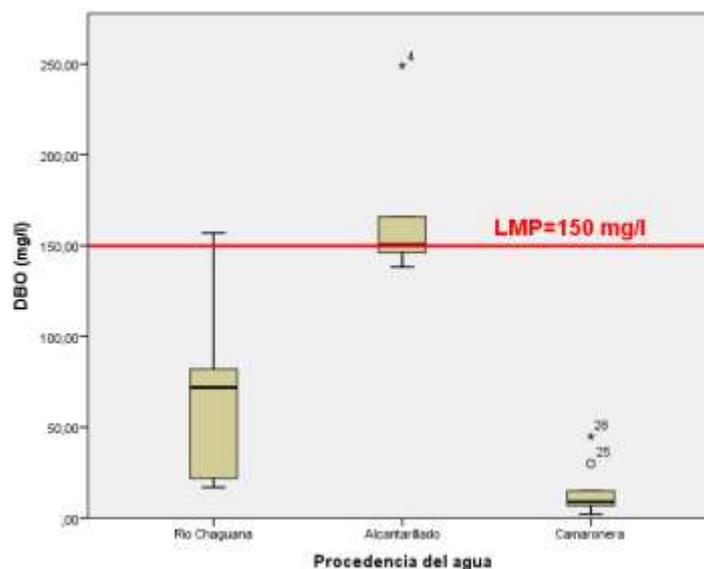
Los coliformes fecales en el río Chaguana presenta valores por debajo del LMP para riego agrícola (1000 UFC/100 ml aunque, los valores obtenidos las aguas procedentes del alcantarillado y de la camaronera presentaron valores superiores al valor de referencia para aguas servidas (2000 UFC/100 ml) (Figura 4).



**Figura 4.** Valores de coliformes fecales (UFC/100 ml) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado y camaronera. LMP = límite máximo permisible.

### 3.2.3. DBO

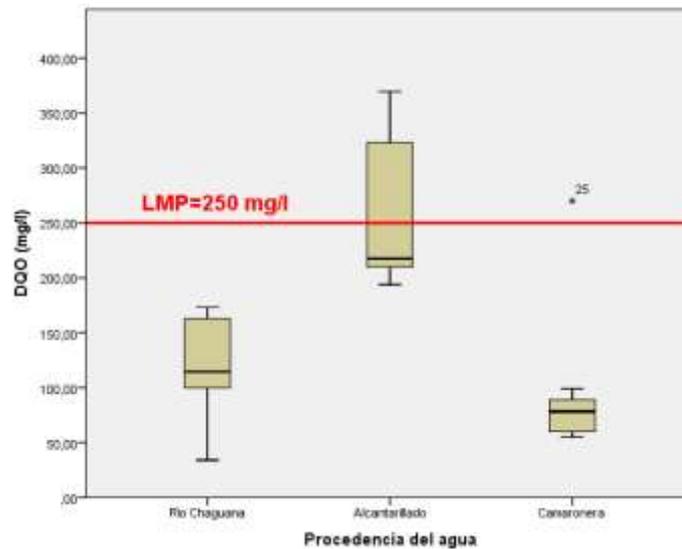
La DBO presenta algunos valores superiores al LMP (150 mg/l) en aguas del río Chaguana; sin embargo, para el caso de efluentes de alcantarilla se encuentran por encima de la mediana y del LMP, o sea que, aproximadamente el 50% de los datos relacionados con este efluente presenta valores no aceptados por la legislación ecuatoriana (Figura 5).



**Figura 5.** Valores de DBO (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado y camaronera. LMP = límite máximo permisible.

### 3.2.4. DQO

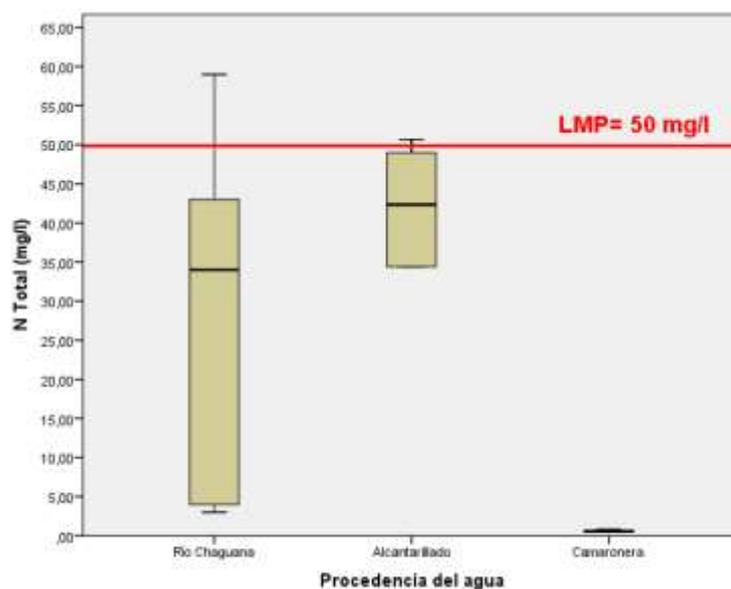
La DQO se presenta con valores superiores al LMP (250 mg/l) en afluentes de alcantarillado lo que evidencia la problemática que se presenta con el vertimiento de este tipo de contaminantes en el cauce del río Chaguana (Figura 6).



**Figura 6.** Valores de DQO (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado y camaronera. LMP = límite máximo permisible.

### 3.2.5. Nitrógeno total

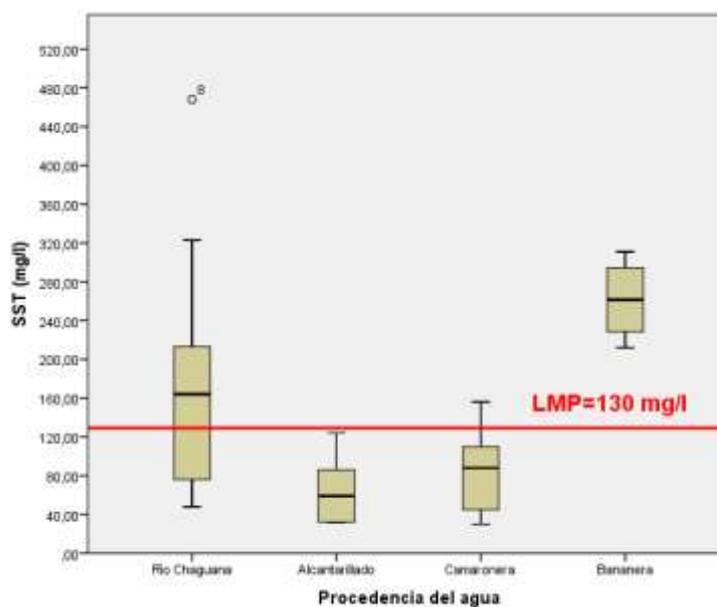
Para el caso del N total (mg/l), aunque las medias y medianas se encuentran por debajo del LMP, se observaron algunos valores superiores al LMP (50 mg/l) en aguas del río Chaguana y efluentes del alcantarillado, (Figura 7).



**Figura 7.** Valores de Nitrógeno tota (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado y camaronera. LMP = límite máximo permisible.

### 3.2.6. SST

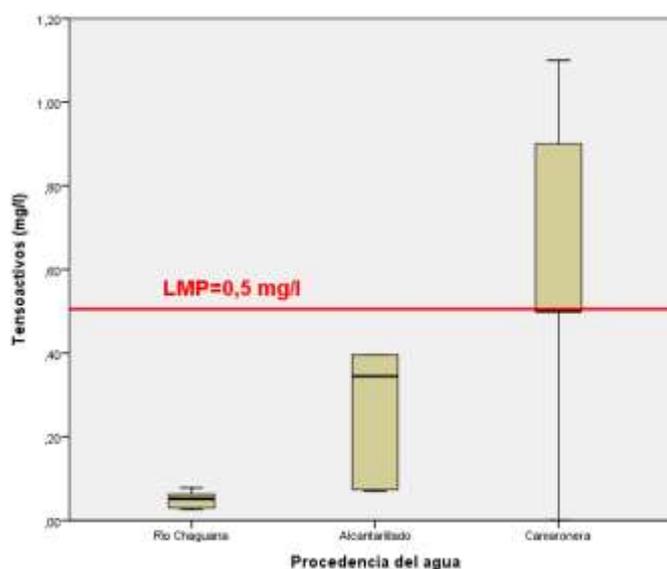
Los valores de SST (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado, camaroneras y bananeras muestran un comportamiento diferente, en el caso del agua del río Chaguana se observa que la línea roja que divide al LMP se encuentra entre el  $Q_1$  y el  $Q_2$  lo que evidencia que más del 50% de los datos obtenidos de SST se encuentran por encima del valor permisible por la legislación actual; en el caso de los efluentes de las bananeras el 100% de los datos son superiores al límite, por otro lado se observa que para el caso de las camaroneras la línea roja se encuentra entre el  $Q_3$  y el valor máximo, por lo que alrededor del 12% de los datos se encuentran por encima del LMP (Figura 8).



**Figura 8.** Valores de SST (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado, camaronera y bananera; y su comportamiento ante el LMP.

