



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

**EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS EN  
DIFERENTES MEZCLAS DE BIOL PRODUCIDO EN UN  
BIODIGESTOR, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI,  
CANTÓN RIOBAMBA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORA:**

**ANDREA ELIZABETH ARIAS MOYA**

Riobamba – Ecuador

2023



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

**EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS EN  
DIFERENTES MEZCLAS DE BIOL PRODUCIDO EN UN  
BIODIGESTOR, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI,  
CANTÓN RIOBAMBA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORA:** ANDREA ELIZABETH ARIAS MOYA

**DIRECTOR:** Ing. JOHN OSWALDO ORTEGA CASTRO Mg.

Riobamba – Ecuador

2023

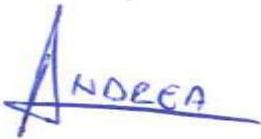
© 2023, **Andrea Elizabeth Arias Moya**

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

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

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

Riobamba, 26 de 10 de 2023

A handwritten signature in blue ink. The name 'ANDREA' is written in capital letters, with a large, stylized 'A' that has a vertical line extending upwards and a horizontal line extending to the right, crossing over the 'N'. The rest of the name 'NDREA' is written in a simpler, slightly slanted font.

**Andrea Elizabeth Arias Moya**

**080445042-7**

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS EN DIFERENTES MEZCLAS DE BIOL PRODUCIDO EN UN BIODIGESTOR EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI, CANTÓN RIOBAMBA PROVINCIA CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **ANDREA ELIZABETH ARIAS MOYA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Rosa del Pilar Castro Gómez Phd <b>PRESIDENTA DEL TRIBUNAL</b>		2023-10-26
Ing. John Oswaldo Ortega Castro Mg. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-10-26
Ing. Dennis Renato Manzano Vela MSc. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-10-26

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis con todo mi amor y cariño a mi madre, Guadalupe Moya, y a mis hermanos, Viviana y Victor Arias Moya, quienes han sido los que me han apoyado y acompañado en el recorrido y finalización de este proceso en mi vida profesional, por ser mi pilar y mis ejemplos a seguir en lo académico y en la vida, quienes me han formado con valores y principios y por quienes soy lo que soy hoy en día, por ello les dedico este y todos mis logros, mi amada familia.

**Andrea**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme culminar este paso en mi vida académica, agradezco a la institución por acogerme todos estos años de estudios, a mi asesor y director que me acompañaron en el proceso de realización y finalización de este trabajo.

**Andrea**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. <b>DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA</b> .....	3
1.1 <b>Planteamiento del problema</b> .....	3
1.2 <b>Justificación</b> .....	3
1.3 <b>Objetivos</b> .....	4
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	4
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	5

### CAPÍTULO II

2. <b>MARCO TEÓRICO</b> .....	6
2.1 <b>El ganado y su relación con el ambiente</b> .....	6
2.1.1 <i>Contaminación ambiental por ganado</i> .....	6
2.1.2 <i>Alternativas sustentables para la contaminación por ganado</i> .....	6
2.2 <b>Abonos</b> .....	7
2.2.1 <i>Abonos orgánicos</i> .....	7
2.2.2 <i>Comparación de fertilizantes químicos y abonos orgánicos</i> .....	7
2.2.3 <i>Valor nutricional de abonos orgánicos</i> .....	8
2.2.4 <i>Propiedades de los abonos orgánicos</i> .....	8

2.3	<b>Biol</b> .....	10
2.3.1	<i>Conceptos generales</i> .....	10
2.3.2	<i>Formas de obtención</i> .....	11
2.3.3	<i>Beneficios</i> .....	12
2.3.4	<i>Propiedades físicas</i> .....	12
2.3.5	<i>Componentes químicos</i> .....	13
2.4	<b>Forma de producción de biol en la EET</b> .....	15
2.4.1	<i>Biodigestor</i> .....	15
2.4.2	<i>Generación de biol por medio de un biodigestor en la EET</i> .....	16
2.5	<b>Lineamientos del INIAP para abonos orgánicos</b> .....	16
2.5.1	<i>Lineamientos del INIAP para el biol</i> .....	16
2.5.2	<i>Normativa para un biol de calidad</i> .....	17
2.5.3	<i>Indicadores de calidad</i> .....	18

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	20
3.1	<b>Localización de área de estudio</b> .....	20
3.1.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	20
3.1.2	<i>Caracterización ambiental del lugar</i> .....	20
3.1.3	<i>Mapa georreferenciado</i> .....	20
3.2	<b>Insumos disponibles en la EET</b> .....	22
3.2.1	<i>Inventario de animales ganaderos en la EET, perteneciente a la FCP</i> .....	22
3.2.2	<i>Inventario de cultivos producidos en la EET</i> .....	22
3.2.3	<i>Listado de insumos producidos con animales ganaderos en la EET</i> .....	22
3.2.4	<i>Listado de insumos producidos por otras actividades realizadas en la EET</i> .....	23
3.2.5	<i>Listado de insumos comprados para las actividades realizadas en la EET</i> .....	23
3.3	<b>Biodigestor productor de biol</b> .....	23
3.4	<b>Carga de diferentes mezclas de biol</b> .....	24

3.4.1	<i>Primera mezcla</i> .....	25
3.4.2	<i>Segunda mezcla</i> .....	26
3.4.3	<i>Tercera mezcla</i> .....	27
3.5	<b>Toma de muestras</b> .....	28
3.6	<b>Análisis de laboratorio</b> .....	29
3.7	<b>Registro de datos</b> .....	30
3.7.1	<i>Tiempo</i> .....	30
3.7.2	<i>Olor</i> .....	30
3.7.3	<i>Color</i> .....	30
3.7.4	<i>Disolución</i> .....	30

#### **CAPITULO IV**

4.	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	31
4.1	<b>Resultados de parámetros físicos y químicos en diferentes mezclas de biol</b> .....	31
4.1.1	<i>Primera mezcla de biol</i> .....	31
4.1.2	<i>Segunda mezcla de biol</i> .....	33
4.1.3	<i>Tercera mezcla de biol</i> .....	34
4.2	<i>Discusión de resultados obtenidos</i> .....	36

#### **CAPITULO V**

5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	40
5.1	<b>Conclusiones</b> .....	40
5.2	<b>Recomendaciones</b> .....	41

#### **GLOSARIO**

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Tolerancia. Garantía mínima y máxima .....	17
<b>Tabla 2-2:</b> Tolerancias. Garantía mínima y máxima de los macronutrientes secundarios y micronutrientes. Fertilizantes líquidos .....	18
<b>Tabla 3-1:</b> Materiales empleados en la primera mezcla de biol .....	25
<b>Tabla 3-2:</b> Materiales empleados en la segunda mezcla de biol .....	26
<b>Tabla 3-3:</b> Materiales empleados en la tercera mezcla de biol .....	27
<b>Tabla 3-4:</b> Método empleado en los nutrientes analizados .....	29
<b>Tabla 4-1:</b> Indicadores analizados de la muestra 1 del biol .....	31
<b>Tabla 4-2:</b> Indicadores analizados de la muestra 2 del biol .....	33
<b>Tabla 4-3:</b> Indicadores analizados de la muestra 3 del biol .....	35
<b>Tabla 4-4:</b> Comparación de 3 diferentes mezclas de biol con la normativa NTE INEN 211: 98 y el manual del INIAP .....	37

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 3-1:</b> Mapa de georreferenciación en la EET.....	21
<b>Ilustración 3-2:</b> Mapa de georreferenciación del sector de la FCP de la EET.....	21
<b>Ilustración 3-3:</b> Diseño de biodigestor tubular de la EET. ....	23
<b>Ilustración 3-4:</b> Fotografía de biodigestor de la EET. ....	24

