



**Diagnóstico de la contaminación de las descargas de las aguas residuales generadas en la ESPE, Sede
Santo Domingo y diseño de la planta de tratamiento**

Valdivieso Menéndez, Mariela Lizeth

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

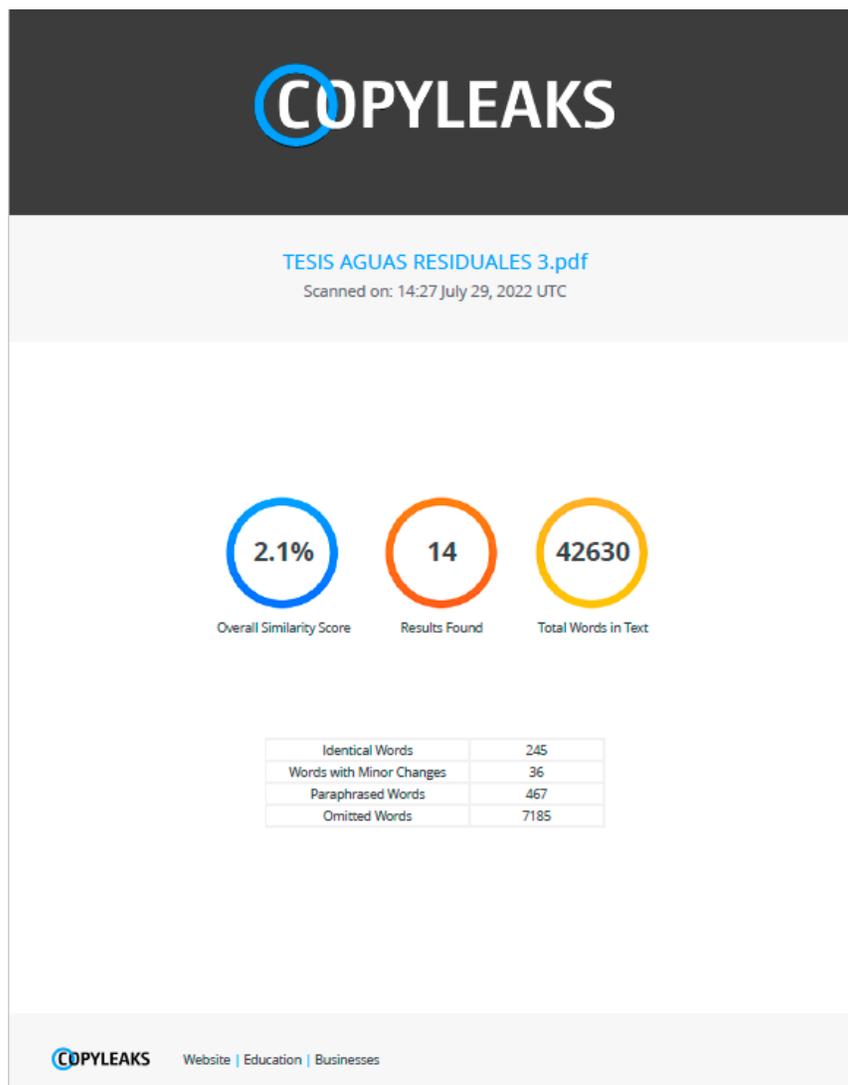
Maestría en Sistemas de Gestión Ambiental

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Sistemas de Gestión Ambiental

Dra. Naranjo Gaybor, Sandra Judith, PhD

1 de agosto del 2022

Reporte de verificación de contenido



Dra. Naranjo Gaybor, Sandra Judith., PhD

Director



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, **“Diagnóstico de la contaminación de las descargas de las aguas residuales generadas en la ESPE, Sede Santo Domingo y diseño de la planta de tratamiento”** fue realizado por la Srta. **Valdivieso Menéndez Mariela Lizeth** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 01 de agosto del 2022

Dra. Naranjo Gaybor, Sandra Judith., PhD

Director

C.C.: 1709384422



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Responsabilidad de Auditoría

Yo, **Valdivieso Menéndez Mariela Lizeth** con cédula de ciudadanía N° 1721778502, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Diagnóstico de la contaminación de las descargas de las aguas residuales generadas en la ESPE, Sede Santo Domingo y diseño de la planta de tratamiento** es de mí autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 01 de agosto del 2022

Valdivieso Menéndez Mariela Lizeth

C.C.: 1721778502



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Autorización de Publicación

Yo, **Valdivieso Menéndez Mariela Lizeth**, con cédula de ciudadanía N° 1721778502, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diagnóstico de la contaminación de las descargas de las aguas residuales generadas en la ESPE, Sede Santo Domingo y diseño de la planta de tratamiento** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 01 de agosto del 2022

Valdivieso Menéndez Mariela Lizeth

C.C.: 1721778502

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación, lo dedico a Dios, por guiarme durante mi carrera

A mis padres y a mi familia, por su apoyo incondicional

Al grupo de investigación (Docentes Investigadores y estudiantes de pregrado de la Carrera de Biotecnología), cuyo aporte y apoyo fue valioso para el desarrollo de este proyecto

Agradecimientos

A mi familia, por su apoyo incondicional

A mis amigos dentro y fuera de las aulas de clase, por toda las experiencias vividas y su apoyo incondicional.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo, en especial a su director, el Sr. Tcrn.

Jorge Fierro, por su apoyo incondicional para llevar a cabo el desarrollo del proyecto de Investigación

Al grupo de Investigación, conformado por Docentes Investigadores (Dra. Sandra Naranjo, Ing. Sandra Armijos, Dr. Fernando Hurtado) y a los Señores estudiantes de pregrado de la Carrera de Biotecnología quienes, con su conocimiento y apoyo incondicional, hicieron que esta investigación pueda llevarse a cabo

Tabla de Contenidos

Certificación	3
Responsabilidad de Auditoría	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos	7
Resumen	15
Abstract.....	16
Capítulo I: Antecedentes.....	17
Planteamiento del problema	18
Objetivos del Proyecto.....	21
Justificación, importancia y alcance del proyecto	22
Hipótesis de investigación	24
Categorización de las variables de investigación.....	24
Variable dependiente.....	24
Variable Independiente	24
Capítulo II: Marco Teórico Referencial	25
Marco Legal.....	25
Marco Epistemológico	27
Marco Conceptual.....	29
Aguas Residuales y su descarga en cuerpos de agua dulce	29
Composición de las aguas residuales.....	30
Organismos patógenos en las aguas residuales urbanas	36
Evaluación de Impacto Ambiental	37
Diagnóstico de cumplimiento ambiental- Línea Base del Área de Estudio	38

Tratamiento de Aguas Residuales.....	47
Capítulo III: Materiales y Métodos.....	54
Área de Estudio	54
Diseño de la Investigación	55
Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las Aguas Residuales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo.....	63
Evaluación de impactos ambientales.....	66
Diagnóstico de cumplimiento ambiental	73
Tratamiento de las Aguas Residuales generadas en la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe- Sede Santo Domingo.....	76
Localización de la Planta de Tratamiento y del Biorreactor	77
Diagrama de los Procesos de Tratamiento de Aguas Residuales	78
Capítulo IV: Resultados y Discusión	117
Análisis de aguas residuales.....	117
Evaluación de impactos ambientales.....	126
Diagnóstico Ambiental- Línea Base del Área de Estudio	139
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	172
Dimensionamiento biorreactores.....	175
Capítulo V: Conclusiones.....	178
Capítulo VI: Recomendaciones	182
Capítulo V: Referencias Bibliográficas	183
Apéndice	212

Índice de tablas

Tabla 1 Total, de pozos sépticos, cajas de revisión y biorreactores que cuenta la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE SD	20
Tabla 2 Aves en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas	44
Tabla 3 Etapas para un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	48
Tabla 4 <i>Tabla de clasificación de los tipos de membrana</i>	51
Tabla 5 Matriz de variables de calificaciones	70
Tabla 6 Matriz de valoración de importancia del impacto	72
Tabla 7 Matriz de valoración de la magnitud del impacto	72
Tabla 8 <i>Matriz de valoración de importancia del impacto</i>	73
Tabla 9 Matriz de reporte de identificación de hallazgos	74
Tabla 10 Simbología para identificación de los criterios de evaluación	75
Tabla 11 <i>Tabla de relación del cumplimiento</i>	75
Tabla 12 Formato de reporte de hallazgos	76
Tabla 13 Caracterización de las aguas residuales de la ESPE Sede Santo Domingo	80
Tabla 14 Características dimensionales del Tamiz Estático según las condiciones de caudal	84
Tabla 15 <i>Criterio de diseño de desarenadores</i>	85
Tabla 16 Criterio de diseño para decantadores primarios	89
Tabla 17 Criterios de diseño para un floculador hidráulico de flujo horizontal	96
Tabla 18 Dimensiones específicas para cada tipo de pantalla	97
Tabla 19 Parámetros de diseño de floculadores hidráulicos	98
Tabla 20 Dosis de cloro, según el tipo de efluente a tratar	106
Tabla 21 <i>Características del agua residual de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Santo Domingo</i>	111

Tabla 22 Tabla de distribución de descarga de aguas residuales en la ESPE Sede Santo Domingo	117
Tabla 23 Datos obtenidos, análisis microbiológico de los puntos de descarga.....	118
Tabla 24 Comparación entre límite máximo permisible del TULSMA para descarga en cuerpos de agua dulce y los resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados para las aguas residuales en los puntos de descarga.....	120
Tabla 25 Parámetros adicionales que se analizaron en las aguas residuales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo.....	123
Tabla 26 Matriz de identificación de Impactos Ambientales	126
Tabla 27 Matriz de calificaciones de Identificación de Impactos Ambientales del componente agua....	128
Tabla 28 Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la importancia del impacto	128
Tabla 29 Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la magnitud del impacto.....	129
Tabla 30 Matriz de valoración de importancia del impacto para el componente agua.....	129
Tabla 31 Matriz de calificaciones de Identificación de Impactos Ambientales del componente aire	130
Tabla 32 <i>Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la importancia del impacto</i>	130
Tabla 33 Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la magnitud del impacto.....	131
Tabla 34 Matriz de valoración de importancia del impacto para el componente aire	131
Tabla 35 Matriz de calificaciones de Identificación de Impactos Ambientales del componente suelo ...	132
Tabla 36 Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la importancia del impacto.....	132
Tabla 37 Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la magnitud del impacto.....	133
Tabla 38 Matriz de valoración de importancia del impacto para el componente suelo.....	133
Tabla 39 Matriz de calificaciones de Identificación de Impactos Ambientales del componente salud ...	134
Tabla 40 Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la importancia del impacto.....	135
Tabla 41 Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la magnitud del impacto.....	135
Tabla 42 Matriz de valoración de importancia del impacto para el componente salud.....	135

Tabla 43 Matriz de calificaciones de Identificación de Impactos Ambientales del componente flora y fauna	136
Tabla 44 Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la importancia del impacto	137
Tabla 45 Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la magnitud del impacto	137
Tabla 46 Matriz de valoración de importancia del impacto para el componente flora y fauna	138
Tabla 47 Matriz de reporte de identificación de hallazgos	139
Tabla 48 Evaluación de criterios	145
Tabla 49 Tabla de relación del cumplimiento.....	146
Tabla 50 Formato de reporte de hallazgos.....	146
Tabla 51 Resultados de los análisis realizados al cuerpo de agua dulce, 100 metros antes y 100 metros después de la descarga	149
Tabla 52 Listado florístico de la vegetación ribereña de los riachuelos de UFA ESPE.....	154
Tabla 53 Índice de valor de importancia (IVI) de las especies encontradas en la UFA ESPE.....	159
Tabla 54 Lista de animales de Mastofauna reportada bibliográficamente en los Hábitats Fragmentados de Santo Domingo de los Tsáchilas.....	161
Tabla 55 Chirópteros encontrados en monocultivos y policultivos en la Finca Fundo del Guanábano, Puerto Quito, Pichincha	166
Tabla 56 Órdenes, familias y especies de peces de aguas continentales de la provincia de Los Ríos.	169
Tabla 57 Percepción social en Área de Influencia Social Directa.....	171
Tabla 58 Impacto sobre el Área de Influencia Social Directa e indirecta	172
Tabla 59 Dimensionamiento de las unidades propuestas en la Planta de Tratamiento	173
Tabla 60 Tabla de resultados del dimensionamiento del reactor	175

Índice de figuras

Figura 1 Biodigestores	21
Figura 2 Muestras de aguas residuales ESPE-SD	21
Figura 3 Mapa de los tipos de suelo que se encuentran en la Parroquia Luz de América	40
Figura 4 Mapa de uso de suelo de la Parroquia Luz de América	41
Figura 5 Mapa Hidrológico de la Parroquia Luz de América	42
Figura 6 Tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>) capturada en el río Santiago, sector Maldonado, provincia de Esmeraldas en diciembre de 2013.	47
Figura 7 <i>Mapa Político Administrativo Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo</i> 54	54
Figura 8 Mapa Hidrográfico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo	55
Figura 9 Mapa de microcuencas ESPE Santo Domingo	57
Figura 10 Mapa del clima Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Santo Domingo	58
Figura 11 Mapa de suelo ESPE Santo Domingo	58
Figura 12 Mapa de la geomorfología ESPE Sede Santo Domingo.....	59
Figura 13 Mapa de Comunidades y Pueblos Santo Domingo.....	60
Figura 14 Mapa Político Administrativo ESPE Santo Domingo	60
Figura 15 Fotos de la ESPE Sede Santo Domingo. Ubicación de la zona de estudio en la UFA ESPE.	61
Figura 16 <i>Zona de muestreo</i>	62
Figura 17 Recolección e identificación del material vegetal	62
Figura 18 Descarga de aguas residuales – Área de porcinos.....	64
Figura 19 Descarga de aguas residuales – Área de ganadería.....	64
Figura 20 Descarga de aguas residuales – Zona A1 Edificio Administrativo- Biodigestores.....	65
Figura 21 Toma de muestras, siembra, aislamiento e identificación de microorganismos (hongos y bacterias patógenos)	66

Figura 22 Macro localización donde podría ser ubicada la Planta de Tratamiento ESPE Sede Santo Domingo.....	77
Figura 23 Representación gráfica de la Planta de Tratamiento en la ESPE Sede Santo Domingo	81
Figura 24 <i>Diagrama de flujo de la Planta de Tratamiento</i>	82
Figura 25 Diagrama del Tamiz Estático	83
Figura 26 Proceso de desinfección	107
Figura 27 Diagrama del proceso con biorreactor de membrana.....	110
Figura 28 Diagrama de flujo del biorreactor de Membrana.....	111
Figura 29 Análisis Microbiológico en cajas petrifilm	118
Figura 30 Vista macro y microscópica de hongos identificados en los puntos de descarga de aguas residuales	119
Figura 31 <i>Cuencas hidrográficas Luz de América</i>	151
Figura 32 Clima Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Santo Domingo.....	152
Figura 33 Mapa de suelos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo	153
Figura 34 <i>Distribución de individuos en función de la altura</i>	156
Figura 35 <i>Estratificación vertical de la vegetación ribereña en la UFA ESPE</i>	157
Figura 36 Distribución diamétrica de la vegetación ribereña en la UFA ESPE.....	157
Figura 37 Estratificación horizontal de la vegetación ribereña en la UFAESPE	158
Figura 38 Diversidad de órdenes, familias y especies en áreas alteradas de Santo Domingo de los Tsáchilas.	160
Figura 39 Área de estudio. a) Ubicación de Santo Domingo de los Tsáchilas en el Ecuador. b) Detalle de las parroquias rurales en las cuales se realizó el estudio (El Esfuerzo, Santa María del Toachi, Luz de América).....	161
Figura 40 Percepción dadas a las aves por los finqueros de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador..	168

Resumen

En el Ecuador la contaminación de los ríos por el mal manejo de las cuencas hídricas es un tema que genera preocupación, debido a que, en la mayor parte de zonas rurales del país, no existe un adecuado manejo en el Tratamiento de Aguas Residuales, generando contaminación por descarga de efluentes como aguas grises y negras, domésticas, industriales agropecuarios y desechos sólidos, a los cuerpos de agua (ríos y quebrada). La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo no cuenta con un buen sistema de tratamiento de aguas residuales, siendo descargadas de varias formas: a pozos sépticos, cajas de revisión y dos biodigestores; se han identificado tres puntos de descarga de efluentes, ubicados en el área porcina, ganadería y edificio administrativo; por lo que el presente trabajo de investigación tiene como objetivo diagnosticar la contaminación de las descargas de las aguas residuales generadas en la ESPE Sede Santo Domingo y diseñar una planta de tratamiento para aguas residuales. Las aguas residuales presentes en la SEDE no cuentan con un manejo adecuado para su descarga; además, una de las características más significativas es la presencia de microorganismos patógenos: coliformes totales y *E. coli*, descargadas a los cuerpos de agua dulce. Es necesario un mejoramiento en el sistema de aguas residuales que cumplan con la normativa ambiental que regula la descarga en cuerpos de agua dulce en beneficio de la comunidad universitaria y comunidades aledañas mediante el análisis fisicoquímico y microbiológico de los efluentes para poder identificar los contaminantes descargados en los cuerpos de agua dulce. Los resultados obtenidos fueron comparados con la normativa legal vigente, determinándose que éstos no cumplen con los parámetros de calidad para descargas en cuerpos de agua dulce; además, se identificó los posibles impactos ambientales, para establecer los factores que afectan el ecosistema; finalmente, se presentó dos propuestas para el tratamiento de aguas residuales cómo biorreactores de membrana de ultrafiltración y una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Palabras claves: Aguas residuales, evaluación de impacto ambiental, diagnóstico ambiental, Tratamiento de aguas residuales

Abstract

In Ecuador, the contamination of rivers due to poor management of water basins is an issue that generates concern, due to the fact that, in most rural areas of the country, there is no adequate management of Wastewater Treatment, generating contamination due to the discharge of effluents such as gray and black water, domestic, industrial, agricultural and solid waste, to bodies of water (rivers and streams). The University of the Armed Forces ESPE- Santo Domingo Headquarters does not have a good wastewater treatment system, being discharged in various ways: to septic tanks, inspection boxes and two biodigesters; three effluent discharge points have been identified, located in the pig area, livestock and administrative building; Therefore, this research work aims to diagnose the contamination of wastewater discharges generated at the ESPE Headquarters Santo Domingo and design a treatment plant for wastewater. The wastewater present in the SEDE does not have adequate management for its discharge; In addition, one of the most significant characteristics is the presence of pathogenic microorganisms: total coliforms and E. coli, discharged into freshwater bodies; An improvement in the wastewater system is necessary, so that they comply with the environmental regulations that regulate the discharge into freshwater bodies for the benefit of the university community and surrounding communities through the physicochemical and microbiological analysis of the effluents to be able to identify the contaminants. discharged into freshwater bodies. The results obtained were compared with the current legal regulations, determining that they do not meet the quality parameters for discharges into freshwater bodies; In addition, the possible environmental impacts were identified, to establish the factors that affect the ecosystem; Finally, two proposals were presented for the treatment of wastewater, such as ultrafiltration membrane bioreactors and a Wastewater Treatment Plant.

Keywords: Wastewater, environmental impact assessment, environmental diagnosis, wastewater treatment

Capítulo I: Antecedentes

Las aguas residuales contienen materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos (Díaz-Cuenca, Alavarado-Granados, & Camacho-Calzada, 2012); además de protozoos y bacterias causantes de enfermedades como: diarrea y gastroenteritis (que puede ser la causa de muerte en el mundo y en la región latinoamericana). En el Ecuador, el 61,86% de los GADs Municipales realizan tratamiento de aguas residuales, mientras que, el 38,14% no realiza este procedimiento (INEC, 2016).

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE tiene 100 años de historia, es una Institución de Educación Superior que aporta al desarrollo académico del Ecuador, cuenta con dos SEDES, una de las cuales se ubica en la Ciudad de Santo Domingo (localizada en la Hcda. Zoila Luz, Vía Santo Domingo – Quevedo Km. 24 Santo Domingo – Ecuador a 1 km de la Parroquia Luz de América), la institución se debe fundamentalmente a la sociedad; a ella orienta su esfuerzo, contribuyendo a su desarrollo; fomentando una formación profesional que comprenda y respete los derechos fundamentales del ser humano, la naturaleza y el uso sostenible de sus recursos, en búsqueda del bien común. La institución cuenta con recursos naturales propios de la zona, uno de los cuales, son los cuerpos de agua dulce, que cruzan por la Universidad, por lo que las aguas residuales deben cumplir con parámetros establecidos según la Normativa.

Debido al desarrollo de actividades académicas, administrativas y agropecuarias, la Universidad genera un volumen de agua no tratada que se descarga a los cuerpos hídricos que atraviesan la Sede, lo que hace necesario proponer e implementar alternativas que den solución a problemas de interés público en las zonas de influencia, en éste contexto, las aguas residuales que se producen en la Universidad, constituyen un elemento importante para determinar la calidad del agua y la contaminación en los cuerpos hídricos, mediante aspectos físicos como el color y la presencia de microorganismos patógenos, por lo que el determinar la carga contaminante de las aguas residuales descargadas a cuerpo hídrico (río Ila que atraviesa la Sede) en la ESPE Sede Santo Domingo, permitirá

realizar una evaluación del estado en el que se encuentran las aguas residuales y con ésta información, presentar una propuesta de dimensionamiento de los reactores para el tratamiento de las aguas residuales, con la finalidad de disminuir la carga contaminante emitida hacia los cuerpos de agua.

Planteamiento del problema

En el Ecuador, entre el 10 y 25 % de las aguas residuales reciben tratamiento como efluentes domésticos (Velasco, Moncayo, & Chuquer, 2019), las mismas que se descargan a cuerpos de agua; razón por la que los volúmenes de descargas provenientes de desechos líquidos y sólidos producto del crecimiento poblacional y la actividad industrial han aumentado considerablemente (López, 2011). Ecuador cuenta con 215 municipios, de los cuales, el 62% trata el agua residual; según mencionan (Peña, Mayorga, & Montoya, 2018) en lo que respecta a nivel regional del país, el 50% del total de las plantas de tratamiento se encuentran en la sierra; la región costa el 31%; el 18.5% en la región amazónica y el 0,5% restante en la región insular.

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo es una institución de Educación Superior localizada en la Hcda Zoila Luz, Vía Santo Domingo – Quevedo Km. 24 Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador, la institución se debe fundamentalmente a la sociedad; a ella orienta su esfuerzo, contribuyendo a su desarrollo; fomentando una formación profesional de los jóvenes que comprendan y respeten los derechos fundamentales del ser humano, la naturaleza y el uso sostenible de sus recursos, en búsqueda del bien común. La institución está constituida por recursos naturales, uno de ellos son los cuerpos de agua dulce, que cruzan por la universidad, por lo que las aguas residuales que se descargan deben cumplir con parámetros establecidos según la Norma de Calidad Ambiental (Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua, 2015).

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo, se encuentra acreditada, cuenta con tres programas de grado; con más de 850 estudiantes y 130 trabajadores, distribuidos entre

personal docente, personal de apoyo académico, administrativo, militar y personal de campo, pese a ello, la Universidad no cuenta con un buen sistema de tratamiento de aguas residuales, las mismas que son descargadas de varias formas a pozos sépticos, cajas de revisión y dos biodigestores, con un total aproximado de 60 puntos de evacuación, que se estima generan 188 m³ de aguas residuales cuya descarga se considera es a los cuerpos de agua dulce, sobre todo las aguas que se generan en el área de ganadería, porcinos, peces y biodigestores ubicados en la parte posterior de los Laboratorios de la Fase 1A de la Sede (Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Santo Domingo, 2019) (ver apéndice 1). En análisis previos realizados por parte del grupo de investigación, las aguas residuales contendrían aproximadamente: *E. coli* 4000NMP/100 mL y coliformes 20000NMP/100 ml, lo que podría generar contaminación de los ríos que atraviesan la Universidad y a las comunidades aledañas, como se muestra en la figura 1 y figura 2, donde se evidencia la contaminación producida por las aguas residuales de la Sede (Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Santo Domingo, 2019).

En estudios previos realizados para determinar la afectación de las aguas residuales vertidas, se encontró un alto porcentaje de *E. coli.*, además de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en las aguas residuales producidas en la sede. Como es de suponer las aguas residuales producidas en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo, constituyen un factor a considerar cómo posible contaminante de los cuerpos hídricos.

Tabla 1

Total de pozos sépticos, cajas de revisión y biorreactores que cuenta la Universidad de las Fuerzas

Armadas ESPE SD

Ítem	Descripción	Presentación/ Dimensiones	Cantidad
		Aprox. m ³	
1	Pozo Séptico- Cancha de césped- Antiguas Instalaciones del km24	3x3x3	1
2	Pozo Séptico- Detrás de la bodega- Antiguas Instalaciones del km24	2x3x3	1
3	Pozo Séptico- Lado de la Vía- Posterior Lateral Archivo Km24	3x3x3	1
4	Pozo Séptico- Junto a Corral- Área de Ganadería	2x3x3	1
5	Cajas de revisión km24 instalaciones antiguas- área del comedor	Cajas de revisión	6
6	Cajas de revisión km24 instalaciones antiguas- área de la residencia	Cajas de revisión	21
7	Pozo séptico en potrero- área de ganadería	3x2x2	1
8	Pozo séptico en potrero- área de chancheras	2m3	2
9	Biodigestor- Edificio km24	25m3	2
10	Pozo Séptico Garita- km24	3x3x3	1
11	Cajas de revisión km24- área administrativa	Cajas de revisión	12
12	Cajas de revisión km24 - área de archivo y ganadería	Cajas de revisión	11

TOTAL

Nota. La tabla representa la cantidad de pozos sépticos, cajas de revisión y biodigestores donde se descargan las aguas residuales producidas en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo. Recuperado de datos internos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo, 2019

Figura 1*Biodigestores***Figura 2***Muestras de aguas residuales ESPE-SD*

Nota. Las figuras representan las aguas residuales provenientes de los biodigestores del Edificio Administrativo que se generan en al ESPE Sede Santo Domingo

Objetivos del Proyecto**Objetivo general del proyecto**

Diagnosticar la contaminación de las descargas de las aguas residuales generadas en la ESPE Sede Santo Domingo y diseño de planta de tratamiento.

Objetivos específicos del proyecto

- Determinar la calidad de aguas para la búsqueda de métodos de disminución de la carga contaminante
- Caracterizar las aguas residuales mediante el análisis fisicoquímico y microbiológico
- Establecer un diagnóstico ambiental de la contaminación provocada por las aguas residuales

- Propuesta de dimensionamiento de los reactores para el tratamiento de las aguas residuales

Justificación, importancia y alcance del proyecto

Existen diferentes actividades, que influyen en el ciclo hidrológico del agua, de las cuales algunas pueden originar contaminación, que puede provenir de las aguas residuales de las ciudades o de las actividades comunes como la agricultura (ENCA, 2016).

La falta de plantas de tratamiento para mitigar la contaminación producida por las aguas residuales en las ciudades y en las industrias, provenientes de la actividad hotelera, explotación minera, agrícola y ganadera, ocasiona residuos de aguas contaminadas que afectan al medio ambiente. Estas aguas son descargadas en los ríos, lagos, mares, en los suelos a cielo abierto o en el subsuelo, a través de pozos sépticos y rellenos sanitarios (Rodríguez, 2017). En las zonas rurales de nuestro país, alrededor del 53,07 % tienen un proceso de saneamiento del agua, por consiguiente, muy pocas ciudades tienen tratamiento adecuado de aguas residuales, lo que permite concluir que el resto se vierte directamente a los cauces naturales (ENCA, 2016). Este hecho se puede evidenciar en nuestra Sede y sus alrededores, donde no existe una planta de tratamiento de aguas residuales y cuyas descargas se dirigen hacia los cuerpos hídricos en unos casos y a biodigestores en otros casos.

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo, es una unidad educativa con cerca de 1000 personas vinculadas con la institución, que incluye docentes, estudiantes, personal militar, administrativo y personal de campo; la ESPE, cuenta con los servicios básicos para el desarrollo de las actividades que realiza la universidad, además, cuenta con 14 laboratorios del Departamento de Ciencias de la Vida, donde funcionan las Carreras de Biotecnología e Ingeniería Agropecuaria, los mismos que prestan servicios durante los 5 días a la semana, por 8 horas diarias. Bajo este escenario y considerando la frecuencia con la que se utilizan los servicios sanitarios, la producción de aguas no tratadas provenientes tanto de aguas domésticas (desechos del metabolismo humano) como de los laboratorios de Ciencias de la Vida, aumenta, sin embargo, no se cuenta con información precisa que

permita determinar el nivel de contaminación que produce la SEDE; por este motivo se ha planteado la necesidad de realizar esta investigación con la finalidad de determinar la carga contaminante de las aguas residuales descargadas a cuerpo hídrico en la ESPE Sede Santo Domingo, plantear el diseño de una planta de tratamiento; y presentación del Estudio de Impacto Ambiental.

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo, no cuenta con un plan de manejo de aguas residuales para descargar a los cuerpos de agua dulce, por lo que podría estar alterando el ecosistema natural, debido a que la evacuación de las cajas de revisión se realiza cada 5 ó 6 meses. La Universidad posee alrededor de 60 puntos de concentración de aguas residuales que incluye: pozos sépticos, cajas de revisión y 2 biodigestores, como se puede evidenciar en la figura 2. En vista de la potencial contaminación que se provoca en los cuerpos de agua, es importante tratar las aguas residuales antes de su descarga y realizar un estudio de impacto ambiental (EIA) para determinar el posible daño ambiental que sufre el ecosistema y que podría afectar a las comunidades aledañas, además, cabe mencionar que, la mala calidad del agua puede ocasionar problemas en la salud humana (ENCA, 2016). La falta de una Planta de Tratamiento de aguas residuales urbanas hace que se produzca contaminación en el río, y sus alrededores (Solano- Arce, 2011) y (Baquerizo- Cabrera, Acuña- Cumba, & Solis-Castro, 2019), además de acumular patógenos, que en lo posterior puede provocar enfermedades en la comunidad universitaria. Con la información que se pueda obtener de este estudio, se pretende dimensionar una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para la Sede. “Las PTAR tienen como principal característica que, permite obtener a eficiencias altas de remoción de carga orgánica, disminuyen las emisiones de gases efecto invernadero que se presentarán en las fases de proceso de tratamiento de aguas residuales” (Cristancho, Gámez, & Guerra, 2018).

En el alcance del proyecto se propone una alternativa viable para el tratamiento de aguas residuales, una de ellas es el Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Hipótesis de investigación

Cuando se realice el diagnóstico de la contaminación de las descargas de las aguas residuales generadas en la ESPE Sede Santo Domingo, permitirá determinar la carga contaminante en los cuerpos hídricos y proponer métodos de mejora de la calidad del agua de descarga.

Las descargas de agua residual emitidas por la ESPE Sede Santo Domingo se encuentran por debajo de los parámetros permitidos por la normativa nacional

Categorización de las variables de investigación**Variable dependiente:**

La variable dependiente constituye los parámetros físicos, químicos y microbiológicos analizados de los contaminantes que se descargan al cuerpo de agua dulce que cruza la Universidad, que influyen en la calidad del agua

Variable Independiente:

La variable independiente constituye los parámetros físicos, químicos y microbiológicos analizados de los contaminantes que se descargan al cuerpo de agua dulce que cruza la Universidad, que no influyen en la calidad del agua

Capítulo II: Marco Teórico Referencial

Marco Legal

De conformidad con lo establecido en los requerimientos, referentes a aguas residuales, a continuación, se desarrolla el marco legal ambiental que tendría vinculación con el desarrollo del proyecto, en donde se hace referencia a los aspectos jurídicos como normativa legal vigente.

- **Constitución de la República del Ecuador** (Constitución Política del Ecuador, 2008): La Constitución de la República del Ecuador, establece en su artículo 264, en el literal 4, las competencias de los gobiernos municipales, donde menciona que los gobiernos municipales tienen las competencias de prestar los servicios de: agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos y actividades de saneamiento ambiental.

En el año 2020, en la Parroquia Luz de América, se implementó un Sistema Complementario de Tratamiento de Aguas Residuales para evitar descargas orgánicas en el río Pupipe (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2020); sin embargo, el sistema de tratamiento de aguas negras y residuales es deficiente en esta Parroquia, debido que las comunidades no disponen de servicios básicos de saneamiento haciendo que las descargas de aguas negras y desechos Industriales sean eliminados directo a los ríos generando un grave impacto ambiental (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América, 2019); además, al unirse con las descargas generadas en la Universidad, provocarían alteraciones en los cuerpos hídricos.

De igual forma, esta investigación se basa en el artículo 387 de la Constitución (Constitución Política del Ecuador, 2008), el mismo que en su numeral 2 expresa que el Estado debe promover la generación y producción de conocimiento, fomentar la investigación científica y tecnológica, y potenciar los saberes ancestrales, para así contribuir a la realización del buen vivir, al *sumak kawsay*.

- **Reglamento al Código Orgánico Ambiental** (Código Orgánico Ambiental, 2017): El código Orgánico Ambiental, en su artículo 196, establece que los Gobiernos Autónomos Descentralizados

Municipales deben contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. De igual manera, se insta a utilizar las aguas residuales para su reutilización, cumpliendo con niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Además, su tratamiento debe hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre.

- **Ley Orgánica de los Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua** (Ley Orgánica de los Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua, 2014): La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, en su art 79, expresa que la Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, deben trabajar para garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o *sumak kawsay*, así mismo, prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas; además deben prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida y evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico.

- **Acuerdo Ministerial 061 Reforma al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria** (Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua, 2015): Esta ley, en su art. 211, establece que: La Autoridad Ambiental Competente en coordinación con la Agencia de Regulación y Control del Agua, deben verificar el cumplimiento de las normas técnicas en las descargas provenientes de los sistemas de tratamiento implementados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

- **Acuerdo Ministerial No 097 del Ministerio de Ambiente, Anexo 1 Norma de Calidad Ambiental y Descarga de efluentes** (Acuerdo Ministerial 097 Libro VI Anexo 1, 2015). Esta normativa prohíbe que se descarguen residuos líquidos a la vía pública, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas; sin embargo, la Entidad Ambiental de Control, permite la descarga de aguas residuales a sistemas de recolección de aguas lluvias, siempre que cumplan con las normas de descarga a cuerpos de agua, las que no cumplan con los parámetros establecidos de descarga deben ser tratadas mediante tratamiento convencional.

- **Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169 Calidad de agua. Muestreo, Manejo y Conservación de muestras.** (INEN, 2013) Esta norma, en su literal 3.13.2.1, muestra una guía general para la conservación de muestras. Debido a la heterogeneidad de las aguas naturales y de las aguas residuales, estas necesitan, antes del análisis, un tratamiento de acuerdo con lo establecido en la norma INEN.

- **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176 Calidad de agua. Técnicas de muestreo,** (NTE INEN 2176, 2013) las mismas que explican que las muestras se deben recoger en botellas plásticas, previamente lavadas con detergente y enjuagadas con agua destilada y ácido nítrico diluido (1: 1)

- **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2226 Calidad de agua. Diseños de programas de muestreo,** (INEN, 2013) Esta norma, indica que el caudal permite evaluar las cargas de contaminantes que se encuentran en una planta de tratamiento. En un sistema de aguas residuales se necesita hacer esta medición junto a los puntos de descarga, así como durante el trabajo mismo. Si las aguas de desecho a ser tratadas varían en cantidad o calidad con el tiempo, se debe registrar el caudal continuo de carga. El costo del tratamiento de las descargas de efluentes a las alcantarillas públicas está relacionado con la calidad y el volumen del efluente descargado.

Marco Epistemológico

Según el Banco Mundial, más de 300 millones de habitantes de ciudades en Latinoamérica producen 225,000 toneladas de residuos sólidos cada día; sin embargo, menos del 5% de las aguas de

alcantarillado de las ciudades reciben tratamiento. Las aguas negras son vertidas en aguas superficiales, creando riesgo para la salud humana, los ecosistemas y los animales (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2017); para mejorar las condiciones de salud y saneamiento en las regiones en vías de desarrollo, se necesitan plantas de tratamiento eficientes para el manejo de agua potable y aguas residuales (Reynolds, 2002).

“Según datos de la Secretaría del Agua (Senagua), del 100% del líquido vital distribuido para consumo humano en Ecuador, el 70% se dirige a los sistemas de alcantarillado, de este porcentaje el 55,8% de las descargas son tratadas, lo que significa que el otro 44,2% de aguas residuales se descargan en forma directa hacia pozos sépticos o canales” (Chávez Solutions, Laboratorio Ambiental Alimentos y Consultoría, 2020). Según (INEC, 2015), en Ecuador, el 61,9% de los Municipios realizan tratamiento de las aguas residuales, encontrándose que el 49,9% (210 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales) de la región sierra, trata aguas residuales.

Para las comunidades Tsáchilas, los ríos son parte de cultura y hábitat, desde tiempos ancestrales éstos han sido un espacio de recreación, fuente de alimentación, de encuentro, de uso cotidiano. Sin embargo, en la actualidad, los dueños originarios de ese territorio se encuentran privados de su uso, debido a afectaciones: culturales, económicas, cotidianas y de salud. Para el caso de las actividades culturales, se considera a la pesca una de sus actividades fundamentales para su subsistencia, sin embargo, debido a la contaminación de los ríos, esta actividad se encuentra limitada. En el caso de las actividades económicas, afecta en la pesca y al riego de los cultivos, debido que el agua de río los pudre y, emana olores fuertes debido a la contaminación de los cauces, afectando el turismo comunitario. Las actividades cotidianas, se ven afectadas, debido a la emanación de olores que perjudican a los moradores que se encuentran en las viviendas aledañas, alterando su calidad de vida y al medio ambiente. (Bonilla, Durán, Bayón, & Abad, 2020).

En los años 2013 y 2014, se determinó, que aproximadamente 30 ríos de la provincia de los Tsáchilas, se encuentran contaminados, información que fue confirmada mediante un análisis del Ministerio del Ambiente, lo cual afecta especialmente a la población Tsáchila, debido al contacto directo de la contaminación con las comunas. Los estudios realizados por el MAE confirmaron que en sus aguas existen 19 agentes químicos, como: aceites, grasas, hierro, amoníaco, zinc, aluminio, arsénico, bario, cobre y coliformes fecales (Bonilla, Durán, Bayón, & Abad, 2020).

La Parroquia Luz de América, cuenta con suficiente caudal de agua, sin embargo, existe falta de abastecimiento por deficiente administración del recurso (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América, 2019). Otro factor relacionado es la deforestación que ocasiona la disminución de los caudales hídricos. La parroquia no cuenta con fuentes hídricas para consumo humano propias, no se realiza ningún tratamiento de aguas negras y residuales, las comunidades no disponen de servicios básicos de saneamiento y las descargas de aguas negras y desechos industriales van directo a los ríos, lo que genera un grave impacto ambiental (B & G Consultores, 2015). La ausencia de tratamiento de aguas residuales, genera problemas ambientales relacionados con eutrofización, toxicidad, disminución de la biodiversidad y pérdida de la calidad de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas; así como efectos generados por escorrentía donde el suelo pierde su capacidad agronómica, además de la generación de lixiviados que se dirigen hacia las aguas subterráneas (García-Toscano, 2018)

Marco Conceptual

Aguas Residuales y su descarga en cuerpos de agua dulce

La disponibilidad de los recursos hídricos está ligada a la calidad del agua, sin embargo, la contaminación que existe en las aguas superficiales y subterráneas, hacen que estas aguas sean de difícil utilización sin tener un tratamiento previo. Las actividades humanas y producción industrial son fuente de contaminación física, química y biológica, que afecta directamente a la calidad del agua, y al no ser

tratadas, trae consigo consecuencias para la salud humana. La presencia de coliformes son indicadores de la presencia de patógenos en el agua, siendo un factor que permite determinar la contaminación del agua (CEPAL, 1990).