### 3.2.7. Tensoactivos

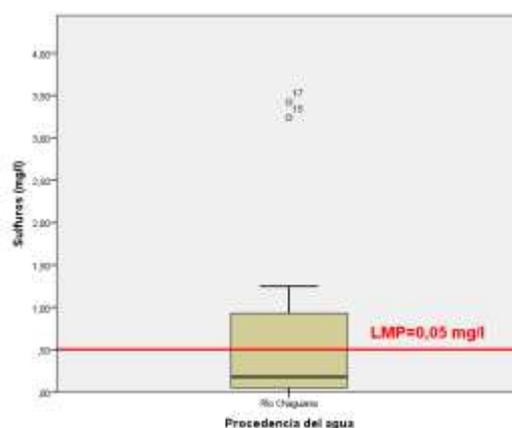
En la Figura 9 se muestra que el 75% de los datos de Tensoactivos (mg/l) para el caso de las bananeras son superiores al LMP (0,50 mg/l); sin embargo, los valores para el caso del agua del río Chaguana y alcantarillado se encuentran por debajo de los límites permisibles.



**Figura 9.** Valores de Tensoactivos (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana, alcantarillado y camaronera. LMP = límite máximo permisible.

### 3.2.8. Sulfuros

Para el caso de los Sulfuros (mg/l), se obtuvieron datos únicamente de las aguas del río Chaguana, evidenciándose que la línea roja del LMP (0,50 mg/l) se encuentra entre el valor del  $Q_2$  (mediana) y  $Q_3$ , lo que indica que alrededor del 38% de los datos de sulfuros en aguas del río se encuentran por encima de los permisibles por la legislación ecuatoriana, elemento importante a tener en cuenta tomando en consideración la afectación que se puede producir en la fauna acuática de la cuenca (Figura 10).



**Figura 2.** Valores de Sulfuros (mg/l) obtenidos en aguas analizadas procedentes del río Chaguana y su comportamiento ante el LMP.

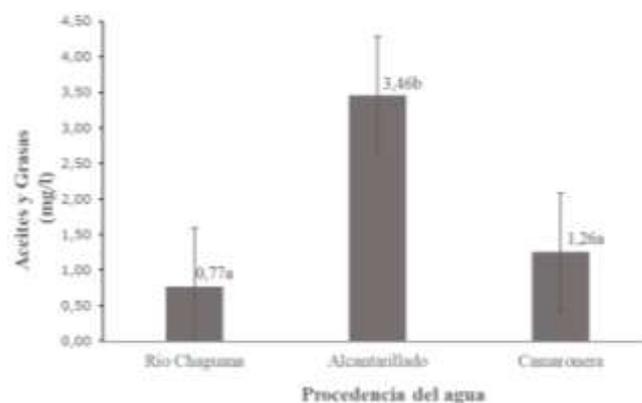
### 3.3. Comparación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos a partir de la procedencia de agua y efluentes

En el análisis de varianza realizado para la variable aceites y grasas se obtuvo un valor de significancia de 0,000, por lo que se acepta la hipótesis alternativa que indica que al menos una de las procedencias del agua o efluentes presenta valores diferentes (Tabla 5).

**Tabla 5.** Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable aceites y grasas en relación con la procedencia del agua y los efluentes.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	32,808	2	16,404	14,311	0,000
Dentro de grupos	34,387	30	1,146		
<b>Total</b>	<b>67,195</b>	<b>32</b>			

La prueba post hoc (Scheffe) realizada para conocer entre que procedencias de aguas y efluentes se muestran las diferencias o las similitudes, muestra que las medias obtenidas de aceites y grasas para el caso del río Chaguana (0,77 mg/l) no presentan diferencias estadísticas significativas con el valor obtenido en las medias de las camaroneras (1,26 mg/l), sin embargo, ambos presentan diferencias probabilísticas (a un nivel de significancia de 5%) con las medias obtenidas en el efluente de alcantarillado (3,46 mg/l), lo que evidencia que este emisor es el que mayor afectación produce en el cauce del río Chaguana (Figura 11).



**Figura 3.** Comparación de medias de valores de aceites y grasas (mg/l) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes de alcantarillado y camaroneras.

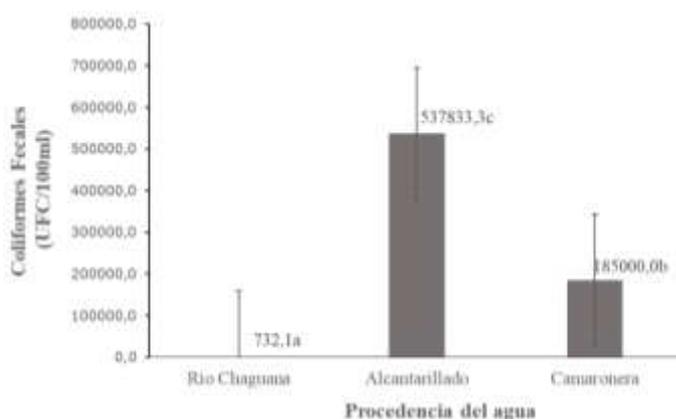
\*Letras diferentes difieren significativamente para  $p$ -valor < 0,05 (prueba Scheffe).

En el análisis de varianza realizado para la variable Coliformes Fecales se obtiene un valor de significación de 0,000, por lo que, se acepta la hipótesis alternativa que indica que al menos una de las procedencias del agua o efluentes presenta valores diferentes en relación a los coliformes fecales (Tabla 6).

**Tabla 6.** Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable Coliformes Fecales en relación con la procedencia del agua.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1310146482000,0	2	655073241000,0	37,55	0,000
Dentro de grupos	470999000500,0	27	17444407430,00		
<b>Total</b>	<b>1781145482000,0</b>	<b>29</b>			

La prueba de Scheffe, muestra que las medias de coliformes fecales para el agua procedente del río Chaguana (732,1 UFC/100ml) presenta diferencias estadísticas significativas con los valores obtenidos en las medias en los efluentes de las camaroneras (185000,0 UFC/100ml) y el sistema de alcantarillado (537833,3 UFC/100ml), lo que muestra que emisores vierten al cauce del río Chaguana altos niveles de contaminantes microbiológicos (Figura 12).



**Figura 4.** Comparación de medias de valores de coliformes fecales (UFC/100 ml) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes de alcantarillado y camaroneras.

\*Letras diferentes difieren significativamente para  $p$ -valor < 0,05 (prueba Scheffe).

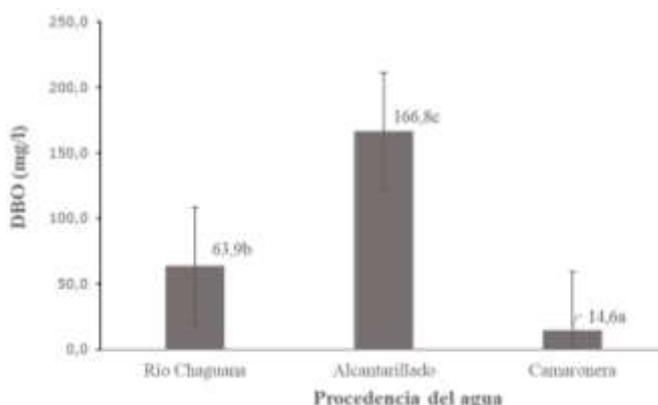
En el análisis de varianza realizado para la variable DBO se obtuvo un valor de significación de 0,000, por lo que se acepta la hipótesis alternativa que indica que al menos una de las procedencias del agua o efluentes presenta valores diferentes en relación a la DBO (Tabla 7).

**Tabla 7.** Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable DBO en relación con la procedencia del agua.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	84486,824	2	42243,412	31,746	0,000
Dentro de grupos	39920,613	30	1330,687		
<b>Total</b>	<b>124407,437</b>	<b>32</b>			

La prueba de Scheffe, muestra que las medias de DBO para el agua procedente del río Chaguana (63,9 mg/l) presenta valores mayores y diferentes estadísticamente al valor obtenido en la media de efluentes de las camaroneras (14,6 mg/l), lo que evidencia la alta contaminación a la que se encuentra sometido el cauce del río, aunque, los valores se encuentran por debajo

del LMP. Para el caso de los valores de DBO obtenidos en el sistema de alcantarillado (166,8 mg/l), los mismos son diferentes estadísticamente a las medias obtenidas en aguas del río y el efluente de las camaroneras, y se encuentran por encima del LMP (Figura 13).



**Figura 5.** Comparación de medias de valores de DBO (mg/l) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y camaroneras.

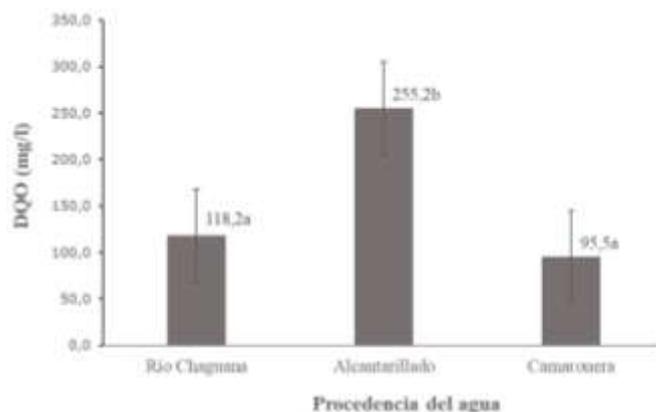
\*Letras diferentes difieren significativamente para  $p$ -valor  $< 0,05$  (prueba Scheffe).

