



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**SEDE MORONA SANTIAGO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS**

**MIEL DE KILAMUPI CAFÉ**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo: Proyecto Técnico**

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORES:**

**LIZ DE LOURDES ORTIZ CONTRERAS**

**BORI JAVIER ORTEGA NARANJO**

Macas – Ecuador

2021



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**SEDE MORONA SANTIAGO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS**

**MIEL DE KILAMUPI CAFÉ**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo: Técnico**

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORES: LIZ DE LOURDES ORTIZ CONTRERAS**

**BORI JAVIER ORTEGA NARANJO**

**DIRECTOR: Ing. WILLIAM XAVIER IBÁNEZ MORENO Mcs.**

Macas – Ecuador

2021

© 2021, Liz de Lourdes Ortiz Contreras & Bori Javier Ortega Naranjo

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

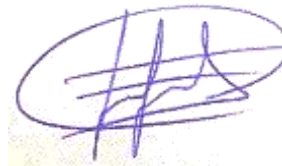
Nosotros, Liz de Lourdes Ortiz Contreras y Bori Javier Ortega Naranjo, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 13 de septiembre del 2021






**Liz De Lourdes Ortiz Contreras**  
**010476985-6**



**Bori Javier Ortega Naranjo**  
**140065195-4**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: proyecto técnico, **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS MIEL DE KILAMUPI CAFÉ**, realizado por la señorita: **LIZ DE LOURDES ORTIZ CONTRERAS** y el señor **BORI JAVIER ORTEGA NARANJO** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros 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. Ximena Rashell Cazorla Vinueza, Mcs. <b>PRESIDENTA DEL TRIBUNAL</b>		2021-09-13
Ing. William Xavier Ibáñez Moreno, Mcs. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2021-09-13
Ing. Jessica Paola Arcos Logroño, Mcs. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2021-09-13

## **DEDICATORIA**

Estamos conscientes que, al alcanzar una meta importante de nuestras vidas, es recién el comienzo de nuevas responsabilidades, en donde radica la importancia de tener una correcta formación académica y moral.

Razón por la cual queremos dedicar este logro a nuestras familiares los que están y los que nos acompañan desde el cielo, porque han sido las personas que nos han apoyado e impulsado a crecer tanto en el ámbito profesional como personal, inculcándonos valores que hoy en día nos caracterizan y nos han permitido culminar esta etapa universitaria.

Estamos seguros de que el esfuerzo que realizamos en el transcurso de estos años fue por y para ellos, con cariño.

**Liz y Bori**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, queremos agradecer a Dios, por mantener a nuestras familias y a nosotros con salud y vida, en estos tiempos de pandemia.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago, por brindarnos instalaciones y docentes de calidad, quienes han contribuido año tras año con la formación profesional de sus alumnos.

Expresamos nuestra gratitud al Ing. William Ibáñez y a la Ing. Jessica Arcos, por guiar y asesorar de manera permanente en la elaboración de este Trabajo de Integración Curricular, siendo un aporte fundamental en el desarrollo del mismo.

Al Gobierno Municipal del Cantón Morona, por prestarnos su laboratorio para realizar los análisis físico-químicos del agua, de manera especial al Bqf. Jhon Ortiz por orientarnos con sus conocimientos técnicos y profesionales.

A nuestros padres, por ser nuestra fuerza motora en los días buenos y malos, por alentarnos a ser excelentes profesionales y buenos seres humano.

En general a todas las personas que nos ayudaron a que este sueño se cristalice, nuestros más profundos agradecimientos.

**Liz y Bori**

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1.1. Planteamiento del problema .....	2
1.1.1. <i>Enunciado del problema</i> .....	2
1.1.2. <i>Formulación del problema</i> .....	2
1.1.3. <i>Justificación</i> .....	2
1.2. Objetivos .....	3
1.2.1. <i>Objetivo General</i> .....	3
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	3

### CAPÍTULO II

2.1. Antecedentes .....	4
2.2. Bases teóricas.....	4
2.2.1. <i>Impacto Ambiental</i> .....	4
2.2.2. <i>Calidad Ambiental</i> .....	5
2.2.3. <i>Calidad de Agua</i> .....	5
2.2.4. <i>Contaminantes físicos</i> .....	6
2.2.5. <i>Contaminantes químicos</i> .....	6
2.3. Bases conceptuales .....	6
2.3.1. <i>Café</i> .....	6



2.3.1.1.	<i>Tipos de café</i> .....	7
2.3.1.2.	<i>Lavado de café</i> .....	7
2.3.2.	<i>Aguas miel</i> .....	7
2.3.3.	<i>Muestreo de Agua</i> .....	8
2.3.4.	<i>Caracterización del Agua</i> .....	8
2.3.5.	<i>Parámetros Físico-Químicos</i> .....	9
2.3.5.1.	<i>Potencial de Hidrógeno</i> .....	9
2.3.5.2.	<i>Nitratos</i> .....	9
2.3.5.3.	<i>Fosfatos</i> .....	9
2.3.5.4.	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</i> .....	9
2.3.5.5.	<i>Sólidos Totales Disueltos</i> .....	10
2.3.5.6.	<i>Turbidez</i> .....	10
2.3.5.7.	<i>Color y olor</i> .....	10
2.3.6.	<i>Tratamiento de aguas residuales</i> .....	10
2.3.6.1.	<i>Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)</i> .....	10
2.3.6.2.	<i>Pre tratamiento</i> .....	11
2.3.6.3.	<i>Tratamiento Primario</i> .....	11
2.3.6.4.	<i>Tratamiento secundario</i> .....	12
2.3.6.5.	<i>Filtración</i> .....	12
2.3.6.6.	<i>Elementos del filtro</i> .....	12

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	14
3.1.	<b>Tipo de la Investigación</b> .....	14
3.2.	<b>Diseño de la Investigación</b> .....	14
3.2.1.	<i>Tecnológico</i> .....	15
3.2.1.1.	<i>Localización del proyecto</i> .....	15
3.2.1.2.	<i>Población de estudio y/o tamaño muestra</i> .....	15
3.2.1.3.	<i>Técnicas de recolección de datos</i> .....	15

3.2.1.4.	<i>Análisis Estadístico</i> .....	16
3.2.1.5.	<i>Ingeniería del proyecto</i> .....	18
3.2.1.6.	<i>Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria</i> .....	21

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	23
<b>4.1.</b>	<b>Análisis descriptivo</b> .....	23
<b>4.2.</b>	<b>Análisis de Contraste</b> .....	24
<b>4.2.1.</b>	<i>Caracterización de las Aguas Miel de Kilamupi Café</i> .....	24
<b>4.2.2.</b>	<i>Ajuste de conversión</i> .....	24
<b>4.2.3.</b>	<i>Análisis de la eficiencia del sistema de filtración</i> .....	25
<b>4.3.</b>	<b>Ingeniería del proyecto</b> .....	27
<b>4.3.1.</b>	<i>Sistema de Filtración</i> .....	27
<b>4.3.1.1.</b>	<i>Dimensionamiento del tanque de filtración</i> .....	27
<b>4.4.</b>	<b>Discusión</b> .....	30

<b>CONCLUSIONES</b> .....	32
---------------------------	----

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	33
------------------------------	----

## **GLOSARIO**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-3:</b>	Factor, niveles y variables para el diseño experimental .....	14
<b>Tabla 2-3:</b>	Parámetros de caracterización Físico - Química de las aguas miel. ....	16
<b>Tabla 3-3:</b>	Fórmulas de conversión.....	17
<b>Tabla 4-3:</b>	Características de diseño del sistema de filtración .....	18
<b>Tabla 5-3:</b>	Determinación del caudal mínimo.....	19
<b>Tabla 6-3:</b>	Caudales propuestos .....	19
<b>Tabla 7-3:</b>	Requerimientos para análisis en laboratorio.....	21
<b>Tabla 8-3:</b>	Requerimientos para la creación del diseño y análisis de datos .....	22
<b>Tabla 1-4:</b>	Análisis de Varianza (ANOVA).....	23
<b>Tabla 2-4:</b>	Caracterización de las aguas miel de Kilamupi Café .....	24
<b>Tabla 3-4:</b>	Ajuste de conversión en la caracterización de las aguas miel .....	25
<b>Tabla 4-4:</b>	Comparación de la de los parámetros antes y después del sistema de filtración.....	26
<b>Tabla 5-4:</b>	Eficiencia de los parámetros del agua después del tratamiento.....	27
<b>Tabla 6-4:</b>	Dimensionamiento de la planta de tratamientos en Kilamupi Café .....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-3:</b> Ubicación Finca Kilamupi Café.....	15
---	----

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-4:</b>	Tiempo de sedimentación con respecto al volumen sedimentado.....	26
---------------------	--	----

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-3:</b>	Ecuación utilizada para determinar la eficiencia .....	17
<b>Ecuación 2-3:</b>	Ecuación para determinar el caudal mínimo.....	18
<b>Ecuación 3-3:</b>	Ecuación para determinar el área transversal del tanque .....	18
<b>Ecuación 4-3:</b>	Ecuación para determinar la velocidad de filtración.....	19
<b>Ecuación 5-3:</b>	Ecuación para determinar el área superficial .....	19
<b>Ecuación 6-3:</b>	Ecuación para determinar el tiempo de retención hidráulica.....	20
<b>Ecuación 7-3:</b>	Ecuación para determinar el volumen del tanque .....	20
<b>Ecuación 8-3:</b>	Ecuación para determinar la altura .....	20
<b>Ecuación 9-3:</b>	Ecuación para determinar el coeficiente de costo mínimo .....	20
<b>Ecuación 10-3:</b>	Ecuación para determinar el ancho del filtro .....	21
<b>Ecuación 11-3:</b>	Ecuación para determinar la longitud del tanque.....	21
<b>Ecuación 12-4:</b>	Ecuación para el cálculo de la velocidad de filtración.....	28
<b>Ecuación 13-4:</b>	Ecuación para el cálculo del área transversal del tanque .....	28
<b>Ecuación 14-4:</b>	Ecuación para el cálculo del tiempo de retención hidráulica.....	28
<b>Ecuación 15-4:</b>	Ecuación para el cálculo del volumen del tanque.....	28
<b>Ecuación 16-4:</b>	Ecuación para el cálculo de la altura del tanque .....	29
<b>Ecuación 17-4:</b>	Ecuación para el cálculo del coeficiente de costo mínimo .....	29
<b>Ecuación 18-4:</b>	Ecuación para el cálculo del ancho del filtro .....	29
<b>Ecuación 19-4:</b>	Ecuación para el cálculo de la longitud del tanque.....	30

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** CARTA DE COMPROMISO DE LA EMPRESA KILAMUPI CAFÉ
- ANEXO B:** ENTREVISTA AL GERENTE DE KILAMUPI CAFÉ
- ANEXO C:** PLANO DEL DISEÑO DE LA PTAR
- ANEXO D:** CERTIFICADO DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS EN EL LABORATORIO
- ANEXO E:** VERIFICACIÓN DE LOS SUPUESTOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL
- ANEXO F:** REGISTRO FOTOGRÁFICO

## RESUMEN

Se diseñó una planta de tratamientos de aguas miel para Kilamupi Café, mediante un sistema de filtración compuesto por piedra, caliza, grava, arena y carbón activado. Esta investigación es aplicada y el diseño planteado fue experimental, por la manipulación de variables. Para ello, se realizó el análisis de laboratorio antes y después de ingresar el agua residual a la planta a escala piloto, utilizando muestras compuestas con tres réplicas a través del Método Estandarizado para la Examinación de Agua y Aguas Residuales, 23ava. Edición, 2017. Además, se usó la técnica de entrevista, propia del método cualitativo. En la caracterización inicial se obtuvieron los siguientes resultados: nitrógeno total 199,15 mg/L, fósforo total 11,63 mg/L, pH 3,8, sólidos totales 4086 mg/L, DBO<sub>5</sub> 5358,66 mg/L, 44 Pt-Co de color real y 1150 mg/L para turbidez. Al realizar la filtración del agua residual, se redujeron las concentraciones de cada parámetro con un caudal de 0,5 L/s, el nitrógeno total se redujo un 98,61%, el fósforo total alcanzó una reducción de 97,59%, la DBO<sub>5</sub> disminuyó en un 97,55 %. Así mismo, los sólidos totales disminuyeron un 98,15%, el color real logró ser inapreciable en una dilución 1/20, el parámetro de pH se incrementó hasta 7,58 y el parámetro de turbidez alcanzó un valor de 26,83 NTU. Todos estos valores se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa ambiental vigente. Además, la comparación con otros estudios ratificó que los procesos físicos (secundarios) y los materiales del lecho filtrante constituyen una opción viable para la descontaminación de aguas residuales. Finalmente, para la finca Kilamupi Café se dimensionó un tanque de filtración con las siguientes medidas: 1,17 m<sup>2</sup> de área transversal; 0,82 m de alto; 1,08 m de ancho, 1,05 m de longitud y 0,93 m<sup>3</sup> de capacidad, para su futura implementación.

**Palabras clave:** <AGUAS MIEL>, <PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <REMOCIÓN DE CONTAMINANTES>, <PROCESOS FÍSICOS>, <DISEÑO>, <ESCALA PILOTO>

INES  
ZAPATA  
A  
ZUMARRAGA

Firmado digitalmente por INES ZAPATA ZUMARRAGA. DN: cn=INES ZAPATA ZUMARRAGA, o=INES, ou=EC, c=RIOGAMBA, ou=Certificado de Clase 2 de Persona Física EC, e=inezzapata@notmas.com  
Motivo: Aprobó este documento.  
Fecha: 2021-03-31 11:38:05:06



0896-DBRAI-UTP-2021



## ABSTRACT

A wastewater treatment plant was designed specifically for Kilamupi Café honey waters, based on a filtration system, which is composed of limestone, gravel, sand and activated carbon.