La normativa ambiental vigente del TULSMA, establece límites permisibles de descarga en cuerpos de agua dulce, como se indica en el apéndice 1. La falta de tratamiento de aguas residuales genera una alteración en las características de los sistemas hídricos como cambio en el contenido y composición de sales, materia orgánica, variación en la temperatura, color, turbidez, pH (Pérez, 2018).

Caudal: Los caudales mínimos se consideran en las primeras horas de la mañana, entre las 2:00 y las 5:30h, durante dichas horas el consumo es mínimo y pequeñas cantidades de agua residual. El caudal máximo puede presentarse entre las 7:00 y las 10:00 h; existe, además, un segundo caudal máximo entre las 15:00 y las 16:00 h. Entre las 7:00 y las 19:00 el caudal de las aguas residuales es mayor que el caudal promedio y durante la noche, es menor que el promedio (León, 2015).

Las características químicas de las aguas residuales se encuentran definidas por componentes orgánicos (origen animal o vegetal, que permiten el desarrollo de los microorganismos que cierran los ciclos bioquímicos del carbono, nitrógeno, fósforo o azufre), inorgánicos (minerales, arcillas, lodos arenas, gravas, sulfatos y carbonatos) y gaseosos (oxígeno disuelto, ácido sulfúrico, anhídrido carbónico, metano y otros gases). Los organismos vivos con alta capacidad metabólica cuentan con un gran potencial para descomponer y degradar la materia orgánica e inorgánica; de ellos, los principales que se encuentran en las aguas residuales urbanas son: algas, mohos, bacterias, virus, flagelados, ciliados, rotíferos, nemátodos, anélidos y larvas (Déniz, 2010).

Composición de las aguas residuales

Los contaminantes de las aguas residuales son una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos (Muñoz, 2008); el determinar la composición de las aguas residuales o caracterizarlas, constituyen un proceso integrado de toma de muestras, medición de caudal e identificación de los

componentes físico, químico, biológico y microbiológico (León, 2015). Para determinar la composición de las aguas residuales se emplean parámetros que permiten cuantificar los contaminantes, como (Déniz, 2010):

Características físicas, químicas y microbiológicas

- **Color:** Esta propiedad es determinada por las sustancias naturales presentes en el agua residual; generalmente, el color del agua, es debido a la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución, además de desechos orgánicos, hojas, taninos y residuos industriales. Para la remoción de partículas coloidales es necesario la utilización de un coagulante (Muñoz, 2008). Para la determinación del color una de las metodologías más usadas es el método de platino-cobalto (UPC), el cual se mide a una sola longitud de onda, cuyo resultado de color, es determinado por la presencia de sustancias orgánicas, húmicas y flúvicas (Martínez & Osorio, 2018)

- **Sólidos totales:** los sólidos totales constituyen material disuelto y suspendido en las aguas residuales, luego de ser secado a 103- 105 °C (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2007); son los sólidos que no pasan a través de una membrana filtrante de un tamaño determinado (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, 2003).

- **Aceites y Grasas:** Son sustancias altamente estables, inmiscibles con el agua, permanecen a nivel superficial dando una apariencia de nata y espuma; pueden provocar taponamientos en los sistemas de desagües y son consideradas nocivos para el desarrollo de los vegetales ya que los exterminan. (Campos, Marina, & Vidales, 2010); además, fijan el oxígeno disuelto disponible, pudiendo propiciar la proliferación de microorganismos filamentosos (Hernández de la Cruz, 2022). Los aceites y grasas son extraídos del agua en contacto con el solvente (*n*-hexano) y su determinación se la puede realizar mediante recuperación del solvente en un equipo de destilación, esta metodología es aplicable para aguas residuales superficiales, domésticas e industriales (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2007).

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO5):** Según (INEN, 2013) “La demanda de oxígeno (DBO) de las aguas negras, efluentes de plantas industriales, aguas contaminadas y desechos industriales, se debe a tres clases de materiales”: materiales orgánicos aprovechados como nutrientes por organismos aerobios; materiales nitrogenados oxidables, que se derivan de los compuestos de nitrito, amonio y nitrógeno orgánico; y finalmente, compuestos químicos reductores (hierro ferroso, sulfito y sulfuro), que reaccionan con el oxígeno molecular disuelto (OD).

El DBO₅ mide el oxígeno molecular que es aprovechado por los microorganismos para la degradación de la materia orgánica después de pasar un periodo de incubación de 5 días a 20°C en la oscuridad, los resultados se expresan en mg/L O₂; este procedimiento, conlleva a la descomposición o la estabilización de la materia orgánica en el agua agotando el oxígeno disuelto durante el período de incubación.

La DBO permite medir la calidad de aguas residuales y superficiales, mediante la determinación de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua; este parámetro ayuda al diseño de unidades de tratamiento biológico, evalúa la eficiencia de los procesos de tratamiento y fija las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras (Romero, 2010).

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)** mide el oxígeno equivalente de la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte (dicromato de potasio) con un medio ácido y altas temperaturas. Para la oxidación de compuestos orgánicos resistentes se utiliza un catalizador (sulfato de plata). Para la determinación de la DQO, los compuestos inorgánicos como cloruros, pueden causar interferencia en el ensayo, la misma que se elimina con la adición de sulfato de mercurio para formar cloruro de mercurio para prevenir el consumo del ion dicromato por el ion cloruro (Romero, 2010). La oxidación obtenida al medir la DQO es más fuerte que la de la DBO, por lo que las concentraciones de DQO son más altas (Universidad de las Palmas de Gran Bretaña)

- **Nitrógeno:** El nitrógeno, es considerado un nutriente esencial para todas las formas de vida. Los compuestos nitrogenados inorgánicos más comunes son: amonio, nitrito y nitrato; de los cuales, el amonio, es el principal compuesto que se origina por la descomposición de materiales proteicos; sin embargo, cuando la contaminación es producida por fertilizantes inorgánicos o procesos industriales, puede encontrarse nitritos y nitratos. El amonio total, es la suma del amonio no ionizado o amoniaco (NH_3) que es tóxico y el amonio ionizado (NH_4^+), que es relativamente menos tóxico (Cárdenas & Sánchez, 2013). En el agua de origen residual existe amoniaco en forma no ionizada, y la forma ionizada (Espinosa-Llórens, León-Hernández, & Rodríguez-Petit, 2013). El análisis de nitratos y nitritos en muestras de aguas residuales se puede realizar mediante métodos de espectrofotometría en UV/VIS, además de métodos electroquímicos, enzimáticos y cromatográficos (Molina, 2010). En métodos espectrofotométricos, la medición de la absorción en UV a 220 nm permite una rápida determinación de NO_3 ; además, se puede realizar filtración de la muestra para remover las posibles interferencias por partículas en suspensión (INEN, 2013).

- **Sulfatos:** Los sulfatos, generan gases y olores ofensivos que generan problemas de salud pública debido a que es altamente tóxico; además, las bacterias sulfato reductoras (BSR) presentes en el agua residual, compuestos como el sulfato pueden reducirse a sulfuro de hidrogeno (H_2S) aumentando su concentración en el agua (Alvear, 2021). Según, (Severiche & González, 2012), el ion sulfato precipita en medio ácido con cloruro de bario formando cristales de sulfato de bario de tamaño uniforme, los mismos que son proporcionales a la concentración de sulfatos en la muestra y la absorbancia luminosa de la suspensión, la misma que se mide por espectrofotometría a 420 nm, determinándose la concentración de sulfatos mediante una curva de calibración; sin embargo, también se puede determinar la concentración de sulfatos mediante precipitación con cloruro de bario; valoración por retroceso en presencia de sulfato de bario, y en medio alcohólico con la sal disódica de EDTA (Rodríguez-Aguilera, Pérez-Silva, & Marañón-Reyes, 2010).

- **Fosfatos:** El fósforo es considerado como un elemento esencial en el crecimiento de las plantas y animales; sin embargo, el exceso de fósforo, produce el desarrollo excesivo de algas. Las formas presentes de fósforo son: Ortofosfatos, polifosfatos, fosfatos orgánicos. En el agua, 1g de fósforo puede permitir la formación de, aproximadamente, 100mg de materia orgánica que representa una DBO de 150g de oxígeno para su oxidación aerobia completa (Muñoz, 2008). Para realizar el análisis de sulfatos, se puede utilizar espectrofotometría a una medición de 450nm (Alvear, 2021).

- **Organismos patógenos:** Los organismos patógenos que mediante transmisión (hídrica, alimentos, persona a persona y animal a hombre), pueden producir enfermedades son las bacterias, virus, protozoos, helmintos y cianobacterias (Mayorga, 2014). Estos microorganismos pueden causar enfermedades como gastroenteritis simple hasta cuadros graves de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea. En la contaminación de las fuentes naturales de agua, tanto superficiales como subterráneas, se encuentran organismos enteropatógenos como contaminantes fecales producto del desarrollo de la civilización e incremento desmedido de la población, generando residuos que son descargados al agua, contaminándola con organismos patógenos intestinales variados procedentes de heces humanas y animales. Las bacterias coliformes totales y *Escherichia coli* o enteroparásitos como *Giardia* y *Cryptosporidium* son considerados indicadores de contaminación fecal (Flores-Márquez, Olivas-Enríquez, & Serrano- Alamillo, 2011). Los coliformes son bacilos gramnegativos no esporulados que se desarrollan en presencia de sales biliares entre 24 a 48 horas a temperaturas de 35 a 37 °C; estos microorganismos, pueden estar presentes en las heces humanas y de animales de sangre caliente; comprenden los géneros de *Escherichia* y en menor grado *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Streptococcus*, y *Citrobacter*. “En vertidos de aguas residuales domésticas, fosas sépticas, corrientes urbanas, granjas de animales y parques, la presencia de Coliformes en aguas superficiales, indica contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes” (Mariscal-Santi, y otros, 2018). Para la determinación de Coliformes Totales y Fecales en aguas

residuales, se preparan diluciones decimales de la muestra, debido que la concentración de coliformes puede ser superior que en agua potable (Carita, 2012).

- **Densidad:** Este parámetro, está definido por la masa en función del volumen, expresado en kg/m^3 . La determinación de la densidad es una característica esencial en el análisis de aguas residuales, debido que de ella depende la formación de corrientes de densidad de fangos de sedimentación; la densidad y el peso específico dependen de la temperatura y varían en función de la concentración total de sólidos en el agua residual. (Granja & Tapia, 2013). El método de ensayo consiste en determinar la masa del agua residual contenida en un picnómetro a una temperatura estándar de 25 °C.

- **Oxígeno Disuelto:** Es la cantidad de oxígeno gaseoso que esta disuelto en el agua, siendo fundamental para la vida de los peces, plantas, algas, y otros organismos; por lo que se ha considerado un indicador de la capacidad de un río para mantener la vida acuática. Los niveles de oxígeno disuelto pueden variar de 0 a 18 ppm; sin embargo, en concentraciones de 5 a 6 ppm en ríos o riachuelos, puede existir crecimiento de vida acuática; por debajo de los 3ppm, puede provocar la muerte para la mayor parte de las especies. El oxígeno disuelto y la temperatura son factores que se encuentran directamente relacionados, debido que la solubilidad del oxígeno en el agua disminuye a medida que aumenta la temperatura (Peña, 2007). La cantidad de oxígeno disuelto en el agua es un indicador de la calidad del agua, en aguas residuales urbanas e industriales las concentraciones son bajas lo que es un signo de contaminación. Para medir el oxígeno disuelto, se puede utilizar equipos de medidores de oxígeno disuelto u oxímetros (Navarro, Espinosa, & Gutiérrez, 2005).

- **Conductividad:** Es una propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica, la misma que depende de la concentración de sales que se encuentran en el agua (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2006); cuando existe una mayor cantidad de sales disueltas, la conductividad es mayor; se mide a través de un equipo denominado conductivímetro (Unión Mundial para la Naturaleza- UICN, 2005), donde se agita homogéneamente la muestra y se

introduce directamente la celda hasta que la ranura del sensor quede completamente sumergida en la muestra de agua (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2006).

- **pH:** Indica la concentración de iones de hidrógeno, si un pH se encuentra entre 5 a 9, no se considera que tiene un efecto significativo sobre la mayoría de las especies; sin embargo, un pH ácido (menor a 5), origina la solubilización de sustancias por ataque a los materiales, modificando la vida biológica de las aguas naturales. Las aguas residuales urbanas suelen tener un pH neutro (García & Pérez). La medición del pH se puede realizar directamente en el campo con un potenciómetro (Unión Mundial para la Naturaleza- UICN, 2005).

- **Temperatura:** Según, (Ramírez, 2021), la temperatura es un parámetro importante debido a que ésta puede modificar las características del agua, altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación en oxígeno disuelto (OD) y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacteriana. La temperatura óptima oscila de 20°C a 35°C, por encima de estos valores la digestión aeróbica y la nitrificación se suspenden; mientras que, por debajo de la temperatura óptima, la digestión metanogénica (formación de metano) es muy lenta y las bacterias autotróficas nitrificantes dejan de operar. El límite permisible de temperatura en la Normativa Ambiental Ecuatoriana es menor a 35 °C (Norma de Calidad Ambiental y Descarga de efluentes, 2003).

Organismos patógenos en las aguas residuales urbanas

Existen factores que producen alteraciones en el medio ambiente, debido a la influencia directa o indirecta del crecimiento poblacional, actividades antropogénicas, crecimiento industrial, pobreza, etc.; que ocasionan cambios, como el aumento de bacterias, parásitos, virus y hongos en el agua. “La presencia de microorganismos de transmisión hídrica no está limitada a una región específica en el mundo, o a su nivel de desarrollo, los problemas de desplazamiento, la respuesta ineficiente de los servicios de salud, la poca inversión de los estados en la garantía de la potabilización del agua para toda la población, la falta de control de brotes y la falta de intervención de los sistemas de salud pública,

favorecen la propagación, incidencia, morbilidad y mortalidad asociada a enfermedades relacionadas con el agua de consumo, principalmente en países en vía de desarrollo” (Agudelo-Cadavid, Gutiérrez-Builes, & Ríos-Tobón, 2017).

Los microorganismos patógenos (bacterias, virus, protozoos y otros organismos) que se encuentran en el agua residual, tienen la capacidad de transmitir enfermedades como cólera, tifus, gastroenteritis, hepatitis, etc; convirtiéndose en enfermedades mortales para niños en los países en vías de desarrollo; estos microorganismos son transmitidos al agua a través de las heces que producen las personas infectadas. Para la determinación de los microorganismos presentes en el agua, es necesario medir los índices del número de bacterias coliformes (bacilos gramnegativos no esporulados), los mismos que se encuentran en el intestino, en las heces humanas y en las de animales de sangre caliente. Los coliformes más comunes comprenden los géneros de *Escherichia* y en menor grado *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Streptococcus*, y *Citrobacter*. La presencia de coliformes en aguas residuales de vertidos domésticos de alcantarillado, fosas sépticas, corrientes urbanas, granjas de animales y parques, son indicadores de la contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo (Mariscal-Santi, y otros, 2018), cuando se efectúa la determinación de la presencia de éstos microorganismos, se expresa en Unidades Formadoras de Colonia en 100 mL demuestra problema (UFC/100mL), debido que pueden desarrollar microorganismos patógenos que producen cólera (Tamayo-Bosquez, 2017).

Evaluación de Impacto Ambiental

La Evaluación del Impacto Ambiental establece línea base ambiental que describe los elementos del medio ambiente que se encuentran en las áreas de influencia del área de estudio (Calidad Ambiental, 2013). Los componentes de la línea base describen y caracterizan el área de manera general, lo cual ayuda a la identificación de las áreas sensibles y la definición del Plan de Manejo Ambiental (PMA). Los componentes de la línea base son establecidos de acuerdo con las condiciones de cada fase

de operación y se considera las características del área en que se van a desarrollar las operaciones. El componente socio-económico cultural analiza la organización social local, y la forma de utilización de los recursos naturales (Ministerio de Ambiente, 2015).

De conformidad con lo establecido en los requerimientos, referente a aguas residuales y la descripción de la línea base, a continuación, se desarrolla las líneas bases físicas y bióticas para el desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo, tomando como referencia los datos obtenidos de la Parroquia Luz de América (población más cercana al área de estudio); además, se considera información relevante de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, que tendrían vinculación con el desarrollo del proyecto.

Las metodologías para llevar a cabo un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se encuentran plasmadas en una “matriz de impacto ambiental”, la misma que es el resumen del estudio de impacto ambiental y la base para la toma de decisiones futuras. Mediante el uso de las matrices de interrelaciones, se puede realizar el análisis de causalidad entre la acción de un proyecto (o actividad) y sus probables efectos. Este análisis constituye información de partida en orden cronológico, tomando en consideración los componentes del medio natural y los antrópicos. El análisis de causa-efecto permite realizar diagnósticos en aseguramiento de calidad, además de, un estudio cualitativo/ descriptivo de todas las intersecciones afirmativas. En base a lo expuesto, un estudio de impacto ambiental contempla el análisis de cada incidencia, sin considerar su aporte en términos absolutos, los cuales presentan una complejidad extrema a la hora de su homogeneización en una escala numérica. Las matrices normalmente usadas para determinar causa- efecto, son las matrices de Leopold y Battelle Columbus (Coria, 2008).

Diagnóstico de cumplimiento ambiental- Línea Base del Área de Estudio

El diagnóstico ambiental, describe la línea base ambiental que predomina en el área de influencia, forma parte del inventario territorial con información ambiental donde se describirse

impactos preexistentes dejando para el diagnóstico la problemática ambiental previa al Plan (Fiscalización control y diseño FICONDI CIA. LTDA).

Línea base física

Geomorfología: Según (B & G Consultores, 2015), el Ecuador tiene cinco regiones morfo-estructurales, de las cuales dos son las que están presentes en la parroquia Luz de América:

- Región Costa, caracterizada por terrenos irregulares, por donde pasan las subcuencas de los ríos Vinces y Daule.

- La Cordillera Occidental, caracterizada por rocas intrusivas y extrusivas de composición máfica a intermedia.

La parroquia Luz de América forma parte de la región Costa, cerca de la Cordillera Occidental, donde se encuentran:

Formación piñón: rocas con afinidad de fondo oceánico

Formación borbón: Areniscas de grano fino a grueso de color gris- verdoso a gris- azulado

Formación balzar: Son conglomerados de arena, limo y arcillas, las mismas que se encuentran en aguas de poca profundidad

Formación San Tadeo: Formado por material piroplástico y flujos de lodo

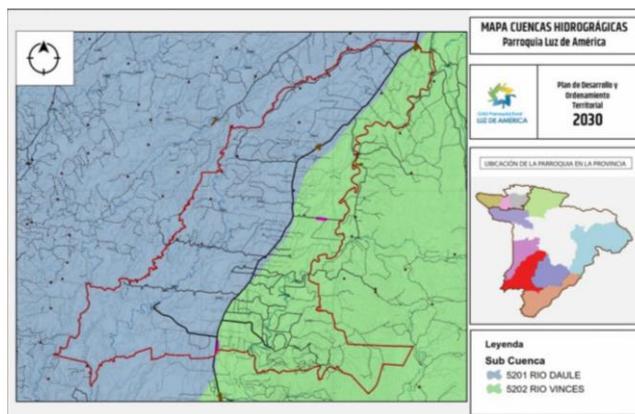
Depósitos superficiales indiferenciados: Constituido por lahares y aluviales

Suelos aluviales: Constituido por un manto limo-arcilloso y limo- arenoso

Edafología: Según, (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América, 2019), la parroquia Luz de América posee suelos de tipo Entic DYSTRANDEPTS/ HYDRANDEPTS, que se caracterizan por su humedad; sin embargo, debido a su alto nivel de acidez y poca profundidad poseen una baja fertilidad natural, cómo se observa en la figura 3, donde se puede visualizar los tipos de suelos presentes cerca de la zona de estudio.

Figura 5

Mapa Hidrológico de la Parroquia Luz de América



Nota. La figura representa el mapa hidrológico de la Parroquia Luz de América, donde se encuentra localizada la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo. Tomado. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América, 2019)

Clima: Es una zona tropical húmeda cuya temperatura oscila entre 18 a 25°C en el verano; mientras que, en invierno es de 23 a 34°C aproximadamente. Posee una humedad del 85%. Se encuentra ubicada entre 120 a 650 msnm, con precipitaciones de 3150 mm anualmente (B & G Consultores, 2015).

Aire: Según lo explica (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América, 2019), el aire de la Parroquia se encuentra contaminado por emisiones de motores de vehículos, poniendo en riesgo la salud de los habitantes que se encuentran ubicados en la vía principal de la carretera E25.

Línea base biótica

Flora: La vegetación de las riberas de los ríos y riachuelos es uno de los ecosistemas más dinámicos y diversos (Guevara, y otros, 2008), y cumplen funciones como estabilidad del suelo, retención de sedimentos, formación de hábitats y microhábitats para organismos acuáticos y terrestres

(Camacho, Trejo, & Bonfil, 2006), pero también es uno de los sistemas más afectados por las acciones de los humanos (Sunil, Somashekar, & Nagaraja, 2010).

Santo Domingo de los Tsáchilas conserva todavía una alta biodiversidad en una variedad de ecosistemas, que abarca un alto índice de especies endémicas. En lo que respecta a vegetación riparia es muy similar a los bosques secundarios de la zona (Villacís, 2009). Los usos de las plantas que se encuentran en borde de los ríos difieren entre las fincas agrícolas y las ganaderas, siendo las fincas agrícolas las que tienen un mayor número de uso (Cárdenas & Pozo, 2009).

La caracterización de los factores ambientales considera el levantamiento de información primero de tipo bibliográfica y segundo mediante visitas al sitio donde se desarrolla el proyecto (Greeley and Hansen, 2017).

Fauna

Quirópteros: Para los murciélagos nos basamos en el trabajo de (Pozo-Rivera, Recalde-Samaniego, Cárdenas-Tello, Morejón-García, & Berovides-Álvarez, 2015) donde se indica que, los murciélagos, pertenecientes al orden Chiroptera, son un grupo de mamíferos muy diversos a escala global. En el Ecuador, este taxón incluye 171 especies lo que representa más del 40 % de su mastofauna (Tirira & Burneo, 2012). Su capacidad de volar ha permitido que estos animales conquisten diversos hábitats y, su variada dieta facilita su supervivencia tanto en bosques naturales como en sitios con intervención antrópica.

Tradicionalmente, los estudios sobre fauna de quirópteros se encuentran limitados a áreas protegidas (Parques Nacionales, Reservas Ecológicas, Reservas de Producción Faunística) (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2015), descuidando áreas de potencial refugio para estos animales como: cultivos, cercas, remanentes boscosos y otras áreas presentes en los agrosistemas.

Dentro de la literatura científica se asume que las cercas vivas, los árboles dispersos en potreros y los remanentes de bosque natural, conservan adecuadamente la fauna en fincas ganaderas y agrícolas

de Costa Rica, Nicaragua (Harvey, Villacís, Villanueva, & Chacón, 2005), (Harvey, y otros, 2011) y Ecuador (Pozo & Eras, 2012) (Pozo, 2013). A pesar de ello hace falta aún evaluar el tipo de cultivo, al interior de la finca, que colabora más con la conservación de este recurso faunístico. De aquí que esta información evalúa la diversidad quiropterológica presente en monocultivos y policultivos de dos fincas ubicadas en la Costa ecuatoriana, con el fin de determinar el tipo de cultivo más idóneo en la conservación quiropterológica.

Ornitología: En el Ecuador los estudios etnobiológicos son desarrollados en áreas con bajo impacto ambiental (parques nacionales, reservas ecológicas, bosques primarios o ligeramente intervenidos) (Cerón, 2002) (Benítez & Matheus, 1997), así por ejemplo, en las provincias de Provincias de Santo Domingo y Pichincha se ha encontrado 950 especies de aves aproximadamente; de las cuales 33 se encuentran amenazadas y 6 son especies introducidas (BirdLife International, 2022). En la siguiente tabla (tabla 2), se muestra algunas de las especies de aves presentes en la Provincia de Santo domingo.

Tabla 2

Aves en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas

Orden	Clase	Nombre Científico	Nombre Común
Tinamiformes	Tinamidae	<i>Tinamus major</i>	Tinamú Oliváceo
		<i>Crypturellus soui</i>	Tinamú Chico
		<i>Cairina moschata</i>	Pato Criollo
Anseriformes	Anatidae	<i>Merganetta armata</i>	Pato Torrentero
		<i>Anas georgica</i>	Ánade maicero
		<i>Netta erythrophthalma</i>	Pato Morado
Galliformes	Odontophoridae	<i>Odontophorus gujanensis</i>	Corcovado Común
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas plumbea</i>	Paloma plumiza

Orden	Clase	Nombre Científico	Nombre Común
		<i>Columbina buckleyi</i>	Columbina Ecuatoriana
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero Aní
		<i>Coccyzus euleri</i>	Cuclillo Ventri blanco
	Apodidae	<i>Cypseloides cryptus</i>	Vencejo Barbiblanco
		<i>Aeronautes montivagus</i>	Vencejo Montañés
		<i>Florisuga mellivora</i>	Colibrí Nuquiblanco
Caprimulgiforme	Trochilidae	<i>Phaethornis</i>	Ermitaño Ventri habano
		<i>syrmatophorus</i>	
		<i>Haplophaedia lugens</i>	Zamarrito Canoso
		<i>Colibri thalassinus</i>	Orejaviola Verde
		<i>cyanotus</i>	
		<i>Doryfera ludovicae</i>	Colibrí Picolanza Mayor
		<i>Heliangelus strophianus</i>	Solángel de Gorguera
Pelicaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garceta Grande
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Negro

Nota. La tabla muestra las aves presentes en la Provincia de Santo Domingo, y, por lo tanto, cerca de la zona de estudio. Recuperado de. (BirdLife International, 2022) y (BioWeb Ecuador, 2010)

Ictiofauna: El crecimiento de la población humana, el aumento del consumo y la acelerada globalización han provocado una degradación generalizada y la alteración de múltiples sistemas naturales, sobre todo en el agua dulce. Estos ecosistemas han perdido en mayor medida hábitats y especies que los ecosistemas terrestres u oceánicos. Los peces de agua dulce pueden ser actualmente el grupo de vertebrados más amenazados, basados en más de 5.000 especies evaluadas hasta la fecha por

la IUCN (Reid & Contreras-MacBeath, 2013). Cabe recordar que esta entidad recomienda evaluar el riesgo de extinción de las especies al menos cada 5 años y en Ecuador todavía no hemos empezado.

De acuerdo con el grupo de especialistas de peces de agua dulce de IUCN, las mayores amenazas que enfrentan la biodiversidad de agua dulce y por ende los peces, incluyen a: la modificación, fragmentación y destrucción de hábitats, la introducción de especies invasivas, la sobreexplotación pesquera, la contaminación ambiental, las prácticas forestales, la pérdida de continuidad ecológica en los ríos y el cambio climático. (Revenga, Siobhan, Abramovitz, & Hammond, 1998) estimaron que el 20% de los peces de agua dulce del mundo estaban en categoría vulnerable, en peligro o extinta.

Dentro de las afectaciones que reciben los ecosistemas acuáticos y por ende sus peces, se observa a nivel global un aumento de la cantidad de agua contenida en embalses, la que se ha cuadruplicado desde la década de los 60, estimándose que existe actualmente entre 3 a 6 veces más agua contenida en depósitos artificiales que en los ríos naturales. Además, la extracción de agua se ha duplicado desde los años 60 y el 70% de aquella agua será utilizada para fines agrícolas (FFSG, IUCN, SSC, WETLANDS, 2013), donde la mayor parte de esta agua estará asociada a extensos monocultivos que utilizan grandes volúmenes de agua, para retornarla al medio cargada con fertilizantes o compuestos biocidas, sino se cuenta con plantas de tratamiento de las mismas.

La introducción de especies invasivas es otra grave amenaza que es muy difícil de controlar. Se introdujo en el Ecuador, con fines productivos, especies de peces voraces y de rápido crecimiento a sectores (partes medias y bajas de cuencas de ríos de la costa) donde la temperatura favorece el desarrollo de especies como la tilapia (*Oreochromis spp*), introducidas en 1965 y que se han diseminado prácticamente por toda la región occidental ecuatoriana, habiéndose capturado ejemplares tanto en agua dulce como en el mar (RAISG, 2021), como se observa en la figura 6

Figura 6

Tilapia (Oreochromis aureus) capturada en el río Santiago, sector Maldonado, provincia de Esmeraldas en diciembre de 2013.



Nota. La figura representa la especie de tilapia encontrada en la Provincia de Esmeraldas. Tomado de (RAISG, 2021)

Línea base social

La línea base social, forma parte del Estudio de Impacto Ambiental, la misma que describe las condiciones de vida actual de las familias que se encuentran alrededor del área de estudio; además, de aspectos como: la identidad, las relaciones de parentesco, organización, etnia y territorio, presencia del estado, entidades privadas y representación social, los mismos que, constituyen elementos determinantes de cohesión y respuesta frente a acciones que comprometen su bienestar (CEPSA; Servicios Geográficos & Medio Ambiente S.A.C)

Tratamiento de Aguas Residuales

Existen diferentes grados de tratamiento de aguas residuales que combinan operaciones y procesos unitarios (físico, químico y biológico). Para llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales, y determinar el método adecuado a ser implementado, se compara las características del agua residual cruda con las exigidas para el efluente según el uso o disposición final de esta. En procesos convencionales, el tratamiento de aguas residuales consiste en: Pretratamiento, Tratamiento primario, Tratamiento secundario y Tratamiento terciario o tratamiento avanzado (Corado, 2010).

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

La planta de tratamiento es un sistema que permite realizar la depuración de los contaminantes que tienen lugar en el suelo y en el agua. En las plantas de tratamiento se optimizan: procesos físicos y bioquímicos y costos que implican, respetando las restricciones o exigencias de la normativa para proteger el cuerpo receptor (ecosistema) y no afectar los usos que el hombre realiza del mismo (Galeano & Rojas, 2016).

Las plantas de tratamiento emplean operaciones y procesos unitarios, como: *Tratamiento primarios, secundario y terciario* o avanzado. El tratamiento *primario* se basa en operaciones físicas (sedimentación de sólidos), el secundario son procesos biológicos y químicos (elimina materia orgánica) y el tratamiento *terciario* o avanzado combina procesos unitarios (procesos químicos y biológicos) y operaciones unitarias (procesos físicos) con el objetivo de reducir y eliminar más componentes (Déniz, 2010). La primera medida al comenzar la elaboración del diseño en un sistema de tratamiento de aguas residuales se relaciona con la determinación de la cualidad y cantidad de residuos que se encaminarán a la planta tratamiento (León- Sánchez, 2016). En la siguiente tabla3, se muestra cada una de las etapas que sigue un sistema de depuración de aguas residuales (Lozano, 2012).

Tabla 3

Etapas para un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Etapas	Objetivo	Equipos Utilizados	Tipo de Tratamiento	Niveles de Eficiencia
Pretratamiento	Remover sólidos gruesos con la finalidad de evitar daños en las unidades del	Desarenador- Desengrasador Tanque de Igualación u homogenización (efluentes industriales)	Físicos Y Químicos (neutralización).	No se logran remociones significativas en DBO y

Etapa	Objetivo	Equipos Utilizados	Tipo de Tratamiento	Niveles de Eficiencia
	sistema de tratamiento de aguas residuales	Tanque de neutralización (efluentes industriales)		sólidos totales (SST).
Tratamiento Primario	Remover parte de la materia orgánica suspendida	Decantadores primarios Flotación por aire disuelto (efluentes industriales) Tamiz (efluentes industriales)	Físico y químico (mediante decantación asistida)	El porcentaje de remoción de DBO es entre 50 y 80% si se utiliza decantación asistida
Tratamiento Secundario	Remover materia orgánica, eliminar patógenos y elementos contaminantes	Reactores biológicos aerobios Reactores biológicos anaerobios	Biológico.	Se remueve DBO hasta el 92% y sólidos suspendidos totales hasta el 90 %
Tratamiento Terciario	Reducir la materia orgánica, eliminar contaminantes como: nitratos, patógenos, metales, pesticidas	Coagulación-floculación Adsorción Intercambio iónico Filtración Lagunas Desinfección	Químico y biológico	Tiene una remoción eficiente, dependiendo del tipo de contaminante

Nota. La tabla representa las etapas de un sistema de tratamiento de aguas residuales y su nivel de eficacia. Recuperado de (Lozano, 2012)

Los estudios específicos para sistemas de eliminación de aguas residuales consisten en (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992):

- Recolectar los datos existentes sobre el cuerpo receptor: caracterización físicoquímicas y microbiológica; detallar los datos hidrológicos y/o aforos; pruebas de laboratorio y demás estudios para determinar la calidad y cantidad de agua.

- Plantear alternativas al sistema proyectado.

- Evaluar de forma preliminar el impacto de la descarga y determinar el tratamiento a seguir.

- Diseñar la red de alcantarillado, la cual consiste en el prediseño de sistemas de bombeo, estaciones, y colectores principales

- Planteamiento de alternativas de tratamiento; prediseño de las partes constitutivas de tales alternativas y cálculos necesarios para su predimensionamiento; esquemas y breve descripción de éstas.

Estimación de la población futura

Según la Normativa del CPE INEN 5, para el cálculo de la población futura se debe realizar proyecciones de crecimiento mediante la utilización de por lo menos tres métodos conocidos (proyección aritmética, geométrica, incrementos diferenciales, comparativo, etc.) o de uno de ellos. La población futura se escoge tomando en consideración, aspectos económicos, geopolíticos y sociales que influyan en los movimientos demográficos.

Mediante la información recolectada se determina el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, para lo cual, se considera un período de diseño de 20 a 30 años. Para plantear las bases de diseño se debe determinar las condiciones actuales, futuras (final del período de diseño) e intermedias (cada cinco años) según los parámetros: población total, caudales máximo y mínimo, aportes de aguas residuales domésticas, aportes de DBO, nitrógeno y sólidos en suspensión, descarga de

contaminantes DBO, nitrógeno y sólidos, concentraciones de contaminantes DBO, DQO, sólidos en suspensión y coliformes, en el agua residual.

Biorreactor

Los biorreactores de Membrana (MBR) son equipos de última generación para el tratamiento de aguas residuales que utilizan filtración por membranas produciendo agua de alta calidad, corresponde a un tratamiento biológico de aguas residuales, mediante tratamiento aerobio. Estos biorreactores son un sistema de tratamiento con una eficiencia de hasta 95%. Este tratamiento combina un proceso de depuración biológica (tratamiento secundario) y una membrana de filtración que retiene la totalidad de sólidos en suspensión. En comparación con un sistema de lodos activados, un biorreactor de membrana (MBR), tiene una eficiencia superior y su área de ocupación es muy reducida (Corado, 2010).

Las membranas que se utilizan en los biorreactores de membrana son de Ultrafiltración y de Microfiltración las mismas que deben cumplir requisitos como: inertes y no biodegradables, fácil limpieza y regeneración, resistentes a los agentes químicos, resistentes a presiones y temperaturas elevadas, elevada porosidad, neutras o presentar carga negativa para evitar la adsorción de microorganismos, y finalmente, deben ser duraderas y fáciles de sustituir (Corado, 2010). En la tabla 4 se muestra los tipos de membrana que se utilizan los reactores de membrana.

Tabla 4

Tabla de clasificación de los tipos de membrana

	Ósmosis Inversa	Nanofiltración u Ósmosis a Baja Presión	Ultrafiltración	Microfiltración
Membrana	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica

	Ósmosis Inversa	Nanofiltración		
		u Ósmosis a Baja Presión	Ultrafiltración	Microfiltración
Tamaño De Poro	0,0001 µm	0,01 µm	0,1 µm- 0,005 µm	0,1 µm
Retención	Bacterias, virus, compuestos orgánicos	Elimina toda clase de especies, exceptuando iones monovalentes y moléculas de bajo peso molecular	Macromoléculas y todo tipo de microorganismo como virus y bacterias	Sólidos en suspensión, incluyendo la mayoría de bacterias, así como la eliminación parcial de virus y macromoléculas
Material	Polímero	Polímero	Cerámico, Polímero	Cerámico, Polímero
Uso	Aguas Salobres y de mar	Biorreactores de Membrana	Pretratamiento para aguas superficiales, agua de mar, aguas subterráneas, efluentes tratados biológicamente y como pretratamiento del agua para su posterior tratamiento	Pretratamiento previo de aguas, tratamiento de efluentes, tratamiento de aguas residuales

	Ósmosis Inversa	Nanofiltración u Ósmosis a Baja Presión	Ultrafiltración	Microfiltración
			con sistemas de desmineralización de membrana	
	En agua de mar: 40 al 50%			
RENDIMIENTO	En aguas salobres: 75- 85%	90%	70%	75-85%

Nota. La tabla representa el tipo de membrana que se utilizan en los biorreactores de membrana.

Recuperado de (Bohórquez & Sarmiento, 2017)

Capítulo III: Materiales y Métodos

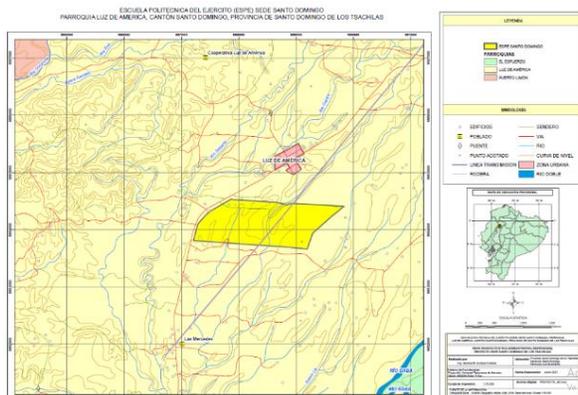
Área de Estudio

El presente proyecto se desarrolló en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Hacienda Zoila Luz en el km 24 vía Quevedo en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en las instalaciones de la Sede se encuentra áreas como las de ganadería, porcinos y los biodigestores ubicados en zona A1 del Edificio Administrativo; además, la presente investigación tuvo por objeto evaluar la calidad del agua residual proveniente de las áreas de porcinos, aguas grises y negras y ganadería, para en lo posterior realizar una evaluación de impacto ambiental y plantear alternativas que permitan tratar las aguas residuales producidas en la SEDE.

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE tiene 100 años de historia, es una Institución de Educación Superior que aporta al desarrollo académico del Ecuador, cuenta con dos SEDES, una de las cuales se ubica en la Ciudad de Santo Domingo (localizada en la Hcda. Zoila Luz, Vía Santo Domingo – Quevedo Km. 24 Santo Domingo – Ecuador a 1 km de la Parroquia Luz de América), cuenta con un área de 160 hectáreas de terreno (ver figura 7).

Figura 7

Mapa Político Administrativo Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo



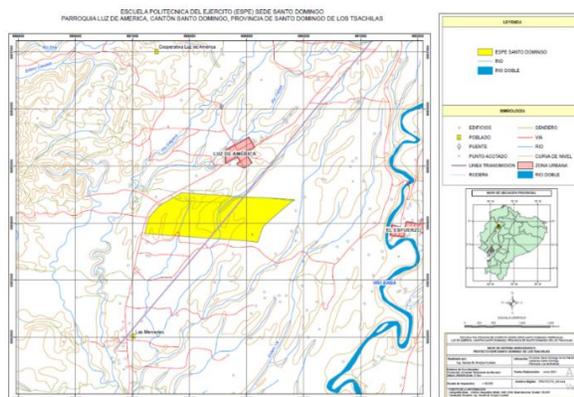
Nota. Representa el mapa político de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo

Diseño de la Investigación

La Investigación estuvo enfocada en determinar la carga contaminante de las descargas de la zona de cerdos y ganado de la SEDE, mismas que son descargadas y contaminan las aguas del río ILA que cruzan la Espe Sede Santo Domingo (ver figura 8); además, se determinó la carga contaminante de las aguas grises y negras que son descargadas del edificio central hacia la parte posterior del mismo, donde se encuentran los biodigestores.