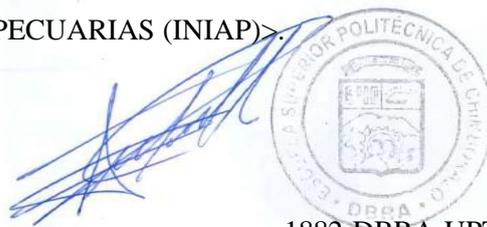
## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** GRÁFICOS DE RESULTADOS DE MATERIALES EMPLEADOS EN LAS TRES MEZCLAS DE BIOL
- ANEXO B:** RESULTADOS DE LABORATORIO DE SUELOS DE FRN DE PRIMERA MUESTRA DE BIOL
- ANEXO C:** RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DE LA FC DE PRIMERA MUESTRA DE BIOL
- ANEXO D:** RESULTADOS DE LABORATORIO DE SUELOS DE FRN DE SEGUNDA MUESTRA DE BIOL
- ANEXO E:** RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DE LA FC DE SEGUNDA MUESTRA DE BIOL
- ANEXO F:** RESULTADOS DE LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO TOX-CHEM DE SEGUNDA MUESTRA DE BIOL
- ANEXO G:** RESULTADOS DE LABORATORIO DE SUELOS DE FRN DE TERCERA MEZCLA DE BIOL
- ANEXO H:** RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DE LA FC DE TERCERA MUESTRA DE BIOL
- ANEXO I:** RESULTADOS DE LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO TOX-CHEM DE TERCERA MUESTRA DE BIOL
- ANEXO J:** CARGAS DE DIFERENTES MEZCLAS DE BIOL EN BIODIGESTOR DE EET
- ANEXO K:** TOMA DE MUESTRAS DE DIFERENTES MEZCLAS DE BIOL PRODUCIDO EN BIODIGESTOR DE EET
- ANEXO L:** ANÁLISIS EN LABORATORIOS DE DIFERENTES MEZCLAS DE BIOL PRODUCIDO EN BIODIGESTOR DE EET
- ANEXO M:** REGISTRO DE MONITOREO DE INDICADORES FÍSICOS DE PRIMERA MEZCLA DE BIOL PRODUCIDO EN BIODIGESTOR EN EET
- ANEXO N:** REGISTRO DE MONITOREO DE INDICADORES FÍSICOS DE SEGUNDA MEZCLA DE BIOL PRODUCIDO EN BIODIGESTOR EN EET
- ANEXO Ñ:** REGISTRO DE MONITOREO DE INDICADORES FÍSICOS DE TERCERA MEZCLA DE BIOL PRODUCIDO EN BIODIGESTOR EN EET

## RESUMEN

Se tenía poca información sobre los nutrientes del biol producido en el biodigestor que funciona en la Estación Experimental Tunshi (EET) principalmente por no contar con una formulación de los materiales empleados para su producción, un inventario de los insumos disponibles para su elaboración, desaprovechando los recursos que se disponen y pudiera ayudar a mejorar la eficiencia del biol, se espera combatir esta problemática mediante el desarrollo de diferentes mezclas de biol a partir de: insumos disponibles, caracterización de sus parámetros fisicoquímicos y determinación de formulación de mayor calidad; la metodología empleada se dividió en partes, realizando primero un listado de los insumos disponibles en la EET necesarios para la producción del biol, partiendo de ello se realizó formulaciones para diferentes mezclas, generando tres cargas de biol y a partir de ellas se tomaron muestras, empleando la normativa NTE INEN 220: 2013, se realizó evaluaciones fisicoquímicas de sus componentes según los componentes establecidos por la normativa NTE INEN 211: 98 y el manual del INIAP; los principales nutrientes que debe de tener una planta son N, P y K, por lo cual en la primera mezcla se obtuvieron valores de 0,04%, 0,03% y 0,02 respectivamente, en la segunda mezcla sus valores fueron de 0,11%, 0,13% y 0,21% y por último la tercera mezcla presentó valores de 0,20%, 0,30% y 0,55%; determinando que la mezcla de biol con mayor eficiencia fue la tercera, debido a los diversos materiales empleados en su formulación, dichos resultados no alcanzaron los mínimos establecidos por la normativa NTE INEN 211: 98 y el manual del INIAP, sin embargo, los valores de sus resultados fueron altos en referencia a otros bioles realizados, como lo es su materia orgánica con un 48,77% y 3,34% de Ca, pudiendo ser empleado en suelos que sean carentes de estos nutrientes.

**Palabras clave:** <BIOESTIMULANTES>, <FERTILIZANTE DE CALIDAD>, <BIOL DE CALIDAD>, <NUTRIENTES DEL BIOL>, <FORMULACIÓN PARA BIOLES>, <PRODUCCIÓN DE BIOL>, <NORMATIVA NTE INEN 211: 98>, <INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP)>.



1882-DBRA-UPT-2023

## ABSTRACT

There was a little information about the nutrients of the biol produced in the biodigester that operates at the Tunshi Experimental Station (EET), mainly due to not having a formulation of the materials used for its production, an inventory of the inputs available for its production, wasting the resources that are available and it could help to improve the efficiency of the biol, it is expected to combat this problem through the development of different mixtures of biol from: available inputs, characterization of its physicochemical parameters and determination of a higher quality formulation; The methodology used was divided into parts, first making a list of the inputs available in the EET necessary for the production of the biol, based on this, formulations were made for different mixtures, generating three loads of biol and from them samples were taken, using the NTE INEN 220: 2013 regulations, physicochemical evaluations of its components were carried out according to the components established by the NTE INEN 211: 98 regulations and the INIAP manual; The main nutrients that a plant must have are N, P and K, which is why in the first mixture values of 0.04%, 0.03% and 0.02 were obtained respectively, in the second mixture their values were 0.11%, 0.13% and 0.21% and finally the third mixture presented values of 0.20%, 0.30% and 0.55%; determining that the biol mixture with the highest efficiency was the third, due to the various materials used in its formulation, these results did not reach the minimum established by the NTE INEN 211: 98 regulations and the INIAP manual, however, the values of its results were high in reference to other biols made, such as its organic matter with 48.77% and 3.34% of Ca, and it can be used in soils that lack these nutrients.

**Keywords:** <BIOSTIMULANTS>, <QUALITY FERTILIZER>, <QUALITY BIOL>, <BIOL NUTRIENTS>, <FORMULATION FOR BIOLES>, <BIOL PRODUCTION>, <NORMATIVE NTE INEN 211: 98>, <NATIONAL INSTITUTE OF AGRICULTURAL RESEARCH (INIAP)>.



Lic. Lorena Hernández A. Mcs.

180373788-9

## INTRODUCCIÓN

En sus inicios la agricultura empleó únicamente abonos orgánicos como principal fuente de nutrición para los cultivos y recuperación o mejoramiento de la fertilidad del suelo, sin embargo, con el pasar de los tiempos se han creado diversos productos químicos que sustituyen a los abonos tradicionales; estos fertilizantes químicos favorecieron en las cosechas, presentando resultados en menor tiempo lo cual atrajo la atención de los agricultores, no obstante con su uso indiscriminado se ha perdido la capa orgánica del suelo, es decir, su fertilidad y su capacidad para regenerarse, causando a largo plazo daños al recurso suelo (Arango, 2017, p.10).

El uso de abonos orgánicos es cada vez más recurrente en el sector agrícola por dos razones principales: el abono producido es de mayor calidad y tiene un menor costo en relación con los fertilizantes químicos; proporcionando grandes beneficios a las personas dedicadas al ámbito agrícola, beneficiando al desarrollo de las plantas y a la recuperación del suelo, principalmente volviéndolo más fértil, por estas y entre otras razones cada vez son más las personas que están nuevamente recurriendo a los abonos orgánicos (Arango, 2017, p.12).

Debido a la dependencia de productos provenientes de ganado, principalmente bovino y su incremento de población también ha aumentado los impactos negativos para el medio ambiente, debido a que su estiércol es uno de los contribuyentes al calentamiento global por la liberación de diversos gases que afectan a la capa de ozono, entre ellos el metano; según diversas evaluaciones realizadas existe una relación entre el desaprovechamiento de los recursos naturales y el inventario bovino, afectando al recurso agua, a la atmósfera, los bosques, el recurso suelo, flora y fauna (Pile, et al., 2022, pp.34-39).

En la Estación Experimental de Tunshi (EET) perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) como resultado de un trabajo de titulación de la carrera de Recursos Naturales Renovables (RNR) se realizó un biodigestor el cual produce biol, siendo el resultado de la fermentación de estiércol de ganado bovino y agua a través de la descomposición y transformaciones químicas de residuos orgánicos en un ambiente anaerobio. Mediante una entrevista se comprobó que actualmente se cuenta con 50 cabezas de ganado, produciendo aproximadamente 50 kilogramos de estiércol cada una por día, por ello el desaprovechamiento de esta materia orgánica contribuiría a la contaminación ambiental, siendo una forma eficaz de uso de estos desechos la producción de biol, teniendo como beneficios la disminución de grandes cantidades de estiércol de ganado bovino y la elaboración de un abono orgánico.

Sin embargo, existe una escasa información sobre los porcentajes de los elementos que compone el biol producido por el biodigestor de la EET, de igual forma no se cuenta con una formulación establecida de cantidades y materiales que se emplea en la producción del biol, generando un desaprovechamiento de los recursos. Por ello obtener análisis de evaluaciones de las características fisicoquímicas del biol producido en la EET permitió conocer las cantidades de elementos que posee y a base de eso generar formulaciones para la preparación de biol de mayor eficiencia, tanto del tiempo, minorando el tiempo de producción, como de recursos a emplear, y podrá ser empleado de forma eficiente por todos los involucrados en la EET.

