

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y**  
**AMBIENTAL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**DE JAÉN**

**“EVALUACIÓN DE LOS MACRONUTRIENTES DEL BIOL  
PRODUCIDO CON LOS MICROORGANISMOS  
EFICIENTES Y GARLAC® EN EL AGUA DEL BENEFICIO  
HÚMEDO DEL CAFÉ, CHIRINOS, SAN IGNACIO”.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

**Autor : Bach. Roger Espinoza Garcia.**

**Asesor : M.Cs. Jorge Antonio Delgado Soto.**

**JAÉN – PERÚ, DICIEMBRE, 2022**










A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Roger Espinoza Garcia'.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Jorge Antonio Delgado Soto'.

## Document Information

<b>Analyzed document</b>	Roger Espinoza Garcia-IFT-IFA.pdf (D142240662)
<b>Submitted</b>	2022-07-20 16:30:00
<b>Submitted by</b>	Repositorio Institucional - UNJ
<b>Submitter email</b>	repositorio@unj.edu.pe
<b>Similarity</b>	8%
<b>Analysis address</b>	repositoriounj.UNJ@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/eff8df2a-6cf4-4b6d-ae04-738885bf1bf6/content">https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/eff8df2a-6cf4-4b6d-ae04-738885bf1bf6/content</a> Fetched: 2022-07-20 16:31:00		<b>1</b>
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional de Jaén / Cordova_ZLF_Torres_CFG.pdf</b> Document Cordova_ZLF_Torres_CFG.pdf (D142214875) Submitted by: repositorio@unj.edu.pe Receiver: repositoriounj.UNJ@analysis.arkund.com		<b>14</b>
<b>SA</b>	<b>TESIS-YOJAN ZAMBRANO.docx</b> Document TESIS-YOJAN ZAMBRANO.docx (D107447299)		<b>1</b>
<b>SA</b>	<b>TESIS 24 03 2018.docx</b> Document TESIS 24 03 2018.docx (D36984929)		<b>1</b>
<b>SA</b>	<b>24-09-18 INFORME FINAL TESIS.docx</b> Document 24-09-18 INFORME FINAL TESIS.docx (D45031975)		<b>3</b>
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional de Jaén / Olmedo Lalangui Chinchay y Ronaldo Oblitas-PT-IFA.pdf</b> Document Olmedo Lalangui Chinchay y Ronaldo Oblitas-PT-IFA.pdf (D139465906) Submitted by: repositorio@unj.edu.pe Receiver: repositoriounj.UNJ@analysis.arkund.com		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.cenicafe.org/es/documents/2.pdf">https://www.cenicafe.org/es/documents/2.pdf</a> Fetched: 2022-07-20 16:31:00		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6105592.pdf">https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6105592.pdf</a> Fetched: 2022-07-20 16:31:00		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf">http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf</a> Fetched: 2022-07-20 16:31:00		<b>1</b>



## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 15 de diciembre del año 2022, siendo las 08.00 pm, se reunieron de manera virtual [meet.google.com/fkp-ubof-gyr](https://meet.google.com/fkp-ubof-gyr), los integrantes del Jurado:

**Presidente** : PhD. Wilfredo Ruiz Camacho

**Secretario** : Mg. Joseph Campos Ruiz

**Vocal** : Dr. Polito Michael Huayama Sopla, para evaluar la Sustentación del:

Informe de Plan de Trabajo de Investigación

informe Final de Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Titulado: “EVALUACIÓN DE LOS MACRONUTRIENTES DEL BIOL PRODUCIDO CON LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES Y GARLAC® EN EL AGUA DEL BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ, CHIRINOS, SAN IGNACIO”, presentado por el Bachiller Roger Espinoza García, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.**

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

Aprobar

Desaprobar

Unanimidad

Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( 16 ) |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( )    |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo las 09:05 pm del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmado su participación con la suscripción de la presente.

PhD Wilfredo Ruiz Camacho  
Presidente de Jurado Evaluador

Mg. Joseph Campos Ruiz  
Secretario de Jurado Evaluador

Dr. Polito Michael Huayama Sopla  
Vocal de Jurado Evaluador

# ÍNDICE

	<b>Pag.</b>
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	8
II. OBJETIVOS .....	11
2.1    Objetivo general.....	11
2.2    Objetivos específicos: .....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1    Ubicación geográfica del área de estudio. ....	12
3.2    Población .....	12
3.3    Muestra .....	13
3.4    Muestreo .....	13
3.5    Variables de estudio .....	13
3.5.1 Variable independiente .....	13
3.5.2 Variable dependiente.....	13
3.6    Método, técnica, procedimientos e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.6.1.    Método:.....	13
3.6.2.    Técnica.....	13
3.6.3.    Procedimientos: .....	14
IV. RESULTADOS .....	21
4.1    Determinación de los parámetros pH, conductividad eléctrica, nitrógeno como nitratos(N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), fósforo como fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ), potasio (K <sup>+</sup> ) del beneficio húmedo del café	21
4.2    Determinación de la concentración de nitrógeno como nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), fósforo como fosfato (P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ), potasio (K <sup>+</sup> ) en el biol producido, con microorganismos eficientes. ....	21

4.3	Determinación de la concentración de nitrógeno como nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), fósforo como fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ), potasio (K) en el biol producido, con el tratamiento Garlac®.....	22
4.4	Determinación de la mejor concentración de nitrógeno como nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), fósforo como fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ), potasio (K <sup>+</sup> ), en el biol producido, con el consorcio microorganismos eficientes y Garlac®.....	23
4.5	Determinación del mejor tratamiento para cada macronutriente .....	24
4.5.1.	Resultados de los tratamientos nitrógeno como nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ). .....	24
4.5.2.	Resultados de los tratamientos respecto a potasio.....	27
V.	DISCUSIÓN.....	29
VI.	CONCLUSIONES.....	34
VII.	RECOMENDACIONES .....	35
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
	DEDICATORIA.....	39
	AGRADECIMIENTO .....	40
	ANEXOS.....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

Pag.

<b>Tabla 1.</b> <i>Resultados de los ensayos de caracterización del ABHC</i> .....	21
<b>Tabla 2.</b> <i>Análisis de varianza para la variable nitrógeno como nitratos</i> .....	25
<b>Tabla 3.</b> <i>Agrupación mediante método Tukey para nitrógeno como nitratos</i> .....	25
<b>Tabla 4.</b> <i>Análisis de varianza para la variable fósforo como fosfatos</i> .....	26
<b>Tabla 5.</b> <i>Agrupación mediante método Tukey para fósforo como fosfatos</i> .....	27
<b>Tabla 6.</b> <i>Análisis de varianza para la variable potasio</i> ... ..	28
<b>Tabla 7.</b> <i>Agrupación de los resultados mediante método Tukey para potasio</i> .....	28

## INDICE DE FIGURAS

Pag.

<b>Figura 1.</b> <i>Plano topográfico del área de estudio</i> ... ..	12
<b>Figura 2.</b> <i>Diagrama de flujos del procedimiento</i> .....	14
<b>Figura 3.</b> <i>Recolección de agua del beneficio húmedo del café</i> .....	15
<b>Figura 4.</b> <i>Muestreo del agua proveniente del beneficio húmedo de café</i> .....	15
<b>Figura 5.</b> <i>Inóculo Garlac® activado</i> .....	18
<b>Figura 6.</b> <i>Microorganismos eficientes activados</i> ... ..	18
<b>Figura 7.</b> <i>Diseño del montaje de las unidades experimentales</i> .....	19
<b>Figura 8.</b> <i>Concentración de los nutrientes empleando microorganismos eficientes</i> .....	22
<b>Figura 9.</b> <i>Concentraciones de los nutrientes empleando Garlac®</i> ... ..	23
<b>Figura 10.</b> <i>Concentraciones de los nutrientes empleando microorganismos eficientes y Garlac®</i> .....	24
<b>Figura 11.</b> <i>Concentración de nitrógeno como nitrato de acuerdo a los tratamientos</i> .....	24
<b>Figura 12.</b> <i>Concentración de fósforo como fosfatos de acuerdo a los tratamientos</i> ... ..	26
<b>Figura 13.</b> <i>Concentración de potasio de acuerdo a los tratamientos</i> .....	27

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pag.
<b>Anexo 1.</b> Concentraciones de los nutrientes del biol producido con microorganismos eficientes.....	41
<b>Anexo 2.</b> Concentraciones de los nutrientes del biol producido con Garlac®.....	41
<b>Anexo 3.</b> Concentraciones de los nutrientes del biol producido con el consorcio de microorganismos eficientes y Garlac .....	41
<b>Anexo 4.</b> Concentración de nitrógeno como nitratos para los tratamientos investigados .....	42
<b>Anexo 5.</b> Concentración de fósforo como fosfatos para los tratamientos investigados. ...	42
<b>Anexo 6.</b> Concentración de potasio para los tratamientos investigados .....	42
<b>Anexo 7.</b> Adición y homogenización de ABHC y melaza .....	43
<b>Anexo 8.</b> Instalación de las unidades experimentales... ..	43
<b>Anexo 9.</b> Muestreo de caracterización de los bioles... ..	44
<b>Anexo 10.</b> Evaluación de caracterización de pH de las ABHC... ..	44
<b>Anexo 11.</b> Caracterización de conductividad eléctrica de las ABHC .....	45
<b>Anexo 12.</b> Equipo fotómetro para la medición de los parámetros investigados... ..	45
<b>Anexo 13.</b> Equipo para la medición de potasio .....	46
<b>Anexo 14.</b> Equipo para la medición de Nitrógeno como nitratos... ..	46
<b>Anexo 15.</b> Equipo para la medición de fósforo como fosfato .....	47
<b>Anexo 16.</b> Certificado del resultado de caracterización del ABHC... ..	48
<b>Anexo 17.</b> Certificado del análisis de los bioles producto del ABHC .....	49