Figura 8

Mapa Hidrográfico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo



Nota. La figura representa el mapa hidrográfico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo

Según (NTE INEN 2169, 2013), para el análisis de agua residual, fue necesario lavar los recipientes nuevos con el fin de minimizar la contaminación de la muestra; el recipiente nuevo de plástico, se lavó con agua destilada o desionizada; posterior a ello, se ubicó los puntos de descarga de las aguas residuales, para la determinación del caudal de descarga. Se tomaron muestras compuestas que suministran el dato de composición promedio, siendo recomendables cuando la conformidad con un límite está basado en la calidad promedio del agua (NTE INEN 2176, 2013), por cinco meses en dos tiempos (08 de mayo al 28 de septiembre del 2021) debido que se consideró los meses de invierno y verano que presenta la zona de interés (tomando en consideración las condiciones en las que se

desarrolló el proyecto, las mismas que fueron bajo condiciones de restricción por pandemia, por lo que se optimizó los tiempos de recolección para determinación de caudales); además, cabe mencionar que no se pudo tomar los caudales de aguas negras y grises reales, ya que a la fecha de finalización de la investigación de campo aún no se autorizaba el retorno presencial en la institución y los pocos funcionarios administrativos que asistían, no constituían una muestra representativa del caudal generado en condiciones de operación totalmente presencial; por otro lado, se tomó en consideración la humedad media que es del 85% al 90% (datos tomados de la Parroquia Luz de América). Con los resultados obtenidos, producto de la caracterización de las aguas residuales, se dimensionó las unidades que formarían parte de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales propuesta y del biorreactor como alternativa de la Planta de Tratamiento.

También se determinó línea base de los factores físicos, bióticos y sociales, los mismos que consistieron en una recolección de datos bibliográficos y de campo de los dos primeros factores y mediante encuesta al actor de influencia directa de la SEDE (vecino colindante) para el último factor, se pudo determinar el factor social; finalmente, se realizó una evaluación de impacto ambiental, que permitió determinar los efectos que las aguas residuales ocasionan en el ecosistema.

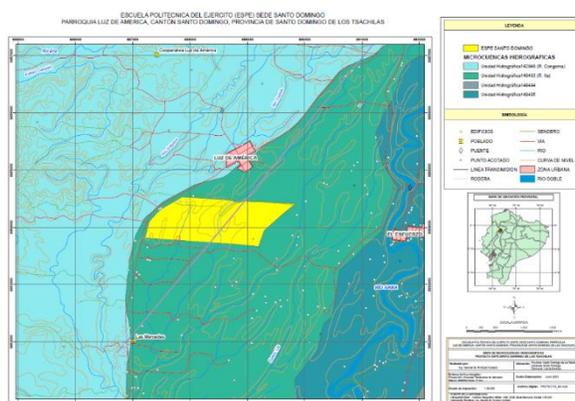
Línea base física

La investigación se circunscribió a levantar información secundaria; una de las fuentes para los componentes ambientales que actualmente son afectados de forma continua o periódica por el desarrollo de las actividades de ganadería, porcicultura y el uso de las áreas administrativas, corresponde a la información que se generó en el presente proyecto, así como documentos de datos del área aledaña a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo al efectuar las caracterizaciones de descargas de aguas residuales (mediante análisis de las aguas residuales de descarga y muestras del río) , tratamiento de aguas residuales, recurso suelo, aire así:

- Recurso agua: Para el diagnóstico se analizaron las características físicas, químicas y microbiológicas del río que atraviesa la Universidad (figura 9). Para su diagnóstico se utilizó análisis previos de la contaminación del río donde se descargan las aguas residuales provenientes de porcinos y ganadería, las muestras fueron analizadas mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Estas muestras fueron tomadas 100 metros antes de la descarga y 100 metros después de la misma; los resultados fueron comparados con la normativa legal vigente para descarga de contaminantes en agua dulce.

Figura 9

Mapa de microcuencas ESPE Santo Domingo

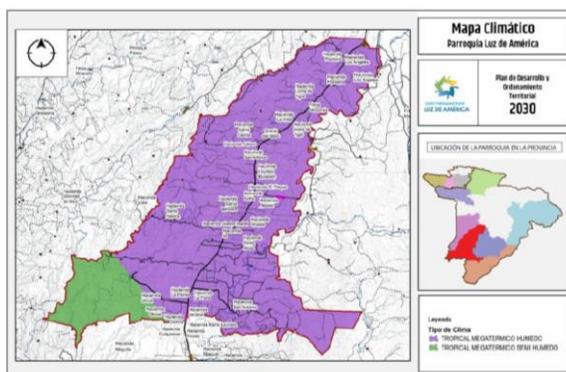


Nota. El mapa representa las microcuencas que cruzan en la ESPE Sede Santo Domingo

- Clima: Se tomó como referencia datos de la Parroquia Luz de América, de los documentos oficiales del PDOT existente en la Parroquia, debido a que es la zona más cercana al área de estudio, ubicada a 1 km de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Santo Domingo, con lo que se determinó que corresponde al clima tropical húmedo (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América, 2019) (figura 10)

Figura 10

Mapa del clima Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Santo Domingo

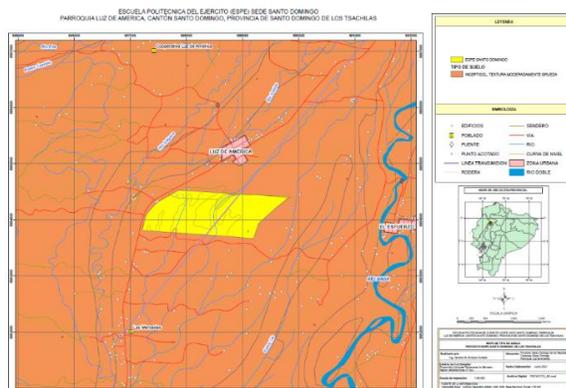


Nota. La figura representa el mapa climático que se encuentra en la Parroquia Luz de América, en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo. Tomado de (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América, 2019).

- Recurso suelo: En el diagnóstico del recurso suelo se analizó aspectos como: suelos (figura 11), geología, geomorfología (figura 12), tipos de suelo, usos del suelo como la ocupación de este, cuya información fue obtenida de datos de información secundaria (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América, 2019)

Figura 11

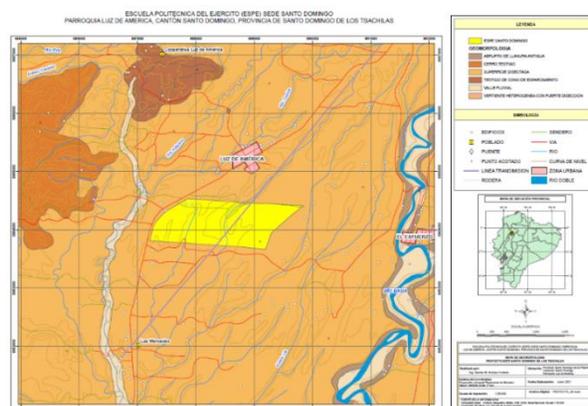
Mapa de suelo ESPE Santo Domingo



Nota. La figura representa el mapa del suelo que se encuentra en la ESPE Sede Santo Domingo

Figura 12

Mapa de la geomorfología ESPE Sede Santo Domingo



Nota. La figura representa el mapa de la geomorfología que se encuentra en la ESPE Sede Santo Domingo

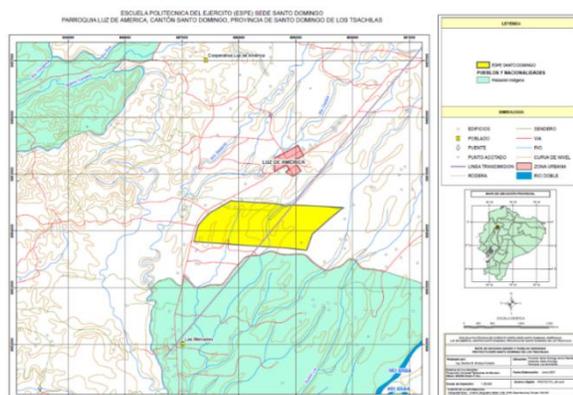
- Recurso aire: En el diagnóstico de este recurso se analizó los factores clima, temperatura, precipitación, humedad relativa, viento, calidad del aire en base a la información obtenida de información obtenida del PDOT de la Parroquia Luz de América.

Línea base social

Para la descripción de la línea base social, se determinó un área de influencia directa (AID), que correspondió a los habitantes río abajo que se encuentra en las áreas aledañas de la Universidad (figura 13), y un área de influencia indirecta (AII), donde se realizó una recopilación de la información de fuentes secundarias como: Plan de Ordenamiento Territorial, Censo de Población y Vivienda del 2010 (figura 14).

Figura 13

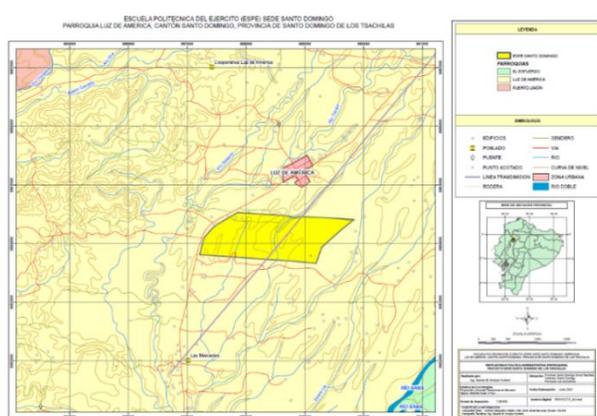
Mapa de Comunidades y Pueblos Santo Domingo



Nota. La figura representa el mapa de las comunidades y pueblos que se encuentran cerca de la zona de estudio

Figura 14

Mapa Político Administrativo ESPE Santo Domingo



Nota. La figura representa el mapa político administrativo que se encuentra en la zona de estudio

Componente Biótico

Composición florística: El estudio se realizó en los terrenos de la Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE Santo Domingo, kilómetro 24 de la vía Santo Domingo-Quevedo margen izquierdo. El campus universitario cuenta con 160 hectáreas donde se encuentran las edificaciones de la universidad, piscinas para el cultivo de peces, área de ganadería, área de avicultura y las chancheras, la vegetación

original ha sido cortada para establecer potreros y parcelas para las prácticas agrícolas con los estudiantes y solo queda pequeños remanentes de vegetación original, además el campus universitario es atravesado por pequeños riachuelos y presenta varios cuerpos de agua intermitentes.

Con la ayuda de imágenes aéreas tomadas por el dron de la Universidad, se estableció el sitio donde se realizó la investigación. Para esto se tomó en cuenta que la mayoría de los riachuelos y los cuerpos de agua intermitentes se unen y forman un solo cuerpo de agua con su respectiva vegetación (figura 15).

Figura 15

Fotos de la ESPE Sede Santo Domingo. Ubicación de la zona de estudio en la UFA ESPE.



Nota. Las figuras, tomadas mediante uso de dron, representan la ubicación de la zona de estudio en las inmediaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo

Al ser el área de estudio pequeña (figura 16), el muestreo de vegetación se realizó por la metodología de transecto 5 m x 50 m (250 m²), donde se dividió en 20 cuadrantes de 5 m x 2.5 m en las que se tomó la altura y el DAP (diámetro a la altura del pecho) ≥ 1 cm a todo tipo de planta (figura 17).

Figura 16*Zona de muestreo*

Nota. Las figuras representan la zona de muestreo del área de estudio

Figura 17*Recolección e identificación del material vegetal*

Nota. Las figuras representan la recolección e identificación del material vegetal en la zona de muestreo

La identificación de las plantas se realizó en el Herbario de la Sede Santo Domingo con la ayuda de bibliografía especializada ((Dondson & Gentry, 1978); (Gentry, 1988) y (Gentry, 1988), y comparación con ejemplares de los herbarios virtuales MBG Trópicos (*Tropicos connecting the word to botanical data since 1982, 2022*), una muestra no se identificó ya que no tenía estructuras reproductivas (figura 6).

El índice de valor de importancia (IVI) se determinó mediante la suma de los valores relativos de densidad, frecuencia, y dominancia (Smith & Smith, 2007)

Fauna: El Ecuador, es el país con mayor cantidad de especies animales y vegetales por unidad de área en el mundo, lo cual conlleva una enorme responsabilidad, que consiste en dejar ese legado a las futuras generaciones.

En muchos sectores de la costa ecuatoriana, el precepto anterior es muy difícil de cumplir ya que desde hace varias décadas los bosques naturales dieron paso a actividades productivas sobre todo agrícolas y ganaderas, quedando muy pocos remanentes de bosques los cuales actualmente están fragmentados.

En este sentido, el presente componente de fauna fue realizado con información bibliográfica de autores que han trabajado por algunos años en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas y especialmente en la Hacienda Zoila Luz donde se encuentran las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (UFA ESPE) y la Hacienda San Antonio que pertenecía en comodato a la Universidad.

Con el fin de valorar la diversidad de mamíferos presentes en dichos bosques y en otros tipos de cobertura arbórea de las fincas (cercas vivas y árboles dispersos en potreros), desde 2007 se han ejecutado algunos proyectos de investigación que han permitido conocer los mamíferos actualmente presentes en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador, así como su estado de conservación actual (Pozo, 2013)

Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las Aguas Residuales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo

Para la caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales de la Sede, se tomó en consideración las Normas Técnicas Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013 (reemplazada por NTE INEN-ISO 5667-1:2014) donde se establecen procedimientos de muestreo para aguas residuales y NTE INEN 2169:2013 (reemplazada por NTE INEN-ISO 5667-3:2014), para muestreo, manejo y conservación de las muestras de agua recolectadas, previo a ser analizadas en laboratorio.

Para la caracterización físico-química, se evaluaron parámetros como: DBO, DQO, temperatura, pH, nitrógeno amoniacal, nitritos, sulfatos, color (ver apéndice 3). Además, se procedió a realizar análisis microbiológico de las aguas residuales que se generan en la Universidad, mediante la determinación de puntos de descarga de las aguas residuales tales como: área de porcinos (ver figura 18), área de ganadería (figura 19) y biodigestores de la zona A1 del edificio Administrativo (figura 20) mismos que son las descargas que la Sede realiza a cuerpos de inmisión.

Figura 18

Descarga de aguas residuales – Área de porcinos



Nota. Las figuras representan las aguas residuales que se descargan del área de porcinos.

Figura 19

Descarga de aguas residuales – Área de ganadería



Nota. Las figuras representan las aguas residuales que se descargan del área de ganadería.

Figura 20

Descarga de aguas residuales – Zona A1 Edificio Administrativo- Biodigestores



Nota. Las figuras representan las aguas residuales que se descargan del área del Edificio Administrativo.

La calidad del agua se valoró mediante análisis bacteriológico de las muestras de aguas residuales. Los ensayos consistieron en:

1. Aislamiento e identificación de bacterias gram negativas
2. Identificación de enterobacterias: coliformes totales (CT)
3. Aislamiento e identificación de hongos
4. Comparación con la normativa ambiental vigente del (Acuerdo Ministerial 097 Libro VI Anexo 1, 2015), donde se establecen límites permisibles de descarga en cuerpos de agua dulce, como se indica en el apéndice 2, tabla 9.
5. Las colonias obtenidas en el análisis microbiológico fueron cuantificadas como UFC (unidades formadoras de colonia). Para la expresión de los resultados en NMP, se lo realizó la conversión de la fórmula perteneciente a la tabla 3M (3M Petrifilm™ E. coli Count Plate Results from Most Probable Number (MPN) Results Conversion Table) (ver apéndice 4), para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{\log UFC = 0,37 + 0,90 * \log NMP}$$

En la figura 21, se muestra el procedimiento que se siguió para el desarrollo del análisis microbiológico de las muestras de aguas residuales.

Figura 21

Toma de muestras, siembra, aislamiento e identificación de microorganismos (hongos y bacterias patógenos)



Nota. las figuras representan los análisis microbiológicos realizados a las aguas residuales que se descargan en la ESPE Sede Santo Domingo

De igual manera, se realizó análisis fisicoquímico de las aguas residuales recolectadas en los puntos de descarga, determinándose factores como: color, temperatura, densidad, sólidos en suspensión, sólidos sedimentados, conductividad, pH, oxígeno disuelto, DBO y DQO, grasas, nitritos, nitratos, sulfatos, nitrógeno amoniacal, fosfatos, grasas y aceites (ver apéndice 3) los resultados obtenidos fueron comparados con la normativa ambiental vigente

Evaluación de impactos ambientales

Para determinar las áreas de influencia del proyecto se tomó en consideración el alcance geográfico y los cambios o alteraciones (impactos) que las aguas residuales pueden ocasionar en el ecosistema y actores directos e indirectos (vecinos colindantes afectados). Dichas áreas fueron establecidas en función de los puntos de descarga de las aguas residuales que se descargan en ganadería, porcinos y aguas grises y negras en las cuales hay mayor generación de impactos ambientales. El área de influencia se la clasificó en directa e indirecta. En el área de influencia directa se consideró los impactos directos de la actividad, para el caso de la SEDE, el área de influencia directa fue la descarga de las aguas residuales que afectan a los vecinos colindantes, río abajo. El área de influencia

indirecta está determinada por los posibles impactos secundarios que pudieran manifestarse hacia fuera de los límites del área de influencia directa. La metodología aplicada utilizó una apreciación cualitativa y cuantitativa de las áreas de influencia, en función de las aguas residuales que se descargan en el cuerpo de agua dulce. Posteriormente, se realizó un análisis para cada uno de los componentes en estudio, en función del cual se estimó la distancia, a partir del sitio de descarga de aguas residuales hasta dónde podría haber influencia de dichas descargas sobre los elementos ambientales considerados. Finalmente, se sintetizó la información considerando como área de influencia directa al espacio físico y a los habitantes colindantes en donde se prevén los impactos directos por efecto de las descargas en función del análisis de las aguas residuales 100 metros después de la descarga; y para el área de influencia indirecta se tomó como referencia a los habitantes colindantes con la ESPE río arriba, y sus alrededores, en función del análisis previo de las aguas residuales 100 metros antes de la descarga (Gesambconsult, 2012).

La descarga de aguas residuales provenientes de la zona de ganadería, de porcinos y del Edificio Administrativo, llegan hacia los cuerpos de agua dulce que cruzan la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Sede Santo Domingo, por lo que se requirió la ejecución de varias actividades que permitió la identificación de impacto ambiental que ocasionan alteraciones en torno al área de estudio, mediante el uso de matrices que se explicarán posteriormente.

Se determinó las actividades que pudieron ocasionar posible impacto ambiental negativo o positivo, sobre los componentes ambientales físicos, bióticos y socio económico, se determinó las posibles afectaciones al medio ambiente a las cuales se debió. Se llevó a cabo un análisis preliminar del cuerpo de agua donde se descarga directamente las aguas residuales obtenidas de ganadería y porcinos; información que se tomó como punto de partida para establecimiento de línea base.

La metodología utilizada para la identificación de los impactos ambientales se centró en la utilización de matrices de interacción causa-efecto, tomando como referencia los análisis en el cuerpo

de agua dulce. Para la identificación de los posibles impactos ambientales que generan las actividades del proyecto a implementar, se emplean varias matrices, las cuales son:

- *Matriz de Interacción:* En esta matriz se interrelacionó las descargas de aguas residuales con los impactos que se generaron, lo que permitió analizar los impactos o descartarlos.
- *Matriz de valoración:* Se valoró la interacción entre los criterios establecidos, y se determinó si un impacto es positivo o negativo, con lo cual se consideró la magnitud, la importancia y la significancia de la interacción encontrada.

Para la valoración se aplican los siguientes criterios:

a) Carácter genérico del impacto o variación de la calidad ambiental: Se lo clasificó en que si el impacto fue positivo o negativo con respecto a las descargas de aguas residuales de la SEDE.

- Positivo (+): Se lo clasificó como impacto positivo, si el componente presentó una mejoría con respecto a su estado previo antes de las descargas de las aguas residuales al cuerpo de agua dulce.
- Negativo (-): Se lo clasificó como impacto negativo, si el componente presentó deterioro con respecto a su estado previo antes de las descargas de las aguas residuales al cuerpo de agua dulce.

b) Duración del impacto: En esta etapa se consideró la duración del impacto con relación al tiempo de exposición de la actividad que lo genera.

- Permanente: Cuando la permanencia del impacto continuó aun cuando haya finalizado la actividad.
- Temporal: Si se presentó mientras se ejecutó la actividad y finalizó al terminar la misma.
- Periódica: Si se presentó en forma intermitente mientras duró la actividad que lo provocó.

c) Intensidad del impacto: Se determinó la fuerza con la que el impacto alteró la zona de estudio, donde se daban las descargas de aguas residuales.

- Alta: Se clasificó como alta, cuando se produjo una alteración muy notoria y extensiva, que podía recuperarse a corto o mediano plazo, siempre y cuando hubiera existido una intervención oportuna y profunda del hombre, lo que hubiere dado lugar a costos elevados.

- Moderada: Se clasificó como moderada a la alteración notoria, que fue producida por la acción de la descarga de las aguas residuales al cuerpo de agua dulce, donde el impacto fue reducido y pudo ser recuperado con una mitigación sencilla y poco costosa.

- Baja: Se consideró como bajo, a los impactos que con recuperación natural o con una ligera ayuda por parte del hombre, fue posible su recuperación.

d) Extensión del impacto: Se consideró el efecto que tuvo en el área de estudio.

- Regional: Se determinó si afectó a nivel regional

- Local: Permitió determinar si la afectación se dio aproximadamente tres kilómetros a partir de la Universidad.

- Puntual: Permitió determinar si la afectación se dio en el sitio en el cual se realizaron las actividades y su área de influencia directa.

e) Reversibilidad del impacto: Permitió determinar la posibilidad, dificultad o imposibilidad de que la zona donde existió la descarga retorne a su situación inicial, y la capacidad que tuvo el ambiente para retornar a una situación de equilibrio dinámico similar a la inicial.

- Irreversible: Se clasificó como irreversible, cuando elemento ambiental afectado no puede ser recuperado.

- Recuperable: Se clasificó como recuperable, cuando la recuperación tuvo intervención humana, a largo plazo (> 5 años).

- Reversible: Si el elemento ambiental afectado pudo volver a un estado similar a la inicial en forma natural (0 – 1 año).

f) Riesgo del impacto: Permitió determinar el nivel de riesgo que provocó la ocurrencia del impacto, para el ambiente y sus componentes.

- Alto: Se determinó si el impacto es alto respecto al componente ambiental.
- Medio: Se determinó se el impacto produjo un riesgo intermedio respecto a la zona de estudio.
- Bajo: Finalmente, se tomó en consideración, si el impacto fue bajo respecto a la zona de estudio.

Para este estudio, los valores que se asignaron a las variables analizadas fueron (tabla 5):

Tabla 5

Matriz de variables de calificaciones

Variable	Símbolo	Carácter	Valor asignado
Para la Magnitud (M)			
		Alta	3
Intensidad	I	Moderada	2
		Baja	1
		Regional	3
Extensión	E	Local	2
		Puntual	1
		Permanente	3
Duración	D	Temporal	2
		Periódica	1
Para la Importancia (I)			
Reversibilidad	R	Irreversible	3
		Recuperable	2
		Reversible	1
Probabilidad	G	Alto	3

Medio	2
Bajo	1

Nota. La tabla representa la matriz modificada de Leopold, donde se califica cada una de las variables en la zona de estudio

La magnitud y la importancia fueron parámetros que se han calculado, sobre la base de los valores de escala dados a las variables señaladas anteriormente.

- matriz de importancia y magnitud: Ésta matriz, representó la valoración cualitativa de los factores ambientales, por lo que el valor pudo deducirse de la sumatoria acumulada de la extensión, reversibilidad y probabilidad. Para el cálculo de la importancia, se asumieron los siguientes valores de peso, los mismos que fueron establecidos según los resultados obtenidos de los análisis realizados:

Peso del criterio de extensión = 1,0

Peso del criterio de reversibilidad = 2,0

Peso del criterio de probabilidad = 3,0

La fórmula para calcular la importancia para cada una de las interacciones ambientales encontradas en la evaluación fue:

Ecuación 1

$$(I) = (ex\ 1,0) + (rx\ 2,0) + (gx\ 3,0)$$

La fórmula para calcular la importancia para cada una de las interacciones ambientales encontradas en la evaluación fue la siguiente (tabla 6):

Tabla 6*Matriz de valoración de importancia del impacto*

Escala valores estimados	Valoración de la importancia del impacto
1.0 – 1.6	Bajo
1.7 – 2.3	Medio
2.4 - 3.0	Alto

Nota. La tabla representa la matriz de valoración de la importancia del impacto de las variables en la zona de estudio

En cuanto a la matriz de magnitud, fue considerada en términos numéricos, y se basó en la sumatoria acumulada de los valores obtenidos para las variables intensidad, extensión y duración.

La fórmula para calcular la magnitud para cada una de las interacciones ambientales encontradas en la evaluación fue:

Ecuación 2

$$(M) = (ex\ 1,0) + (rx\ 2,0) + (gx\ 3,0)$$

La fórmula para calcular la magnitud para cada una de las interacciones ambientales encontradas en la evaluación fue la siguiente tabla 7:

Tabla 7*Matriz de valoración de la magnitud del impacto*

Escala valores estimados	Valoración de la magnitud del impacto
1.0 – 1.6	Bajo
1.7 – 2.3	Medio
2.4 – 3.0	Alto

Nota. La tabla representa la matriz de valoración de la importancia del impacto de las variables en la zona de estudio

- Matriz de significancia: Se la determinó como el impacto ocasionado sobre el área de estudio. El valor se obtuvo de multiplicar la magnitud por la importancia, lo que permitió priorizar los impactos ambientales para la implementación de medidas, ya sea de minimización, mitigación o prevención. El resultado se lo comparó con la escala de valores asignado para el efecto, como se muestra en la tabla 8:

Tabla 8

Matriz de valoración de importancia del impacto

Escala valores estimados	Severidad del impacto
0,1 - 0,9	Leve
1,0 - 3,0	Moderado
3,1 - 6,0	Severo
6,1 - 9,0	Crítico

Nota. La tabla representa la matriz de valoración de importancia que generaría cada impacto en la zona de estudio

Diagnóstico de cumplimiento ambiental

A través de un método descriptivo de carácter cualitativo y cuantitativo y, mediante el uso de herramientas de información secundaria, se hizo análisis de las propiedades físicoquímicas y microbiológicas de las descargas que se encuentran zona de influencia, para determinar si existe o no cumplimiento de la normativa en cuanto a los parámetros de descarga; de manera adicional, se realizó análisis del cuerpo de agua que atraviesa la sede 100 metros antes y 100 metros después de la descarga para determinar parámetros iniciales y posteriores a esta, se estableció un dimensionamiento de los biorreactores que permitan tratar aguas residuales generadas en la Sede, para de éste modo, evitar daños ambientales que se podrían generar contaminación en la zona de la influencia.

Para sustentar científicamente el desarrollo de este estudio, se requirió una exhaustiva investigación documental, revisión y análisis de artículos y documentos relacionados con el tema,

utilizando herramientas informáticas como Google académico, libros, manuales, y/o tesis, PDOT de Luz de América, por ser la zona más cercana a la ESPE Sede Santo Domingo, ubicada a 1 km en sentido Santo Domingo- Quevedo (km 23); la zona de influencia para establecer los parámetros necesarios para dimensionar los reactores que se podrían usar en el tratamiento de aguas residuales.

La identificación y establecimientos de los hallazgos se realizó conforme lo que establece el Reglamento al Código Orgánico Ambiental del 12 de junio del 2019, Artículos 498 al 502.

Los criterios, obtenidos de las matrices, se aplicaron a los hallazgos encontrados en las actividades en auditoria que incumplan con las condiciones de la licencia ambiental, legislación ambiental, plan de acción de la auditoria previa y plan de manejo ambiental, el formato de matriz de identificación de hallazgos que se utilizó fue el mostrado en la siguiente tabla (tabla 9):

Tabla 9

Matriz de reporte de identificación de hallazgos

Nro.	Medida evaluada	Evaluación del cumplimiento	Detalle del cumplimiento / incumplimiento
1			
2			

Nota. La tabla representa la matriz del reporte de identificación de hallazgos que generaría cada impacto en la zona de estudio

En la tabla anterior, se evaluó los parámetros físicos, químicos y microbiológicos obtenidos de los datos de las aguas residuales descargadas al cuerpo de agua dulce, comparando con la normativa ambiental vigente.

La simbología de identificación de los cumplimientos y los diferentes hallazgos se presentó conforme lo indica la siguiente tabla (tabla 10):

Tabla 10

Simbología para identificación de los criterios de evaluación

Identificación del Cumplimiento /Incumplimiento	Significado Del Cumplimiento / Incumplimiento
C	Cumplimiento
Na	No Aplica
Nc-	No Conformidad Menor
Nc+	No Conformidad Mayor

Nota. La tabla representa la identificación de los criterios de evaluación del cumplimiento en la zona de estudio

Debido a que en los diferentes instrumentos ambientales de revisión suelen repetirse las temáticas auditadas, luego de haber identificado los incumplimientos se procedió a elaborar un reporte en el que se unificaron los hallazgos que corresponden al mismo tema para elaborar el respectivo resumen, de forma concisa y clara, además, se estableció el cumplimiento e incumplimiento porcentual del ejercicio de Auditoría. La relación de valoración empleada se mostró en la siguiente tabla (tabla 11).

Tabla 11

Tabla de relación del cumplimiento

Porcentaje obtenido %	Nivel de certidumbre	Nivel de no conformidades
81-100	Muy malo	Bastante alto
61-80	Malo	Alto
41-60	Medio	Medio
21-40	Bueno	Bajo
0-20	Excelente	Muy bajo

Nota. La tabla representa el porcentaje de relación de cumplimiento de los impactos generados en la zona de estudio

Los hallazgos identificados se reportarán según el siguiente formato (tabla 12):

Tabla 12

Formato de reporte de hallazgos

Nro. Hallazgo	Medida evaluada	Hallazgo	Detalle del Hallazgo
1			
2			

Nota. La tabla representa el número de hallazgos de los impactos generados en la zona de estudio

Tratamiento de las Aguas Residuales generadas en la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe- Sede Santo Domingo

Se consideró la cantidad de agua a tratar (caudal de alimentación), las características de calidad del efluente; con datos obtenidos en este trabajo de investigación, se procuró proponer un sistema para Tratar las Aguas Residuales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Santo Domingo, para lo que se realizó una propuesta de un biorreactor y una PTAR que permita cumplir con los requerimientos de calidad del agua residual que establece la normativa vigente en el país. Para cumplir con uno de los objetivos específicos de este proyecto, se realizó un diseño de un Biorreactor de Membrana de ultrafiltración sumergida debido a la calidad del agua a tratar; de manera adicional se diseñó una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, donde se consideró las características del efluente. Los diseños que se presentaron fueron alternativas que permitirán dar un tratamiento eficaz a las aguas residuales de la Sede, evitando que se continúen descargando a los cuerpos de agua, sin embargo, cabe mencionar el diseño de planos hidrosanitarios, construcción y puesta en marcha de los reactores o de la PTAR, estuvo fuera del alcance del proyecto, por lo que únicamente se dimensionó las procesos unitarios que se

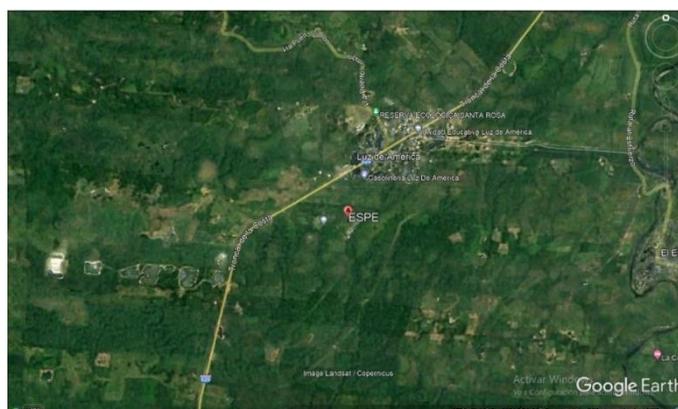
requieren para los tratamientos a las descargas en base a los resultados obtenidos de los análisis realizados de las aguas residuales y de la evaluación y diagnóstico Ambiental.

Localización de la Planta de Tratamiento y del Biorreactor

Macro localización: La planta de tratamiento de aguas residuales deberá ser ubicada en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo, cuya Macro localización de la planta se presenta en la figura 22, cuyas coordenadas son $0^{\circ}24'45.44''S$ y $79^{\circ}18'24.34''O$, sin embargo, previo a la fase de construcción de la PTAR en las Instalaciones de la Universidad, se deberá considerar parámetros de la calidad del agua a ser tratada, crecimiento poblacional, propiedades geotécnicas del suelo (sedimentación, tipo, profundidad) (Gobierno Autónomo Descentralizado de Loja, 2017), además se considerará los servicios de drenaje, caminos de acceso, energía eléctrica, superficie de área disponible (la Universidad cuenta con cerca de 160 hectáreas, aproximadamente) y aspectos económicos del mismo (Umapa Acambaro, 2008).

Figura 22

Macro localización donde podría ser ubicada la Planta de Tratamiento ESPE Sede Santo Domingo



Nota. Se identifica la macro localización donde podría estar ubicada la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la zona de estudio. Tomado de imagen (Google Earth, 2022)

Diagrama de los Procesos de Tratamiento de Aguas Residuales

Dimensionamiento de las unidades operacionales de tratamiento de las aguas residuales

Planta de Tratamiento de aguas Residuales: El diseño de la Planta fue estimado para aproximadamente 2513 hab/día (éste valor fue obtenido del cálculo de la población futura), considerando que, en la actualidad existen unas 1200 hab/día debido que se encuentran en funcionamiento 3 carreras, que incluyen personal docente, administrativo, personal de código de trabajo, y personal militar; así mismo, existen semovientes tales como ganado vacuno y porcino, área de acuicultura, área de avicultura (en la actualidad cuenta con un galpón automatizado) que se encuentran en las instalaciones de la Universidad; adicionalmente, se consideró un incremento poblacional donde se toma en cuenta el desarrollo de nuevas carreras, programas de maestría, personal que se incorporará a la institución.

Se determinó el dimensionamiento de la planta de tratamiento en la ESPE Sede Santo Domingo, para lo cual, se consideró parámetros: caudal, población, tipo de agua a tratar, sedimentación del agua residual, sólidos totales disueltos, DBO, DQO, sólidos sedimentados, color, aceites y grasas, densidad, presencia de microorganismos, nitritos, sulfatos, nitratos, nitrógeno amoniacal, oxígeno disuelto turbidez, temperatura, pH y conductividad.

Cálculo de la proyección futura, (hab)

La proyección de la población futura se determinó mediante una proyección demográfica, donde se utilizó el método geométrico, mediante la ecuación:

Ecuación 3

$$Pf = Pa * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde:

PF: Población futura o proyectada (Hab)

Pa: Población actual (hab.)

r: Tasa de crecimiento geométrico (%)

n: Período de proyección (años)

- Población actual: 1200 Hab
- Tasa de crecimiento: 3 % (número de estudiantes que ingresan anualmente, número de animales en producción que aumentan anualmente, número de docentes que incrementan por nivel)
- Período de diseño: 25 años

$$Pf = 1200hab * \left(1 + \frac{3\%}{100}\right)^{25}$$

$$Pf = 2513 hab$$

Para el cálculo de la población futura y por cuestiones de pandemia, se consideró los datos de operación en el momento de descarga, contando con la presencia de 50 personas aprox., considerando agua grises y negras, porcinos y ganadería, cuya descarga fue de 10969,69 L/día; estos datos fueron extrapolados a 1200 individuos que son los que deberían estar ocupando las instalaciones en condiciones normales. Se consideró las condiciones de un caudal mínimo de 10969,69 Litros/día (producción actual- promedio entre la producción de caudal de porcinos, ganadería y edificio administrativo) y máximo de 22853,53 litros/día, según el incremento del número de habitantes. Como se obtuvieron datos de caudal extremadamente bajos, para el dimensionamiento de las unidades de la Planta de Tratamiento, se tomó como referencia el promedio de descarga de aguas negras y gris por 170 L/ hab/día, según (CPE INEN, 1992), considerando las condiciones climáticas y el uso de las instalaciones en la Universidad; por lo que se sumó los 170L/hab/día a las descargas reales de porcinos y ganadería, obteniéndose un caudal de 170128,1 L/hab/día, el mismo que se consideró como caudal mínimo, sin embargo, como la planta fue dimensionada para 25 años, se obtuvo un caudal de 427130,70 L/día, el cual se tomará como caudal máximo, a partir del cual se hará la dimensión de las unidades de la Planta de Tratamiento.