En el análisis de varianza realizado para la variable DQO se obtuvo un valor de significación de 0, por lo que se acepta la hipótesis alternativa que indica que al menos una de las procedencias del agua o efluentes presenta valores diferentes con esta variable (Tabla 8).

**Tabla 8.** Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable DQO (mg/l) en relación con la procedencia del agua.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	105738,331	2	52869,166	16,651	0,000
Dentro de grupos	95256,049	30	3175,202		
<b>Total</b>	<b>200994,380</b>	<b>32</b>			

La prueba de Scheffe muestra que la media obtenida de DQO para el caso del río Chaguana (118,2 mg/l) no presenta diferencia estadística significativa con el valor obtenido en las medias de las camaroneras (95,5 mg/l); sin embargo, ambos presentan diferencias probabilísticas con las medias obtenidas en el efluente de alcantarillado (255,2 mg/l), lo que evidencia que este emisor es el que mayor afectación produce en el cauce del río Chaguana (Figura 14).



**Figura 6.** Comparación de medias de valores de DQO (mg/l) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y camaroneras.

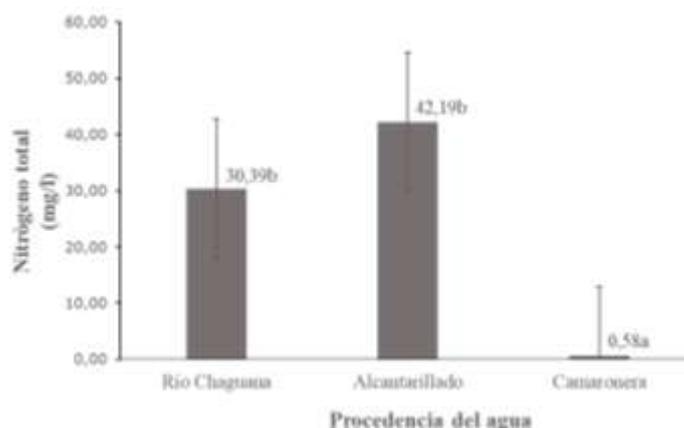
\*Letras diferentes difieren significativamente para  $p$ -valor  $< 0,05$  (prueba Scheffe).

En el análisis de varianza realizado para la variable Nitrógeno total se obtiene un valor de significación de 0,000, por lo que se acepta la hipótesis alternativa que indica que al menos una de las procedencias del agua o efluentes presenta valores diferentes en relación al N total (Tabla 9).

**Tabla 9.** Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable N total (mg/l) en relación con la procedencia del agua.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7650,320	2	3825,160	16,727	0,000
Dentro de grupos	6860,615	30	228,687		
<b>Total</b>	14510,934	32			

La prueba de Scheffe muestra que la media obtenida de N total para el caso del río Chaguana (30,39 mg/l) no presenta diferencia estadística significativa con el valor obtenido en las medias de los efluentes del sistema de alcantarillado (42,19 mg/l); sin embargo, ambos valores son mayores y diferentes a lo obtenido en el efluente de las camaroneras (0,58 mg/l), (Figura 15).



**Figura 7.** Comparación de medias de valores de N total (mg/l) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y camaroneras.

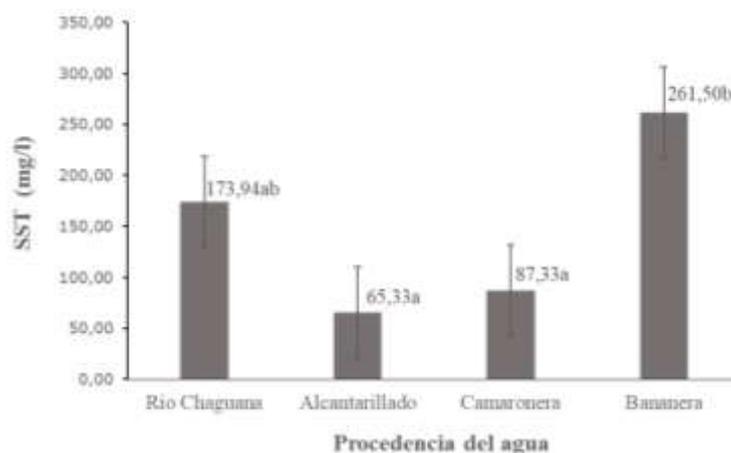
\*Letras diferentes difieren significativamente para  $p$ -valor $<0,05$  (prueba Scheffe).

En el análisis de varianza realizado para la variable SST se obtuvo un valor de significancia de 0,000, por lo que, se acepta la hipótesis alternativa que indica que al menos una de las procedencias del agua o efluentes presenta valores diferentes en relación a los SST (Tabla 10).

**Tabla 10.** Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable SST (mg/l) en relación con la procedencia del agua.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	137376,020	3	45792,007	5,879	0,002
Dentro de grupos	257019,278	33	7788,463		
<b>Total</b>	<b>394395,297</b>	<b>36</b>			

La prueba de Scheffe muestra que la media obtenida de SST para el caso del río Chaguana (173,94 mg/l) no presenta diferencia estadística significativa con el valor obtenido en las medias de los efluentes del sistema de alcantarillado (65,33 mg/l), las camaroneras (87,33 mg/l) y las bananeras (261,50 mg/l), lo que evidencia que en el cauce del río Chaguana pueden existir otras fuentes que posibilitan el incremento de los sólidos en suspensión (Figura 16).



**Figura 8.** Comparación de medias de valores de SST (mg/l) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y camaroneras.

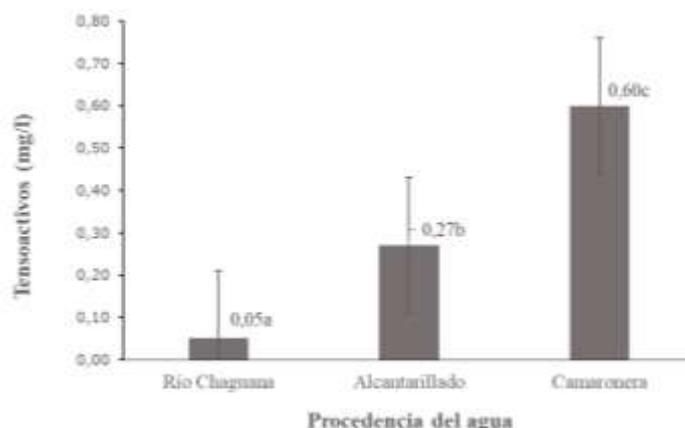
\*Letras diferentes difieren significativamente para  $p$ -valor < 0,05 (prueba Scheffe).

En el análisis de varianza realizado para la variable Tensoactivos se obtuvo un valor de significancia de 0,000, por lo que, se acepta la hipótesis alternativa que indica que al menos una de las procedencias del agua o efluentes presenta valores diferentes en relación a los Tensoactivos (Tabla 11).

**Tabla 11.** Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable Tensoactivos (mg/l) en relación con la procedencia del agua.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,817	2	,909	27,610	,000
Dentro de grupos	,987	30	,033		
<b>Total</b>	<b>2,805</b>	<b>32</b>			

La prueba de Scheffe, muestra que la media de Tensoactivos para el agua procedente del río Chaguana (0,05 mg/l) presenta diferencias estadísticas significativas con los valores obtenidos en las medias en los efluentes del sistema de alcantarillado (0,27 mg/l) y las camaroneras (0,60 mg/l), valor este último que se encuentra por encima del LMP, lo que indica la contaminación que realiza este emisor en el cauce del río Chaguana (Figura 17).



**Figura 9.** Comparación de medias de valores de Tensioactivos (mg/l) obtenidos en aguas del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y camaroneras.

\*Letras diferentes difieren significativamente para  $p$ -valor $<0,05$  (prueba Scheffe).

### 3.4. Variación espacio temporal de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos

#### 3.4.1. Aceites & grasas y época del año

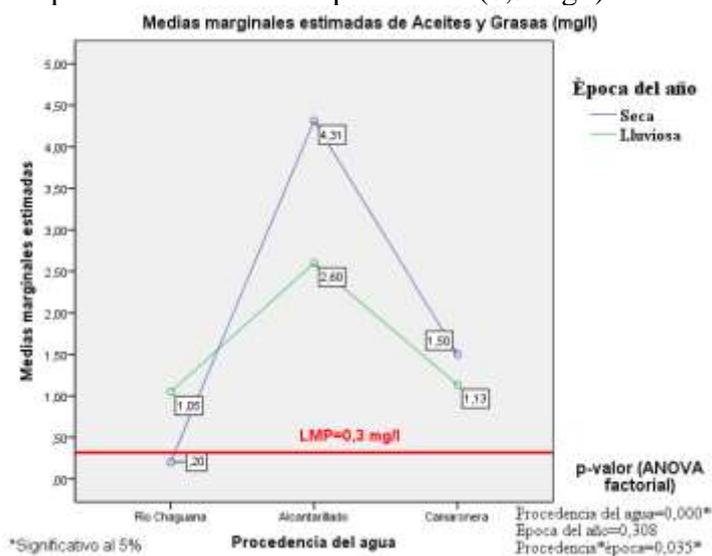
En el ANOVA factorial intersujetos realizado para la interacción de los valores medios de aceites y grasas de aguas del río Chaguana y efluentes de alcantarillado y camaroneras con la época del año se obtuvo un valor de significación ( $\text{sig.}=0,035$ ); por lo que, se acepta la hipótesis alternativa, que indica que se presentan diferencias estadísticas significativas entre la combinación de las categorías de los dos factores de estudio para el caso de aceites y grasas. Al analizar los factores de forma individual se evidenció que se presentan diferencias con relación a la procedencia del agua y sus efluentes se presentan; mientras que, no existen diferencias significativas a nivel temporal, al obtenerse un  $\text{sig.}= 0,308$  (Tabla 12).