## RESUMEN

Se realizó la investigación con el objetivo de evaluar la influencia de los microorganismos eficientes, el producto comercial Garlac® y la sinergia de ambos, en el aumento de la potencialidad de los macronutrientes nitrógeno como nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ), fósforo como fosfato ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ). Se planteó la hipótesis: existen diferencias significativas en las concentraciones de los macronutrientes presentes en el biol, producido con los microorganismos eficientes, Garlac® y la sinergia de ambos, empleando ABHC. Se utilizó el método inductivo deductivo y experimental. Los resultados para los tratamientos: T<sub>1</sub> (microorganismos eficientes) reportaron 3500 mg  $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$ , 2100 mg  $\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$  y 2033mg  $\text{K}^+/\text{L}$ , para T<sub>2</sub>(Garlac®) 3400 mg  $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$ , 1111.66 mg  $\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$  y 1800 mg  $\text{K}^+/\text{L}$  y para T<sub>3</sub> (microorganismos eficientes y Garlac®) 2400 mg  $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$ , 2166.66 mg  $\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$  y 2200 mg  $\text{K}^+/\text{L}$ . De la estadística inferencial, para el caso del  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$ . Se concluyó que es indistinto emplear microorganismo eficientes o Garlac®; sin embargo, para el  $\text{P-PO}_4^{3-}$ , los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> resultaron ser más eficientes.

Palabras clave: biol, microorganismos eficientes, macronutrientes



## ABSTRACT

The research was carried out with the objective of evaluating the influence of efficient microorganisms, the commercial product Garlac® and the synergy of both, in increasing the potentiality of the macronutrients nitrogen as nitrates ( $\text{N-NO}_3^-$ ), phosphorus as phosphate ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ) and potassium ( $\text{K}^+$ ). The hypothesis was raised: there are significant differences in the concentrations of the macronutrients present in the biol, produced with the efficient microorganisms, Garlac® and both using ABHC. The deductive and experimental inductive method was used. The results for the treatments: T<sub>1</sub> (efficient microorganisms) reported 3500 mg  $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$ , 2100 mg  $\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$  and 2033 mg  $\text{K}^+/\text{L}$ , for T<sub>2</sub> (Garlac®) 3400 mg  $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$ , 1111.66 mg  $\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$  and 1800 mg  $\text{K}^+/\text{L}$  and para T<sub>3</sub> (efficient microorganisms and Garlac®) 2400 mg  $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$ , 2166.66 mg  $\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$  and 2200 mg  $\text{K}^+/\text{L}$ . From inferential statistics, for the case of  $\text{N-NO}_3^-$  and  $\text{K}^+$ . It was concluded that it is indistinct to use efficient microorganisms or Garlac®; however, for  $\text{P-PO}_4^{3-}$ , treatments T<sub>2</sub> and T<sub>3</sub> turned out to be more efficient.

Keywords: biol, macronutrients, efficient microorganisms.

## I .INTRODUCCIÓN

La producción agrícola depende de la calidad y cantidad de fertilizantes sintéticos que se incorporen al suelo o a las hojas, el empleo excesivo en el suelo provoca salinidad y erosión, la restauración resulta en costos elevados. La producción de café es una de las actividades de agroexportación de gran relevancia dentro del ámbito nacional, produce empleo y sustento para muchas familias involucradas en los diferentes procesos (MIDAGRI, sf). Sin embargo, esta actividad produce aguas residuales, que debido a sus características causan problemas ambientales alterando el equilibrio de las fuentes hídricas (Vásquez *et al.*, 2010). Una alternativa al tratamiento de estas aguas, conocidas como aguas del beneficio húmedo del café (ABHC), es digerirlas anaeróticamente, empleando microorganismos eficientes, obteniendo como resultado biogás y biol (Perfect Daily Grind Español, 2020).

Balseca y Cabrera (2011) en su investigación desarrollada en Zamorano, Honduras, obtuvieron biogás y biol a partir de aguas producto del beneficio húmedo del café. Concluyeron que la producción de biol generada puede utilizarse como bio-fertilizante en las fincas cafetaleras, esto da un resultado económicamente importante pues reduce la compra y consumo de productos químicos hechos con petróleo, además esto reduce los costos de producción. Hoy en día el mercado de insumos alimenticios está teniendo una tendencia hacia lo orgánico y natural.

Granda y Martínez (2020) en la provincia de Jaén, Región Cajamarca, diseñaron un sistema de fermentación anaeróbica experimental a escala de laboratorio, utilizando aguas provenientes del beneficio húmedo del café, su objetivo fue obtener biogás como fuente energética y biol como fertilizante foliar, los resultados a 30 días, fueron 327.93 ml de biogás y 3 litros de biol. La caracterización fisicoquímica de la muestra de agua proveniente del beneficio húmedo del café dio los siguientes resultados: pH= 3.63, conductividad eléctrica (C.E.) = 203  $\mu$ S/cm, sólidos totales = 84334 ppm, sólidos suspendidos = 68.52 ppm, sólidos diluidos = 774.82 ppm, DBO = 10267.7 ppm.

Rueda (2015) evaluó el proceso de fermentación anaeróbica empleando un producto comercial similar al Garlac®, con el objetivo de producir biol: los insumos y sus

proporciones empleadas fueron: el B-lac®, melaza de caña de azúcar y la mezcla a base de agua proveniente del beneficio húmedo del café con estiércol de vacuno en las proporciones: 10%, 15% y 75% respectivamente, el proceso de incubación se llevó a cabo a una temperatura de incubados a 40°C, en un periodo de 30 días. La caracterización físico química del agua provenientes del beneficio húmedo del café dio los siguientes resultados: pH =4.4, C.E. 4.67= dS/m, M.O. 90%, N 1.54% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 2.39. La caracterización físico química del biol producido resultó: pH=3.5, C.E. =20.60 dS/m, M.O. en solución= 104.3, N total= 1780mg/L, P total = 262.56 mg/L y Ktotal= 4 142mg/L. Cabe señalar que la muestra de agua del beneficio húmedo del café fue obtenida del primer lavado del despulpado de café en el distrito de Chirinos, San Ignacio, Cajamarca, Perú. Todo el proceso de obtención del biol se llevó a cabo en la Universidad Agraria la Molina, Lima Perú

Rojas (2014) evaluó la calidad del biol obtenido mediante digestión anaerobia, la investigación se llevó a cabo en el laboratorio de la escuela profesional de ingeniería ambiental de la Universidad Agraria la Molina, Lima Perú. Diseñó un biodigestor, para la producción de biol empleó agua proveniente del beneficio húmedo del café, estiércol de vacuno, paja de trigo y solución de microorganismos eficientes. Experimento cuatro dosificaciones diferentes de microorganismo eficientes, en un periodo de 45 días. Los bioles producidos presentaron un nivel significativamente alto en la de germinación de semillas de lechuga, demostrando su potencialidad en nitrógeno, fósforo y potasio. Concluyendo que la aplicación de microorganismos eficientes en un biodigestor mejora la calidad del biol en la concentración de macronutrientes.

Cruz (2018) elaboró biol, a partir de desechos generados en el mercado mayorista y camal de Riobamba en Ecuador, utilizó consorcio de microorganismos eficientes como acelerador del proceso. Para tal efecto preparó tres inóculos; bacterias ácido lácticas, leche pura y suero de leche, preparando los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> respectivamente, las cuales se sometieron a un proceso de descomposición anaerobia, se monitoreó el pH y la temperatura donde se evaluó su efecto frente a un testigo T<sub>0</sub>. Los resultados se evaluaron estadísticamente mediante diseño de bloques completamente al azar, con análisis de varianza y separación de medias mediante la prueba Duncan. Determinando que el T<sub>3</sub> fue mejor en el contenido de fosfato (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), potasio (K<sup>+</sup>), Magnesio, fierro y materia orgánica en relación a los tratamientos T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, pero significativamente inferior en calcio. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en contenidos de nitrógeno. Demostrándose de esta manera que el

empleo de consorcios de microorganismos eficientes influye significativamente en la calidad nutricional del biol.

Valle (2016) evaluó el desempeño de microorganismos eficientes en la descomposición de aguas del beneficio húmedo del café. Para ello instalaron biodigestores y trabajaron con dosis de 0.0; 2.5; 5.0 y 10.0 litros de microorganismos eficientes en 100 litros de agua del beneficio húmedo del café. Los resultados demostraron que al incrementar la dosis de microorganismos eficientes se incrementa el contenido de fósforo, calcio, magnesio, la dureza y la acidez del agua miel.

