



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLANTA DE FITO  
RREMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA  
LÁCTEA SAN SEBASTIÁN**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORA:**

**MARÍA CRISTINA VELOZ ARROYO**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLANTA DE FITO  
RREMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA  
LÁCTEA SAN SEBASTIÁN**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORA:** MARÍA CRISTINA VELOZ ARROYO

**DIRECTOR:** ING. DANIEL ARTURO ROMÁN ROBALINO

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, **María Cristina Veloz Arroyo**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, María Cristina Veloz Arroyo, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de octubre de 2023



**María Cristina Veloz Arroyo**

**0603947284**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLANTA DE FITO RREMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA LÁCTEA SAN SEBASTIÁN**, realizado por la señorita: **MARÍA CRISTINA VELOZ ARROYO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Rosa del Pilar Castro Gómez, PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-10-27
Ing. Daniel Arturo Román Robalino, Msc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR</b>		2023-10-27
Ing. Edison Marcelo Salas Castelo, PhD. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR</b>		2023-10-27

## **DEDICATORIA**

Dedico primeramente a Dios por permitirme realizar mi trabajo de integración curricular y por mantenerme con salud y vida, a mi motivación diaria, el amor de mi vida, Diego Fernando, a mis padres, Diego y Verónica, por ser mi apoyo en toda mi carrera y en toda mi vida, mi abuelita, Martha, gracias por siempre creer y confiar en mí.

.

Cristina

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo quien me recibió con las puertas abiertas durante todo el camino, a mi Director y Asesor quienes me han aconsejado y apoyado hasta el último momento para poder lograr culminar con mi trabajo de integración curricular.

Cristina

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I     2	
1.       DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....	2
1.1       Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación .....	3
<b>1.3.       Objetivos</b> .....	3
<i>1.3.1.   Objetivo general</i> .....	3
<i>1.3.2.   Objetivos específicos</i> .....	3
CAPÍTULO II    5	
2.       MARCO TEÓRICO .....	5
2.1       Fitorremediación.....	5
2.1.1    Tipos de fitorremediación.....	5
2.1.1.1. Fitodegradación o fitotransformación.....	5
2.1.1.2. Fitoestimulación .....	5
2.1.1.3. <i>Fitovolatilización</i> .....	6
2.1.1.4. <i>Fitoestabilización</i> .....	6
2.1.1.5. <i>Fitoextracción o fitoacumulación</i> .....	6
2.1.1.6. <i>Rizofiltración</i> .....	7
2.1.1.7. Ventajas y limitaciones de la fitorremediación.....	7
<b>2.2.       Aguas residuales</b> .....	8
<b>2.2.1.    Tipos de aguas residuales</b> .....	8
2.2.1.1. <i>Aguas residuales domésticas o aguas negras</i> .....	8
2.2.1.2. <i>Aguas blancas</i> .....	8
2.2.1.3. <i>Aguas residuales industriales</i> .....	9
2.2.1.4. <i>Aguas residuales en la industria láctea</i> .....	9
2.2.1.5. <i>Aguas residuales agrícolas</i> .....	10
<b>2.3.       Planta de tratamiento</b> .....	10
<b>2.3.1.    Etapas de una planta de tratamiento de aguas residuales</b> .....	11

2.3.1.1.	<i>Tratamiento preliminar</i>	11
2.3.1.2.	<i>Tratamiento primario</i>	12
2.3.1.3.	<i>Tratamiento secundario</i>	14
<b>2.4.</b>	<b>Tipo de contaminantes de la industria láctea</b>	16
<b>2.5.</b>	<b>Marco Legislativo</b>	17
2.5.1.	<i>Código orgánico</i>	17
CAPÍTULO III 18		
<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	18
3.1.1.	<i>Ubicación de la fábrica de lácteos San Sebastián</i>	18
3.1.2.	<i>Localización de la investigación</i>	18
3.1.2.1.	<i>Organigrama de la Quesera San Sebastián</i>	18
3.1.2.2.	<i>Clima</i>	19
3.1.2.3.	<i>Superficie</i>	19
3.1.2.4.	<i>Límites</i>	19
3.1.2.5.	<i>Límites actuales según resolución</i>	19
3.1.2.6.	<i>Geología</i>	19
3.1.2.7.	<i>Suelos</i>	20
3.1.2.8.	<i>Cobertura del suelo</i>	21
3.1.2.9.	<i>Factores climáticos</i>	21
3.1.2.10.	<i>Agua</i>	22
3.1.3.	<i>Matriz Lázaro Lagos</i>	22
3.1.4.	<i>Procedimiento para la toma de muestras</i>	24
3.1.4.1.	<i>Preparación de recipientes</i>	24
3.1.4.2.	<i>Llenado del recipiente</i>	25
3.1.4.3.	<i>Refrigeración y congelación de las muestras</i>	26
3.1.4.4.	<i>Filtración y centrifugación de muestras</i>	26
3.1.4.5.	<i>Identificación de las muestras</i>	27
3.1.4.6.	<i>Transporte de las muestras</i>	27
3.1.4.7.	<i>Recepción de las muestras en el laboratorio</i>	28
3.1.5.	<i>Población de unidades y variables de medición</i>	28
3.1.6.	<i>Selección de especies</i>	28
3.1.6.1.	<i>Titora</i>	28
3.1.6.2.	<i>Cartucho</i>	29
3.1.7.	<i>Toma de muestras del prototipo.</i>	29
3.1.8.	<i>Toma de muestras del resultado del prototipo.</i>	29
3.1.9.	<i>Empacar las muestras del prototipo en un cooler con hielo.</i>	30

CAPÍTULO IV 33

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIONES DE RESULTADOS.....	33
<b>4.1.</b>	<b><i>Diseño para la recolección de datos primarios</i></b> .....	33
<b>4.1.1.</b>	<b><i>Descripción del proceso de recolección de datos primarios</i></b> .....	33
4.1.1.1.	<i>Caracterización de las aguas residuales</i> .....	34
4.1.1.2.	<i>Identificación del vertido final de las aguas residuales</i> .....	34
4.1.1.3.	<i>Recolección de muestras de las aguas residuales</i> .....	35
4.1.1.4.	<i>Diagnóstico de la concentración de contaminantes en las aguas residuales.</i> .....	35
<b>4.1.2.</b>	<b><i>Matriz Lázaro Lagos</i></b> .....	38
<b>4.1.3.</b>	<b><i>Población de unidades y variables de medición</i></b> .....	1
<b>4.1.4.</b>	<b><i>Selección de especies</i></b> .....	1
4.1.4.1.	<i>Totora</i> .....	1
4.1.4.2.	<i>Cartucho</i> .....	2
4.1.4.3.	<i>Diseño y elaboración de la planta de fitorremediación (humedal)</i> .....	3
<b>4.1.5.</b>	<b><i>Métodos de control de calidad de los datos</i></b> .....	5

CAPÍTULO V 9

CONCLUSIONES 9

- Mediante los análisis realizados a las aguas residuales de la industria láctea san Sebastián se demuestra que tiene un alto nivel de contaminación y que necesita un tratamiento de aguas residuales..... 9

RECOMENDACIONES ..... 10

BIBLIOGRAFÍA 11

ANEXOS 14

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3-1:</b> Valores de las constantes empíricas, a y b a 20 °C.....	31
<b>Tabla 4-1:</b> Diseño para la recolección de datos primarios. ....	33
<b>Tabla 4-2:</b> Diagnostico físico de las aguas residuales de la fábrica de lácteos San Sebastián. 35	
<b>Tabla 4-3:</b> Resultado de Análisis de las muestras de las aguas residuales.....	36
<b>Tabla 4-4:</b> Resultados análisis de las muestras del prototipo.....	37
<b>Tabla 4-5:</b> Matriz de Lázarus Lagos. ....	38
<b>Tabla 4-6:</b> Cálculo de prototipo .....	1
<b>Tabla 4-7:</b> Resultados análisis de las muestras del prototipo funcionando.....	7
<b>Tabla 4-8:</b> Resultados finales del prototipo. ....	8

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-3:</b>	Industria de Lácteos San Sebastián.....	18
<b>Ilustración 2-4:</b>	Organigrama de la Industria de Lácteos San Sebastián .....	18
<b>Ilustración 3-2:</b>	Totora.....	29
<b>Ilustración 3-3:</b>	Cartucho.....	29
<b>Ilustración 4-1:</b>	Plano de la planta de fitorremediación en la planta de lácteos San Sebastián. .....	33
<b>Ilustración 4-2:</b>	Toma de muestras de las aguas residuales .....	34
<b>Ilustración 4-3:</b>	Identificación del vertido final de las aguas residuales de la planta de lácteos. .....	34
<b>Ilustración 4-4:</b>	Recolección de muestras de las aguas residuales de la fábrica de lácteos San Sebastián.....	35
<b>Ilustración 4-5:</b>	Elaboración del prototipo.....	2
<b>Ilustración 4-6:</b>	Caja de revisión .....	3
<b>Ilustración 4-7:</b>	Recolección de plantas de totora.....	3
<b>Ilustración 4-8:</b>	Elaboración de la planta de fitorremediación. ....	4
<b>Ilustración 4-9:</b>	Planta de fitorremediación. ....	4
<b>Ilustración 4-10:</b>	Planta de fitorremediación en Funcionamiento.....	5
<b>Ilustración 4-11:</b>	Toma de muestras del prototipo en funcionamiento.....	5
<b>Ilustración 4-12:</b>	Medición del pH. ....	6
<b>Ilustración 4-13:</b>	Medición del pH, con el pH-metro. ....	6
<b>Ilustración 4-14:</b>	Toma de muestras de suero.....	6

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** TOMA DE MUESTRAS DEL SUERO EN LA FÁBRICA DE LÁCTEOS SAN SEBASTIÁN
- ANEXO B:** ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO
- ANEXO C:** ENCUESTAS A LOS TRABAJADORES DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SAN SEBASTIÁN
- ANEXO D:** MEDICIÓN DEL PH DEL SUERO DE LOS QUESOS
- ANEXO E:** CÁLCULOS PARA LA PLANTA DE FITORREMEDIACIÓN
- ANEXO E:** TULSMA TABLA 11
- ANEXO F:** AUTORIZACIÓN DE INGRESO AL LABORATORIO DE QUÍMICA
- ANEXO G:** RESULTADOS DEL LABORATORIO
- ANEXO H:** RESULTADOS DEL LABORATORIO 2
- ANEXO I:** RESULTADOS DEL LABORATORIO 3
- ANEXO J:** RESULTADOS DEL LABORATORIO 4
- ANEXO K:** PLANO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN

## RESUMEN

El estudio de este proyecto fue la elaboración de un prototipo de planta de fitorremediación de aguas residuales en la industria láctea San Sebastián para descontaminar el agua residual de la industria al igual que la caracterización del efluente de la industria láctea. La metodología que se llevó a cabo tuvo un enfoque cualitativo y cuantitativo, donde se diseñó un prototipo para el tratamiento de las aguas residuales, también se utilizó la matriz de Lázaro Lagos para la identificación de impactos ambientales, se midió el pH del suero para analizar los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales, se seleccionó las especies vegetales para el tratamiento de las aguas residuales según sus características fitorremediadoras. La caracterización de los parámetros físicos y químicos fueron realizados mediante la normativa INEN. Mediante esta metodología se logró determinar que la fábrica de lácteos San Sebastián no poseía con un tratamiento previo de las aguas residuales, con la matriz de Lázaro Lagos se logró determinar que la industria quesera generaba más contaminación de aspectos negativos que positivos. En ese contexto se concluyó que la fábrica no contaba con un adecuado manejo de las aguas residuales, y que los valores de contaminación del agua residual eran altos antes de la fitorremediación. Se recomendó la implementación de un sistema de calidad para controlar el producto y sus aguas residuales para evitar problemas legales.

**Palabras clave:** < FITORREMEDIACIÓN>, < AGUAS RESIDUALES>, < PLANTA DE LÁCTEOS>, < PARAMETROS FISICOS >, < INSTITUTO ECUARIANO DE NORMALIZACION (INEN) >.



1881-DBRA-UTP-2023

## ABSTRACT

The study of this project was the development of a prototype of a wastewater phytoremediation plant in the San Sebastian dairy industry to decontaminate the industry's wastewater as well as the characterization of the dairy industry effluent. The methodology that was done had a qualitative and quantitative approach, where a prototype was designed for the treatment of wastewater, the Lazaros Lagos matrix was also used to identify environmental impacts, the pH of the serum was measured to analyze the physical and chemical parameters of the wastewater, the plant species were selected for the treatment of wastewater according to their phytoremediation characteristics. The characterization of the physical and chemical parameters was done using the INEN regulations. Using this methodology it was possible to determine that the San Sebastian dairy factory did not have prior wastewater treatment, with the Lazaros Lagos matrix it was possible to determine that the cheese industry generated more pollution from negative aspects than positive ones. In this context, it was concluded that the factory did not have adequate wastewater management, and that the wastewater contamination values were high before phytoremediation. The implementation of a quality system was recommended to control the product and its wastewater to avoid legal problems.

**Keywords:** <PHYTOREMEDIATION>, <WASTEWATER>, <DAIRY PLANT>, <PHYSICAL PARAMETERS>, <ECUADORIAN INSTITUTE OF STANDARDIZATION (INEN)>.



Lic. Lorena Hernández A. Mcs.

180373788-9

## **INTRODUCCIÓN**

Una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) es aquella que limpia el agua usada y las aguas residuales para que sean vertidas de forma segura al medio ambiente. La mencionada planta de tratamiento ayuda a eliminar sólidos del plástico, trapos y órganos internos de la arena y partículas de las aguas residuales. Esto permite la reducción de materia orgánica y contaminante mediante bacterias beneficiosas y otros microorganismos naturales que consumen la materia orgánica en las aguas residuales y luego la separan del agua y devuelven el oxígeno. El proceso de purificación garantiza que el agua que regresa a nuestros ríos o lagos tenga suficiente oxígeno para sustentar la vida (Reynolds 2002, pp. 1-4).

Las aguas residuales proceden de diversas fuentes, ya sean apartamentos, pisos, campings, fábricas, etc. Pero en este estudio procede de la quesería de San Sebastián; cuya agua proviene de baños, lavabos, lavavajillas, trituradores de basura, lavadoras y alcantarillas (Limón Macías 2013, p. 10).

La depuración del agua se realiza básicamente en tres etapas: la primera etapa es el tratamiento previo y preliminar, donde se elimina entre el 40-60% de la materia sólida. La segunda etapa, tratamiento secundario, elimina alrededor del 90% de las impurezas y realiza la parte líquida de las aguas residuales separadas del proceso, así como el tratamiento terciario y eliminación de lodos (biosólidos) (Eddy y Metcalf 2018, pp, 1-4).

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Planteamiento del problema

La leche y sus derivados son una de las fuentes de nutrición más importantes, especialmente para niños y personas mayores, lo que también es una de las razones del crecimiento de la industria láctea. Si bien los beneficios nutricionales son muchos, también tienen consecuencias negativas para el medio ambiente, ya que la industria genera productos de desecho que terminan en ríos, arroyos, etc. junto con las aguas residuales (Villena 2019, pp. 15-20).