It consists in an applied research and raised design was experimental, by manipulating the variables. Hence, the laboratory analysis was carried out before and after getting sewage to the pilot-scale plant, using composite samples with three replicas thanks to the Standardized Method for Water and Wastewater Examination, 23ava. 2017 Edition. Furthermore, interview was used as technique, which is typical of the qualitative method. In the initial characterization, the following results were obtained: total nitrogen 199,15 mg/L, total phosphorus 11,63 mg/L, pH 3,8, total solids 4086 mg/L, BOD5 5358,66 mg/L, 44 Pt-Co for true color and 1150 mg/L for turbidity. After filtering the wastewater, it was possible to reduce the concentrations of each parameter with a flow rate of 0,5 L/s; total nitrogen was reduced by 98,61%, total phosphorus reached a reduction of 97,59%, BOD5 decreased by 97,55%. In addition, total solids decreased by 98,15%, true color became imperceptible in a 1/20 dilution, pH parameter increased to 7,58 and turbidity parameter reached a value of 26,83 NTU, whose values are within the limits established by current environmental regulations. Moreover, through studies carried out, it was confirmed that the physical processes(secondary) and the materials of the filter bed constitute a viable option for the decontamination of wastewater. Finally, for Kilamupi Café estate, a filtration tank was dimensioned with the following measurements: 1,17 m<sup>2</sup> of cross-sectional area; 0,82 m high; 1,08 m wide, 1,05 m long and 0,93 m<sup>3</sup> capacity for its further implementation.

**Keywords:** <HONEY WATERS>, <WASTEWATER TREATMENT PLANT>, <POLLUTANT REMOVAL>, < PHYSICAL PROCESSES >, <DESIGN>, <PILOT SCALE>.

 Firmado electrónicamente por:  
**VALENTINA**  
**GALIMBERTI**  
**JESSICA**

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del café se encuentra ampliamente difundido en los países tropicales y subtropicales. En Perú, en el Caserío Barrio Nuevo se realizó un estudio sobre la situación actual de las aguas residuales producto del beneficio del café en donde concluyeron que el 100% de agricultores no realiza tratamiento de las mismas (Huaman, 2018, p. 57). Ecuador no es la excepción, mostrando un cuadro crítico por la contaminación ocasionada debido al destino final de las aguas miel sin previo tratamiento (Zuñiga, 2005, p. 18).

Kilamupi Café es una empresa de la provincia de Morona Santiago que se encuentra ubicada en el Km 8 de la vía Macas-Puyo. Esta empresa se dedica a la siembra, cultivo y tostado de café (Kilamupi, 2019, párr. 1-6). Durante este proceso, se generan residuos sólidos y líquidos (entre ellos el mucílago, pulpa y aguas miel) (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2010, pp. 12-15), que al no ser tratados, se consideran contaminantes para el suelo o recursos hídricos, dependiendo donde sean vertidos (Zuñiga, 2005, p. 19). Es por ello que, se ha visto necesario realizar el diseño de una planta de tratamiento de aguas miel, ayudando de esta manera a la empresa a disminuir el impacto ambiental ocasionado al implementar una gestión sustentable en su proceso productivo.

Para el diseño del sistema de tratamiento de las aguas miel, se pensó no solo en la empresa Kilamupi Café, si no en los 1.874 productores de café de la provincia de Morona Santiago (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020, párr. 1), que no realizan un manejo adecuado de sus efluentes, debido al costo que representa esta actividad. Es por eso, que se ha presentado una alternativa eficaz y de fácil implementación que ayudará a que las aguas miel cumplan con las características necesarias para que pueda ser descargadas en un cuerpo de agua dulce o reutilizadas en el sistema.

Este documento está estructurado de la siguiente manera: en el capítulo I se encuentra el diagnóstico del problema, en el capítulo II se presenta la revisión de la literatura o fundamentos teóricos, en el capítulo III se indica el marco metodológico, en el capítulo IV se plasma los resultados y finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO I

### 1.1. Planteamiento del problema

#### *1.1.1. Enunciado del problema*

Los productores de café en la actualidad se están enfrentando a una problemática de contaminación ambiental, pues después del proceso de lavado se aprovecha solo el 5% del producto fresco, lo que quiere decir que al momento de realizar este paso se está generando un 95% de residuos, que pueden ser revalorizados, ya sea en abono o productos alimenticios (Torres et al., 2019: p. 2).

Uno de los residuos que se obtiene del procesamiento del café, son las aguas miel, las cuales se consideran contaminantes por su composición química, como pH bajo, altas concentraciones de nitratos, fosfatos y otros parámetros de relevancia (Torres et al., 2019: p. 7), convirtiéndose en una fuente de malos olores, proliferación de vectores, salinidad y eutrofización para los recursos naturales como suelo y agua, produciendo afectaciones a la biodiversidad, los paisajes y la salud humana (López, 2009, pp. 2, 11).

#### *1.1.2. Formulación del problema*

Los productores de café de la región amazónica carecen de asesoramiento técnico ambiental sobre la importancia del tratamiento de los desechos líquidos dentro de sus procesos productivos. En la provincia de Morona Santiago los productores artesanales de café no cuentan con un sistema de tratamiento de sus descargas líquidas.

El gerente propietario de Kilamupi café expresó que por falta de conocimiento y asesoramiento no se ha realizado el manejo de las aguas miel generadas por su empresa las cuales son vertidas directamente a una quebrada. El diseño de una Planta de tratamiento servirá como referencia para que dicho sistema pueda ser implementado a futuro por los productores de café de la provincia y así disminuir el impacto ambiental ocasionado por esta actividad, generando una gestión sustentable en la producción de café.

#### *1.1.3. Justificación*

Morona Santiago es una provincia considerada productora de café (León et al., 2020: p. 5), sin embargo, no es una novedad que los procesos agroindustriales causan impactos ambientales negativos, específicamente la industria cafetalera, la cual está considerada como una de las

más contaminantes del mundo, debido a que la mayoría no cuenta con sistemas de tratamientos de residuos (Álvarez et al., 2011: p. 2), por lo cual buscar una alternativa eficiente para el manejo de los residuos viene a ser indispensable.

El alto número de productores de café en la provincia no se considera un problema puesto que contribuyen con la economía local, sin embargo, la problemática que presenta este sector es que la mayoría no realizan un adecuado tratamiento a los residuos generados. Por esta razón es necesario proponer un diseño de una planta de tratamiento de aguas miel, que sea efectiva, de fácil implementación y accesible a cualquier nivel.

Kilamupi Café se utilizará como referente para realizar el diseño de la planta de tratamiento de aguas miel, para controlar, mitigar y reducir agentes contaminantes que se generen por el proceso productivo del café (Burbano et al., 2019: p. 1), además, para reducir costos de diseño y operación se ha propuesto el diseño una planta artesanal la cual va a contar con un sistema de tratamiento secundario, que contemplará un filtro artesanal elaborado con piedra, grava, arena, carbón activado y piedra caliza, controlando los parámetros necesarios para obtener descargas conforme a lo dictado en la normativa ambiental vigente (Zamora, 2019, p. 9). El diseño propuesto busca beneficiar no solamente a Kilamupi Café sino al resto de productores de la provincia, que carecen de un sistema de tratamiento de aguas miel.

## **1.2. Objetivos**

### ***1.2.1. Objetivo General***

- Diseñar una planta de tratamientos de aguas miel para Kilamupi Café.

### ***1.2.2. Objetivos Específicos***

- Realizar la caracterización físico-química de aguas miel procedentes del lavado del café.
- Realizar la caracterización físico-química de las aguas miel después del proceso de filtración de la planta piloto.
- Determinar y dimensionar las variables de diseño de la PTAR para la finca Kilamupi Café.

## CAPÍTULO II

### 2.1. Antecedentes

Brasil concentra poco más de un tercio de la producción mundial, siendo los granos del café uno de los principales productos de origen agrícola que se comercializa en este país (Galindo, 2011, p. 18). Un estudio realizado en Costa Rica indica que, durante el proceso de café en húmedo, se generan residuos sólidos y líquidos; el residuo sólido lo forma la pulpa y el mucílago, mientras que el residuo líquido lo constituye el agua proveniente del despulpado y lavado (Vásquez, 1997, p. 2).

En Ecuador se ha determinado que el agua al tener contacto con la pulpa de café llega a obtener el 40,1% de nitrógeno total, de los subproductos ocupados en el proceso tradicional, alcanzando las aguas miel altas concentraciones de nitrógeno total, siendo esta una de las razones por la que este residuo líquido presenta un riesgo ambiental (Zuñiga, 2005, p. 18).

En la provincia de Morona Santiago con el acompañamiento técnico del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) han comercializado más de 440 quintales de café pergamino provenientes de 874 hectáreas de terreno hasta finales del año 2020, para mercados diferenciados como empresas nacionales y emprendimientos locales (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020, párr. 1).

En la provincia de Morona Santiago no existen investigaciones referentes a impactos ambientales que genera. Sin embargo, según Cortés et al. (2020, pp: 14-15) manifiestan que los procesos productivos del café, ocasionan altas afecciones a fuentes hídricas, por lo que se considera importante que el caficultor conozca alternativas para generar un desarrollo sostenible.

### 2.2. Bases teóricas

Se recopiló información proporcionada por páginas web, así como también de revistas científicas tales como, Scielo, Redalyc y Dialnet. Todas estas páginas ayudaron en una búsqueda de fuentes nacionales e internacionales para el estudio de los siguientes términos a tratar.

#### 2.2.1. *Impacto Ambiental*

El medio ambiente sufre constantes alteraciones, ya sea por actividades antropogénicas o por fenómenos naturales, que producen cambios significativos en el entorno, por lo que es

importante identificarlos y determinar, su grado, magnitud e importancia para mitigar o reducir dichas modificaciones.

*Impacto ambiental es el efecto producido en el ambiente y los procesos naturales por la actividad humana en un espacio y un tiempo determinados. De este modo se puede decir que el impacto ambiental (IA) implica los efectos adversos sobre los ecosistemas, el clima y la sociedad debido a las actividades, como la extracción excesiva de recursos naturales, la disposición inadecuada de residuos, la emisión de contaminantes y el cambio de uso del suelo, entre otros (Perevochtchikova, 2013, p.6).*

### **2.2.2. Calidad Ambiental**

La calidad ambiental está compuesta por un conjunto de características propias del medio ambiente, las cuales pueden ser beneficiosas o perjudiciales para los organismos que lo conforman, es decir es una relación entre componentes bióticos y seres vivos.

*Características propias del medio que por la acción de la naturaleza y el hombre preservan sus condiciones en niveles óptimos para la vida armónica de todos los seres vivos, razón por la cual, deben ser considerados prioridad de conservación para la humanidad (Rojas, 2011, p.11).*

### **2.2.3. Calidad de Agua**

Para determinar la valoración de la calidad de agua en un cuerpo de agua dulce o salada, es importante conocer la evolución que este haya tenido a lo largo del tiempo, logrando de esta manera obtener valores de mayor relevancia sobre el estado del lugar de interés.

*La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles. Así, se puede entender la calidad, desde un punto de vista funcional, como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella. O desde un punto de vista ambiental, como aquellas condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y para que cumpla unos determinados objetivos de calidad (calidad ecológica). (Torres et al., 2009: p. 4)*

#### **2.2.4. Contaminantes físicos**

Este tipo de contaminantes afecta principalmente el aspecto, debido que al relacionarse con el ambiente produce alteración en sus componentes.

*Los contaminantes físicos son diferentes formas de energía que pueden producir alteraciones en el medio y afectar la salud de las personas. Básicamente, las formas de energía capaces de afectar la salud de las personas son las radiaciones, el ruido y las vibraciones (energía vibratoria) y la energía térmica (incremento de la temperatura ambiente).* (Diputación de Barcelona, 2008, párr. 1)

#### **2.2.5. Contaminantes químicos**

Son productos fabricados por la mano del hombre y que han sido utilizados para fortalecer las grandes industrias, pero a su vez generan un gran impacto al no ser tratados de una manera correcta, es por ello que los contaminantes químicos son más perjudiciales que los contaminantes físicos.

*Los contaminantes químicos, también llamados agentes químicos, son substancias que, por la forma de presentarse, pueden ser absorbidas por el organismo y producir en poco tiempo, o a lo largo de los años, efectos dañinos para la salud del individuo. Se pueden contar por miles, siendo algunas de origen natural y otras de origen artificial (creadas por el hombre). Pueden producir daños si la cantidad absorbida, o dosis, es suficiente* (Gobierno de Navarra, 2010, párr.1).

### **2.3. Bases conceptuales**

#### **2.3.1. Café**

El café es una semilla natural, que se utiliza generalmente para hacer bebidas mediante la infusión después de ser su semilla tostada y molida. La palabra café proviene del nombre de la semilla conocida como cafeto, el producto se obtiene de un árbol perteneciente al grupo de las rubiáceas, el mismo necesita de una adecuada sombra y de rayos solares. Este árbol llega a medir entre cuatro y seis metros (Definición DE, 2012, párr.2).

### **2.3.1.1. Tipos de café**

Existen diferentes especies y variedades de café, esto depende del ambiente local donde crecen estas plantas.

- *Café arábigo*

*El café arábigo es un cultivo que requiere de 6 meses de lluvia para que tenga un desarrollo óptimo, cuando las lluvias tienden a disminuir, este tipo de cultivo resiste, pero su producción decae considerablemente, posee una alta adaptación a los climas de las cuatro regiones ecuatorianas. El café arábigo se cultiva hasta los 2000 metros de altitud del mar. La producción de este café se encuentra principalmente en Loja y Manabí y por lo general desde marzo hasta octubre. En Ecuador se produce café verde, tostado y soluble (PROECUADOR, 2013, párr.2).*

- *Café Robusta*

*El café robusto necesita un clima tropical con altitudes elevadas y mucha lluvia o en su defecto abundante riego. Las provincias del norte de la Amazonia son los que se especializan en este tipo de café, debido a que los precios cayeron a inicios del 2000 gran parte de los cultivos de la amazonia están abandonados. Este café se produce en los meses de junio hasta octubre. Además de la Amazonia, este café se cultiva en Orellana y Sucumbíos (PROECUADOR, 2013, párr. 2).*

### **2.3.1.2. Lavado de café**

El proceso lavado consiste en despulpar las cerezas una vez recogidas, esto es, quitarles la carne, lavar bien los granos y dejar fermentar para, más tarde secar. El proceso de fermentación es muy importante, y cada vez está teniendo más relevancia en la producción de café (Amaro, 2020, p. 1).