La investigación se ejecutó en el área demostrativa de la cooperativa agraria cafetalera “La Prosperidad de Chirinos Ltda.”. Se determinó la concentración de macronutrientes presentes en el biol producido con aguas del beneficio húmedo del café, empleando dos consorcios: microorganismos eficientes y Garlac®.

El problema de investigación fue conocer la influencia de los microorganismos en el aumento de la potencialidad de los macronutrientes, comparar el uso de microorganismo eficientes y el producto comercial Garlac®. El trabajo se justificó porque las características fisicoquímicas del agua proveniente del beneficio húmedo del café son agresivas al ambiente y una alternativa sería transformarlas en biol, empleando microorganismos eficientes y Garlac®. El biol que se logra obtener presenta elevada concentración de macronutrientes nitrógeno como nitratos ( $N-NO_3^-$ ), fósforo como fosfatos ( $P-PO_4^{-3}$ ) y potasio ( $K^+$ ), de esta forma se reducirá el impacto generado por el uso de fertilizantes sintéticos empleados en la producción de café. El objetivo de la investigación fue evaluar los macronutrientes del biol producido con los microorganismos eficientes y Garlac® en el agua del beneficio húmedo del café.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar los macronutrientes del biol producido con los microorganismos eficientes y Garlac® en agua del beneficio húmedo del café, Chirinos, San Ignacio.

### 2.2 Objetivos específicos:

- Caracterizar los parámetros de pH, conductividad eléctrica, nitrógeno como nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ), fósforo como fosfato ( $\text{P-PO}_4^{-3}$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ) del agua de beneficio húmedo del café.
- Determinar la mejor concentración de nitrógeno como nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ), fósforo como fosfato ( $\text{P-PO}_4^{-3}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) en el biol producido, después del primer tratamiento con la cepa microorganismos eficientes y del segundo tratamiento con Garlac®.
- Determinar la mejor concentración de nitrógeno como nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ), fósforo como fosfato ( $\text{P-PO}_4^{-3}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) en el biol producido, después del tratamiento con el consorcio de las cepas microorganismos eficientes y Garlac®.

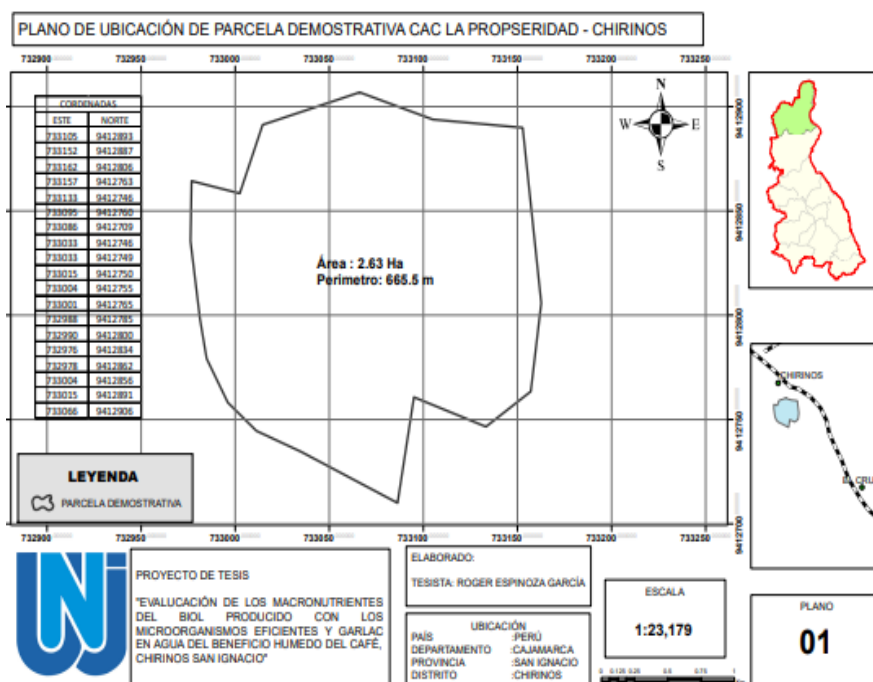
### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación geográfica del área de estudio.

La investigación se desarrolló en el área demostrativa de la cooperativa agraria cafetalera “La Prosperidad de Chirinos Ltda”, que se encuentra ubicada en el departamento Cajamarca, provincia de San Ignacio, distrito Chirinos.

**Figura 1**

*Plano topográfico del área de estudio.*



#### 3.2 Población

La población fue 2000 L de agua del beneficio húmedo del café (ABHC) producido después del despulpado, fermentación y separación del mucilago del grano de café, de la parcela demostrativa de propiedad de la cooperativa “La Prosperidad de Chirinos Ltda.”

### **3.3 Muestra**

La muestra fueron 180 litros ABHC, correspondiente al primer lavado.

### **3.4 Muestreo**

El muestreo del agua del ABHC, se realizó después de 12 horas de fermentación del despulpado de los cerezos de café. Las ABHC se recolectaron en envases de vidrio y rotularon para su traslado al laboratorio de análisis químico y microbiológico de suelos y aguas OIKOSLAB SAC, donde se realizó la caracterización de pH, CE,  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{P-PO}_4^{3-}$  y  $\text{K}^+$ .

### **3.5 Variables de estudio**

#### **3.5.1. Variable dependiente**

- mg/L de nitrógeno como nitrato (ppm  $\text{N-NO}_3^-$ )
- mg/L de fósforo como fosfato (ppm  $\text{P-PO}_4^{3-}$ ),
- mg/L de potasio (ppm  $\text{K}^+$ )

#### **3.5.2. Variable independiente**

- 1 L de Microorganismos eficientes
- 1 L de Garlac®

### **3.6 Método, técnica, procedimientos e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Método**

El método de esta investigación es de carácter inductivo deductivo, porque se estudiaron las muestras representativas (bioles) a fin de establecer inferencias validas a toda una población (Arias, 2020). Experimental, porque se realiza con un enfoque científico y de alcance explicativo, ya que evaluamos la causa del problemade investigación (Hernández, *et al.*, 2014).

#### **3.6.2. Técnica**

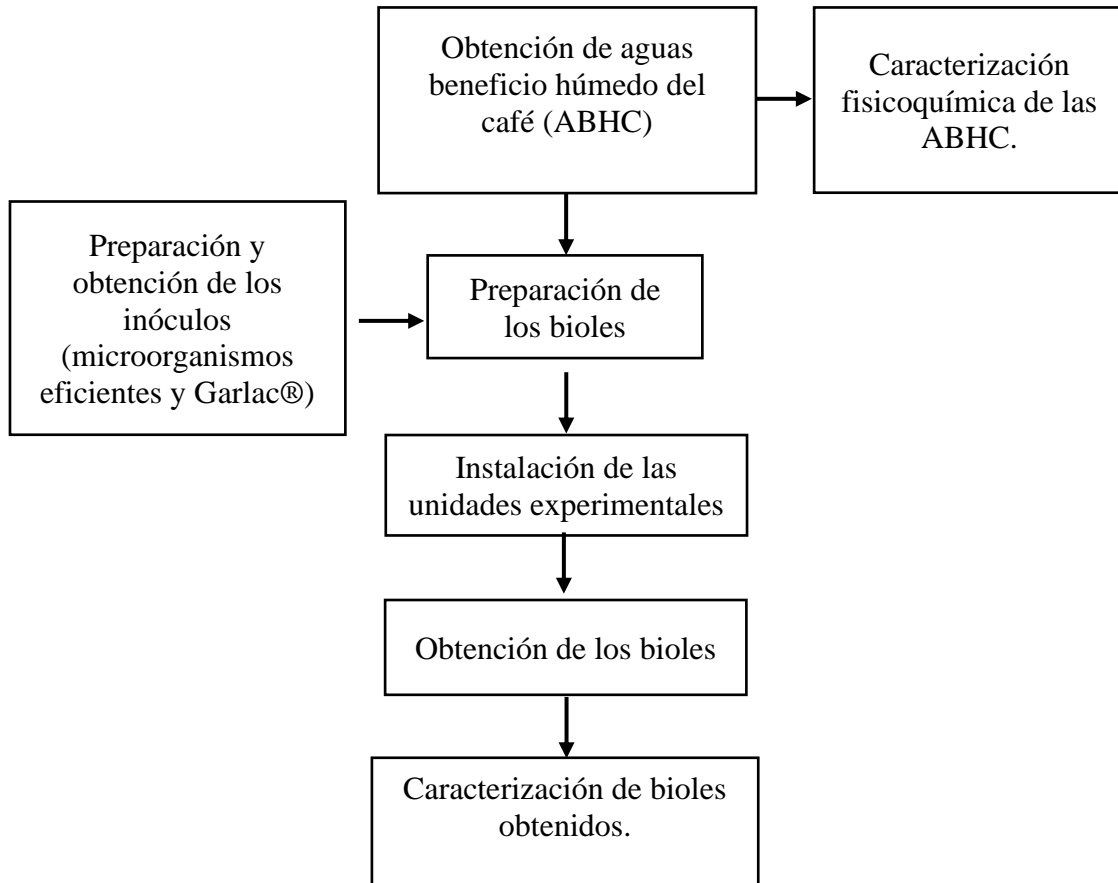
La técnica empleada fue el análisis fotométrico, empleando el equipo HANNA83225 que permite medir los nutrientes estudiados en las muestras de biol.