Entre varias industrias lácteas de la provincia de Chimborazo, se encuentra la planta procesadora San Sebastián que inició su gestión en el año 2020; se encuentra ubicada vía Riobamba – Licto de la parroquia Licto perteneciente al cantón Riobamba. Se dedica a la elaboración de queso fresco, queso mozzarella, yogur, yogur griego, manjar, crema de leche y mantequilla.

El lacto suero, resultado del proceso productivo, se lo entrega a los proveedores de la leche, quienes lo utilizan para la alimentación de sus animales, sin embargo, al momento de la limpieza de los tanques de almacenamiento, implementos, maquinarias e instalaciones, se observa a simple vista que las aguas residuales presentan restos lácteos ya que estas no se someten a ningún tipo de tratamiento. Las aguas residuales de su proceso productivo mediante tuberías conectadas a la alcantarilla cuyas aguas se desfogan en la quebrada por donde circula el agua destinada al regadío de los cultivos en el sector, así como para el consumo de los animales domésticos; esto desencadena una contaminación del ambiente y su consiguiente riesgo para la salud de las personas y animales.

La industria láctea genera grandes cantidades de lacto suero, principalmente como subproducto de la elaboración del queso. El lacto suero presenta un alto contenido en materia orgánica fundamentalmente lactosa y proteínas del lacto suero, por lo que su vertido incontrolado puede ocasionar problemas ambientales. (Gómez 2019)

Por lo tanto, en este estudio se seleccionaron totora (*Schoenoplectus californicus*) y cartucho (*Zantedeschia aethiopica*) para el desarrollo de prototipos y evaluación de plantas en fitorremediación.

## **1.2. Justificación**

La falta de una planta de tratamiento en la quesería de San Sebastián provoca un gran desperdicio de agua contaminada, lo que provoca muchos daños al medio ambiente. La mayor parte de esa agua se vierte en alcantarillados públicos, terrenos abiertos o subterráneos. En las últimas décadas, el mundo ha mostrado preocupación y tratado de resolver los problemas relacionados con la eliminación de aguas residuales líquidas de los suministros de agua domésticos, comerciales e industriales (Reynolds 2002, pp. 1-4).

Las plantas de tratamiento de agua deben diseñarse, construirse y operarse de manera que las aguas residuales del agua de alimentación se conviertan en aguas residuales finales aceptables y los sólidos necesariamente separados durante el proceso se eliminen adecuadamente. Requiere el cumplimiento de determinadas normas o reglas que puedan asegurar la conservación del agua tratada hasta tal punto que no quede excluido su uso posterior (Eddy y Metcalf 2018, p. 4).

Se escogió realizar el prototipo de una planta de tratamiento para aguas residuales de la fábrica de lácteos San Sebastián, para demostrar que si se puede tratar las aguas grises a bajo costo y con materiales e insumos fáciles de conseguir, con la implantación del prototipo de la planta de tratamiento se realiza fitorremediación con las plantas de totora (*Schoenoplectus californicus*) y cartucho (*Zantedeschia aethiopica*) que son las encargadas de purificar el agua.

El objetivo de la investigación es diseñar y desarrollar un prototipo de planta de fitorremediación, cuyos resultados permitirán comprobar la viabilidad de la valorización de aguas residuales con las plantas originales utilizadas en la industria de San Sebastián.

## **1.3. Objetivos**

### ***1.3.1. Objetivo general***

Implementar un prototipo de planta de fitorremediación de aguas residuales en la industria de lácteos “San Sebastián”.

### ***1.3.2. Objetivos específicos***

Caracterizar física y químicamente el efluente proveniente del proceso productivo de la industria de lácteos “San Sebastián”.

Diseñar y elaborar un prototipo de una planta de fitorremediación.

Analizar el efluente resultante del prototipo de la planta de fitorremediación.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Fitorremediación

La fitorremediación es el uso de plantas y microorganismos asociados para filtrar, eliminar, degradar, volatilizar y estabilizar contaminantes. (Mendarte Alquisira, Alarcón y Ferrera Cerrato 2021, p. 4). La remediación de plantas es una alternativa eficaz y económica a la remediación de sistemas contaminados. Los costos de protección de las plantas pueden variar y están altamente correlacionados con el tipo y la concentración del contaminante, así como con las características del suelo o del cuerpo de agua, las condiciones ambientales y el impacto del contaminante en la cadena alimentaria. La protección vegetal implica diferentes técnicas de eliminación de contaminantes dependiendo del tipo de contaminantes presentes en los sistemas y de la capacidad de las instalaciones utilizadas (Núñez et al. 2018, pp. 69).

##### 2.1.1 Tipos de fitorremediación

###### 2.1.1.1. Fitodegradación o fitotransformación

Se basa en el uso de plantas para degradar o transformar diversos tipos de contaminantes orgánicos como hidrocarburos aromáticos polinucleares, hidrocarburos totales del petróleo, pesticidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas), compuestos de cloro, explosivos y tensioactivos (detergentes) en sustancias menos tóxicas. A través de reacciones enzimáticas de plantas y microorganismos en la rizosfera, es decir, en la zona del suelo estrechamente unida a las raíces de las plantas, los contaminantes antes mencionados se descomponen o transforman total o parcialmente. Así, las plantas los asimilan y excretan en sus vacuolas o se adhieren a estructuras celulares insolubles como la lignina. (Núñez et al. 2018, p. 70).

###### 2.1.1.2. Fitoestimulación

Los sistemas de raíces de las plantas estimulan el crecimiento de microorganismos capaces de descomponer los contaminantes orgánicos. Como parte de sus actividades metabólicas y fisiológicas, las plantas extraen azúcares simples, aminoácidos, compuestos alifáticos y aromáticos, nutrientes, enzimas y oxígeno y los transportan desde la parte superior hasta las raíces, lo que promueve el desarrollo de comunidades microbianas en el suelo circundante;

especialmente hongos y bacterias, cuya actividad metabólica conduce a la mineralización de contaminantes (Núñez et al. 2018, p. 71).

#### *2.1.1.3. Fitovolatilización*

Algunas plantas son capaces de volatilizar ciertos contaminantes que se encuentran en el suelo, los sedimentos o el agua, como el mercurio y el selenio. Estos contaminantes se absorben, metabolizan, transportan desde las raíces a las partes superiores y se liberan a la atmósfera en formas relativamente más peligrosas en comparación con las formas volátiles, menos tóxicas u oxidadas (López Martínez et al. 2005, p. 93).

#### *2.1.1.4. Fitoestabilización*

La estrategia utiliza plantas que desarrollan densos sistemas de raíces para reducir la biodisponibilidad de metales y otros contaminantes ambientales mediante mecanismos de secuestro, lignificación o humectación. En la zona contaminada, las plantas practican control hidráulico, es decir. Actúan como una bomba solar que absorbe la humedad del suelo gracias a la alta tasa de evaporación. Dado que este proceso también mantiene una humedad constante en la zona de la rizosfera, las condiciones son adecuadas para la inmovilización de metales. Esto sucede mediante reacciones químicas, como la precipitación o la formación de complejos insolubles, o mediante mecanismos físicos, como la adsorción. En esta zona, los metales están fuertemente adheridos a las raíces de las plantas o a la materia orgánica del suelo, lo que limita su biodisponibilidad y transporte vertical al nivel freático (López Martínez et al. 2005, p. 93).

#### *2.1.1.5. Fitoextracción o fitoacumulación*

La estrategia aprovecha la capacidad de algunas plantas de acumular contaminantes en sus raíces, tallos u hojas, que pueden ser cosechados fácilmente. Los contaminantes extraídos son principalmente metales pesados, aunque también se pueden extraer cierto tipo de contaminantes orgánicos y elementos e isótopos radiactivos. Los sistemas de extracción vegetal se suelen aplicar para extraer metales de suelos contaminados a través de plantas conocidas como metalófitos, es decir; baterías metálicas; pero también se pueden utilizar para la purificación del agua. (López Martínez et al. 2005, p. 93).

### *2.1.1.6. Rizofiltración*

Se basa exclusivamente en el cultivo en acuicultura de raíces de plantas terrestres que tienen una alta tasa de crecimiento y superficie para absorber, concentrar y precipitar metales pesados procedentes de aguas residuales contaminadas. Como se puede observar, las estrategias de fitorremediación se refieren a mecanismos dominantes implementados por las propias plantas, pero en algunos casos también se refieren al papel de las comunidades microbianas en el proceso de remediación. Así, queda claro que la fitorremediación es un proceso complejo que involucra la participación de la comunidad microbiana asociada al sistema radicular. (Delgadillo López et al. 2019, p. 612).

### *2.1.1.7. Ventajas y limitaciones de la fitorremediación*

#### Ventajas

- Permite mejorar la calidad del aire, del suelo o del agua de forma natural, lo que supone evitar productos químicos.
- La depuración del entorno se realiza sin reubicar el problema.
- Eficiencia, seguridad, rentabilidad y posibilidad de extenderse en grandes superficies de forma muy versátil y escalable.
- Ayuda a limpiar las tierras de cultivo, promoviendo la salud alimentaria.
- Puede usarse en la purificación de agua. • Las plantas pueden limpiar el suelo de la degradación causada por hidrocarburos, bencenos, metales pesados, fenoles, disolventes y otros contaminantes, y lo hacen de forma económica y amplia. (Delgadillo López et al. 2019, p. 612).

#### Limitaciones

- Si se utilizan sustancias transgénicas para mejorar los resultados, se corre el riesgo de afectar el equilibrio del ecosistema.
- Ciertas condiciones son necesarias para su implementación exitosa.
- Al ser un método natural, su ritmo no es instantáneo porque su proceso requiere mucho tiempo.

- Este sistema tampoco rehabilitó el suelo contaminado a una profundidad significativa más allá de la cual llegan las raíces (Delgadillo López et al. 2019, p. 612).

## **2.2. Aguas residuales**

El agua se considera contaminada cuando se modifica su composición, haciéndola menos apta para una o todas las funciones y fines para los que sería apta en su estado natural. Cada comunidad produce desechos sólidos y líquidos. Su fracción líquida se denomina aguas residuales e incluye residuos de instalaciones públicas, residenciales, plantas industriales y finalmente aguas subterráneas, superficiales y fluviales. Si pequeñas cantidades de aguas residuales se dirigen a masas de agua más grandes, los riesgos son menores. En poblaciones grandes, las emisiones deben abordarse para que la carga contaminante cumpla con los requisitos ambientales del país. El objetivo es proteger la calidad del canal receptor, lo que se consigue con depuradores que reducen, entre otros, la demanda bioquímica de oxígeno, DBO, contenido de sólidos, STS, nitrógeno y fósforo, y microorganismos patógenos. (Peña, Mayorga y Montoya 2018, p. 162).

*Los flujos de aguas residuales son tan variados como sus fuentes y los tipos de componentes que contienen, siendo estos últimos una función de los primeros. Las aguas residuales no recolectadas (y todos sus componentes) terminan en el medio acuático. Esto también ocurre con las aguas residuales que se recogen y se eliminan sin tratamiento, cuya proporción, en algunos casos, puede ser considerable (ONU 2017, p.85)*

### **2.2.1. Tipos de aguas residuales**

#### **2.2.1.1. Aguas residuales domésticas o aguas negras**

Proviene de las heces y la orina humanas, de la higiene personal y de la cocina y la limpieza del hogar. Suelen contener grandes cantidades de materia orgánica y microorganismos, así como residuos de jabón, detergentes, lejías y grasas. (García, Pérez y Generalidades 2019).

#### **2.2.1.2. Aguas blancas**

Pueden proceder de la atmósfera (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En zonas con muy alta precipitación atmosférica se pueden evacuar por separado, para que no saturen los sistemas de tratamiento (García, Pérez y Generalidades 2019).

### *2.2.1.3. Aguas residuales industriales*

Proviene de procesamientos en fábricas y plantas industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos minerales, químicos, vegetales o animales. Su composición varía mucho dependiendo de las diferentes actividades industriales. (García, Pérez y Generalidades 2019).

### *2.2.1.4. Aguas residuales en la industria láctea*

Las aguas residuales lácteas suelen ser neutras o ligeramente alcalinas, aunque se vuelven ácidas como consecuencia de la fermentación del azúcar de la leche, que produce ácido láctico, especialmente en ausencia de oxígeno y formación de ácido butírico. Por lo tanto, el pH puede bajar hasta 4,5 a 5,0. Las aguas residuales lácteas contienen materia orgánica disuelta como lactosa, sales minerales y suspensiones de proteínas coloidales que incluyen caseína, albúminas y globulinas con una DQO de 2000-4000 mg/l y una DBO de 2000-3000 mg/l. (Hernández, Guaranda y Guevara 2016, p. 107).

Las características de las aguas residuales lácteas son las siguientes:

- Contenido de materia orgánica debido a los componentes de la leche. La DBO promedio de las aguas residuales lácteas es de 1000-6000 mg DBO/l.
- Aceites y grasas resultantes de la grasa contenida en la leche y otros productos lácteos, por ejemplo, agua de lavado de suero de leche.
- Aumento de la concentración de nitrógeno y fósforo debido principalmente a agentes de limpieza y desinfección.
- Fluctuaciones significativas del pH, emisiones de soluciones ácidas y alcalinas. Principalmente proveniente de procedimientos de limpieza y puede variar entre valores de pH de 2-11.
- Alta conductividad (especialmente en las queserías, porque al salar el queso se libera cloruro de sodio).
- Fluctuaciones de temperatura (considerando el agua de refrigeración (Hernández, Guaranda y Guevara 2016, p. 107)).

Los residuos lácteos, que pueden constituir entre el 0,5 y el 2,5% de la cantidad de leche recibida, o incluso entre el 3 y el 4% en los casos más desfavorables, constituyen una parte importante de la carga contaminante de los residuos finales. Un litro de leche entera corresponde aproximadamente a BHT5 110.000,00 mg/l y DQO a 210.000,00 mg O<sub>2</sub>/l. (Hernández, Guaranda y Guevara 2016, p. 108).

En la industria láctea, los principales procesos contaminantes son "la producción de quesos, cremas y mantequilla, el lavado de torres de secado y soluciones de limpieza alcalinas. El BHT5 del suero producido durante la producción de queso se estima entre 40.000,00 - 50.000,00 mg/l".(Hernández, Guaranda y Guevara 2016, p. 109).

#### *2.2.1.5. Aguas residuales agrícolas*

Proviene del trabajo agrícola en las zonas rurales. Estas aguas suelen ser de origen urbano, utilizadas en muchos lugares para riego agrícola, con o sin tratamiento previo. (García, Pérez y Generalidades 2019).

### **2.3. Planta de tratamiento**

Una planta de tratamiento de agua (PTAR), tanto industrial (PTARI) como doméstica (PTARD), es un requisito imprescindible para la preservación de la vida planetaria y la gestión del agua. Con el tiempo, los métodos y aplicaciones de tratamiento han mejorado. Muchas de estas técnicas de tratamiento de agua permiten la recuperación de recursos y se otorga un valor significativo al residuo resultante. (Ronces Robles 2018, p. 13).