### **2.3.2. Aguas miel**

Las aguas miel son el problema principal a tratar dentro de la investigación, para poder obtener un mejor tratamiento de las aguas es necesario identificar como se genera dichas aguas o que problema ocasionan estas al ser desechadas al medio sin un previo tratamiento adecuado.



*Son aguas obtenidas a través del lavado del café, en donde el procesado del fruto se realiza generalmente mediante el llamado “Beneficio Húmedo del Café”, donde se consume grandes cantidades de agua y casi el 80 % del fruto se considera de poco o nulo valor económico y por consiguiente es designado como desecho, el cual se vierte generalmente en los ríos, generando malos olores, contaminando dichos ríos, más los propios problemas sociales que esta situación trae aparejado, sobre todo, limitaciones con sus usos con fines recreativo y de sustento familiar por la contaminación de los ríos en épocas cafetaleras (Rugama y Monserrat, 2016: p.3).*

### **2.3.3. Muestreo de Agua**

Para realizar un monitoreo de agua residual es necesario tomar en cuenta todas las medidas necesarias para realizar un muestreo de agua, por lo que de ello dependerá que sea una muestra totalmente limpia para su posterior análisis de laboratorio.

*Son necesarios para indicar la calidad del agua, todos los datos analíticos obtenidos mediante la determinación de parámetros como: las concentraciones de material inorgánico, minerales o químicos disueltos, gases disueltos, materia orgánica disuelta y materia en suspensión en el agua o en el sedimento en un tiempo y lugar específicos o a intervalos de tiempo y en un lugar en particular (INEN, 2013, p.2).*

### **2.3.4. Caracterización del Agua**

La caracterización del agua es importante analizarla antes y después de cualquier tipo de proyecto o investigación, pues esto permitirá tener una mayor visión para poder llegar a cumplir con nuestros objetivos. Para ello es trascendental analizar las muestras de agua tanto los parámetros físicos como los químicos y biológicos.

*Permiten identificar mediante el análisis de variables físicas, químicas, microbiológicas e hidrobiológicas el estado (cantidad y calidad) del recurso hídrico en el ambiente (superficial y subterráneo) y su posible alteración por actividades de origen antrópico. Mediante el procesamiento de la información se puede implementar estrategias que permitan determinar potencialidades, usos, indicadores, riesgos y amenazas alrededor del recurso hídrico (Piragua, 2021, p.1).*

### **2.3.5. Parámetros Físico-Químicos**

#### *2.3.5.1. Potencial de Hidrógeno*

Es una escala numérica utilizada para especificar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Es el logaritmo negativo en base 10 de la actividad del ion Hidrógeno. Las soluciones con un pH menor a 7 son ácidas, por el contrario, las soluciones con un pH mayor a 7 son alcalinas o básicas (Vázquez y Rojas, 2016: p.12).

#### *2.3.5.2. Nitratos*

Los niveles de nitratos y nitritos se consideran un indicador importante de la calidad del agua, pues se encuentran relacionados con el ciclo del nitrógeno de suelo y plantas, aunque los nitratos son añadidos por medio de fertilizantes que puede ocasionar que los niveles de estos aumenten (Fernández y Vázquez, 2006: p.5).

#### *2.3.5.3. Fosfatos*

Los fosfatos pueden llegar a ser una de las sustancias más peligrosas en la contaminación del agua, debido a que las altas concentraciones de nitratos y fosfatos combinado con los vertidos de sustancias de alta contaminación ocasionarían la eutrofización en las aguas, llegando así a disminuir la vida acuática.

*Se forma a partir del fósforo inorgánico que existe como mineral y contribuye directamente en el ciclo de este elemento en el ambiente. También puede existir en solución como partículas, como fragmentos sueltos o en los cuerpos de organismos acuáticos. El agua de lluvia puede contener distintas cantidades de fosfatos que se filtran de los suelos agrícolas a los cursos de agua próximos (Bolaños et al., 2017: p.4).*

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

La demanda bioquímica de oxígeno es de mucha importancia puesto que con la medición de dicho parámetro se identificará la cantidad de oxígeno que precisan los microorganismos para la eliminación de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

*Se usa para determinar la contaminación biológica del agua, midiendo los requerimientos de oxígeno demandados por una población de microorganismos, tanto*

*en agua tratada como contaminada. También, se utiliza para determinar la eficiencia de un proceso de tratamiento de aguas y para dimensionar las instalaciones para el tratamiento de las mismas (Sanchez, 1994, p.12).*

#### *2.3.5.5. Sólidos Totales Disueltos*

Los sólidos totales pueden ser partículas de diferente tamaño incluyendo arcillas y limos (0,5-2 micras) que pudieron estar presentes en el efluente (Sánchez y Viáfara, 2014: p.9).

#### *2.3.5.6. Turbidez*

La turbiedad del agua se da por la presencia de materia orgánica suspendida, sedimentos, materia inorgánica y por la presencia de algunos microorganismos microscópicos. La turbiedad es una expresión que se la puede identificar mediante la propiedad óptica remitiendo la luz a través de la materia suspendida.

*La turbiedad mide el nivel de transmitancia de luz en el agua, y sirve como una medida de la calidad del agua en relación a materia suspendida coloidal y residual. La materia suspendida cubre el fondo de los ríos, de modo que afecta la reproducción de los peces, o afecta la cadena alimentaria de los mismos (Trujillo et al., 2014: p.5).*

#### *2.3.5.7. Color y olor*

Mediante estas variables se puede evaluar la fuente de las características organolépticas, las cuales pueden tener efecto sobre la vida acuática y la salud humana (Samboni et al., 2007: p. 4).

### **2.3.6. Tratamiento de aguas residuales**

El tratamiento de aguas residuales tiene como finalidad remover contaminantes que se encuentran en el agua mediante una serie de procesos físicos, químicos y biológicos (Honores, 2019, p. 20).

#### *2.3.6.1. Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)*

Una PTAR es una operación clave en la industria de procesos de tratamientos de aguas residuales, puesto que al tener una serie de procedimientos o niveles de tratamiento de aguas

residuales hace que el tratamiento sea más eficiente al procesar las aguas residuales para devolverlos al medio.

*Una planta de tratamiento es una serie de procesos cuyo objetivo es disminuir la carga contaminante o características no deseables del agua, estas pueden ser naturales, residuales, de procesos o de abastecimiento y obtener aguas cuyas características sean adecuadas para consumo, reúso o descarga al medio ambiente. (Honores, 2019, p. 25)*

#### 2.3.6.2. Pre tratamiento

Dentro de un sistema de tratamiento de aguas residuales, como primer nivel se debería contar con un pre tratamiento de las aguas, en donde se despejará del sistema todos los materiales de gran tamaño que puedan ocasionar problemas al tratamiento de las aguas residuales.

*Aunque no se considera un tratamiento con el que se logre reducir la carga contaminante de los vertidos, si desempeña un papel fundamental en la medida en que elimina elementos que pueden causar descensos en la eficiencia del tratamiento y, quizá lo más importante, protege los equipos, partes y unidades de la depuradora de daños que pueden resultar funestos para el funcionamiento de la planta y del sistema de evacuación y transporte de aguas residuales, en general (Lozano, 2012, p.47).*

#### 2.3.6.3. Tratamiento Primario

El tratamiento primario dentro de un sistema de tratamiento alberga muchas actividades en las cuales es donde se logra eliminar la materia en suspensión y se ve influenciado el uso de productos químicos o sustancias químicas para un mejor rendimiento de la planta y un tratamiento mucho más óptimo.

*Esta etapa tiene como objetivo eliminar, por efecto de la gravedad, los sólidos suspendidos de las aguas residuales; se logra bien sea de manera libre, o asistida con químicos que aglomeran las partículas (floculantes) para que ganen peso y decanten con mayor velocidad. Estos sólidos suspendidos eliminados son, en su mayoría, materia orgánica, por lo cual se presenta una reducción importante en la concentración de DBO del efluente (Lozano, 2012, p.69).*

#### 2.3.6.4. Tratamiento secundario

Es la última etapa que se encuentra dentro del tratamiento de aguas residuales, en dicha etapa el agua se encuentra totalmente tratada y lista para utilizarla según sea su disposición final, siempre y cuando cumpla con las normas ambientales vigentes (Lozano, 2012, p. 132).

#### 2.3.6.5. Filtración

Es la operación unitaria que se utiliza para separar partículas sólidas (insolubles) contenidas en fluidos (líquidos o gases), mediante el paso del fluido a través de una superficie con orificios de determinado tamaño (Martín et al., 2011: pp. 14-15).

- Medio Filtrante

Es uno de los elementos fundamentales en una filtración ya que es el que realiza la separación de los sólidos contenidos en el fluido, es importante porque garantiza el buen funcionamiento del proceso (Martín et al., 2011: p. 32).

#### 2.3.6.6. Elementos del filtro

- Piedra caliza

La piedra caliza está catalogada como un elemento importante dentro del tratamiento de aguas residuales, puesto que al poseer microporos muy separados pueden lograr retener mucha materia orgánica que no haya sido tratada en etapas principales dentro de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

*La caliza es una roca compuesta por lo menos del 50% de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), con porcentajes variables de impurezas, en su interpretación más amplia, el término incluye cualquier material calcáreo que contenga carbonato de calcio como mármol, creta, travertino, coral y marga. Cada uno de los cuales poseen propiedades físicas distintas, sin embargo, generalmente se considera que la caliza es una roca calcárea estratificada compuesta principalmente de mineral calcita, que por calcinación da la cal viva. (Guerrero, 2001, p. 4)*

- Piedra

La piedra juega un papel fundamental en lo que se refiere a tratamientos de aguas residuales en sistemas artesanales, logrando reducir o reteniendo los materiales de mayor tamaño que pueden ocasionar problemas posteriores en el sistema de tratamiento.

*La piedra es uno de los materiales que son menos contaminantes y que se ha usado a través de la historia de la arquitectura con éxito. Su uso como elemento de diseño y de construcción en muchas de las culturas de la humanidad denota cualidades de belleza y durabilidad, características que la hacen única en su área de obra edificada (Mendiola et al., 2014: p. 4 ).*

- Arena

La arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 mm. Una partícula individual dentro de este rango es llamada grano de arena (SCRIBD, 2021, párr. 1).

- Grava

Son piedras pequeñas que se obtiene de la fragmentación o desintegración de las rocas. Su tamaño esta entre 4,8mm y 70mm. Su principal y más importante función es aportar una mayor resistencia a la mezcla final (Coveña et al., 2020: p. 2).

- Carbón Activado

*El carbón activado es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito; es extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 1,500 metros cuadrados, por gramo de carbón. Es un término general que denomina a toda una gama de productos derivados de materiales carbonosos (Sevilla, 2011, p. 10).*

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo de la Investigación

La investigación que se utilizó fue de tipo aplicada, mediante el uso de elementos técnicos, experimentales y conceptuales para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, con el fin de mitigar el impacto ambiental producido por los elementos contaminantes de las aguas miel realizando un correcto manejo de las mismas (Cedron & Cribilleros, 2017: p. 17).

#### 3.2. Diseño de la Investigación

Se realizó el diseño experimental de un solo factor de tratamiento y para su análisis se utilizó el programa SPSS, el cual se basó en el análisis de regresión lineal estudiando la relación entre variables cuantitativas (Pérez, 2013, p. 15). El factor, número de tratamientos, variables de respuesta y réplicas se detallan en la Tabla 1-3.

**Tabla 1-3:** Factor, niveles y variables para el diseño experimental

<b>Factor de tratamiento</b>	<b>Número de tratamientos</b>	<b>Variable de respuesta</b>	<b>Réplicas</b>
Caudal	3	Nitrógeno total, Fósforo total, pH, DBO <sub>5</sub> , Sólidos totales, Color y Turbidez	3

Realizado por: Ortiz, L & Ortega, B, 2021

### 3.2.1. Tecnológico

#### 3.2.1.1. Localización del proyecto



**Figura 1-3.** Ubicación Finca Kilamupi Café

**Realizado por:** Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

La Finca Kilamupi Café se encuentra ubicada en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, en el Km 8 de la vía Macas-Puyo. Con una elevación de 1100 msnm y una temperatura que varía entre 16 - 26 °C, lugar donde se obtuvo la información para crear el diseño del sistema de tratamiento de las aguas miel.

#### 3.2.1.2. Población de estudio

En este caso la población de estudio fue el total de agua residual generada por Kilamupi Café. El muestreo de agua que se utilizó fue compuesto porque se mezclaron muestras individuales tomadas de los tres lavados que son parte del proceso de producción de café en esta empresa (Kilamupi, 2019, párr. 1).

#### 3.2.1.3. Técnicas de recolección de datos

En la primera etapa se obtuvo información de los procesos productivos de café, mediante una entrevista con el gerente de Kilamupi Café, el Sr. José Merino. La caracterización físico-química de las aguas miel, se realizó mediante la recolección de una muestra de agua compuesta, para posteriormente realizar su respectivo análisis, en el laboratorio de la Planta de tratamientos de agua del Gobierno Municipal del cantón Morona, ubicado en la parroquia



San Isidro. Para el análisis de laboratorio se utilizó el “Método Estandarizado para la Examinación de Agua y Aguas Residuales, 23ava. Edición, 2017”, mediante el uso de los métodos especificados en la Tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Parámetros de caracterización Físico - Química de las aguas miel.

PARÁMETRO	MÉTODO	CITA
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Standard Methods 5210-B	(Asociación Americana de Salud Pública et al 2017, p. 575-580)
Solidos Totales	Standard Methods 2540-B	(Asociación Americana de Salud Pública et al. 2017, p. 186-187)
Fosfatos (PO <sub>4</sub> )	Standard Methods 4500-P-D	(Asociación Americana de Salud Pública et al. 2017, p. 524-525)
Turbidez	Standard Methods 2130-B	(Asociación Americana de Salud Pública et al. 2017, p. 131-132)
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Standard Methods 4500-NO <sub>3</sub> -E	(Asociación Americana de Salud Pública et al. 2017, p. 490-491)
Potencial Hidrógeno (pH)	Standard Methods 4500-H+A Standard Methods 4500-H+B	(Asociación Americana de Salud Pública et al. 2017, p. 456-460)
Color	Standard Methods 2120-E	(Asociación Americana de Salud Pública et al. 2017, p. 123-124)

Realizado por: Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

#### 3.2.1.4. Análisis Estadístico

- Análisis Descriptivo

Para determinar si es que existen diferencias significativas entre los parámetros de interés y los caudales propuestos se realizó un análisis de varianzas (Anova). Cuando el valor de la probabilidad del estadístico de la prueba Anova es inferior al nivel de significancia ( $\alpha < 0,05$ ), se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_i$ ) (Ferreo y López 2020, p. 1).