En la siguiente tabla 13, se muestran las características promedio del agua residual de la Universidad, datos obtenidos de los análisis que se realizaron en los puntos de descarga

Tabla 13

Caracterización de las aguas residuales de la ESPE Sede Santo Domingo

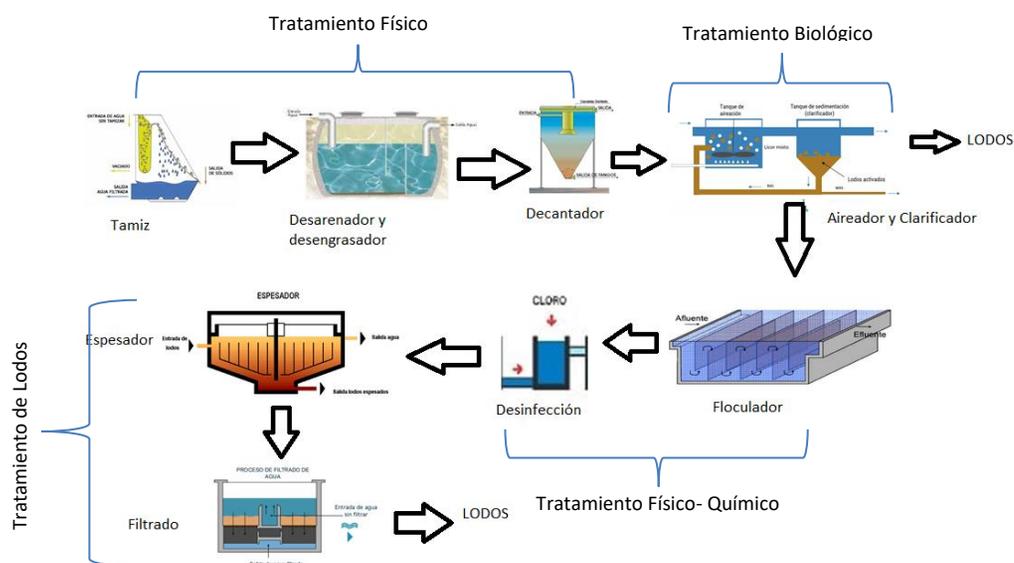
Parámetro	Afluente	Unidades
pH	8,88	U pH
Conductividad	1297,8	μS/cm
Turbiedad	746,6	NTU
SST	2133,3	mg/L
SSV	932,73	mg/L
DBO ₅	1734,61075	mg/L
DQO	2398,4799	mg/L
Aceites y grasas	1283,33	mg/L
Coliformes fecales	>2000	NMP/100ml
Color real	159	PCU
Material Flotante	Visible	
Nitratos+ Nitratos	896,94	mg/L
Nitrógeno total	1,06	mg/L
Sulfatos	156	mg/L
Temperatura	26,7	°C
Densidad	1,670	g/ml
Conductividad	1297,8	μS/cm
O.D.	2,82	mg/L

Nota. La tabla representa la caracterización promedio de las aguas residuales que se generan en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo

En base a los resultados se presentó un esquema para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales como de observa en figura 23

Figura 23

Representación gráfica de la Planta de Tratamiento en la ESPE Sede Santo Domingo

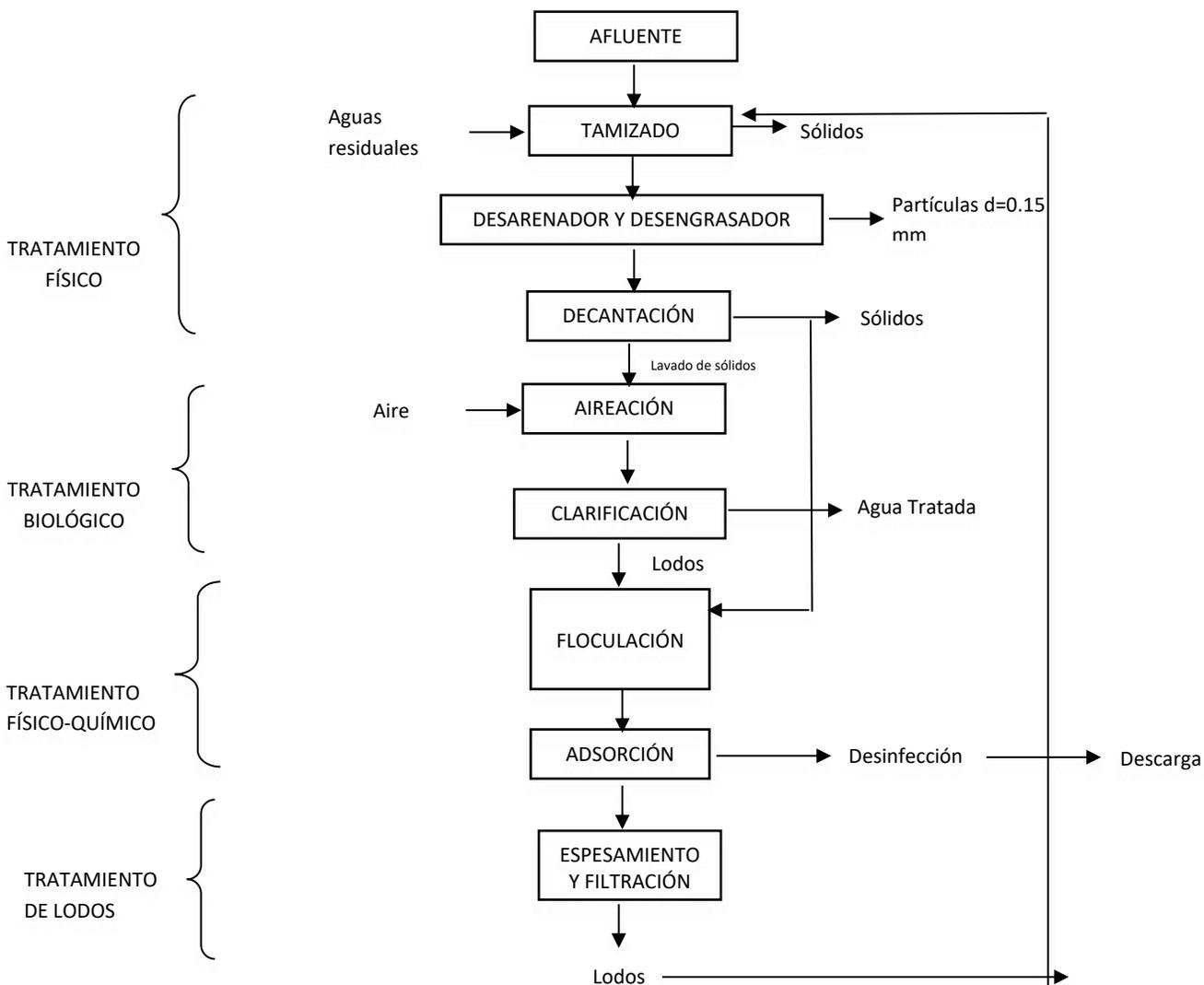


Nota. La figura representa la representación gráfica de la constitución de la Planta de Tratamiento en la ESPE Sede Santo Domingo

Para la selección del tipo procesos que se llevarán a cabo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales propuesta para la SEDE, se consideró la caracterización previa que tuvo el afluente (tabla 13), para lo cual el diagrama de flujo propuesto (figura 24), representa los pasos que constituyen un buen sistema de tratamiento de aguas residuales. Se aplicaría: Pretratamiento, para remover sólidos; tratamiento primario, para remover residuos orgánicos; tratamiento secundario, para remover materia orgánica y eliminar patógeno, y finalmente tratamiento terciario para eliminar contaminantes como pesticidas (Lozano, 2012).

Figura 24

Diagrama de flujo de la Planta de Tratamiento



Nota. El flujograma representa el orden en el que se propuso la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la ESPE Sede Santo Domingo

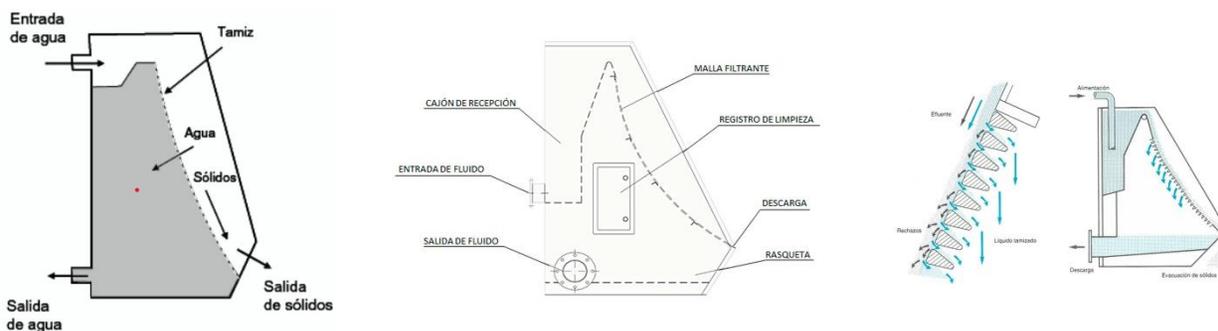
Determinación del Tamiz

Sobre la base de las características del agua a ser tratada (caudal m^3/h) y a la bibliografía consultada, se determinó que se aplicaría dos tamizados, debido que el agua proveniente de porcinos y ganadería, son aguas con alta carga de sólidos que al aplicar un tamiz con rejillas finas, se podría taponar, por lo que, en aguas residuales se debe realizar un pretratamiento con rejillas gruesas (tamiz

grosso) de limpieza manual para retener sólidos presentes en el agua residual, siendo óptimo rejillas con separaciones de $\frac{1}{2}$ pulg (12,5 mm) que permitiría la retención de algo de materia orgánica (Saltos- Arteaga & Zambrano- Pérez, 2009) el tamiz estático es óptimo para tratar el agua residual obtenida de porcinos, ganadería y aguas grises y negras, debido a que este equipo está diseñado para realizar la separación sólido/líquido, en todo tipo de aguas: potables, industriales y residuales, tiene la particularidad de que el fluido cargado con partículas sólidas pasa a través de la malla del tamiz donde se efectúa la separación, pasando el agua a través de la malla y el sólido siendo expulsado en la parte delantera de la malla, según el diagrama presentado en la figura 25, sería óptimo para este tipo de tratamiento, con una abertura del mismo de 0,15 mm, el mismo que se caracteriza por retener partículas desde 0,15 a 3 mm sin consumo energético; además la remoción de partículas sólidas pequeñas del agua residual trae como resultado la producción de un compost de alta calidad, y también, permite la remoción de arenas, incluso se han usado como unidades que reemplazan los tanques de sedimentación primaria, como se muestra en la tabla 14 (Empresa Andaluza GEDAR, Gestión de Aguas y Residuos) y (Saltos- Arteaga & Zambrano- Pérez, 2009); debido a que según los datos obtenidos de caudal máximo es de $44,5345 \text{ m}^3/\text{h}$, cabe mencionar que, pese a que un tamiz rotatorio es adecuado para este tipo de caudales, presenta la desventaja de utilizar mayor gasto energético y mayor desgaste de las piezas del tamiz (Lozano, 2012).

Figura 25

Diagrama del Tamiz Estático



Nota. La imagen representa el diagrama del tamiz estático que se propuso como parte de una de las unidades de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales. Tomado de (Empresa Andaluza GEDAR, Gestión de Aguas y Residuos)

Tabla 14

Características dimensionales del Tamiz Estático según las condiciones de caudal

Modelo	Caudal del Agua (M³/H)						
	Luz de paso de Malla (Mm)						
	0,15	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2
GTE 300	9	18	22	27	37	42	45
GTE 500	13	29	39	40	56	62	67
GTE 600	18	36	45	54	75	83	90
GTE 800	21	48	60	72	99	110	120
GTE 1000	25	60	75	90	125	138	150
GTE 1200	30	75	92	112	152	169	185
GTE 1500	36	90	110	135	180	200	220
GTE 2000	49	120	150	180	250	275	300

Nota. La tabla constituye el dimensionamiento del tamiz propuesto en las unidades de Tratamiento de las Aguas Residuales. Obtenido de (Empresa Andaluza GEDAR, Gestión de Aguas y Residuos)

Dimensionamiento del Desarenador- Desengrasador

Para el dimensionamiento del desarenador- desengrasador se siguió los siguientes criterios propuestos por (Lozano, 2012), como se muestran en la tabla 15.

Tabla 15*Criterio de diseño de desarenadores*

Parámetro	Valor o Rango
Carga superficial	<40 a 70 m ³ /m ² *h (a caudal punta)
Tiempo de Retención Hidráulica (+)	12 a 16 min (a caudal medio)
Caudal tratado por unidad	0,2 a 0,4 m ³ /s (a caudal medio)
Velocidad horizontal	0,02 a 0,07 m/s (a caudal medio)
Relación Longitud/ Ancho	1/1 a 3/1
Profundidad	2 a 5 m
Relación Profundidad/Ancho	1/1 a 3/1
Longitud	7,5 a 25 m
Ancho	3 a 8 m
Suministro de aire	0,5 a 2,0 m ³ /h*m ³ de tanque
Profundidad de los difusores	0,5 a 0,9 m respecto del fondo del tanque

Nota. La tabla representa las características mínimas que debe tener el desarenador como una de las unidades de la Planta de Tratamiento propuesta. Tomado de (Lozano, 2012)

Cálculo del volumen del desarenador, m³

Para el cálculo de los desarenadores- desengrasadores, se considera el caudal medio que fue de 21,27 m³/h y un caudal máximo de 53,39 m³/h. Para este caudal se proyectaron 2 canales de desengrasadores- desarenadores; conde cada uno tratará 11,135 m³/ h, con estos datos se calculó el volumen requerido, tomando un tiempo de retención requerido de 15 min para un caudal medio, de la siguiente manera (Lozano, 2012):

Ecuación 4

$$V = Q * TRH$$

Donde,

V= volumen requerido del desarenador- desengrasador (m³)

Q= caudal de agua requerida (m³/h)

TRH= Tiempo de retención hidráulica en la unidad (h)

$$V = 10,63 \frac{m^3}{h} * 15 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 2,66 \text{ m}^3$$

Cálculo del área superficial, (m²)

Se tomará como valor de carga superficial teórica de 20 m/h para la caudal punta, tomando como referencia la tabla 15. Con este valor, se estima el área superficial:

Ecuación 5

$$A_s = \frac{Q_p}{C_s}$$

Donde,

As= Área superficial del desarenador- desengrasador (m²)

Qp= caudal de ingreso en la unidad (m³/h)

Cs= Carga superficial teórica (m/h)

$$A_s = \frac{21,27 \text{ m}^3/\text{h}}{20 \text{ m/h}} = 1,06 \text{ m}^2$$

Cálculo del área transversal, (m²)

El área transversal de la unidad se calculó estimando una velocidad horizontal de flujo de 0,02 m/s trabajando con el caudal punta obtenido de la tabla 15 de especificaciones para el desarenador, según la siguiente ecuación:

Ecuación 6

$$A_t = \frac{Q_p}{V_h}$$

Donde,

A_t = Área Transversal de la unidad (m^2)

Q_p =Caudal de ingreso a la unidad (m^3/s)

V_h = Velocidad horizontal de flujo (teórico) (m/s)

$$A_t = \frac{0,00590723 \text{ m}^3/s}{0,02 \text{ m/s}} = 0,3 \text{ m}^2$$

Cálculo de la Longitud del Canal, (m)

Para la determinación de la longitud del canal, se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 7

$$L = \frac{v}{A_t}$$

Donde,

L = longitud del canal de la unidad (m)

V = volumen requerido del desarenador- desengrasador (m^3)

A_t = Área Transversal de la unidad (m^2)

$$L = \frac{2,658 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}^2} = 9 \text{ m}$$

Cálculo de la profundidad del canal, (m)

A continuación, se presenta los cálculos que se realizaron para determinar la profundidad útil del canal:

Ecuación 8

$$P_u = \frac{V}{A_s}$$

Donde,

P_u = profundidad útil del canal (m)

V = volumen requerido del desarenador- desengrasador (m^3)

As= Área superficial del desarenador- desengrasador (m²)

$$P_u = \frac{2,658 \text{ m}^3}{1,06 \text{ m}^2} = 2,5 \text{ m}$$

Cálculo del ancho del desarenador, (m)

Para dimensionar el ancho del desarenado, se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 9

$$A_d = \frac{V}{P_u * L}$$

Donde,

Ad= Ancho de desarenador (m)

Pu= profundidad útil del canal (m)

V= volumen requerido del desarenador- desengrasador (m³)

L= longitud del canal de la unidad (m)

$$A_d = \frac{2,6582 \text{ m}^3}{2,5\text{m} * 9\text{m}} = 0,12 \text{ m}$$

Según los datos de los parámetros sugeridos para el dimensionamiento de la unidad, se consideró la relación longitud/ancho es de 10/1 y la relación profundidad/ancho es 1/1, lo cual estaría dentro de los límites recomendados por las literaturas consultadas.

Cálculo de la zona de desengrasado, (m)

Se consideró adicionar un tercio más del ancho de la zona de desarenado, con el objetivo de proyectar la zona de desengrasado, la misma que tendrá una pantalla para separar, por lo que se realizó el cálculo para el ancho total de la unidad, de la siguiente manera:

Ecuación 10

$$A_t = A + \left(\frac{A}{3}\right)$$

Donde,

A_t = área total de la unidad (m)

A= ancho de la zona de desarenado (m)

$$A_t = 0,11814451m + \left(\frac{0,0,11814451m}{3} \right) = 0,04 m$$

Cálculo de ingreso de aire a la unidad, (m^3/h)

Para el cálculo del suministro de aire se asumió un valor de $0,5 m^3/h * m^3$ de tanque, debido al volumen y características del tanque se tomó el valor mínimo recomendado en la tabla 15 con la siguiente ecuación:

Ecuación 11

$$Aire = S_t * V$$

Donde,

Aire= Aire que ingresa a la Unidad (m^3/h)

S_t = Suministro de aire $m^3/h * m^3$ de tanque

V= volumen requerido del desarenador- desengrasador (m^3)

$$Aire = \frac{0,5m^3 \text{ aire}}{h * m^3} * 2,658 m^3 = 1,3 m^3/h$$

Dimensionamiento del Decantador

Para el diseño del decantador, se consideraron parámetros detallados en la tabla 16 (Lozano, 2012)

Tabla 16

Criterio de diseño para decantadores primarios

Parámetro	Valor o Rango
	2 a 3 horas (sin tratamiento secundario posterior y a caudal punta)
Tiempo de retención Hidráulico	1 a 2 horas (con tratamiento biológico posterior y a caudal punta)

Parámetro	Valor o Rango
Carga superficial	2 a 3 m ³ /m ² *h (a caudal punta)
Capacidad de tratamiento de cada unidad	< 0,25 m ³ /s (a caudal medio)
Carga sobre el vertedero	< 40 m ³ /h*m lineal del vertedero perimetral (a caudal punta)
Profundidad del decantador (en la vertical del vertedero de salida)	2,5 a 4,0 m
Pendiente de fondo hacia la poceta de fangos	2 a 8%
Relación diámetro/altura	2,5-8
Diámetro de la campana deflectora	15 a 20% del diámetro del decantador
Altura de la campana deflectora	33 a 20% de la profundidad del decantador
Velocidad máxima perimetral del puente del decantador	< 120 m/h
Características de la poceta de fangos	Tronco-cono invertido con una pendiente aprox. de 1:12 Capacidad de almacenamiento de lodos generados: entre 1 y 5 horas

Nota. La tabla representa el criterio de características mínimas que debe contener un decantador primario como unidad de tratamiento. Tomado de (Lozano, 2012)

Para el dimensionamiento del decantador, se tomó en consideración los parámetros del agua de descarga y las características del decantador primario.

Cálculo del volumen del decantador, (m³)

En base a la tabla escrita anteriormente, se calculó el volumen del decantador, considerando que se va a realizar un tratamiento biológico en el caudal máximo, de la siguiente manera:

Ecuación 12

$$Vd = Q \cdot TRH$$

Donde,

Vd= al volumen del decantador (m³)

Q= caudal (m³/h)

TRH: Tiempo de retención, que, en este caso, se tomó como referencia 2h, debido que se hará un tratamiento biológico (h)

Por lo tanto, el volumen del decantador sería:

$$Vd = Q \cdot TRH$$

$$Vd = 53,3913 \frac{m^3}{h} * 2h = 106,78 m^3$$

Cálculo de la superficie del decantador, (m²)

Para el cálculo de la superficie del decantador se utilizó la siguiente fórmula (Fernández, 2015-2016):

Ecuación 13

$$Sh (m^2) = \frac{Q(m^3/h)}{V (m/h)}$$

Siendo:

Sh: superficie, (m²)

Q: caudal, (m³/h)

V: velocidad ascensional del agua, o carga superficial, (m /h); considerando una carga de 2m/h, debido que se trabaja con el caudal máximo de ingreso; sin embargo, se considera el tipo de carga que ingresa y al haber gran cantidad de sólidos, la velocidad disminuiría

Para el caso del decantador propuesto para la PTAR, sería:

$$Sh (m^2) = \frac{53,3913372(m^3/h)}{2 (m/h)} = 106,78 m^2$$

Cálculo de la altura del decantador, (m)

Mientras que la altura del decantador sería:

Ecuación 14

$$h(m) = \frac{Vol (m^3)}{Sh (m^2)}$$

Siendo:

Sh: superficie, (m²)

Vol: volumen del decantador, (m³)

H: altura del decantador (m)

$$h(m) = \frac{106,78 (m^3)}{53,39 (m^2)} = 2 m$$

Cálculo del diámetro del decantador, (m)

Para el cálculo del área del decantador, se realizó mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 15

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 53,39 m^2}{\pi}} = 8,24 m$$

Según la tabla anteriormente escrita, la altura obtenida, estaría dentro de los límites recomendables, por lo que se aceptaría las dimensiones del decantador (INDITEX, 2013).

Cálculo de la carga del vertedero, $\frac{(m^3/h)}{m}$

Para la determinación de la carga del vertedero, se consideró la siguiente ecuación:

Ecuación 16

$$Perímetro = \pi * D$$

$$Perímetro = \pi * 8,24 m = 26 m$$

$$Carga\ sobre\ el\ vertedero = \frac{Q(m^3/h)}{Perímetro} = \frac{53,4 (m^3/h)}{26 m} = 2,1 \frac{(m^3/h)}{m}$$

El valor obtenido, está por debajo de lo recomendado, lo que evitará un efecto de succión sobre los fangos decantados en la unidad.

Lavado

Para el proceso de lavado se utilizaría un pequeño caudal de retorno de agua, sin expandir el material filtrante, inyectando aire comprimido; al no expandirse el material y la superficie se destruye por la inyección de aire, no habrá formación de bolas de fango. Durante la inyección de aire, puede variar el caudal de agua de lavado superior a 5 m³/h por m² para hacer más eficaz el proceso. Pueden emplearse varios métodos de aclarado, donde se mantenga constante el caudal de agua de retorno, hasta que el agua evacuada sea clara (Orellana, 2005).

Dimensionamiento de los Aireadores

El diseño del compresor está dado por parámetros (dimensiones del tanque, temperatura, caudal, DBO, DQO y materia orgánica suspendida) que determinan la potencia necesaria de los compresores para alimentar de aire el reactor de lodos activados (Alviz & Cueto, 2012). Se consideró los niveles de BDO y caudal máximo generado, de la siguiente manera:

Ecuación 17

$$1734,61075 \frac{mgDBO}{L} * \frac{1Kg\ DBO}{10^6 mg\ DBO} * \frac{10^3 L}{1m^3} * \frac{427,1 m^3}{día} = 741KgDBO / día$$

Cálculo del aire requerido para reducir 1Kg de DBO, m³Aire/min

Mediante la cantidad de DBO en el agua residual, se calculó la cantidad de aire requerido, para la reducción de 1 Kg de DBO, valor calculado experimentalmente, donde para reducir 1Kg de DBO se necesita 154 m³ de Aire (Alviz & Cueto, 2012):

Ecuación 18

$$\frac{740,905501 \text{ KgDBO}}{\text{día}} * \frac{154 \text{ m}^3 \text{ Aire}}{1 \text{ Kg DBO}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 79,2 \text{ m}^3 \text{ Aire/min}$$

En base a los resultados obtenidos de las ecuaciones anteriores, se calculó que para remover 1734,61075 mg DBO/L, se necesita un caudal de aire de 79,2 m³ aire/min

Cálculo de la presión hidrostática de los difusores, (Pa)

En los decantadores de alimentación central, se disponen difusores cuyo diámetro debe ser entre el 20 y 30% inferior al diámetro del tanque. La profundidad de los difusores debe ser de tal manera que se evite turbulencias y suspensión de los sólidos en el decantador, por lo tanto, la altura de los difusores puede estar entre 0,8 a 2 m aproximadamente (Pedreño, 2013-2014). Por lo que, en base a lo expuesto la altura referencia de los difusores será de un 20% del valor del diámetro del decantador, con el objetivo que no supere el valor recomendado por el autor.

Para el diseño de los difusores, se debió considerar, variables como la densidad del agua residual. El aire se debe suministrar por medio de un proceso de compresión para que pueda salir a través de los poros de los difusores; esto depende de si la presión del aire comprimido es superior a la presión absoluta que se ejerce sobre los difusores, la cual es resultado de la presión hidrostática del agua y la presión atmosférica, en base a ello, se calculó la presión hidrostática (Alviz & Cueto, 2012):

Ecuación 19

$$P_{H_2O} = p h g$$

Donde,

p=densidad del agua residual (kg/m³)

h= altura de la superficie del fluido

g= gravedad

$$P_{H_2O} = \frac{1670 \text{ Kg}}{\text{m}^3} * \frac{9,8 \text{ m}}{\text{s}^2} * 1,648 \text{ m} = \frac{26971,168 \text{ Kg}}{\text{m}} * \text{s}^2 \text{ Pa}$$

Convirtiendo unidades:

$$26971,168 \text{ Pa} * \frac{1 \text{ at}}{101325 \text{ Pa}} * \frac{14,7 \text{ psi}}{1 \text{ atm}} = 3,91 \text{ psi}$$

Por lo tanto, la presión absoluta sería:

Ecuación 20

$$P_A = P_{atm} + P_{H_2O}$$

$$P_A = 14,7 \text{ psi} + 3,91 \text{ psi} = 18,61 \text{ psi}$$

Se calculó el aumento de temperatura del aire en la compresión, teniendo en cuenta que la eficiencia de los compresores es del 80 % (Alviz & Cueto, 2012) y la temperatura ambiente de la zona, tiene un promedio de 26°C:

Ecuación 21

$$\Delta_t = \frac{T_1}{n} \left[\left[\frac{P_2}{P_1} \right]^{0,283} - 1 \right]$$

$$\Delta_t = \frac{273 + 26}{0,8} \left[\left[\frac{18,61}{14,7} \right]^{0,283} - 1 \right] = 25,82^\circ C$$

$$T_2 = T_1 + \Delta_t = 51,82^\circ C$$

Cálculo del caudal de entrada en el difusor, (m³/min)

Que corresponde al valor de la temperatura de salida del aire, las variaciones de temperatura generan variación en el caudal, por lo que se calculó el caudal de entrada para evitar daños en el sistema:

Ecuación 22

$$Q_1 = \frac{T_1 P_2 Q_2}{T_2 P_1}$$

$$Q_1 = \frac{(26^\circ C)(18,61 \text{ psi})((79,2 \text{ m}^3 \text{ Aire})/\text{min})}{(51,8153991^\circ C)(14,7 \text{ psi})} = 50,3 \text{ m}^3/\text{min}$$

Cálculo de la potencia del compresor, (HP)

Con estos cálculos se determinó la potencia del compresor:

Ecuación 23

$$P = \frac{0,22Q}{n} \left[\left(\frac{P_2}{14,7} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$P = \frac{0,22 * 1777,82 \text{ pie}^3 / \text{min}}{0,8} \left[\left(\frac{18,6129156}{14,7} \right)^{0,283} - 1 \right] = 33,8 \text{ HP}$$

Dimensionamiento de tanque floculador

En cuanto al proceso de clarificación del agua, éste consistiría en la separación de la fase líquida y sólida, mediante:

- *Coagulación*: neutralización de las cargas eléctricas y desestabilización de los coloides, para la posterior adsorción superficial de las partículas desestabilizadas sobre el hidróxido formado.
- *Floculación*: Proceso a través del cual los coágulos primarios formados se agregan entre sí a través de enlaces o puentes de unión, formando flóculos secundarios que pueden ser decantados por gravedad.

Por lo que en base a lo expuesto, a continuación, se dimensionan las unidades de coagulación y floculadores

La altura de agua de la unidad se toma un valor de 1,00 m de acuerdo al tipo de material de la pantalla para el floculador según criterios propuestos en investigaciones anteriores tabla 17 y tabla 18, por lo que se tomó la profundidad de $H_u = 1,10$ m:

Tabla 17

Criterios de diseño para un floculador hidráulico de flujo horizontal

Tipo De Pantalla	Profundidad	Unidad
Asbesto-cemento (A.C)	1,0	m
Madera	1,5-2,0	m

Nota. En la tabla se explica el tipo de pantalla que sería utilizado en el floculador de la Planta de

Tratamiento propuesta para la zona de estudio. Obtenido de (Quindigalle, 2015)

Tabla 18*Dimensiones específicas para cada tipo de pantalla*

Tipo De Pantalla	Coefficiente De Fricción Manning	Ancho (m)	Largo (m)	Espesor (m)
Asbesto-cemento corrugado	0,030	0,825	2,44	0,006
Asbesto-cemento plana	0,013	1,22	2,44	0,01
Madera	0,012	-	-	

Nota. Las dimensiones específicas de cada pantalla, permitirán determinar el tipo de pantalla a usar en el floculador como unidad de tratamiento propuesta. Obtenido de (Quindigalle, 2015)

Las pantallas de asbesto-cemento son ideales siempre y cuando el agua a tratar no sea ácida ni agresiva; pese a que la pantalla de madera ofrece mayor confiabilidad se considera las condiciones climáticas (para zonas húmedas o cálidas no es recomendable). Al utilizar la pantalla de asbesto-cemento corrugado disminuye la diferencia de gradiente de velocidad entre el canal y las vueltas, por lo que el ancho útil de las láminas corrugadas es de 0,825m. El espaciamiento entre el extremo de la pantalla y la pared del tanque, es decir, el paso de un canal a otro, deberá ser de 1,5 veces el espacio entre pantallas. El ancho de la unidad deberá ser igual a tres veces el ancho de la pantalla corrugada más el espaciamiento entre el extremo de las pantallas y la pared del tanque en el último tramo. De todas formas, las pantallas deben cruzarse como mínimo 1/3 del ancho de la unidad (Quindigalle, 2015).

Por lo general, los parámetros en los que opera un floculador son: gradiente de velocidad (energía hidráulica que se disipa o se pierde, se encuentra en un rango de 90 S^{-1} y 20 S^{-1}) y período de retención (Aguirre-Martínez, 2015). En la siguiente tabla 19, se proponen parámetros de diseño para floculadores hidráulicos

Tabla 19*Parámetros de diseño de flocladores hidráulicos*

Criterio	Gradiente de velocidad S⁻¹	T(min)	V (m/s)
Fair Geyer y Okun	Entre 20 y 75	10- 90	0,10- 0,90
Richter 1981	Entre 10 y 70	-	-
Arboleda 1975	Entre 10 y 100	15- 20	0,10- 0,60
CEPIS,OPS Y OMS	Entre 20 y 70	10- 60	0,10- 0,60
Smethurst	Entre 20 y 100	10- 60	0,15- 0,50
AWWA	Entre 5 y 100	10- 60	0,09- 0,30
Kawamura	Entre 10 y 50	-	-

Nota. Entre los parámetros de diseño propuesto por cada autor, se estableció el criterio de gradiente de Arboleda 1975. Obtenido de (Aguirre-Martínez, 2015) y (Andrade- Cáceres, 2015)

Cálculo del área del canal del floclador, (m²)

Para el cálculo del área del canal del floclador, se realizó de la siguiente manera:

Ecuación 24

El caudal máximo de diseño es 0,01483 m³ /s y una velocidad de flujo de 0,10 m/s (Quindigalle, 2015):

$$A_f = \frac{Q_{max}}{v}$$

Donde,

v = Velocidad del flujo de agua (m/s)

Q_{max} . d = Caudal máximo de diseño (m³ /s)

$$A_f = \frac{0,01483m^3/s}{0,10 m/s} = 0,14831 m^2$$

Cálculo del ancho del floclador, (m)

- Para el cálculo del ancho del canal de floclación, se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 25

$$a = \frac{A_f}{H_u}$$

Donde,

a= Ancho del floculador (m)

Af= Área del canal del floculador, (m²)

Hu= profundidad, (m)

$$a = \frac{0,14831 \text{ m}^2}{1,1 \text{ m}} = 0,135 \text{ m}$$

Cálculo del ancho de las vueltas del floculador, (m)

Para el cálculo del ancho de las vueltas de floculador, se tomó en consideración que el paso del canal a otro es de 1,5 veces más del espacio entre cada pantalla, por lo que se utilizó la ecuación:

Ecuación 26

$$d = 1,5a$$

Donde,

a= ancho de las vueltas del floculador

$$d = 0,20223991 \text{ m}$$

Cuando se utilizan pantallas de asbesto y cemento corrugado disminuye la gradiente de velocidad en el canal, por lo que se tomó como referencia la tabla 18, donde la lámina corrugada es 0,825m (Quindigalle, 2015).

Ecuación 27

$$B_f = 3b_{ac} + d$$

Donde,

bac= Ancho útil de la lámina A-C (m),

d = Ancho de las vueltas de la floculación (m)

B_f = Ancho del floculador (m)

$$B_f = 3 * 0,825 + 0,20223991 \text{ m} = 2,7 \text{ m}$$

Cálculo de la longitud efectiva del canal, (m)

Para el cálculo de la longitud efectiva del canal, se consideró la siguiente ecuación:

Ecuación 28

$$LE = B_f - d$$

Donde,

LE= Longitud efectiva del canal (m)

B_f = Ancho del floculador (m)

d = Ancho de las vueltas de la floculación (m)

$$LE = 2,7 \text{ m} - 0,20223991 = 2,5 \text{ m}$$

Cálculo de la distancia recorrida por el agua, (m)

La norma GOMELLA, determinó que la distancia recorrida del agua puede ser de 10 a 30 minutos, por lo que, para este caso, se consideró 10 minutos como tiempo mínimo para que ocurra el proceso de floculación (Quindigalle, 2015), y una velocidad de flujo de agua de 0,1 m/s, obtenido de la tabla 19:

Ecuación 29

$$L_c = vT_r$$

Donde,

L_c = Distancia recorrida por el agua, (m)

v = Velocidad del flujo de agua (m/s)

T_r = Tiempo de detención (min)

$$L_c = \frac{0,1m}{s} * 10 \text{ min} * 60s = 60m$$

Cálculo del número de canales del floculador, (unidades)

Con la determinación de la distancia recorrida del agua, se calculó el número de canales del floculador:

Ecuación 30

$$C_f = \frac{L_c}{B_f}$$

Donde,

C_f = Número de canales del floculador, (unidades)

L_c = Distancia recorrida por el agua (m)

B_f = Ancho del floculador (m)

$$C_f = \frac{60 \text{ m}}{2,67723991 \text{ m}} = 22 \text{ unidades}$$

Cálculo de la longitud del floculador, (m)

Para calcular la longitud del floculador:

Ecuación 31

$$L = C_f(d + es)$$

Donde,

L = Longitud del floculador, (m)

es = Espesor de la lámina A-C (m), dato tomado de la tabla 18

C_f = Número de canales (*unidades*)

d = Ancho de las vueltas de la floculación (m)

$$L = 22 * (0,20223991 \text{ m} + 0,006m) = 4,7 \text{ m}$$

Cálculo del volumen del floculador, (m³)

Cálculo del volumen del floculador:

Ecuación 32

$$V_f = L * B_f * H_u$$

$$V_f = 4,67m * 2,68 m * 1,1m = 13,7 m^3$$

Donde,

Hu: Profundidad (m)

Bf: ancho del floculador (m)

L: longitud del floculador (m)

Vf: Volumen del floculador (m)

Dimensionamiento sistema de adsorción

Se propuso el sistema de absorción CAG, debido que existen compuestos orgánicos presentes en el agua residual que son susceptibles de ser adsorbidos en carbón activo: pesticidas, herbicidas, disolventes aromáticos, compuestos polinucleares aromáticos, compuestos clorados aromáticos, fenoles, disolventes clorados, compuestos de alto peso molecular (APM), ácidos alifáticos y ácidos aromáticos; mientras que, las aminas BPM, nitrosaminas, glicoles y algunos éteres, no son susceptibles de ser adsorbidos en carbón activado. La adsorción en CAG (carbono activo granular) se propuso como tratamiento terciario de aguas residuales municipales e industriales o como un paso en el tratamiento fisicoquímico (coagulación, decantación, filtración, adsorción CAG) en lugar del tratamiento secundario (INDITEX; WATER AND ENVIROMENTAL ENGINEERING GROUP, 2014).

Para el caso del sistema de adsorción, se consideró el uso de la unidad de CAG de flujo continuo (carbón activado granular).

Cálculo del tiempo de contacto en el lecho vacío, (d)

Para el diseño de las columnas de CAG, se consideró: tiempo de contacto en lecho vacío (EBCT- *empty bed contact time*), carga hidráulica (HLR – *Hydraulic loading rate*), profundidad del lecho y número de filtros. El EBCT representa el tiempo de residencia teórico en el interior del filtro en ausencia

del medio filtrante. Por consiguiente, se trata de un parámetro ficticio cuyo significado ha sido objeto de debate con respecto al tratamiento (INDITEX; WATER AND ENVIROMENTAL ENGINEERING GROUP, 2014).

Para el cálculo de tiempo de contacto en lecho vacío (EBCT), tiempo de residencia teórico en el interior del filtro en ausencia del medio filtrante, se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 33

$$EBCT = \frac{V_B}{Q}$$

Donde,

V_B = volumen del lecho de CAG (m^3), para este caso, se tomará un volumen de $10 m^3$ (valor mínimo), debido al caudal del agua a tratar, según la tabla referencial (INDITEX; WATER AND ENVIROMENTAL ENGINEERING GROUP, 2014)

Q = caudal (m^3 /d)

$$EBCT = \frac{10m^3}{427,1 m^3/d} = 0,0234d = 33,71 min$$

Cálculo de la velocidad de filtración, (m/h)

Para el cálculo de la velocidad de filtración (velocidad de un líquido en un lecho vacío), se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 34

$$V_f = \frac{Q}{A}$$

Donde,

V_f = velocidad de filtración, (m/h)

Q = caudal (m^3 /d)

A = carga hidráulica superficial (m/h)

Se ha observado que las velocidades de filtración dentro del intervalo de 4,8 a 19,2 m/h no afectan la calidad del efluente del filtro, debido a la propia resistencia del floculo biológico (Molina-García, 2016). Tomando como referencia los parámetros de diseño de los filtros de (INDITEX; WATER AND ENVIROMENTAL ENGINEERING GROUP, 2014) para la carga hidráulica superficial, se considerará que para este caso se tomará 12m/h, por lo tanto, sería:

$$V_f = \frac{427,1m^3/d}{12 m/h} = \frac{35,6m}{d} = 1,49 m/h$$

Cálculo del rendimiento en volumen, (m³)

Para el cálculo del rendimiento en volumen (tiempo disponible antes del recambio del carbón activo por carbón activo regenerado) que atraviesa el reactor durante el tiempo de operación del filtro se tomó como referencia la tabla 2 de (INDITEX; WATER AND ENVIROMENTAL ENGINEERING GROUP, 2014) de los valores típicos de diseño de los filtros de carbón, sería:

Ecuación 35

$$V_l = Q * T_f$$

Donde,

Vl= rendimiento en volumen (m³)

Q= caudal (m³/min)

Tf= tiempo de operación del filtro, (min)

$$V_l = 0,2966 \frac{m^3}{min} * 30min = 8,90 m^3$$

Cálculo del volumen del lecho

Muestra la normalización entre el rendimiento en volumen y el volumen de lecho, permitiendo la comparación entre los rendimientos de eliminación entre distintos adsorbentes (INDITEX; WATER AND ENVIROMENTAL ENGINEERING GROUP, 2014). Cálculo del volumen del lecho:

Ecuación 36

$$BV = \frac{V_l}{V_B} = \frac{T_f}{EBCT}$$

Donde,

BV= volumen del lecho

VI= rendimiento en volumen (m³)

EBCT= tiempo de contacto en lecho vacío, (d)

Vb= volumen del lecho de CAG (L³), para este caso, se tomará un volumen de 10 m³ (valor mínimo)

$$BV = \frac{8,8985m^3}{10 m^3} = 0,88985$$

$$BV = \frac{30 \text{ min}}{33,71 \text{ min}} = 0,88985$$

Cálculo del ratio de uso de carbón, (kg CAG)

Para el cálculo del ratio de uso de carbón: es la masa de carbón activo requerido por unidad de volumen de agua tratada hasta el umbral, tomado de la tabla 2 de (INDITEX; WATER AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING GROUP, 2014).