### 3.6.3. Procedimientos

Se desarrolló de acuerdo al siguiente diagrama de flujo.

**Figura 2**

*Diagrama de flujos del procedimiento.*





**a. Obtención del agua proveniente del beneficio húmedo del café (ABHC)**

El ABHC se obtuvo de la cooperativa agraria cafetalera “La Prosperidad de Chirinos Ltda.”

**Figura 3**

*Recolección de agua del beneficio húmedo del café*



**b. Muestreo del ABHC.**

El muestreo se llevó a cabo en dos frascos esterilizados de vidrio los cuales fueron transportados en cadena de frío el mismo día, al distrito de Jaén

**Figura 4**

*Muestreo del ABHC para su caracterización en el laboratorio.*



Los parámetros caracterizados del agua de beneficio húmedo fueron:

**Potencial de iones hidrógeno (pH):** La medición del pH se realizó empleando el equipo HANNA serie HI2550, previamente se calibró el electrodo con las soluciones HI7004 para pH4, HI7007 para pH7 y HI 7010 para pH10.

**Conductividad eléctrica (CE):** La medición de la conductividad eléctrica se realizó con el equipo conductímetro HANNA HI 99301, se calibró el electrodo con la solución HI7030 solución estándar 12880 $\mu$ S/cm.

**Nitrógeno como nitratos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):** La evaluación de nitrógeno como nitratos presentes en el agua del beneficio húmedo del café se realizó empleando el método fotométrico, usando el equipo HANNA83225. Los pasos a seguir fueron:

Se diluyo 1 ml de agua del beneficio húmedo de café en 10 mililitros de agua destilada. Se seleccionó el programa “Nitrato HR” del equipo HI 83225. Con una pipeta, se añadió a la cubeta 6 ml de la muestra, hasta la mitad de su altura y se coloca la tapa. Se colocó la cubeta en la celda de medición. Se pulsó ZERO. Al cabo de unos segundos el display mostró “-0.0-”, quedó listo para la medición. Se retiró la cubeta y se añadió el contenido de un de reactivo HI 93728, exclusivo para la determinación de nitrógeno como nitratos. Se colocó la tapa y agito vigorosamente durante exactamente 10 segundos. Se invirtió la cubeta suave y lentamente durante 50 segundos, teniendo cuidado de no inducir burbujas de aire. Se colocó nuevamente la cubeta en el equipo HI 83225, teniendo en cuenta de no agitarlo. Se pulsó TIMER y el display mostró la cuenta regresiva previa a la medición. Se pulsó READ DIRECT y el equipo mostró directamente la concentración en mg/L de nitrato y para convertir a nitrógeno como nitratos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) se multiplicó por el factor 4.43. Finalmente se multiplicó por el factor de dilución.

**Fósforo como fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>):** la evaluación de fósforo como fosfatos presentes en el agua del beneficio húmedo del café se realizó empleando el método fotométrico, empleando el equipo HANNA83225. Los pasos a seguir fueron los siguientes:

Se diluyo 1 mililitro de agua del beneficio húmedo de café en 10 mililitros de agua destilada. Se seleccionó el programa “Fósforo HR”. Se llenó una cubeta con 10 ml de muestra sin tratar y colocó la tapa. Se inserto la cubeta en la celda de medición y nos aseguramos que la muesca de la tapa coincida con la ranura, se pulsó ZERO y “ZIP” parpadeo en el display. Se esperó unos pocos segundos y el display mostró“-0.0-”. Quedando el equipó listo para medición. Se retiró la cubeta del equipo. Se Añadió 10 gotas de HI 93706A. reactivo Molibdato y el contenido de un paquete de HI 93706B reactivo B fósforo (Amino Acido) a la cubeta exclusivo para medición de fósforo como fosfato. Se colocó la tapa y se agitó suavemente hasta completar la disolución. Se insertó la cubeta en el instrumento. Se pulsó TIMER y el display mostró la cuenta regresiva previa a la medición. Se pulsó READ DIRECT y el equipo mostró directamente la concentración en mg/L de fósforo(P). Para convertir la lectura a mg/L de fosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ ), se multiplicó por un factor de 3,07. Finalmente se multiplicó por el factor de dilución.

**Potasio ( $\text{K}^+$ ):** la evaluación de potasio presente en el agua del beneficio húmedo del café se realizó empleando el método fotométrico, empleando el equipo HANNA 83225. Los pasos a seguir fueron los siguientes:

Se diluyo 1 mililitro de agua producto del beneficio húmedo de café en 10 mililitros de agua destilada. Se seleccionó el programa número 12 “Potasio HR”. Se llenó la cubeta con 10 ml de muestra. Se añadió 6 gotas de HI 93750A reactivo exclusivo para la medición de potasio. Se colocó la tapa y se agitó la solución. Se introdujo la cubeta en la celda de medición y se aseguró de que la muesca de la tapa coincida con la ranura. Se pulsó ZERO y al cabo de unos segundos y el equipo mostró “-0.0-” quedando listo para medición. Se retiró la cubeta y se añadió el contenido del reactivo HI 93750B exclusivo para la medición de potasio. Se colocó la tapa y se procedió a mezclar suavemente durante un minuto invirtiendo lentamente la cubeta. Se introdujo la cubeta en el instrumento. Se pulso TIMER y el equipo mostró la cuenta regresiva previa a la medición. Se pulsó READ DIRECT y el equipo mostró directamente la concentración en mg/L de potasio (K). Finalmente se multiplicó por el factor de dilución.

**c. Preparación y obtención de los inóculos**

Los consorcios fueron los microorganismos eficientes con los que trabaja la cooperativa en su planta de abonos orgánicos y un nuevo grupo de interés llamado Garlac® (microorganismos aerobios facultativos).

**Elaboración del inóculo a base de Garlac®:** para la obtención de este inóculo, se empleó la siguiente relación; 10% Garlac®, 5% melaza y 85% agua, dejándolo en un contenedor sellado herméticamente por un periodo de 15 días, esto ayudó a su activación. (Zurita, 2021).

**Figura 5**

*Inóculo Garlac® activado*



**Obtención de microorganismos eficientes:** se trabajó con microorganismos eficientes activados y cultivados en la planta de abonos orgánicos de la cooperativa antes mencionada, los que son empleados en la descomposición de materia orgánica para la elaboración de abonos Pachacushi (bocashi mejorado).

**Figura 6.**

*Microorganismos eficientes activado*



**d. Montaje de las unidades experimentales:**

Estuvieron conformadas por 9 unidades experimentales, instaladas en 9 bidones de 20 litros de capacidad; cada unidad estuvo conformado por 18 litros de aguas del beneficio húmedo del café, un litro de inóculo y un litro de melaza (Zurita, 2021), para las cuales se obtuvieron 162 litros de agua del beneficio húmedo de café, para ser distribuidas en las nueve unidades experimentales. Estas unidades experimentales se dividieron en tres tratamientos con tres repeticiones, como se observa en la siguiente figura.

## **Figura 7**

### *Diseño del montaje de las unidades experimentales*



El primer tratamiento estuvo conformado por 18 litros de aguas de beneficio húmedo del café, un litro de melaza y un litro del inoculo a base de microorganismos eficientes.

El segundo tratamiento estuvo conformado por 18 litros de aguas de beneficio húmedo del café, un litro de melaza y un litro del inoculo a base de Garlac®.

El tercer tratamiento estuvo conformado por 18 litros de aguas de beneficio húmedo del café, un litro de melaza y 0.5 litros del consorcio microorganismos eficientes y 0.5 litros Garlac®.

#### **e. Obtención de los bioles.**

Los bioles se obtuvieron mediante un proceso de fermentación anaeróbica durante un periodo de 30 días, de haber sido instalados los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

**f. Caracterización de los bioles producidos con aguas de beneficio húmedo de café.**

Los análisis de caracterización de los bioles fueron los siguientes:

- **Preparación de las muestras para medición de nitrógeno como nitrato, fósforo como fosfato y potasio:** la preparación de las muestras se realizó diluyendo 1 mililitro de biol en 10 mililitros de agua destilada.
- **Medición de nitrógeno como nitrato, fósforo como fosfatos y potasio:** esta medición se llevó acabo de acuerdo a los protocolos establecidos por el método fotocolorimetrico, siguiendo a detalle el manual de instrucciones del equipo HI83225 Fotómetro para análisis de nutrientes, los cuales ya fueron descritos anteriormente (caracterización de ABHC).

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Determinación de los parámetros pH, conductividad eléctrica, nitrógeno como nitratos(N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fósforo como fosfato (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), potasio (K<sup>+</sup>) del beneficio húmedo del café.

El análisis físico químico de la muestra proveniente de aguas del beneficio húmedo del café permitió obtener los siguientes resultados.