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 \dots = \mu_k$$

$$H_i = \mu_1 \neq \mu_2 \dots \neq \mu_k$$

La validez del diseño experimental se realizó al comprobar el supuesto de normalidad de datos, mediante una gráfica de predichos vs residuos. El supuesto de interdependencia de datos se verificó con una gráfica de residuos y finalmente la homocedasticidad de datos se confirmó mediante la prueba estadística de Levene.

- **Análisis de Contraste**

Los valores obtenidos de la caracterización de aguas miel y del agua residual después de pasar por el sistema de filtración, fueron contrastados con los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce, especificado en la Tabla 9, Anexo 1, Libro VI del A.M. 097 A (Ministerio del Ambiente 2015, pp. 16-17), para poder realizar esta comparación se llevó a cabo un ajuste de conversión para los parámetros de Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y Fosfatos ( $\text{PO}_4$ ), tomando como referencia los valores de nitrógeno total y fósforo total respectivamente, las fórmulas de conversión se detallan a continuación en la Tabla 3-3.

**Tabla 3-3:** Fórmulas de conversión

Parámetros	Fórmula
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	$N = \text{NO}_3^- / 4,427$
Fosfatos ( $\text{PO}_4$ )	$P = \text{PO}_4 / 3,06$

**Fuente:** Hach 2020, p. 1; Hanna Instruments 2020, p. 1

**Realizado por:** Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

Adicionalmente, los parámetros que cumplieron las condiciones establecidas en el A.M 097-A, se evaluó la eficiencia del sistema de filtración con los caudales propuestos.

$$E = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100$$

**Ecuación 1-3:** Ecuación utilizada para determinar la eficiencia

Donde:

$E$ : eficiencia

$C_o$ : concentración Inicial

$C_f$ : concentración Final

- **Análisis Explicativo**

Se efectuó un análisis explicativo de todo el sistema de tratamiento, el cual detalla medidas,

materiales y variables del diseño de la planta de tratamientos de aguas residuales.

### 3.2.1.5. Ingeniería del proyecto

- Sistema de Filtración

La planta piloto estuvo conformada por un sistema de filtración, compuesto por un filtro elaborado en un tanque de 20 litros de capacidad.

El filtro fue elaborado con los siguientes materiales: piedra caliza, grava, arena y carbón activado. Para determinar el tamaño del material filtrante, el espesor del material y la velocidad de filtración se basó en literatura existente y se detallan en la Tabla 4-3.

**Tabla 4-3:** Características de diseño del sistema de filtración

MATERIAL DEL LECHO FILTRANTE	TAMAÑO DEL MATERIAL FILTRANTE Mm	ESPESOR DE LA CAPA Cm	VELOCIDAD DE FILTRACIÓN m/s
Piedra	>50	10	5
Grava	20-4	20-30	3,1
Arena	0,06-0,1	10	3,6
Piedra Caliza	19	5	5-7
Carbón activado	0,83-2,36	12	-

Fuente: Ordóñez y Pesantez 2017, p. 42

Realizado por: Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

El Caudal Teórico ( $Q_T$ ), se determinó con los valores del material del lecho filtrante limitante del sistema (grava), al tener la menor velocidad de filtración se consideró como caudal mínimo ( $Q_{Min}$ ), y con base en este caudal se propuso un caudal medio ( $Q_{Med}$ ) y un caudal máximo ( $Q_{Max}$ ).

Determinación del Caudal Mínimo:

$$Q_{Min} = V * A_T$$

**Ecuación 2-3:** Ecuación para determinar el caudal mínimo

Donde:

$Q_{Min}$ : caudal (L/s)

V: velocidad (m/s)

$A_T$ : área de tanque (m<sup>2</sup>)

El cálculo del caudal mínimo se determinó en base al área transversal del tanque de filtración de la planta piloto, con la siguiente fórmula:

$$A_{TD} = \frac{\pi D^2}{4}$$

**Ecuación 3-3:** Ecuación para determinar el área transversal del tanque

Donde:

$A_{TD}$ : área transversal del tanque ( $m^2$ )

D: diámetro del tanque (m)

Mientras que la velocidad de filtración se encuentra detallada en la Tabla 4-3; con esos datos se obtuvo el valor del caudal mínimo, que se muestra en la Tabla 5-3.

**Tabla 5-3:** Determinación del caudal mínimo

ETAPA	MATERIAL FILTRANTE DE REFERENCIA	VELOCIDAD DE FILTRACIÓN (M/S)	ÁREA DEL TANQUE ( $M^2$ )	CAUDAL MÍNIMO (L/S)
Filtro	Grava	3,1	0,07	0,22

Realizado por: Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

- Caudales propuestos para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Los niveles del caudal utilizados en la planta piloto se consideraron tres, los cuales se detallan a continuación en la Tabla 6-3.

**Tabla 6-3:** Caudales propuestos

CAUDAL	VALORES	UNIDADES
QMin	0,22	L/s
Qmed	0,5	L/s
QMax	1	L/s

Realizado por: (Ortiz, L.; Ortega, B. 2021)

- Dimensionamiento de los Tanques de Filtración

Para realizar el dimensionamiento de los Tanques de Filtración se calculó la velocidad de filtración con la siguiente fórmula:

$$w = \frac{Q_D}{A_{TD}}$$

**Ecuación 4-3:** Ecuación para determinar la velocidad de filtración

Donde:

w: velocidad de filtración (m/s)

$Q_D$ : caudal de salida de la planta piloto ( $m^3/s$ )

$A_{TD}$ : área transversal del tanque de la planta piloto ( $m^2$ )

Con el valor que se obtuvo anteriormente, se determinó el área del tanque de filtración para la Empresa Kilamupi Café, con la siguiente fórmula:

$$A_T = \frac{Q}{w}$$

**Ecuación 5-3:** Ecuación para determinar el área superficial

Donde:

$A_T$ : área superficial ( $m^2$ )

$Q$ : caudal de funcionamiento ( $m^3/s$ )

$w$ : velocidad de filtración ( $m/s$ )

El tiempo de retención hidráulica se determinó con la fórmula que se detalla a continuación:

$$TRH = \frac{A_T * H * p}{Q}$$

**Ecuación 6-3:** Ecuación para determinar el tiempo de retención hidráulica

Donde:

$A_T$ : área superficial ( $m^2$ )

$H$ : altura (m)

$p$ : porosidad del medio granular

$Q$ : caudal de funcionamiento ( $m^3/s$ )

Posteriormente se calculó el volumen necesario con la fórmula que se presenta a continuación:

$$V = Q * TRH$$

**Ecuación 7-3:** Ecuación para determinar el volumen del tanque

Donde:

$V$ : volumen del tanque ( $m^3$ )

$Q$ : caudal de funcionamiento ( $m^3/s$ )

$TRH$ : tiempo de retención hidráulica (s)

Además, se calculó la altura del tanque con la siguiente fórmula:

$$H = \frac{V}{A_T}$$

**Ecuación 8-3:** Ecuación para determinar la altura

Donde:

$H$ : altura del tanque(m)

$V$ : volumen del tanque ( $m^3$ )

$A_T$ : área superficial ( $m^2$ )

Para calcular el ancho del tanque de filtración, primero se calculó el coeficiente de costo mínimo con la fórmula que se muestra a continuación

$$Kc = \frac{2n}{n + 1}$$

**Ecuación 9-3:** Ecuación para determinar el coeficiente de costo mínimo

Donde:

$Kc$ : coeficiente de costo mínimo

n: número de filtros

$$af = \sqrt{\frac{A_T}{Kc}}$$

**Ecuación 10-3:** Ecuación para determinar el ancho del filtro

Donde:

af: ancho del filtro (m)

$A_T$ : área superficial ( $m^2$ )

Kc: coeficiente mínimo de costo (adimensional)

Para calcular la longitud del tanque de filtración, se utilizó los valores del volumen, ancho del filtro y la altura, con la fórmula que se muestra a continuación:

$$L = \frac{V}{B * H}$$

**Ecuación 11-3:** Ecuación para determinar la longitud del tanque

Donde:

L: longitud del tanque (m)

b: base del tanque (m)

H: altura del tanque(m)

V: volumen del tanque ( $m^3$ )

### 3.2.1.6. *Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria*

Los requerimientos necesarios para la elaboración de este proyecto se dividen en tres aspectos, el primero se especifica en la Tabla 7-3, donde se detalla los equipos que fueron utilizados para la caracterización de cada uno de los parámetros de interés.

**Tabla 7-3:** Requerimientos para análisis en laboratorio

<b>CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL AGUA</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>EQUIPOS</b>
Nitratos	Fotómetro
Fosfatos	Fotómetro
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Bench Estufa
Sólidos Totales	Universal
pH	pH metro
Turbidez	Fotómetro
Color	Fotómetro

Realizado por: Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

En la Tabla 8-3, se especifica los materiales que se utilizaron en la planta piloto de tratamiento de aguas miel.

**Tabla 8-3:** Requerimientos para la creación del diseño y análisis de datos

<b>DISEÑO</b>	
<b>USO</b>	<b>MATERIAL</b>
Material de medición	Flexómetro
Tanque de filtración	Tina de 20 L
Material filtrante	Piedra
Material filtrante	Grava
Material filtrante	Piedra caliza
Material filtrante	Carbón activado
Material filtrante	Arena
Diseño Experimental	SPSS

Realizado por: Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Análisis descriptivo

En la Tabla 1-4, se observó que los valores de la probabilidad del estadístico de prueba (Anova) son menores al nivel de significancia (0,05) por lo que se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se aceptó la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), es decir que existe diferencias significativas entre nuestros factores (caudal máximo, medio y mínimo) de estudio.

**Tabla 1-4:** Análisis de Varianza (ANOVA)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen	Variables dependientes	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Caudal	pH	3,360	2	1,680	744,842	0,000
	Color	222,000	2	111,000		0,000
	Turbidez	12617,389	2	5308,694	6488,943	0,000
	Fósforo Total corregido	2,872	2	1,436	2754,528	0,000
	Sólidos Totales corregidos	383,010	2	191,505	50,392	0,000
	Nitrógeno Total	8,63E-06	2	4,32E-06	1201,643	0,000
	Demanda Bioquímica de Oxígeno corregido	1,83E-12	2	9,17E-13	1577,019	0,000

Realizado por: Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

#### 4.1.1. Verificación de supuestos

Se verificó el supuesto de normalidad de datos, en donde se visualizó que los datos al seguir la línea de tendencia, mediante una gráfica de predichos vs residuos, están cumpliendo con este primer supuesto. Al mismo tiempo se verificó el supuesto de interdependencia de datos, mediante una gráfica de residuos, en donde se indicó que los datos se encuentran dispersos y al no seguir una tendencia, cumplen con el segundo supuesto.

Finalmente, se analizó el tercer supuesto de homocedasticidad de varianzas mediante la prueba estadística de Levene, en donde se acepta la hipótesis nula al tener valores mayores a 0,05 de



significancia, es decir que las varianzas son iguales. Los gráficos del supuesto de normalidad, interdependencia y homocedasticidad de datos se detallan dentro del Anexo D.

## 4.2. Análisis de Contraste

### 4.2.1. Caracterización de las Aguas Miel de Kilamupi Café

En la Tabla 2-4, se detalla los valores obtenidos para cada parámetro de estudio.

**Tabla 2-4:** Caracterización de las aguas miel de Kilamupi Café

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	VALORES
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	881,66
Fosfatos	SO <sub>4</sub>	mg/L	35,59
Potencial de Hidrógeno	Ph		3,8
Sólidos totales	ST	mg/L	4 086
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5	mg/L	5358,66
Color	Color real	Pt-Co	44
Turbidez	NTU	NTU	1150

Realizado por: Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

### 4.2.2. Ajuste de conversión

Una vez realizada la caracterización de las aguas miel, se realizó la conversión de unidades en los parámetros de Nitratos y Fosfatos, transformándolos a nitrógeno total y fósforo total respectivamente, para comparar los valores obtenidos con los límites máximos permisibles referentes de la Tabla 9, Anexo 1, Libro VI del A.M. 097-A, como se encuentra expresado la Tabla 3-4.

**Tabla 3-4:** Ajuste de conversión en la caracterización de las aguas miel

PARÁMETRO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	VALORES
Nitrógeno Total	50	199,15
Fósforo Total	10	11,63
Potencial de Hidrógeno	6 a 9	3,8
Sólidos totales	1 600	4 086
Demanda Bioquímica de Oxígeno	100	5358,66
Color	0	44
Turbidez	-	1150

Realizado por: Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

El agua residual (aguas miel) producto del procesamiento de Kilamupi Café, presentó altas concentraciones de nitrógeno total de 199,15 mg/L, valor que se encuentran fuera del rango que establece el límite máximo permisible, para el fósforo total, el valor obtenido sobrepasa los 10 mg/L correspondientes al límite máximo permisible con un valor de 11,63 mg/L, el pH se encuentra fuera del rango de 6-9, con un valor de 3,8. Para los sólidos totales, el valor obtenido fue de 4086 mg/L, es decir, sobrepasa el límite máximo permisible de 1600 mg/L. La Demanda Bioquímica de Oxígeno es la medición de la materia orgánica existente en el agua residual, el resultado de este parámetro fue elevado con respecto al límite máximo permisible, alcanzado los 5358,66 mg/L. La Norma establece que el límite máximo permisible para el color real debe ser inapreciable en dilución 1/20, es decir dar un valor de 0, sin embargo, el valor obtenido fue 44 Pt-Co, encontrándose fuera del límite máximo permisible. Finalmente, la turbidez obtuvo un valor de 1150 mg/L, resultado que se encuentra fuera del límite máximo permisible.

#### ***4.2.3. Análisis de la eficiencia del sistema de filtración***

Se evaluó la eficiencia del sistema de filtración con base en las concentraciones de los parámetros de estudios que se obtuvieron tanto en la caracterización de las aguas miel como en la de las aguas filtradas, considerándose estos valores como concentración inicial y final respectivamente.