Ecuación 37

$$CUR \left(\frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \right) = \frac{\text{masa de CAG en la columna}}{\text{volumen tratado hasta el umbral}}$$

$$CUR \left(\frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \right) = \frac{0,12 \text{ KgCAG/m}^3}{8,8985562 \text{ m}^3} = 1,06782 \text{ Kg CAG}$$

Desinfección

El proceso de desinfección, deberá llevarse a cabo con el objetivo de mejorar la calidad del agua, y así esta sea apta para ser descargada, vertida o reusada sin perturbar el ambiente, se utilizará desinfección con cloro para eliminar microorganismos patógenos, o de floculación para eliminar sólidos suspendidos; posterior, se considerará un proceso remoción física de sedimentación y decantación (Reyes-López, 2016). Debido a los altos niveles de patógenos (enterobacterias) que presentaron las

aguas residuales, se propuso un tratamiento químico mediante oxidación, uso de cloro, para la eliminación de bacterias patógenas. Los valores de cloro que se usan normalmente para diferentes aguas residuales, se basan en tener contacto de 15 a 30 minutos (Reyes-López, 2016) con un suministro de cloro de 10 a 30 mg/L. Para determinar la dosis y el tiempo óptimo en la desinfección, se considerará las características de la calidad del agua residual tales como: a) el tamaño, distribución y concentración de SST, b) la naturaleza de los organismos y c) componentes químicos que pueden reaccionar con el desinfectante (Reyes-López, 2016). En la siguiente tabla 20, se muestra la dosis aplicada de cloro según el tipo de efluente

Tabla 20

Dosis de cloro, según el tipo de efluente a tratar

Tipo de efluente	Dosis recomendada de cloro (mg/L)
Efluente primario 10 a 25 mg/L	10 a 25 mg/L
Efluente de filtros percoladores	5 a 15 mg/L
Efluente proveniente de lodos activados	4 a 10 mg/L
Efluente de lodos activados filtrados	4 a 8 mg/L
Efluente nitrificado	4 a 8 mg/L
Efluente de pozo séptico	10 a 30 mg/L

Nota. La tabla explica la dosificación de cloro que se aplicaría en el tratamiento de desinfección, dependiendo del tipo de efluente a tratar. Obtenido de (Reyes-López, 2016)

Para el tratamiento con cloro, se propone el cálculo de la preparación de la solución en el proceso de desinfección se deberá considerar la siguiente fórmula (Ministerio de Salud de Perú), sin embargo, aunque se deja planteada la formulación, cabe mencionar que, no es un cálculo que se

realizará en el presente documento, debido que se debe tener establecido el tipo de efluente y caudal a tratar luego de todos los procesos anteriores que se han establecido para la PTAR:

Ecuación 38

$$P = \frac{D * V}{(\% * 10)}$$

Donde:

P = Peso del producto (hipoclorito de calcio) en gramos a disolver en el tanque

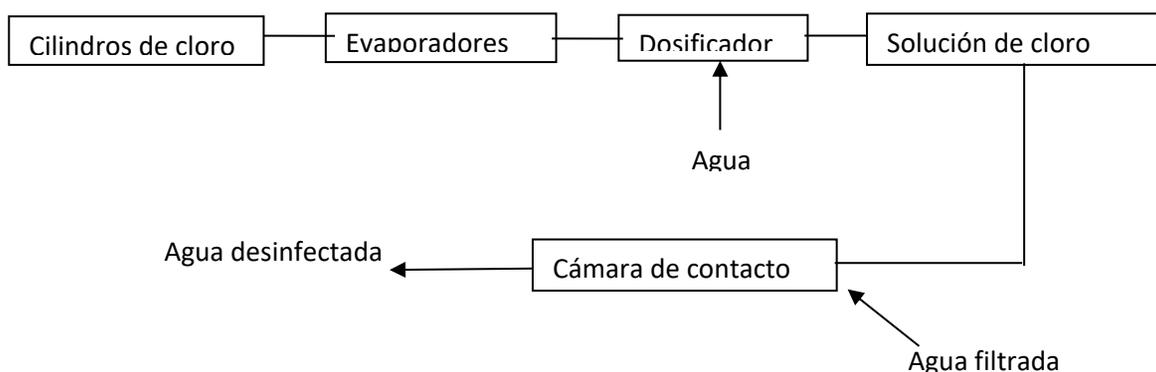
D = Dosis de cloro libre en mg/l de solución a prepararse (miligramos por litro (ppm)

V = Volumen de agua de la estructura a desinfectar en litros.

%= Porcentaje de cloro libre del compuesto clorado (HTH : 65%, 70%)

10=Factor para que el resultado sea expresado en gramos del producto

Figura 26 *Proceso de desinfección*



Nota. Proceso de desinfección con cloro gas en un proceso de Planta de Tratamiento de Aguas

Residuales. Obtenido de (Castro, 2002)

La dosificación del cloro dependería de las condiciones de caudal en la que trabajará la planta, de la demanda de cloro y del cloro residual que se medirá cada 2 horas. Básicamente, el proceso inicia con los cilindros que contienen cloro, el mismo que pasa a través de evaporadores, que son intercambiadores de calor donde entra el agua a 82°C y cloro líquido, cambian a fase gaseosa; con una temperatura menor

a 75°C, el cloro pasa a la siguiente fase, cerrándose la válvula para evitar que se realice la mezcla sin que el cloro este en estado gaseoso. Posterior, el cloro entra en contacto con el agua (figura 26) (Castro, 2002)., sin embargo, para los diferentes afluentes (Reyes-López, 2016), propone dosis de cloro para distintos tipos de efluentes, como se muestra en la tabla 20

Dimensionamiento del espesador

Para el dimensionamiento, se consideraron parámetros como la velocidad ascensional y la carga de sólidos de la tabla 2 de (INDITEX; WATER AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING GROUP, 2015), tomando como referencia los parámetros de fangos estabilizados o digestión aerobia.

Cálculo de la superficie horizontal del espesador, (m²)

Para la determinación de la velocidad ascensional (se basa en el caudal que realmente atraviesa la unidad, es decir, aquel caudal que sale por el o los vertederos superficiales de salida (caudal efluente), se consideró la siguiente ecuación (INDITEX; WATER AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING GROUP, 2015):

Ecuación 39

$$V_{ASC} = \frac{Q}{A}$$

Donde,

VASC = velocidad ascensional (m/h), se tomó como referencia 0,45 m/h según la tabla 2 de los parámetros de diseño generales para los espesadores para fangos estabilizados o digestión aerobia (INDITEX; WATER AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING GROUP, 2015)

Q = caudal de fango enviado a la unidad de espesado (m³ /h)

A = superficie horizontal del espesador (m²)

$$A = \frac{17,80 \text{ m}^3/\text{h}}{0,45 \text{ m/h}} = 39,5\text{m}^2$$

Cálculo de carga de sólidos en el espesador, (kg SS/m² /h)

Para la determinación de la carga de sólidos, se utilizó la siguiente ecuación (INDITEX; WATER AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING GROUP, 2015):

Ecuación 40

$$CS = \frac{Q \cdot x}{A}$$

Donde,

CS = carga de sólidos (kg SS/m² /h)

Q = caudal de fangos a la unidad de espesado (L/h)

X = concentración de sólidos (Kg/L)

A = superficie horizontal del espesador (m²)

$$CS = \frac{0,0027567Kg/L * 17797,1124L/h}{39,55m^2} = 1,240515KgSS/m^2/h$$

Cálculo del tiempo de retención hidráulica del espesador, (h)

Cálculo del tiempo de retención hidráulica, en este punto, se tomó como referencia las especificaciones mencionadas por (INDITEX; WATER AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING GROUP, 2015), que para el TRH es menor a 24 horas para fangos estabilizados o digestión aerobia; por lo que, en base a ello, se calculó la altura del espesador:

Ecuación 41

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{Ah}{Q}$$

Donde,

TRH = tiempo de retención hidráulica (horas)

h = calado bajo vertedero (m)

V = volumen útil de espesamiento (m³)

$$TRH = \frac{Ah}{Q}$$

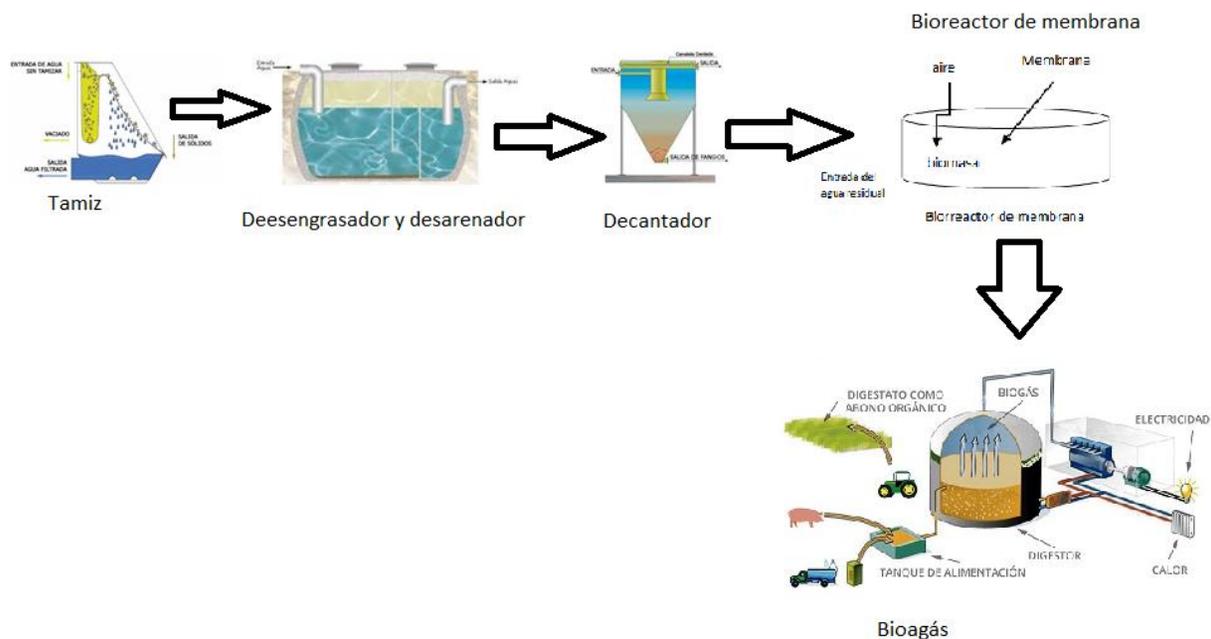
$$24h = \frac{39,5 \text{ m}^2 * h}{17,8 \text{ m}^3/h}$$

$$H = 10,8 \text{ m}$$

Diagrama del Biorreactor de Membrana: Con los datos que se obtuvieron se procedió a seleccionar el tipo de membrana a utilizar, la cual permitiría conocer el caudal de permeado. El objetivo y diseño de un biorreactor de membrana se basó en la eliminación del DBO soluble y compuestos nitrogenados, además la membrana contribuiría a la retención de los sólidos en suspensión, virus y bacterias, que produciría un efluente con baja turbidez y reduciría el porcentaje de virus y enterobacterias (*E. coli*).

Figura 27

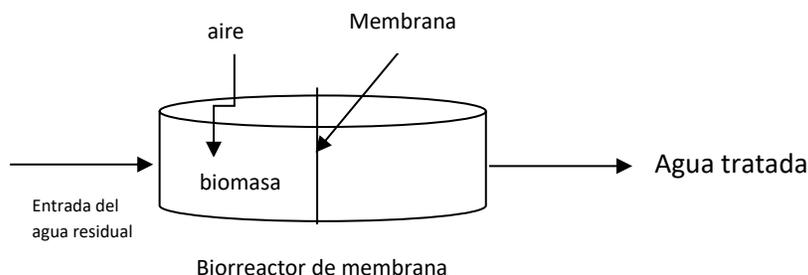
Diagrama del proceso con biorreactor de membrana



Nota. El diagrama representa las unidades que se encontrarían formando parte del sistema de tratamiento de aguas residuales, donde se aplicaría tamiz, desengrasador y desarenador, decantador y finalmente el biorreactor de membrana, dependiendo de las características del agua a tratar

Figura 28

Diagrama de flujo del biorreactor de Membrana



Nota. Los diagramas de las figura 16 y 17, se presentan de manera general el fundamento del Biorreactor de Membrana en el cual el agua residual entraría en el biorreactor, donde se pondría en contacto con la biomasa, produciéndose reacciones biológicas que degradarían la materia orgánica, la mezcla producida, sería bombeada bajo presión, filtrándose a través de la membrana; el efluente sería descargado del sistema, mientras que la biomasa sería devuelta al biorreactor.

A continuación, se detallan los cálculos de los parámetros (tabla 21) para el diseño del biológico, para lo cual realizó análisis de las aguas residuales generadas en la Universidad.

Tabla 21

Características del agua residual de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Santo Domingo

Parámetros	Valor obtenido de los análisis	Unidades
Sólidos suspendidos	2756,7	mg/L
DBO ₅	1734,61075	mg/L
DQO	2398,4799	mg/L
Caudal	427,1	m ³ /d

Nota. La tabla representa la caracterización del agua residual analizada en los puntos de descarga

Para optimizar el proceso, se debió seguir varias etapas, tales como: pretratamiento, degradación biológica, y filtración en la membrana de ultrafiltración.

El pretratamiento consistirá en la utilización de tamices de 0,5mm para evitar el colapso del sistema, además del uso de desarenador para eliminar partículas con un diámetro superior al 0,2mm y el uso de un desengrasador para la eliminación de grasas por encima de los 1200 ppm, debido que los resultados finales mostraron que las aguas residuales, tienen una alta concentración de aceites y grasas.

Cálculo de carga másica, cm

Un biorreactor de membrana opera con concentraciones de sólidos en el reactor de 11.000 – 15.000 mg/l. Para el control del proceso del reactor propiamente dicho, se determinó la carga másica (Centro Canario del Agua, 2003), mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 42

$$Cm = \frac{DBO_5 \left(\frac{mg}{L} \right) * Q \left(\frac{m^3}{d} \right)}{MLSS \left(\frac{mg}{L} \right) * V_{reactor}}$$

donde,

DBO₅ = entrada del efluente (mg/L)

Q = Caudal de entrada del efluente, (m³/d)

MLSS = Mezcla de licor de sólidos suspendidos volátiles en el interior del reactor (mg/L)

V_{reactor} = Volumen del efluente en el reactor (m³)

Cuando se trata de proceso convencional de fangos activados, generalmente la concentración de sólidos en el reactor es de 3.000 mg/L; por lo que, un biorreactor de membrana permite operar con concentraciones de sólidos en el reactor de 11.000 – 15.000 mg/L; tomando ésta referencia, se considera que, el valor de la carga másica en este tipo de sistemas se estima que no se alejará mucho de los valores con los que se opera en un proceso convencional de fangos activados puesto que la producción de fangos es muy pequeña (Centro Canario del Agua, 2003). Con los resultados de los análisis realizados a las aguas residuales, se obtuvieron los datos del DBO₅, por lo que se planteó que el sistema trabajaría a Cm= 0,629 Kg DBO₅/ d por Kg de MLSS en el reactor (valor obtenido de la

multiplicación de la carga contaminante por el caudal máx). Con un caudal de entrada de 17,8 m³/h, cabe mencionar que se trabajó con el caudal máximo calculado de descarga de aguas negras y grises, ganadería y porcinos, según el crecimiento poblacional. En los análisis realizados, se encontró la concentración de sólidos en 2756,7 mg/l, sin embargo, se tomó la mayor concentración de sólidos que puede retener un biorreactor, debido que se consideró un aumento de aguas residuales con la apertura de otras carreras y aumento de personal.

Cálculo del volumen del reactor, m³

Teniendo en cuenta los valores de las aguas residuales obtenidas, se calculó el volumen que tendría el reactor, despejando la ecuación 3 de la siguiente manera:

Ecuación 43

$$V_{reactor} = \frac{1734,61075 \left(\frac{mg}{L}\right) * \frac{24h}{d} * 427130,698 L/h}{11000 \frac{mg}{L} * 0,629}$$

$$V_{reactor} = 0,25 m^3$$

Cálculo de la carga volumétrica, Kg(DBO₅)/m³

Cuando se habla de carga que entra al biorreactor como los Kg de sustrato aportado al reactor por metro cúbico, se trata de la carga volumétrica. En base al cálculo del volumen, se pudo expresar la carga que entraría al reactor (kg del sustrato/ m³), lo que constituye la carga volumétrica (INDITEX, 2015):

Ecuación 44

$$Cv = \frac{DBO_5 \left(\frac{mg}{L}\right) * \frac{1}{1000} * Q \left(\frac{m^3}{d}\right)}{V_{aireación} (m^3)}$$

Donde:

DBO₅ = entrada del efluente (mg/L)

Q = Caudal de entrada del efluente, (L/d)

Vreactor = Volumen del efluente en el reactor (m³)

$$Cv = \frac{1734,61075 \left(\frac{mg}{L}\right) * \frac{1}{1000} * 427130,698 \left(\frac{L}{d}\right)}{0,25060909 m^3} = 2956,41909 Kg(DBO_5)/m^3$$

Cálculo tiempo de retención hidráulica, (h)

Dentro del diseño del reactor, también se consideró el tiempo de permanencia del agua en el volumen del reactor (tiempo de retención hidráulico), aplicando la siguiente fórmula (Centro Canario del Agua, 2003):

Ecuación 45

$$TRH = \frac{Vaireación (m^3)}{Q \left(\frac{m^3}{d}\right)}$$

Donde:

Q = Caudal de entrada del efluente, (m³/d)

Vreactor = Volumen del efluente en el reactor (m³)

$$TRH = \frac{0,25060909 m^3}{427,1 \left(\frac{m^3}{d}\right)} = 0,00058673 d = 0,014H = 0,845 min$$

Cálculo de la producción de fango, (Kg/d)

El tiempo de retención celular, tiempo de retención de sólidos o edad del fango es el tiempo medio de retención de la biomasa en el reactor. La mayoría de los reactores de membrana operan con edades de fango elevadas, por lo que se tomó de referencia que la edad del fango sería de 24 d, es así que, en base a los resultados y utilizando la fórmula anterior, se determinó la producción del fango que opera en un sistema de la siguiente manera (Centro Canario del Agua, 2003):

Ecuación 46

$$EF = \frac{MLSS \left(\frac{mg}{L}\right) * Vaireación}{1000 * Pf \left(\frac{Kg}{d}\right)}$$

Donde,

Q = Caudal de entrada del efluente, (m³/d)

MLSS = Mezcla de licor de sólidos suspendidos volátiles en el interior del reactor (mg/L)

Vaireación = Volumen del efluente en el reactor (m³)

Pf = producción de fangos (kg/d)

$$Pf \text{ (Kg/d)} = \frac{MLSS \left(\frac{mg}{L}\right) * Vaireación}{1000 * EF}$$

$$Pf \left(\frac{Kg}{d}\right) = \frac{11000 \left(\frac{mg}{L}\right) * 0,25060909 \text{ m}^3}{1000 * 24d} = 0,1148625 \text{ Kg/d}$$

Se tomó en consideración la entrada del efluente con una DQO de entrada en el reactor de 2241,3 mg/l y un rendimiento del 70% de la membrana de ultrafiltración sumergida, que equivale a 0,002 Kg SS/ Kg DQO eliminada

Cálculo de la purga, (m³/d)

Dentro del proceso del reactor, se consideró la purga y decantabilidad de la biomasa directamente del reactor, debido que se generaría un fango viscoso, lo que se vuelve significativo cuando su concentración es superior a 25 g/l, la biomasa extraída, sería llevada a un proceso de centrífuga para su deshidratación (Centro Canario del Agua, 2003). Con el cálculo de la producción de fangos, se realizó el cálculo de la purga, de la siguiente manera (Jerez, 2017):

Ecuación 47

$$Qp = \frac{Pf}{MLSS}$$

Donde,

Pf= producción de fangos que contienen el reactor (Kg SS/día)

MLSS sólidos en suspensión en el licor de mezcla del biorreactor (Kg SSLM/m³)

$$Q_p = \frac{0,1148625 \text{ Kg /d}}{11000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0,010 \text{ m}^3/\text{d}$$

Además de los parámetros descritos anteriormente, también se consideró la tasa de circulación, es decir, el caudal de recirculación entre el caudal de entrada, donde la tasa de recirculación debería garantizar una concentración sólidos volátiles en el interior del reactor (MLSS) de 11000- 15000 mg/L; la alta concentración de MLSS, juntamente con la carga másica, favorecería la adaptación de las bacterias para degradar el sustrato.

En el sistema, también se debió tomar en consideración la incorporación de oxígeno para oxidar la materia orgánica, debido a la elevada concentración de materia orgánica y microorganismos, así como el tipo de membrana que ingresaría en el reactor, ésta sería de ultrafiltración, la cual es utilizada normalmente para el tratamiento de aguas residuales, con un rendimiento del 70% (Muñi, Paéz, Faría, Ferrer, & Ramones, 2005).

Capítulo IV: Resultados y Discusión

Análisis de aguas residuales

El proceso para realizar los análisis de las aguas residuales consistió en la determinación del caudal de cada uno de los puntos de descarga, obteniéndose los siguientes resultados (tabla 22).

Tabla 22

Tabla de distribución de descarga de aguas residuales en la ESPE Sede Santo Domingo

Área de Descarga	Volumen Aprox (L/Día)
Área de ganadería	61,52
Área de porcinos	66,58
Zona A1 edificio Administrativo (Aguas Grises y Negras)	170000*
Total	170128,1

Nota: El valor obtenido de la zona A1 del edificio administrativo, corresponde a un valor calculado.

Obtenido de (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992)

A continuación, se explica los resultados que se obtuvieron de los análisis físicos, químicos y microbiológicos que fueron comparados con la normativa ambiental vigente

Análisis Microbiológico

En base a los resultados del análisis microbiológico realizado, se determinó que, en los puntos de descarga tomados como referencia, existe presencia de microorganismos patógenos tales como *E. coli*, además de encontrarse aerobios totales, coliformes y presencia de enterobacterias, resultados que fueron corroborados mediante aislamiento y tinción gram; encontrándose bacterias Gram (-) (apéndice 5). En la tabla 23 y figura 29, se muestran los resultados obtenidos por cada punto de descarga

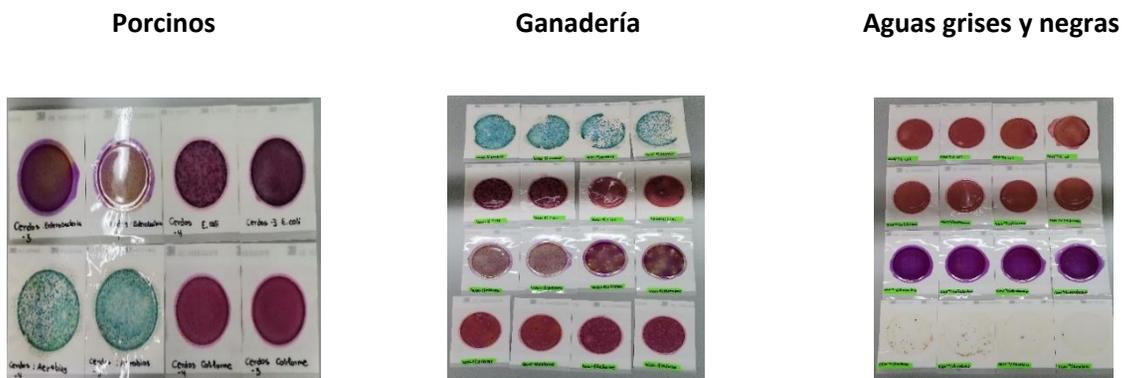
Tabla 23

Datos obtenidos, análisis microbiológico de los puntos de descarga

Punto de descarga	Aerobios	Enterobacterias	<i>E. Coli</i>	Coliformes totales
Porcinos	$5,1 \times 10^6 \text{ ufc/ml}$	$4,3 \times 10^6 \text{ ufc/ml}$	$3,4 \times 10^6 \text{ ufc/ml}$	$4,9 \times 10^6 \text{ ufc/ml}$
Ganadería	$3,3 \times 10^6 \text{ ufc/ml}$	$1,1 \times 10^6 \text{ ufc/ml}$	$4,5 \times 10^5 \text{ ufc/ml}$	$8,4 \times 10^5 \text{ ufc/ml}$
Aguas Grises y Negras	$5,1 \times 10^5 \text{ ufc/ml}$	$1,4 \times 10^5 \text{ ufc/ml}$	$3 \times 10^5 \text{ ufc/ml}$	$2,2 \times 10^5 \text{ ufc/ml}$

Nota. Análisis microbiológico obtenido de las aguas residuales en los puntos de descarga, siendo > 2000 NMP/100ml

Los resultados obtenidos fueron transformados a NMP/100ml; sin embargo, se obtuvieron datos fuera de norma, por lo que se reportó que se encuentran valores superiores a $> 2000 \text{ NMP/100ml}$

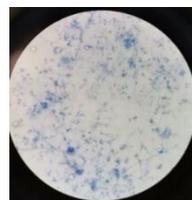
Figura 29 Análisis Microbiológico en cajas petrifilm

Nota. El análisis microbiológico determinó que existe más de > 2000 NMP/100ml.

Además, se determinó la presencia de hongos y levaduras; los hongos fueron identificados como: *Fusarium* sp., y *Penicillium* sp. como se puede observar en la figura 30

Figura 30

Vista macro y microscópica de hongos identificados en los puntos de descarga de aguas residuales

Vista microscópica de hongos presentes en aguas residuales de la Sede***Fusarium sp.******Penicillium sp.*****Vista macroscópica aislamiento e identificación de hongos presentes en aguas residuales**

Nota. Determinación presencia de hongos patógenos en el agua residual

Resultados Análisis Físicoquímicos

En la siguiente tabla (tabla 24), se muestran los resultados de los análisis físico y químicos, realizados a las muestras de aguas residuales de la Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo; estos resultados, fueron comparados mediante la normativa legal vigente, para determinar la existencia de contaminantes y las inconformidades presentes

Tabla 24

Comparación entre límite máximo permisible del TULSMA para descarga en cuerpos de agua dulce y los resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados para las aguas residuales en los puntos de descarga.

Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), Libro IV, Anexo 1 Tabla 9				Resultados Obtenidos De Los Análisis En Los Puntos De Descarga			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permisible	Punto 1 (porcinos)	Punto 2 (Ganadería)	Punto 3 (aguas grises y negras)	Cumple
Aceites y grasas	Sustancias Solubles en hexano	mg/l	30	550,0	2540,0	760,0	NO
Coliformes Fecales	NMP/100ml		2000	> 2000	> 2000	> 2000	NO
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20	185 PCU	199 PCU	93 PCU	NO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O5.	mg/l	100	2090,16	1406,1	100	NO, con excepción del punto de descarga 3, que está en el límite de descarga
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O	mg/l	200	3092,0	1757,7	122,9	NO, con excepción del punto de descarga 3

Materia Flotante	Visibles		Ausencia	visible	visibles	ausencia	NO, con excepción del punto de descarga 3
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0	2,06	0,34	0,8	SI
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9	9,04	9,44	8,14	NO
Sólidos suspendidos totales		mg/l	130	2756,6	15	26,6	SI, con excepción del punto de descarga 1
sólidos totales		mg/l	1600	5000	1200	200	SI, con excepción del punto de descarga 1
Sulfatos	SO ₄	mg/l	1000	460	3	5	SI
Temperatura	°C		Condición natural ± 3	26,7	27,1	26,5	SI

Nota. Comparación de los resultados de las aguas residuales de ganadería, porcinos y edificio administrativo, con la normativa legal vigente, determinándose que la mayoría de los parámetros no cumplen con la normativa.

Los resultados microbiológicos y fisicoquímicos que se presentaron en la tabla 20 y 21 respectivamente, muestran que las aguas residuales generadas en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo, no cumplen con los parámetros de calidad mínimos para ser descargados en cuerpos de agua dulce, de acuerdo a la normativa legal vigente (Anexo1, Libro IV, Tulsma), así, por ejemplo, en el caso de los microorganismos patógenos, se encontró presencia de *E. coli*, cuyas concentración fue superior a $> 2000 \text{ MNP}/100\text{ml}$, lo cual está por encima de lo permitido en la

normativa, cuyo límite permisible es 2000, de igual manera, se encontró coliformes, que constituyen indicadores de presencia de material fecal, determinándose la contaminación del agua, como mencionan (Larrea-Murrell, Rojas-Badía, Romeu-Álvarez, Rojas-Hernández, & Heydrich-Pérez, 2013), para la determinación de la calidad microbiológica de los ecosistemas acuáticos, se utilizan las bacterias como indicadoras de contaminación fecal, entre las cuales se encuentran bacterias: coliformes fecales y totales, coincidiendo con lo mencionado por (Rock & Rivera, 2014) quienes expresan que existe alta probabilidad de agentes patógenos en materia fecal humana y animal, pudiendo causar enfermedades; los animales como el ganado vacuno, porcino y gallinas, llevan consigo patógenos que pueden causar enfermedades zoonóticas.

Se verificaron los resultados de cada uno de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos obtenidos de los tres puntos de descarga de las aguas residuales: porcinos, ganadería y edificio administrativo, se pudo determinar que 7 de los 12 parámetros analizados, poseen altas concentraciones del contaminante y que se encuentran fuera de norma; de los cuales, los que mayor interés presentan son las concentraciones de DBO_5 , DQO, coliformes totales, SST a partir de los cuales se toma como referencia a fin de presentar alternativas para tratar las aguas residuales; un trabajo similar, fue presentado por (Palomino, 2018), el cual analiza 5 puntos de descarga de aguas residuales en el río Mashcón, encontrando mayores concentraciones de DBO_5 , DQO, coliformes fecales y SST en los distintos puntos de descarga, atribuyendo la contaminación al desarrollo urbano y actividades de agricultura y ganadería, además menciona que, al existir alteraciones en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos analizados éstos pueden alterar el ecosistema acuático y modificar el hábitat donde se desarrollan los organismos propios de la zona; de igual forma lo mencionan (Rivera, Pinilla, & Rangel, 2013) y (Gil, 2014), éstos autores, señalan que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, tienen una correlación con los factores ambientales y la diversidad de las comunidades de organismos bentónicos.

Según la literatura consultada, además de los parámetros analizados según la normativa legal vigente, también se puede llevar a cabo análisis tales como: densidad, conductividad, oxígeno disuelto, pH, sólidos sedimentables, nitritos y nitratos y turbidez obteniéndose los siguientes resultados (tabla 25)

Tabla 25

Parámetros adicionales que se analizaron en las aguas residuales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo

Parámetros adicionales evaluados de los puntos de descarga					
Parámetro	Expresado como	Unidad	Punto 1 (Porcinos)	Punto 2 (Ganadería)	Punto 3 (Aguas Grises y negras- Edificio Administrativo)
Densidad		g/ml	1,67544	1,68062	1,6568
Conductividad		μS/cm	2919	929,6	44,8
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/L	0,74	0,62	7,12
Turbidez		NTU	1500, 0	720, 0	20, 0
Nitratos+		mg/l	2641,9	25,823	23,099
Nitritos					
Sólidos Sedimentables		mg/l	175	100	3

Nota. Estos parámetros que permitieron determinar el tipo de tratamiento se pudieran aplicar a las aguas residuales

Si bien es cierto, el parámetro de la densidad no está bajo normativa, fue importante su medición debido que a partir de este, se procedió a realizar el dimensionamiento de equipos para la planta de tratamiento, como lo explican (Granja & Tapia, 2013), quienes manifiestan que la densidad es

una característica importante de la que dependen las corrientes de densidad de los fangos de sedimentación, por lo que al considerar un tratamiento mediante decantación en una planta de tratamiento las partículas de densidad superior, comienzan a descender. En cuanto al valor de la conductividad obtenida, fue superior al recomendado por (Quispe-Baldeón, Arias-Chavez, Martínez-Suárez, & Cruz-Guaranga, 2017), esto puede deberse a las aguas residuales domésticas, cuyos efluentes son producidos por las actividades de la rutina diaria del ser humano, las descargas son a través de sistemas de alcantarillado o de vertimientos directos sobre el ambiente (Osorio- Rivera, Carrillo-Barahona, Negrete-Costales, Loo-Lalvay, & Riera-Guachichullca, 2021), el cual suele elevar la conductividad a valores de entre 1.000 y 2.000 μ Siemens/cm, lo que significa gran carga de sales disueltas. En relación al oxígeno disuelto, la mayor concentración se obtuvo en las aguas grises y negras, mientras que, en los puntos de descarga de porcinos y ganadería, el OD., estuvo por debajo de 1mg/l, lo que según (Fiorela-Núñez, 2016), los valores inferiores a 3 ppm de OD. son dañinos para el ecosistema, llevando a la hipoxia del mismo, lo que significa que se induce a un estrés por falta de oxígeno en los organismos vivos al privarlos de un adecuado suministro de oxígeno a nivel de los tejidos (Internacional Union for Conservation of Nature, UICN, 2019)

El pH medido, osciló entre 8 a 9 en las muestras de aguas residuales, sin embargo, según (Quispe-Baldeón, Arias-Chavez, Martínez-Suárez, & Cruz-Guaranga, 2017), son límites aceptados, ya que es la mayor parte de la vida biológica, se desarrolla en pH 9, por lo que la normativa (Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua, 2015) permite un pH de hasta 9.

En el parámetro de turbidez, se obtuvo el valor más alto en porcinos, esto puede ser debido a la presencia de partículas suspendidas en el agua, provenientes del alimento y del metabolismo propio de los cerdos. La turbidez se justifica además por los sedimentos, vertidos industriales y por el plancton

existente en los cuerpos de agua, como lo menciona (Sardiñas-Peña, Chiroles, Fernández, Hernández, & Pérez, 2006), debido que, para aguas superficiales, el valor normal es de 0-10 NTU.

Para el caso de los nitritos y nitratos, se obtuvo el valor más alto en porcinos, esto puede ser debido a la úrea originada de la orina de los cerdos y descomposición de la materia orgánica proveniente de las áreas de ganadería, cerdos y aguas grises y negras. Los nitratos y nitritos en el agua, constituyen un indicador de la calidad del agua; a pesar que ambos compuestos están relacionados con los ciclos del agua y suelo, para el caso de los nitratos, éstos pueden ser añadidos con la utilización de fertilizantes; mientras que, los nitritos se forman por la biodegradación de nitratos y otros compuestos orgánicos nitrogenado, y son utilizados como indicadores de la contaminación fecal en los cuerpos de agua. Los nitritos pueden producir compuestos cancerígenos (nitrosaminas) e interaccionan con los glóbulos rojos de la sangre produciendo metahemoglobinemia que impide el transporte de oxígeno al cuerpo (Cabrera Molina, Hernández Garciadiego, Gómez Ruíz, & Cañizares Macías, 2003); mientras que los nitratos son perjudiciales para los niños, en concentraciones mayores de 45mg/L (De Miguel Fernández & VÁZQUEZ-TASET, 2006)

Finalmente, para el caso de los sólidos sedimentables, se obtuvo el valor más alto en porcinos, esto puede ser debido a la presencia de la materia orgánica proveniente de las áreas de ganadería y cerdos. La determinación de sólidos es importante, debido que permite tener un control de los procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertimiento; además la presencia de sólidos puede provocar turbidez en el agua lo que dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyendo sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos (Torres-Avalos & Lozano-González, 2017)

Evaluación de impactos ambientales

Los resultados de la evaluación de impacto ambiental se muestran en tablas, donde se evidencia el tipo de impacto y la importancia de cada uno de los parámetros evaluados

En la tabla 26, se identifican los Impactos Ambientales generados por aguas residuales que se producen en la Sede, principalmente de las descargas de las áreas de *Porcinos, Ganadería y Aguas Negras y Grises*

Tabla 26

Matriz de identificación de Impactos Ambientales

Categoría	Componente	Elemento	Actividad	Impacto
Física	Agua	Calidad	<p>Descargas directas provenientes del área de los porcinos, ganadería, avicultura, acuicultura a cuerpos receptores</p> <p>Presencia de contaminantes en el agua residual proveniente de las aguas residuales de porcinos, ganadería, aguas grises y negras</p> <p>Descarga de residuos cuando existe matadero de animales</p>	<p>Contaminación a los cuerpos receptores y presencia de microorganismos patógenos</p>

Categoría	Componente	Elemento	Actividad	Impacto
			Descarga de industria avícola (galpón automatizado)	
			Funcionamiento de área de porcinos y ganadería	
	Aire	Olores	Funcionamiento de matadero, cuando sacrifican animales para la venta	Aporte de H ₂ S
			Descarga emisario final	
	Tierra	Suelo	Pastoreo de bovinos	Compactación
			Descargo a emisario final	Erosión
			Riesgo a cultivos con aguas contaminadas	Deterioro de la calidad de los alimentos agrícolas
Antrópica	Sociocultural	Salud	Causar enfermedades al personal que labora en la Sede (Estudiantes, personal militar, docentes, personal administrativo, personal de campo)	Afectación a la salud humana
Biótico	Ecosistema	Flora y Fauna	Afectación a la flora y fauna	Alteración al ecosistema acuático

Nota. Representa la identificación de impactos ambientales según sus categorías, así, por ejemplo, la categoría física, en el componente agua, presenta contaminación en los cuerpos receptores

Mediante la Identificación de los impactos ambientales, se presentó los resultados obtenidos tabla 27, para el componente agua, obtenidos de la tabla 6:

Tabla 27

Matriz de calificaciones de Identificación de Impactos Ambientales del componente agua

Variable	Símbolo	Carácter	Valor asignado
Para la Magnitud (M)			
Intensidad	I	Alta	3
Extensión	E	Puntual	1
Duración	D	Permanente	3
Para la Importancia (I)			
Reversibilidad	R	Recuperable	2
Probabilidad	G	Alto	3

Nota. determinación del impacto del componente agua, donde se asignaron valores que permitieron identificar el impacto

Como resultado de la importancia el impacto del componente agua, fue (ecuación 1):

$$(I) = (ex\ 1,0) + (rx\ 2,0) + (gx\ 3,0)$$

Como resultado, y tomando como referencia la tabla 7, de la matriz de valoración de importancia del Impacto para el componente agua fue (tabla 28):

Tabla 28

Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la importancia del impacto

Escala valores estimados	Valoración de la importancia del impacto
2.4 - 3.0	Alto

Nota. Representa la escala de valores estimados de la importancia del impacto, donde se determinó que era entre 2.4 a 3.0

Como resultado de la magnitud del impacto del componente agua fue, (ecuación 2):

$$(M) = (ex\ 1,0) + (rx\ 2,0) + (gx\ 3,0)$$

Como resultado, y tomando como referencia la tabla 7, de la matriz de magnitud del Impacto para el componente agua fue (tabla 29):

Tabla 29

Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la magnitud del impacto

Escala valores estimados	Valoración de la magnitud del impacto
2.4 – 3.0	Alto

Nota. Representa la valoración de la magnitud del impacto para el componente agua, el cual está entre 2.4- 3.0

Resultado de la valoración de importancia del impacto, (tabla 30) para el componente agua, tomado de la tabla 9

Tabla 30

Matriz de valoración de importancia del impacto para el componente agua

Escala valores estimados	Severidad del impacto
3,1 - 6,0	Severo

Nota. Representa la importancia del impacto del componente agua, el cual tiene un impacto severo

De las matrices presentadas como resultado de los datos obtenidos en el componente agua, cuyo impacto fue “Contaminación a los cuerpos receptores y presencia de microorganismos patógenos”, se dedujo que existe contaminación severa en los cuerpos de agua, la misma que es generada por las actividades agrícolas que en el área se desarrollan, como lo mencionan (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018) y (Medina, y otros, 2007) sobre la contaminación de agua por prácticas agrícolas insostenibles, y por materia orgánica procedente de la ganadería se ha extendido, así como, la contaminación orgánica derivada de las áreas urbanas debido que, aportan

contaminantes a los cuerpos de agua, lo que conlleva al deterioro considerable de la calidad de las aguas, alterando el desarrollo de la vida acuática y contaminación del medio ambiente por malos olores. Mediante la Identificación de los Impactos Ambientales, se presentó los resultados obtenidos tabla 31, para el componente aire, obtenidos de la tabla 6:

Tabla 31

Matriz de calificaciones de Identificación de Impactos Ambientales del componente aire

Variable	Símbolo	Carácter	Valor asignado
Para la Magnitud (M)			
Intensidad	I	Alta	3
Extensión	E	Puntual	1
Duración	D	Permanente	3
Para la Importancia (I)			
Reversibilidad	R	Recuperable	2
Probabilidad	G	Alto	3

Nota. La matriz de identificación de impactos ambientales para el componente aire, determinó la importancia y la magnitud de cada del impacto.

Como resultado de la importancia el impacto del componente aire, fue (ecuación 1):

$$(I) = (ex 1,0) + (rx 2,0) + (gx 3,0)$$

Como resultado, y tomando como referencia la tabla 7, de la matriz de valoración de importancia del Impacto para el componente aire, fue (tabla 32):

Tabla 32

Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la importancia del impacto

Escala valores estimados	Valoración de la importancia del impacto
2.4 - 3.0	Alto

Nota. La matriz de valoración de la importancia, determinó un alto valor del impacto

Como resultado de la magnitud del impacto del componente aire fue, (ecuación 2):

$$(M) = (ex\ 1,0) + (rx\ 2,0) + (gx\ 3,0)$$

Como resultado, y tomando como referencia la tabla 8, de la matriz de magnitud del Impacto para el componente aire fue (tabla 33):

Tabla 33

Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la magnitud del impacto

Escala valores estimados	Valoración de la magnitud del impacto
2.4 – 3.0	Alto

Nota. La matriz de valoración de la magnitud, determinó un alto valor del impacto.