**Tabla 1**

*Resultados de los ensayos de caracterización del ABHC.*

Parámetro	Unidades	Resultados	Método
pH	pH	3,23	Potenciometría
Conductividad Electrica	μS/cm	3 460	Conductivimetría
Nitrógeno como nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	54.00	Fotocolorimetría
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	236.68	Fotocolorimetría
Fósforo como fosfatos (P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	885.5	Fotocolorimetría
Fósforo (P)	mg/L	116.20	Fotocolorimetría
Potasio (K <sup>+</sup> )	mg/L	600.00	Fotocolorimetría

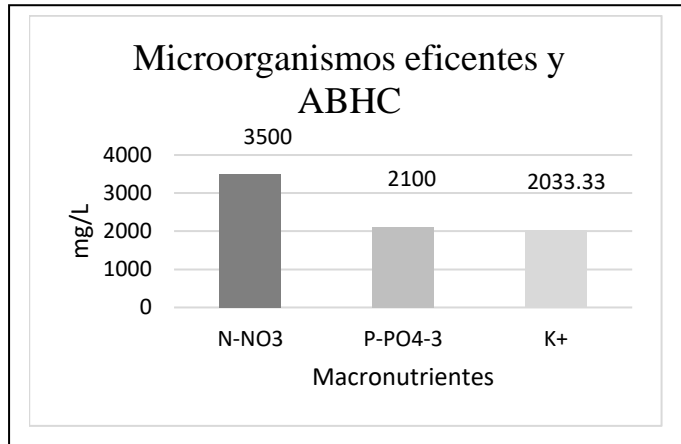
### 4.2 Determinación de la concentración de nitrógeno como nitratos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fósforo como fosfato (P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), potasio (K<sup>+</sup>) en el biol producido, con microorganismos eficientes.

Los resultados promedio para nitrógeno como nitratos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fósforo como fosfato (P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), potasio (K<sup>+</sup>) en el biol producido con microorganismos eficientes se muestran en la figura 8 y Anexo 1.



**Figura 8**

*Concentraciones de los nutrientes empleando microorganismos Eficientes*



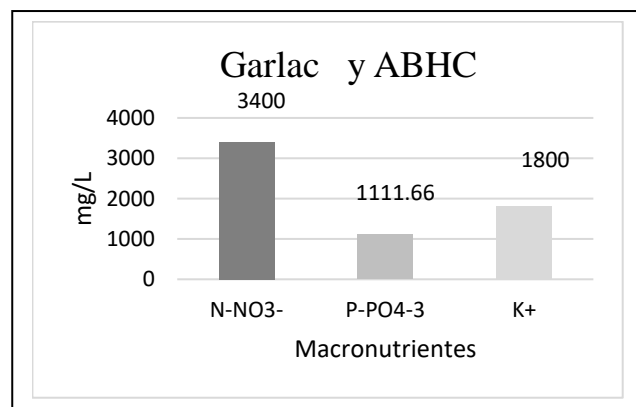
ABHC: Agua del beneficio húmedo del café, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrógeno como nitratos), P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> (Fósforo como fosfato) y K<sup>+</sup> (potasio) y mg/L (miligramos por cada litro)

#### **4.3 Determinación de la concentración de nitrógeno como nitratos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fósforo como fosfato (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), potasio (K) en el biol producido, con el tratamiento Garlac®.**

Los resultados promedio para nitrógeno como nitratos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fósforo como fosfato (P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), potasio (K<sup>+</sup>) en el biol producido con Garlac®, se muestran en la figura 9 y Anexo 2.

**Figura 9**

*Concentraciones de los nutrientes empleando Garlac®*



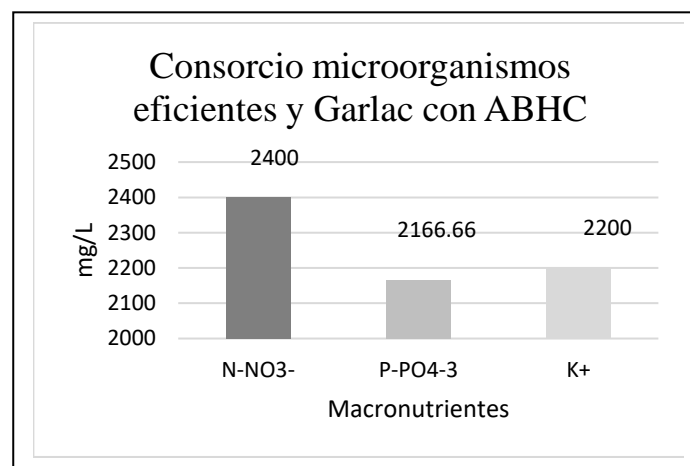
ABHC: Agua del beneficio húmedo del café, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrógeno como nitratos), P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> (Fósforo como fosfato) y K<sup>+</sup> (potasio) y mg/L (miligramos por cada litro)

#### 4.4 Determinación de la mejor concentración de nitrógeno como nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ), fósforo como fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), en el biol producido, con el consorcio microorganismos eficientes y Garlac®.

Los resultados promedio para nitrógeno como nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ), fósforo como fosfato ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) en el biol producido con el consorcio microorganismos eficientes y Garlac®, se muestran en la figura 10 y Anexo 3.

##### Figura 10

Concentraciones de los nutrientes empleando microorganismos eficientes y Garlac®



ABHC: Agua del beneficio húmedo del café,  $\text{N-NO}_3^-$  (Nitrógeno como nitratos),  $\text{P-PO}_4^{3-}$  (Fósforo como fosfato) y  $\text{K}^+$  (potasio) y mg/L (miligramos por cada litro)

#### 4.5 Determinación del mejor tratamiento para cada macronutriente

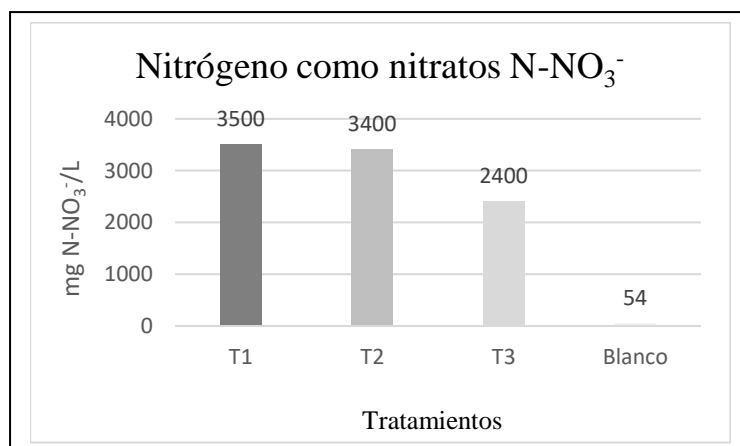
Para la constatación de la hipótesis analizamos el mejor tratamiento en cada macronutriente, mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia “p” igual a 0.05. Además, se hizo la prueba de Tukey, para determinar el mejor tratamiento.

#### 4.5.1. Resultados de los tratamientos nitrógeno como nitratos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Los resultados de nitrógeno como nitratos muestran la siguiente figura 11.

**Figura 11**

*Concentración de nitrógeno como nitrato de acuerdo a los tratamientos.*



Los resultados obtenidos en la estadística descriptiva se sometieron al análisis de varianza y a la prueba de hipótesis con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

**Tabla 2**

*Análisis de varianza para la variable nitrógeno como nitratos*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	2220000	1110000	3.47	0.100
Error	6	1920000	320000		
Total	8	4140000			

Como el valor de “p” de significancia es 0.100, por lo tanto, mayor a 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula, que manifiesta que todos los tratamientos son iguales para los resultados de nitrógeno como nitratos.

**Tabla 3**

*Agrupación mediante método Tukey para nitrógeno como nitratos*

Factor	N	Media	Agrupación
T <sub>1</sub>	3	3500	A
T <sub>2</sub>	3	3400	A
T <sub>3</sub>	3	2400	A

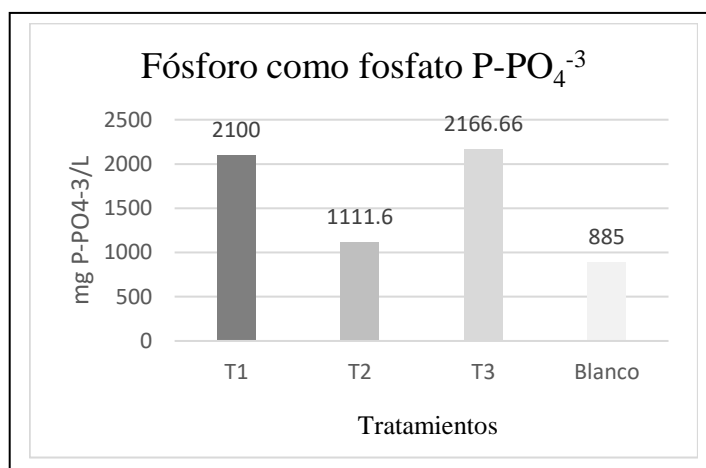
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Por lo que en este caso todos los tratamientos son iguales en cuanto a nitrógeno como nitratos.

#### 4.5.2. Resultados de los tratamientos fósforo como fosfatos (P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)

Los resultados de fósforo como fosfatos muestran la siguiente figura:

**Figura 12**

*Concentración de fósforo como fosfatos de acuerdo a los tratamientos.*



Los resultados obtenidos en la estadística descriptiva se sometieron al análisis de varianza y a la prueba de hipótesis con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , los que se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4***Análisis de varianza para la variable fósforo como fosfatos*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	2094272	1047136	59.00	0.000
Error	6	106483	17747		
Total	8	2200756			

Como el valor de “p” de significancia es 0.000, por lo tanto, menor que 0.05, entonces se acepta la hipótesis alterna, la cual manifiesta que al menos un tratamiento es diferente al resto respecto a los resultados de fósforo como fosfato.