## **CAPÍTULO I**

### **1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

En la EET de la ESPOCH se encuentran un biodigestor el cual emplea estiércol de ganado bovino, obteniendo dos productos: biogás, empleado posteriormente en un calefón para el calentamiento de agua de una ducha usada por estudiantes, trabajadores y docentes, del sitio; y biol, un bioestimulante orgánico líquido, el cual es utilizado en los cultivos de la EET, aprovechando los residuos orgánicos del ganado perteneciente a la Facultad de Ciencias Pecuarias (FCP).

Este biol producido no cuenta con una formulación establecida de los insumos empleados para su producción, realizándose de forma empírica, sin un análisis de los materiales que se emplea, debido a que no se cuenta con un inventario de los insumos que se disponen en la EET y podrían ser de utilidad para la generación de biol, desaprovechando así los recursos que se disponen; de igual manera se desconoce el tiempo en el que se produce el biol, debido a que no se llena un registro o control del mismo; contando de igual forma con una escasa una información de análisis de los nutrientes que posee el biol y sus porcentajes.

#### **1.2 Justificación**

En la provincia de Chimborazo, especialmente en la parte rural, las principales fuentes de trabajo e ingresos son la ganadería y la agricultura (Romero, 2017), donde a causa de la primera se han generado cada vez más desechos provenientes de los animales contribuyendo a la contaminación ambiental debido principalmente al mal manejo de sus desechos, y la segunda actividad mencionada genera consumo de productos químicos para el desarrollo de los cultivos, debido a la falta de conocimiento de los agricultores o por una mayor comodidad al emplear estos productos, contribuyendo de igual manera al calentamiento global, por su afectación a los recursos naturales (Grageda, et al., 2015, pp.1-2).

A nivel nacional el sector ganadero cumple una gran función para la economía del país y la distribución de productos provenientes de ellos, siendo de igual manera en la provincia de Chimborazo, donde el sector rural es el más activo con relación a estas actividades, especialmente el ganado vacuno; por lo general los desperdicios orgánicos del ganado no

poseen un manejo adecuado de desechos, aportando a la contaminación ambiental, es así que se han creado alternativas para darles una utilidad a estos residuos, siendo empleados en la generación de abonos orgánicos, principalmente en el biol, aportando de igual manera a la producción agrícola con productos orgánicos para sus cultivos y reduciendo los residuos generados por los animales bovinos; el aprovechamiento de estos residuos genera un fertilizante orgánico eficaz para la agricultura, dando una alternativa para evitar la dependencia de los fertilizantes químicos, ayudando así a la recuperación del suelo, contenido los tres elementos principales para el desarrollo de las plantas Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) (León, 2018, pp.6-7).

Los principales proyectos realizados en la EET son en relación a la agricultura, donde se necesita abonos para el aumento de su productividad, y a la generación de productos provenientes de animales ganaderos, generando grandes cantidades de estiércol principalmente y sin recibir un adecuado manejo de residuos y se convierten en desechos contaminantes, debido principalmente a que se escurren por el canal de riego y llegan al río Chambo, por ello para disminuir la contaminación y generar alternativas sustentables se ha implementado un proyecto de un biodigestor basado en el uso de estiércol de ganado bovino y agua como materia prima, generando biogás y biol, uniendo a su vez los proyectos ganaderos y agrícolas.

Al ser el biol un producto necesario y sostenible la demanda del mismo crece, por ello la importancia de tener una formulación establecida para su producción en los dimensionamientos que se desee realizar, a pequeña o gran escala, y con los insumos que se disponen en el lugar donde se produce el biol, de igual manera las evaluaciones fisicoquímicas del biol permitirá conocer si este se encuentra dentro de los lineamientos de calidad establecidos por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Aprovechando de una forma eficiente los recursos del lugar, principalmente dándole un manejo y uso a los desechos orgánicos producidos en la estación y disminuyendo a su vez los impactos ambientales, y el biol producido.

### **1.3 Objetivos**

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

Evaluar las características fisicoquímicas en diferentes mezclas de biol producido en un biodigestor, en la Estación Experimental Tunshi.

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Desarrollar diferentes mezclas de biol a partir de insumos disponibles en la Estación Experimental Tunshi.
- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos de las mezclas de biol producido en la Estación Experimental Tunshi.
- Determinar la formulación de biol de mayor calidad según lo establecido por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias en la normativa NTE INEN 211: 98.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 El ganado y su relación con el ambiente

##### 2.1.1 *Contaminación ambiental por ganado*

El sector ganadero es una de las principales fuentes de ingreso y sustento de la provincia de Chimborazo, sin embargo, también es un gran contribuyente al total de emisiones humanas de GEI, emitiendo un total de 8.1 gigatoneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) donde el metano (CH<sub>4</sub>) representa el 50 por ciento; el ganado bobino es el mayor emisor de GEI representando el 62% de todas las emisiones, por otro lado, los cerdos, las aves de corral, los búfalos y los pequeños rumiantes tienen niveles de emisión menores, que representan entre el 7% y el 11% de las emisiones totales (Galvez, 2017, p.8).

Se estima que las actividades ganaderas, en relación a las actividades antropogénicas, contribuyen con el 18% al total de sus emisiones de GEI; tomando en cuenta cinco sectores: energía, industria, residuos, cambio del uso del suelo, bosques y agricultura, estos dos últimos sectores la participación de la ganadería es del 50%, debido principalmente el cambio de estos ecosistemas para el uso ganadero (Corral, et al., 2021, p. 71).

La contaminación generada por la ganadería se da en las diferentes etapas de su cadena productiva, entre ellas están los diferentes impactos más relevantes: 1) contaminación por excretas, donde los principales contaminantes son los nutrientes, la materia orgánica, las bacterias y patógenos; 2) residuos del procesamiento de productos ganaderos, los rastros son grandes contaminantes y las curtidurías son emisoras de un amplio rango de contaminantes orgánicos y químicos; los cuales son relacionados a las malas prácticas que se les da a sus residuos de materia orgánica, generando más contaminantes a causa de ellos (Corral, et al., 2021, pp. 71-72).

##### 2.1.2 *Alternativas sustentables para la contaminación por ganado*

Debido a la generación significativa de materiales orgánicos generados por el ganado se ha buscado alternativas para su disminución y eliminación, donde se han demostrado ventajas para su utilización siendo una fuente de energía limpia y con pocos residuos biodegradables y al

mismo tiempo obteniendo un abono orgánico líquido apto para el desarrollo de las plantas, es decir, se puede utilizar estos desechos en un biodigestor el cual permite la producción de biogás y de lixiviado que se puede emplear como fertilizante (Toro, 2010; citado en Sánchez, 2017, pp.13-14).

Se aplica el principio de la sostenibilidad al emplear el estiércol de animales en la obtención de gas, debido a que se administra adecuadamente los recursos naturales, transformar la materia prima en energía, obtención de un abono orgánico líquido, generar empleo y aprovechamiento de los desechos (Sánchez, 2017, p.17).

## **2.2 Abonos**

### **2.2.1 Abonos orgánicos**

El abono orgánico se obtienen mediante la descomposición de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales transforman estos materiales en benéficos aportando nutrientes al suelo y a las plantas, el proceso de producción puede ser aeróbico o anaerobio, obteniendo abonos orgánicos líquidos y sólidos y por ende diferentes productos estables de alto valor como mejorador del suelo (Ramos, et al., 2014, p.53).

Los abonos orgánicos poseen elementos cruciales para la regulación de procesos relacionados a la productividad agrícola principalmente en la regulación los cultivos y del suelo, mantenido sus niveles originales de materia orgánica y el reemplazo de fertilizantes químicos, contribuyendo a la agricultura sustentables (Medina, et al., 2010; citados en Ramos, et al., 2014, p.53).

Entre los principales elementos nutritivos que conforman a los abonos orgánicos están sus altos contenidos de nitrógeno mineral, en su aplicación podrían originar un aumento en el contenido de materia orgánica del suelo, en su capacidad de retención de humedad y en el pH; contribuyen de igual manera en sus propiedades físicas mejorando la infiltración de agua, la estructura del suelo, la conductividad hidráulica y promueven un mejor estado fitosanitario de las plantas (Ramos, et al., 2014, pp.53-54).

### **2.2.2 Comparación de fertilizantes químicos y abonos orgánicos**

En la actualidad se considera el tema de la sustentabilidad, incluyendo el área agrícola conocida como agricultura ecológica u orgánica, incorporando de esta manera abonos orgánicos que ayuden al crecimiento de las plantas, como cualquier abono convencional, y al mismo tiempo contribuyan a la regeneración del suelo evitando la degradación ambiental, es decir, se ha

buscado la disminución del uso de fertilizantes y plaguicidas químicos los cuales tienen un alto costo económico y generan impactos ambientales negativos, como la emisión de GEI en algunas etapas de su ciclo (Delgado, et al., 2006; citados en Ramos, et al., 2014, p.53).