Para la evaluación del sistema de filtración de la planta piloto, se establecieron tres caudales: caudal máximo (1 L/s), caudal medio (0,5 L/s) y caudal mínimo (0,22 L/s). Para cada parámetro de estudio se realizaron pruebas de laboratorio con el agua tratada, a fin de

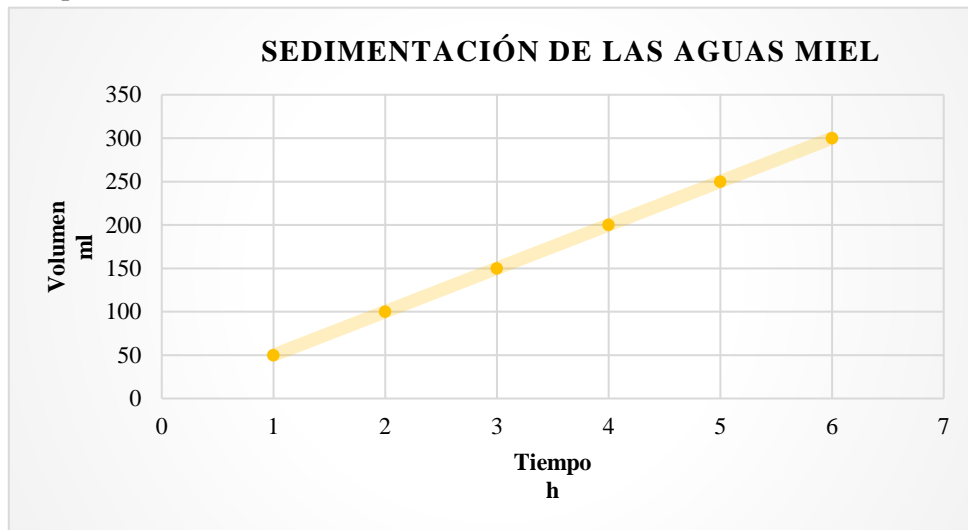
determinar la eficiencia del proceso.

**Tabla 4-4:** Comparación de la de los parámetros antes y después del sistema de filtración

PARÁMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
Nitrógeno Total (mg/L)	50	199,15	2,78
Fósforo Total (mg/L)	10	11,63	0,28
Potencial de Hidrógeno	6 a 9	3,8	7,58
Sólidos totales (mg/L)	1 600	4 086	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	100	5358,66	99
Color (Pt-Co)	0	44	0
Turbidez (NTU)	-	1150	26,83

Realizado por: Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

Después del tratamiento de las aguas residuales para un caudal de 0,5 L/s se obtuvieron los siguientes resultados 2,78 mg/L para el nitrógeno total, 0,28 mg/L para el fósforo total, 7,58 para el pH, 100 mg/L para los sólidos totales, 99 mg/L para la DBO<sub>5</sub>, 0 Pt-Co para el color real, y 26,83 NTU, para la turbidez, encontrándose todos los parámetros dentro de los límites máximos permisibles.



**Gráfico 1-4:** Tiempo de sedimentación con respecto al volumen sedimentado

Realizado por: Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

En el gráfico 1-4 se representa la curva de sedimentación de las aguas miel, para lo cual se utilizó 1 litro de agua residual en una probeta de 1000 ml, obteniendo así los siguientes

resultados: en 1 hora de monitoreo se sedimentó 50 ml de aguas miel, a las 2 horas sedimentó 100 ml, a las 3 horas sedimentó 150 ml, a las 4 horas sedimentó 200 ml, a las 5 horas sedimentó 250 ml, alcanzando su sedimentación máxima a las 6 horas con un total de 300 ml de aguas miel.

**Tabla 5-4: Eficiencia de los parámetros del agua después del tratamiento.**

<b>EFICIENCIA %</b>	
<b>PARÁMETROS</b>	<b>VALOR</b>
Nitrógeno Total	98,61
Fósforo Total	97,59
Potencial de Hidrógeno	99,47
Sólidos totales	97,55
Demanda Bioquímica de Oxígeno	98,15
Color	100
Turbidez	97,67

**Realizado por:** Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

En la Tabla 5-4, se puede visualizar la eficiencia que se obtuvo para cada uno de los parámetros de estudio después de pasar por el sistema de filtración a escala piloto.

### 4.3. Ingeniería del proyecto

#### 4.3.1. Sistema de Filtración

##### 4.3.1.1. Dimensionamiento del tanque de filtración

Para dimensionar los tanques de filtración se realizó un diseño experimental, con el objetivo de determinar cuál es el caudal óptimo para diseñar la PTAR, garantizando el soporte técnico del filtro.

- Cálculos del dimensionamiento para los tanques de filtración

Velocidad de Filtración

$$w = \frac{Q}{A_{TD}}$$

Donde:

w: velocidad de filtración (m/s)

Q: caudal salida de la planta piloto (caudal medio)

A<sub>TD</sub>: área transversal del tanque de la planta piloto (m<sup>2</sup>)

$$w = \frac{8,33 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{0,07 \text{ m}^2}$$

$$w = 1,14 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

**Ecuación 12-4:** Ecuación para el cálculo de la velocidad de filtración

Área superficial del tanque de filtración para la empresa Kilamupi café

$$A_T = \frac{Q}{W}$$

Donde:

$A_T$ : área superficial tanque ( $\text{m}^2$ )

$Q$ : caudal de funcionamiento ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$w$ ; velocidad de filtración ( $\text{m/s}$ )

$$A_T = \frac{0,00013 \text{ m}^3/\text{s}}{1,14 \times 10^{-4} \text{ m/s}}$$

$$A_T = 1,17 \text{ m}^2$$

**Ecuación 13-4:** Ecuación para el cálculo del área transversal del tanque

Tiempo de retención hidráulica

$$TRH = \frac{A_T * H * p}{Q_D}$$

Donde:

$A_T$ : área superficial del tanque ( $\text{m}^2$ )

$H$ : altura (m)

$p$ : porosidad del medio granular

$Q$ : caudal de salida de la planta piloto ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$$TRH = \frac{1,17 \text{ m}^2 * 0,82 \text{ m} * 0,0625}{8,33 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$TRH = 7200 \text{ s}$$

**Ecuación 14-4:** Ecuación para el cálculo del tiempo de retención hidráulica

Volumen

$$V = Q * TRH$$

Donde:

$V$ : volumen ( $\text{m}^3$ )

$Q$ : caudal de funcionamiento ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$TRH$ : tiempo de retención hidráulica (s)

$$V = 0,00013333 \text{ m}^3/\text{s} * 7200 \text{ s}$$

$$V = 0,96 \text{ m}^3$$

**Ecuación 15-4:** Ecuación para el cálculo del volumen del tanque

Altura

$$H = \frac{V}{A_T}$$

Donde:

H: altura (m)

V: volumen (m<sup>3</sup>)

A<sub>T</sub>: área superficial del tanque (m<sup>2</sup>)

$$H = \frac{0,96m^3}{1,17m^2}$$

$$H = 0,82 \text{ m}$$

**Ecuación 16-4:** Ecuación para el cálculo de la altura del tanque

Coefficiente de costo mínimo

$$Kc = \frac{2n}{n + 1}$$

Donde:

Kc: coeficiente de costo mínimo

n: número de filtros

$$Kc = \frac{2(1)}{1 + 1}$$

$$Kc = 1$$

**Ecuación 17-4:** Ecuación para el cálculo del coeficiente de costo mínimo

Ancho

$$af = \sqrt{\frac{A_T}{Kc}}$$

Donde:

af: ancho del filtro (m)

A<sub>T</sub>: área superficial del tanque (m<sup>2</sup>)

Kc: coeficiente mínimo de costo (adimensional)

$$af = \sqrt{\frac{1,17 \text{ m}^2}{1}}$$

$$af = 1,08 \text{ m}$$

**Ecuación 18-4:** Ecuación para el cálculo del ancho del filtro

Longitud

$$L = \frac{V}{B * H}$$

Donde:

L: longitud del tanque (m)

b: base del tanque (m)

H: altura del tanque(m)

V: volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

$$L = \frac{0,93m^3}{0,82m * 1,08m}$$
$$L = 1,05m$$

**Ecuación 19-4:** Ecuación para el cálculo de la longitud del tanque

**Tabla 6-4:** Dimensionamiento de la planta de tratamientos en Kilamupi Café

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidades
Velocidad de filtración	W	1,14x10 <sup>-4</sup>	m/s
Área transversal	A <sub>T</sub>	1,17	m <sup>2</sup>
Volumen	V	0.96	m <sup>3</sup>
Tiempo de retención Hidráulica	TRH	7200	S
Altura	H	0,82	M
Coefficiente de costo mínimo	Kc	1	Adimensional
Ancho	Af	1,08	m
Diámetro de la tubería	D	0,02	m
Espesor del lecho Filtrante	-	0,57	m
Longitud del tanque	L	1,05	m

Realizado por: Ortiz, L.; Ortega, B. 2021

#### 4.4. Discusión

Una vez establecida la línea base de las aguas miel de la finca Kilamupi Café, se cuantificó el parámetro potencial de hidrógeno (pH) con un valor de 3,8 siendo distinto al pH que deben tener las aguas naturales para mantener la vida acuática, que se encuentran en un rango de 6 a 9 (Fernández 2012, p. 13). Además, los parámetros de nitrógeno total y fósforo total, presentan concentraciones elevadas en este residuo, con valores de 199,15 mg/L y 11,63 mg/L respectivamente, que se encuentran fuera de los límites permisibles que establece la normativa. Fernández (2012, p. 18) indica que los aportes excesivos de estos dos parámetros pueden ocasionar fenómenos de eutrofización, en cuerpos de aguas dulce.

Inicialmente se consideró un tanque de sedimentación como tratamiento primario para la remoción de partículas más pesadas por acción de la fuerza de gravedad (Vallejos et al., 2008: p. 3), sin embargo, en la fase experimental se evidenció que la velocidad de sedimentación de las aguas miel es baja debido al tamaño de sus partículas, pues para un litro de agua residual, se sedimentó únicamente 300 ml en un periodo de 6 horas. Además, utilizando únicamente el sistema de filtración los parámetros cumplen con los objetivos propuestos, encontrándose dentro de los límites máximos permisibles; con un caudal de 0,5 L/s se obtuvieron valores de 2,78 mg/L para nitrógeno total, 0,28mg/L para fósforo total, 7,58 para pH, 100 mg/L para sólidos totales, 99 mg/L para la DBO<sub>5</sub>, 0 unidades de color Pt-Co para el color real y 26,83 NTU para la turbidez.

De acuerdo a investigaciones realizadas en Colombia, en la finca “Los Arrayanes”, con la aplicación de un humedal artificial de flujo vertical para el tratamiento de las aguas residuales de la producción cafetera, los resultados fueron 13,5 mg/L para el nitrógeno, 10,5 mg/L para el fósforo, y para el pH, el afluente subió de 3,69 a 6,52 (Ortíz y Montes, 2018: pp. 38, 53). Comparando los valores obtenidos por el humedal artificial de flujo vertical y el sistema de filtración utilizado en la presente investigación, el cual está compuesto por piedra caliza, grava, arena y carbón activado, se obtienen mejores resultados para el tratamiento de aguas residuales provenientes del café. Ratificando que los procesos físicos (secundarios) para la descontaminación de aguas residuales constituyen una opción viable.

Según Fernández (2019, p. 70) en su investigación para el tratamiento de aguas negras utilizando un biofiltro de bagazo de caña, piedra caliza, carbón activado, grava, arena y piedra pómez, logró reducir la DBO<sub>5</sub> de 175,7 mg/L a 132 mg/L, los sólitos totales de 254 mg/L a 201 mg/L y la turbidez de 52 NTU a 26 NTU. A través de estos estudios se evidencia la efectividad que tienen los materiales filtrantes utilizados en la presente investigación para el tratamiento de aguas residuales con contaminantes orgánicos.



## CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño de la planta de tratamientos de aguas miel para Kilamupi Café, para mitigar las afecciones ambientales y cumplir con los límites máximos permisibles como lo establece la Normativa Ambiental Vigente.
- Se realizó la caracterización físico-química de las aguas miel procedentes del lavado de café, considerando los parámetros de nitrógeno total, fósforo total, potencial de hidrógeno, sólidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, color y turbidez, obteniendo valores de 199,15 mg/L; 11,63mg/L; 3,8; 4086 mg/L; 5358,66 mg/L y 44 Pt-Co y 1150 NTU respectivamente, por lo cual éstas aguas evidencia un alta carga contaminante y no pueden ser descargadas sin previo tratamiento a un cuerpo de agua dulce.
- Se realizó la caracterización físico-química de las aguas miel pos-tratamiento. Las pruebas que se realizaron en la planta piloto con caudal de 0,5 L/s (caudal óptimo de tratamiento) obteniéndose valores que cumplen con la normativa ambiental vigente; 2,78 mg/L de nitrógeno total, 0,28 mg/L para el fósforo total, pH 7,58, 100 mg/L de sólidos totales, 99 mg/L de DBO<sub>5</sub> y para el color 0 Pt-Co, evidenciando el funcionamiento adecuado.
- Se determinaron las variables de diseño para el sistema de filtración de la planta de tratamientos de aguas residuales considerándose la velocidad de filtración de  $1,14 \times 10^{-4}$  m/s y el caudal de operación de 0,00013 m<sup>3</sup>/s. Determinando que Kilamupi Café para realizar un correcto manejo de sus desechos líquidos (aguas miel) necesita un tanque con un área transversal de 1,17 m<sup>2</sup>, que tenga una altura mínima de 0,82 m y de ancho 1,08 m, con un volumen de 0,93 m<sup>3</sup> y una longitud de 1,05 m.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar los análisis de laboratorio el mismo día que se toma las muestras de agua, ya que al estar compuesta por grandes concentraciones de materia orgánica y azúcares tiende a la fermentación alcohólica, lo que puede ocasionar alteraciones en los valores de los parámetros de interés.
- Se recomienda realizar un estudio estadístico sobre los productores artesanales de café que no realizan tratamiento de las aguas miel en la provincia de Morona Santiago, con la finalidad de levantar una línea base en este tema y poder llegar a ellos con nuestra propuesta.
- Se recomienda a los productores de café la implementación de este diseño propuesto, debido a que no representa altos costos de fabricación y mantenimiento.
- Se recomienda realizar proyectos productivos con los desechos sólidos del procesamiento del café, como por ejemplo abonos y fertilizantes orgánicos.
- Se recomienda a la finca Kilamupi Café la implementación del sistema propuesto, con la finalidad de que realicen una gestión sustentable al cumplir con un correcto manejo de las aguas miel generadas por el procesamiento de café.