**Tabla 5***Agrupación mediante método Tukey para fósforo como fosfatos.*

Factor	N	Media	Agrupación
T <sub>3</sub>	3	2166.7	A
T <sub>1</sub>	3	2100.0	A
T <sub>2</sub>	3	1111.7	B

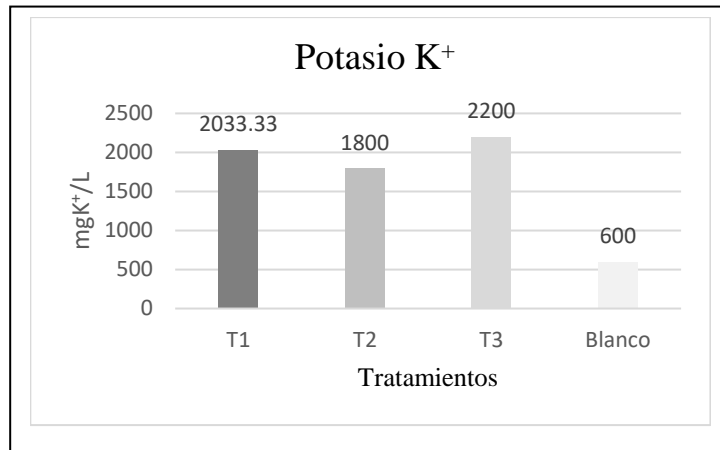
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Por lo que, para el caso de fósforo como fosfatos, observamos que destacan el tratamiento 1 y 3 sobre el tratamiento 2.

#### 4.5.3. Resultados de los tratamientos respecto a potasio.

Los resultados de potasio se muestran en la siguiente figura.

**Figura 13**

*Concentración de potasio de acuerdo a los tratamientos.*



Los resultados obtenidos en la estadística descriptiva se sometieron al análisis de varianza y a la prueba de hipótesis con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

**Tabla 6**

*Análisis de varianza para la variable potasio.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	242222	121111	0.84	0.477
Error	6	866667	144444		
Total	8	1108889			

Como el valor de “p” de significancia es 0.477, por lo tanto, es mayor a 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula, que manifiesta que todos los tratamientos son iguales para los resultados de potasio.

**Tabla 7**

*Agrupación mediante método Tukey para potasio.*

Factor	N	Media	Agrupación
T <sub>3</sub>	3	2200	A
T <sub>1</sub>	3	2033	A
T <sub>2</sub>	3	1800.0	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Por lo que en este caso todos los tratamientos son iguales en cuanto a potasio.

## V. DISCUSIÓN

El resultado del pH reportado en la investigación fue 3.23, este valor es cercano con los mencionados por Brenes (2006) pH=3.5, Torres, *et al.*, (2019) quienes reportaron valores de pH a 24 y 14 horas de fermentación de 4.025 y 3.99 y Carrero, *et al.* (2019) pH=3.3. Por lo que afirmamos que el agua del beneficio húmedo del café es particularmente ácida. López, *et al.* (1989), citado por Puerta y Ríos (2011) señalan que esta acidez se debe a la presencia de los ácidos volátiles como el acético, otros ácidos como el málico, láctico, cítrico, succínico y otros compuestos. Reportaron contenidos de ácido galacturónico, málico, láctico, cítrico y propiónico en soluciones obtenidas con café recién despulpado y encontraron variaciones de la concentración de estos ácidos durante la fermentación. (p.35).

La caracterización fisicoquímica del ABHC en la investigación fue 3,460  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Torres, *et al.* (2019), reportaron valores de conductividad eléctrica de 3,030 y 1,990  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para periodos fermentativo de 24 horas y 14 horas, Carrero, *et al.* (2019) reportaron 1,376  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los primeros autores difieren 430  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el segundo 2,080  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respecto al valor encontrado en la investigación. La diferencia de conductividades eléctricas se debe a que las ABHC son heterogéneas en su composición química, debido a la diferencia de variedades de café que existen, a la temperatura la cual influye en la fermentación y a la presencia de ácidos orgánicos, entre ellos el ácido acético mencionado por López, *et al.* (1989) citado por Puerta y Ríos (2011). La hidrólisis básica del ácido acético produce el anión acetato ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ), especie química que se comporta como radical libre y forman sales orgánicas, las cuales incrementan la conductividad eléctrica, debido a la presencia de cationes propios del mucilago, que se encuentran en el ABHC citados por Valle (2016) como el  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$  y  $\text{Fe}^{+3}$ .

La caracterización del ABHC respecto al nitrógeno como nitrato fue 54 mg/L (equivalente a 238.68 mg  $\text{NO}_3^-/\text{L}$ ). Este valor difiere de los obtenidos por Torres, *et al.* (2019) quienes reportan para el nitrógeno total 135 y 65 mg/L para fermentaciones a las



24 horas y 14 horas respectivamente. Valle (2016) reportó 13,200 mg/L de nitrógeno total (p.6). Del Real e Islas (2010) reportaron valores de 1,848 mg/L de nitrógeno como nitrato y 8,624 mg/L de nitrógeno total respectivamente. (p.233). Los diferentes valores en nitratos, se deben a la riqueza heterogénea de compuestos orgánicos en forma de sólidos suspendidos existentes en el ABHC presentes en el mucilago, las que contribuyen con nitrógeno, favorecidos por la acción de bacterias lácticas del tipo *Lactobacillus* y *Streptococcus*, levaduras del género *Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Candida* y *Rhodotorula* y enzimas que actúan degradando azúcares y sustancias pécticas, produciendo una fermentación natural.

La caracterización del fósforo como fosfatos en el ABHC de la investigación, fue de 885.5 mg/L (equivalente a 289.37 mg P/L). Torres, *et al* (2019) reportaron valores de para el fósforo soluble 15.15 y 7.55 mg/L, para fermentaciones a las 24 horas y 14 horas respectivamente. Valle (2016) reportó 116.20 mg/L de fósforo (p.16). Los valores de bajos de fósforo se deben al pH ácido, de esta forma no se encuentra soluble en el ABHC.

La caracterización del  $K^+$  en la investigación reportó 600 mg K/L. Valle (2016) reporta valores de 1209 mg  $K^+$ /L. Esta variación se debe al pH, el resultado reportado por Valle corresponde a un pH de 4.88 (p.22), mayor al reportado en nuestra investigación, en estas condiciones existe la presencia de elementos alcalinos y alcalinos térreos. Puerta y Ríos (2011) señala que el mucílago del café presentó 11 600 mg  $K^+$ /L, el mucilago es componente del agua miel, forman los sólidos suspendidos. La diferencia se debe que el ensayo fue realizado en las cenizas, a diferencia de nuestra investigación que analizamos directamente del ABHC.

Para el nitrógeno como nitrato, el T<sub>1</sub> fue el mejor, reportó 3500 mg/L, los microorganismos eficientes, incrementaron la concentración del parámetro referido. Al respecto, Aguilar (2022) reportó 9500 mg N/L para biol producido con pulpa de café y estiércol de vacuno y 14600 para biol producido con pulpa de café y estiércol de cuy. Los valores difieren porque se expresaron en nitrógeno elemental.

El incremento de la concentración de nitrógeno como nitrato en el biol empleando microorganismos eficientes y Garlac®, se debe a que los consorcios de microorganismos influyen beneficiosamente (Gupta, 2012). Al respecto podemos manifestar que los consorcios ayudarían en la síntesis y transformación química de los

macronutrientes del agua residual, incrementando la concentración de los macronutrientes en el biol.

Para el fósforo como fosfatos, el T<sub>1</sub> presentó el mayor valor el cual fue 2100 mg/L. Este valor difiere del mencionado por Aguilar (2022) quien señala 0.71% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (equivalente a 9517 mg P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/L) para biol producido con pulpa de café y estiércol de vacuno y 0.88% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (equivalente a 11795.7 mg P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/L) para biol producido con pulpa de café y estiércol de cuy. Los valores citados, fueron mayores debido a la incorporación de estiércol vacuno y cuy. Figueroa, *et al.*, (2010) reportaron para el estiércol de cuy 0.54% P (equivalente a 16578 mg P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/Kg de estiércol) y estiércol de cuy que posee una riqueza en fósforo de 0.25% de P (equivalente a 7675 mg P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/Kg de estiércol).

El empleo de microorganismos eficientes favorece el incremento de la concentración de fósforo (Valle 2016). Los microorganismos eficientes, facilitan la formación de sustancias húmicas, a partir de la fermentación o descomposición de la materia orgánica. Las sustancias que se forman son las húmicas, los ácidos fúlvicos y los ácidos húmicos, físicamente son coloides oscuros, ácidos, de color oscuro y de elevada masa molar. Debido a su gran tamaño, poseen mayor concentración de macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio.