**Tabla 12.** Prueba de efectos inter-sujetos para la variable aceites y grasas (mg/l) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	40,359 <sup>a</sup>	5	8,072	8,121	0,000
Intersección	82,258	1	82,258	82,761	0,000
Procedencia del agua	35,047	2	17,524	17,631	<b>0,000</b>
Época del año	1,071	1	1,071	1,077	0,308
Procedencia del agua*época del año	7,550	2	3,775	3,798	<b>0,035</b>
Error	26,836	27	0,994		
Total	130,815	33			
Total corregido	67,195	32			

a. R al cuadrado = 0,601 (R al cuadrado ajustada = 0,527)

En el gráfico de perfil de la figura 18 se observa el comportamiento de la variabilidad espacio temporal de aceites y grasas (mg/l) del agua del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y las camaroneras cuando se combinan con la época del año, además de la línea roja que delimita el LMP, evidenciando de manera general, que la mayoría de los valores medios se encuentran por encima del límite permisible (0,3 mg/l).



**Figura 10.** Gráfico de perfil que muestra el comportamiento de la variabilidad espacio temporal de aceites y grasas (mg/l) en el periodo evaluado.

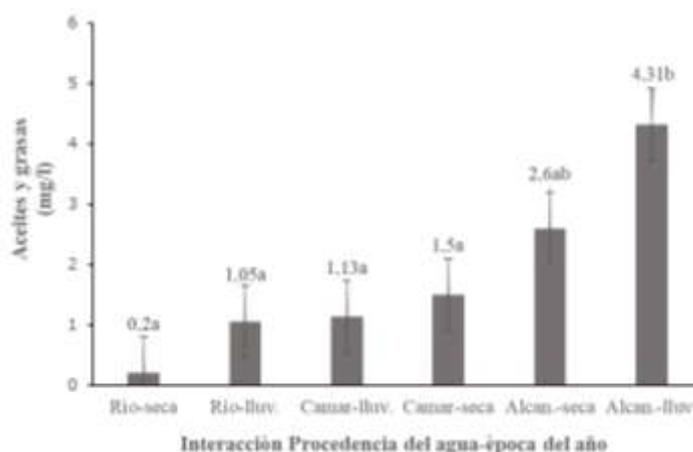
Debido a la presencia de efecto de interacción entre las categorías de cada factor estudiado, se reestructuraron los datos y se combinaron las tres categorías del factor de estudio procedencia de aguas y efluentes vertidos con el factor época del año, obteniéndose seis grupos, en los cuales al realizar el ANOVA de un factor se obtiene un sig.=0,000, por lo que se acepta

la hipótesis alternativa y la existencia de grupos con mayores o menores valores de aceites & grasas (Tabla 13).

**Tabla 13.** ANOVA de un factor intersujetos realizado para la combinación de las categorías de los factores de estudio en relación a los valores de aceites y grasas (mg/l).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	40,359	5	8,072	8,121	,000
Dentro de grupos	26,836	27	,994		
<b>Total</b>	<b>67,195</b>	<b>32</b>			

La prueba Scheffe muestra que las medias obtenidas de aceites & grasas para la combinación agua de alcantarillado-época lluviosa presenta los valores más altos y diferentes con las demás combinaciones (4,31 mg/l), excepto con la combinación efluente de alcantarillado y época seca (2,60 mg/l), lo que es un indicador que muestra que en la época de las máximas precipitaciones la contaminación se incrementa por los que los planes de manejo ambiental deben considerar esta situación (Figura 17).



**Figura 11.** Valores de aceites y grasas (mg/l) obtenidos en aguas a partir de la interacción de la procedencia del muestreo y la época del año evaluada.

\*Letras diferentes difieren de forma significativa para  $p$ -valor < 0,05 (prueba Scheffe).

### 3.4.2. Coliformes totales y época del año

En el ANOVA factorial intersujetos realizado para la interacción de los valores medios de coliformes totales de aguas del río Chaguana y efluentes de alcantarillado y camaroneras con la época del año se obtuvo un valor de significación (sig.=0,000) menor a 0,05; por lo que se

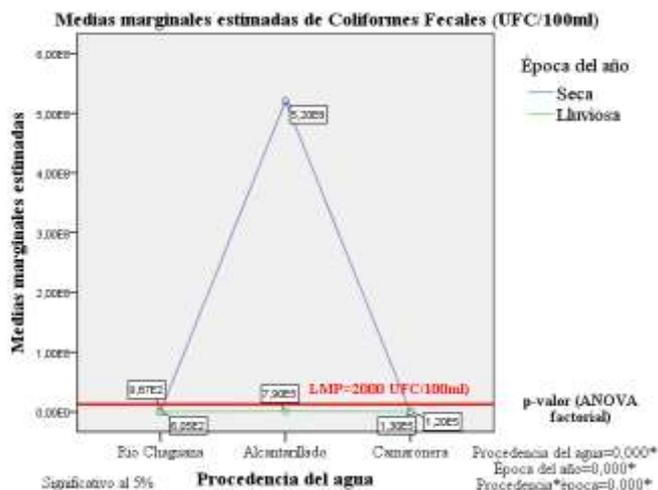
acepta la hipótesis alternativa que indica que se presenta diferencia estadística significativa entre la combinación de las categorías de los dos factores de estudio para coliformes totales. Al analizar los factores de forma individual se evidencia que en relación con la procedencia del agua y los efluentes se presentan diferencias altamente significativas (sig.=0,000), al igual que la época del año, donde existe diferencias significativas, al obtenerse un sig.= 0,000 (Tabla 14).

**Tabla 14.** Prueba de efectos inter-sujetos para la variable coliformes fecales (UFC/100ml) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	7,364E+17 <sup>a</sup>	5	1,473E+17	39,375	,000
Intersección	1,914E+17	1	1,914E+17	51,183	,000
Procedencia del agua	3,250E+17	2	1,625E+17	43,449	,000
Época del año	1,901E+17	1	1,901E+17	50,826	,000
Procedencia del agua*época del año	3,232E+17	2	1,616E+17	43,199	,000
Error	1,010E+17	27	3,740E+17		
Total	9,114E+17	33			
Total corregido	8,374E+17	32			

a. R al cuadrado = ,879 (R al cuadrado ajustada = ,857)

En el gráfico de perfil de la figura 20 se observa el comportamiento de la variabilidad espacio temporal de coliformes totales (mg/l) del agua del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y las camaroneras cuando se combinan con la época del año, además de la línea roja que delimita el LMP, evidenciando de manera general que la mayoría de los valores medios se encuentran por encima del límite permisible (2000 UFC/100 ml).



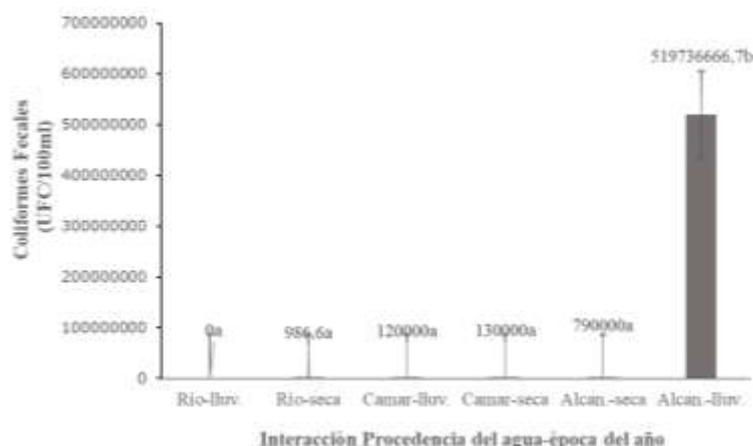
**Figura 12.** Gráfico de perfil que muestra el comportamiento de la variabilidad espacio temporal de coliformes fecales (mg/l) en el periodo evaluado.

Debido a la presencia de efecto de interacción entre las categorías de cada factor estudiado, se reestructuraron los datos y se combinaron las tres categorías del factor de estudio procedencia de aguas y efluentes vertidos con el factor época del año, obteniéndose seis grupos, en los cuales al realizar el ANOVA de un factor se obtiene un sig.=0,000, por lo que se acepta la hipótesis alternativa y la existencia de grupos con mayores o menores valores coliformes fecales (Tabla 15).

**Tabla 15.** ANOVA de un factor intersujetos realizado para la combinación de las categorías de los factores de estudio en relación a los valores de coliformes fecales (UFC/100ml)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7,364E+17	5	1,473E+17	39,375	,000
Dentro de grupos	1,010E+17	27	3,470E+15		
<b>Total</b>	<b>8,374E+17</b>	<b>32</b>			

La prueba Scheffe muestra que las medias obtenidas de coliformes totales para la combinación agua de alcantarillado-época lluviosa presenta los valores más altos y diferentes a las demás combinaciones (519.736.666,7 UFC/100 ml), lo que es un indicador que muestra que en la época de las máximas precipitaciones la contaminación se incrementa significativamente (Figura 17).