A nivel mundial en la producción agrícola se tiene como finalidad aumentar el rendimiento en los cultivos, por lo que tradicionalmente se ha empleado fertilizantes químicos, plaguicidas y herbicidas, los cuales cumplen con su objetivo, sin embargo, tienen efectos nocivos para la salud humana y para el ambiente, tanto en sus procesos de producción como en la generación de desechos, teniendo como principal señal de deterioro el recurso suelo, volviéndose infértil y degradado siendo inútil para la agricultura; el agotamiento de recursos y la liberación de contaminantes al ambiente han llegado a un extremo preocupante, que compromete la calidad de vida y la supervivencia de las generaciones presentes y futuras, razones por las cuales se ha buscado alternativas sustentables para remediar los daños ocasionados, entre estas alternativas es el reemplazo de químicos en la agricultura por abonos orgánicos (Jaime, et al., 2019, pp.63-64).

### **2.2.3 Valor nutricional de abonos orgánicos**

Los abonos orgánicos aportan significativamente a la composición y desarrollo nutricional de los cultivos, de acuerdo con Ramos et al. (2014, p.53), tienen altos contenidos de nitrógeno mineral, potasio, calcio y magnesio, los cuales también aumentan sus cantidades en las plantas, en cuanto a sus propiedades físicas esta la mejora de infiltración de agua, estructura del suelo y su conductividad hidráulica, disminuye la densidad y la tasa de vaporación.

Los abonos orgánicos comerciales deben tener valores totales mayores de 1% para cada uno de los nutrientes N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) mínima de 30 Meq.100g<sup>-1</sup> de muestra; el contenido de cenizas en un abono orgánico debe oscilar entre 10 y 20; un valor en su relación de carbono nitrógeno (C/N) entre 10 y 20 se propone como aceptable, y se considera que los abonos con valores menores de 10 tienen una liberación más rápida de nutrientes que aquellos con valores mayores de 20 (Pérez, et al., 2010, p. 34).

### **2.2.4 Propiedades de los abonos orgánicos**

Los abonos orgánicos poseen propiedades que ejercen determinados efectos sobre el suelo, aumentando la fertilidad de éste, actúan en el suelo tres tipos de propiedades principales.

#### 2.2.4.1 *Propiedades físicas*

Entre las principales propiedades físicas de los abonos orgánicos está su característico color oscuro, el cual permite absorber más la radiación solar por lo que el suelo adquiere y mantiene la temperatura y se puede absorber con mayor facilidad los nutrientes; mejora la estructura del suelo, volviendo más ligeros los suelos arcillosos y mejor estructurados a los arenosos; mejoran la permeabilidad del suelo, influyendo en el drenaje y aireación de éste; disminuyen la erosión del suelo, tanto hídrica como eólica; aumentan la retención de agua en el suelo, por lo que se absorbe más el agua cuando llueve o se riega y retienen el agua en el suelo durante mucho más tiempo en el verano (Mosquera, 2010, p. 6).

#### 2.2.4.2 *Propiedades químicas*

Los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo, su capacidad reguladora de cantidad de ácido o base, y, en consecuencia, reducen las oscilaciones de su pH; también aumentan la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que se incrementa la fertilidad (Mosquera, 2010, p. 6).

El pH del suelo según Ginés et al. (2002) es un indicador de múltiples de propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, el cual determina la asimilabilidad de los nutrientes por las raíces para tener un adecuado crecimiento y desarrollo, permite conocer la acides o alcalinices en la solución del suelo; tiene una escala de medición que está entre los valores de 0.0 a 14.0

Dos de los elementos más fundamentales en los abonos orgánicos son el carbono y el nitrógeno, siendo la relación de estos dos llamada carbono/nitrógeno o C/N es de suma importancia para la nutrición de cualquier organismos, este caso de especies vegetales, por lo que para una correcta fermentación deben encontrarse en las proporciones idóneas; esta relación indica la fracción de carbono orgánico frente a la de nitrógeno; la totalidad del nitrógeno orgánico presente en un residuo orgánico es biodegradable y por lo tanto disponible, por el contrario ocurre con el carbono orgánico ya que una gran parte se engloba en compuestos no biodegradables que impiden su disponibilidad en la agricultura (USDA Natural Resources Conservation, 2019).

De acuerdo con el manual del INIAP (2011, p. 11) las relaciones C/N entre 30:1 a 40:1 son las ideales para una buena descomposición, esto quiere decir que se tiene de 30 a 40 unidades de C y 1 de N; de igual manera presenta una interpretación de la relación C/N la cual establece una clasificación de acuerdo con tres intervalos: 1) mineralización es menor a 20:1 y existe un

incremento de la disponibilidad de nutrientes, 2) inmovilización cuando es mayor a 30:1 con una disminución de la disponibilidad de nutrientes, 3) la relación C/N está entre 20:1 y 30:1 puede presentar mineralización o inmovilización.

#### *2.2.4.3 Propiedades biológicas*

Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos; constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente (Mosquera, 2010 p. 6).

Otras de las aportaciones presentes en los abonos orgánicos por parte de la biología es el desempeño fundamental que cumplen las actividades de las comunidades microbianas, los cuales son los principales descomponedores de la materia orgánica, aportando biomasa al suelo, ayudan a la fragmentación, a la transformación y en la translocación de materiales orgánicos y al mismo tiempo mejoran algunas de sus propiedades físicas (Calderón, et al., 2018, p. 143).

### **2.3 Biol**

#### *2.3.1 Conceptos generales*

El biol forma parte de los abonos orgánicos líquidos, donde la materia orgánica se somete a un proceso anaerobio siendo este un proceso biológico siendo degradada en ambiente con ausencia de oxígeno generando gases, siendo el CO<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub> los más abundantes; empleando de esta manera los biodigestores producen biogás a través de los procesos de descomposición de la materia orgánica, y a su vez se genera un lixiviado líquido que puede ser empleado en los cultivos, conocido como biol (Sánchez, 2017, p.17).

En la actualidad son diversos los usos y tratamiento que se dan al estiércol proveniente del ganado vacuno, siendo la principal la técnica de biodigestión la cual produce biogás como alternativa de energía renovable, como producto residual de esta técnica se obtiene un efluente líquido y sólido, el biol y el biosol, que pueden ser empleados como abonos orgánicos debido a la gran cantidad de nutrientes que pueden ofrecer a los cultivos, entre otros beneficios están la reducción de GEI, el tratamiento de excretas disminuyendo la contaminación y posibles problemas de salud (Peralta, et al., 2016, p.2).

Los residuos sólidos orgánicos contienen varios componentes los cuales se los puede aprovechar para generar abonos orgánicos, como lo es el biol si se los somete a procesos

anaeróbicos, dentro de los cuales están las cascarras o residuos de frutas y vegetales o mediante material foliar que puede ser cualquier tipo de planta (Gonzabay, 2016, p.19). Otra forma de producción de biol es a través de la descomposición de estiércol de animales, donde esta materia orgánica es sometida a procesos anaeróbicos, en ausencia de oxígeno, para su descomposición (León, et al., 2019, p.1019).

### **2.3.2 Formas de obtención**

El biol se puede obtener de diferentes maneras de descomposición de la materia orgánica, entre ellas las más comunes son las siguientes:

#### **2.3.2.1 Lixiviado**

Es una sustancia líquida que se encuentra entre los residuos, se produce mediante procesos de fermentación y descomposición de la materia orgánica, obteniendo un líquido denso y de mal olor, producido por los líquidos de la materia orgánica o su combinación con agua (Roper, 2020).

#### **2.3.2.2 Digestión anaerobia**

Es un proceso mediante el cual los microorganismos descomponen la materia orgánica en un medio con ausencia de oxígeno, obteniendo como resultado del proceso un biogás y un efluente que es usado como biofertilizante (Bennardi, 2021, p. 1).

#### **2.3.2.3 Drenaje**

Mediante un proceso de filtración o decantación de un bioabono se separa la parte líquida de la sólida obteniendo como producto biol (Esto es agricultura, 2021).

#### **2.3.2.4 Pirolia**

Emplea un proceso de degradación térmica en ausencia de oxígeno, descomponiéndose por el calor, pudiendo reducir el volumen de los residuos y como subproducto producir combustibles (Quimica.es).

### **2.3.3 Beneficios**

Las principales propiedades que tiene un biol en beneficio a las plantas esta su aplicación foliar ayudando a fortalecer el mecanismo de defensa de las plantas, a través de ácidos orgánicos, vitaminas, aminoácidos, enzimas y diversidad de micronutrientes presentes en el producto; permite un mejor intercambio catiónico, permitiendo al suelo retener y liberar iones positivos mejorando la disponibilidad de nutrientes y la humedad del suelo; este abono orgánico líquido ayuda en el desarrollo y mejoramiento de las diferentes etapas de las plantas, como lo son la floración, germinación de semillas (COMSA, 2020).