Las plantas de tratamiento de agua pueden purificar el agua usada y las aguas residuales para que puedan devolverse de forma segura al medio ambiente. Elimina partículas sólidas de plásticos, trapos, arena y pequeñas partículas en aguas residuales. Reducción de materia orgánica y contaminantes. Las bacterias beneficiosas y otros microorganismos naturales consumen materia orgánica de las aguas residuales, que luego se separa del agua. La recirculación de oxígeno durante el proceso de tratamiento garantiza que el agua devuelta a ríos y lagos contenga el oxígeno necesario para la vida. (Ronces Robles 2018, p. 13).

### ***2.3.1. Etapas de una planta de tratamiento de aguas residuales***

#### *2.3.1.1. Tratamiento preliminar*

En la mayoría de las plantas, el pretratamiento protege los equipos de bombeo y facilita los procesos de procesamiento posteriores. Se proporciona equipo para el pretratamiento. (Ronces Robles 2018, p. 14).

Retire y separe los sólidos sueltos o flotantes, como astillas de madera, tela, papel y heces.

Separe los sólidos inorgánicos pesados como la arena.

Separar el exceso de aceites y grasas.

Los siguientes dispositivos se utilizan a menudo para lograr los objetivos previos al tratamiento:

Cribado grueso o fino.

Consisten en palos que suelen estar separados entre 2 y 15 cm. Suelen tener ampollas de 2,5-5 cm. Como regla general, deben instalarse en un ángulo de 45 a 60 grados con respecto a la vertical.

Se limpian manualmente o mediante pendientes automáticas. (Ronces Robles 2018, p. 14).

Los sólidos extraídos con estos instrumentos suelen destruirse mediante entierro o incineración.

Microtamices

Los tamices con aberturas de hasta 3 mm se clasifican en tamices de tiras, de discos y de tambor, que no se consideran aptos para el tratamiento de aguas residuales, salvo en algunos casos excepcionales. (Ronces Robles 2018, p. 14).

Desmenuzadores

Trituradoras, cuchillas o trituradoras son equipos que se utilizan para cortar sólidos a un tamaño que pueda combinarse con aguas residuales sin riesgo de obstruir bombas y tuberías. Pueden estar junto con las rejillas en el mismo canal por el que fluyen las aguas residuales, o por separado en la planta. (Ronces Robles 2018, p. 14).

## Desarenadores

Las aguas negras suelen contener grandes cantidades de sólidos inorgánicos como arena, cenizas y grava, a menudo denominada grava. La cantidad varía mucho y depende de muchos factores; pero principalmente de si el drenaje de recolección es del tipo sanitario o combinado. Grandes cantidades de arena causan diversos problemas en equipos y tuberías y en el proceso de limpieza, es decir; provoca un desgaste importante principalmente en las bombas de agua cruda por fricción o acumulación de arena en las tuberías, aspectos impactantes que se reflejaron en el incremento en la cantidad de reactivos químicos utilizados y mayor intervención del personal de mantenimiento de la planta (Ronces Robles 2018, p. 14).

### *2.3.1.2. Tratamiento primario*

Este tratamiento separa o elimina la mayor parte de los sólidos suspendidos en las aguas residuales, aproximadamente del 40 al 60 por ciento, mediante un proceso de sedimentación física en tanques hexadecimales. Durante este proceso, la actividad biológica de las aguas residuales no es muy importante. (Ronces Robles 2018, p. 14).

Este tratamiento separa o elimina la mayor parte de los sólidos suspendidos en las aguas residuales, aproximadamente del 40 al 60 por ciento, mediante un proceso de sedimentación física en tanques hexadecimales. Durante este proceso, la actividad biológica de las aguas residuales no es muy importante. (Ronces Robles 2018, p. 14).

### Tanques de sedimentación simple

En estos tanques los sólidos sedimentados se eliminan de forma continua o a intervalos regulares, para que los gases no tengan tiempo de descomponerse. Los sólidos pueden acumularse por gravedad en una tolva o tolva desde la cual son bombeados o removidos mediante presión hidrostática o dispositivos mecánicos (bombas). (Ronces Robles 2018, p. 14).

### Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos

Estos tanques pueden ser rectangulares, circulares o cuadrados, pero todos operan por el mismo principio de recolectar los sólidos sedimentados por medio de rastras de movimiento lento que los empujan hacia el sitio de descarga. En los tanques rectangulares, las rastras se fijan cerca de las orillas a una cadena sin fin que pasa sobre engranes o ruedas dentadas, accionadas por medio

de motores. Las rastras se hacen pasar lentamente rozando el fondo del tanque, empujando los sólidos sedimentables a una tolva de lodos localizada en el extremo de entrada del tanque, luego son levantadas por la cadena hacia la superficie del tanque, en donde, parcialmente sumergidas, sirven para empujar los sólidos flotantes, las grasas y los aceites a un recolector de natas situado en el extremo de salida del tanque. El efluente de las aguas residuales entra por un extremo y fluyen horizontalmente hacia el otro extremo (Ronces Robles 2018, p. 15).

Los tanques redondos tienen rejillas horizontales unidas a un eje central motorizado. El fondo de los tanques está inclinado hacia el centro y las trilladoras mueven los sólidos sedimentados hacia una tolva central o tanque de purines. Los anclajes del skimmer están unidos al eje central para recolectar sólidos suspendidos, grasas y aceites. Las aguas residuales ingresan al centro y fluyen radialmente hacia el medio ambiente. (Ronces Robles 2018, p. 15).

En el caso de los contenedores cuadrados, el mecanismo es similar al de los contenedores redondos. La principal diferencia es que en una o más carcasas rígidas están equipadas con alas articuladas que se extienden hasta las cuatro esquinas del tanque y atraen sólidos desde estas áreas hacia la trayectoria circular del mecanismo. El efluente puede provenir del centro y fluir hacia los cuatro lados, o desde un lado y a través del tanque. (Ronces Robles 2018, p. 15). (Ronces Robles 2018)

El segundo tipo, los skimmers de flujo ascendente, se caracterizan por el hecho de que las aguas residuales de alimentación pasan cerca del fondo del tanque, desde donde fluyen hacia arriba y radialmente a través del lecho de lodos hasta la salida del borde. (Ronces Robles 2018, p. 15).

### Filtros percoladores

Un filtro glutinoso es un dispositivo que pone en contacto las aguas residuales sedimentadas con cultivos biológicos; Son dispositivos duraderos y estables en funcionamiento. En aras de la economía, los tanques de sedimentación primaria frente a los filtros están equipados con un colector de espuma que permite el máximo aprovechamiento de su capacidad, permitiendo instalar fácilmente sedimentadores, sólidos coloidales y disueltos. Estos sólidos orgánicos no se separan principalmente del agua residual, sino que pasan a ser parte integral de organismos vivos microscópicos o materia orgánica estable, que gracias a este mecanismo se adhiere temporalmente al filtro para luego descomponerse. el agua residual del filtro se elimina por lavado (Ronces Robles 2018, p. 16).

Un filtro percolador típico, consiste de tres partes:

a) Capa o medio filtrante. Lo cual depende de disponibilidad y costos de envío. El producto debe ser homogéneo, duro, limpio e insoluble en aguas residuales.

b) Sistema de recaudación. Los colectores tienen dos finalidades: eliminar las aguas residuales que han pasado por el filtro para su posterior tratamiento y eliminación, y airear aeróbicamente el filtro en función de la diferencia de temperatura.

c) Un mecanismo que distribuya el efluente uniformemente sobre la superficie del filtro. Que se realiza con aspersores fijos o distribuidores rotativos en superficie. (Ronces Robles 2018, p. 17).

### *2.3.1.3. Tratamiento secundario*

Este tratamiento depende principalmente de un proceso biológico de contacto donde se mezclan organismos aeróbicos y sólidos orgánicos en un ambiente favorable para la degradación aeróbica de los sólidos orgánicos hasta convertirlos en sólidos inorgánicos o sólidos orgánicos estables. La efectividad de este proceso depende del mantenimiento del oxígeno disuelto en las aguas residuales durante el tratamiento. (Ronces Robles 2018, p. 17)

#### Lodos activados

Las aguas residuales contienen sólidos suspendidos y coloidales, por lo tanto, al mezclarse en presencia de aire, los sólidos suspendidos forman núcleos donde se desarrolla la vida biológica, formando partículas de mayor tamaño o lodos activados, los cuales tienen la capacidad de ser absorbidos por organismos vivos y adsorción de materia orgánica coloidal disuelta, convirtiéndola en sólidos insolubles no puros, que a su vez son compuestos más simples que las bacterias ya no pueden utilizar como alimento. (Ronces Robles 2018, p. 18)

La formación de lodos en las aguas residuales es un proceso lento, de modo que la cantidad generada para cualquier volumen dado de aguas residuales durante ese período de tratamiento es muy corta e insuficiente para un tratamiento rápido y eficiente de las aguas residuales, porque requiere un alto contenido de flóculos. (Ronces Robles 2018, p. 19)

Esta alta concentración se logra recogiendo lodos de cada volumen de aguas residuales tratadas y utilizándolos para tratar los volúmenes de aguas residuales posteriores. Los lodos recuperados de esta forma se denominan lodos reciclados. Por ser un proceso acumulativo, de forma natural se

produce una cantidad de lodos activados mayor de la necesaria; El exceso de acumulación se elimina y se trata para el tratamiento final. (Ronces Robles 2018, p. 19)

Los lodos activados requieren un método de mezcla o aireación para lograr tres objetivos: mezclar el lodo reciclado con agua residual, mantener el lodo en suspensión durante el tiempo de contacto y proporcionar oxígeno para la oxidación biológica. (Ronces Robles 2018, p. 19)

#### Método convencional de lodos activados

1. Mezclar lodos activados con aguas residuales tratadas.
2. Airear y revolver este líquido mezclado durante el tiempo requerido.
3. Separación de lodos activados del líquido mezclado.
4. Se dirige al reciclaje una cantidad suficiente de lodos activados para que se mezclen con las aguas residuales.
5. Eliminación del exceso de lodos activados. Se han realizado algunas modificaciones al método tradicional para cumplir con diferentes condiciones.

#### Lodos activados - aireación prolongada

Se diferencia del tiempo de retención hidráulico tradicional. Este ciclo de aire permite la fermentación parcial de aguas residuales y lodos en el tanque aireador, lo que permite eliminarlos sin una alta capacidad del digester. (Ronces Robles 2018, p. 20)

#### Tanques de Sedimentación Secundaria

Dado que los filtros percoladores solo cambian las características de los sólidos de las aguas residuales, pero no los eliminan, las aguas residuales contienen sólidos suspendidos que deben eliminarse antes de descargarlas a la entrada. Para ello se utilizan tanques de sedimentación secundaria o sedimentación final; que son similares en estructura a los descritos anteriormente. Las plantas de tratamiento pequeñas no necesitan tener un tanque de lodos primario; Sin embargo, debe tener un agua residual secundaria, debido a que las aguas residuales del tratamiento biológico se componen principalmente de microorganismos suspendidos y una cantidad muy pequeña de desechos orgánicos, estas unidades ayudan a separar las aguas residuales tratadas de la población de microorganismos y devuelven la mayoría de los microorganismos a la activada. tanque de lodo (Ronces Robles 2018, p. 20)

## 2.4. Tipo de contaminantes de la industria láctea

En la industria láctea la contaminación causada por residuos sólidos no es muy importante, es plástico, cartón y embalajes defectuosos. El gas liberado a la atmósfera a partir de las emisiones de gases es el más importante porque los gases tienen un gran impacto ambiental y pueden ser tóxicos tanto para los animales como para los humanos. Estos gases incluyen óxidos de carbono (CO, CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y partículas (PM<sub>10</sub>, PM<sub>5</sub>, PM<sub>2,5</sub>). (Ruiz 2021).

Sin embargo, la mayor parte de la contaminación en estas áreas proviene de aguas residuales, que pueden ingresar a los ríos y contaminar los sistemas de agua. Según las investigaciones realizadas se ha determinado que la principal fuente de contaminación es el suero de leche, por su composición de agua y en menor medida de sólidos, lactosa, proteínas, sales minerales, nitrógeno y grasas. Además, las aguas residuales contienen compuestos de fósforo. (Ruiz 2021).

Los compuestos de fósforo presentes en las aguas residuales proceden principalmente de productos de limpieza, especialmente detergentes. Si el fósforo no se procesa adecuadamente, el exceso de fósforo puede provocar problemas de eutrofización en el agua porque las plantas lo utilizan como alimento. (Ruiz 2021).

La mayoría de los compuestos nitrogenados también proceden de los sistemas de tratamiento y de una pequeña cantidad de las proteínas de la leche. Las proteínas son cadenas de aminoácidos y cuando se descomponen se produce amonio (NH<sub>4</sub>). El nitrógeno también puede existir en forma de NO<sub>2</sub> y NO<sub>3</sub>. Estas sales se disuelven bien en agua. El cloro es esencial para la vida, pero en concentraciones muy altas tiene un efecto grave. En humanos, concentraciones superiores a 110 mm pueden causar hipercloremia, una enfermedad renal. Estos cloruros se producen principalmente a partir de detergentes (hipoclorito de sodio, NaClO) y también a partir de ácido láctico - clorhídrico (HCl) y NaClO. (Ruiz 2021).

Uno de los parámetros más importantes para el análisis de aguas residuales lácteas es el carbonato orgánico (TOC). Este valor se mide calculando la demanda química de oxígeno (DQO), que da como resultado la cantidad total de materia orgánica en el agua. Las aguas con altas concentraciones de materia orgánica afectan a los ecosistemas acuáticos. Se produce más oxígeno en el sistema, por lo que aumenta el número de seres vivos, consumen todo el oxígeno y la vida se acaba. Se puede concluir que la concentración de aniones cloruro en las aguas residuales debe

ser muy alta para ser considerada tóxica, mientras que los valores de DQO, que no son muy altos, tienen un gran impacto ambiental. (Ruiz 2021).

## **2.5. Marco Legislativo**

### **2.5.1. Código orgánico**

Según en el apartado código orgánico del ambiente. Objetivo, ámbito y fines.

En el artículo 1 nos señala el hecho de garantizar el derecho de las personas a vivir en un lugar sano, así como cuidar los derechos del medio ambiente (Asamblea General Constituyente 2008)

Para el análisis de los análisis del agua se toman como referencia la tabla 11 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundario del Medio Ambiente, la cual nos habla sobre los límites permitidos para que las aguas residuales sean vertidas al alcantarillado público (TULSMA 2011).