Resultado de la valoración de importancia del impacto, (tabla 34) para el componente aire, tomado de la tabla 8

Tabla 34

Matriz de valoración de importancia del impacto para el componente aire

Escala valores estimados	Severidad del impacto
3,1 - 6,0	Severo

Nota. Representa la matriz de importancia del impacto del componente aire, el cual fue severo

Los resultados obtenidos arrojaron contaminación para el componente aire, según la bibliografía consultada, se presume que la descarga de aguas residuales a cuerpos de agua dulce, provocaría aporte de H₂S por las aguas residuales que en el área se desarrollan, como lo menciona (Jaimes-campos & Pico-Jiménez, 2009), donde explica que la producción de H₂S es resultado de la descomposición anaerobia de los sulfatos y sulfuros presentes en las aguas residuales, causando efectos como la disminución del pH y formando compuestos tales como: aminas, amoníaco, diaminas, mercaptanos, y sulfuros orgánicos.

Según, (Mora, Chávez, Fonseca, Cabra, & Carmona, 2005) el H₂S, es un compuesto altamente tóxico por sus propiedades corrosivas, mal olor y alta demanda de Oxígeno.

Mediante la Identificación de los Impactos Ambientales, se presentó los resultados obtenidos en la tabla 35, para el componente suelo, obtenidos de la tabla 6:

Tabla 35

Matriz de calificaciones de Identificación de Impactos Ambientales del componente suelo

Variable	Símbolo	Carácter	Valor asignado
Para la Magnitud (M)			
Intensidad	I	Baja	1
Extensión	E	Puntual	1
Duración	D	Permanente	3
Para la Importancia (I)			
Reversibilidad	R	Recuperable	2
Probabilidad	G	Bajo	1

Nota. Corresponde a la identificación del impacto del componente suelo, donde se determinó la importancia y la magnitud del impacto

Como resultado de la importancia el impacto del componente suelo, fue (ecuación 1):

$$(I) = (ex\ 1,0) + (rx\ 2,0) + (gx\ 1,0)$$

Como resultado, y tomando como referencia la tabla 7, de la matriz de valoración de importancia del Impacto para el componente suelo, fue (tabla 36):

Tabla 36

Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la importancia del impacto

Escala valores estimados	Valoración de la importancia del impacto
2.4 - 3.0	Alto

Nota. corresponde a la importancia del impacto para el componente suelo, valorada como alto nivel de impacto

Como resultado de la magnitud del impacto del componente suelo fue, (ecuación 2):

$$(M) = (ex\ 1,0) + (rx\ 2,0) + (gx\ 1,0)$$

Como resultado, y tomando como referencia la tabla 8, de la matriz de magnitud del Impacto para el componente suelo fue (tabla 37):

Tabla 37

Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la magnitud del impacto

Escala valores estimados	Valoración de la magnitud del impacto
2.4 – 3.0	Alto

Nota. Corresponde a la valoración de la magnitud del impacto del componente suelo, la misma que fue alto

Resultado de la valoración de importancia del impacto, (tabla 38) para el componente suelo, tomado de la tabla 9

Tabla 38

Matriz de valoración de importancia del impacto para el componente suelo

Escala valores estimados	Severidad del impacto
3,1 - 6,0	Severo

Nota. Corresponde a la importancia del impacto del componente suelo, el cual fue severo

Cómo se observa en las matrices referente a afectaciones en el suelo, se ha considerado un daño severo, ocasionado por las prácticas agrícolas que en la Universidad se desarrollan; (López R. , 2002) explica que las actividades agrícolas e industriales producen desechos que van al suelo como medio receptor, aportando grandes cantidades de desechos o sustancias que éste no puede asimilar. Además, los desechos de origen animal, provenientes de bovinos, porcinos, gallinas, ovejas, cabras,

caballos, etc., no reciben un buen manejo, y en muchos de los casos los utilizan como abono, siendo una importante fuente de contaminación debido a su alto contenido de sales, las cuales se acumulan en el suelo y en aguas de drenaje.

(Troeh, Hobbs, & Donahue, 1980), señala que debido a la erosión de los suelos se producen sedimentos que contaminan las aguas, puesto el suelo está cargado con agroquímicos que contaminan el agua.

Mediante la Identificación de los Impactos Ambientales, se presentó los resultados obtenidos tabla 39, para el componente salud, obtenidos de la tabla 6:

Tabla 39

Matriz de calificaciones de Identificación de Impactos Ambientales del componente salud

Variable	Símbolo	Carácter	Valor asignado
Para la Magnitud (M)			
Intensidad	I	Baja	1
Extensión	E	Puntual	1
Duración	D	Periódica	1
Para la Importancia (I)			
Reversibilidad	R	Reversible	1
Probabilidad	G	Medio	2

Nota. Corresponde a la identificación del impacto para el componente salud, la cual fue identificada por su magnitud e importancia

Como resultado de la importancia el impacto del componente salud, fue (ecuación 1):

$$(I) = (ex 0,8) + (rx 0,7) + (gx 2,0)$$

Como resultado, y tomando como referencia la tabla 7, de la matriz de valoración de importancia del Impacto para el componente salud, fue (tabla 40):

Tabla 40

Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la importancia del impacto

Escala valores estimados	Valoración de la importancia del impacto
2.4 - 3.0	Alto

Nota. Corresponde a la valoración según su importancia del impacto, para el componente salud, el cual fue alto

Como resultado de la magnitud del impacto del componente salud fue, (ecuación 2):

$$(M) = (ex\ 0,8) + (rx\ 0,7) + (gx\ 2,0)$$

Como resultado, y tomando como referencia la tabla 8, de la matriz de magnitud del Impacto para el componente salud fue (tabla 41):

Tabla 41

Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la magnitud del impacto

Escala valores estimados	Valoración de la magnitud del impacto
2.4 – 3.0	Alto

Nota. Corresponde a la valoración de la magnitud del componente salud, el cual es alto

Resultado de la valoración de importancia del impacto, (tabla 42) para el componente salud, tomado de la tabla 9

Tabla 42

Matriz de valoración de importancia del impacto para el componente salud

Escala valores estimados	Severidad del impacto
3,1 - 6,0	Severo

Nota. Corresponde a la importancia del impacto del componente salud el cual fue severo

Otra de las afectaciones que se evaluó es la afectación o daño que causa a la salud las descargas de aguas en un cuerpo de agua dulce, que, si bien es cierto, no ha causado daños en el personal que

labora en la institución, se ha considerado si podría causar un daño severo a la salud de los habitantes que viven en la cercanía de las zonas de descarga, ya que las aguas residuales, poseen altas concentraciones de contaminantes, principalmente microorganismos patógenos causantes de enfermedades. (Bofill-Mas, y otros, 2005), mencionan que el impacto de la población sobre los sistemas ecológicos ha aumentado la contaminación ambiental y la salud de la población, presentándose enfermedades infecciosas siendo la principal causa de muerte en niños y adultos jóvenes; según la (World Health Organization, 2004), aproximadamente, 2 millones de personas, principalmente niños menores de 5 años, mueren cada año, por enfermedades diarreicas debido al consumo de agua o alimentos contaminados; entre los cuales se puede citar: brotes infecciosos por contaminación fecal en el medio ambiente en Shangai en 1988, que produjeron 300.000 casos de hepatitis A y 25.000 casos de gastroenteritis virales debido al consumo de moluscos cultivados en un estuario con contaminación fecal (Bofill-Mas, y otros, 2005). En el 2009, en España se notificaron 237 casos de gastroenteritis debido al consumo de alimentos contaminados o consumo de agua contaminada (Godoy, y otros, 2011)

Mediante la Identificación de los Impactos Ambientales, se presentó los resultados obtenidos tabla 43, para el componente Flora y fauna, obtenidos de la tabla 6:

Tabla 43

Matriz de calificaciones de Identificación de Impactos Ambientales del componente flora y fauna

Variable	Símbolo	Carácter	Valor asignado
Para la Magnitud (M)			
Intensidad	I	Baja	1
Extensión	E	Puntual	1
Duración	D	Permanente	3

Variable	Símbolo	Carácter	Valor asignado
Para la Importancia (I)			
Reversibilidad	R	Recuperable	2
Probabilidad	G	Bajo	1

Nota. Corresponde a la identificación del impacto para el componente flora y fauna, dependiendo de la magnitud e importancia

Como resultado de la importancia el impacto del componente *flora y fauna*, fue (ecuación 1):

$$(I) = (ex\ 1,0) + (rx\ 2,0) + (gx\ 1,0)$$

Como resultado, y tomando como referencia la tabla 7, de la matriz de valoración de importancia del Impacto para el componente *flora y fauna*, fue (tabla 44):

Tabla 44

Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la importancia del impacto

Escala valores estimados	Valoración de la importancia del impacto
2.4 - 3.0	Alto

Nota. Corresponde a la valoración de la importancia del impacto del componente flora y fauna, el cual fue alto

Como resultado de la magnitud del impacto del componente *flora y fauna* fue, (ecuación 2):

$$(M) = (ex\ 1,0) + (rx\ 2,0) + (gx\ 1,0)$$

Como resultado, y tomando como referencia la tabla 8, de la matriz de magnitud del Impacto para el componente *flora y fauna* fue (tabla 45):

Tabla 45

Tabla de resultados de la matriz de Valoración de la magnitud del impacto

Escala valores estimados	Valoración de la magnitud del impacto
2.4 – 3.0	Alto

Nota. Corresponde a la valoración de la magnitud del impacto para el componente flora y fauna, el cual fue alto

Resultado de la valoración de importancia del impacto, (tabla 46) para el componente *flora y fauna*, tomado de la tabla 9

Tabla 46

Matriz de valoración de importancia del impacto para el componente flora y fauna

Escala valores estimados	Severidad del impacto
3,1 - 6,0	Severo

Nota. Representa la valoración del impacto generado para el componente flora y fauna, clasificándose como severo el impacto.

Finalmente, se consideró afectaciones en la flora y fauna, como se puede ver en los resultados; éstas fueron considerados como daños severos, dentro de la matriz de importancia, debido que al existir contaminantes en el agua, éstos alteran el ecosistema, cómo se explicó en los parámetros anteriores, es así que (Cusiche- Pérez & Miranda- Zambrano, 2019), quienes en una investigación referente a aguas residuales, demuestran que las descargas de aguas residuales constituyen un peligro para para la vida acuática del lago Junín en Perú, afectando especies de flora y fauna endémica y en general todo el ecosistema. (Bahamon- Leon, 2016), explica sobre la problemática en Colombia, específicamente en Municipio de Isnos, la misma que se encuentra relacionada con factores culturales como la tala de bosques y la acumulación de basura, el alcantarillado, desemboca en la quebrada la Chorrera sin tratamiento previo, afectando el hábitat de las especies que en él se encuentran; además, existe una aceleración del deterioro de los suelos, y alteraciones de salud por la utilización de esta agua en la agricultura.

Diagnóstico Ambiental- Línea Base del Área de Estudio

A continuación, en la tabla 47, se coloca la matriz de hallazgos de la auditoría realizada a las descargas de aguas residuales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Santo Domingo. La medida evaluada para esta matriz, fue únicamente las aguas residuales de la SEDE, debido que éstas se descargan a cuerpos de agua dulce y fue la zona en la que se desarrolló mi investigación

Para el reporte de los hallazgos, se tomó como referencia la tabla 10, encontrándose los siguientes resultados:

Tabla 47

Matriz de reporte de identificación de hallazgos

Nro.	Evaluación del cumplimiento	Detalle del cumplimiento / incumplimiento
1	Análisis microbiológico	Detección de microorganismos patógenos- Coliformes fecales mayor a 2000
2	Análisis de aceites y grasas	No cumple con la normativa. Se encontró un promedio de 1283,3 mg/L
3	Color real	No cumple con la normativa. Se encontró un promedio de 159 mg/L
4	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	No cumple con la normativa. Se encontró un promedio de 1734,61075 mg/L
5	Química de Oxígeno	No cumple con la normativa. Se encontró un promedio de 2398,4799 mg/L
6	Materia Flotante	No cumple con la norma. Se encontró presencia de material flotante

Nro.	Evaluación del cumplimiento	Detalle del cumplimiento / incumplimiento
7	Nitrógeno Total Kjeldahl	Cumplió con la normativa, ya que se encontró un promedio de 1,06 mg/L
8	Potencial de hidrógeno	No cumple con la normativa, le pH para el área de porcinos y ganadería, era superior al que exige la normativa, sin embargo, para el caso de aguas grises y negras, tuvo un pH de 8,14
9	Sólidos suspendidos totales	No cumple con la normativa, la descarga de sólidos suspendidos totales para el área de porcinos, se obtuvo un valor de 2756,6 mg/L, mientras que ganadería y aguas grises y negras, se encuentran cumpliendo con la normativa, por debajo de los 100 mg/L
10	sólidos totales	No cumple con la normativa, la descarga de sólidos totales para el área de porcinos, se obtuvo un valor de 5000 mg/L, mientras que ganadería y aguas grises y negras, se encuentran cumpliendo con la normativa, por debajo de los 1600 mg/L
11	Sulfatos	Cumplió con la normativa, ya que se encontró un promedio de 156 mg/L
12	Temperatura	Cumplió con la normativa, ya que se encontró un promedio de 26,76°C

Nota. Se determinó los hallazgos de incumplimiento/ cumplimiento, según la normativa legal vigente, encontrándose parámetros fuera de normativa

En la tabla anterior, se evaluó los parámetros como resultados físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales descargada al cuerpo de agua dulce, comparando con la

normativa ambiental vigente, la misma que en el caso de las grasas, el límite permisible es 30 mg/l, según lo menciona (Romero J. A., 2009) y (Navas-Gallo & Silva-Jaimes, 2021), los aceites son “compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno que flotan en el agua residual, que interfieren en la actividad biológica”.

En lo que respecta a coliformes fecales, se encontraron fuera de norma, la normativa explica que no debe existir coliformes presentes en el agua; según menciona (Hernández-Acosta, Quiñones-Aguilar, Cristóbal-Acevedo, & Rubiños-Panta) la presencia de bacterias coliformes, provienen de las heces humanas y animales, causando enfermedades gastrointestinales en humanos; además, los coliformes (Romero-Martínez, Gómez-Fonseca, Sánchez-Ortega, & García-Luján, 2009), son considerados como indicadores de la calidad del agua, sobre todo cuando se encuentra fuera del límite permisible, lo que indica que han recibido descargas del agua residual doméstica.

Con respecto al color real, al igual que los parámetros anteriores, éste se encontró fuera de normativa, puesto que contó con un promedio de 159mg/l, mientras que en la normativa menciona que este parámetro debe ser inapreciable en diluciones 1/20; por lo que según (Universidad Continental, 2018) el color del agua se puede deber a la presencia de sólidos que en ella se encuentra; en el caso de las aguas residuales, éste es debido a la existencia de materia orgánica proveniente de los suelos vegetales, un ejemplo de ello es los ácidos húmicos que proporcionan un color amarillento; el hierro que aporta colores rojizos y el manganeso que le proporciona tonalidades negras; mientras que, (Martínez & Osorio, 2018), expresan que el color del agua natural puede ser un reflejo de la presencia de moléculas orgánicas complejas derivadas de materias vegetales (húmicas) tales como turba, hojas, ramas, así mismo, el este parámetro puede aumentado por la presencia de materia en suspensión.

En cuanto a la DBO₅ y DQO, estos parámetros tampoco cumplen con la normativa legal vigente, donde se encontraron valores de DBO de 1198, 87 mg/L y DQO 1657,53 mg/L. (Raffo- Lecca & Ruiz-Lizama, 2014), expresan que, existe una relación entre la concentración del oxígeno disuelto en el agua

(OD) y su grado de contaminación, por lo que, a mayor cantidad de materia orgánica contenida en el agua, mayor cantidad de oxígeno necesitan los microorganismos para degradarla; la presencia de la DBO₅ y la DQO determinan la calidad de los vertidos en las aguas residuales y su posibilidad de biodegradación. Si existe mayores cantidades de DBO₅ /DQO en el agua, estos parámetros son considerados altamente biodegradables.

Otra de las características analizadas, es la presencia de material flotante, incumpliendo con la normativa, donde se encontró material flotante líquido y grasa; esto debido a la existencia de grasa o sustancias líquidas capaces de esparcirse en una película fina sobre el agua, aculándose en la superficie y conteniendo bacterias y virus, además de contener pesticidas altamente contaminantes (Tomasini-Ortiz, 2004).

Referente al nitrógeno total, los dos primeros parámetros, cumplieron con la normativa (Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua, 2015), debido que el valor promedio encontrado fue de 1,06 mg/l; el nitrógeno tiene una gran importancia como elemento indicador de la calidad del agua y en el control de descarga de aguas residuales, siendo considerado como un nutriente esencial para todas las formas de vida; en altas concentraciones pueden afectar a todos los niveles de vida de animales y las plantas, siendo tóxico para los sistemas acuáticos, causando eutrofización. En las aguas residuales, existe amoníaco (NH³) en forma no ionizada, que es tóxico y la forma ionizada (ion amonio, NH⁴⁺) relativamente no tóxico (Espinosa-Llórens, León-Hernández, & Rodríguez-Petit, 2013). La presencia en exceso de nitrógeno amoniacal, incrementa la demanda de oxígeno, afectando procesos de degradación en el agua (Espino- Valdéz, 2003). Los compuestos nitrogenados inorgánicos son amonio, nitrito y nitrato; siendo el amonio, originado por la descomposición de materiales proteicos; sin embargo, cuando existe contaminación del agua producida por fertilizantes o por procesos industriales, las cantidades de nitratos y nitritos se elevan consideradamente; el exceso de nitritos pueden causar

toxicidad inmunológica de los organismos acuáticos induciendo la muerte de los organismos acuáticos (Cárdenas- Calvachi & Sánchez- Ortíz, 2013).

En cuanto al análisis de sólidos suspendidos, sólidos totales, al igual que los parámetros anteriores, también se encontraron fuera de la normativa. El (Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua, 2015) que, para sólidos suspendidos totales, la descarga de sólidos suspendidos totales para el área de porcinos, se obtuvo un valor de 2756,6 mg/L, mientras que ganadería y aguas grises y negras, se encuentran cumpliendo con la normativa, por debajo de los 100 mg/L. En cuanto a los sólidos totales la descarga de sólidos totales para el área de porcinos, se obtuvo un valor de 5000 mg/L, mientras que ganadería y aguas grises y negras, se encuentran cumpliendo con la normativa, por debajo de los 1600 mg/L. La cantidad excesiva de sólidos, es debido a la presencia de heces de animales (materia orgánica), materia inorgánica y microorganismos, presente en forma suspendida, disuelta y coloidal, siendo indicadores de contaminación asociados con el uso del suelo, además, se encuentran directamente relacionados con la conductividad eléctrica, siendo una medida indirecta para determinar concentración de iones (Maza-Lema, 2017). La presencia de sólidos en aguas residuales, y dependiendo de: tamaño de la partícula, forma y la densidad de los sólidos, determinan la velocidad de sedimentación de los sólidos, afectando los procesos de sedimentación; cuando el agua residual se encuentra en condiciones sépticas, al ingresar a la unidad de tratamiento, el gas que se ha generado como subproducto de la degradación de la materia orgánica, puede generar la flotación de los sólidos de menor tamaño (Agudelo- Patiño & Alvear-Daza, 2015).

Según (Odegaard, 1998) los sólidos presentes en el agua residual pueden clasificarse según su tamaño en sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos solubles ($< 0.001 \mu\text{m}$), coloidales ($0,001 - 1 \mu\text{m}$), supracoloidales ($1 - 100 \mu\text{m}$) y sedimentables ($> 100 \mu\text{m}$)

Las aguas residuales que contienen materia orgánica, están conformadas por sólidos de diversos

tamaños, por lo que se clasifica los sólidos en materia orgánica biodegradable y no biodegradable (soluble y particulada); la materia orgánica biodegradable soluble, está formado por compuestos que pueden ser adsorbidos para síntesis de nuevo material celular, como ácidos grasos volátiles, carbohidratos simples, aminoácidos, alcohol; mientras que la materia orgánica biodegradable particulada está constituida por macromoléculas que se deben desglosar en formas más simples, antes de ser aprovechadas por los microorganismos; mientras que, la fracción no biodegradable está compuesta por sustancias, como ácidos húmicos o fúlvicos disueltos, además está conformada por subproductos generados en la actividad microbiológica (Agudelo- Patiño & Alvear- Daza, 2015).

La presencia de sulfatos en el agua residual, se encontró bajo normativa cuya concentración fue de 156 mg/l, según (Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua, 2015) la concentración de sulfatos en cuerpos de agua dulce debe ser 1000 mg/l; por lo que (Bolaños- Alfaro, Cordero- Castro, & Segura- Araya, 2017) expresan que los sulfatos están presentes de forma natural, pueden ser procedentes de residuos industriales y por precipitación desde la atmósfera se pueden agregar sulfatos a las aguas superficiales; no obstante, en concentraciones superiores a lo indicado en la normativa, puede ser indicio de contaminación ocasionada por la actividad humana; además según (Millán- Torres, 2008) la presencia de sulfatos en altas concentraciones puede causar daños a la salud como diarrea y deshidratación

Finalmente, la temperatura se encontró bajo los niveles permitidos por la norma, se determinó un promedio de 26,76°C, según (Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua, 2015) la temperatura permitida es <35, siendo un factor importante en el tratamiento de aguas residuales, lo cual es importante en los procesos de depuración de las mismas (De la Mora- Orozco, Saucedo- Terán, González- Acuña, Gómez-Rosales, & Flores-López, 2018) la temperatura es un factor determinante para la remoción de los contaminantes se encuentra relacionados a los factores ambientales. La simbología de identificación de los cumplimientos

y los diferentes hallazgos se presentó conforme lo indica la siguiente tabla 11 del presente documento (tabla 48):

Tabla 48

Evaluación de criterios

No	Parámetro Evaluado	Identificación Del Cumplimiento	Significado Del Cumplimiento /
		/Incumplimiento	Incumplimiento
1	Análisis microbiológico	nc-	No Conformidad Menor
2	Análisis de aceites y grasas	nc-	No Conformidad Menor
3	Color real	nc-	No Conformidad Menor
4	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	nc-	No Conformidad Menor
5	Demanda Química de Oxígeno	nc-	No Conformidad Menor
6	Materia Flotante	nc-	No Conformidad Menor
7	Nitrógeno Total Kjeldahl	nc-	No Conformidad Menor
8	Potencial de hidrógeno	C/nc-	Cumplimiento/ No Conformidad Menor
9	Sólidos suspendidos totales	C/nc-	Cumplimiento/ No Conformidad Menor
10	sólidos totales	C/nc-	Cumplimiento/ No Conformidad Menor
11	Sulfatos	C	Cumplimiento
12	Temperatura	C	Cumplimiento

Nota. Tabla de incumplimiento/ cumplimiento de los parámetros evaluados en los puntos de descarga

Como resultados, del análisis del cumplimiento y/o incumplimiento, se estableció el cumplimiento e incumplimiento porcentual del ejercicio de Auditoría (tabal 49). La relación de valoración empleada se mostró en la tabla 11:

Tabla 49

Tabla de relación del cumplimiento

Porcentaje obtenido %	Nivel de certidumbre	Nivel de no conformidades
81-100	Muy malo	Bastante alto
61-80	Malo	Alto
41-60	Medio	Medio
21-40	Bueno	Bajo
0-20	Excelente	Muy bajo

Nota. La tabla representa el porcentaje de no conformidades encontradas en la zona de estudio.

A continuación (tabla 50) se presentaron los hallazgos identificados en las descargas de aguas residuales que se producen en la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE Sede Santo Domingo, y se reportaron según el formato de la tabla 12:

Tabla 50

Formato de reporte de hallazgos

Nro. Hallazgo	Hallazgo	Detalle del Hallazgo
1	Análisis microbiológico	Detección de microorganismos patógenos- Coliformes fecales. Los valores encontrados, no cumplen con la normativa legal vigente

Nro.	Hallazgo	Detalle del Hallazgo
Hallazgo		
2	Análisis de aceites y grasas	Los valores encontrados, no cumplen con la normativa legal vigente. Se encontró un promedio de 1283,3 mg/L
3	Color real	Los valores encontrados, no cumplen con la normativa legal vigente. Se encontró un promedio de 159 mg/L
4	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	Los valores encontrados, no cumplen con la normativa legal vigente. Se encontró un promedio de 1198,87 mg/L
5	Demanda Química de Oxígeno	Los valores encontrados, no cumplen con la normativa legal vigente. Se encontró un promedio de 1657,53 mg/L
6	Materia Flotante	Los valores encontrados, no cumplen con la normativa legal vigente. Se encontró presencia de material flotante
7	Nitrógeno Total Kjeldahl	Cumplió con la normativa, ya que se encontró un promedio de 1,06 mg/L
8	Potencial de hidrógeno	Los valores encontrados, no cumplen con la normativa legal vigente, le pH para el área de porcinos y ganadería, era superior al que exige la normativa, sin embargo, para el caso de aguas grises y negras, tuvo un pH de 8,14
9	Sólidos suspendidos totales	Los valores encontrados, no cumplen con la normativa legal vigente, la descarga de sólidos suspendidos totales para el área de porcinos, se obtuvo un valor de 2756,6 mg/L, mientras que ganadería y aguas grises y negras, se encuentran cumpliendo con la normativa, por debajo de los 100 mg/L

Nro.	Hallazgo	Detalle del Hallazgo
Hallazgo		
10	sólidos totales	Los valores encontrados, no cumplen con la normativa legal vigente, la descarga de sólidos totales para el área de porcinos, se obtuvo un valor de 5000 mg/L, mientras que ganadería y aguas grises y negras, se encuentran cumpliendo con la normativa, por debajo de los 1600 mg/L
11	Sulfatos	Cumplió con la normativa, ya que se encontró un promedio de 156 mg/L
12	Temperatura	Cumplió con la normativa, ya que se encontró un promedio de 26,76°C

Nota. En la tabla se observa los promedios de los análisis realizados a las aguas residuales en cada punto de descarga.

De los resultados obtenidos, se pudo observar que 9 de los 12 parámetros evaluados, no cumplen con la normativa (Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua, 2015), (Hidalgo-Santana & Mejía-Álvarez, 2010) expresa que, se debe mantener un diagnóstico inicial de las condiciones en las que se encuentra la zona de estudio, donde se desee desarrollar una planta de tratamiento de aguas residuales, tomando en cuenta variables como mantenimiento, construcción, monitoreo y seguimiento de las unidades planteadas. Para realizar un diagnóstico adecuado, es necesario condesar la información mostrando resultados que fueron comparados con la normativa, (Hidalgo-Santana & Mejía-Álvarez, 2010) para presentar alternativas de tratamiento de las aguas residuales. Para establecer un diagnóstico ambiental (Vuksinic, 2016), menciona que el diagnóstico son criterios que expresan la realidad de un área determinada, mediante interpretaciones que son realizadas en torno a problemáticas observadas.

Según, (Sepúlveda, 2009), la política ambiental juega un papel importante para el diagnóstico de la zona de estudio, puesto que permitirá definir aspectos relevantes, tratarlos y eliminar los actores causantes del deterioro ambiental.

Línea base física

Agua

En la siguiente tabla 51, se muestran los resultados obtenidos de los análisis realizados al cuerpo de agua donde son descargados las aguas residuales provenientes del área de ganadería y porcinos

Tabla 51

Resultados de los análisis realizados al cuerpo de agua dulce, 100 metros antes y 100 metros después de la descarga

Texto Unificado De Legislación Secundaria (Tulsm), Libro IV, Anexo 1			Resultados Obtenidos De Los Análisis En El Cuerpo De Agua Dulce			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permisible	100 m antes	100 m después	CUMPLE
	Sustancias					
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	0.3	1,00	3,00	NO
Coliformes Fecales	Nmp/100ml		> 2000MNP	18,50	35,37	SI
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20	33,75 PCU	33,57 PCU	NO
Materia Flotante	Visibles		Ausencia	visible	visibles	NO
Nitrógeno Total Kjedalh	N	mg/l	15	0,150	0,240	SI
Potencial de Hidrógeno	pH		5-9	8,38	8,35	SI

Texto Unificado De Legislación Secundaria (Tulsma), Libro IV, Anexo 1

Resultados Obtenidos De Los Análisis En El
Cuerpo De Agua Dulce

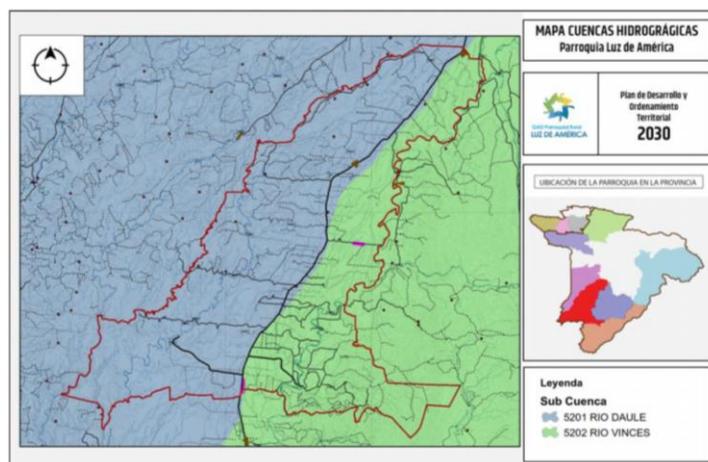
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permisible	100 m antes	100 m después	CUMPLE
Sólidos						
Suspendidos		mg/l	1	3,00	7,00	NO
totales						
sólidos totales		mg/l	1600	200	200	SI
Sulfatos	SO4	mg/l	1000	4	7	SI
Temperatura	°C		<35	26,4	26,1	SI

Nota. La tabla representa la comparación de los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos realizados al río, 100m antes y 100m después, obteniéndose que se encuentran valores fuera de normativa.

Tomando de referencia la información encontrada en el PDOT del (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América, 2019), se determinó que en la Universidad pasa una microcuenca del río Ila (mapa 31), que originan las subcuencas del río Vines. En comparación con él (Acuerdo Ministerial 097 Libro VI Anexo 1, 2015), el 40% de los parámetros analizados no cumplen con la normativa, siendo necesario realizar un tratamiento previo del agua residual para evitar la alteración en la calidad del agua que se descarga en la Sede

Figura 31

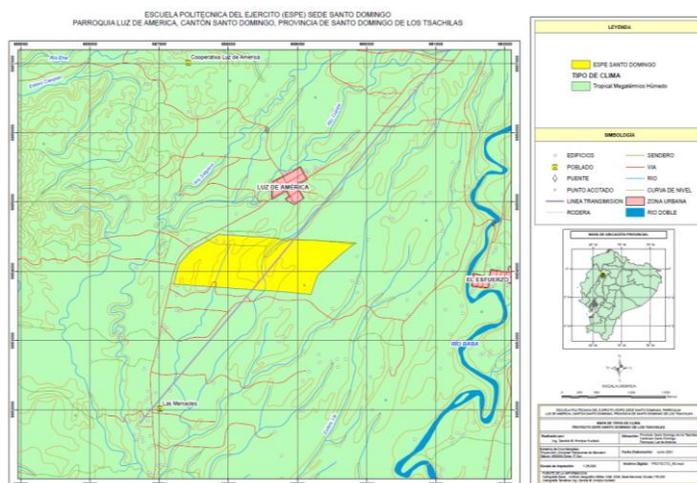
Cuencas hidrográficas Luz de América



Nota. El mapa representa las cuencas hidrográficas que pasan por la parroquia Luz de América, siendo la microcuenca del río Ila la que atraviesa la Universidad. Obtenido de (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América, 2019)

Clima

Tomando de referencia la información encontrada en el PDOT del (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América, 2019), Luz de América, la Universidad cuenta con clima megatérmico húmedo, con precipitaciones de 1.000 y 2.000 mm, temperatura media de 24°C y humedad relativa entre 70 y 90 % según la época como se muestra en la figura 32. Según, (Narvárez-Jimbo, 2019) el clima es el resultado de la interacción de factores atmosféricos, biofísicos y geográficos (temperatura, radiación, viento y humedad)

Figura 32*Clima Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Santo Domingo*

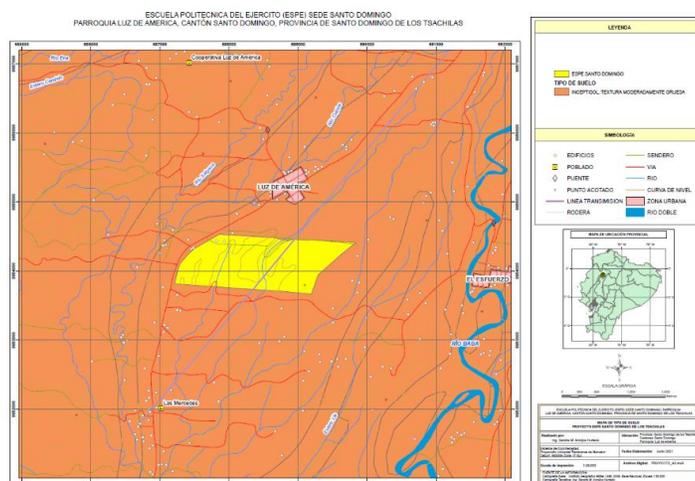
Nota. El mapa representa el tipo de clima que se encuentra en la zona de estudio, el cual es megatérmico húmedo

Suelo

Tomando de referencia la información encontrada en el PDOT del (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América, 2019), el suelo con el que cuenta la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo, corresponde a suelos tipo Inceptisol, como se puede ver en la figura 33, siendo suelos jóvenes todavía en evolución; según, (Ibáñez- Asensio, Gisbert- Blanquer, & Moreno- Ramón) los Inceptisoles son aprovechados para prácticas forestales, tierras de cultivo, pastos, siendo aprovechados para agricultura agrícola razonablemente, sin embargo, también son suelos susceptibles a erosión, debido a la pérdida de vegetación.

Figura 33

Mapa de suelos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo



Nota. Mapa del suelo que se encuentra en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo, el cual se determinó que es de tipo inceptisol

Aire

Tomando de referencia la información encontrada en el PDOT del (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América, 2019), la contaminación del aire se debe a la emisión de gases de motores por combustión de gasolinas; sin embargo, la Universidad, cuenta con la presencia de animales de granja que, según (Pinos-Rodríguez, y otros, 2012) las excretas del ganado, generan impacto ambiental debido a la producción de gases de efecto invernadero, además produce efectos de eutrofización de cuerpos de agua y sobrecarga de nutrientes en suelos de cultivo, éstos factores dependen del sistema de alimentación y del manejo del estiércol; además, los sistemas de producción tecnificados generan impacto ambiental escaso, a diferencia de los sistemas de producción de leche de tipo orgánico que, impactan menos al agua y al suelo, pero emiten más gases de efecto invernadero. Según (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2009), la ganadería tiene gran parte de responsabilidad en la emisión de gases que favorecen el calentamiento de la atmósfera; el sector ganadero, emite el 37% del metano antropógeno, proveniente de los procesos de

fermentación ocurrido en la digestión entérica de los rumiantes siendo 23 veces mayor que el calentamiento producido por el CO₂; además, contribuye con el 65% del óxido nitroso antropógeno, cuyo PCG (potencial de calentamiento global) es 296 veces mayor que el del CO₂, en su mayor parte proveniente del estiércol; en cuanto al aporte de las emisiones antropogénicas de amonio, la ganadería aporta con las dos terceras partes (64%) de las emisiones globales, lo que contribuye significativamente a la lluvia ácida y a la acidificación de los ecosistemas. (Espinoza G. , 2007) menciona que el análisis de la calidad del aire permite determinar alteraciones debido a determinada actividad, provocando impacto a la salud humana, flora y fauna de un territorio determinado y la eficiencia de los mecanismos de control de emisiones de un determinado proceso industrial (Espinoza G. , 2001).

Línea base biótica

Composición florística

Se registraron 118 individuos con 18 especies en 14 familias, las familias con mayor número de individuos fue Araceae (79), seguido de Monimiaceae (9), Solanaceae (7) y Piperaceae (6) (tabla 52). Estos resultados difieren con otros estudios realizados en la zona ya que en ellos dominan especies como *Aegiphila alba* de la familia Verbenaceae, y *Schizolobium parahyba* de la familia Fabaceae (Villacís, 2009).

En cuanto al uso de la vegetación ribereña, (Cárdenas & Pozo, 2009) reportan 41 especies de plantas que más utilizan, y estas se encuentran en las fincas agrícolas que colindan con los ríos, mientras que en fincas ganaderas que tienen ríos solo se encontró 34 especies.

Tabla 52

Listado florístico de la vegetación ribereña de los riachuelos de UFA ESPE.

Familia	Nombre Científico	# Individuos	Frecuencia
Araceae	<i>Rhodospatha latifolia</i> Poepp.	79	20
Monimiaceae	<i>Siparuna</i> sp.	9	5

Solanaceae	<i>Lycianthes</i> sp.	7	6
Piperaceae	<i>Piper hispidum</i> SW.	6	5
Moraceae	<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	4	4
Rubiaceae	<i>Palicourea guianensis</i> Aubl.	4	4
Araceae	<i>Philodendron tenue</i> K. Koch & Augustin	4	4
Poaceae	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	3	1
Fabaceae	<i>Inga</i> sp.	3	3
Myristicaceae	<i>Otoba</i> sp.	3	3
Arecaceae	<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	2	2
Burseraceae	<i>Protium colombianum</i> Cuatrec.	2	1
Araceae	<i>Xanthosoma undipes</i> (K. Koch & C.D. Bouché) K. Koch	2	2
Urticaceae	<i>Cecropia reticulata</i> Cuatrec.	1	1
Sabiaceae	<i>Meliosma</i> sp.	1	1
Fabaceae	<i>Senna pendula</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	1	1
Sapindaceae	<i>Talisia</i> sp.	1	1
Myristicaceae	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	1	1
Infértil		1	1

Nota. La tabla representa las familias más representativas de la fauna encontrada en la zona de estudio,

es así que se determinó que la familia de las Araceae presenta 79 individuos con frecuencia de 20.

Obtenido de (Cárdenas & Pozo, 2009)

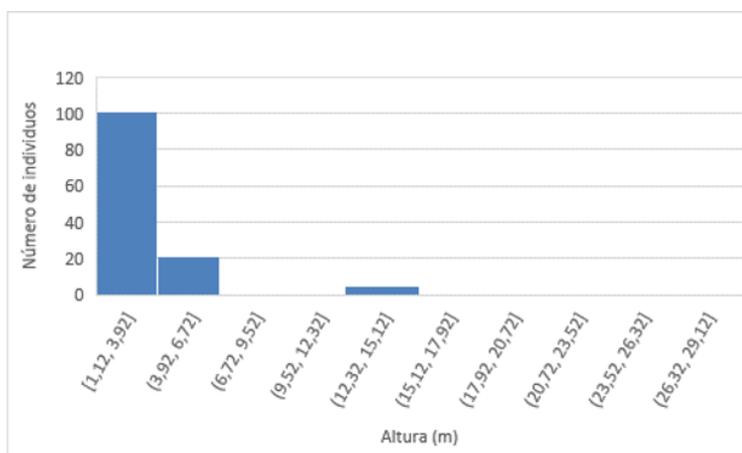
Estructura vertical

Se encontraron 3 estratos de la vegetación ribereña, inferior (0 m -4m), medio (4 m – 10 m) y superior (10 m – 20 m) (figura 34). El estrato inferior está dominado por *Rhodospatha latifolia* Poepp.,

Philodendron tenue K. Koch & Augustin, el estrato medio está representado por *Piper hispidum* SW., *Palicourea guianensis* Aubl. y *Siparuna* sp., el estrato superior está formado por *Viola sebifera* Aubl., *Cecropia reticulata* Cuatrec., *Otoba* sp., *Castilla elastica* Sessé ex Cerv., *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav. y *Guadua angustifolia* Kunth. En otros estudios se encontró que la distribución mayor se concentró en las clases diamétricas de 10 cm a 20 cm y solo tres árboles presentaron diámetros mayores a 90 cm (Villacís, 2009) (figura 35).