Diversas investigaciones comprueban que la materia orgánica es un componente del suelo de gran importancia para un buen desarrollo de los cultivos, desafortunadamente por un mal manejo hacia los suelos agrícolas suelen perder gradualmente su contenido de materia orgánica, afectando la disminución del rendimiento en los ciclos de cultivo; a estos suelos si se les incorpora algún tipo de materia orgánica la respuesta del cultivo es extraordinaria, pudiéndose lograr incrementar el rendimiento de hasta diez veces en algunos casos; la materia orgánica, particularmente cuando proviene de estiércoles, contiene importantes cantidades de la mayoría de los nutrimentos esenciales para las plantas (INTAGRI, 2016).

Emplear el biol como abono orgánico es una práctica sostenible, debido al aprovechamiento de los recursos naturales y la disminución de contaminantes ambientales, principalmente si se emplea estiércol de ganado como materia orgánica, otros de sus principales beneficios es su bajo costo de preparación y se lo puede elaborar en base a insumos que se dispongan, teniendo una mayor adquisición por las personas (Cercado, et al., 2012).

### **2.3.4 Propiedades físicas**

Dentro de los componentes físicos que tiene un biol está la temperatura, la cual tiene una gran importancia en el proceso de fermentación o descomposición de la materia orgánica, debido a que promueve la actividad microbiana, las reducciones de temperatura se producen a causa de la falta de humedad y oxigenación, por ello también la importancia de estos dos componentes, lo que provoca la actividad metabólica de los microorganismos, así mismo, es preciso controlar las temperaturas altas ya que afectan a los microorganismos e impide el proceso de la descomposición de los residuos orgánicos (Ramos, et al., 2014, p. 53).

El color es otro de los componentes físicos de igual importancia en el biol, como se mencionó anteriormente el color oscuro del biol permite absorber más las radiaciones solares, la materia orgánica es de igual importancia en los bioles, debido a que según la cantidad añadida se tardaría más o menos su descomposición y tendría mayor o menor beneficios para los cultivos (Ramos, et al., 2014, p 54).

### **2.3.5 Componentes químicos**

#### **2.3.5.1 Macronutrientes**

Son elementos necesarios en grandes cantidades para asegurar el desarrollo y supervivencia de las plantas (Álvaro, 2019). Se dividen en primarios y secundarios, debido a su cantidad de disponibilidad en el biol, más no debido a su importancia, la falta de un nutriente secundario es tan perjudicial para el crecimiento de las plantas y la nutrición de los suelos como la de cualquiera de elemento primario.

##### ➤ Macronutrientes primarios

- Nitrógeno (N)

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes para el desarrollo y crecimiento de las plantas, por ello es relevante la presencia de este elementos en un fertilizante, debido a que ayudará en el desarrollo de nuevos brotes de las plantas y aumenta el número de sus hojas (Jiménez, 2011, p. 15).

- Fósforo (P)

En los suelos existe menos movilidad de fosforo, por ello es importante contener este nutriente en los fertilizantes a emplear en los cultivos, ayudando al crecimiento de las raíces y al establecimiento de la planta, se libera ácido fosfórico siendo de gran importancia en la nutrición vegetal, este elemento se traslada en los tejidos vegetales especialmente en los más viejos, principalmente este nutriente ayuda en la fotosíntesis, floración, fructificación, producción y calidad de semilla (Jiménez, 2011, pp. 18-20).

- Potasio (K)

El potasio incluido en el biol favorece al incremento de la producción del cultivo y ayuda con el mantenimiento y régimen hídrico, este elemento en las plantas ayuda a la regulación de las actividades de otros elementos esenciales (Jiménez, 2011, p. 22).

➤ Macronutrientes secundarios

- Magnesio (Mg)

La aplicación de magnesio en plantas favorece a la mejora del almacenamiento de azúcares, ayuda a la absorción y transporte de fósforo, aumenta la energía en la planta debido a la mejora en su fotosíntesis y ayuda a combatir plagas por su aumento en resistencia natural (Vadecultivo, 2022). En caso de que exista una deficiencia de este nutriente se notaría en las hojas más viejas, tornándose amarillas con venas verdes, también, se ocasionaría un pobre crecimiento y rendimiento (Chen, 2022).

- Calcio (Ca)

El calcio es un elemento que puede convertir un suelo estéril en un fértil, este nutriente es fundamental en las plantas debido a que actúan como elemento estructural y catalizador influyendo en la calidad y la producción (Revista agropuecuariaa Agricultura, 2017).

- Azufre (S)

El S es un nutriente que mejora muy significativamente el rendimiento de los cultivos y también su calidad nutricional, formando parte de las proteínas indispensables para las plantas y ayuda a la absorción de nutrientes. El azufre también es beneficioso para el suelo y para aumentar su fertilidad en todos los nutrientes esenciales y reduce el pH del suelo (García, 2016).

#### 2.3.5.2 *Micronutrientes*

Son elementos necesarios para el desarrollo de las plantas y realización de funciones vitales, en bajas cantidades en relación a los macronutrientes, su deficiencia provocaría deterioros en el desarrollo fisiológico de las plantas (Agroproductores, 2018).

- Zinc (Zn)

El zinc en las plantas puede sintetizar los carbohidratos, ayuda a los procesos de maduración y producción de semillas de igual forma ayuda en las etapas de la polinización y brinda a las plantas tolerancia ante patógenos (INTAGRI, 2022, b).

- Cobre (Cu)

El cobre es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, siendo su principal función en las planta la formación y conversión de aminoácidos; también tiene un papel importante en el desarrollo de color y sabor a los frutos, es particularmente importante para la formación de polen viable, la formación de semillas y la resistencia al estrés (INTAGRI, 2022, a).

- Manganeso (Mn)

El manganeso en las plantas tiene una participación en la síntesis de clorofila, asimilación de nitratos, síntesis de vitaminas, asimilación y transporte de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio (INTAGRI, 2017).

- Cloro (Cl)

El cloro presenta una gran movilidad dentro de la planta, emigrando con mucha facilidad hacia las partes de mayor actividad fisiológica, entre sus funciones hacia las plantas están, principalmente en el mantenimiento del gradiente de pH. En caso de que se produzca un exceso de cloro sus síntomas son muy similares a los producidos por deficiencia de potasio (AEFA, 2022).

## **2.4 Forma de producción de biol en la EET**

### **2.4.1 Biodigestor**

Según Vargas (2022, pp.45-49) diseñador y constructor del actual biodigestor presente en la EET se trata de un modelo tubular y cuenta principalmente con una entrada y una salida, una malla protectora del reactor, una válvula liberadora de presión, trampa de sulfuros, cubierta de protección; empleando como materia prima estiércol de ganado vacuno, el cual es perteneciente a otros proyectos pertenecientes a la estación, genera biogás debido a la liberación del metano

en la descomposición de la materia y un lixiviado el cual es conocido como biol, un abono orgánico líquido y es empleado en los cultivos de la zona para aumentar su nutrición y por ende su desarrollo.

#### **2.4.2 Generación de biol por medio de un biodigestor en la EET**

Una de las formas de producción de biol en la EET es mediante un biodigestor empleando ganado bobino y agua, 40 kilogramos y 120 litros respectivamente, empleando el triple de materia orgánica sólida en el líquido para que se pueda realizar su debida disolución y posteriormente fermentación brindando en su salida el abono orgánico líquido, teniendo un tiempo de espera de aproximadamente 30 días.

Otra de las formas de producción de biol en la EET es la que se realiza en el centro de bioconocimiento (CBio), donde es manera manual y convencional la técnica empleada, se utiliza un tanque reservorio de 200 L y los principales componentes empleados para la generación del abono líquido son residuos orgánicos de comida, follaje recolectado de los cultivos de la misma estación y agua, este proceso tiene un tiempo más prolongado de fermentación que el proceso mencionado anteriormente, debido a que no se somete a ninguna temperatura para acelerar el proceso microbiana.

### **2.5 Lineamientos del INIAP para abonos orgánicos**

#### **2.5.1 Lineamientos del INIAP para el biol**

Para entender de mejor manera los lineamientos de calidad del biol es importante establecer su definición, de acuerdo al Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), el cual lo define como:

*Son productos que resultan de la descomposición anaeróbica (fermentación) de materiales de origen animal (en especial estiércoles) y vegetal (residuos de cosechas). Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes. En agricultura se utilizan para ayudar a la germinación de las semillas, fortalecer las raíces, producción de follaje y floración de las plantas. Se pueden aplicar directamente al suelo y al follaje. Por lo general contienen fitohormonas, por lo que se les considera bioestimulantes (INIA, 2008; citado en Suárez, 2020, p.11).*

Los cuales de acuerdo a la definición establecida por el INIA el biol forma parte de los bioestimulantes, los cuales son “sustancias que actúan en la fisiología de las plantas de diferentes formas y por diferentes vías para promover el crecimiento y desarrollo de estas; además, mejoran su metabolismo y adaptación a condiciones adversas o de estrés” (Amador, et al., 2018; citados en Suárez, 2020, p.11).