Así también en el municipio de la ciudad de Riobamba existen reglamentos para en el cual la empresa de agua potable controla los límites permitidos del agua residual al alcantarillado público.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1.1. Ubicación de la fábrica de lácteos San Sebastián

#### 3.1.2. Localización de la investigación

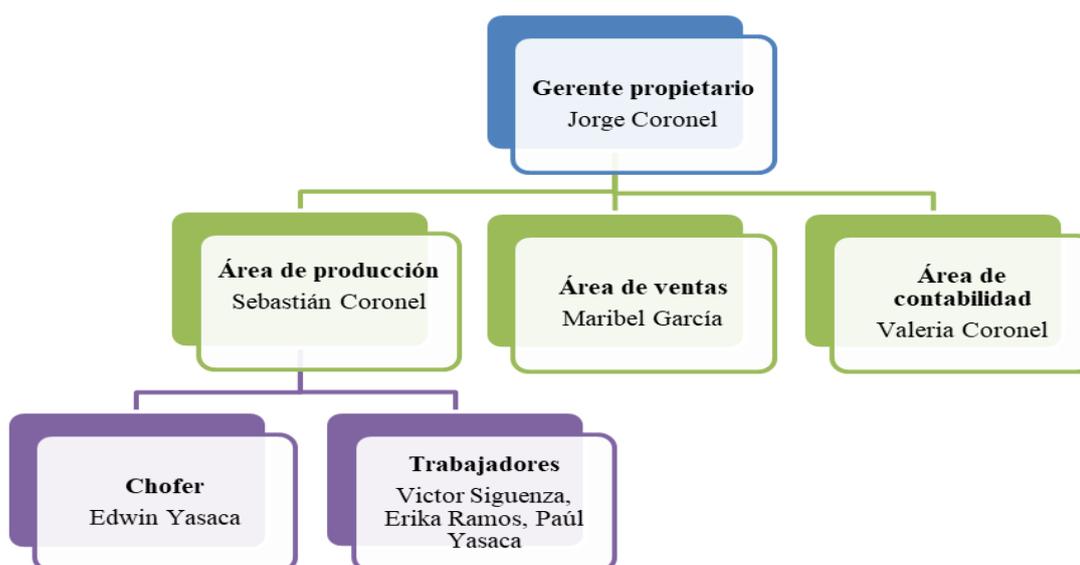
La investigación se realizó en la industria de Lácteos San Sebastián que está ubicada en la Parroquia Licto, vía Riobamba-Licto, perteneciente al cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo. Coordenadas: -1.707951;-78.620166.



**Ilustración 2-3:** Industria de Lácteos San Sebastián

Fuente: Veloz, C, 2023

#### 3.1.2.1. Organigrama de la Quesera San Sebastián



**Ilustración 2-4:** Organigrama de la Industria de Lácteos San Sebastián

Fuente: Veloz, C, 2023

### 3.1.2.2. *Clima*

Se tomó el tres de julio de 2023 a la 13h00 los datos con referencia al clima de la Parroquia de Licto, fue un día mayormente nublado con 14°C, con un índice de UV máximo de 2 bajo, intensidad de viento 15 km/h, ráfagas de viento 33 km/h, humedad 47%, punto de rocío 3°C, presión 1020 Mb, nubosidad 87%, visibilidad 11 km y techo de nubes 9100 m (AccuWeather, Inc, 2023).

### 3.1.2.3. *Superficie*

La superficie total del área es de 58.42 Km<sup>2</sup>. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural Licto 2019).

### 3.1.2.4. *Límites*

N: Cantón y río Chambo.

S: Parroquia Cebadas.

E: Río Chambo y Parroquia Pungalá.

O: Parroquias Flores y Punin (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural Licto 2019).

### 3.1.2.5. *Límites actuales según resolución*

El Gobierno Parroquial resuelve el conflicto limítrofe con la Parroquia Flores para lo cual consta la Resolución Nro. GADMR-GSGC-2015-0244-R, del GAD Municipal Riobamba y Acta de Desistimiento Institucional presentado por GADPR Flores en contra del GADPR Licto del Cantón Riobamba (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural Licto 2019).

### 3.1.2.6. *Geología*

Depósitos de inundaciones; Esta formación está formada por grava suelta y arena. La temporada Cuaternario, Holoceno, que incluye comunidades de Llulshibug, Tzetzeñag, Cecel Grande con una superficie total de 96.63 hectáreas y glaciares; Está formado por depósitos brechados. Período Cuaternario. La extensión del Pleistoceno, comunidad de Chimbaca es de 13,62 escaños deslizamientos de tierra; Se compone de deslizamientos de tierra y deslizamientos de tierra. Período Cuaternario. Holoceno ubicado en la comunidad Tzetzeñag como una extensión de 12.54 eres y Granodiorita; Una formación rocosa intrusiva formada por plutones calco-alcalinos. Tonalitas y granodioritas con hornblenda y biotita. Temporada del tercer nivel. Edad cretácica, misma que se encuentra en las comunidades de Tunshi Grande, Tunshi San Javier, Molobog

determinando una extensión territorial aproximada de 200.93 es y piroclástico; Está formado por flujos piroclásticos. Período Cuaternario. El Pleistoceno se localiza en los municipios de Tulabug, Stairs y Molobog, donde rango 66.47 es y toba piroclástica; Esta formación está formada por piroclastos, toba, lahares y lava andesítica. Temporada del tercer nivel. Era Plioceno ubicada en comunidades. Cecel St. Anthony, párroco, asistente. Bicho, Gran Cecil, Bicho, Guaruña, Chimbacalle, Lulshibug, Gueseche, Tzetzeñag, con extensión; 816.48. Terrazas (1-3); Terraza Adaptar grava y arena suelta. La temporada Cuaternario. Edad Holoceno ubicado en Tunshi Grande, Tunshi St. Xavier y Tunshi Sede de la parroquia de San Nicolás, Tulabug, Chimbacalle, Cecel Grande, Molobog, Tzetzeñag determinado por una extensión de 117.7 constituida por Tobas; Formación Cangagua radica en tobas que se encuentran erosionadas tomando un color marrón amarillento. De igual forma, en el período Cuaternario. Pleistoceno, una gran cantidad de del área, excepto: Guaruña y Lulshibug con una extensión de 140,71 son Andesita en Toba; La Formación Sicalpa, que consta de piroclásticos, toba, lahares y lava andesítica. Temporada del tercer nivel. La era Plioceno se sitúa en los conjuntos. Tunshi San Nicolas, Tunshi San Nicolas con una superficie de 140,71 hectáreas (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural Licto 2019).

### *3.1.2.7. Suelos*

El suelo en el área parroquial es ENTISOLES y subterráneo. ORTENS, cangahua pura usada en las comunidades; Chalan Molobog, Tunshi San Javier y Cecil Grande. Bajo pedido INCEPTISOLS Cámara Baja ANDEPTS, Cangahua hasta 10 cm. profundamente en las comunidades; Santa Ana, Molobog, Chimbacalle, Tulabug Escaleras, Resgualay y Lulshibug. USTOLLS MOLLISOLES sin protección climática, subgrupo cangahua 40 cm. Horizonte negro profundo, algo pesado de 30-40cm, en grupos. Una nueva esperanza, Pompeya y Gesetce. Comprar MOLLISOLES Sublime USTOLLS, Cangahua 40 cm sin impermeable. Horizonte negro profundo, ligeramente duro, 30-40 cm, en comunidades; Gansos. Orden INCEPTISOLS Bajo Orden ANDEPTS Cangahua es pesada 40 cm conjuntos de la capa profunda de carbonato; Tzimbuto Quinchahuan. Bajo pedido INCEPTISOLES Cámara Baja ANDEPTS, Cangahua hasta 20 cm. muy adentro comunidades; Cuello Loma, Chumug, San Antonio y sede parroquial. Comprar MOLLISOLES Subulo UDOLLS, 30/40 - 70 cm: Horizonte aleatorio muy negro, Cangahua mide 70 cm. de profundidad, algunos de más de 5/10 cm. Revestimientos negros en comunidades. Perro Pungulpala, Guaruña, Tzetzeñag y Gueseche. Bajo pedido INCEPTISOLS Subtablero ANDEPTS, Cangahua 30/40 cm. de profundidad comunidades; Cecil High, Cecil St. Anthony, Pungalbug, sede parroquial y Tzimbuto. INCEPTISOLES filial de ANDEPTI kangahua solidifica con nevaduras de hasta 20 cm de profundidad comunidades carbonatadas; Hacia Chimbaca, Escaleras Tulabug. Orden MOLLISOLES de regalo ANDEPTOS, Cangahua duro, 20

cm de profundidad y concha carbonato, que se encuentra en las comunidades; Cecel Grande, Cecel Alto y Cecel San Antonio. Acerca de ordenar INCEPTISOLES Rama ANDEPTS, Suelo de color negro intenso, fangoso y de arena muy fina. Bueno, no reacciona con FNa. pH agua 5,5-6,5 y pH KCl andlt; 6.0 sobre M.O. 0-20 cm. a un poco menos profundo, generalmente encontrado en comunidades; Lulshibug acerca de orden INCEPTISOLD Subsociedad ANDEPTOJ, Barro, suelo negro profundo, arena muy fina, pero menos modus operandi cuando Hb (2–3–20 cm) y en la profundidad más baja el pH del agua es cercano a 7. Las comunidades tienen una capacidad de retención de agua de casi el 20%; Sul Chalán, San Antonio Y Santa Ana. Orden INCEPTISOLES Sborden ANDEPTS, suelo profundo arenoso fresco, arena fina por debajo de 0,5 mm, por debajo de 1 M.O 0 - 20 cm. El pH del agua y KCL es cercano a 7, esta clase de suelo se encuentra en comunidades; Cecel grande y Cecel alto. Sobre el arreglo ANDEPTS filial de INCEPTISOLS, suelo arena-arena sobre capa dura de duripan fractura con recubrimiento negro y carbonato de calcio 40/50 cm profundidad, categorías el suelo se encuentra en las comunidades; Tunshi Grande, Tunshi San Javier y Tunshi San Nicolás (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural Licto 2019).

#### *3.1.2.8. Cobertura del suelo*

La superficie terrestre de la parroquia d Licto tiene prioridad para las actividades agrícolas, y la ampliación de 36,39 kilómetros cuadrados para la producción agrícola es el mayor cambio hasta la fecha. Existe un uso indiscriminado de fertilizantes químicos, lo que impacta negativamente en la salud de la población, especialmente en la parte baja del barrio de 16 kilómetros cuadrados, lo que afecta también al sector de servicios. La superficie de cobertura forestal fue de 7,26 km<sup>2</sup> y se plantaron especies importadas (eucalipto). El área del afloramiento del lecho rocoso es de 0,02 kilómetros cuadrados. La superficie del invernadero es de 0,12 kilómetros cuadrados y los residuos de invernadero vertidos al valle son otra fuente de contaminación en la parte baja del municipio. Debido al uso de fertilizantes químicos, mal uso de fertilizantes, contaminación de desechos orgánicos e inorgánicos, quema de botes de basura, etc., el proceso de erosión del suelo alcanza los 4,16 km<sup>2</sup>. El área de vegetación arbustiva (no páramo) es de 1,76 km<sup>2</sup>., el cultivo de los límites de las tierras agrícolas se verá afectado. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural Licto 2019).

#### *3.1.2.9. Factores climáticos*

La cantidad de precipitación en la región varía de 500 a 1250 mm por año, y la temperatura promedio es de aprox. 10 °C a 13 °C y tres capas climáticas; El frío ecuador de una montaña alta está determinado por la altitud, Lluvia Pesada Ecuatorial mesotérmico semihúmedo, la

temperatura varía altura Ecuatorial mesotérmico seco, en la zona baja, como se muestra en el mapa (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural Licto 2019).

### 3.1.2.10. Agua

Los micro embalses de la parroquia junto al río Chambo son utilizados para consumo. Para personas y también para regar plantas. También una zona importante para el agua. Como las quebradas del río Gompuene, Colorada, Machauan, Gualangapungo y Chambo (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural Licto 2019).

### 3.1.3. Matriz Lázaro Lagos

Es el resultado de combinar las matrices de Leopold y Balle-Columbus, gracias al científico Lázaro Lagos, se ha convertido en un método sencillo, rápido y sencillo que permite al científico producir información precisa para la evaluación de impacto ambiental. Este método consta de dos tablas: identificar, describir, evaluar y otra tabla donde se definen los efectos. Utiliza 9 criterios de evaluación entre cualitativos y cuantitativos.

Los parámetros para la evaluación de impactos ambientales son:

a) Naturaleza: dependiendo si el impacto es positivo se marcará con un signo (+) o de lo contrario de ser negativo se marcará con (-).

b) Magnitud: La magnitud se determina a través de tres rangos.

1 baja intensidad. Cuando el área afectada es menor a 1 ha.

2 Moderada intensidad. Cuando el área afectada esta entre 1 a 10 has.

3 Alta intensidad. Cuando el área afectada es mayor a 10 has.

c) Importancia. Se determina a través de cuatro rangos de evaluación.

0 Sin importancia

1 Menor importancia

2 Moderada importancia

3 Importante importancia

d) Certeza. Se determina a través de tres rangos definidos en letras.

C Si el impacto ocurrirá con una probabilidad del 75%

D Si el impacto ocurrirá con una probabilidad de entre 50% a 75%.

I Si se requiere de estudios específicos para evaluar la certeza del impacto.

e) Tipo. Se define a través de.

(Pr) Primario. Si el impacto es consecuencia directa de la implementación del proyecto.

(Sc) Secundario. Si el impacto es consecuencia indirecta de implementación del proyecto.

(Ac) Acumulativo. Si el impacto es consecuencia de impactos individuales repetitivos.

f) Reversibilidad. Puede ser de dos tipos:

1 Reversible. Si el impacto es transformable por mecanismos naturales.

2 Irreversible. Si el impacto no es transformable por mecanismos naturales.

g) Duración. Se determina a través del tiempo en:

1 A corto plazo. Si el impacto permanece menos de 1 año.

2 A mediano plazo. Si el impacto permanece entre de 1 a 10 años.

3 A largo plazo. Si el impacto permanece más de 10 años.

h) Tiempo en desaparecer. Determinado también por el tiempo se clasifican en:

C Corto plazo. Si el impacto aparece inmediatamente o dentro de los primeros seis meses posteriores a la implementación del proyecto.

M Mediano plazo. Si el impacto aparece entre 9 meses a 5 años después de la implementación del proyecto.

L Largo plazo. Si el impacto aparece en 5 años o más a la implementación del proyecto.

i) Considerado en el proyecto. Se define por las alternativas:

S SI. Si el impacto fue considerado en el proyecto.

N No. Si el impacto no fue considerado en el proyecto.

Posteriormente se debe determinar el sistema de mitigación más adecuado dependiendo del estado de conservación y del medio ambiente en general

### **3.1.4. Procedimiento para la toma de muestras**

El procedimiento para la toma de muestras de agua fue el siguiente:

#### **3.1.4.1. Preparación de recipientes**

Para proceder con el análisis químico es indispensable contar con recipientes apropiados.

En referencia al análisis de trazas de constituyentes químicos, se considera el agua superficial o residual, considerando la reducción de contaminación siendo necesario mantener limpios los recipientes, teniendo que lavarlos para garantizar la calidad de la muestra; el tipo y material del limpiador dependerá de los constituyentes a ser analizados (NTE INEN 2012).