Figura 34

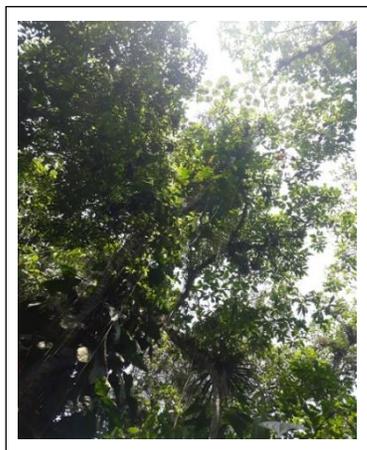
Distribución de individuos en función de la altura



Nota. La gráfica representa la distribución de los individuos de la vegetación de la zona de estudio, obteniéndose que existen 100 individuos con una altura aproximada de 1,12 a 3,92 m

Figura 35

Estratificación vertical de la vegetación ribereña en la UFA ESPE



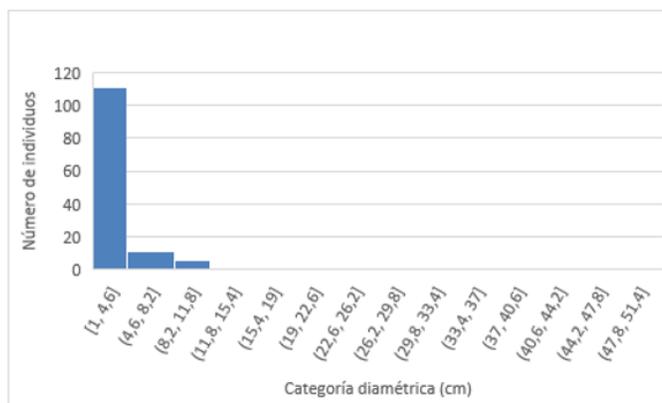
Nota. La figura representa la estratificación vertical de la vegetación encontrada en la zona de estudio

Estructura horizontal

La mayor cantidad de individuos se concentraron en la menor categoría diamétrica y una pobre representación en la categoría de diámetros mayores (figura 36). El área basal fue de 0,453 m². (Villacís, 2009) determinó que el 29.75% de los árboles inventariados alcanzaron alturas de >5 y <10m, seguido por el 26.17% de árboles que alcanzaron una de >10 y >15 m. 23 árboles superaron los 40 m (figura 37).

Figura 36

Distribución diamétrica de la vegetación ribereña en la UFA ESPE



Nota. El gráfico representa la distribución de la vegetación ribereña localizada en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo, encontrándose que existen más de 100 individuos cuya categoría diamétrica se encuentra en 1,4, 6 cm.

Figura 37

Estratificación horizontal de la vegetación ribereña en la UFAESPE



Nota. La figura representa la vegetación que se encuentra en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo

Índice de valor de importancia (IVI)

En el área estudiada el IVI se encuentra representada por *Rhodospatha latifolia* Poepp. De la familia Araceae con un índice de 1,50, seguida de *Siparuna* sp. De la familia Monimiaceae con un índice de 0.21, *Lycianthes* sp. De la familia Solanaceae con un índice de 0.20 y *Piper hispidum* SW. De la familia Piperaceae con un índice de 0.17. Las especies restantes están debajo de los valores de 0.12. Se debe indicar que la especie dominante es una herbácea, mientras que las que les siguen en menor importancia son arbustos a pequeños árboles tabla 53

En estudios similares realizado en la zona, se encontró que las especies con mayor valor fueron *Aegiphila alba* y *Pouteria capacifolia* las cuales también se encuentran distribuidas en bosque ripario y bosque secundario. El menor porcentaje del IVI corresponde a las especies *Brownea multijuga* y *Grias multinervia* (Villacís, 2009).

Tabla 53

Índice de valor de importancia (IVI) de las especies encontradas en la UFA ESPE

Especie	DR	FR	DR	IVI
<i>Rhodospatha latifolia</i> Poepp.	0,594	0,0018	0,594	1,50
<i>Siparuna</i> sp.	0,068	0,0002	0,068	0,21
<i>Lycianthes</i> sp.	0,053	0,0002	0,053	0,20
<i>Piper hispidum</i> SW.	0,045	0,0001	0,045	0,17
<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	0,030	0,0001	0,030	0,12
<i>Palicourea guianensis</i> Aubl.	0,030	0,0001	0,030	0,12
<i>Philodendron tenue</i> K. Koch & Augustin	0,030	0,0001	0,030	0,12
<i>Inga</i> sp.	0,023	0,0001	0,023	0,09
<i>Otoba</i> sp.	0,023	0,0001	0,023	0,09
<i>Iriarteia deltoidea</i> Ruiz & Pav.	0,015	0,0000	0,015	0,06
<i>Xanthosoma undipes</i> (K. Koch & C.D. Bouché) K. Koch	0,015	0,0000	0,015	0,06
<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	0,023	0,0001	0,023	0,06
<i>Protium colombianum</i> Cuatrec.	0,015	0,0000	0,015	0,05
<i>Cecropia reticulata</i> Cuatrec.	0,008	0,0000	0,008	0,03
<i>Meliosma</i> sp.	0,008	0,0000	0,008	0,03
<i>Senna pendula</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	0,008	0,0000	0,008	0,03
<i>Talisia</i> sp.	0,008	0,0000	0,008	0,03
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	0,008	0,0000	0,008	0,03

Nota. En la tabla se muestra el índice de valor de importancia de las especies encontradas en la ESPE

Santo Domingo, encontrándose que la especie *Rhodospatha latifolia* tiene un IVI de 1,50.

Fauna

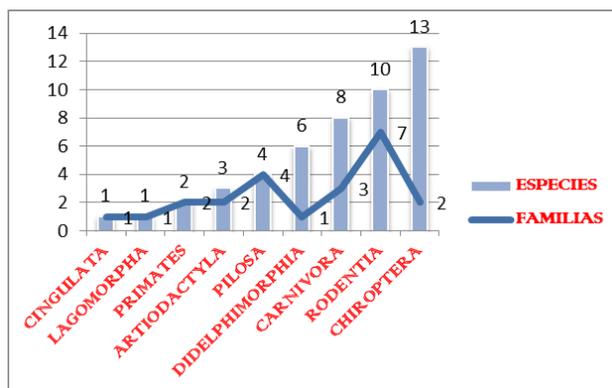
La investigación realizada por (Tirira & Burneo, 2012), presenta un trabajo que contiene 48 fichas de mamíferos silvestres colectados, observados o provenientes de otro tipo de registro (huella, fecha, rasguño, encuesta), en cada ficha se encontrará un título en rojo con el nombre vulgar y el orden entre paréntesis y una tabla con la familia, nombre científico, nombre local, estado de conservación según el Libro Rojo de Mamíferos del Ecuador o según la Lista de la IUCN (2012), el hábitat y el tipo de registro, una fotografía, una breve descripción morfológica y sus funciones ecológicas.

En la figura 38, se aprecia que la mayor diversidad de especies estuvo representada por los quirópteros (murciélagos) con 13 especies, seguida por los roedores, carnívoros y didelfimorfios (zarigüeyas) con 10, 8 y 6 especies respectivamente. Los órdenes más diversos en familias fueron Rodentia y Pilosa con 7 y cuatro familias respectivamente (figura 39).

Un total de 9 órdenes, 23 familias y 48 especies de mamíferos fueron registrados en las áreas alteradas de Santo Domingo de los Tsáchilas (tabla 54), estas áreas son fragmentos de bosque, bosques riparios, cercas vivas y árboles dispersos en potreros. Monitoreos a zonas de cultivos y áreas peri domiciliarias podría aumentar el inventario de la fauna de mamíferos en la Provincia.

Figura 38

Diversidad de órdenes, familias y especies en áreas alteradas de Santo Domingo de los Tsáchilas.

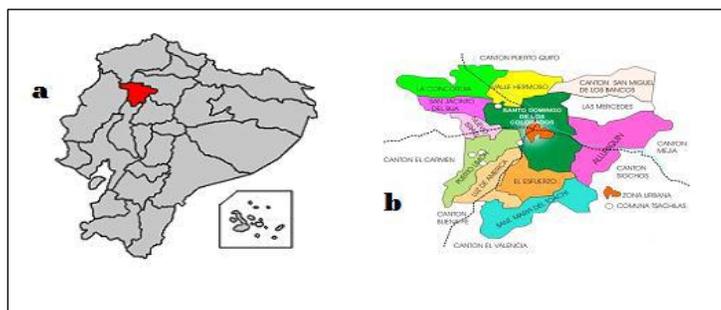


Nota. La gráfica representa las familias, ordenes y especies más representativas que se encuentran en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, siendo la especie de chiropteros los más representativos.

Obtenido de (Tirira & Burneo, 2012)

Figura 39

Área de estudio. a) Ubicación de Santo Domingo de los Tsáchilas en el Ecuador. b) Detalle de las parroquias rurales en las cuales se realizó el estudio (El Esfuerzo, Santa María del Toachi, Luz de América).



Nota. El gráfico representa el detalla de las parroquias donde se realizó un estudio de la fauna presente en la Provincia de los Tsáchilas. Obtenido de (Aguilar & Lascano, 2009)

Tabla 54

Lista de animales de Mastofauna reportada bibliográficamente en los Hábitats Fragmentados de Santo Domingo de los Tsáchilas

No.	Categoría Taxonómica	Nombre Local	Registro
	I	DIDELPHIMORPHIA	
	I	Didelphidae	
1	<i>Caluromys derbianus</i>	Zorra	E
2	<i>Chironectes minimus</i>	Raposa de Agua	E, V
3	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zarigüeya	E, V, C
4	<i>Marmosa robinsoni</i>	Zorra Chica	V, C
5	<i>Marmosops impavidus</i>	Raposa	E, V

No.	Categoría Taxonómica	Nombre Local	Registro
6	<i>Micoureus phaeus</i>	Comadreja	V, C
	II	CINGULATA	
	2	Dasypodidae	
7	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo, Jerre-jerre	E, V, R
	III	PILOSA	
	3	Bradypodidae	
8	<i>Bradypus variegatus</i>	Perezoso	V
	4	Megalonichidae	
9	<i>Choloepus hoffmanni</i>	Perico ligero	V
	5	Cyclopedidae	
10	<i>Cyclopes didactylus</i>	Flor de balsa	E
	6	Myrmecophagidae	
11	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	V
	IV	PRIMATES	
	7	Cebidae	
12	<i>Cebus albifrons</i>	Mico	E, V
	8	Atelidae	
13	<i>Alouatta palliata</i>	Mono negro	E, A
	V	RODENTIA	
	9	Sciuridae	
14	<i>Microsciurus mimulus</i>	Ardilla	V
15	<i>Sciurus granatensis</i>	Ardilla colorada	V
	10	Cricetidae	
16	<i>Handleyomys alfaroi</i>	Ratones	V
17	<i>Oecomys bicolor</i>	Ratón de monte	V, C

No.	Categoría Taxonómica	Nombre Local	Registro
	11	Muridae	
18	<i>Mus musculus</i>	Ratón doméstico	V, C
19	<i>Rattus rattus</i>	Rata negra	E, V
	12	Erethizontidae	
20	<i>Coendou rothschildi</i>	Erizo	V
	13	Dasyproctidae	
21	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatusa	V
	14	Cuniculidae	
22	<i>Cuniculus paca</i>	Guanta	E, V
	15	Echimyidae	
23	<i>Proechimys semispinosus</i>	Rata espinosa	E
	VI	LAGOMORPHA	
	16	Leporidae	
24	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Conejo	E
	VII	CHIROPTERA	
	17	Phyllostomidae	
25	<i>Desmodus rotundus</i>	Vampiro	C
26	<i>Glossophaga soricina</i>	Murciélago trompudo	C
27	<i>Lonchophylla robusta</i>	Murciélago trompudo	C
28	<i>Carollia brevicauda</i>	Murciélago	C
29	<i>Carollia perspicillata</i>	Murciélago	C
30	<i>Sturnira bidens</i>	Murciélago	C
31	<i>Sturnira lilium</i>	Murciélago	C
32	<i>Artibeus aequatorialis</i>	Murciélago frutero	C
33	<i>Artibeus sp.</i>	Murciélago frutero	C

No.	Categoría Taxonómica	Nombre Local	Registro
34	<i>Vampyroides caraccioli</i>	Murciélago negro	C
18		Vespertilionidae	
36	<i>Myotis nigricans</i>	Chimilaco	C
35	<i>Myotis riparius</i>	Chimilaco	C
37	<i>Myotis sp.</i>	Chimilaco	C
VIII		CARNIVORA	
19		Felidae	
38	<i>Leopardus pardalis</i>	Tigrillo	E
39	<i>Leopardus tigrinus</i>	Tigrillo Chico	V
40	<i>Leopardus wiedii</i>	Tigrillo, Margay	V
20		Mustelidae	
41	<i>Eira barbara</i>	Cabeza de mate	V
42	<i>Galictis vittata</i>	Hurón	E
21		Procyonidae	
43	<i>Nasua narica</i>	Cuchucho	V
44	<i>Potos flavus.</i>	Cusumbo	V
45	<i>Procyon cancrivorus</i>	Tejón	V
IX		ARTIODACTYLA	
22		Tayassuidae	
46	<i>Pecari tajacu</i>	Sajino	R
47	<i>Tayassu pecari</i>	Puerco salvaje	E
23		Cervidae	
48	<i>Mazama americana</i>	Venado	E

Nota: Los nombres en negro, negrita y mayúscula, numerados con números romanos corresponde al orden; nombres rojos con terminación en ida corresponden a familias, nombres binomiales en cursiva

corresponden al nombre de las especies, al frente de cada uno de ellos se presenta el nombre local. Las iniciales ubicadas al lado derecho del nombre vulgar indican el tipo de registro (E= encuesta, V= visual, C= captura, R= observación de rastros, A= auditivo).

En hábitats fragmentados de Santo Domingo de los Tsáchilas, se han registrado dos especies en Peligro Crítico (*Cebus albifrons* y *Tayassu pecari*); la especie con muy alto riesgo de extinción en estado salvaje (En Peligro) es *Alouatta palliata*, las especies Vulnerables registradas son *Caluromys derbianus*, *Micoureus phaeus*, *Tamandua mexicana*, *Coendu rothschildi*, *Leopardus tigrinus* y *L. wiedii*, dos especies pertenecen a la categoría Casi Amenazada (*Cuniculus paca* y *Leopardus pardalis*); la mayoría de mamíferos presentan preocupación menor de conservación (tabla 55), sin embargo en esta categoría, se debe resaltar la presencia de *Sylvilagus brasiliensis*, *Sturnira bidens*, *Vampyrodes caraccioli*, *Eira barbara* y *Potos flavus* cuyos estados poblacionales son desconocidos o están decreciendo; las especies con poca información como para poder ubicarlos en alguna categoría de amenaza (Datos Deficientes) son *Cyclopes didactylus*, *Nasua narica* y *Procyon cancrivorus*; finalmente para *Mus musculus*, *Rattus rattus*, *Artibeus* sp. y *Myotis* sp., el sistema de categorización es No Aplicable debido a ser especies introducidas o inidentificables (Pozo, Mamíferos de hábitats fragmentados de la Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, 2013).

Diversidad quiropterológica

Según (Pozo-Rivera, Recalde-Samaniego, Cárdenas-Tello, Morejón-García, & Berovides-Álvarez, 2015), de 96 especies de murciélagos aproximadamente 17 especies se ha registrado en la Finca Fundo del Guanábano (FFG), ubicada en la provincia de Pichincha en la vía Quito- La Independencia. En esta finca (tabla 55); se encontraron especies raras como *Mimon crenulatum*, *Micronycteris hirsuta*, *Trachops cirrhosus*, *Sturnira ludovici*, *Artibeus aequatorialis* y *Chiroderma* sp., (1), *Chiroderma trinitatum*, *Myotis nigricans*, *M. riparius* (2) y *Vampyriscus nymphaea* (4); especies frecuentes como *Carollia brevicauda* (n= 5), *Glossophaga soricina* (n= 5), *Sturnira lilium*, *Dermanura ravus* (n= 6), *Chiroderma villosum* (n= 7), y

especies abundantes tales como: *Carollia brevicauda* (n= 24 individuos) y *Uroderma bilobatum* (n= 27 individuos)

Tabla 55

Chirópteros encontrados en monocultivos y policultivos en la Finca Fundo del Guanábano, Puerto Quito, Pichincha

Especie	Monocultivos	Policultivos	Total Finca
<i>Uroderma bilobatum</i>	X	X	27
<i>Carollia brevicauda</i>	X	X	24
<i>Chiroderma villosum</i>	X	X	7
<i>Sturnira lilium</i>	X	X	6
<i>Dermanura ravus</i>	X	X	6
<i>Glossophaga soricina</i>	X	X	5
<i>Carollia perspicillata</i>	X	X	5
<i>Vampyressa nymphaea</i>	-	X	4
<i>Chiroderma trinitatum</i>	-	X	2
<i>Myotis nigricans</i>	X	X	2
<i>Myotis riparius</i>	-	X	2
<i>Mimon crenulatum</i>	-	X	1
<i>Micronicterys hirsuta</i>	X	-	1
<i>Trachops cirrhosus</i>	-	X	1
<i>Sturnira ludovici</i>	-	X	1
<i>Artibeus equatorialis</i>	-	X	1
<i>Chiroderma sp.</i>	-	X	1

Nota. La tabla representa los chirópteros encontrados en los mono y policultivos en las fincas de Puerto Quito. Obtenido de (Pozo-Rivera, Recalde-Samaniego, Cárdenas-Tello, Morejón-García, & Berovides-Álvarez, 2015)

En la costa ecuatoriana, se ha encontrado aves silvestres que viven en las fincas, las mismas que son ser utilizadas como ornamento y fuente de proteína ocasional (Pozo & Eras, 2012); así mismo, especies de vegetación baja y árboles se utilizan como fuente de leña y en actividades ancestrales como la shamanería (Cárdenas & Pozo, 2009); para el caso de animales mesomamíferos (animales que pueden ser identificados a simple vista) como: *Cuniculus paca* (*guanta*), *Dasyprocta punctata* (*guatusa*), *Dasyurus novencinctus* (*armadillo*) y *Didelphys marsupialis* (*zarigüeya*) son cazados y consumidos por pobladores del sector ((Pozo, 2013); (Pozo & Eras, 2012)), mientras que los micromamíferos como murciélagos, roedores y marsupiales pequeños son eliminados de las zonas de producción agrícola por desconocimiento de los beneficios que ofrecen éstos animales al ecosistema; así por ejemplo, los murciélagos se alimentan de insectos, dispersan semillas y polinizan flores ((Kalko, 1997); (Kalko & Handley, 2001)) lo que permite mejorar la actividad productiva de cultivos afectados por plagas.

(Harvey, Villacís, Villanueva, & Chacón, 2005), (Harvey, y otros, 2011), (Pozo, 2013), (Cárdenas & Pozo, 2009) expresan que los bosques y árboles dispersos en pastizales son importantes, debido que favorecen la conservación de avifauna y mastofauna; además, la diversificación de cercas y cultivos que mejoran diversidad; lo que concuerda con el principio ecológico, el cual sostiene que “la diversificación favorece la presencia de biodiversidad útil en los cultivos” (Altieri, Funes-Monzote, & Peterson, 2012).

Uso de la ornitofauna

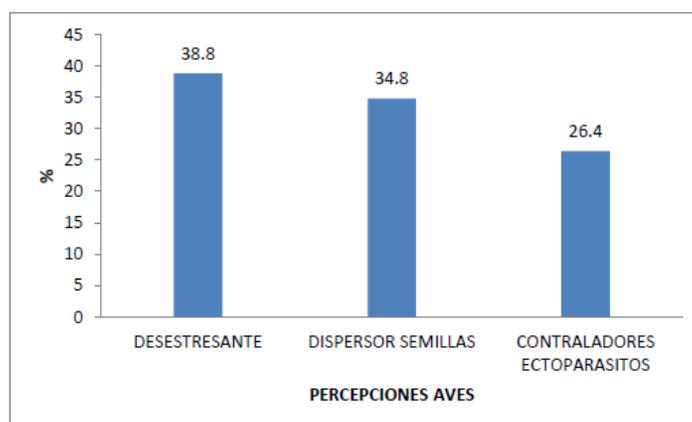
Durante el periodo de estudio realizado por Cárdenas y Pozo, se registró 199 individuos pertenecientes a 36 especies ornitológicas (Cárdenas & Pozo, 2009). Las aves fueron vistas principalmente como útiles para el finquero ya que el mismo hecho de escuchar sus cantos ayuda, según los encuestados, a bajar los niveles del estrés; otros beneficios percibidos por los finqueros fueron la dispersión de semillas y la limpieza de ectoparásitos del ganado (figura 40).

Quince de las 36 especies de aves (42%) fueron usadas principalmente como mascotas para adornar la finca y escuchar sus cantos (77,7 %) y apenas ocho especies (22,3 %) fueron usadas como alimento.

En el occidente ecuatoriano, las aves son muy diversas (Benítez & Matheus, 1997), sin embargo, la etnobiología de las aves es escasamente conocida, ya que se ha dado mayor importancia al estudio del uso de mamíferos silvestres más que al de aves ((Pozo, 2013).

Figura 40

Percepción dadas a las aves por los finqueros de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador



Nota. La gráfica de barras determina que el mayor porcentaje de los finqueros consideran que el sonido de las aves es desestresante para los propietarios de las fincas de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Obtenido de (Cárdenas & Pozo, 2009)

(Barriga, 1994) determinó que las especies denominadas “macho” (*Cichlasoma ornatum*) y “barbudo” (*Rhamdia quelen*) tendrían un potencial de cultivo, existiendo inclusive guías y experiencias piloto para fomentar el cultivo de la primera (Mejía, 2007), sin embargo aparentemente los procesos tecnológicos para la producción de estas especies no estarían adecuadamente desarrolladas, predominando el cultivo de tilapia y en el Norte de Manabí y Sur de Esmeraldas del chame

(*Dormitatorlatifrons*) cuya impresionante capacidad de sobrevivir algunos días fuera del agua, le otorga una ventaja competitiva para su cultivo.

La revisión bibliográfica presentada anteriormente, contribuye al conocimiento de la ictiología existente en el sistema hídrico de la provincia de Los Ríos, identifica los vacíos de información y actualiza el registro de la riqueza íctica del sistema antes citado.

Según, (Laaz- Moncayo & Revelo, 2012), los peces fueron capturados por los pescadores artesanales en los ríos Babahoyo, San Pablo, Ventanas y Baba; esteros Pimocha, Jordán, Edén, Cacharí, Mona, Atascazo, Sabaneta, Margarita; Humedal Abras de Mantequilla y Sabanas la Sucha y Laguna del Tinto; ríos que pertenecen al sistema hídrico de la provincia de Los Ríos (tabla 56)

Tabla 56

Órdenes, familias y especies de peces de aguas continentales de la provincia de Los Ríos.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Characiformes	Prochilodontidae	<i>Ichthyoelphas</i>	Bocachico
		<i>humerakis</i>	
	Anostomidae	<i>Leporinus ecuadorensis</i>	Ratón
		<i>Astyanax festae</i>	Cachuela
	Characidae	<i>Piaractus brachypomus</i>	Cachuela
		<i>Rhoadsia altipinna</i>	Chavelita
	Serrasalminidae	<i>Piaractus brachypomus</i>	Cachama
		<i>Brycon albus</i>	Dama blanca
	Bryconidae	<i>Brycon atrocaudatus</i>	Dama montañera
		<i>Brycon dentrex</i>	Sábalo
Erythrinidae	<i>Hoplias microlepis</i>	Guanchiche	

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Siluriformes	Curimatidae	<i>Pseudocurimata</i>	Dica
		<i>boulengeri</i>	
	Lebiasinidae	<i>Pseudocurimata</i>	Dica
		<i>troschelli</i>	
	Patrodontidae	<i>Lesbiasina bimaculata</i>	Huaija
	Heptapteridae	<i>Saccodon terminalis</i>	Cornetero
		<i>Rhamdia quelen</i>	Barbudo
	Cetopsidae	<i>Pimedolella modestus</i>	Chillo
		<i>Paracetopsis bleekeri</i>	Bagre ciego
	Trichomycteridae	<i>Itulganis laticeps</i>	Madre barbudo
		<i>Isorineloricaria</i>	Raspabalsa
	Loricariidae	<i>spinosissima</i>	
		<i>Hemiancistrus</i>	Raspabalsa
	Pseudopimelodidae	<i>hammarlundi</i>	
<i>Chaetostoma fischeri</i>		Guaña	
Perciformes	Cichlidae	<i>Microglanis variegatus</i>	Bagrecito
		<i>Andinoacara rivulatus</i>	Vieja azul
	Eleotridae	<i>Cichlasoma festae</i>	Vieja colorada
		<i>Oreochromis spp.</i>	Tilapia
		<i>Dormitator latifrons</i>	Chame
Gobiidae	<i>Eleotris picta</i>	Guabina manchada	
	<i>Gobiomorus maculatus</i>	Guabina	
		<i>Awaous trasandeanus</i>	Lameplato

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
	Haemulidae	<i>Pomadasys bayanus</i>	Roncador
	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	Lisa
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Achirus mazatlanus</i>	Lenguado
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Sternopygus arenatus</i>	Bio
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	Guppy

Nota. La tabla representa las familias y las especies presentes en la Provincia de los Ríos, de la investigación realizada en esa zona.

Línea base social

A continuación, se presenta el resumen del impacto de la actividad en el componente social en el área de influencia social directa e indirecta (tabla 57), referente a las descargas de las aguas residuales que se emiten la Universidad

Tabla 57

Percepción social en Área de Influencia Social Directa

Sector	Tipo de Influencia
Habitantes colindantes a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo	La percepción de afectación al agua que cruza la propiedad del habitante colindante en el lado izquierdo de la ESPE, fue considerada una afectación mayoritaria.
	La percepción de afectación al agua que cruza la propiedad del habitante colindante en el lado derecho de la ESPE, fue considerada una afectación minoritaria.

Nota. La tabla representa la matriz de percepción social del área de influencia social directa de las fincas y/o habitantes aledaños a la zona de estudio

A continuación, se presenta el resumen del impacto de la actividad en el componente social en área de influencia social indirecta e indirecta (tabla 58):

Tabla 58

Impacto sobre el Área de Influencia Social Directa e indirecta

Sector	Tipo de Influencia
Habitantes colindantes a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Santo Domingo	Salud: afectación a la salud de los habitantes de las áreas aledañas Afectación al efluente por presencia de aguas residuales.

Nota. La tabla representa la matriz de impacto del área de influencia social directa de las fincas y/o habitantes aledaños a la zona de estudio

Los resultados de la encuesta realizada apéndice 6, determinan que las personas que se encuentran colindando en el lado izquierdo de la Universidad, se sienten afectadas por la descarga de aguas residuales en el río, según, (Espinoza, 2001), los ciclos económicos, constituyen tasas de crecimiento económico, composición y evolución de los productos geográfico, mientras que, los componentes sociales indican los valores de la sociedad frente al medio ambiente, niveles educacionales, calidad de las viviendas. Según, (Espinoza G. , 2007), muchos sectores consideran que todo lo que compete al ámbito ambiental y desarrollo sostenible es una restricción al desarrollo económico y social, lo que limita la capacidad para detener el deterioro ambiental de ecosistemas y controlar la contaminación

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

En la siguiente tabla 59, se muestran los resultados del dimensionamiento de las unidades que intervendrán en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Espe Sede Santo Domingo

Tabla 59

Dimensionamiento de las unidades propuestas en la Planta de Tratamiento

Parámetro	Valor Obtenido	Unidades
Tamiz		
Tamiz	0,15	mm
Desarenador		
V	2,66	m ³
A _s	1,06	m ²
A _t	0,30	m
P _u	2,5	m
L	9,0	m
A _d	0,12	m
A _t	0,04	m
Aire	1,3	m ³ /h
Decantador		
V _d	106,78	m ³
S _h	53,4	m ²
h	2	m
D	8,24	m
Perímetro	26	m
Carga sobre el vertedero	2,1	m ³ /h*m
Aireadores		
DBO ingresado	741	Kg/DBO/día
Aire requerido	79,2	m ² Aire/min
PH ₂ O	26971,168	Pa

Parámetro	Valor Obtenido	Unidades
P _a	18,61	PSI
A _t	25,82	°C
Q	50,3	m ³ /min
P	33,8	HP
Floculador		
A _f	0,14831	m ²
a	0,135	m
d	0,20223991	m
B _f	2,7	m
LE	2,5	m
L _c	60	m
C _f	22	Unidades
L	4,7	m
V _f	13,7	m ³
Adsorción		
EBCT	0,02341204	d
V _f	4,4	m/h
V _t	8,90	m ³
BV	0,89	
CUR	1,06782674	Kg CAG
Espesador		
A	39,5	m ²
C _s	1,240515	Kg SS /m ² / h
H	10,8	m

Nota. La tabla representa los resultados obtenidos del cada uno de las unidades de tratamiento propuesto para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que se encontraría en la zona de estudio

La Planta de Tratamiento de las Aguas residuales propuesta, consistió en la determinación de las unidades que la conformarían, donde se estableció los parámetros básicos de diseño, determinando así, las obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo. Con el dimensionamiento de la Planta, se pretendió establecer los parámetros de operación directa, controlando: caudal, temperatura, pH, remoción de DBO₅, remoción de sólidos, remoción de coliformes, concentración de nutrientes, presencia de material flotante, y remoción de DQO; por lo que el dimensionamiento de las unidades de tratamiento debe ser la adecuada para que funcionen de acuerdo al caudal, carga orgánica y bacteriológica, con el objetivo de determinar la eficiencia del proceso (López- Hernández & Herrera- Panduro, 2015). Además, según (Lizazaro- Becerra & Orjuela- Guitiérrez, 2013), en todos los proyectos que incluyan una PTAR, deben llevarse a cabo un estudio de factibilidad, además de cumplir con los requisitos mínimos de una planta de tratamiento de aguas residuales, esta debe someterse a una evaluación socioeconómica.

Dimensionamiento biorreactores

En la siguiente tabla (tabla 60) se muestran los resultados obtenidos de los resultados del dimensionamiento de los reactores de membrana:

Tabla 60

Tabla de resultados del dimensionamiento del reactor

Parámetro	Valor Obtenido	Unidades
SS	2756,7	mg/L
DBO ₅	1734,6	mg/L
DQO	2398,4799	mg/L

Q	427,1	m ³ /d
Cm	0,629	Kg DBO ₅ / d por Kg de MLSS
Vreactor	0,25	m ³
Cv	2956,41909	Kg DBO ₅ / m ³
TRH	0,00058673	d
Pf	0,1148625	Kg/d
Rendimiento de la membrana	70	%
Qp	0,010-	m ³ /d

Nota. La tabla representa los resultados del dimensionamiento del reactor propuesto para la zona de estudio

Finalmente, se obtuvo la cantidad de SS tratado, lo cual equivaldría a 0,02 Kg SS/ Kg de DBO tratado

Los resultados obtenidos muestran que, mediante el uso de reactores de membrana es posible reducir las concentraciones de sólidos suspendidos que ingresan al sistema, sin embargo; para la obtención de mejores resultados, sería necesario implementar un pretratamiento antes del ingreso del efluente al reactor con el objetivo de evitar daño a nivel de la membrana, como lo mencionan (Corado, 2010), (INDITEX, 2015) y (Bohórquez & Sarmiento, 2017) donde el uso de un pretratamiento, que consistió en uso de tamices, desarenadores, desengrasadores, evitaron el paso de partículas gruesas en el interior del biorreactor, permitiendo duplicar la capacidad de tratamiento de la planta, sin necesidad de incrementar el volumen de la misma.

Los datos presentados en la tabla 60, permiten determinar la calidad del efluente, en el mismo se estima que los resultados obtenidos pueden corresponder a un tratamiento terciario de una Planta de Tratamiento de aguas residuales, debido que las membranas no permiten el paso de sólidos en suspensión, además de evitar el paso de bacterias como *E.coli*, lo que concuerda con lo mencionado por (Bohórquez & Sarmiento, 2017) quienes mencionan que el aspecto de las membranas no permite el

paso de los sólidos en suspensión, ni de virus y bacterias, pudiéndose obtener un agua desinfectada de la misma calidad que la de un proceso convencional de lodos activados, además, éste tipo de sistemas poseen una configuración modular que les permite adaptarse a cualquiera de los sistemas, sin necesidad de tener costos elevados de infraestructura, ya que solo se agregan módulos al sistema, además, la ausencia de un clarificador, que actuaría como un selector natural de la población bacteriana, lo que permitiría que se desarrollen bacterias de crecimiento lento que persistan en el biorreactor.

Capítulo V: Conclusiones

Análisis de la contaminación del Agua residual

Los resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos, de las aguas residuales en los puntos de descarga, arrojaron una evidente contaminación ambiental, debido que éstas son descargadas a cuerpos de agua dulce, pueden estar ocasionando la alteración del ecosistema; además, se realizó una comparación con la normativa legal vigente (Anexo 1 Libro VI, TULSMA), tabla 9 referente a descargas en cuerpos de agua dulce, demostrando que las aguas residuales descargas no cumplen con la norma.

Evaluación de Impacto Ambiental

Para el Evaluación de Impacto Ambiental, se determinó que existe contaminación a nivel físico (agua, aire y suelo) y alteración a nivel social, debido que al descargar aguas residuales sin ser tratadas origina problemas de contaminación, para lo cual se identificó y clasificó cada variable de contaminación mediante matriz de causa- efecto. Una evaluación de Impacto Ambiental abarca todas las variantes que se encuentran a nivel ambiental, por lo que se incluyó todas las áreas que pueden causar impacto

Diagnóstico Ambiental- Línea Base del Área de Estudio

Línea Base Física

En lo que respecta a la línea base física del factor agua, fue necesario partir de datos experimentales de análisis microbiológicos, físicos y químicos del río donde son descargadas las aguas residuales, evidenciando una alteración a los 100m después de la descarga, evidenciando que la alteración en la calidad del agua, provino de las aguas residuales generadas en el área de porcino y ganadería, principalmente.

En lo que respecta a los factores de suelo, se puede concluir que la ESPE, tiene un tipo de suelo que es inceptisol, que son suelos jóvenes y poco desarrollados que están empezando a mostrar el desarrollo de los horizontes, mientras que el clima es tropical húmedo

Línea Base Biótica

Composición florística

En el estudio se encontró 134 individuos de plantas entre herbáceas, semileñosas y leñosas, las que se encuentran distribuidas en 18 especies de 14 familias botánicas. Las familias más representativas fueron Araceae, Monimiaceae, Solanaceae y Piperaceae.

La estructura horizontal se concentró en las plantas con menos diámetro que corresponde a las herbáceas y arbustos, en concordancia con la estructura vertical donde también se destacó los estratos bajos es decir las plantas con altura menores a los 10m.

La vegetación ribereña de la UFA ESPE todavía conserva una buena diversidad y estructura a pesar de la presión agrícola y ganadera.

Composición Faunística

Las aves son percibidas como elementos útiles del ecosistema, el mayor porcentaje de ellas es utilizado como mascotas para desesterarse o adornar sus fincas. La herbolaria riparia es utilizada mayormente como medicina natural sin embargo también es considerada como flora arvense por los finqueros de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Línea Base Social

Mediante la encuesta realizada a uno de los habitantes que se encuentran colindando con la Universidad, se evidenció la inconformidad referente a las descargas de las aguas residuales al río, sintiendo afectación en varios ámbitos, entre los cuales se destacan: olores, cambio en el aspecto físico de las aguas superficiales (río y riachuelo).

Tratamiento de Aguas Residuales

De los datos obtenidos, es necesario considerar que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, si bien es más costosa, pudiera incorporar un sistema mucho más eficaz que mejore la calidad del efluente, cumpliendo con los estándares señalados en la normativa legal vigente. La Planta fue proyectada para 25 años, según la normativa de calidad, con un número aproximado de 2513 personas para tres carreras que se encuentran en la actualidad; sin embargo, en el resultado de dimensionamiento de los equipos, debe considerar mayor caudal, para que éstos no tengan alteraciones de daño en el sistema. Si existiere un incremento del personal y de actividad agropecuaria, el caudal de descarga aumentaría drásticamente, por lo que es necesario la implementación de un sistema eficiente y eficaz para tratar las Aguas Residuales generadas en el ESPE Sede Santo Domingo.

Al incorporar un sistema integrado de biorreactores de membrana, juntamente con la planta de tratamiento de aguas residuales, permitirá garantizar la calidad que contiene el efluente, obteniendo un efluente con condiciones de ser reutilizado en los procesos agrícolas que se llevan a cabo en la Universidad; el procedimiento no se llevó a cabo, debido que el diseño en obra y puesta en marcha del proceso de una PTAR o del biorreactor de membrana, está fuera del alcance del proyecto; sin embargo, en base a los resultados obtenidos de la Evaluación de impacto Ambiental, y de la determinación de los contaminantes de las aguas residuales, se deja constancia de la importancia de contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales que permita mejorar la calidad de la misma y preservar de alguna manera el ecosistema que se encuentra en la Universidad.

El propósito de realizar la descripción físico química de las aguas residuales, fue determinar los contaminantes que se encuentran en la misma, y de esta manera se propuso el mejor sistema de tratamiento para las aguas residuales que se producen en la SEDE, disminuyendo así la contaminación ambiental y alteración en el ecosistema. Se planteó dos procedimientos para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Sede, los cuales fueron: un biorreactor de membrana (tratamiento biológico

aerobio), y un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales. Cabe mencionar que, para el caso del Biorreactor, su ocupación en terreno es reducido a diferencia de una planta de tratamiento; sin embargo, se presentó ambas alternativas eficaces que permitirían tratar las descargas contaminantes que desembocan a los cuerpos de agua dulce.

Capítulo VI: Recomendaciones

Análisis de la contaminación del Agua residual

Se sugiere hacer análisis periódicos en el sitio de descarga, y realizar una clasificación de la materia orgánica, que con un método adecuado de tratamiento puede ser óptimo para ser usado en la agricultura.

Evaluación de Impacto Ambiental

Para el Evaluación de Impacto Ambiental, es recomendable analizar cada variable que podría tener un impacto, tanto positivo como negativo en el ecosistema, para el caso de la variable social, sería de gran importancia, trabajar de manera conjunta con los habitantes de la población aledaña y concientizar sobre la contaminación que se produce en los ríos al descargar aguas residuales

Diagnóstico Ambiental- Línea Base del Área de Estudio

Para desarrollar un diagnóstico ambiental, es necesario tomar en cuenta el aporte de una visión cualitativa, que nace desde el discurso de cada uno de los actores e instala una visión de la situación actual, tanto de las relaciones entre los diferentes actores como de la disponibilidad de diferentes bienes y servicios.