## **GLOSARIO**

**Aguas residuales.** - Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.

**Caracterización de un agua residual.** - Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiables del agua residual, integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físico, químico, biológico y microbiológico.

**Impacto ambiental.** - Cambio o consecuencia al ambiente que resulta de una acción específica o proyecto.

**Planta de tratamiento.** - Conjunto de obras, facilidades y procesos en una planta de tratamiento de aguas residuales.

**PTAR.** - Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

**Q.** - Caudal de diseño

**QMax.** - Caudal máximo teórico

**Qmed.** - Caudal medio teórico

**QMin.** - Caudal mínimo teórico

**%.** - Porcentaje

**E:** Eficiencia

**Co:** Concentración Inicial

**Cf:** Concentración Final

**A<sub>T</sub>**: Área de tanque

**R**: Radio del tanque

**H**: Altura del tanque

**w**: velocidad de filtración

**V**: volumen filtrado

**t**: tiempo de filtración

**A.M. 097-A.** - Acuerdo Ministerial 097

**pH.** – Potencial de Hidrógeno

**PO<sub>4</sub>.** – Fosfatos

**NO<sub>3</sub>.** – Nitratos

**ST.** – Sólidos Totales

**DBO.** - Demanda Bioquímica de Oxígeno

**NTU.** - Nephelometric Turbidity Unit

**L.** - Litros

**L/s.** - Litros por segundo

**m.** - Metros

**mg/L.** - Miligramos por litro

**mm.** - Milímetros

**cm.** – Centímetros

## BIBLIOGRAFÍA

**ÁLVAREZ, J.; et al.** "Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales del beneficiado de café (Coffea arabica) implementado en la comunidad Carmen Pampa provincia Nor Yungas del Departamento de La Paz". Selva Andina Research Society, 2011, (Bolivia), (2), pp. 34-42. [Consulta: 25 noviembre 2020]. ISSN 2072-9294. Disponible en: <http://www.scielo.org/bo/pdf/jsars/v2n1/a05.pdf>

**ASOCIACIÓN AMERICANA DE SALUD PÚBLICA.; et al.** "Métodos estándar para examinación del agua y aguas residuales". Academia, [en línea], 2017, (United State of America), (23), pp. 1546. [Consulta: 18 noviembre 2020] Disponible en: [https://www.academia.edu/38769108/Standard\\_Methods\\_For\\_the\\_Examination\\_of\\_Water\\_and\\_Wastewater\\_23nd\\_edition](https://www.academia.edu/38769108/Standard_Methods_For_the_Examination_of_Water_and_Wastewater_23nd_edition).

**BOLAÑOS, J.; et al.** "Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)". Revista Tecnología en Marcha [en línea], 2017, (Costa Rica), (30), pp. 15. [Consulta: 15 diciembre 2020]. ISSN 0379-3982. DOI 10.18845/tm.v30i4.3408. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>.

**BURBANO, C.; et al.** *Análisis de la contaminación ambiental ocasionada por las aguas mieles, producto del beneficio húmedo del café, para la implementación de la NTC ISO 14001:2015* [blog]. Padlet, 2019. [Consulta: 20 octubre 2020]. Disponible en: <https://padlet.com/carlosburbano75/n3uou2orh2lb>.

**CEDRON, O., & CRIBILLEROS, A.** Diagnostico del sistema de aguas residuales en salaverry y propuesta de solución (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Privada Antenor Orrego, Ingeniería Civil, Perú. 2017. p 17. [Consulta: 2020-12-10]. Disponible en: [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3561/1/REP\\_ING.CIVIL\\_OLGA.CEDRÓN\\_ANA.CRIBILLEROS\\_DIAGNÓSTICO.SISTEMA.AGUAS.RESIDUALES.SALAVERRY.PROPUUESTA.SOLUCIÓN.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3561/1/REP_ING.CIVIL_OLGA.CEDRÓN_ANA.CRIBILLEROS_DIAGNÓSTICO.SISTEMA.AGUAS.RESIDUALES.SALAVERRY.PROPUUESTA.SOLUCIÓN.pdf).

**CORTÉS, Y.; et al.** "Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados". Produccion y Limpia [en línea], 2020, (Colombia) 15(1), pp. 93-110. [Consulta: 21 diciembre 2020]. ISSN 23230703. DOI 10.22507/PML.V15N1A7.

Disponible en:  
<http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/2333/210210509>.

**COVEÑA, A.; et al.** *Uso de la grava y su incidencia en la ingeniería civil* [blog]. *ResearchGate*, 2020. [Consulta: 14 noviembre 2020]. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/270075851\\_El\\_empleo\\_de\\_la\\_grava-cemento\\_en\\_los\\_firmes\\_de\\_carretera](https://www.researchgate.net/publication/270075851_El_empleo_de_la_grava-cemento_en_los_firmes_de_carretera).

**PÉREZ, J., & MERINO, M.** *Café* [blog]. Definición. De, 2012 [Consulta: 21 octubre 2020]. Disponible en: <https://definicion.de/cafe/>.

**DIPUTACIÓN DE BARCELONA.** *Contaminación ambiental debida a factores físicos* [blog]. Diputación de Barcelona, 2008. [Consulta: 24 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.diba.cat/es/web/salutpublica/contaminacio-per-factors-fisics>.

**FERNÁNDEZ, A.** "El agua: un recurso esencial". *Química Viva* [en línea], 2012, (Argentina), 11(3), pp. 147-170. [Consulta: 26 octubre 2020]. ISSN 1666-7948. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>.

**FERNÁNDEZ, C. & VÁZQUEZ, Y.** "Origen de los nitratos (NO<sub>3</sub>) y nitritos (NO<sub>2</sub>) y su influencia de la potabilidad de las aguas subterráneas". *Minería y Geología* [en línea], 2006, (Cuba), 2(3), pp. 10. [Consulta: 28 octubre 2020]. ISSN 0258 5979. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2235/223517652002.pdf>.

**FERNÁNDEZ, V.** *Diseño y construcción de un sanitario ecológico a través de un biofiltro de bagazo de caña para aguas negras en la finca ovina San Pablo de la parroquia rural Facundo Vela (Trabajo de titulación) (Ingeniería)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Riobamba-Ecuador). 2019. p. 70. [Consulta: 2020-12-10]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11136/1/236T0438.pdf>.

**FERREO, R. & LÓPEZ, J.** *Qué es el anova* [blog]. *Máxima Formación*, 2020. [Consulta: 27 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.maximaformacion.es/blog-dat/que-es-el-anova-de-una-via/>.

**GALINDO, X.** *Producción e industrialización de café soluble: Solubles instantaneos* (Trabajo de titulación) (Economía). Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 2011. p. 18. [Consulta:

2020-12-10]. Disponible en: <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/01/Galindo-Veliz-Xiomara-Raiza.pdf>.

**GOBIERNO DE NAVARA.** *Riesgos Por Agentes Contaminantes* [blog]. Instituto Navarro de Salud Laboral, 2010. [Consulta: 12 enero 2021]. Disponible en: <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/2EFDBE3F-EA49-4BDE-9CFB-7EEF169F4ECA/0/m2ud2.pdf>.

**GUERRERO, C.** *Rocas calizas: Formación, ciclo del carbonato, propiedades, aplicaciones, distribución y perspectivas en la Mixteca Oaxaqueña* [blog]. Temas De Ciencia Y Tecnología, 2011. [Consulta: 02 enero 2021]. Disponible en: <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/ensayo1t14R.pdf>.

**HACH.** *Cuál es el factor de conversión de NO<sub>3</sub>-N a NO<sub>3</sub>* [blog]. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: [https://essupport.hach.com/app/answers/answer\\_view/a\\_id/1026609/~/%E2%BFcu%E3%A11-es-el-factor-de-conversi%E3%B3n-de-de-no3-n-a-no3%3F-#:~:text=Para convertir unidades de Nitrógeno,dividir por el valor 4%2C427](https://essupport.hach.com/app/answers/answer_view/a_id/1026609/~/%E2%BFcu%E3%A11-es-el-factor-de-conversi%E3%B3n-de-de-no3-n-a-no3%3F-#:~:text=Para convertir unidades de Nitrógeno,dividir por el valor 4%2C427).

**HANNA INSTRUMENTS.** *Fósforo: comprender los diferentes tipos de fósforo métodos utilizados para medirlo.* HANNA Instruments [blog]. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.hannainst.es/blog/1504/Fósforo--Comprender-los-diferentes-tipos-de-f>.

**HONORES, K.** Propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión - Distrito de Huacho, provincia de Huaura, región Lima [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho-Perú. 2019. pp. 20-25. [Consulta: 2020-12-10]. Disponible en: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/4004/KEVIN BRANDO%2C HONORES PITMAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**HUAMAN, D.** Situación actual de las aguas residuales producto del beneficio del café (coffea arabica L.) sobre el medio ambiente en el Caserío barrio Nuevo, provincia de San Ignacio - Cajamarca [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque-Perú. 2018. p. 57. [Consulta: 2020-12-10]. Disponible en: [http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/8729/Huaman\\_Garcia\\_Diana\\_Marily.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/8729/Huaman_Garcia_Diana_Marily.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**INEN.** *Agua, Calidad del agua, Muestreo, Técnicas de muestreo* [blog]. INEN, 2018. [Consulta: 5 enero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/2C5dMyv>.

**KILAMUPI.** *Kulamupi café* [blog]. [Consulta: 13 noviembre 2020]. Disponible en: [https://merino-bleumink.com/nuestro\\_proceso/](https://merino-bleumink.com/nuestro_proceso/).

**LEÓN, L.; et al.** "Ecuador: producción de banano, café y cacao por zonas y su impacto económico 2013-2016". *Revista Científica UISRAEL*. [en línea], 2020, (Ecuador) 7(3), pp. 97-114. [Consulta: 13 noviembre 2020]. ISSN 1390-8545. DOI 10.35290/rcui.v7n3.2020.324. Disponible en: <https://revista.uisrael.edu.ec/index.php/rcui/article/view/324/171>

**LÓPEZ, D.** "Efecto del vertido directo de las aguas mieles en la calidad físico-química del agua de la Subcuenca del Río Jigüina, Jinotega". *Revista Científica de FAREM- Esteli*. [en línea], 2009, (Nicaragua) 1(1), pp. 12. [Consulta: 13 noviembre 2020]. ISSN 2305-5790. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/94854119.pdf>.

**LOZANO, W.** *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales* [blog]. ResearchGate, 2012. [Consulta: 13 enero 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/298354134\\_Diseño\\_de\\_Plantas\\_de\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas\\_Residuales](https://www.researchgate.net/publication/298354134_Diseño_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales).

**MARTÍN, I.; et al.** *Mecánica de fluidos: Operaciones separación sólido-fluido* [blog]. [Consulta: 15 enero 2021]. Disponible en: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/11/tema5\\_operaciones\\_separacion.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/11/tema5_operaciones_separacion.pdf).

**MENDIOLA, I.; et al.** "La piedra: elemento histórico y de calidad estética para un diseño arquitectónico sustentable". *Revista Legado de Arquitectura y Diseño* [en línea], 2011, () (15), p. 13. [Consulta: 15 enero 2021]. ISSN: 2007-3615. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4779/477947303011.pdf>.

**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA.** *Manual de buenas prácticas de manufactura en el beneficio Bio café oro de Tarrazú S.A* [blog]. [Consulta: 15 enero 2021]. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00205.pdf>.

**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA.** *Morona Santiago tiene 1.799*



*hectáreas de cultivos de café y cacao* [blog]. Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020. [Consulta: 21 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/morona-santiago-comercializa-mas-de-440-quintales-de-cafe-de-calidad/>.

**RO 387.** *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes*

**ORDÓÑEZ, J. & PESANTEZ, W.** La filtración gruesa , aplicada al tratamiento de aguas superficiales [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador. 2017. p. 42. [Consulta: 2021-02-10]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28488>.

**ORTÍZ, N. & MONTES, C.** Diseño preliminar de un sistema de tratamiento de aguas residuales de bajo impacto ambiental para una finca cafetera en el municipio de el Pital-Huila [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá-Colombia. 2018. pp. 38, 53 [Consulta: 2021-02-10]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/18018/MontesCamposCristian-OrtizSalazarNestor2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

**PEREVOCHTCHIKOVA, M.** "La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales". *Gestión y política pública* [en línea], 2013, (México) 22(283-312), pp. 30. [Consulta: 7 noviembre 2020]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-10792013000200001&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-10792013000200001&script=sci_arttext&tlng=pt).

**PÉREZ, E.** *Análisis estadístico multivariante de un conjunto de datos biológicos experimentales* [blog]. Granada, 2013. [Consulta: 7 noviembre 2020]. Disponible en: <http://masteres.ugr.es/moea/pages/curso201314/tfm1314/tfm-septiembre1314/memoriasterevaristoperezrial/>!

**PIRAGUA.** *Caracterización del agua* [blog]. Piragua, 2021. [Consulta: 5 enero 2021]. Disponible en: <https://www.piraguacorantioquia.com.co/piragua/caracterizacion-del-agua/#:~:text=Es el monitoreo de una,corriente y en sus riberas.>

**PROECUADOR.** *Análisis sectorial de café* [blog]. [Consulta: 21 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.proecuador.gob.ec/agroindustria-y-frutas-2-2/>.

**ROJAS, A.** "Calidad de vida, calidad ambiental y sustentabilidad como conceptos urbanos complementarios". *Revista Venezolana de Sociología y Antropología* [en línea], 2011, (Venezuela) 21(61), pp. 33. [Consulta: 21 febrero 2021]. ISSN: 0798-3069. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/705/70538663003.pdf>.