Para la limpieza del recipiente nuevo de vidrio, se considera la limpieza con agua y detergente a fin de retirar el polvo o materiales residuales que puedan existir, para finalmente enjuagar con agua destilada o desionizada.

Para el análisis de trazas, los recipientes se deben llenar con una solución 1 mol/l de ácido clorhídrico o de ácido nítrico y dejarlos en contacto por un día, luego enjuagar completamente con agua destilada o desionizada (NTE INEN 2012).

En caso de análisis de sustancias químicas como fosfatos, sílice, boro y agentes surfactantes, se debe considerar la limpieza de los recipientes sin la utilización de detergentes.

Las botellas que se utilicen para el análisis de trazas que contengan materia orgánica se las debe realizar un tratamiento adicional o pretratamiento.

Recipientes de muestras para determinación de pesticidas, herbicidas y sus residuos.

Se deben usar recipientes de vidrio (preferiblemente ámbar), debido a que los plásticos, excepto el politetrafluoroetileno (PTFE), pueden introducir interferencias que son significativas en el análisis de trazas.

Todos los recipientes, se deben lavar con agua y detergente, seguido de un enjuague con agua destilada o desionizada, secado en estufa a 105 ° C por 2 h y enfriado antes de enjuagarlos con el

disolvente de extracción que se usará en el análisis. Finalmente se deben secar con una corriente de aire purificado o de nitrógeno (NTE INEN 2012).

A los recipientes que han sido usados anteriormente, se debe realizar una extracción con acetona por 12 h seguido de un enjuague con hexano y de un secado como el descrito en el párrafo anterior.

Recipientes de muestras para análisis microbiológico.

Deben ser aptos para resistir la temperatura de esterilización de 175 °C durante 1 h y no deben producir o realizar cambios químicos a esta temperatura que inhiban la actividad biológica; inducir la mortalidad o incentivar el crecimiento (NTE INEN 2012).

Cuando se usa la esterilización a bajas temperaturas (por ejemplo: esterilización con vapor) se pueden usar recipientes de policarbonato y de polipropileno resistente al calor. Las tapas y otros sistemas de cierre deben ser resistentes a la misma temperatura de esterilización (NTE INEN 2012).

Los recipientes deben estar libres de ácidos, álcalis y compuestos tóxicos. Los recipientes de vidrio se deben lavar con agua y detergente seguido de un enjuague con agua destilada; luego deben ser enjuagados con ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) 10% (v/v), seguido de un enjuague con agua destilada para remover cualquier residuo de metales pesados o de cromatos (NTE INEN 2012).

Si las muestras contienen cloro, se debe adicionar tiosulfato de sodio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) antes de la esterilización de los recipientes (ver tabla 3). Con esto se elimina la inactivación de las bacterias debida al cloro.

#### *3.1.4.2. Llenado del recipiente*

Si la muestra se va a utilizar para determinar parámetros físicos y químicos, llene la botella completamente y cúbrala para que no haya aire encima de la muestra. Esto limita la interacción entre la fase gaseosa y la transferencia durante el transporte (esto evita cambios en el contenido de dióxido de carbono y fluctuaciones de pH, y el bicarbonato se convierte en carbonato precipitado). Dado que el hierro es difícil de oxidar, puede causar cambios de color, etc.) (NTE INEN 2012).

En las muestras que se van a utilizar en el análisis microbiológico, los recipientes, no deben llenarse completamente de modo que se deje un espacio de aire después de colocar la tapa. Esto

permitirá mezclar la muestra antes del análisis y evitar una contaminación accidental (NTE INEN 2012).

En caso de muestras que deban ser congeladas se debe considerar que los recipientes no se encuentren completamente llenos.

#### *3.1.4.3. Refrigeración y congelación de las muestras*

Con la finalidad que garantizar la calidad de la muestra, esta debe ser almacenada a temperatura más baja de la recolectada.

Por ningún motivo los recipientes que contienen la muestra deben ser llenados por completo.

Para garantizar la calidad de la muestra se recomienda la refrigeración o congelación inmediata posterior a la recolección. Para lo cual se debe contar con cajas térmicas o refrigerantes para el traslado adecuado desde el campo hacia el lugar del muestreo y análisis (NTE INEN 2012).

En muchos casos, las muestras pueden simplemente enfriarse (en un baño de hielo o en un refrigerador a una temperatura de 2 °C a 5 °C) y almacenarse en la oscuridad durante el transporte al laboratorio y durante períodos cortos antes del análisis. La refrigeración no debe considerarse como un método de almacenamiento a largo plazo, especialmente para aguas residuales domésticas o industriales (NTE INEN 2012).

El congelamiento (-20°C) permite un incremento en el período de almacenamiento, sin embargo, es necesario un control del proceso de congelación y descongelación a fin de retornar a la muestra a su estado de equilibrio inicial luego del descongelamiento. En este caso, se recomienda el uso de recipientes de plástico (cloruro de polivinilo). Los recipientes de vidrio no son adecuados para el congelamiento. Las muestras para análisis microbiológico no se deben congelar (NTE INEN 2012).

#### *3.1.4.4. Filtración y centrifugación de muestras*

La materia en suspensión, los sedimentos, las algas y otros microorganismos deben ser removidos en el momento de tomar la muestra o inmediatamente después por filtración a través de papel filtro, membrana filtrante o por centrifugación. La filtración no es aplicable si el filtro es capaz de retener unos o más de los componentes a ser analizados. También es necesario que el filtro no sea causa de contaminación y que sea cuidadosamente lavado antes del uso, pero de manera compatible con el método final de análisis (NTE INEN 2012).

El análisis puede involucrar la separación de las formas solubles o insolubles por filtración (por ejemplo: de un metal).

Las membranas se deben usar con cuidado ya que varios metales pesados y materia orgánica pueden ser adsorbidos en la superficie de la membrana, y los compuestos solubles de la membrana pueden ser extraídos por la muestra (NTE INEN 2012).

#### *3.1.4.5. Identificación de las muestras*

Los recipientes que contengan muestras deben estar marcados clara y permanentemente para que puedan ser identificados sin error en el laboratorio.

Al tomar la muestra, registrar toda la información que ayude en la correcta interpretación de los resultados (fecha y hora de la muestra, nombre de la persona que toma la muestra, tipo y cantidad de conservante agregado, tipo de análisis realizado) (NTE INEN 2012).

Las muestras especiales que contengan sustancias anómalas deberán estar claramente marcadas y acompañadas de una descripción de la anomalía observada. Las muestras que contengan sustancias peligrosas o potencialmente peligrosas, como ácidos, deben estar claramente etiquetadas como tales. (NTE INEN 2012).

#### *3.1.4.6. Transporte de las muestras*

Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte.

El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación(NTE INEN 2012).

Durante el transporte, las muestras deben almacenarse en un ambiente fresco y protegido de la luz. Si es posible, cada muestra debe colocarse en un recipiente impermeable separado.

Si el tiempo de transporte excede el tiempo máximo de almacenamiento recomendado antes del análisis, estas muestras deben marcarse con el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis. y los resultados de ese análisis deben ser interpretados por expertos (NTE INEN 2012).

### *3.1.4.7. Recepción de las muestras en el laboratorio*

Al arribo al laboratorio, las muestras deben, si su análisis no es posible inmediatamente, ser conservadas bajo condiciones que eviten cualquier contaminación externa y que prevengan cambios en su contenido (NTE INEN 2012).

Es recomendable para este propósito el uso de refrigeradoras o de lugares fríos y oscuros.

En todos los casos y especialmente cuando se requiera establecer la cadena de custodia es necesario verificar el número recibido, contra el registro del número de recipientes enviados por cada muestra (NTE INEN 2012).

### *3.1.5. Población de unidades y variables de medición*

Se estudió el efluente que genera la Industria Láctea San Sebastián durante el proceso productivo, cuyos efluentes no se someten a ningún tratamiento y se descargan directamente al sistema de alcantarillado. Para lo cual se calculó el caudal, utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Caudal} = Q = \text{Volumen} / \text{tempo}$$

### *3.1.6. Selección de especies*

#### *3.1.6.1. Totora*

La especie totora se seleccionó basado en varias investigaciones, ya que es una planta acuática originaria de América del Sur, con facilidad de enraizarse bajo el agua puede desarrollar varios rizomas subterráneos lo cual permite alimentarse de minerales que contenga el agua, así también como la gran remoción de nitrógeno, arsénico entre otras. La totora es una planta que purifica el agua y protege el suelo; las raíces de esta planta protegen el suelo evitando el desgaste del suelo, evitando que se erosione el suelo. También purifica el agua contaminada porque absorbe las impurezas y bota el agua limpia. Se ha considerado a la totora como forraje utilizado en la alimentación de animales por su contenido proteínico, además se puede cortar hasta tres veces por año. Sirve de nicho ecológico para los peces ya que las raíces y los tallos permiten que los peces se reproduzcan (Enriquez Donaires et al. 2019, p. 47).



**Ilustración 3-2:** Totorá

**Fuente:** Veloz, C, 2023

### *3.1.6.2. Cartucho*

Esta especie al igual que la totora fue seleccionada por sus propiedades de remoción y su capacidad de crecer en la humedad, y sus rizomas se enraízan bajo el agua, ambas plantas según investigaciones anteriores poseen un porcentaje de alrededor 80-90%. El cartucho funciona como filtro eliminando sustancias orgánicas, productos químicos, sales, metales, sólidos disueltos, sabor u olor del suministro de agua. Por esta razón, es necesario utilizar estos filtros junto con otros procesos de filtración como los sistemas de ósmosis inversa y desinfección (UV) (Enríquez Donaires et al. 2019, p. 47).



**Ilustración 3-3:** Cartucho

**Fuente:** Veloz, C, 2023

### *3.1.7. Toma de muestras del prototipo.*

Para las muestras de aceites y grasas se tomaron muestras en una botella de un litro de vidrio y en una botella de plástico de tres litros.

### *3.1.8. Toma de muestras del resultado del prototipo.*

Se tomó muestras del prototipo una vez que entró en funcionamiento y se envió a realizar los análisis en un laboratorio certificado en la ciudad de Ambato.

### 3.1.9. Empacar las muestras del prototipo en un cooler con hielo.

Para el cálculo del área superficial del sedimentador se utilizaron las siguientes fórmulas:

Área superficial del sedimentador:

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

Donde:

$A_s$ = Área superficial del sedimentador ( $m^2$ )

$Q$ = Caudal de diseño ( $m^3/día$ )

$C_s$ = Carga superficial ( $m^3/m^2*d$ )

(Aguilar A 2020, p. 17)

Carga superficial:

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

Donde:

$C_s$ = Carga superficial ( $m^3/m^2*d$ )

$Q$ = Caudal de diseño ( $m^3/día$ )

$A_s$ = Área superficial del sedimentador ( $m^2$ )

Ancho del sedimentador:

$$a = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$

Largo del sedimentador:

$$L=2*a$$

Volumen del sedimentador:

$$V=L*a*h$$

Donde:

$V$ = Volumen del sedimentador ( $m^3$ )

$L$ =Largo del sedimentador (m)

$a$ = Ancho del sedimentador (m)

$h$ = Altura del sedimentador (m)

(Aguilar A 2020, p. 18)

Remoción de sólidos suspendidos y DBO5:

$$R = \frac{Trh}{a + b * Trh}$$

Donde:

R= Porcentaje de remoción esperado (%)

Trh= Tiempo de retención hidráulico (h)

a= Constante empírica

b= Constante empírica

(Aguilar A 2020, p. 19)

**Tabla 3-1:** Valores de las constantes empíricas, a y b a 20 °C

Variable	a	b
DBO5	0,018	0,02
SST	0,0075	0,014

Fuente: (Aguilar Arias , 2020)

Humedal artificial:

$$K_T = k_{20} * 1,06^{T-20}$$

Diseño biológico:

Área superficial

$$A_s = \frac{Q * [lnC_o/C_e]}{K_T * h * n}$$

Donde:

A<sub>s</sub>=Área de superficie del humedal artificial (m<sup>2</sup>)

Q= Flujo de entrada (m<sup>3</sup>/día)

C<sub>e</sub>= Concentración final de DBO5 (mg/L)

C<sub>o</sub>= Concentración inicial de DBO5 (mg/L)

n= Porosidad del medio granular (%)

h= Profundidad promedio del agua en el humedal artificial (m)

K<sub>T</sub>= Constante cinética (días<sup>-1</sup>)

(Aguilar A 2020, p. 19)

Ancho del humedal:

$$W = \frac{1}{h} * \left( \frac{Q * A_s}{m * K_s} \right)^{0,5}$$

Donde:

W= Ancho del humedal artificial (m)

Q= Cudal de entrada (m<sup>3</sup>/día)

As= área de superficie del humedal artificial (m<sup>2</sup>)

h=Profundidad del humedal artificial (m)

m= Pendiente, recomendado 1%

K<sub>s</sub>= Conductividad hidráulica (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d)

(Aguilar A 2020, p. 20)

Largo del humedal:

$$L = \frac{As}{W}$$

Donde:

As= Área de superficie del humedal artificial (m<sup>2</sup>)

W= Ancho del humedal artificial (m)

Tiempo de retención hidráulico:

$$Trh = \frac{V}{Q}$$

Donde:

T<sub>rh</sub>= Tiempo de retención hidráulico (h)

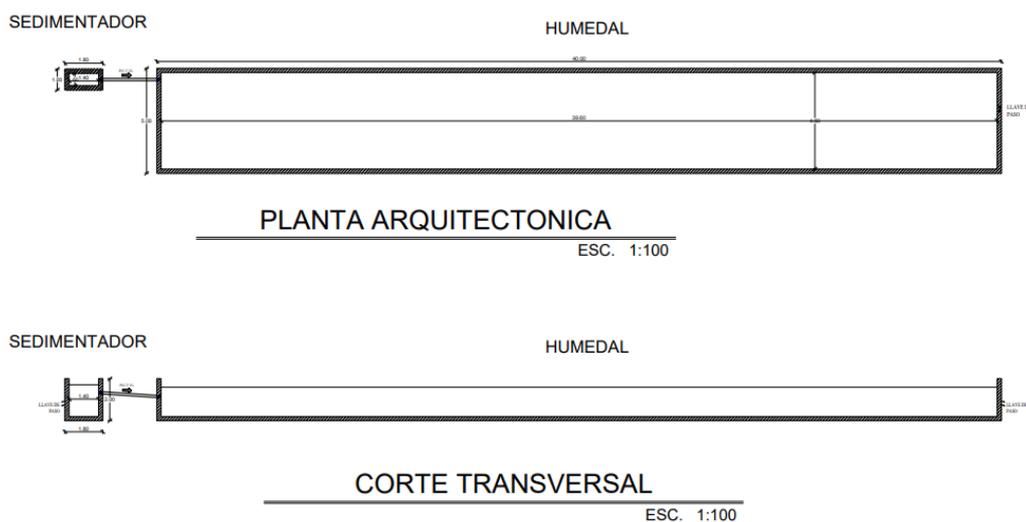
Q= Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/h)

V= Volumen del sedimentador (m<sup>3</sup>) (Aguilar A 2020, p. 20)

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIONES DE RESULTADOS

#### 4.1. Diseño para la recolección de datos primarios



**Ilustración 4-1:** Plano de la planta de fitorremediación en la planta de lácteos San Sebastián.

Fuente: Veloz, C, 2023.