### 2.5.2 Normativa para un biol de calidad

En “Fertilizantes o abono. Tolerancias” (NTE INEN 211: 98) sección perteneciente a la norma técnica ecuatoriana se establecen “las tolerancias mínimas y máximas permitidas en el grado garantizado de los fertilizantes o abonos, cuando se realice la inspección de fertilizantes”

De igual forma se establecen valores de tolerancia mínima y máxima que los nutrientes no deben de sobrepasar, dichos valores se presentan indicados en la tabla 2-1.

**Tabla 2-1:** Tolerancia. Garantía mínima y máxima

Nutriente garantizado %	Tolerancia mínima y máxima		
	Nitrógeno total N (+/-)	Fósforo asimilable P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (+/-)	Potasio soluble K <sub>2</sub> O (+/-)
4 o más	0,49	0,67	0,41
6	0,52	0,67	0,47
8	0,55	0,68	0,60
10	0,60	0,70	0,70
12	0,61	0,75	0,79
14	0,63	0,80	0,87
16	0,67	0,85	0,94
18	0,70	0,90	1,01
20	0,73	0,95	1,08
22	0,75	1,00	1,15
24	0,78	1,05	1,21
26	0,81	1,10	1,27
28	0,83	1,15	1,33
30	0,86	1,20	1,39
32 o más	0,88	1,25	1,44

Fuente: (NTE INEN 211: 98, p.1).

En caso de que se incluya macronutrientes se establece una tolerancia mínima y máxima para los fertilizantes líquidos específica, la cual se detalla en la tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Tolerancias. Garantía mínima y máxima de los macronutrientes secundarios y micronutrientes. Fertilizantes líquidos

Nutriente	Tolerancia mínima y máxima (+/-)
CaO	0,28 + 0,07 x G
MgO	0,33 + 0,083 x G
S	0,20 + 0,050 x G
Mo	0,0001 + 0,30 x G
Cl, Cu, Fe, Mn, Na, Zn	0,005 + 0,10 x G
B	0,003 + 0,15 x G

G = Es el grado garantizado en unidades de nutrientes

Fuente: (NTE INEN 211: 98, p.2).

### 2.5.3 Indicadores de calidad

De acuerdo con el INIAP (2022) se proporciona indicaciones de los principales elementos químicos y físicos presentes en muestras de abonos orgánicos, con sus debidas cantidades, expresadas en las tablas 2-1 y 2-2 . De igual forma existen mínimos y máximos declarados para cada uno de los nutrientes, como se expresa en la Tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Mínimos y máximos declarables de concentración de nutrientes

Nutrientes	Macro y micro nutrientes	
	Mínimo declarable (%)	Máximo declarable (%)
Nitrógeno (N)	1	-
Fósforo (P)	3	-
Potasio (K)	3	-
Calcio (Ca)	1	-
Magnesio (Mg)	1	-
Azufre (S)	1	30
Boro (B)	0,200	-
Cobre (Cu)	0,020	5
Hierro (Fe)	0,200	-
Manganeso (Mn)	0,100	-
Zinc (Zn)	0,200	-
Cloruro (Cl-)	2	-
Óxido de sodio (Na <sub>2</sub> O)	1	-

Fuente: (INIA, 2008; citado en Suárez, 2020, pp. 24-25).

### *2.5.3.1 Parámetros químicos*

Los indicadores químicos del biol son establecidos por el INIAP (2022), los cuales son: materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), boro (B), cloro (Cl), sodio (Na), cobre (Cu), manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn), potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (SDT); que ayudan a determinar la calidad de un abono orgánico, de acuerdo con estándares establecidos por el instituto, estos indicadores también demuestran su porcentaje de aportación de nutrientes para las plantas permitiendo un mejor desarrollo de las mismas.

### *2.5.3.2 Parámetros físicos*

Por otro lado también se encuentran los indicadores físicos del biol, que de igual manera de acuerdo con el INIAP (2022) los indicadores son: humedad, densidad, olor y el color, siendo obtenidos por simple inspección, excepto por la humedad; de acuerdo a experiencias por parte de personas que trabajan con bioles se dice que un biol es de calidad o está bien fermentado cuando no tiene olor y su color es claro, debido a que las bacterias han descompuesto toda la materia orgánica y no han dejado muchos residuos sólidos.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Localización de área de estudio

El presente proyecto técnico de integración curricular se realizó en la EET perteneciente a la ESPOCH, ubicada en la parroquia Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador; en el sector específico de la estación donde se desarrollan actividades de la FCP, en un biodigestor instalado en el año 2022, y por ende se emplea el estiércol del ganado perteneciente al sector donde se encuentra ubicado el biodigestor.

##### 3.1.1 *Ubicación geográfica*

- Latitud: Sur 1°44'54" Oeste 78°37'72"
- Altitud: 2 710 (m.s.n.m.)

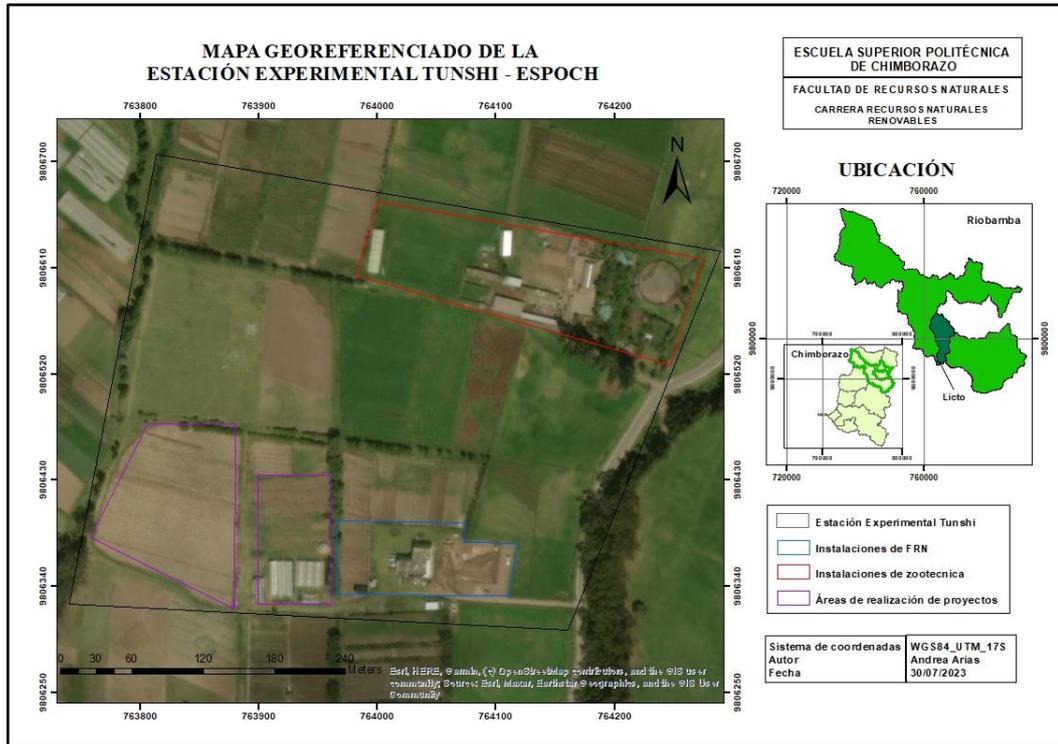
##### 3.1.2 *Caracterización ambiental del lugar*

De acuerdo con Yépez (2017, p. 284) nos menciona los parámetros climáticos que posee la parroquia Licto, los cuales podemos emplear como referencia para caracterizan a la EET, debido a su cercanía, son los siguientes:

- Temperatura promedio: entre 12 y 16°C
- Precipitación promedio: entre 400 y 500 mm
- Hidrología: sub cuenca del Rio Chambo, unidad hidrográfica Quebrada Gompue