Tratamiento de Aguas Residuales

Dentro de la investigación que se llevó a cabo, se propuso dos tratamientos para las aguas residuales de la SEDE, sin embargo, por cuestiones económicas, sería factible considerar que el fango obtenido como producto del proceso que se lleva a cabo podría ser utilizado en procesos de compostaje, en obtención de biogás, que podría ser una investigación factible para evitar daños ambientales al descargar aguas residuales sin recibir tratamiento previo

Capítulo V: Referencias Bibliográficas

Acuerdo Ministerial 097 Libro VI Anexo 1. (04 de noviembre de 2015). Obtenido de

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de

Efluentes del Recurso Agua. (04 de mayo de 2015). *Ministerio de Ambiente*. Obtenido de

<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>

agua, S. d., Agua, A. d., & Ambiente, M. d. (septiembre de 2016). *Control Sanitario*. Obtenido de Control

Sanitario Web site: [https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf)

[content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf)

Agudelo- Patiño, J., & Alvear- Daza, A. (2015). *ESTUDIO DE LA SEDIMENTABILIDAD DE LOS SÓLIDOS*

PRESENTES EN EL TRATAMIENTO PRIMARIO DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DE LA CIUDAD DE

CALI. Obtenido de Universidad del Valle:

[https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/8971/3754-](https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/8971/3754-0505719.pdf?sequence=1)

[0505719.pdf?sequence=1](https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/8971/3754-0505719.pdf?sequence=1)

Agudelo-Cadavid, R., Gutiérrez-Builes, L., & Ríos-Tobón, S. (2017). *Patógenos e indicadores*

microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Obtenido de

<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>

Aguilar, A., & Lascano, S. (2009). *Relaciones entre la cobertura arbórea y la diversidad de aves y*

mamíferos en fincas ganaderas de Santo Domingo de los Tsáchilas. Sangolquí.

Aguirre-Martínez, D. (octubre de 2015). *Evaluación del floculador en la planta de tratamiento de agua*

potable "La Esperanza" que abastece a los cantones Machala, Pasaje y el Guabo, Provincia de el

Oro. Obtenido de Universidad Técnica de Machala:

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2928/1/EVALUACI%C3%93N%20PTAP%20LA%20ESPERANZA..pdf>

Alavarado-Granados, A., Camacho-Calzada, K., & Díaz-Cuenca, E. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya. *Quivera*, 81.

Altieri, M., Funes-Monzote, & Peterson, P. (2012). Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*, 1-13.

Alvear, D. (25 de noviembre de 2021). *Evaluación de bacterias sulfuro oxidadoras para el tratamiento de aguas residuales domésticas producidas en la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana:

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/58224/TESIS%20FINAL%20david%20rep-convertido%20%281%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Alviz, A., & Cueto, D. (2012). *Diseño de una sistema de aireación para una planta de lodos activados en zofranca mamonal*. Obtenido de Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería:

<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/131/DISE%C3%91O%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20AIREACI%C3%93N%20PARA%20UNA%20PLANAT%20DE%20LODOS%20ACTIVADOS%20EN%20ZOFRANCA%20MAMONAL..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Andrade- Cáceres, J. I. (2015). *Diseño del Sistema de Tratamiento de Agua Potable en la regional 2 de septiembre cantón Colta, Provincia de Chimborazo*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Arrieta, R., & Chica, K. (julio de 2019). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con tecnología de lodos activados, para la Parroquia San José de Yora, Cayambe*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Ambiental:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17584/1/UPS%20-%20ST004155.pdf>
- B & G Consultores. (2015). *Actualización del PDOT de la Parroquia Luz de América*. Obtenido de <https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-PARROQUIA-LUZ-DE-AMERICA-2015-2020.pdf>
- Bahamon- Leon, R. (2016). *ANALISIS DE LAS COMPRESIONES QUE HACEN LAS COMUNIDADES ALEDAÑAS A LA QUEBRADA LA CHORRERA SOBRE LAS AFECTACIONES GENERADAS POR LOS VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES URBANAS DEL MUNICIPIO DE ISNOS – DEPARTAMENTO DE HUILA*. Obtenido de Universidad de Manizales, Maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente:
https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2599/Bahamon_Romulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Baquerizo- Cabrera, M., Acuña- Cumba, M., & Solis-Castro, M. (2019). Contaminación de los ríos: caso río Guayas y sus afluentes. *Manglar*, 63-70.
- Barriga, R. (1994). *Peces del Noreste del Ecuador*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5084>
- Benítez, V., & Matheus, J. C. (1997). Diversidad y abundancia relativa de las aves en dos localidades de Playa de Oro, zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas. *Ecociencia*, 87-107.

BioWeb Ecuador. (2010). *Aves del Ecuador*. Obtenido de Bosque Protector Río Guajalito, Provincia de Santo Domingo: https://fieldguides.fieldmuseum.org/sites/default/files/rapid-color-guides-pdfs/431_2.pdf

BirdLife International. (2022). *Avibase- Listas de Aves del Mundo*. Obtenido de Pichincha & Santo Domingo de los Tsáchilas: <https://avibase.bsc-eoc.org/checklist.jsp?lang=ES&p2=1&list=clements&synlang=ES®ion=ECpi&version=text&life=list=&highlight=0>

Bofill-Mas, S., Clemente-Casares, P., Albiñana-Giménez, N., Maluquer de Mortes Porta, C., Hundesa Gonfa, A., & Girones Llop, R. (2005). Efectos sobre la salud de la contaminación de agua y alimentos por virus emergentes humanos. *Española de salud pública*, 253-269.

Bohórquez, C., & Sarmiento, D. (marzo de 2017). *Análisis del uso de biorreactores de membrana para tratamiento de aguas residuales y posible implementación en Colombia*. Obtenido de Universidad Católica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15221/1/TESIS%20MBR.pdf>

Bolaños- Alfaro, J., Cordero- Castro, G., & Segura- Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de cotaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, 15-27.

Bonilla, A., Durán, G., Bayón, M., & Abad, K. (mayo de 2020). *FLACSO Ecuador*. Obtenido de biblio.flacsoandes: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/58190.pdf>

Cabrera Molina, E., Hernández Garciadiego, L., Gómez Ruíz, H., & Cañizares Macías, M. d. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Sociedad Química de México*, 88-92.

- Calidad Ambiental. (2013). *Estudio de Impacto Ambiental*. Obtenido de Construcción y Operación-Mantenimiento de la Planta de recuperación de agua en el sector Quitumbre EPMAPS:
https://www.aguaquito.gob.ec/downloads/esia_pra_socializacion.pdf
- Camacho, F., Trejo, I., & Bonfil, C. (2006). Estructura y composición de la vegetación ribereña de la barranca del río Tembembe, Morelos, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 17-31.
- Campos, M. G., Marina, L., & Vidales, A. (2010). Extracción de grasas y aceites en los efluentes de la Industria Automotriz. *Tecnológica*, 30.
- Cárdenas- Calvachi, G., & Sánchez- Ortiz, I. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*, 72-88.
- Cárdenas, C., & Pozo, W. (2009). Beneficios de la flora de los bosques riparios en fincas agrícolas y ganaderas, Santo Domingo de los Tsáchilas- Ecuador. *Cinchonia*, 11-20.
- Cárdenas, C., & Pozo, W. D. (2009). Beneficios de la flora de los bosques riparios en fincas agrícolas y ganaderas de Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador. . *Cinchonia*, 11-20.
- Cárdenas, G., & Sánchez, I. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*, 72-88.
- Carita, M. (2012). *Estudio de calidad microbiológica de aguas residuales, procedentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Puchukollo-EPAS, Ciudad del Alto, La Paz- Bolivia, 2012*.
Obtenido de Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas, SELADIS:
<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/22869/TE-1839.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castro, L. (2002). *Modelo de disifación en la Planta de Tratamiento de Agua Francisco Wiesner de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá- EAAB*. Obtenido de Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química:

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/15728/u236792.pdf?sequence=1>

Centro Canario del Agua. (enero de 2003). *Introducción a los Biorreactores de membranas*. Obtenido de

https://fcc.a.es/documentos/05_documentos_por_temas/Recursos%20educativos%20/IntroMBR.pdf

CEPAL. (1990). *Impacto Ambiental de la Contaminación Hídrica producida por la Refinería Estatal Esmeraldas*. Obtenido de

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/9212/S9000506_es.pdf

CEPSA; Servicios Geográficos & Medio Ambiente S.A.C. (s.f.). *EIA PROSPECCIÓN SÍSMICA 2D Y PERFORACIÓN DE CUATRO POZOS EXPLORATORIOS* - . Obtenido de Línea Base Social:

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/LBS%20FINAL%20130.pdf>

Cerón, C. E. (2002). La etnobotánica en el Ecuador. *Cinchonia*.

Chávez Solutions, Laboratorio Ambiental Alimentos y Consultoría. (01 de marzo de 2020). *Chavez*

Solutions. Obtenido de <https://chavezsolutions.com/noticias-ambientales/aguas-servidas-un-riesgo-para-los-rios-del-pais/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20datos%20de%20la%20Secretar%C3%ADa,de%20aguas%20residuales%20se%20descargan>

Código Orgánico Ambiental. (12 de abril de 2017). *Ambiente*. Obtenido de Ambiente Web site:

https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

Constitución Política del Ecuador. (20 de octubre de 2008). *Ecuador en cifras*. Obtenido de Ecuador en cifras Web site:

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/LOTAIP/2017/DIJU/octubre/LA2_OCT_DIJU_Constitucion.pdf

Corado, H. (mayo de 2010). *Diseño de un Biorreactor de membrana para la regeneración de las aguas residuales en un establecimiento hotelero*. Obtenido de Universidad de San Carlos de Guatemala: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3130_C.pdf

Coria, I. (2008). Estudio de Impacto Ambiental: características y metodologías. *Invenio*, 125-135.

CPE INEN. (1992). *Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 habitantes*.

Cristancho, D., Gámez, W., & Guerra, J. y. (2018). Estimación de los gases efecto invernadero generados por las plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en la cuenca del río Bogotá. *Scielo.org*, 27.

Cusiche- Pérez, L., & Miranda- Zambrano, G. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín', Perú. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*.

De la Mora- Orozco, C., Saucedo- Terán, R., González- Acuña, I., Gómez-Rosales, S., & Flores-López, H. (2018). Efecto de la temperatura del agua sobre la constante de velocidad de reacción de los contaminantes en un humedal construido para el tratamiento de aguas residuales porcícolas. *scielo.org*.

De Miguel Fernández, C., & VÁZQUEZ-TASET, Y. M. (2006). ORIGEN DE LOS NITRATOS (NO₃) Y NITRITOS (NO₂) Y SU INFLUENCIA EN LA POTABILIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. *Minería y Geología*, 1-9.

Déniz, F. (2010). *Análisis estadístico de los parámetros DQO, DBO5, y SS de las aguas residuales urbanas en el ensuciamiento de las membranas de ósmosis inversa*. Obtenido de https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/4858/3/0622200_00000_0000.pdf

Díaz-Cuenca, E., Alavarado-Granados, A. R., & Camacho-Calzada, K. E. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible. *Quivera*, 81.

Dondson, C., & Gentry, A. (1978). *Flora of the Rio Palenque Science Center: Los Ríos Province Ecuador*.

Empresa Andaluza GEDAR, Gestión de Aguas y Residuos. (s.f.). *Tamiz Estático*. Obtenido de <https://www.gedar.com/PDF/Residuales/GEDAR-Tamices-Estaticos.pdf>

ENCA. (septiembre de 2016). *Control Sanitario*. Obtenido de Control Sanitario Web site: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf

Ensminger, M. (1981). *Producción bovina para carne*. Buenos Aires: El Ateneo.

Espino- Valdéz, M. (noviembre de 2003). *Estudio de nitrificación- desnitrificación de un efluente secundario de tratamiento de aguas residuales mediante un sistema de reactores biológicos en serie*. Obtenido de Centro de Investigación en materiales avanzados: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/429/1/005%20ESPINO%20VALDEZ%20MARIA%20DEL%20SOCORRO.pdf>

Espinosa-Llórens, M. d., León-Hernández, Y., & Rodríguez-Petit, X. (2013). Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 2.

- Espinoza, G. (2001). *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Obtenido de Banco Interamericano de desarrollo: <https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGTS/MGTS14/MGTSV-04/semana3/3FundamentosEvaluImpactoAmbiental.pdf>
- Espinoza, G. (2007). *Gestión y fundamentos de evaluación de Impacto Ambiental*. Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo: <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1052.pdf>
- Fernández, R. (2015-2016). *Sedimentación/ Aguas*. Obtenido de Escuela de Organización Industrial.
- FFSG, IUCN, SSC, WETLANDS. (2013). 2013 FFSG, Annual Report.
- Fiorela-Núñez, R. M. (2016). *Tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar, con Humedales Artificiales de flujo subsuperficial Horizontal, mediante la especie macrófita emergente Cyperus Papyrus (Papiro)*. Obtenido de Universidad Peruana Unión.
- Fiscalización control y diseño FICONDI CIA. LTDA. (s.f.). *Diseño definitivo de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Sistema Culebrillas para la Ciudad de Cuenca*. Obtenido de Estudio de Impacto Ambiental: [https://www.etapa.net.ec/Portals/0/Agua%20Potable/ingProyectos/Cap%C3%ADtulo%205.%20L%C3%ADnea%20Base%20Ambiental%20\(P%20C\).pdf](https://www.etapa.net.ec/Portals/0/Agua%20Potable/ingProyectos/Cap%C3%ADtulo%205.%20L%C3%ADnea%20Base%20Ambiental%20(P%20C).pdf)
- Flores-Márquez, J. P., Olivas-Enríquez, E., & Serrano- Alamillo, M. (2011). Indicadores fecales patógenos en agua descargada al río Bravo. *Terra Latinoamérica*, 2.
- Galeano, L., & Rojas, V. (2016). *Propuesta de diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales por Zanjón de oxidación para el casco Urbano del Municipio de Velez- Santander*. Obtenido de Universidad Católica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13930/4/PROPUESTA%20DE%20DISE%20>

%91O%20DE%20UNA%20PTAR%20PARA%20EL%20%20MUNICIPIO%20DE%20VELEZ%20-SANTANDER..pdf

García- Toscano, J. (enero de 2018). *Propuesta Metodológica de indicadores de evaluación de sustentabilidad de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas orientados al Sector Rural*. Obtenido de Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19075/1/CD-8476.pdf>

García, M., & Pérez, J. (s.f.). *Aguas Residuales- Composición*. Obtenido de https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

Gentry, A. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Missouri Botanical Garden*, 1-34.

Gentry, A. (1988). Tree species richness of Upper Amazonian forests. *PNAS*.

Gesambconsult. (Noviembre de 2012). *Estudio de Impacto Ambiental de la Primera Línea del Metro de Quito*. Obtenido de Empresa Pública Metropolitana de Quito: https://www.jbic.go.jp/ja/business-areas/environment/projects/pdf/56262_4.pdf

Gil, J. (2014). Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. Colombia.

Gobierno Autónomo Descentralizado de Loja. (06 de julio de 2017). *CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CIUDAD DE LOJA*. Obtenido de Trabajamos por ti Loja, Licitación Pública Internacional: <https://www.loja.gob.ec/contenido/construccionptar>

- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Luz de América. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Luz de América 2030*. Obtenido de <https://luzdeamerica.gob.ec/wp-content/uploads/2016/02/PDOT-Luz-de-Am%C3%A9rica-2030.pdf>
- Godoy, P., Bartolomé, R., Torres, J., Espinet, L., Escobar, A., Nuin, C., & Domínguez, Á. (2011). Brote de gastroenteritis por el consumo de agua de suministro público causado por *Shigella sonnei*. *Gaceta Sanitaria*, 363- 367.
- Gómez, M. A. (octubre de 2008). *Propuesta de Planta Tratadora de aguas residuales*. Obtenido de Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia: <http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/bitstream/20.500.12984/957/1/gomezaraizamariaanalil.pdf>
- Google Earth. (2022). *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Santo Domingo*. Obtenido de https://earth.google.com/web/search/universidad+de+las+fuerzas+armadas+santo+domingo/@-0.4127271,-79.30972811,293.86180888a,3369.9747375d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCVw7adMQJtq_EcvYlvHFo9q_GQXFWBZA01PAIYjQYF901FPA
- Granja, M. B., & Tapia, S. A. (julio de 2013). *Evaluación, Caracterización y Propuesta de Tratamiento de Agua Residual Proveniente de la Cafetería del Campus el Girón de la Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7085/1/UPS-QT05866.pdf>
- Greeley and Hansen. (mayo de 2017). *Estudio de Impacto Ambiental para la planta de tratamiento de aguas residuales guangarcucho*. Obtenido de Informe Ambiental: <https://maezuay.files.wordpress.com/2017/09/eia-ptarg.pdf>

- Guerra, L. (2013-2014). *Diseño de un prototipo de planta de tratamiento de aguas residuales procedentes de la quesera Isabel ubicada en el sector Lagos El Cisne del cantón Guano Provincia de Chimborazo*. Obtenido de Universidad Nacional de Chimborazo:
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/809/1/UNACH-EC-IMB-2015-0002..pdf>
- Guevara, G., Reinoso, G., García, J., Franco, L., García, L., Yara, D., . . . Olaya, E. (2008). Aportes para el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereños. *Tumbaga*, 109-127.
- Harvey, C., Villacís, J., Villanueva, C., & Chacón, M. (2005). Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 200-230.
- Harvey, C., Villanueva, C., Esquivel, H., Gómez, R., Ibrahim, M., López, M., . . . Sinclair, F. (2011). Conservation value of dispersed tree cover threatened by pasture management. *Elsevier*, 1664-1674.
- Hernández de la Cruz, R. (enero de 2022). *Eliminación de aceites y grasas en tratamiento de aguas residuales procedentes de una refinería mediante el uso de organoarcillas*. Obtenido de Escuela Superior de Tecnologías y Ciencias Experimentales:
http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/196680/TFG_Hernandez%20De%20La%20Cruz_R.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernández-Acosta, E., Quiñones-Aguilar, E., Cristóbal-Acevedo, D., & Rubiños-Panta, J. (s.f.). Calidad biológica de aguas residuales utilizadas para riego de cultivos forrajeros en Tulancingo, Hidalgo, México.
- Hidalgo-Santana, M., & Mejía-Álvarez, E. (2010). *Diagnóstico de la contaminación por aguas residuales domésticas, cuenca baja de la quebrada la Macana, Sa Antonio de Prado, Municipio de Medellín*. Obtenido de Universidad de Antioquia:

<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1304/1/DiagnosticoContaminacionAguasResidualesDomesticas.pdf>

Ibáñez- Asensio, S., Gisbert- Blanquer, J., & Moreno- Ramón, H. (s.f.). *Inceptisoles*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12884/inceptisoles.pdf>

INDITEX. (junio de 2013). *Decantación Primaria Convencional*. Obtenido de Fichas técnicas de etapas de proceso de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la Industria Textil:

<https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Decantaci%C3%B3n+primaria+convencional.pdf/40f134f4-529a-d6ec-eafa-3eff20f8ad5d>

INDITEX. (septiembre de 2015). *Biorreactores de Membrana Serie: Tratamientos Secundarios*. Obtenido de Universidad de Coruña:

<https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Biorreactores+de+membrana+%28BRM%29.pdf/5eaf2ead-d155-2a7f-d72a-63ff5548ba5f>

INDITEX; WATER AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING GROUP. (agosto de 2014). *Adsorción en carbón activo*. Obtenido de

<https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Adsorci%C3%B3n+en+carb%C3%B3n+activo.pdf/29bfa658-fbd1-c98b-1606-8eb1252fc1b9>

INDITEX; WATER AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING GROUP. (septiembre de 2015). *Fichas técnicas de etapas de proceso de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la Industrial Textil*.

Obtenido de Tecnologías de espesamiento, serie: tratamiento de fangos, Universidad de Coruña:

<https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Tecnolog%C3%ADas+de+espesamiento.pdf/5937d248-06a9-c654-cd44->

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (12 de julio de 2006). *Conductividad*

Eléctrica en agua. Obtenido de SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA GRUPO-LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL:

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+El%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (28 de diciembre de 2007). *GRASAS Y*

ACEITES EN AGUAS EXTRACCIÓN LIQUIDO-LIQUIDO Y GRAVIMETRÍA. Obtenido de SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL:

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Grasas+y+Aceites+en+agua+por+extracci%C3%B3n+L+-+L+y+gravimetr%C3%ADa..pdf/aad8c4e0-3e09-4ad5-a5a2-22966c6ddad9#:~:text=En%20este%20m%C3%A9todo%20la%20grasa,residuales%20superficiales%20dom%C3%A9sticas%20e%>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (14 de junio de 2007). *Subdirección de*

Hidrología- Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental. Obtenido de Sólidos Totales secados a 103-105oC:

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Totales+secados+a+103+-+105%C2%BAC..pdf/d4faab4a-34e4-4159-bf4c-50353b101935>

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. (julio de 2003). *Programa de Calidad Ambiental Marina*.

Obtenido de Manual de Técnicas Analíticas para la determinación de parámetros físicoquímicos y contaminantes marinos:

<http://www.inveemar.org.co/redcostera1/inveemar/docs/7010manualTecnicasanaliticas..pdf>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1992). *Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN5* . Obtenido de

Código Ecuatoriano de la Construcción C.E.C:

https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf

Internacional Union for Conservation of Nature, UICN. (2019). *Issues Brief*. Obtenido de

https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/es_iucn_issues_brief_-_ocean_deoxygenation.pdf

[_ocean_deoxygenation.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/es_iucn_issues_brief_-_ocean_deoxygenation.pdf)

Jaimes-campos, D., & Pico-Jiménez, M. I. (2009). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas*

residuales y producción evaluando las diferentes alternativas nacionales y extranjeras- aplicando

campo clorado. Obtenido de Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico

químicas: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2009/129404.pdf>

Jerez, C. (2017). *Diseño de un biorreactor de membrana con carbón activo para reducir el ensuciamiento*

de las membranas causado por las sustancias poliméricas extracelulares. Obtenido de

Universidad Politécnica de Valencia:

[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76813/TFG____14806060779934186094279034](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76813/TFG____14806060779934186094279034050836.pdf?sequence=2)

[050836.pdf?sequence=2](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76813/TFG____14806060779934186094279034050836.pdf?sequence=2)

Kalko, E. (1997). Diversity in tropical bats.

Kalko, E., & Handley, C. (2001). Neotropical bats in the canopy: diversity, community structure, and

implications for conservation. *Plant ecology*, 153.

Laaz- Moncayo, E., & Revelo, W. (2012). *Catálogo de peces de aguas continentales de la Provincia de los*

Ríos- Ecuador. Ecuador.

- Larrea-Murrell, J. A., Rojas-Badía, M. M., Romeu-Álvarez, B., Rojas-Hernández, N. M., & Heydrich-Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *CENIC. Ciencias Biológicas*, 24-34.
- León- Sánchez, N. (2016). *Evaluación y Análisis comparativo de la Calidad Ambiental de los Efluentes de Dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas tipo lodos activados en la Ciudad de Guayaquil*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Litoral:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/32453>
- León, M. (2015). *Caracterización Físico-Química, Biológica y ecotoxicológica de agua residual de un hospital de la ciudad de Cuenca*. Obtenido de Universidad de Cuenca:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21222/1/TESIS.pdf>
- Ley Orgánica de los Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua. (06 de agosto de 2014). *relacionagua*. Obtenido de Relación Agua.gob: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Lizazaro- Becerra, J., & Orjuela- Guitiérrez, M. (2013). *Sistemas de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Colombia*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia:
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20486/marthaisabelorjuela2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López- Hernández, R., & Herrera- Panduro, K. (julio de 2015). *Planta de tratamiento de aguas residuales para reúso en riego de parques y jardines en el distrito de la Esperanza, Provincia Trujillo, La Libertad*. Obtenido de Univesidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería:
http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/1981/1/REP_ING.CIVIL_RODRIGO.LOPE

Z_KATHLEEN.HERRERA_PLANTA.TRATAMIENTO.AGUAS.RESIDUALES.REUSO.RIEGO.PARQUES.JA
RDINES.DISTRITO.LA.ESPERANZA.TRUJILLO.LA.LIBERTAD.pdf

López, J. (enero de 2011). *Repositorio Digital*. Obtenido de Repositorio Digital USFQ:

<https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/750>

López, R. (2002). *Degradación del suelo causas, procesos, evaluación e investigación*. Obtenido de

Centro Interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial:

<http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/degradacion/pfd/librocompleto.pdf>

Lozano, W. (2012). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Universidad Piloto de Colombia*.

Lozano, W. (2012). *Material de Clase para las asignaturas de Tratamiento de Aguas Residuales.*

Colombia.

Mariscal-Santi, W. E., Garcia-Larreta, F. S., Mariscal-Garcia, R., Paredes-Jara, C., Ponce-Solórzano, H.,

Montiel-Rivera, T., & De La Torre-Quinonez, E. (2018). Presencia de Microorganismos patógenos en las aguas del Estero Salado año 2013. *Polo del Conociento*, 150-161.

Martínez, M., & Osorio, A. (23 de enero de 2018). Validación de un método para el análisis del color real

en el agua. *Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia*, 143-155. Obtenido de

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rfc/article/view/68086/64645>

Mayorga, N. (abril-junio de 2014). *Determinación de la calidad bacteriológica en los efluentes de la*

planta de tratamiento de aguas residuales de chilpina- Arequipa y cultivos hortícolas. Obtenido

de Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa:

[http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3199/BImaranm.pdf?sequence=1&isAll
owed=y](http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3199/BImaranm.pdf?sequence=1&isAll
owed=y)

- Maza-Lema, J. (2017). *Cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de iones de fosfato en dos cuencas andinas altas del sur del Ecuador*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14968/1/UPS-CT007384.pdf>
- Medina, C., Ramírez, S., Espinosa, M., Tovar, R., Quintero, B., & Rodríguez, I. (2007). Impacto de la descarga de aguas residuales en la calidad del río Mololoa (Nayarit, México) y propuestas de solución. *Latinoamericana de recursos naturales*, 65-73.
- Mejía, O. (2007). *Guía de manejo de un pez nativo del chocó, la Mojarra (Cichlasoma ornatum)*. Quito: Gráficas Iberia.
- Millán- Torres, C. (octubre de 2008). *Remoción de sulfato en riles, mediante el uso de fitorremediación*. Obtenido de Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas:
https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103271/millan_ct.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Ministerio de Ambiente. (2015). *Términos de Referencia para Estudio de Impacto Ambiental de Proyectos de alcantarillado y aguas residuales*. Obtenido de Subsecretaría de calidad ambiental:
<http://geonetwork.ambiente.gob.ec/documents/10179/252559/4.GUIAS+TDR-S+CATEGORIA+IV+PROYECTOS+DE+ALCANTARILLADO+Y+AGUAS+RESIDUALES.pdf/9841031a-85bd-4733-917d-bf1259eae8fc;jsessionid=VMwv8MVzyBBZHuaa3HwIwuHp?version=1.0>
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2015). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. Obtenido de <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/todas-areas-protegidas#galapagos>
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2 de octubre de 2020). Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales. Santo Domingo, Santo Domingo de las Tsáchilas, Ecuador.

Ministerio de Salud de Perú. (s.f.). *Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal- meta 35.*

Obtenido de Desinfección de Sistemas, caracterización de fuentes de agua y cloración del agua para consumo humano:

https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/metas/taller_PI_meta35_2.pdf

Molina- García, M. (2016). *Elaboración de un Filtro Artesanal de Agua utilizando materiales no convencionales, evaluando su eficiencia para la disminución de los niveles de contaminación de aguas residuales generadas por una lavadora de autos.* Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24606/1/Tesis%201086%20-%20Molina%20Garc%C3%ADa%20Mishel%20Estefan%C3%ADa.pdf>

Molina, S. (2010). *Estandarización de métodos de análisis para la determinación de nitratos, nitritos, compuestos fenólicos y, aceites y grasas utilizados .* Obtenido de como indicadores de contaminación de aguas naturales y residuales industriales:

<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/134930.pdf>

Mora, A., Chávez, C., Fonseca, G., Cabra, J., & Carmona, Y. (2005). Desarrollo de un inóculo microbiano empleando lodos activados para la remoción de H₂S mediante biofiltración. *Colombiana de Biotecnología*, 26-34.

Muñi, A., Paéz, G., Faría, J., Ferrer, J., & Ramones, E. (2005). Eficiencia de un sistema de ultrafiltración/nanofiltración tangencial en serie para el fraccionamiento y concentración del lactosuero. *Revista Científica*, 361- 367.

Muñoz, A. (junio de 2008). *Caracterización y Tratamiento de Aguas residuales.* Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/514/Caracterizacion>

%20y%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales.pdf;jsessionid=74FAD827C8FC4BFB751A0519A3D539DE?sequence=1

Narváez- Jimbo, J. (agosto de 2019). *Estrategias Bioclimáticas para el diseño de viviendas unifamiliares en el clima tropical mega térmico semi húmedo, ubicado en el cantón Naranjal*. Obtenido de Universidad Católica de Cuenca.

Navarro, M., Espinosa, M. d., & Gutiérrez, J. (2005). Validación de La Determinación de Oxígeno Disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno en Aguas y Aguas Residuales. *CENIC- Ciencias Químicas*.

Navas-Gallo, N., & Silva-Jaimes, C. (2021). Afectación Ambiental por las descarga directas de las Aguas Residuales sobre fuentes hídricas: caso de estudio Tona Santander . *CUADERNOS del CURIHAM*, 85-91.

Nicholls, C., & Altieri, M. (2006). Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 77.

Norma de Calidad Ambiental y Descarga de efluentes. (2003). *Libro VI Anexo 1*. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

NTE INEN 2169. (2013). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*. Obtenido de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf?x42051>

NTE INEN 2176. (02 de enero de 2013). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo*. Obtenido de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-TECNICAS-DE-MUESTREO.pdf?x42051>

Odegaard, H. (1998). Optimized Particle Separation in the Primary Step of Wastewater Treatment.

Ciencia del Agua y Tecnología, 43-53.

Orellana, J. (2005). *Tratamiento de Aguas*. Obtenido de Ingeniería Sanitaria:

https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf

Orellana, M. F. (2016). *Diseño de Tratamiento de agua potable para la comunidad de Bellavista cantón*

Colta. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Chimborazo:

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/6455/1/96T00343.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009). *La larga sombra del*

ganado. Roma: Lead.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (20 de junio de 2018). *Los*

contaminantes agrícolas: una grave amenaza para el agua del planeta. Obtenido de Actualidad

Agropecuaria de América Latina y el Caribe: [https://www.fao.org/in-](https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/1141955/)

[action/agronoticias/detail/es/c/1141955/](https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/1141955/)

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). *Aguas Residuales,*

el recurso desaprovechado. París- Francia: UNESCO.

Osorio- Rivera, M., Carrillo- Barahona, W., Negrete-Costales, J., Loor-Lalvay, X., & Riera-Guachichullca, E.

(2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento*, 228-245.

Palomino, P. (2018). Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón, Cajamarca, 2016. *La molina,*

298-307.

- Pedreño, A. (2013-2014). *Anteproyecto: Diseño y cálculo de una estación depuradora de aguas residuales urbanas en la región de Murcia*. Obtenido de Universidad Politécnica de Cartagena:
https://www.upct.es/hidrom/publicaciones/Tesis_pfc/Region_de_Murcia.pdf
- Peña, E. (26 de junio de 2007). *Calidad del Agua- Oxígeno Disuelto*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Litoral:
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- Peña, S., Mayorga, J., & Montoya, R. (2018). Propuesta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Yaguachi. *Ciencia e Ingeniería*, 160-173.
- Pérez, G. (2018). *Análisis de Variables y Optimización de parámetros operativos a escala piloto para el arranque y estabilización del biorreactor de la PTAR Sistema Lloa-San José*. Obtenido de Repositorio ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14141/1/T-ESPE-057846.pdf>
- Pinos-Rodríguez, J., García-López, J., Peña-Avelino, L., Rendón-Huerta, J., González-González, C., & Tristán- Patiño, F. (2012). Impactos y Regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*, 359- 370.
- Pozo, W. (2013). Mamíferos de hábitats fragmentados de la Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. *VI CONGRESO FORESTAL LATINOAMERICANO 20-24 Octubre 2014*, (pág. 66). Michoacán- México.
- Pozo, W., & Eras, A. (2012). Beneficios de la flora de los bosques riparios en fincas agrícolas y ganaderas, Santo Domingo de los Tsáchilas-Ecuador. *Chapter*, 61-68.
- Pozo-Rivera, W., Recalde-Samaniego, S., Cárdenas-Tello, C., Morejón-García, M., & Berovides-Álvarez, V. (2015). Diversidad quiropterológica de dos tipos de cultivos, Noroccidente ecuatoriano. *Centro de Investigaciones en Biodiversidad Aplicada*, 95-103.

- Quindigalle, M. (2015). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales en el caserío el Topo, Parroquia Río Negro, Cantón Baños de Agua Santa*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4851/3/96T00333.pdf>
- Quispe-Baldeón, L., Arias-Chavez, J., Martínez-Suárez, C., & Cruz-Guaranga, M. (2017). Eficiencia de la especie macrófita *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros fisicoquímicos, metal pesado (Pb) y la evaluación de su crecimiento en función al tiempo y adopción al medio en una laguna experimental. *Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*.
- Raffo- Lecca, E., & Ruiz- Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data, revista de investigación*, 71-80.
- RAISG. (10 de agosto de 2021). *Ecuador ha ignorado a sus peces de agua dulce y hoy están en grave peligro*. Obtenido de <https://www.amazoniasocioambiental.org/es/radar/ecuador-ha-ignorado-a-sus-peces-de-agua-dulce-y-hoy-estan-en-grave-peligro/>
- Ramírez, D. (05 de abril de 2021). *Sistema de medición y control de temperatura para un prototipo de planta de tratamiento de aguas residuales**. Obtenido de Instituto de Educación Técnica Profesional de Roldanillo: https://www.intep.edu.co/Es/Usuarios/Institucional/CIPS/2021_1/Articulo_Temperatura.pdf
- Reid, G., & Contreras-MacBeath, T. (2013). Global challenges in freshwater fish conservation related to public aquariums and the aquarium industry. *International Zoo Yearbook*, 47.
- Revenge, C., Siobhan, M., Abramovitz, J., & Hammond, A. (1998). *Watersheds of the world: ecological value and vulnerability*. USA Worldwatch institute.
- Reyes-López, M. G. (diciembre de 2016). *Uso de cloro en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas: desinfección y formación de subproductos*. Obtenido de Instituto Politécnico

Nacional, Centro de Investigación Interdisciplinario para el desarrollo integral regional, Unidad Durango:

<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/23350/1/Tesis%20Gpe%20Reyes%20.pdf>

Reynolds, K. (2002). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica Identificación del Problema. *De la llave*, 1.

Rivera, J., Pinilla, G., & Rangel, J. (2013). Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables físicas y químicas en el humedal de Jaboque- Colombia. *Caldasia*, 389-408.

Rock, C., & Rivera, B. (marzo de 2014). *La Calidad del Agua, E. coli y su Salud*. Obtenido de The University of Arizona: <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>

Rodríguez- Aguilera, I., Pérez- Silva, R., & Marañón- Reyes, A. (2010). Determinación de sulfato por el método turbidimétrico en aguas y aguas residuales. Validación del método. *Cubana de Química*, 39-44.

Rodríguez, H. (13 de marzo de 2017). *lagua*. Obtenido de lagua.es: <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>

Rojas, J. A. (2010). *Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principios de diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Romero, J. A. (2009). *Tratamiento de las Aguas*. Bogotá: Lemoine.

Romero, J. A. (2010). *Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y principios de diseño*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Romero-Martínez, A., Gómez-Fonseca, K., Sánchez- Ortega, J., & García- Luján, C. (2009). Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del río Nazas, México. *Química Viva*, 36-47.

Saltos- Arteaga, X., & Zambrano- Pérez, X. (17 de julio de 2009). *Diseño del sistema de tratamiento para la depuración de las aguas residuales domésticas de la población San Eloy en la provincia de Manabí por medio de un sistema de tratamiento natural compuesto por un humedal artificial de flujo libre*. Obtenido de Escuela Politécnica del Litoral:
<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6032>

Sampietro, V. (1987). *Agronomía general*. Quito.

Sardiñas-Peña, 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*, 202-206.

Sepúlveda, Á. (2009). *Diagnóstico Ambiental para la quebrada ubicada en la vereda la colorada, en el municipio de río negro Santander*. Obtenido de Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ingeniería y Administración:
https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/575/digital_17300.pdf?sequence=1

Severiche, C., & González, H. (2012). Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado. *USBMed*, 6-11.

Smith, T., & Smith, R. (2007). *Ecología*. España: Pearson Addison Wesley.

Solano- Arce, M. d. (noviembre de 2011). *“Impacto ambiental por aguas residuales y residuos sólidos en la calidad del agua de la parte media- alta de la microcuenca del río Damas y propuesta de*

manejo". Obtenido de Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Ambientales:

<https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Impacto%20ambiental%20por%20aguas%20residuales%20y%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20la%20calidad%20del%20agua.pdf>

Sunil, C., Somashekar, R., & Nagaraja, B. (2010). Riparian vegetation assessment of Cauvery River Basin of South India. *Pubmed.gov*, 1-4.

Tamayo- Bosquez, B. (diciembre de 2017). *Diseño de un sistema alternativo de tratamiento de aguas servidas en la comuna San Gabriel del Baba*. Obtenido de Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias, Carrera de Ingeniería Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales:

http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/20391/1/9684_1.TAMAYO%20BRAYAN.pdf

Tirira, D., & Burneo, S. (2012). Investigación y conservación sobre murciélagos en el Ecuador. *Fundación Mamíferos y Conservación y Asociación Ecuatoriana de Mastozoología*, 235-326.

Tomasini- Ortiz, A. C. (2004). *Serie Autodidáctica en materia de normas técnicas relacionadas con la inspección y la verificación*. Obtenido de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1180/IMTA_091.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Torres-Avalos, G. A., & Lozano-González, E. A. (2017). DISMINUCIÓN DE SÓLIDOS DE AGUAS GRISES MEDIANTE UN PROCESO DE AIREACIÓN. *Ra Ximhai*, 393-404.

Troeh, F., Hobbs, J., & Donahue, R. (1980). Soil and water conservation for productivity and environmental protection. New Jersey, USA.

Tropicos connecting the word to botanical data since 1982. (2022). *Missouri Botanical Garden*. Obtenido de <https://www.tropicos.org/home>

Umapa Acambaro. (2008). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Irámucu, Municipio de Acámbaro*. Obtenido de Manifiesto de Impacto Ambiental- Modalidad Particular Sector Hidráulico:

<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/gto/estudios/2008/11GU2008HD103.pdf>

Unión Mundial para la Naturaleza- UICN. (septiembre de 2005). *Plan de monitoreo para la planta de tratamiento de aguas residuales en el sur de Ahuachapán, El Salvador, C.A.* Obtenido de Proyecto Manejo Integrado de cuencas asociadas al complejo hidrográfico : <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2006-092.pdf>

Universidad Continental. (2018). *Diseño de Plantas de Tratamiento*. Obtenido de Guías de Laboratorio: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/3385/5/DO_FIN_EE_GL_AAUCO0514_2018.pdf

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Santo Domingo. (2019). *Contratación del servicio de Mantenimiento preventivo de pozos sépticos y cajas de revisión km24, km35 y fase 1A, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Santo Domingo de los Tsáchilas*. Santo Domingo.

Universidad de las Palmas de Gran Bretaña. (s.f.). *Tratamiento de los Residuos de la determinación de la DQO*. Obtenido de Manual de Prácticas de Laboratorio: <https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/30/30290/manualdepracticadellaboratorio.pdf>

Velasco, G., Moncayo, J., & Chuquer, D. (2019). Diagnóstico del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Manta. *InfoAnalítica*, 27-39.

Villacís, J. (2009). Caracterización espacial de hábitats en un paisaje fragmentado de Santo Domingo de los Tsáchilas. *Ciencia*, 97-107.

Vuksinic, E. (octubre de 2016). *Diagnóstico Ambiental de la Gestión del Agua y de los efluentes en la Unidad académica Dr. Ramón Santamarina*.

World Health Organization. (2004). *Water, Sanitation and Health*. Obtenido de www.who.int/water_sanitation_health