**Figura 13.** Valores de coliformos fecales (UFC/100ml) obtenidos en aguas a partir de la interacción de la procedencia del muestreo y la época del año evaluada.

\*Letras diferentes difieren de forma significativa para  $p$ -valor < 0,05.

### 3.4.3. DBO y época del año

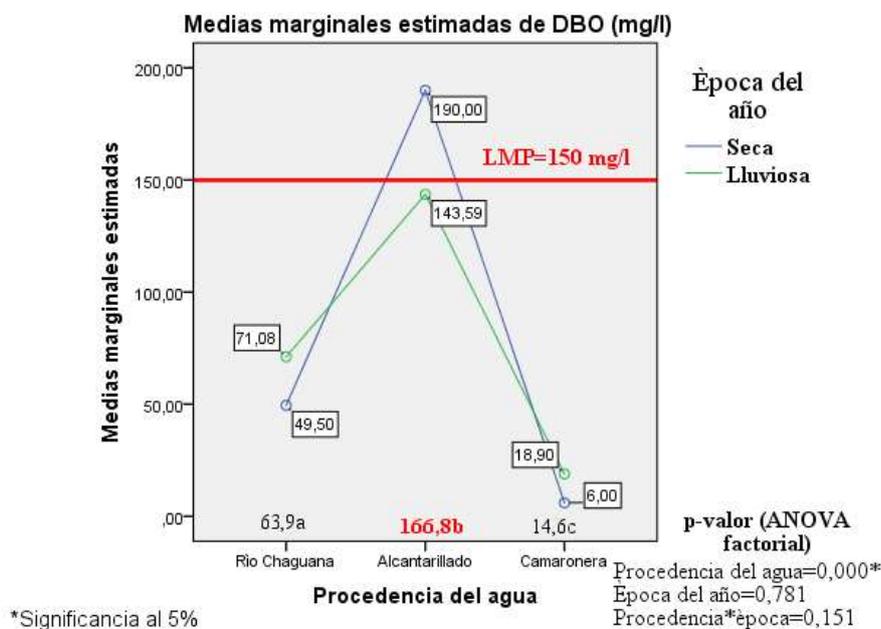
En el ANOVA factorial intersujetos realizado para la interacción de los valores medios de DBO de aguas del río Chaguana y efluentes de alcantarillado y camaroneras con la época del año se obtuvo un valor de significación ( $\text{sig.} = 0,151$ ) mayor a 0,05; por lo que se acepta la hipótesis nula que indica que no se presenta diferencia estadística significativa entre la combinación de las categorías de los dos factores de estudio (Tabla 16).

**Tabla 16.** Prueba de efectos inter-sujetos para la variable DBO (mg/l) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	89914,766 <sup>a</sup>	5	17982,953	14,077	,000
Intersección	162007,947	1	162007,947	126,816	,000
Procedencia del agua	84178,932	2	42089,466	32,947	,000
Época del año	100,521	1	100,521	,079	,781
Procedencia del agua*época del año	5187,014	2	2593,507	2,030	<b>,151</b>
Error	34492,671	27	1277,506		
Total	282234,707	33			
Total corregido	124407,437	32			

a. R al cuadrado = ,723 (R al cuadrado ajustada = ,671)

En el gráfico de perfil de la figura 22 se observa el comportamiento de la variabilidad espacio temporal de DBO (mg/l) del agua del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y las camaroneras cuando se combinan con la época del año, además de la línea roja que delimita el LMP, evidenciando que los valores de esta variable solo se encuentran por encima del límite en afluentes del sistema de alcantarilla en la época seca.



**Figura 14.** Medias marginales de DBO (mg/l) obtenidos en muestreos de aguas de las diferentes procedencias y épocas del año estudiadas.

\*Letras diferentes difieren de forma significativa para  $p\text{-valor} < 0,05$ .

#### 3.4.4. DQO y época del año

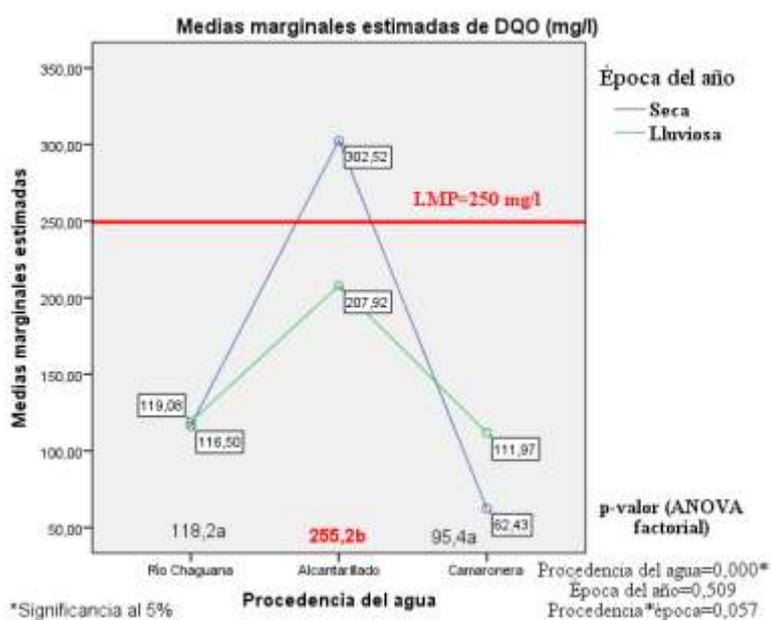
En el ANOVA factorial intersujetos realizado para la interacción de los valores medios de DQO de aguas del río Chaguana y efluentes de alcantarillado y camaroneras con la época del año se obtuvo un valor de significación ( $\text{sig.} = 0,057$ ) mayor a 0,05; por lo que se acepta la hipótesis nula que indica que no se presenta diferencia estadística significativa entre la combinación de las categorías de los dos factores de estudio (Tabla 17).

**Tabla 17.** Prueba de efectos inter-sujetos para la variable DQO (mg/l) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	124094,922 <sup>a</sup>	5	24818,984	8,714	,000
Intersección	598013,117	1	598013,117	209,967	,000
Procedencia del agua	109601,425	2	54800,712	19,241	,000
Época del año	1273,800	1	1273,800	,447	,509
Procedencia del agua*época del año	18215,801	2	9107,900	3,198	<b>,057</b>
Error	76899,458	27	2848,128		
Total	819667,400	33			
Total corregido	200994,380	32			

a. R al cuadrado = ,617 (R al cuadrado ajustada = ,547)

En el gráfico de perfil de la figura 23 se observa el comportamiento de la variabilidad espacio temporal de DQO (mg/l) del agua del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y las camaroneras cuando se combinan con la época del año, además de la línea roja que delimita el LMP, evidenciando que los valores de esta variable solo se encuentran por encima del límite en afluentes del sistema de alcantarilla en la época seca.



**Figura 15.** Medias marginales de DQO (mg/l) obtenidos en muestreos de aguas de las diferentes procedencias y épocas del año estudiadas.

### 3.4.5. N total y época del año

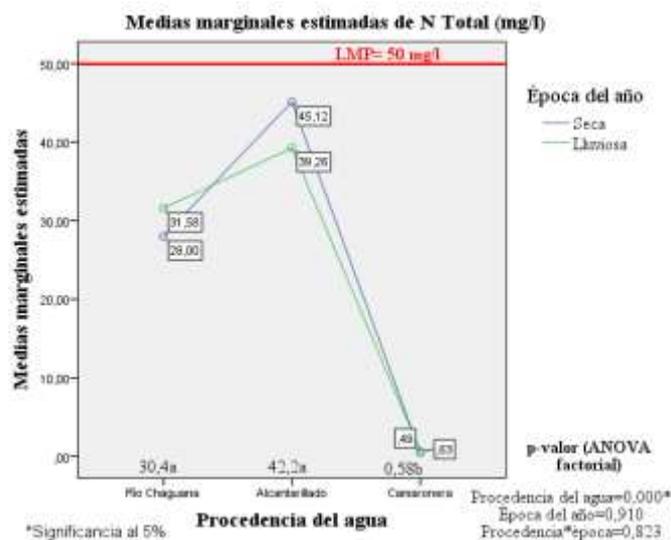
En el ANOVA factorial intersujetos realizado para la interacción de los valores medios de N total en aguas del río Chaguana y efluentes de alcantarillado y camaroneras con la época del año se obtuvo un valor de significación ( $\text{sig.}=0,823$ ) mayor a 0,05; por lo que se acepta la hipótesis nula que indica que no se presenta diferencia estadística significativa entre la combinación de las categorías de los dos factores de estudio (Tabla 18).

Tabla 18. Prueba de efectos inter-sujetos para la variable N Total (mg/l) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	7753,227 <sup>a</sup>	5	1550,645	6,196	,001
Intersección	14859,947	1	14859,947	59,372	,000
Procedencia del agua	6911,006	2	3455,503	13,806	,000
Época del año	3,238	1	3,238	,013	,910
Procedencia del agua*época del año	98,401	2	49,200	,197	<b>,823</b>
Error	6757,708	27	250,285		
Total	34168,064	33			
Total corregido	14510,934	32			

a. R al cuadrado = ,534 (R al cuadrado ajustada = ,448)

En el gráfico de perfil de la figura 24 se observa el comportamiento de la variabilidad espacio temporal de N total (mg/l) del agua del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y las camaroneras cuando se combinan con la época del año, además de la línea roja que delimita el LMP, evidenciando que todos los valores de esta variable se encuentran por debajo del límite establecido.