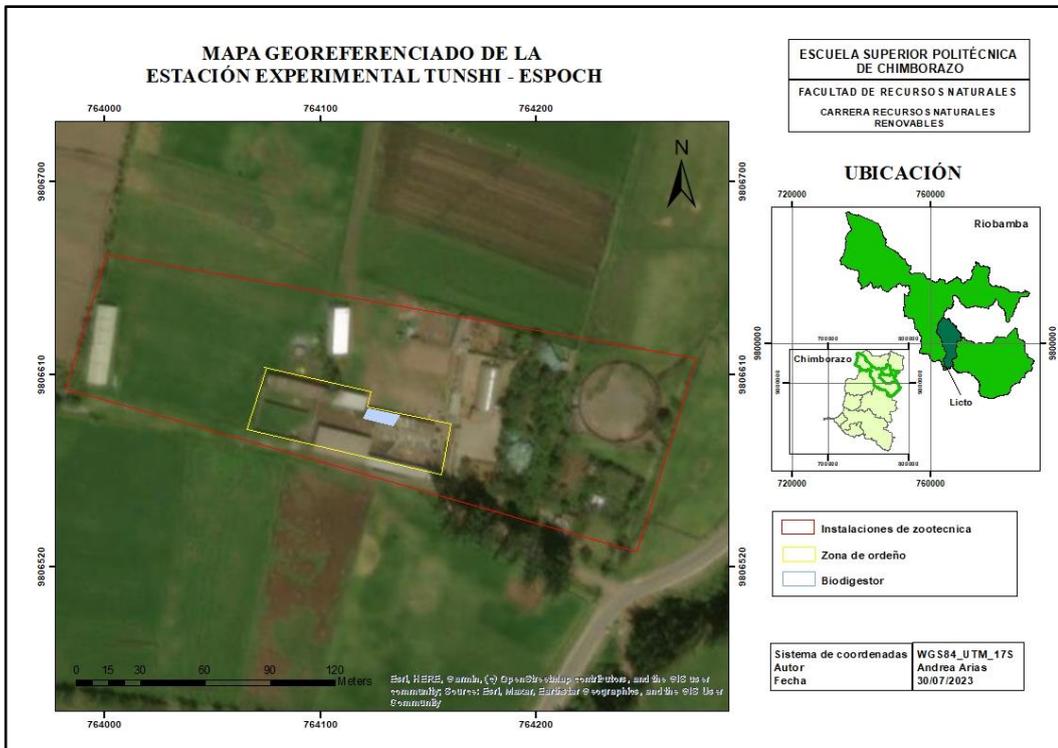
##### 3.1.3 *Mapa georreferenciado*

Se realizó un mapa representativo de la EET y del sector de la FCP, para poder indicar y reconocer el área, mediante la georreferenciación, donde se realizó el presente trabajo, en la ilustración 3-1 se presenta un mapa de referencia indicando el área de la EET, incluida la FCP, mientras que en la ilustración 3-2 se presenta únicamente a una mayor escala el sector donde se encuentra ubicado el biodigestor utilizado para la generación de las diferentes mezclas de biol.



**Ilustración 3-1:** Mapa de georreferenciación en la EET

Realizado por: Andrea Arias (2023)



**Ilustración 3-2:** Mapa de georreferenciación del sector de la FCP de la EET

Realizado por: Andrea Arias (2023)

### **3.2 Insumos disponibles en la EET**

Se realizó un listado de los insumos disponibles en la EET, los cuales se los considera para el establecimiento de las diferentes mezclas de biol que se realizaron, empleando así materiales o insumos a la disposición del lugar donde se realiza el biol y disponer una formulación correcta de acuerdo a las disponibilidades con las que se cuenta.

La información presente se la obtuvo por medio de dos métodos: inspección y observación de la zona, reconociendo principalmente los cultivos que se producen; y se realizó una entrevista al ingeniero Carlos Santos, el cual es el encargado de la estación de pecuarias de la EET, quien debido a su cargo nos ayudó con mayor información y datos precisos, las principales preguntas que se realizaron fueron en relación a las cabezas de ganado que pertenecen a esta zona de la estación, los tipos de ganados que se encuentran, la condición de cada uno y en caso de que estén enfermos cual es el proceso que se maneja con ellos, otra de las preguntas en relación a los insumos fue la producción que se genera con estos animales y los materiales que se emplean para su alimentación. A continuación se presenta un listado en relación a la recopilación de la información obtenida, en el cual se describe los insumos disponibles y necesarios para la formulación de diferentes mezclas de biol.

#### ***3.2.1 Inventario de animales ganaderos en la EET, perteneciente a la FCP***

- Ganado bovino: 50 cabezas
- Ganado equino: 30 cabezas

El ganado que se consideró en el listado está libre de enfermedades.

#### ***3.2.2 Inventario de cultivos producidos en la EET***

- *Zea mays* (maíz)
- *Cynodon dactylon* (pasto)
- *Avena sativa* (avena)
- *Hordeum vulgare* (cebada)
- *Triticum aestivum* (trigo)

#### ***3.2.3 Listado de insumos producidos con animales ganaderos en la EET***

- Leche
- Suero de leche

### 3.2.4 *Listado de insumos producidos por otras actividades realizadas en la EET*

- Ceniza, proveniente del calefón

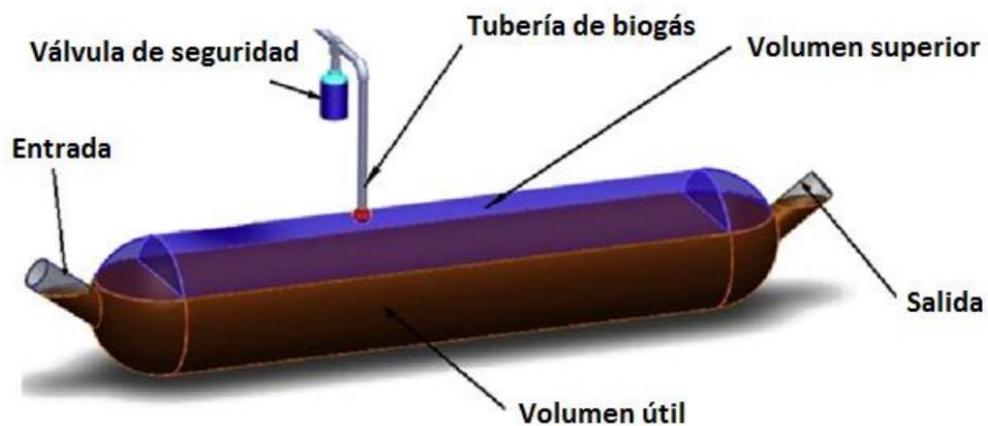
### 3.2.5 *Listado de insumos comprados para las actividades realizadas en la EET*

- Melaza, empleada para alimento de ganado

## 3.3 Biodigestor productor de biol

El biodigestor empleado para la producción de biol del presente proyecto técnico es perteneciente a la ESPOCH y ubicado en su extensión de la FCP de la EET; este biodigestor fue parte un trabajo de integración curricular del año pasado presentado por Vargas (2022), el tipo de biodigestor es tubular de flujo continuo, teniendo una capacidad optima de 5,47m<sup>3</sup> de producción de biol, abarcando a su vez 1300lt de gas que es empleado en una ducha de calefón.

A continuación, en la ilustración 3-3, se presenta una representación del diseño del biodigestor empleado para la producción de biol.



**Ilustración 3-3:** Diseño de biodigestor tubular de la EET.

**Fuente:** (García, et al., 2017, p.3).



**Ilustración 3-4:** Fotografía de biodigestor de la EET.

**Realizado por:** Andrea Arias (2023)

### **3.4 Carga de diferentes mezclas de biol**

Para cada una de las cargas se emplearon materiales necesarios para la generación de las diferentes mezclas, los cuales variaron en cada una de las mezclas, para comprobar la efectividad de cada uno de ellos.

Por otro lado, se emplearon diferentes materiales adicionales, también llamados equipos de trabajo, los cuales fueron empleados para el apoyo en la producción de las diferentes mezclas de biol, estos materiales no variaron en cada una de las mezclas generadas, los cuales son los siguientes:

- Pala
- Balde
- Caña
- Carretilla
- Guantes
- Botas

### 3.4.1 Primera mezcla

La forma de realizar las mezclas de biol del biodigestor de la EET es tradicional, empleando únicamente la materia prima orgánica, estiércol de ganado bobino, y agua para ayudar en el proceso de disolución de la materia orgánica, la cual es el triple de la cantidad de estiércol a emplear para ayudar en el proceso del biol; por ello en esta primera mezcla se empleó los mismos materiales y su porcentaje, para partir de ella como una base para las siguientes mezclas.

#### 3.4.1.1 Materiales

Los materiales empleados en la primera mezcla de biol se los expresa de forma porcentual, teniendo en consideración como volumen total el volumen de biol producido, el lixiviado generado por el biodigestor; estos materiales empleados se los ha utilizado en anteriores mezclas.

**Tabla 3-1:** Materiales empleados en la primera mezcla de biol

<b>Material</b>	<b>Cantidad en %</b>
Agua	69,2
Estiércol de ganado vacuno	30,8

**Realizado por:** Andrea Arias (2023)

En esta primera mezcla de biol, del total de biol producido, se empleó un 69,2% de cantidad de agua y un 30,8% de estiércol de ganado vacuno.

#### 3.4.1.2 Método

Para realizar el llenado del biodigestor se selló el tubo de la entrada de materia orgánica, para evitar el ingreso de sólidos sin diluir al biodigestor, y se comienza a cargar el biodigestor con los materiales ya mencionados, en este caso únicamente de estiércol y agua, el cual fue de forma equitativa el ingreso de los materiales, para evitar el tapado de la boca de entrada del biodigestor, en la entrada donde se procede a diluir el estiércol con agua para evitar el ingreso de grupos o sólidos, lo cual retrasaría el proceso de descomposición.