**RUGAMA, M. & MONSERRAT, R.** "Efecto vertido aguas mieles en calidad físico-química del agua microcuenca Rio Cuspire Yalí, Nicaragua". *Revista Científica de FAREM-Estelí* [en línea], 2016, (Nicaragua) (7), pp. 43-53. [Consulta: 21 febrero 2021]. ISSN 2305-5790. DOI 10.5377/farem.v0i7.2631. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/303036321\\_Efecto\\_vertido\\_aguas\\_mieles\\_en\\_calidad\\_fisico-quimica\\_del\\_agua\\_microcuenca\\_Rio\\_Cuspire\\_Yali\\_Nicaragua](https://www.researchgate.net/publication/303036321_Efecto_vertido_aguas_mieles_en_calidad_fisico-quimica_del_agua_microcuenca_Rio_Cuspire_Yali_Nicaragua).

**SAMBONI, N.; et al.** "Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua". *Ingeniería e Investigación* [en línea], 2007, (Colombia) 27(3), pp. 172-181. [Consulta: 21 febrero 2021]. ISSN 2248-8723. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v27n3/v27n3a19.pdf>.

**SÁNCHEZ, L. & VIÁFARA, C.** "Impacto de los sólidos suspendidos totales sobre la obstrucción en emisores de riego localizado de alta frecuencia". *Ingeniería Y Competitividad* [en línea], 2014, (Colombia) 16(2), pp. 199-210. [Consulta: 10 febrero 2021] ISSN 0123-3033. DOI 10.25100/iyv.v16i2.3695. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v16n2/v16n2a18.pdf>.

**SANCHEZ, M.** Contribución al estudio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) [en línea] (Trabajo de titulación) (Magíster). Universidad Autonoma de Nuevo Leon. Nuevo Leon-México. 1994. p. 12. [Consulta: 2020-11-23]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/7204/1/1020091184.PDF>.

**SANTO AMARO.** *Café lavado, café natura* [blog]. Santo Amaro, 2020. [Consulta: 24 octubre 2020]. Disponible en: <https://santoamaro.es/cafe-lavado-cafe-natural/#:~:text=El proceso lavado consiste en,hablaremos de él más adelante>.

**SCRIBD.** *Tipos de arena* [blog]. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/298075910/Tipos-de-arena-pdf>.

**TORRES, L.; et al.** "Caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas mieles del

beneficio del café". Revista ION [en línea], 2019, (Colombia) 32(2), pp. 8. [Consulta: 1 febrero 2021]. ISSN 2145-8480. DOI 10.18273/revion.v32n2-2019006. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/article/view/10619/10461>.

**TORRES, P.; et al.** "Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano". Revista Ingenierías Universidad de Medellín [en línea], 2009, (Colombia) 8(1692-3324), pp. 16. [Consulta: 21 octubre 2020]. ISSN 1692-3324. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>.

**TRUJILLO, D.; et al.** "Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano". Revista Ion [en línea], 2014, (Colombia) 27(1), pp. 17-34. [Consulta: 3 octubre 2020]. ISSN 0120-100X. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v27n1/v27n1a03.pdf>.

**U. SEVILLA.** *Manual Del Carbón Activo* [blog]. Sevilla, 2014. [Consulta: 26 octubre 2020]. Disponible en: [http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/10339/mod\\_resource/content/1/CARBoN ACTIVO DEFINITIVO tar.pdf](http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/10339/mod_resource/content/1/CARBoN%20ACTIVO%20DEFINITIVO%20tar.pdf).

**VALLEJOS, G.; et al.** "Estudio de la dinámica de sedimentación de lodos mediante un sistema óptico". Ingeniería [en línea], 2008, (México) 12(2), pp. 17-29. [Consulta: 20 octubre 2020]. ISSN 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46712202.pdf>.

**VÁSQUEZ, R.** "El manejo de efluentes en el beneficiado del café en Costa Rica". Agronomía costarricense [en línea], 2014, (Costa Rica) 21(1), pp. 69-76. [Consulta: 29 octubre 2020]. ISSN 0377-9424. Disponible en: [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v21n01\\_069.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n01_069.pdf).

**VÁZQUEZ, E. & ROJAS, T.** "*pH: Teoría y 232 problemas*". División de Ciencias Naturales e Ingeniería. [en línea], 2016, (México), p. 12. [Consulta: 29 octubre 2020]. ISBN 9786072806894. Disponible en: <http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/17pHTeoriayproblemas.pdf>.

**ZAMORA, J.** Calidad del agua de la quebrada el Tambo usando filtro de antracita, algodón, arena gruesa y caliza triturada [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Privada del Norte. Cajamarca-Perú. 2019. p. 68. [Consulta: 2020-11-28]. Disponible en: [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22280/Zamora Cubas Jherson Leonides.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22280/Zamora%20Cubas%20Jherson%20Leonides.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**ZUÑIGA, F.** Tratamiento de agua mieles (residuales) del procesamiento de café en húmedo, en el Fundo Halcon Negro - Chanchamayo [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María-Perú. 2005. pp. 18-19. [Consulta: 2020-11-28]. Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/442/T.CSA-5.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

## ANEXOS

### ANEXO A: CARTA DE COMPROMISO DE LA EMPRESA KILAMUPI CAFÉ



Macas, 28 de octubre del 2020

**Asunto:** Carta de compromiso

Por medio del presente, yo JOSÉ ANGEL MERINO VILLAREAL, con cédula de Identidad 140000228-1, Gerente de la Empresa Kilamupi Café con RUC, 1400002281001, me comprometo a:

Prestar durante los meses de octubre, noviembre, diciembre del presente año, enero, febrero y marzo del año 2021, nuestras instalaciones para que los estudiantes: Srta. LIZ DE LOURDES ORTIZ CONTRERAS y Sr. BORI JAVIER ORTEGA NARANJO, realicen su Proyecto de Integración Curricular con el Tema DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS MIEL DE KILAMUPI CAFÉ, además acompañar constantemente en el transcurso de este proceso y brindar asesoramiento en caso de ser necesario.

Sin más por el momento, agradezco de antemano la atención prestada, quedando pendiente para cualquier duda o aclaración que pudiera surgir.

Me despido de usted, con un afectuoso abrazo.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Merino', is written over a faint circular stamp.

JOSÉ MERINO

GERENTE

Dirección: Calle 24 de Mayo y Cuenca  
Telf. +593 7 25 25 147  
info@merino-bleumink.com  
MACAS-ECUADOR



## ANEXO B: ENTREVISTA A GERENTE DE KILAMUPI CAFÉ



### ENTREVISTA



**Fecha:** 25 de noviembre del 2020

**Nombre del entrevistado:** José Merino

**Cargo:** Gerente

**Empresa:** Kilamupi Café

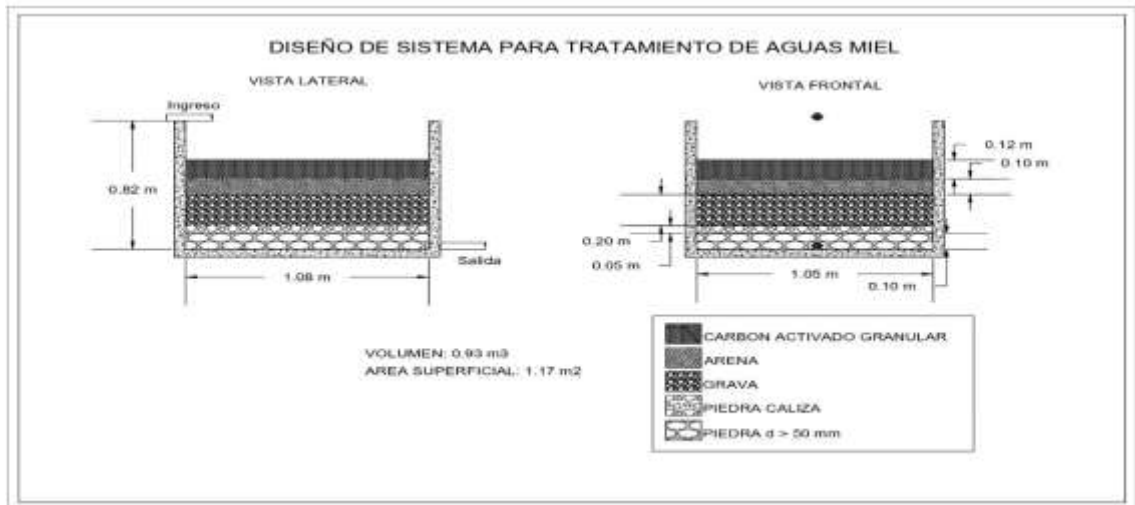
**Objetivo:** Conocer información sobre el proceso productivo del café, con el propósito de elaborar un diseño de una planta de tratamientos de agua miel.

**Preguntas:**

1. **¿Sabía usted que las aguas miel contienen carga contaminante para los recursos naturales?**  
SÍ..... NO: X
2. **¿Con que frecuencia realiza lavado de café?**  
Se realiza de 2 a 3 lavados al mes dependiendo de la producción, es decir no es un proceso continuo más bien lo realizamos una vez que recolectamos entre 60 a 70 kg de café.
3. **¿Cuántos lavados de café realiza en el proceso de producción?**  
Se puede realizar hasta 4 lavados, nosotros trabajamos normalmente con 3.
4. **¿Qué cantidad de agua utiliza por lavado?**  
Utilizamos tinas de 70 L para cada lavado.
5. **¿Cuál es el destino final de las aguas miel?**  
Desechamos estas aguas a una quebrada.
6. **¿Implementaría un tratamiento de aguas miel en su empresa?**  
SÍ: X NO....

FIRMA

## ANEXO C: PLANO DEL DISEÑO DE LA



## ANEXO D: CERTIFICADO DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS EN EL LABORATORIO



Gobierno Municipal  
del cantón Morona

Macas, 18 de febrero del 2021

La Ilustre Municipalidad del cantón Morona, la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado, Unidad de Platas de Agua

### CERTIFICA:

Que los estudiantes de la **Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago**, la Srta. Liz de Lourdes Ortiz Contreras y el Sr. Bori Javier Ortega Naraujo, que actualmente se encuentran realizando su trabajo de titulación, realizaron en el laboratorio de aguas de la PTAP de San Isidro los análisis físico químicos de los siguientes parámetros: nitratos, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno, pH, color y turbidez, de las muestras de aguas miel, en los meses de noviembre del año 2020 y enero del año 2021 vigente, con el apoyo profesional y técnico del laboratorista el Bqf. John Ortiz, siendo así que, los resultados obtenidos son confiables.

Para constancia firmamos los siguientes:



Firmado electrónicamente por:  
BAYRON KEVIN  
PARRA SAMANIEGO

Ing. Bayron Parra  
ESPECIALISTA DE PLANTAS  
DE AGUA 2



Firmado electrónicamente por:  
JOHN ALBERTO  
ORTIZ SIMBANA

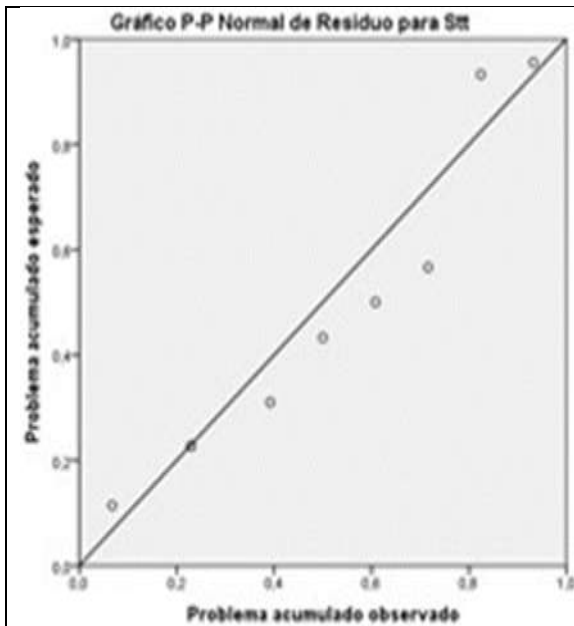
Bqf. John Ortiz  
ANALISTA DE LABORATORIO 2

Simón Bolívar, entre 24 de mayo y 9 de Octubre  
PBX: 593(07)2700143 – FAX: Ext. 1002  
E-mail: [mmorona@macas.gob.ec](mailto:mmorona@macas.gob.ec)  
[www.macas.gob.ec](http://www.macas.gob.ec)

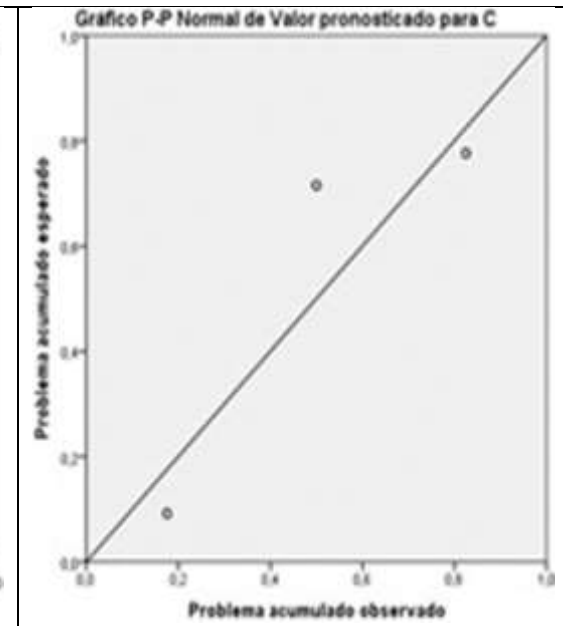


ANEXO E: VERIFICACIÓN DE LOS SUPUESTOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