El valor promedio de potasio obtenido del biol fue 2033.33 mg/L, este valor difiere de los valores mencionados por Aguilar (2022) quien señala 2.11% de K<sub>2</sub>O (equivalente a 17508.11 mg K/L) para biol producido con pulpa de café y estiércol de vacuno y 2.24% K<sub>2</sub>O (equivalente a 18587.23 mg K/L) para biol producido con pulpa de café y estiércol de cuy. Cano, *et al.*, (2016) señalan 390 mg K/L para biol producido con estiércol de bovino y 550 mg K/L para biol de estiércol de porcino. Para la primera cita los valores son mayores que los obtenidos en la investigación debido a la adición de estiércol de vacuno y cuy respectivamente. Para la segunda cita los valores reportados son menores debido a que durante el proceso no incorporaron microorganismos eficientes.

El producto Garlac® presentó un pH de 3.8 y en su composición química describe la presencia de incrementadores de nutrientes, ácidos orgánicos, péptidos, factores de crecimiento y activadores de metabolismo vegetal. Además, microorganismos aerobios viables, aero tolerables y bacterias probióticas. Cisneros, *et al.*, (2017) señala que el uso de microorganismo influye en la disponibilidad de fósforo soluble. De los resultados de la investigación, podemos manifestar que los microorganismos influyen en el metabolismo del fósforo, creando las condiciones necesarias, para que las

macromoléculas orgánicas del ABHC, que presentan fósforo en su composición química, muestren disponibilidad del fósforo en sus diversas formas solubles y asimilables en la producción de biol empleando ABHC.

Del análisis de varianza, para los resultados del nitrógeno como nitrato, el valor de significancia “p” fue 0.1 mayor a 0.05, entonces se aceptó la hipótesis nula, que manifestó que todos los tratamientos son iguales. Por lo tanto, al no existir diferencia significativa entre los tratamientos, usar Garlac®, microorganismos eficientes o ambos es indistinto.

Del análisis de varianza, para los resultados del fósforo como fosfato, el valor de significancia “p” fue de 0.0 menor a 0.05, entonces se aceptó la hipótesis alterna, que manifestó que existe diferencia significativa entre los tratamientos.

El estadístico Tukey nos indicó que el mejor tratamiento para el fósforo como fosfato fueron T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> correspondientes al empleo de microorganismos eficientes y el consorcio Garlac® y microorganismos eficientes respectivamente (T<sub>3</sub>).

Del análisis de varianza, para los resultados de potasio, el valor de significancia “p” fue de 0.477 mayor a 0.05, entonces se aceptó la hipótesis nula, que manifestó que todos los tratamientos son iguales para los resultados de potasio. Por lo tanto, al no existir diferencia significativa entre los tratamientos, usar Garlac®, microorganismos eficientes o ambos es indistinto.

## VI. CONCLUSIONES

- Se concluyó, que para el nitrógeno como nitratos no existe diferencia significativa, por lo tanto, resulta indiferente trabajar con cualquiera de los tres tratamientos. Para el fósforo como fosfato existe diferencia significativa puesto que el T<sub>1</sub> (microorganismos eficientes) y el T<sub>3</sub> (Consortio microorganismos eficientes y Garlac®), resultaron mejor que el T<sub>2</sub>. Para el K<sup>+</sup> no existe diferencia significativa, por lo tanto, resulta indiferente trabajar con cualquiera de los tres tratamientos.
- La caracterización de los parámetros de pH, conductividad eléctrica, nitrógeno como nitratos, fósforo como fosfato, potasio del beneficio húmedo del café mostraron los siguientes resultados: 3.23 unidades de pH, 3460 μS/cm, 54 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L, 885.5 mg P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/L y 600 mg K<sup>+</sup>/L respectivamente.
- Las concentraciones de nitrógeno como nitratos, fósforo como fosfato, potasio en el biol producido, después del tratamiento con la cepa microorganismos eficientes fueron: 3500 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L, 2100 mg P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/L, 2033.33 mg K<sup>+</sup>/L.
- Las concentraciones de nitrógeno como nitratos, fósforo como fosfato, potasio en el biol producido, después del tratamiento con la cepa Garlac®, fueron: 3400 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L, 1111.66 mg P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/L, 1800 mg K<sup>+</sup>/L.
- Las concentraciones de nitrógeno como nitratos, fósforo como fosfato, potasio en el biol producido, después del tratamiento con el consorcio de las cepas microorganismos eficientes y Garlac®, fueron: 2400 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L, 2166.66 mg P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/L, 2200 mg K<sup>+</sup>/L.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Realizar identificación biológica de los microorganismos eficientes, para conocer la influencia de cada uno de ellos en el incremento de la concentración de macronutrientes en el biol.

Realizar investigaciones similares, evaluando las concentraciones de elementos secundarios como el calcio y magnesio.

Investigar las concentraciones de los micronutrientes como el hierro, manganeso, cobre, boro y zinc en el biol producido con ABHC.

Evaluar la probabilidad de producir biol empleando microorganismos de montaña.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, T. (2022) Producción de biogás y biol a partir de los residuos de la pulpa de café mediante un biodigestor artesanal en el distrito de Milpuc, provincia de Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas. Trabajo de suficiencia profesional. Universidad Continental. Lima Perú.  
[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11551/4/IV\\_FIN\\_107\\_TSP\\_Aguilar\\_Vargas\\_2022.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11551/4/IV_FIN_107_TSP_Aguilar_Vargas_2022.pdf)
- Arias, J. L. (2020). Proyecto de tesis. Guía para la elaboración (1st ed.). Lima: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú.
- Balseca, D. y Cabrera, J. (2011) Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café. Tesis de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/eff8df2a-6cf4-4b6d-ae04-738885bf1bf6/content>
- Brenes, M. (2006). Utilización de cenizas en el tratamiento de las aguas residuales procedentes del beneficio de café de Coopevictoria r. l. Trabajo final de graduación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Página 34. Cartago-Costa Rica  
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/428/Tesis%20Melania2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cano, M. *et al.*, (2016) Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovinas y porcinas. Revista Científica (Línea) Agrociencia Volumen 50. Pág, 471-479. Texcoco-México. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v50n4/1405-3195-agro-50-04-471.pdf>
- Carrero, *et al.*, (2019). Incremento del potencial de iones hidrogeno (pH) del agua miel de *coffea sp.* Empleando fitorremediación con *Eichhornia crassipes* M. “jacinto de agua” para atenuar su nivel de contaminación. Universidad Nacional de Jaén.

<https://core.ac.uk/download/pdf/270319059.pdf>

- Cisneros, C., *et al.*, (2017). Influencia de microorganismos en la disponibilidad de fósforo en plántulas de café (*Coffea arabica*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1), 19- 26. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15n1/v15n1a03.pdf>
- Cruz, T. (2018). Obtención de biol a partir de desechos generados en el mercado mayorista y en el camal de Riobamba usando un consorcio microbiano como acelerador. (tesis grado). Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba- ecuador.
- Del Real, J e Islas, J. (2010). Biodegradación anaerobia de las aguas generadas en el despulpado del café. Artículo corto Scielo. *Revista Colombiana de Biotecnología*. Página 233. Volumen XII N°2 diciembre. <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v12n2/v12n2a20.pdf>
- Figueroa, U., *et al.*, (2010) Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. *Revista Terra Latinoamericana* Volumen 28 Página 361-369. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n4/v28n4a8.pdf>
- Granda, G. y Martínez, T. (2020). Determinación de parámetros óptimos de anaerobiosis del agua miel de café en la finca cafetalera el limón del distrito de Chirinos- Cajamarca 2019. (tesis grado) Universidad Nacional de Jaén- Perú.
- Gupta, V. (2012). Microorganismos beneficiosos para la agricultura sostenible. *Microbiología Australia*, 33, 113-115.
- Hernández, R. *et al.*, (2014). *Metodología de la investigación*(6th ed.). México DF, México: McGraw-Hill Education.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (s.f). *cafeces especiales en Perú*. Consultado el 25 de octubre del 2021. <https://www.midagri.gob.pe/portal/24-sector-agrario/cafe/204-cafes-especiales-en-el-peru>
- Perfect Daily Grind Español. (2020). *Aguas Miel: de Contaminante a Fertilizante Organico*. <https://perfectdailygrind.com/es/2020/02/04/aguas-miel-de-contaminante-a-fertilizante-organico/>
- Puerta, G. y Ríos, S. (2011). Composición del mucílago del café, según el tiempo de fermentación y refrigeración. *Cenicafé*. 62. 23-40. <https://www.cenicafe.org/es/documents/2.pdf>

- Rueda, J. (2015). Revalorización de las aguas de lavado de café (*coffea arabica* var. *arabica*) y excretas de vacuno en la producción de fertilizante mediante fermentación láctica. Setiembre-diciembre, 2014
- Rojas, P. (2014). Estudio del efecto de la aplicación de microorganismos efectivos en la calidad del biol en un proceso de biodigestión anaeróbica. (tesis grado). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Torres, L., *et al.*, (2019). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas mieles del beneficio del café. Revista ION, 32(2), 59–66. <https://www.redalyc.org/journal/3420/342063962008/html/>
- Vásquez, M. Prada, Mondragón *et al.*, (2010). Optimización del proceso de compostaje de productos post-cosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos. Nova, 8(14), 214-219. <https://doi.org/10.22490/24629448.452>
- Valle, E. (2016) Tratamiento de aguas mieles del café con microorganismos eficientes (EM) en biodigestores-Pichanaqui Junín. Tesis Universidad Nacional del Centro Satipo-Perú 2016. (p.6). <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4025/Valle%20Mu%c3%b1oz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zurita, A. (2021). Tratamiento de los sub productos de B.H del café. Practica



## **DEDICATORIA**

A mi madre María Tercila Garcia Gavidia por su apoyo incondicional, que frente a la adversidad con sacrificio y dedicación me impulso a seguir adelante y de esta manera poder terminar mis estudios, enseñándome a no rendirme frente a los obstáculos de la vida, sus valores inculcados por eso y muchas cosas más con todo mi amor se lo dedico.