Los cálculos para el plano de la planta de fitorremediación están resueltos en el anexo E.

Los datos primarios fueron recolectados a través de la observación in situ donde se identificaron las características de la unidad de estudio:

**Tabla 4-1:** Diseño para la recolección de datos primarios.

<b>Localización</b>	Coordenadas: -1.707951;-78.620166
<b>Proceso productivo</b>	Quesos, yogurt, manjar.
<b>Afluente y Efluente de aguas residuales</b>	0,5777 L/s
<b>Destino final de aguas residuales</b>	Alcantarillado público

Fuente: Veloz, C, 2023

#### 4.1.1. Descripción del proceso de recolección de datos primarios

Para la recolección de datos se siguió los siguientes pasos:

#### *4.1.1.1. Caracterización de las aguas residuales*

Se tomaron los datos de las aguas residuales que salen de la planta de lácteos con un pHmetro casero.



**Ilustración 4-2:** Toma de muestras de las aguas residuales

**Fuente:** Veloz, C, 2023.

#### *4.1.1.2. Identificación del vertido final de las aguas residuales*



**Ilustración 4-3:** Identificación del vertido final de las aguas residuales de la planta de lácteos.

**Fuente:** Veloz, C, 2023.

Las aguas residuales de la fábrica de lácteos San Sebastián son depositadas sin previo tratamiento al alcantarillado público. Por lo que se elaboró el prototipo para demostrar que se puede purificar las aguas residuales antes de ser depositadas al alcantarillado público.

#### 4.1.1.3. Recolección de muestras de las aguas residuales

Para la recolección de las muestras de las aguas residuales de la fábrica de lácteos San Sebastián, se utilizó la caja de revisión de la fábrica, balde, guantes. En la ilustración 4-4 se indica los materiales y los pasos.



**Ilustración 4-4:** Recolección de muestras de las aguas residuales de la fábrica de lácteos San Sebastián

Fuente: Veloz, C, 2023

#### 4.1.1.4. Diagnóstico de la concentración de contaminantes en las aguas residuales.

Para el diagnóstico de las aguas residuales de la fábrica de lácteos San Sebastián, se realizaron en el laboratorio de la Universidad Nacional de Chimborazo, en el laboratorio de la carrera de ingeniería Ambiental, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 4-2:** Diagnostico físico de las aguas residuales de la fábrica de lácteos San Sebastián.

Tipo de muestra	Agua residual	
Condiciones ambientales	T <del>máx</del>	25 °C
	T min	10 °C

**Tabla 4-3:** Resultado de Análisis de las muestras de las aguas residuales.

MA-088-23

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U (K=2)	LÍMITES PERMISIBLES TULSMA
*DQO	mg/L	STANDARD <u>METHODS</u> 5220-D	68750	N/A	500,0
*DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	STANDARD <u>METHODS</u> 5210-B	32156	N/A	250,0
pH	-	PE- <u>LSA</u> -01	6,00	+/-0,08	5-9
*Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD <u>METHODS</u> 2540 - D	4980	N/A	220,0
*Aceites y grasas	mg/L	EPA 418,1	6082,57	N/A	100,0

La metodología utilizada: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23<sup>o</sup> EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23<sup>o</sup> EDICIÓN.

REGLA DE DECISIÓN ACORDADA: No aplica

Análisis 1

Según los criterios de Calidad de Aguas para alcantarillado del TULSMA tabla 11, el pH está dentro de los valores permisibles de 5-9, por lo tanto, con respecto al análisis de la muestra del agua residual se encuentra en un valor de 6, por lo que si cumple con los valores establecidos, está dentro de los parámetros. En relación con los aceites y grasas deben estar en un límite de 100,0, en los resultados del análisis de las aguas residuales se encuentra en un valor muy elevado 6082,57, por lo que no cumple con los requisitos. Tanto para DQO Y DBO<sub>5</sub> los valores están sobre los límites permisibles del TULSMA. El agua que se descarga de la fábrica de lácteos no puede ser descargada sin un previo tratamiento hacia el alcantarillado.

**Tabla 4-4:** Resultados análisis de las muestras del prototipo.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	LÍMITES PERMISIBLES TULSMA
Aceites y Grasas*	mg/l	293, 70	PRO <del>TEC</del> 053/Standard <del>Methods</del> Ed. 23, 2017, 5520 B	100,0
DBO5	mg/l	12560, 10	PRO <del>TEC</del> 066/ <del>HACH</del> 8043, Ed. 10, 2017	250,0
DQO	mg/l	18535	PRO <del>TEC</del> 014/ <del>HACH</del> 8000, Ed. 10, 2014; Standard <del>Methods</del> Ed. 23, 2017, 5220 D	500,0
pH	<del>UpH</del>	4,84	PRO <del>TEC</del> 011/ Standard <del>Methods</del> Ed. 23, 2017, 4500 H + B	5-9
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	1484	PRO <del>TEC</del> 029/ <del>HACH</del> 8006, Ed. 09, 2014	220,0

#### Análisis 2

Se tomó las muestras antes de que el prototipo entre en funcionamiento y se realizó los segundos análisis, se obtuvo resultados un poco elevados en todos los parámetros comparados con los límites permisibles de TULSMA tabla 11 en donde se analiza los límites permisibles para las aguas residuales que son dirigidas a los alcantarillados públicos.

#### 4.1.2. Matriz Lázaro Lagos

Se escogió la Matriz de Lázaro Lagos porque es una combinación de la matriz de Leopold Y valle-Columbus, nos permite una mejor interpretación de los criterios que se evalúan, nos da datos tanto cualitativos como cuantitativos. Los parámetros que se evalúan son los siguientes: naturaleza, magnitud, importancia, certeza, tipo, reversibilidad, duración, tiempo en aparecer.

**Tabla 4-5:** Matriz de Lázaro Lagos.

COMPONENTES	ACTIVIDADES						IMPACTOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN									
	1. Recolección de leche cruda	2. Pasteurización de la leche	3. Cuajado y elaboración de queso	4. Salmuera	5. Empacado	6. Transporte y venta		Naturaleza	Magnitud	Importancia	Certeza	Tipo	Reversibilidad	Duración	Tiempo en aparecer	Consideración en el proyecto	Ponderación
A. Aire	X						Contaminación por derrames de la leche	(-)	1	1	C	Pr	1	2	C	S	4
						x	Contaminación con CO2	(-)	1	1	C	Sc	1	2	C	S	4
			x				Contaminación por derrames del suero de la leche	(-)	1	1	D	Sc	1	1	C	S	3
	X		x				Olores generados por acumulación de suero de leche y derrames de leche	(-)	1	1	D	Pr	2	1	C	S	4
B. Agua	X		x	x			Contaminación de los cuerpos de agua por derrames y desfuegos del suero de la leche	(-)	1	2	C	Pr	1	3	M	S	6
		X		x	x		Contaminación por las aguas residuales	(-)	2	3	D	Pr	1	2	M	S	8
C. Suelo					x	X	Contaminación de plástico al empacar	(-)	1	1	D	Pr	1	3	C	S	5
			X	x			Lixiviación de lactosuero	(-)	1	1	D	Sc	1	1	C	N	3
E. Socio económico	X				x	x	Ingresos económicos	(+)	1	2	C	Pr	2	3	C	S	7
	X	X	x	x	x	x	Generación de empleo	(+)	1	3	C	Pr	2	3	M	S	8

COMPONENTES AMBIENTALES	ACTIVIDADES						TOTAL		
	1	2	3	4	5	6	Total (+)	Total (-)	TOTAL
A. Aire	-4,-4	0	-3,-4	0	0	-4		19	19
B. Agua	-6	-8	-6	-6,-8	-8	0		42	42
C. Suelo	0	0	-3	-3	-5	-5		16	16
F. Socio económico	+7,+8	+8	+8	+8	+7,+8	+7,+8	69		69
<b>Total (+)</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>69</b>		
<b>Total (-)</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>9</b>		<b>77</b>	
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>24</b>			<b>146</b>

Fuente: Veloz, C, 2023

Para la evaluación de la matriz de Lázaro Lagos se tomó como componentes de la matriz al aire, agua, suelo, socio económico, las principales actividades que se realizan en la fábrica de lácteos San Sebastián son: recolección de leche cruda, pasteurización de la leche, cuajado y elaboración de queso, salmuera, empaçado, transporte y venta, presentando así varios contaminantes derivados de las actividades: contaminación por derrames de la leche, contaminación de CO<sub>2</sub>, contaminación por derrames del suero, olores generados por acumulación de suero de leche y derrames de leche, contaminación de los cuerpos de agua, contaminación de las aguas residuales, contaminación por plásticos al momento de empaçar, lixiviación de lactosuero, generación de empleo. Siendo así los factores positivos a los impactos un 47,26 % y los aspectos negativos el 52,74 %, es decir; la fábrica de lácteos en la actualidad está generando más contaminación ambiental.

#### 4.1.3. Población de unidades y variables de medición

Se estudió el efluente que genera la Industria Láctea San Sebastián durante el proceso productivo, cuyos efluentes no se someten a ningún tratamiento y se descargan directamente al sistema de alcantarillado. Para lo cual se calculó el caudal, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Caudal} = Q = \text{Volumen} / \text{tempo}$$

$$Q_1 = 10\text{L} / 31,50 \text{ s} = 0,31 \text{ L/s}$$

$$Q_2 = 10\text{L} / 26,42 \text{ s} = 0,3785 \text{ L/s}$$

$$Q_3 = 10\text{L} / 23,49 \text{ s} = 0,4257 \text{ L/s}$$

$$Q_4 = 10\text{L} / 9,31 \text{ s} = 1,0741 \text{ L/s}$$

$$Q_5 = 10\text{L} / 14,43 \text{ s} = 0,6930 \text{ L/s}$$

$$Q_m = 0,5777 \text{ L/s}$$

En la fábrica de Lácteos San Sebastián con una producción de 2000 litros de leche diarios, con un promedio de agua necesario de 440 L diarios, tenemos la siguiente información:

**Tabla 4-6:** Cálculo de prototipo

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MEDIDA
<b>Caudal</b>		
Consumo medio mensual	440	L
Producción diaria leche	2000	l
Temperatura	25	C
pH	6	
Datos de muestra	5	Días
V	2 000	L
V suspensión	0.015	L
V lodo	0.10	L

Fuente: Veloz, C, 2023

#### 4.1.4. Selección de especies

##### 4.1.4.1. Totora

La totora es una planta que purifica el agua y protege el suelo; las raíces de esta planta protegen el suelo evitando el desgaste del suelo, evitando que se erosione el suelo. También purifica el

agua contaminada porque absorbe las impurezas y bota el agua limpia. La totora siendo considerada como alimento para animales por las proteínas que contiene, y debido que se puede cortar un máximo de tres veces por año. Sirve de nicho ecológico para los peces ya que las raíces y los tallos permiten que los peces se reproduzcan ( Zambrana Balladares, 2016).

#### 4.1.4.2. *Cartucho*

Esta especie al igual que la totora fue seleccionada por sus propiedades de remoción y su capacidad de crecer en la humedad, y sus rizomas se enraízan bajo el agua, ambas plantas según investigaciones anteriores poseen un porcentaje de alrededor 80-90%.

Los filtros de la especie cartucho eliminan sustancias orgánicas, productos químicos, sales entre otros del agua. Por esta razón es necesario utilizar estos filtros junto con otros procesos de filtración como sistemas de osmosis inversa y desinfección (UV).

La elaboración del prototipo se realizó de manera casera con tres bandejas de plástico de diferente tamaño cada una, conectadas a través de tuberías PVC de media pulgada resistente a altas temperaturas, llaves de paso en una de las bandejas que permite calcular el tiempo de retención que necesita estar el agua residual en la totora y cartucho.



**Ilustración 4-5:** Elaboración del prototipo

Fuente: Veloz, C, 2023

Materiales utilizados en el diseño y construcción del prototipo artificial; de grava son de 30%, arena de 30%, 20% de carbón, 20% de sustrato.

En la ilustración 4-6 es la caja de revisión donde se deposita el agua residual y se elimina a través del alcantarillado público.



**Ilustración 4-6:** Caja de revisión

Fuente: Veloz, C, 2023

#### *4.1.4.3. Diseño y elaboración de la planta de fitorremediación (humedal)*

Las plantas que se van a utilizar en este proceso de elaboración de la planta de fitorremediación (humedal) son la totora y el cartucho ilustración.



**Ilustración 4-7:** Recolección de plantas de totora

Fuente: Veloz, C, 2023

- Se tomó fotografías durante todo el proceso de diseño y elaboración de la planta de fitorremediación, lo que sirvió de apoyo a los registros diarios.



**Ilustración 4-8:** Elaboración de la planta de fitorremediación.

Fuente: Veloz, C, 2023



**Ilustración 4-9:** Planta de fitorremediación.

Fuente: Veloz, C, 2023



**Ilustración 4-10:** Planta de fitorremediación en Funcionamiento.

Fuente: Veloz, C, 2023



**Ilustración 4-11:** Toma de muestras del prototipo en funcionamiento.

Fuente: Veloz, C, 2023

#### **4.1.5. Métodos de control de calidad de los datos**

- La toma de muestras se realizó utilizando equipos, materiales e instrumentos adecuados para la actividad.



**Ilustración 4-12:** Medición del pH.

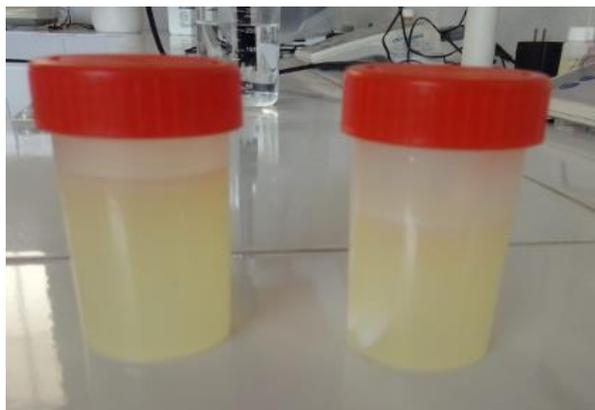
Fuente: Veloz, C, 2023



**Ilustración 4-13:** Medición del pH, con el pH-metro.

Fuente: Veloz, C, 2023

- Las muestras se enviaron al laboratorio para su análisis físico y químico.