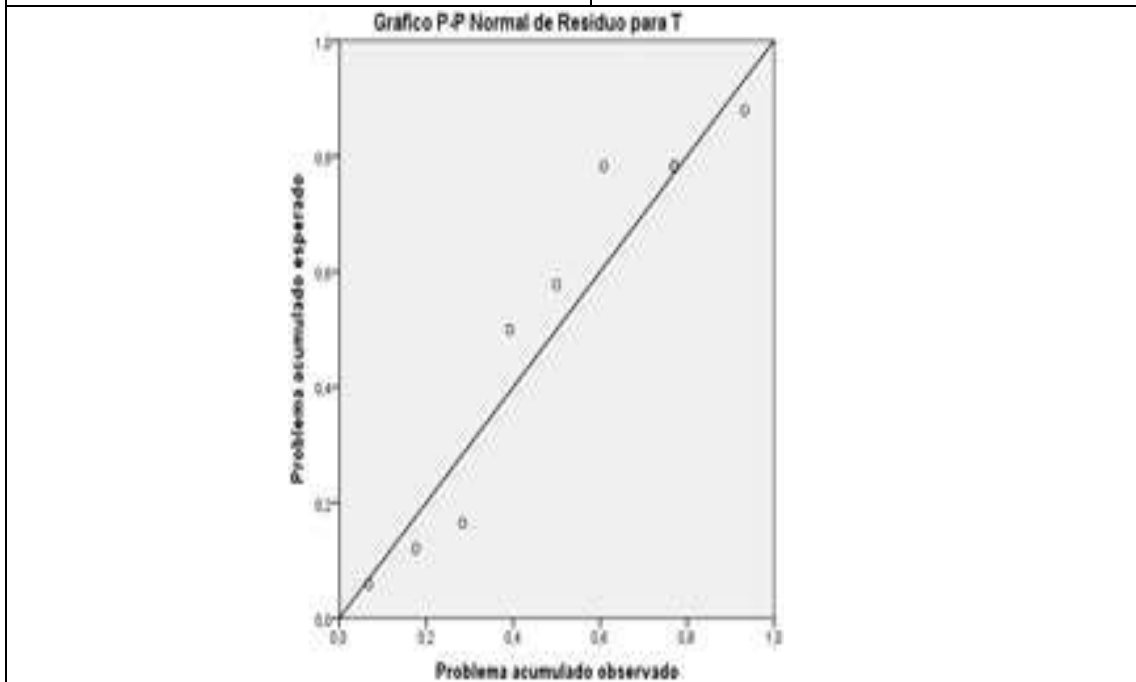
NORMALIDAD DE DATOS	
<p>Gráfico P-P Normal de Residuo para pH</p> <p>Este gráfico muestra la normalidad de los datos para el pH. El eje horizontal es 'Problema acumulado observado' y el eje vertical es 'Problema acumulado esperado', ambos con una escala de 0.0 a 1.0. Los puntos de datos se alinean muy estrechamente con la diagonal de referencia, lo que indica que los residuos siguen una distribución normal.</p>	<p>Gráfico P-P Normal de Residuo para Pt</p> <p>Este gráfico muestra la normalidad de los datos para el Fósforo Total (Pt). El eje horizontal es 'Problema acumulado observado' y el eje vertical es 'Problema acumulado esperado', ambos con una escala de 0.0 a 1.0. Los puntos de datos se alinean muy estrechamente con la diagonal de referencia, lo que indica que los residuos siguen una distribución normal.</p>
Normalidad de datos para el pH	Normalidad de datos para el Fósforo Total
<p>Gráfico P-P Normal de Residuo para Nt</p> <p>Este gráfico muestra la normalidad de los datos para el Nitrógeno Total (Nt). El eje horizontal es 'Problema acumulado observado' y el eje vertical es 'Problema acumulado esperado', ambos con una escala de 0.0 a 1.0. Los puntos de datos se alinean muy estrechamente con la diagonal de referencia, lo que indica que los residuos siguen una distribución normal.</p>	<p>Gráfico P-P Normal de Residuo para DBOt</p> <p>Este gráfico muestra la normalidad de los datos para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBOt). El eje horizontal es 'Problema acumulado observado' y el eje vertical es 'Problema acumulado esperado', ambos con una escala de 0.0 a 1.0. Los puntos de datos se alinean muy estrechamente con la diagonal de referencia, lo que indica que los residuos siguen una distribución normal.</p>
Normalidad de datos para el Nitrógeno Total	Normalidad de datos para la Demanda Bioquímica de Oxígeno



**Normalidad de datos para los Sólidos totales**

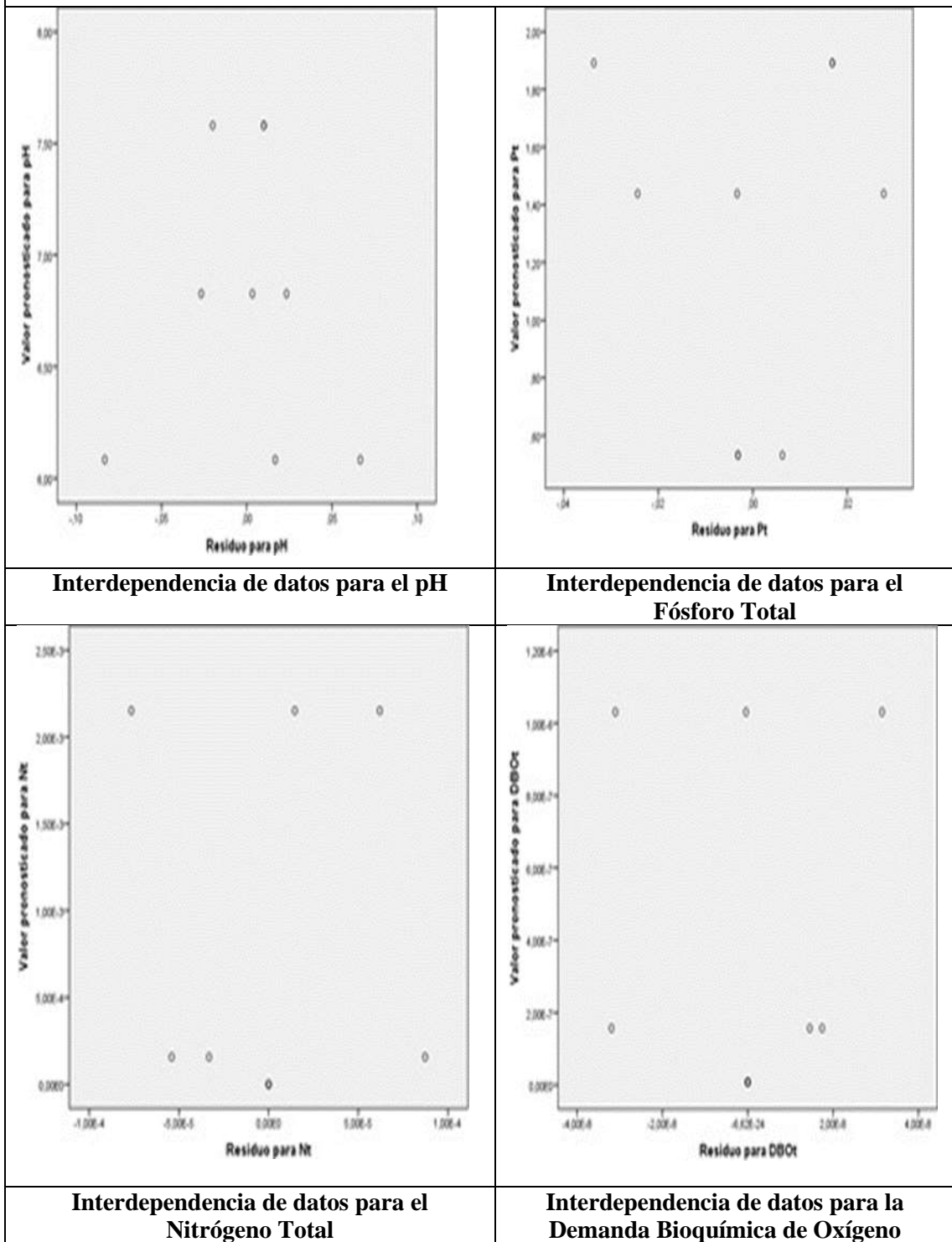


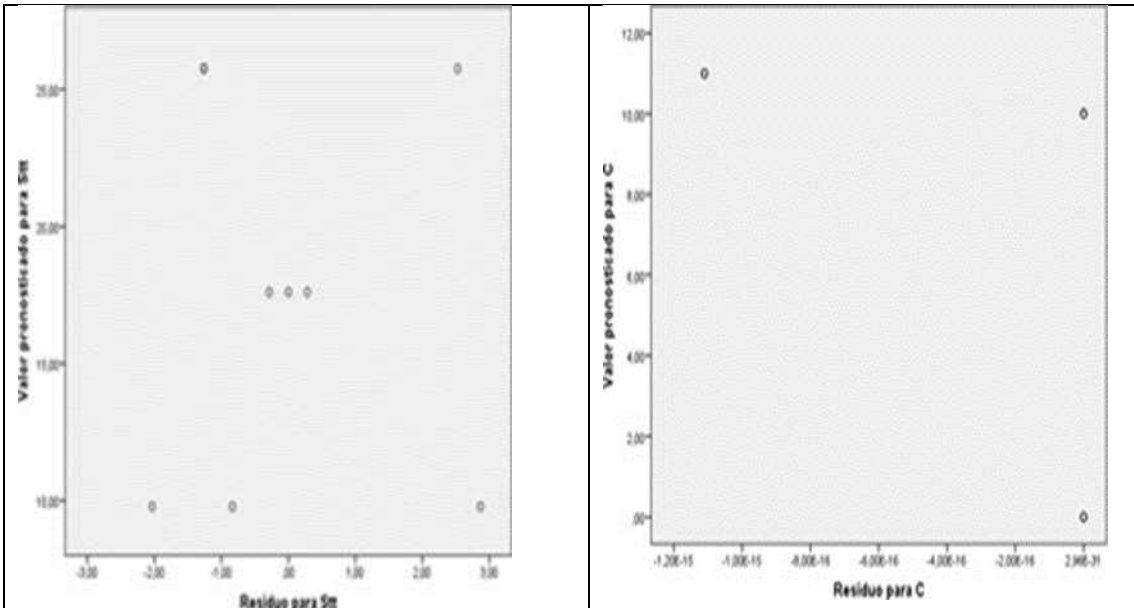
**Normalidad de datos para el color**



**Normalidad de datos para la Turbidez**

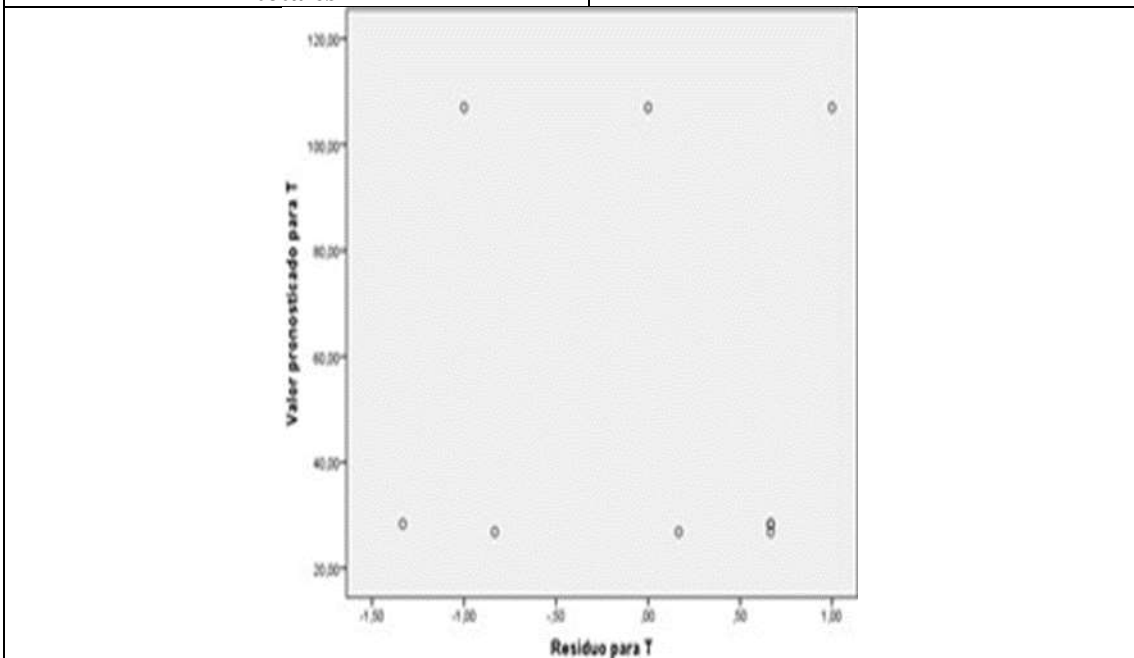
## INTERDEPENDENCIA DE DATOS





**Interdependencia de datos para los Sólidos totales**

**Interdependencia de datos para el color**



**Interdependencia de datos para la Turbidez**

## HOMOCEASTICIDAD O IGUALDAD DE VARIANZAS

### PRUEBA DE IGUALDAD DE LEVENE DE VARIANZAS DE ERROR

PARÁMETROS	F	DF1	DF2	SIG.
pH	3,469	2	6	0,1
Color		2	6	
Turbidez	0,431	2	6	0,669
Fósforo Total corregido	3,051	2	6	0,122
Sólidos Totales corregido	4,915	2	6	0,054
Nitrógeno Total corregido	5,055	2	6	0,052
Demanda Bioquímica de Oxígeno corregido	3,303	2	6	0,108

Realizado por: (Ortiz, L.; Ortega, B. 2021)

**ANEXO F: REGISTRO FOTOGRÁFICO**

<b>FINCA KILAMUPI CAFÉ</b>	
	
Propietarios de la Finca Kilamupi café	Reconocimiento de la producción de la empresa.
	
Despulpado del café	Lavado del café

## CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO



Materiales del Lecho Filtrante



Medición del espesor de las capas del Filtro



Lavado de los materiales del lecho filtrante



Retrolavado del filtro

**ANÁLISIS DE LABORATORIO**  
**Caracterización de aguas miel y Aguas filtradas**



Determinación del pH



Muestras de aguas filtradas para determinar sólidos totales



Diluciones para determinar el color aparente



Determinación de nitratos, fosfatos y turbidez mediante el fotómetro



**ANÁLISIS DE LABORATORIO**  
**Caracterización de aguas miel y Aguas filtradas**



Determinación de la Demanda Bioquímica de oxígeno



Prueba de Sedimentación de las aguas Miel



Muestras de aguas miel antes y después de ser filtradas



Muestras de aguas miel antes y después de ser filtradas

<C:\Users\claud\Downloads\Certificado documento final Liz Ortiz y Bori Orteg1.docx>