**Figura 16.** Medias marginales de Nitrógeno total (mg/l) obtenido en muestreos de aguas de las diferentes procedencias y épocas del año estudiadas.

### 3.4.6. SST y época del año

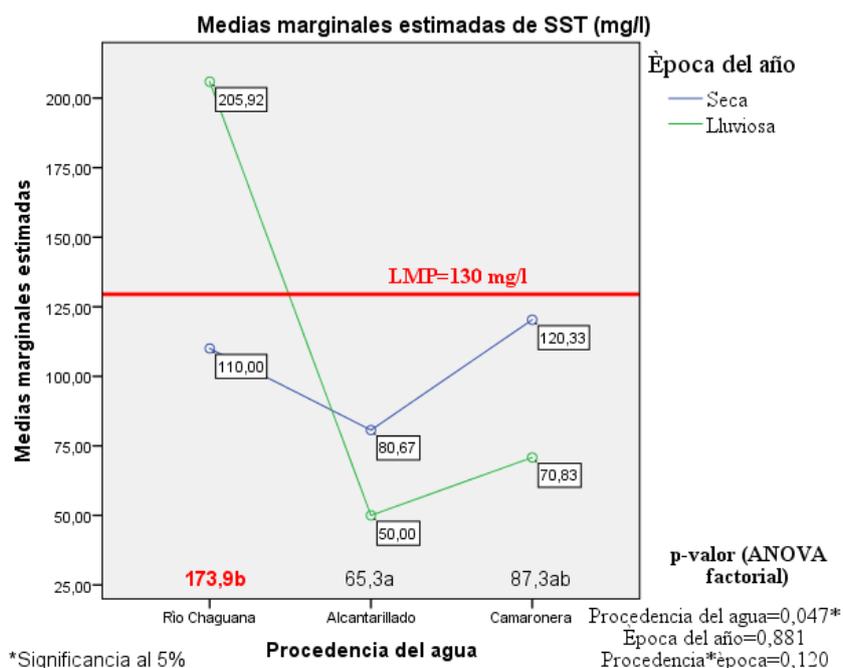
En el ANOVA factorial intersujetos realizado para la interacción de los valores medios de SST de aguas del río Chaguana y efluentes de alcantarillado y camaroneras con la época del año se obtuvo un valor de significación ( $\text{sig.}=0,120$ ) mayor a 0,05; por lo que se acepta la hipótesis nula que indica que no se presenta diferencia estadística significativa entre la combinación de las categorías de los dos factores de estudio (Tabla 19).

**Tabla 19.** Prueba de efectos inter-sujetos para la variable SST (mg/l) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	119334,977 <sup>a</sup>	5	23866,995	3,091	,025
Intersección	287100,044	1	287100,044	37,185	,000
Procedencia del agua	45518,217	2	22759,108	2,948	,047
Época del año	175,103	1	175,103	,023	,881
Procedencia del agua*época del año	35516,291	2	17758,145	2,300	<b>,120</b>
Error	208463,083	27	7720,855		
Total	890449,000	33			
Total corregido	327798,061	32			

a. R al cuadrado = ,364 (R al cuadrado ajustada = ,246)

En el gráfico de perfil de la figura 25 se observa el comportamiento de la variabilidad espacio temporal de SST (mg/l) del agua del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y las camaroneras cuando se combinan con la época del año, además de la línea roja que delimita el LMP, evidenciando que los sólidos solubles se encuentran por encima del límite establecido en agua del río Chaguana en la época lluviosa lo que puede estar asociado a las crecidas que ocurren en esta temporada por el incremento de las precipitaciones.



**Figura 17.** Medias marginales de SST (mg/l) obtenidas en muestreos de aguas de las diferentes procedencias y épocas del año estudiadas.

### 3.4.7. Tensoactivos y época del año

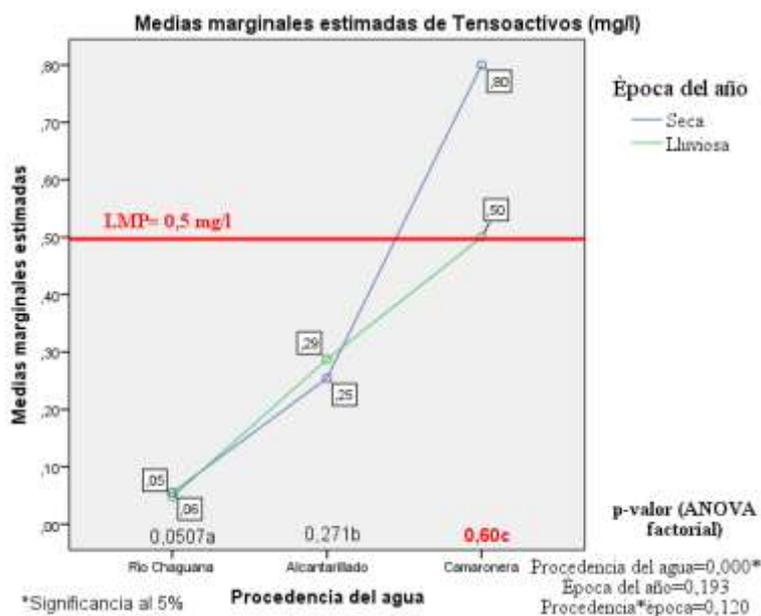
En el ANOVA factorial intersujetos realizado para la interacción de los valores medios de Tensoactivos de aguas del río Chaguana y efluentes de alcantarillado y camaroneras con la época del año se obtuvo un valor de significación (sig.=0,151) mayor a 0,05; por lo que se acepta la hipótesis nula que indica que no se presenta diferencia estadística significativa entre la combinación de las categorías de los dos factores de estudio (Tabla 20).

**Tabla 20.** Prueba de efectos inter-sujetos para la variable tensoactivos (mg/l) en relación con la procedencia del agua y efluentes y la época del año.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1,999 <sup>a</sup>	5	,400	13,402	,000
Intersección	2,672	1	2,672	89,572	,000
Procedencia del agua	1,910	2	,955	32,007	,000
Época del año	,053	1	,053	1,784	,193
Procedencia del agua*época del año	,137	2	,068	2,295	,120
Error	,806	27	,030		
Total	4,714	33			
Total corregido	2,805	32			

a. R al cuadrado = ,713 (R al cuadrado ajustada = ,660)

En el gráfico de perfil de la figura 26 se observa el comportamiento de la variabilidad espacio temporal de Tensoactivos (mg/l) del agua del río Chaguana y efluentes del sistema de alcantarillado y las camaroneras cuando se combinan con la época del año, además de la línea roja que delimita el LMP, evidenciando que los tensoactivos se encuentran por encima del límite establecido en las camaroneras en ambas épocas del año lo que puede estar asociado al manejo que realizan en la producción del camarón.



**Figura 18.** Medias marginales de Tensoactivos obtenidos en muestreos de aguas de las diferentes procedencias y épocas del año estudiadas.

Los resultados finales obtenidos en la presente investigación permiten a través del contraste de la hipótesis de investigación planteada aceptar la hipótesis alternativa que indica que las medias de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de aguas del río Chaguana y los efluentes del sistema de alcantarillado urbano, camaroneras y bananeras son mayores que los LMP establecidos por la legislación ecuatoriana.

## CAPÍTULO IV

### DISCUSIÓN

#### 4.1 Contrastación empírica:

El río Chaguana recibe varios efluentes no tratados provenientes del sistema de alcantarillado urbano, las camaroneras y las bananeras que afectan las aguas de su cauce al provocar afectaciones a sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Resultados similares fueron obtenidos por Rivera, y otros (2007), quienes en un estudio desarrollado en los ríos de la zona de Texcoco, en la Cuenca de México, por lo que se evidencia que no solo en nuestro país se presentan afectaciones a las cuencas por emisores contaminantes, además, que constituye una problemática global que afecta a varios países.

Para el caso de aceites y grasas se obtuvieron valores superiores al LMP (0,3 mg/l) en los efluentes de alcantarillado y camaronera y en aguas del río Chaguana, resultados que coinciden con Fernández et al. (2016) quienes en una investigación sobre los niveles de contaminación ambiental del Río Milagro encontraron valores de 0,44 mg/l tanto en aguas arriba como aguas abajo del cauce.

Los valores de coliformes fecales en los efluentes del sistema de alcantarillado se muestran con valores superiores en gran magnitud a los LMP coliformes, condición que genera una afectación a las aguas del río Chaguana, estos resultados son similares a los obtenidos por Rivera, y otros (2007) en Texcoco, quienes encontraron que los coliformes fecales se presentaron en cantidades que rebasan los límites permisibles establecidos por la norma NOM-001-SEMARNAT, que es de 1000 NMP 100 mL<sup>-1</sup>. Además, Guzmán, Palacios, Carrillo, Chávez, & Nikolskii, (2007) en esta misma cuenca, encontraron que la contaminación por coliformes fecales y parásitos del agua residual es severa, rebasando ampliamente los LMPs para aguas destinadas a riego agrícola.