A mi padre Santiago Espinoza Carhuajulca que, aunque el destino nos apartó, fue una pieza fundamental en mi desarrollo personal y profesional gracias por tus enseñanzas, inculcar tus valores y tu espíritu optimista para ser frente a las adversidades, gracias por haberme apoyado cuando estuviste entre nosotros, aunque no estés presente siempre estarás presente en mi corazón y que desde el cielo guías mis pasos.

A mi esposa Roxana Guevara y a mi hijo Jhan Arturth Espinoza por motivarme en el día a día, a quienes guardo un profundo cariño y son mi mayor fuente de motivación.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a dios por permitirme llegar a obtener estos logros, porque a pesar de las dificultades de la vida siempre nos presenta un horizonte para seguir adelante.

A mi asesor el M.Cs. Jorge Antonio Delgado Soto por sus aportes e interés prestado en la presente investigación y su paciencia brindada.

Al Ing. Aladino Pérez Cabrera por permitirme usar espacios de la Cooperativa Agraria Cafetalera “La Prosperidad de Chirinos” para el desarrollo de la presente investigación.

A la Universidad Nacional de Jaén, al personal docente de la carrera profesional de ingeniería forestal y ambiental, por contribuir en mi formación profesional.

## ANEXOS

### Anexo 1

Concentraciones de los nutrientes del biol producido con microorganismo eficientes.

Tratamiento	Repetición	N-NO <sub>3</sub>	P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup>
T <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	3600	2000	1500
	R <sub>2</sub>	3900	2050	2000
	R <sub>3</sub>	3000	2250	2600
	Promedio	3500	2100	2033.33

### Anexo 2

Concentraciones de los nutrientes del biol producido con Garlac®

Tratamiento	Repetición	N-NO <sub>3</sub>	P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup>
T <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	3600	1300	1700
	R <sub>2</sub>	2700	960	1800
	R <sub>3</sub>	3900	1075	1900
	Promedio	3400	1111.66	1800

### Anexo 3

Concentraciones de los nutrientes del biol producido con el consorcio de microorganismos eficientes y Garlac®.

Tratamiento	Repetición	N-NO <sub>3</sub>	P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup>
T <sub>3</sub>	R <sub>1</sub>	1800	2250	1800
	R <sub>2</sub>	3000	2150	2400
	R <sub>3</sub>	2400	2100	2400
	Promedio	2400	2166.66	2200

#### Anexo 4

Concentración de nitrógeno como nitratos para los tratamientos investigados

Nitrógeno-Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )			
T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	Blanco
3600	3600	1800	54
2700	3,900	3000	
3900	3000	2400	

#### Anexo 5

Concentración de fósforo como fosfatos para los tratamientos investigados.

Fósforo -Fosfato (P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )			
T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	Blanco
1300	2000	2250	885
960	2050	2150	
1075	2250	2100	

#### Anexo 6

Concentración de potasio para los tratamientos investigados.

Potasio			
T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	Blanco
1700	1500	1800	600
1800	2000	2400	
1900	2600	2400	

## Anexo 7

Adición y homogenización de ABHC y melaza.



## Anexo 8

Instalación de las unidades experimentales.



## Anexo 9

Muestreo de caracterización de los bioles



## Anexo 10

Evaluación de caracterización de pH de las ABHC.



## Anexo 11

Caracterización de conductividad eléctrica de las ABHC.



## Anexo 12

Equipo fotómetro para la medición de los parámetros investigados



### Anexo 13

Equipo para la medición de potasio



### Anexo 14

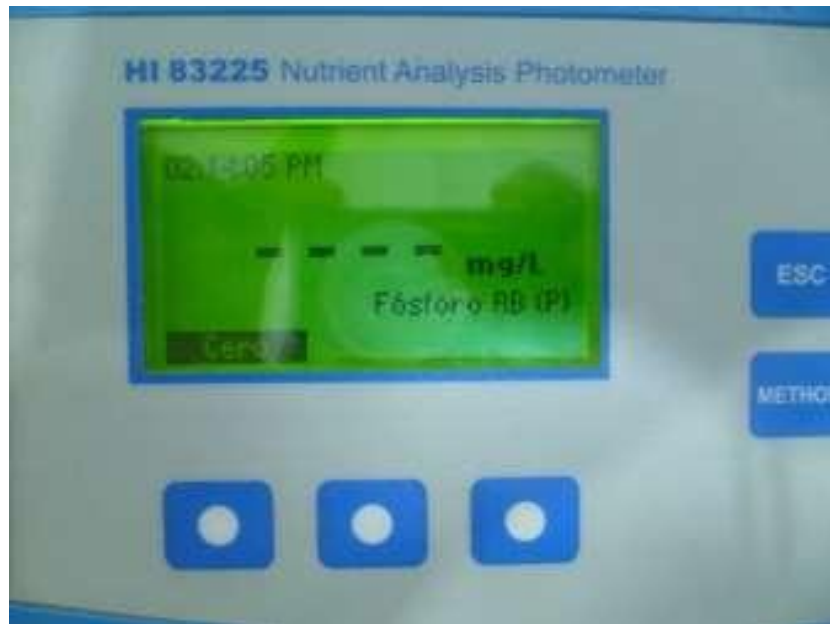
Equipo para la medición de Nitrógeno como nitratos.





## Anexo 15

Equipo para la medición de fósforo como fosfato



## Anexo 16

Certificado del resultado de caracterización del ABHC.



**ENSAYO DE AGUA PRODUCTO DE BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ OIKOSLAB 1875-2022**

Solicitante : Bach. Roger Espinoza Garcia  
Distrito : Chirinos  
Provincia : San Ignacio  
Región : Cajamarca  
Fecha de recepción : 10-01-2022  
Muestra proporcionada por el solicitante  
Proyecto:

**"EVALUACIÓN DE LOS MACRONUTRIENTES DEL BIOL PRODUCIDO CON LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES Y GARLAC® EN EL AGUA DEL BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ, CHIRINOS, SAN IGNACIO"**

I. **Datos de la Muestra**

Tipo de muestra : Agua producto del beneficio húmedo del café

II. **Resultados de los ensayos de caracterización del agua producto del beneficio húmedo del café**

Parámetro	Unidades	Resultados	Método
Potencial de iones hidrógeno (pH)	Unidades de pH	3.23.	Potenciometría
Conductividad Eléctrica	mS/cm	3.46	Conductivimetría
Nitrógeno como nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	54.00	Fotometría
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	236.68	Fotometría
Fósforo como fosfatos (P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	885.5	Fotometría
Fósforo (P)	mg/L	116.20	Fotometría
Potasio (K <sup>+</sup> )	mg/L	600.00	Fotometría

  
Jorge A. Daigado Soto  
ING. RESPONSABLE  
CIP. 56787



Piña, San Pedro N°113 - Morro-Solar Alto - Jota  
Cel. 970 911 920  
jods14@hotmail.com

## Anexo 17

Certificado del análisis de los bioles producto del ABHC.



**ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE SUELOS Y AGUAS**

**OIKOSLAB SAC**

**ENSAYO DE BIOL DEL PRODUCTO DEL BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ OIKOSLAB 1876-2022**

Solicitante : Bach. Roger Espinoza Garcia  
Distrito : Chirinos  
Provincia : San Ignacio  
Región : Cajamarca  
Fecha de recepción : 10-02-2022  
Muestra proporcionada por el solicitante  
Proyecto:

**"EVALUACIÓN DE LOS MACRONUTRIENTES DEL BIOL PRODUCIDO CON LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES Y GARLAC® EN EL AGUA DEL BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ, CHIRINOS, SAN IGNACIO"**

II. Datos de la Muestra

Tipo de muestra : Biol

III. Resultados de los ensayos

Tratamiento-Repeticiones	mgN-NO <sub>3</sub> /L	mgP-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> /L	mgK <sup>+</sup> /L
T <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	3600	1300	1700
T <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	2700	960	1800
T <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	3900	1075	1900
T <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	3600	2000	1500
T <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	3900	2050	2000
T <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	3000	2250	2600
T <sub>3</sub> R <sub>1</sub>	1800	2250	1800
T <sub>3</sub> R <sub>2</sub>	3000	2150	2400
T <sub>3</sub> R <sub>3</sub>	2400	2100	2400

T: Tratamientos, R: Repeticiones, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitrógeno como nitratos, P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>: fósforo como fosfatos, K<sup>+</sup>: ion potasio



Pta. San Pedro N°113 - Marro Salar Alto - Ica  
Cel. 970 911 920  
jads14@hotmail.com