**Ilustración 4-14:** Toma de muestras de suero

Fuente: Veloz, C, 2023

**Tabla 4-7:** Resultados análisis de las muestras del prototipo funcionando.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	LÍMITES PERMISIBLES TULSMA
Aceites y Grasas*	mg/l	101,95	PRO <del>TEC</del> 053/Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520 B	100,0
DBO5	mg/l	405,51	PRO <del>TEC</del> 066/ <del>HACH</del> 8043, Ed. 10, 2017	250,0
DQO	mg/l	768	PRO <del>TEC</del> 014/ <del>HACH</del> 8000, Ed. 10, 2014; Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 D	500,0
pH	<del>UpH</del>	6,47	PRO <del>TEC</del> 011/ Standard <del>Methods</del> Ed. 23, 2017, 4500 H + B	5-9
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	702	PRO <del>TEC</del> 029/ <del>HACH</del> 8006, Ed. 09, 2014	220,0

### Análisis 3

Una vez puesto en marcha el funcionamiento del prototipo se tomaron muestras que fueron enviadas al laboratorio, los resultados fueron bastante inferiores con respecto a los dos análisis anteriores, esto significa que el prototipo desarrollado sí funciona.

**Tabla 4-8:** Resultados finales del prototipo.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	LÍMITES PERMISIBLES TULSMA
Aceites y Grasas*	mg/l	98,95	PRO <del>TEC</del> 053/Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520 B	100,0
DBO5	mg/l	245,00	PRO <del>TEC</del> 066/ <del>HACH</del> 8043, Ed. 10, 2017	250,0
DQO	mg/l	485	PRO <del>TEC</del> 014/ <del>HACH</del> 8000, Ed. 10, 2014; Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 D	500,0
pH	<del>UpH</del>	6,80	PRO <del>TEC</del> 011/ <del>Standard Methods</del> Ed. 23, 2017, 4500 H + B	5-9
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	200,00	PRO <del>TEC</del> 029/ <del>HACH</del> 8006, Ed. 09, 2014	220,0

#### Análisis 4

Los resultados finales del prototipo están encajados dentro de los límites permisibles del TULSMA tabla 11 para agua de alcantarillado, para obtener este resultado se incrementó el número de plantas de las dos especies (totora-cartucho) según el metro cuadrado del área, estas plantas cumplen la función de la fitorremediación de las aguas residuales de la planta de lácteos.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

- Mediante los análisis realizados a las aguas residuales de la industria láctea san Sebastián se demuestra que tiene un alto nivel de contaminación y que necesita un tratamiento de aguas residuales.
- Se elaboró un prototipo de planta de fitorremediación, en la actualidad está planta queda funcionando donde permite tomar datos y analizarlos. También se concluye que la relación costo vs beneficios es viable.
- El prototipo elaborado cumple con las necesidades para que las aguas residuales de la industria láctea San Sebastián sean vertidas en el alcantarillado cumpliendo con los límites permisibles del TULSMA, demostrando así que el tratamiento por medio de fitorremediación en esta industria funciona.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda implementar un Sistema de calidad que regule la condición de productos y residuos que se desechan al medio ambiente.
- Se recomienda realizar toma de datos del prototipo todos los días para realizar análisis más a fondo.
- Se recomienda realizar un tratamiento a las aguas residuales que salen de la fábrica de lácteos San Sebastián, para que sean depositadas al alcantarillado público sin ningún tipo de problema.

## BIBLIOGRAFÍA

**AGUILAR A, D.** Diseño de un humedal artificial de flujo sub-superficial para el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Internacional SEK. 2020. *Universidad Internacional SEK* [en línea], Disponible en: <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3829%0Ahttp://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3218>.

**ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE.** Constitución del Ecuador. 2008. *Registro Oficial* [en línea], no. 20 de Octubre, ISSN 1098-6596. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004. Disponible en: <https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec030es.pdf>.

**ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR.** Código Orgánico Del Ambiente. 2017. *Registro Oficial Suplemento* 983 [en línea], Disponible en: [http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2017/07julio/A2/ANEXOS/PROCU\\_CODIGO\\_ORGANICO\\_ADMINISTRATIVO.pdf](http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2017/07julio/A2/ANEXOS/PROCU_CODIGO_ORGANICO_ADMINISTRATIVO.pdf).

**DELGADILLO LÓPEZ, A.E., GONZÁLEZ RAMÍREZ, C.A., PRIETO GARCÍA, F., VILLAGÓMEZ IBARRA, J.R. y ACEVEDO SANDOVA, O.** Phytoremediation: An alternative to eliminate pollution. 2019. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 14, no. 2, ISSN 18700462.

**EDDY, A. y METCALF, S.** Planta de tratamiento para aguas residuales. 2018. *Informe Auxiliar* [en línea], vol. III, Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/298354134>.

**ENRIQUEZ DONAIRES, A., ACHARTE LUME, L.M., QUISPEALAYA ARMAS, L., LOVERA, D., ASTO GONZALEZ, J.M., LÁZARO, A.D. y RIVERA, V.H.** Comparación de la fitorremediación con especies nativas en las aguas drenadas en la bocamina de tangana en el distrito de Huachocolpa – Huancavelica. 2019. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, vol. 5, no. 1, ISSN 2313-7991. DOI 10.17162/rictd.v5i1.824.

**GARCÍA, M.E., PÉREZ, J.A. y GENERALIDADES, L.** Aguas Residuales. Composición. , 2019.

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIA RURAL LICTO.** Plan De Desarrollo Y Validación. , no. 520, 2019.

**GÓMEZ, G.A.** CRECIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS DE *Kluyveromyces marxianus* EN MATRICES DERIVADAS DE LACTOSUERO. 2019. *FAVE Sección Ciencias Veterinarias*, vol. 19, no. suplemento, ISSN 1666-938X. DOI 10.14409/favecv.v19isuplemento.10941.

**HERNÁNDEZ, M., GUARANDA, M. y GUEVARA, C.** Talentos Instituto de Investigación Talentos. , 2016.

**LIMÓN MACÍAS, J.G.** Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso? *Academia de Ingeniería México* 2013. [en línea], Disponible en: <http://www.ai.org.mx/presentacion/los-lodos-de-las-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-¿problema-o-recurso.>

**LÓPEZ MARTÍNEZ, S., GALLEGOS MARTÍNEZ, M., PÉREZ FLORES, L. y GUTIÉRREZ ROJAS, M.** Mecanismos de Fitorremediación de suelos contaminados con moléculas orgánicas xenobióticas. 2005. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, no. 26, ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-018-2495-z.

**MENDARTE ALQUISIRA, C., ALARCÓN, A. y FERRERA CERRATO, R.** Fitorremediación: Alternativa biotecnológica para recuperar suelos contaminados con DDT. Una revisión. 2021. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, vol. 24, no. Ddd, ISSN 1405-888X. DOI 10.22201/fesz.23958723e.2021.326.

**NTE INEN.** Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Instituto Ecuatoriano de Normalización* 2012. [en línea], Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1338-3.pdf>.

**NÚÑEZ, R., MEAS, Y., ORTEGA, R. y OLGUÍN, E.** Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. 2018. *Ciencia - Academia Mexicana de Ciencias* [en línea], vol. 55, no. 3, ISSN 1405-6550. Disponible en: [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55\\_3/Fitorremediacion.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf).

**ONU.** *Aguas residuales* 2017. [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789568200329. Disponible en: [www.unesco.org/openaccess/termsuseccbyaen%0Ahttps://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2015/Documento\\_TecnicoGestion\\_de\\_Agua\\_y\\_Alcantarillado\\_2015.pdf%0Ahttps://saludurbanaorg.files.wordpress.com/2017/04/](http://www.unesco.org/openaccess/termsuseccbyaen%0Ahttps://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_TecnicoGestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf%0Ahttps://saludurbanaorg.files.wordpress.com/2017/04/).

**PEÑA, S., MAYORGA, J. y MONTOYA, R.** Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi(Ecuador). 2018. *Ciencia e Ingeniería*, vol. 39,

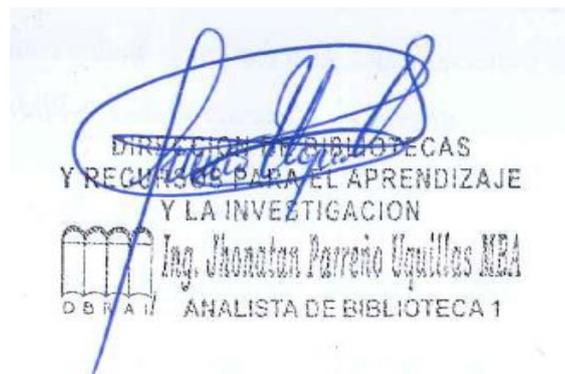
**REYNOLDS, K.A.** Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. 2002. *De La Llave* [en línea], Disponible en: <papers://73c07e2e-9294-4a94-b11e-b804a5393384/Paper/p151>.

**RONCES ROBLES, M.M.** Evaluación de funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales. 2018. *Universidad Autonoma de estadode mexico* [en línea], Disponible en: <file:///E:/TESIS DE PREGRADO/evaluacion/Nueva carpeta/Tesina Mayte Ronces.pdf>.

**RUIZ, P.** La contaminación en la industria láctea - UABDivulga Barcelona Investigación e Innovación. 2021. [en línea]. [consulta: 17 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.uab.cat/web/detallenoticia/lacontaminacionenlaindustrialactea1345680342040.html?noticiaid=1345874333369>.

**TULSMA.** Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes : Recurso Agua. 2011. *TULAS Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente*,

**VILLENA, L.** Contaminacion De La Industria Lactea. *Insacan*, 2019.



## ANEXOS

### ANEXO A: TOMA DE MUESTRAS DEL SUERO EN LA FÁBRICA DE LÁCTEOS SAN SEBASTIÁN



### ANEXO B: ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO



**ANEXO C: ENCUESTAS A LOS TRABAJADORES DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS  
SAN SEBASTIÁN**



**ANEXO D: MEDICIÓN DEL PH DEL SUERO  
DE LOS QUESOS**



## ANEXO E: CÁLCULOS PARA LA PLANTA DE FITORREMEDIACIÓN

Área superficial del sedimentador:

$$A_s = \frac{Q}{C_s}$$
$$A_s = \frac{1.039 \text{ m}^3/\text{día}}{0.5195 \text{ m}^3/\text{día}}$$
$$A_s = 2 \text{ m}^2$$

Carga superficial:

$$C_s = \frac{Q}{A_s}$$
$$C_s = \frac{1.039 \text{ m}^3/\text{día}}{2 \text{ m}^2}$$
$$C_s = 0.5195 \text{ m}^3/\text{día}$$

Ancho del sedimentador:

$$a = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$
$$a = \sqrt{\frac{2 \text{ m}^2}{2}}$$
$$a = 1 \text{ m}$$

Largo del sedimentador:

$$L = 2 * a$$
$$L = 2 * 1 \text{ m}$$
$$L = 2 \text{ m}$$

Volumen del sedimentador:

$$V = L * a * h$$
$$V = 2 \text{ m} * 1 \text{ m} * 2 \text{ m}$$
$$V = 2 \text{ m}^3$$

Humedal artificial:

$$K_T = k_{20} * 1,06^{T - 20}$$
$$K_T = 1,04 * 1,06^{19-20}$$
$$K_T = 1,04 \text{ día}$$

Área superficial

$$A_s = \frac{Q * [\ln C_o / C_e]}{K_T * h * n}$$

$$As = \frac{1.039 * [\ln 12560,10/250]}{1,04 \text{ día} * 0.1m * 0,60}$$

$$As = 55.9$$

Ancho del humedal:

$$W = \frac{1}{h} * \left( \frac{Q * As}{m * Ks} \right)^{0,5}$$

$$W = \frac{1}{0.1m} * \left( \frac{1.039 * 55.9}{0,01 * 11000} \right)^{0,5}$$

$$W = 7m$$

Largo del humedal:

$$L = \frac{As}{W}$$

$$L = \frac{55.9m^2}{7}$$

$$L = 8m$$

Tiempo de retención hidráulico:

$$Trh = \frac{V}{Q}$$

$$Trh = \frac{2440 L}{2079,72 L/h}$$

$$Trh = 1,17 h$$

$$0,5777 \text{ C/sg} (3600\text{sg}/1\text{h}) = 2079,72 \text{ L/h}$$

Remoción de sólidos DBO5:

$$R = \frac{Trh}{a + b * Trh}$$

$$R = \frac{1,17 h}{0,018 + 0,02 * 1,17h}$$

$$R = 28,26 \%$$

Remoción de sólidos suspendidos

$$R = \frac{Trh}{a + b * Trh}$$

$$R = \frac{1,17h}{0,0075 + 0,014 + 1,17}$$

$$R = 48,9 \%$$

**TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público**

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

**TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
			caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		<b>Ausencia</b>
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0

Continuar...

Continuar...

**TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

## ANEXO F: AUTORIZACIÓN DE INGRESO AL LABORATORIO DE QUÍMICA



**epoch** | Facultad  
de Recursos  
Naturales

Oficio Nro. ESPOCH-FRN-2023-3187-O

Riobamba, 29 de junio de 2023

**Asunto:** AUTORIZACION DE INGRESO AL LABORATORIO DE QUIMMICA

Señor Magíster  
Alfonso Rigoberto Mancheno Marino  
**Tecnico Docente Escala 5**  
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
En su Despacho

De mi consideración:

Con un cordial saludo, en atención al Oficio Nro. ESPOCH-FRN-2023-3166-O suscrito, por el ingeniero Daniel Román, Docente mediante el cual solicita autorice el ingreso al laboratorio de Química a la señorita María Cristina Veloz Arroyo, estudiante de la carrera de ingeniero en Recursos Naturales Renovables, quien se encuentra desarrollando su trabajo de titulación "Implementación de un prototipo de planta de fitorremediación de aguas residuales en la industria láctea San Sebastián.

Solicito a usted muy gentilmente, brinde las facilidades para el desarrollo de la mencionada actividad según documento adjunto.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,  
**SABER PARA SER**

*Documento firmado electrónicamente*

Ing. Rosa del Pilar Castro Gomez, Phd  
**DECANA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

Anexos:  
- ESPOCH-FRN-2023-3166-O.pdf

Copia:  
Señor Ingeniero  
Daniel Arturo Roman Robalino  
**Profesor Ocasional**  
  
Señorita  
Carla Marcela Quito Castillo  
**Asistente Administrativo**



Riobamba-Ecuador  
Panamericana Sur km 1½  
Código Postal: EC060155

Teléfono: 593 (03) 2998-200  
Telefax: (03) 2 317-001

*epoch.edu.ec*

## ANEXO G: RESULTADOS DEL LABORATORIO



### LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012



N° SE: 037-23

#### INFORME DE ANÁLISIS

**NOMBRE:** Cristina Veloz<sup>1</sup>

**INFORME N.º** 037 - 23

**EMPRESA:** Proyecto de titulación ESPOCH<sup>1</sup>

**N.º SE:** 037 - 23

**DIRECCIÓN:** Azuay y Av. Lizarzaburu<sup>1</sup>

**TELÉFONO:** 0991148352<sup>1</sup>

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 30/06/2023

**FECHA DE INFORME:** 10/07/2023

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1, Agua residual de industria láctea<sup>1</sup>

**TIPO DE MUESTRA:**

**IDENTIFICACIÓN:** MA - 088-23 Agua Residual<sup>1</sup>

Agua residual

Condiciones	T máx:	25 °C
Ambientales	T mín:	10°C

El laboratorio se responsabiliza únicamente del análisis, no de la obtención las muestras.