Adicionalmente, Barrantes, Chacón, Solano, & Achí, (2013) en un estudio realizado durante un año, sobre la contaminación fecal en las aguas superficiales de la microcuenca del río Purires, ubicada en una zona de alta densidad poblacional en Costa Rica, obtuvieron valores de coliformes fecales en los puntos de muestreo Tablón arriba y Tablón abajo de 220 a 1.600 Número Más Probable (NMP/100 mL), lo cual indica contaminación fecal y mala calidad de las aguas, debido a que son valores superiores a lo aceptado por organismos reguladores internacionales, como la Agencia de Protección Ambiental en EEUU ( USEPA, 2017) y el Ministerio de Salud de Canadá (Health Canada) (Lèvesque & Gauvin, 2007), los cuales establecen como valores máximos 126 NMP/100 mL en el caso de USEPA y 200 NMP/100 mL, en Canadá.

El río Chaguana es afectado por el vertimiento de efluentes del sistema de alcantarillado de la parroquia Tendales con valores de DBO superiores al LMP (166,8 mg/l), lo que demuestra que son aguas residuales que no cuentan con tratamiento previo, al encontrarse altas concentraciones de materia orgánica, resultado que es similar al obtenido por Guzmán, Palacios, Carrillo, Chávez, & Nikolskii, 2007, que determinaron en su estudio que el agua residual genera altos valores de la DBO e indica que el agua residual sin tratamiento no debe utilizarse para riego, ni para el sector público urbano.

Consecuentemente, se requiere la búsqueda de soluciones que permitan mitigar las afectaciones a los cuerpos de agua, ya sea en la creación de procesos que permitan su tratamiento: en este sentido, Ramón, León, & Castillo (2015) proponen una serie de procesos encaminados al tratamiento y saneamiento de las aguas servidas para poder ser depositadas finalmente a cuerpos de agua naturales, proceso que incluye tratamientos con aserrín y la lombriz *Eisenia foetida*, en los cuales, las aguas residuales pasan de una cama de carbón activado filtrando y una cama de grava de piedra, lo que permite la oxigenación del agua a partir del goteo que se genera entre las camas. Finalmente, cabe recalcar la importancia de las

acciones colectivas como medio que permita promover la formulación de políticas públicas y la adopción de medidas para la protección del entorno natural, los derechos colectivos y fundamentales en las comunidades (Güiza, Londoño, & Rodríguez, 2015).

#### **4.2 Limitaciones**

Una de las limitaciones del estudio fue no disponer de todas los análisis de cada variable en función de la procedencia de los efluentes vertidos en las aguas del río Chaguana, debido a que la normativa vigente no los solicita de forma homogénea, es decir las bananeras tienen énfasis en cumplir las normas de calidad de gestión como es GLOBAL GAP, quienes no exigen los mismos parámetros que determina el TULSMA, de igual forma, estos análisis son validados por la autoridad ambiental competente mediante los informes de cumplimiento.

#### **4.3 Líneas de investigación:**

Estudio del fitoplancton y zooplancton en la desembocadura de río Chaguana, como indicador de la calidad que posee en función de prevenir afectaciones a la pesquería que se desarrolla en la zona.

Determinación de índices de calidad ambiental y biodegradabilidad del cuerpo hídrico del río Chaguana.

Evaluar el consumo de agua en el proceso de producción y poscosecha de las camaroneras y bananeras.

#### **4.4 Aspectos relevantes**

Comparación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de aguas del río Chaguana y los efluentes del sistema de alcantarillado, camaroneras y bananeras de la parroquia Tendales, tomando en consideración de los límites máximos permitidos por la legislación ambiental ecuatoriana.

Se efectuó comparación de las medias de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, para lo cual se utilizó el criterio de conformación de grupos, considerando las aguas del río

Chaguana y los efluentes vertidos a su cauce procedente del sistema de alcantarillado urbano, camaroneras y bananeras aledañas a la parroquia Tendeles, además se determinó si existe efecto de interacción entre los niveles del factor procedencia de agua y efluentes contaminantes y la época del año en que se tomaron las muestras.

## **CAPITULO V**

### **PROPUESTA**

En base a la presente investigación la junta parroquial de Tendales debe incorporar en el Plan de ordenamiento de desarrollo Parroquial la construcción de un sistema de tratamiento de aguas servidas.

Establecer un sistema de monitoreo a la calidad de agua del río Chaguana basados en los análisis físicos, químicos y microbiológicos, realizados en las camaroneras, bananera y por el municipio, en los planes de manejo ambiental en el área de influencia al Río Chaguana, a través de un sistema de control, elementos con lo que se podría determinar el índice de calidad ambiental y biodegradabilidad del Río Chaguana en los próximos años.

Promover un programa de educación ambiental sobre el uso responsable del agua, sensibilizando a la población sobre el valor ambiental, social y económico que se genera en este cuerpo hídrico.

A partir de los resultados de presente investigación, se deben promover estudios que posibiliten el análisis de la calidad de aguas en la desembocadura del Río Chaguana y la afectación a las especies acuáticas en las zonas pesqueras.

Establecer por parte de las autoridades de control ambiental un sistema de monitoreo que deberán hacer cumplir con los LMP de las descargas de los efluentes en el Río Chaguana.

Desarrollar inversiones que posibiliten aplicar en los efluentes vertidos por los centros urbanos, agricultura, industrias, minería, procesos de poscosecha, sistemas de tratamientos de residuales que integren procesos físicos, químicos y biológicos, haciendo énfasis en el empleo de plantas acuáticas, algunas de las cuales como, la Lenteja de agua, Azolla, y Jacinto acuático, poseen capacidad de fitorremediación.

Realizar un diagnóstico de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las microcuencas que tributan al cauce río Chaguana para establecer un índice de contaminación.

Realizar estudios para establecer bioindicadores que permitan conocer los niveles de contaminación y su afectación en los ecosistemas circundantes.

Desarrollar investigaciones relacionadas con el estado actual del fitoplancton y zooplancton del río Chaguana y su incidencia en la ruptura de cadenas tróficas en la columna de agua.

Implementar cálculos de caudales y sedimentos en diferentes épocas del año considerando los niveles de las mareas.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Las aguas del río Chaguana presentan valores superiores al LMP para las variables aceites & grasas (0,765 mg/l), SST (173,94 mg/l) y sulfuros (0,67 mg/l), lo que evidencia contaminación al cuerpo hídrico generado tanto por las descargas emitidas por los sectores productivos y el sistema de alcantarillado.

El estado actual del agua de río Chaguana presenta altas concentraciones de coliformes fecales, condición que imposibilita su uso como agua cruda ya que puede generar trastornos gastrointestinales y enfermedades en los seres humanos.

Los efluentes emitidos por el sistema de alcantarillado presentan valores de aceites & grasas (3,456 mg/l), coliformes fecales (260 millones UFC/100ml), DBO (166,79 mg/l) y DQO (255,22 mg/l), superiores a los LMP; sin embargo, para el caso de las camaroneras estos se encuentran por encima de los valores permisibles los aceites & grasas (1,256 mg/l), coliformes fecales (123 millones UFC/100ml) y tensoactivos (0,60 mg/l); mientras que, en las bananeras se presenta por encima del LMP los SST (261,5 mg/l).

La fuente contaminante más significativa del río Chaguana son los efluentes emitidos por el sistema de alcantarillado urbano, ya que el tratamiento que recibe es inadecuado pudiéndose presentar afectaciones a la pesca, acuicultura, agricultura en la zona de influencia de la parroquia Tendales.

Para el caso de los aceites & grasas y los coliformes fecales, el efecto de interacción generado por los efluentes emitidos por el sistema de alcantarillado y la época del año es significativamente diferente a las demás combinaciones, al alcanzar valores máximos de 4,31 mg/l y 519.736.666,7 UFC/ 100ml.

## RECOMENDACIONES

Las autoridades competentes al manejo de aguas residuales planifiquen la construcción de un sistema de tratamiento pertinente y efectivo que posibilite mitigar los impactos ocasionados por los efluentes del sistema de alcantarillado urbano de la parroquia Tendales.

Regular mediante los organismos de control los sistemas de descarga de los efluentes de camaroneras y bananeras con la perspectiva de llevar una data para observar el incremento de contaminación en el río Chaguana a través de análisis descritos en los planes de manejo ambiental.

Someter a análisis las afectaciones a las columnas de agua en la desembocadura del río Chaguana enfatizando los daños posibles a los Biorrecursos de la zona.

Incluir en el plan de ordenamiento territorial tanto de la parroquia Tendales como del cantón El Guabo, el monitoreo de forma permanente al río Chaguana, ya que, de continuar incrementándose el nivel de contaminación de sus aguas, situación que podría afectar la desembocadura, teniendo como consecuencia directa el sector pesquero, convirtiéndose en una problemática social y ambiental.

Realizar estudios de bioacumulación en los sedimentos del cauce del río Chaguana para determinar la biodisponibilidad de los mismos en el agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso Gatell, A., Leyva Fontes, C., & Campos Velásquez, E. (2012). Evaluación de Impacto Ambiental: herramienta en la formación ambiental del arquitecto. *Arquitectura y Urbanismo*, 38-51.
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2008). *Estadística para administración y economía*. Santa Fe: CENGAGE LEARNING. 10a. edición. ISBN-13: 978-607-481-319-7.
- Asamblea Nacional, R. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Corporación de Estudios y Publicaciones.
- Asamblea Nacional, R. (2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua*. Quito: Corporación de Estudios y Publicaciones.
- Ayres, R. M., Stott, R., Mara, D. D., & Lee, D. L. (1992). Wastewater Reuse in Agriculture and the risk of intestinal nematodes infection. *Parasitology Today* 8, 32-35.
- Barrantes, K., Chacón, L. M., Solano, M., & Achí, R. (2013). Contaminación fecal del agua superficial de la microcuenca del río Purires, Costa Rica, 2010-2011. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología. Sección Infección-Nutrición, Instituto de Investigaciones en Salud (INISA), Universidad de Costa Rica*, 40-45.
- Botero, L. (2013). Gestión Ambiental. *Investigación, Ciencia & Tecnología*, 2.
- Brown, T., Eugene, H., LeMary, B., Bursten, e., & Burdge, J. (2004). *Química la ciencia central*. Mexico: Educación PEARSON. Obtenido de [quimicafundamental.files.wordpress.com](http://quimicafundamental.files.wordpress.com).
- Celis, J., Junod, J., & Sandoval, M. (2015). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Theoria. Universidad del Bío Bío. Chillán, Chile*, 14(1), 17-25.

- Coria, I. D. (2008). Estudio de Impacto Ambientales: características y metodológicas. *INVENIO*, 126.
- Domínguez-Granda, L., Goethals, P., & De Pauw, N. (2005). Aspectos del ambiente físico-químico del río Chaguana: un primer paso en el. *Revista Tecnológica ESPOL*, 18(1), 127-134.
- Fernández, M., Fernández, T., & Solís, G. (2016). Percepción de la población sobre los niveles de contaminación ambiental del Río Milagro y grado de conocimiento preventivo social sobre el efecto de su carga contaminante. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(21), 125-134.
- Fernandez, S. (2011). Herramienta metodológica para la gestión ambiental de las aguas. *Ciencias Holguín*, 1-10.
- Figuroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality of southern Chile rivers. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76, 275-285.
- Fisher, R. (1922). On the Mathematical Foundations of Theoretical Statistics. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 222, pp. 309-368.
- Gómez, D., & Gómez, M. T. (2013). *Evaluación de Impacto ambiental* (3ra ed.). Madrid, España: Mundi - prensa. Recuperado el 21 de Abril de 2015, de <https://books.google.es/books?id=9VOuAwAAQBAJ&pg=PA742&dq=evaluaci%C3%B3n+de+Impacto+ambiental+hernandez+2004&hl=es&sa=X&ei=4Gw2VarjA86fyATKjYHwAQ&ved=0CCoQ6AEwAA#v=onepage&q=evaluaci%C3%B3n%20de%20Impacto%20ambiental%20hernandez%202004&f=false>
- Guevara, A. (1996). Análisis de las normas de control de calidad del las aguas. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031275/031275.pdf>

- Güiza, L., Londoño, B., & Rodríguez, C. D. (2015). La judicialización de los conflictos ambientales: un estudio del caso de la cuenca hidrográfica del río Bogotá (CHRB), Colombia. *Rev. Int. Contaminación y Ambiente*, 31(2), 195-209.
- Guzmán, A., Palacios, O. L., Carrillo, R., Chávez, J., & Nikolskii, I. (2007). La contaminación del agua superficial en la cuenca del río Texcoco, México. *Agrociencia*, 41(4), 385-393.
- IBM Corp. (2016). *SPSS Statistics versión 24.0.0.0 de prueba para Windows*. Barcelona: International Business Machines Corp.
- IDEAM, INVEMAR, SINCHI, IIAP, IAvH. (2016). *Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales renovables. 2015*. Bogotá, D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales. Documento Síntesis.
- Johnson, R., & Kubly, P. (2012). *Estadística Elemental*. Editorail CENGAGE LEARNING. ISBN 978-607-481-817-9.
- Lèvesque, B., & Gauvin, D. (2007). Microbiological guideline values for recreational bathing in Canada: time for change? *Can J Infect Dis Med Microbiol*. 2007, 2, 153-157.
- MADS. (2015). *Informe Nacional de Calidad Ambiental Urbana. Áreas urbanas con población superior a 500 mil habitantes, 2013*. Bogotá: M. d. ASOCARS (Ed.).
- Martínez, W. (2014). Evaluación de impactos Ambientales en Obras Viales. *Negotium*, 5-21.
- Mejía, M. (2001). PRODUCCION PRIMARIA DEL FITOPLANCTON Y ATENUACION DE LA LUZ EN EL LAGO COCIBOLCA. *Scielo*, -.
- Ministerio de Ambiente. (4 de mayo de 2015). <http://suia.ambiente.gob.ec>. Recuperado el 18 de abril de 2016, de <http://suia.ambiente.gob.ec>:  
<http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>

- Novotny, V., & Olem, H. (1994). *Water quality: prevention, identification and management of diffuse pollution*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Pedraza, B., & Yolima, A. (2010). Gestión del agua - una preocupación de las empresas ambientales responsable. *Universidad y Empresa*, 87-106.
- Pérez, C., León, F., & Delgadillo, G. (sin día de Mayo de 2013). *asesorias.cuautitlan2.unam.mx*. Recuperado el 15 de abril de 2016, de [http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/fondo\\_editorial/comite\\_editorial/manuales/tratamientodeaguas\\_manualprac.pdf](http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/fondo_editorial/comite_editorial/manuales/tratamientodeaguas_manualprac.pdf)
- Pond, K. (2005). *Water Recreation and Disease. Plausibility of Associated Infections: Acute Effects, Sequelae and Mortality*. . Published on behalf of the World Health Organization by IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street, London SW1H 0QS, UK.
- Raffo Lecca, E., & Ruiz, L. E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la. *Industrial Data*, 73-75.
- Ramón, J. A., León, J. A., & Castillo, N. (2015). Diseño de un sistema alternativo para el tratamiento de aguas residuales urbanas por medio de la técnica de lombrifiltros utilizando la especie *Eisenia foetida*. *Revista MUTIS*, 5(1), 46-54.
- Reynolds, K. A. (22 de Septiembre de 2002). <http://cidta.usal.es/>. Recuperado el 15 de marzo de 2016, de [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/documentos\\_nuevos/DeLaLaveSepOct02.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/documentos_nuevos/DeLaLaveSepOct02.pdf)
- Rivera, R., Palacios, O. L., Chavez, J., Belmont, M. A., Nikolski, I., De la Isla, M. L., . . . Carrillo, R. (2007). Contaminación por coliformes y helmintos en los ríos Texcoco, Chapingo y San Bernardino tributarios de la parte oriental de la cuenca del valle de México. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, 69-77.

- Rojas, R. (2012). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Lima, Perú: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
- Romero, M., Cruz, C., Sanchez, A., Ortíz, A., & Hernández, M. L. (15 de agosto de 2009). *www.scielo.org*. Recuperado el 15 de marzo de 2016, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992009000300004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000300004)
- Samboni, N. E., Ruiz, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista ingeniería e investigación*, 27(3), 172-181.
- Sardiñas, O., Chiroles, S., Fernández, M., Hernández, Y., & Pérez, A. (2006). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 6, 202-206.
- Serra, P. (10 de abril de 2017). <http://statistics.blogs.uv.es/>. (U. d. Valencia, Editor, & D. d. Fisioterapia, Productor) Obtenido de <http://statistics.blogs.uv.es/>: <http://statistics.blogs.uv.es/>
- Silva, J., Torres, P., & Madera, C. (sin meses de 2008). *Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura*. Recuperado el 15 de marzo de 2016, de *Agronomía Colombiana*: <http://www.redalyc.org/comocitar.ou?id=180314732020>
- Supo, J. (10 de abril de 2017). *Bioestadístico.com*. Obtenido de *Bioestadístico.com*.
- Taveras, M. (2011). *Guía para Buenas Prácticas Ambientales en Mercados y Mataderos*. República Dominicana. Recuperado el 26 de julio de 2013, de [http://www.ambiente.gob.do/cms/archivos/Guia\\_mercados\\_y\\_mataderos\\_31\\_enero.pdf](http://www.ambiente.gob.do/cms/archivos/Guia_mercados_y_mataderos_31_enero.pdf)

- Torres, A., & Acevedo, E. (2008, p.31-34). El problema de salinidad en los recursos suelo y agua que afectan el riego y cultivos en los valles de Lluta y Azapa en el norte de Chile. *Scielo-Chile*, 31-44.
- Torres, P., Cruz, P. H., & Patiño, P. .. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79-94.
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory data analysis*. Massachussets: Addison-Wesley.
- USEPA. (2017). *Recreational Water Quality Criteria*. New Yord: United States Environmental Protection Agency. Obtenido de <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/health/>
- Valbuena, D., Díaz, O., Botero, L., & Cheng, R. (2002). Detección de helmintos intestinales y bacterias indicadoras de contaminación en aguas residuales, tratadas y no tratadas. *Interciencia*, 27(12), 710-714.
- Vega, O. Y., & Bravo, B. D. (2015). Índice Ambiental de los gobiernos autónomos descentralizaos provinciales del Ecuador. *Economía*, 41.
- Vera, I., Jorquera, C., Lopez , D., & Vidal, G. (2016). Humedales cosntruidos para tratamineto y reùso de aguas servidas en Chile: reflexiones tecnologia y ciencias de el Agua. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3.