#### RESULTADO DE ANÁLISIS

**MA-088-23**

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	68750	N/A	30/06/2023
* DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	STANDARD METHODS 5210 - B	32156	N/A	30/06/2023
pH	-	PE-LSA-01	6,00	+/- 0,08	30/06/2023
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	4980	N/A	30/06/2023
* Aceites y grasas	mg/L	EPA 418,1	6082,57	N/A	30/06/2023

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN.

**REGLA DE DECISIÓN ACORDADA:** No aplica

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
- Los ensayos marcados con (\*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.  
1. Información proporcionada por el cliente. LSA no se responsabiliza de dicha información  
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.  
-LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados

# ANEXO H: RESULTADOS DEL LABORATORIO 2

**No. LACQUA 23 - 4214**

## INFORME DE RESULTADOS



**SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO**  
Acreditación N° SAE LEN 11-010  
LABORATORIO DE ENSAYOS

Información proporcionada por el cliente		Información adicional:	
Nombre	ESPOCH	MUESTRA 1: ANTES DEL TRATAMIENTO	
Atención a	Cristina Veloz		
Dirección	Riobamba		
Teléfonos	095 917 7776		
e-mail	crisa.velozarroyo@hotmail.com		
Procedencia	---	Contenido declarado	3000 ml
Identificación muestra	Agua residual	Conservación de la muestra	Refrigeración
Descripción muestra	Líquido turbio	Toma de muestra / Muestreo	Cliente

Datos del Análisis:			
Fecha toma muestra	31-jul.-23	Fecha de análisis	Del 31 de julio al 09 de agosto de 2023
Fecha Ingreso al Laboratorio	31-jul.-23	Fecha emisión informe	09 de agosto de 2023
Lugar de realización de los ensayos		Laboratorio Lacquanalisis	
Condiciones Ambientales:	Humedad (%):	44,3	Temperatura amb. (°C): 19,2
			Código Muestra: A - 3948
			Coord. muestra: ---
			Coord. Análisis: 17M 0763377 UTM 9862973

### RESULTADOS ANÁLISIS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
Aceites y Grasas*	mg/l	293,70	PRO TEC 053 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520 B	± 11,44 %
DBOS*	mg/l	12560,10	PRO TEC 066 / HACH 8043, Ed. 10, 2017	± 3,72 %
DQO	mg/l	18535	PRO TEC 014 / HACH 8000, Ed. 10, 2014; Standard Methods. Ed. 23, 2017, 5220 D	± 25,26 %
pH	UpH	4,84	PRO TEC 011 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500 H+ B	± 4,56 %
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	1484	PRO TEC 029 / HACH 8006, Ed. 09, 2014	± 3,99 %

**SIMBOLOGÍA**

Parámetro acreditado	** Parámetro No acreditado
* Parámetro acreditado fuera del alcance	*** Parámetro Subcontratado Acreditado: N/A
	**** Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

**Notas:**

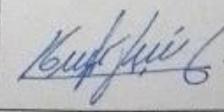
- Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas en éste informe
- Los análisis son realizados a temperatura ambiente, excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales no influyen en los resultados de este análisis
- Lacquanalisis S.A. se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere a la muestra recibida por el laboratorio
- La información y muestras proporcionadas por el cliente son responsabilidad del cliente. Lacquanalisis S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados.
- Lacquanalisis S.A. se compromete a mantener la imparcialidad y la confidencialidad de información recibida y de los resultados generados
- La aceptación de este informe implica la aceptación de las políticas relativas al tema y declaradas en el SGC y en [www.lacquanalisis.com](http://www.lacquanalisis.com)
- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

**PERSONAL RESPONSABLE:**



Ing. Catalina Acosta  
Analista





Dr. Harold Jiménez  
Director Técnico

# ANEXO I: RESULTADOS DEL LABORATORIO 3



**Lacquanálisis S.A.**  
soluciones ambientales



Cumplimos y colaboramos con la legislación vigente



Resguardamos la confidencialidad e integridad de la información



Pensamos en el futuro de nuestros clientes



Contribuimos a la protección del medio ambiente



Desarrollamos trabajo en equipo



Análisis de agua confiables

\*Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables  
www.lacquanalisis.com

## INFORME DE RESULTADOS

No. LACQUA 23 - 4215



**SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO**  
Acreditación N° SAE LEN 11-010  
LABORATORIO DE ENSAYOS

Información proporcionada por el cliente		Información adicional:	
Nombre	ESPOCH	MUESTRA 2: DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	
Atención a	Cristina Veloz		
Dirección	Riobamba		
Teléfonos	095 917 7776		
e-mail	griss_velozarroyo@hotmail.com		
Procedencia	---	Contenido declarado	3000 ml
Identificación muestra	Agua residual	Conservación de la muestra	Refrigeración
Descripción muestra	Líquido turbio	Toma de muestra / Muestreo	Cliente

**Datos del Análisis:**

Fecha toma muestra	31-jul.-23	Fecha de análisis	Del 31 de julio al 09 de agosto de 2023	Código Muestra	A - 3949
Fecha Ingreso al Laboratorio	31-jul.-23	Fecha emisión informe	09 de agosto de 2023	Coord. muestra	---
Lugar de realización de los ensayos	Laboratorio Lacquanálisis			Coord. Análisis	17M 0763377 UTM 9862973
Condiciones Ambientales:	Humedad (%):	44,3	Temperatura amb. (°C):	19,2	

### RESULTADOS ANÁLISIS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
Aceites y Grasas*	mg/l	101,95	PRO TEC 053 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520 B	± 11,44 %
DBO5	mg/l	405,51	PRO TEC 066 / HACH 8043, Ed. 10, 2017	± 3,72 %
DQO	mg/l	768	PRO TEC 014 / HACH 8000, Ed. 10, 2014; Standard Methods. Ed. 23, 2017, 5220 D	± 25,26 %
pH	UpH	6,47	PRO TEC 011 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500 H+ B	± 4,56 %
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	702	PRO TEC 029 / HACH 8006, Ed. 09, 2014	± 3,99 %

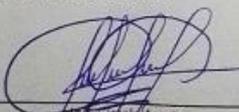
**SIMBOLOGÍA**

Parámetro acreditado	** Parámetro No acreditado
* Parámetro acreditado fuera del alcance	*** Parámetro Subcontratado Acreditado: N/A
	**** Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

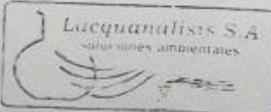
**Notas:**

1. Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas en este informe
2. Los análisis son realizados a temperatura ambiente, excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales no influyen en los resultados de este análisis
3. Lacquanálisis S.A. se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere a la muestra recibida por el laboratorio
4. La información y muestras proporcionadas por el cliente son responsabilidad del cliente. Lacquanálisis S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados.
5. Lacquanálisis S.A. se compromete a mantener la imparcialidad y la confidencialidad de información recibida y de los resultados generados
6. La aceptación de este informe implica la aceptación de las políticas relativas al tema y declaradas en el SGC y en www.lacquanalisis.com
7. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

**PERSONAL RESPONSABLE:**



Ing. Gisela Acosta





Dr. Harold Jiménez

# ANEXO J: RESULTADOS DEL LABORATORIO 4

"Contribuyendo a la protección ambiental del Ecuador"  
www.lacquaanalisis.com



**SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO**  
Acreditación N° SAE LEN 11-010  
LABORATORIO DE ENSAYOS

## INFORME DE RESULTADOS

No. LACQUA 23 - 4218

Información proporcionada por el cliente		Información adicional:	
Nombre	ESPOCI	MUESTRA 2: DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	
Atención a	Cristina Yavel		
Dirección	Riobamba		
Teléfono	095 817 7776		
e-mail	info_lacqua@lacqua.com.ec		
Procedencia		Contenido declarado	5000 ml
Identificación muestra	Agua residual	Conservación de la muestra	Refrigeración
Descripción muestra	Luzado turbio	Toma de muestra / Muestreo	Cliente

Datos del Análisis:						
Fecha toma muestra	06-ago-23	Fecha de análisis	Del 06 de agosto al 10 de agosto de 2023	Código Muestra	A - 3949	
Fecha ingreso al laboratorio	06-ago-23	Fecha emisión informe	05 de agosto de 2023	Coord. muestra	---	
Lugar de realización de los ensayos			Laboratorio LacquaAnálisis		Coord. Análisis	LTM 0760377 LTM 1662971
Condiciones Ambientales:	Humedad (%):	44,3	Temperatura amb. (°C):	15,3		

### RESULTADOS ANÁLISIS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
Acidos y Grasas*	mg/l	98,95	PRD TEC 013 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520 B	± 11,44 %
DBO5	mg/l	245	PRD TEC 055 / HACH 8043, Ed. 10, 2017	± 3,72 %
* DBO	mg/l	485	PRD TEC 014 / HACH 8000, Ed. 10, 2014; Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 D	± 25,26 %
pH	Usem	6,80	PRD TEC 011 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500 H+ B	± 4,56 %
Sólidos Suspensidos Totales	mg/l	200	PRD TEC 029 / HACH 9005, Ed. 09, 2014	± 3,99 %

**SIMBOLOGÍA**

Parámetro acreditado	** Parámetro No acreditado
* Parámetro acreditado fuera del alcance	*** Parámetro Subacreditado Acreditado: N/A
	**** Parámetro Subacreditado No Acreditado: N/A

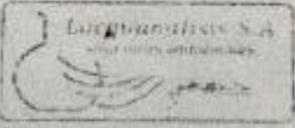
**Notas:**

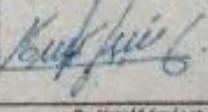
- Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas en este informe.
- Los análisis son realizados a temperatura ambiente, excepto donde se especifica. Las condiciones ambientales no influyen en los resultados de este análisis.
- LacquaAnálisis S.A. es responsable exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere a la muestra recibida por el laboratorio.
- La información y muestras proporcionadas por el cliente son responsabilidad del cliente. LacquaAnálisis S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados.
- LacquaAnálisis S.A. se compromete a mantener la imparcialidad y la confidencialidad de información recibida y de los resultados generados.
- La aceptación de este informe implica la aceptación de las políticas relativas al tema y declaradas en el SOC y en [www.lacqua-analisis.com](http://www.lacqua-analisis.com)
- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.

**PERSONAL RESPONSABLE:**



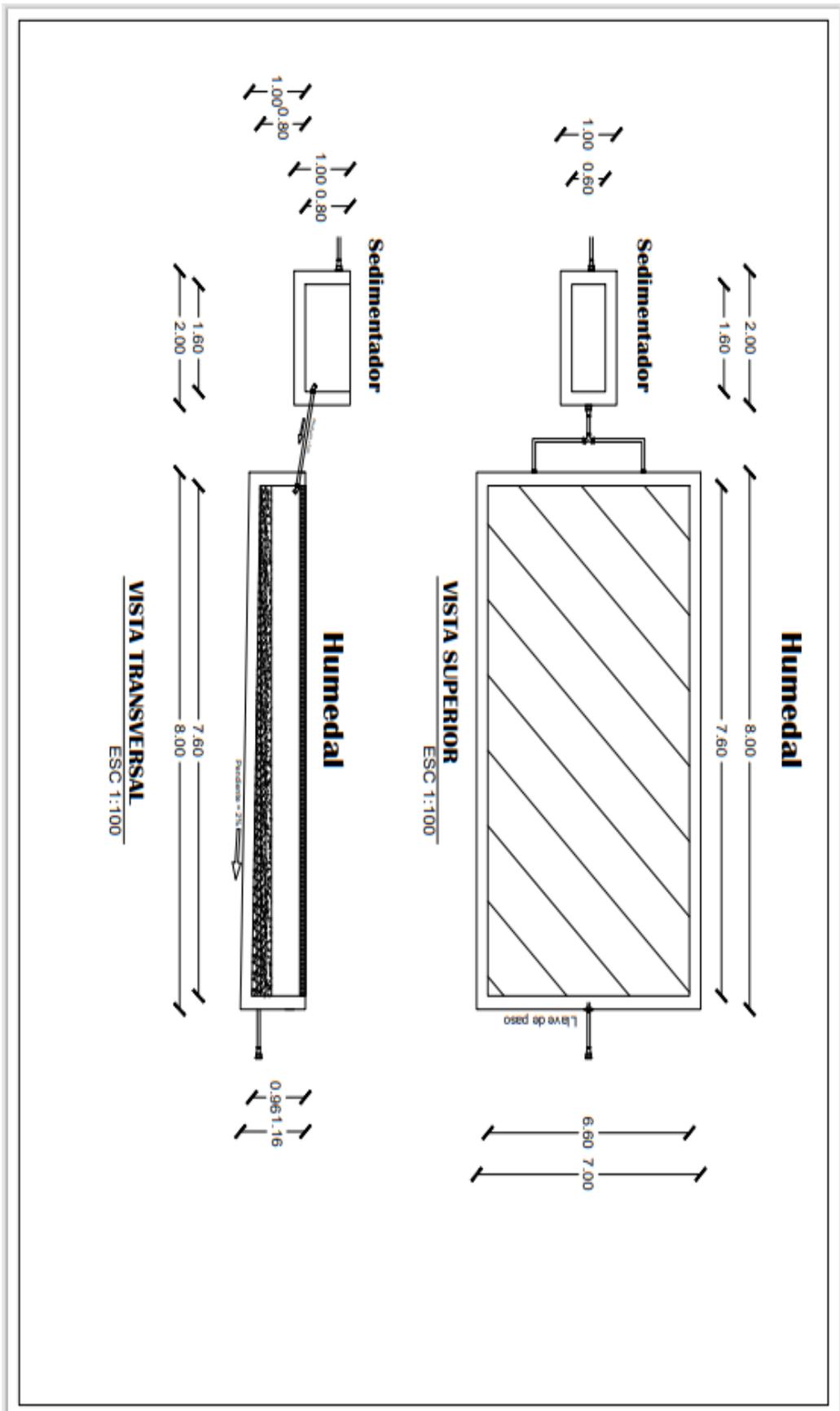
M. Gisela Acosta  
Analista





Dr. Harold Jiménez  
Director Técnico

ANEXO K: PLANO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN





epoch

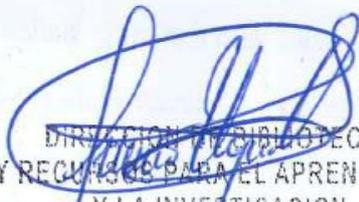
Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 21 / 11 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> María Cristina Veloz Arroyo
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> RECURSOS NATURALES RENOVABLES
<b>Título a optar:</b> INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

  
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS  
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE  
Y LA INVESTIGACIÓN  
 Ing. Jhonatan Parreño Uquillas MBA  
DBRA II ANALISTA DE BIBLIOTECA 1

1881-DBRA-UTP-2023