### 3.4.2 Segunda mezcla

Para la realización de la segunda mezcla de biol se empleó guías abaladas por el INIAP donde se han realizado con anterioridad mezclas de biol con materiales específicos, con el fin de cumplir con los parámetros de calidad indicados por la normativa NTE INEN 211: 98 de fertilizantes y abonos orgánicos.

#### 3.4.2.1 Materiales

Los materiales empleados para la segunda mezcla de biol son aplicados con la finalidad de obtener un abono orgánico de mayor calidad, basado en la prueba anterior realizada y de acuerdo con los insumos que se disponen en la EET, entre los materiales están los siguientes.

**Tabla 3-2:** Materiales empleados en la segunda mezcla de biol

<b>Material</b>	<b>Cantidad en %</b>
Agua	58,4
Suero de leche de vaca	0,6
Estiércol de ganado vacuno	38,96
Panela	1,95
Levadura	0,08

**Realizado por:** Andrea Arias (2023)

Esta mezcla se divide en materiales líquidos y sólidos, debido a que se emplearon más de uno de cada división, los insumos líquidos empleados contribuyen con un 59,08% y un 40,92% por parte de los sólidos, dentro de los líquidos se constan: un 58,5% de agua, siendo más de la mitad del total, un 0,58% de suero de leche; por otro lado dentro de los materiales sólidos está: un 38,9% de estiércol de ganado vacuno, un 1,95% de panela disuelta y un 0,07% de levadura. Los materiales con mayor porcentaje empleado fueron el agua y el estiércol, siendo aún los más importantes para la producción de biol.

#### 3.4.2.2 Método

No está definido un tiempo de espera para la realización de una nueva mezcla, debido a que no se presentaría ningún inconveniente si son seguidas, lo único que se debe de asegurar es extraer todo el lixiviado y residuos de la mezcla pasada, para no tener alteraciones en los resultados

Lo primero que se realizó es una limpieza del tubo del biodigestor, ingresando agua y sacando el restante de la mezcla anterior, y de la misma forma se requiere de una limpieza de la salida de lixiviados y del lugar donde se almacena; se realiza esto para evitar tener alteraciones en los resultados del biol de la segunda mezcla, los cuales se podrían combinar con los de la primera mezcla.

Se procedió a realizar la carga del biodigestor con los nuevos materiales ya mencionados siguiendo los mismos pasos realizados en la primera llenada del biodigestor, al momento de realizar la disolución del estiércos se va incorporando los materiales adicionales, la panela diluida, el suero de leche y la levadura, para que de igual manera se integren y estén proporcionados para un mayor efecto en la etapa de fermentación.

### 3.4.3 Tercera mezcla

Para la realización de la tercera mezcla de biol, al igual que en la anterior mezcla ya descrita, se empleó guías abaladas por el INIAP donde se han realizado con anterioridad mezclas de biol con materiales específicos, con el fin de cumplir con los parámetros de calidad indicados por la normativa NTE INEN 211: 98 de fertilizantes y abonos orgánicos.

#### 3.4.3.1 Materiales

De igual manera que en la mezcla anterior, esta tercera mezcla emplea materiales disponibles en la EET, los cuales se detallan a continuación junto a sus cantidades.

**Tabla 3-3:** Materiales empleados en la tercera mezcla de biol

Material	Cantidad en %
Agua	52,0
Melaza	6,0
Leche de vaca	2,6
Estiércol de ganado vacuno	34,6
Ceniza	1,8
Hojas de alfalfa	3,0

**Realizado por:** Andrea Arias (2023)

Al igual que la mezcla anterior se emplearon insumos líquidos y sólidos, teniendo un 60,6% y un 39,4% correspondiente a cada uno, dentro de los materiales líquidos empleados está: un 52%

de agua, 6% de melaza y un 2,6% de leche; por otro lado los materiales que constituyen a los sólidos son: un 34,7% de estiércol de ganado vacuno, un 1,8% de ceniza y un 2,9% de alfalfa. Donde sigue prevaleciendo los porcentajes de agua y estiércol.

#### 3.4.3.2 *Método*

Para la realización de la tercera mezcla de biol, al igual que en la segunda, se realizó previamente una limpieza de la cisterna de almacenamiento del lixiviado, extrayendo todo el biol producido con anterioridad y limpiándolo por completo, para no generar alteraciones en los resultados de esta tercera carga, debido a que los insumos empleados para ella son diferentes a los que se empleó en la segunda.

La carga se la realizó siguiendo los mismos pasos que las anteriores, diluyendo los sólidos con los líquidos para evitar un taponamiento del biodigestor.

### **3.5 Toma de muestras**

El método empleado para tomar una muestra del biol producido fue de acuerdo a las normas establecidas para la toma de muestra de un digestor, la cual se acopla al tipo de reservorio que posee el biodigestor que produce este biol; se realizó una toma de muestra homogénea y para ello se tomó la muestra en diferentes espacios de la cisterna, a lo largo de ella se tomó en tres puntos, al inicio, el medio y al final, de igual manera a lo profundo de ella, en las tres filas tomadas al horizontal se tomó las verticales. La base de esta metodología proviene de la norma establecida por el NTE INEN 220: 2013 donde se expresa el tipo y la forma de muestrear fertilizantes y abonos orgánicos.

Para cada una de las tomas de muestras de las diferentes mezclas de biol se emplearon materiales para recolectarlas, las cuales se las menciona en el siguiente listado:

- Biol producido en el biodigestor de la EET
- Balde de tamaño pequeño
- Balde de tamaño grande, para homogenizar la muestra
- Frasco esterilizado

### 3.6 Análisis de laboratorio

Cada una de las muestras tomadas de las diferentes mezclas de biol producidas fueron llevadas para realizar análisis en laboratorios y poder evaluar las características físicas y químicas de cada una de las mezclas realizadas. Los resultados obtenidos en cada una de las muestras de las diferentes mezclas de biol se las compararon con las tolerancias mínimas permitidas según lo establecido en la normativa NTE INEN 211: 98 en la garantía de un fertilizante orgánico y un fertilizante líquido orgánico, también se realizaron comparaciones de acuerdo al manual del INIAP de sus mínimos declarables de concentración de nutriente para fertilizantes, estos valores comparativos se presentan en las tablas 2-1, 2-2 y 2-3.

Los laboratorios empleados para los análisis de cada uno de los nutrientes fueron dos pertenecientes a la institución de la ESPOCH, el uno siendo el Laboratorio de Suelos perteneciente a la Facultad de Recursos Naturales y el otro Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias; y el tercer Laboratorio de Análisis Químico privado 'Tox-Chem'.

Los métodos empleados en la realización de la evaluación de los diferentes componentes se presentan en la tabla 3-1.

**Tabla 3-4:** Método empleado en los nutrientes analizados

Nutrientes evaluados	Método de análisis	Muestra en la que se evaluó
Nitrógeno total	Kjeldahl	1, 2 y 3
Fósforo total	Colorimetría	1, 2 y 3
Potasio (K)	Espectrofotometría	1, 2 y 3
Calcio (Ca)	Espectrofotometría	1, 2 y 3
Magnesio (Mg)	Espectrofotometría	1, 2 y 3
Sulfuro (S <sup>2-</sup> )	Espectrofotometría UV-VIS	2 y 3
Cobre (Cu)	Espectrofotómetro visible	1, 2 y 3
Hierro (Fe)	Espectrofotometría	1, 2 y 3
Manganeso (Mn)	Espectrofotometría	1, 2 y 3
Zinc (Zn)	Espectrofotometría	1, 2 y 3
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	Titulación	1, 2 y 3
pH	Peachimetro	1, 2 y 3
M.O.	Ignición	1, 2 y 3
C.E.	Conductímetro	1, 2 y 3
Humedad	Gravimétrico	1, 2 y 3
Densidad	Gravimétrico	1, 2 y 3
SDT	Métodos físicos	1, 2 y 3

Realizado por: Andrea Arias (2023)

### **3.7 Registro de datos**

Se tomó un registro constante de las diferentes mezclas de biol realizadas, en el cual se consideró los aspectos indicados en el anexo M, N y Ñ.

#### **3.7.1 *Tiempo***

Es el principal aspecto considerado, en el cual se llevó un registro todos los días de la evolución del lixiviado, desde que se realizaron las cargas hasta la finalización del proceso de fermentación del biol, y como iba cambiando en cada uno de los días registrados y el tiempo de cambio de los otros aspectos considerados.

#### **3.7.2 *Olor***

Debido a que uno de los parámetros a considerar para determinar que un biol está completamente fermentado es la pérdida de su olor a estiércol.

#### **3.7.3 *Color***

Registrando si en el transcurso de la fermentación del biol hay alguna variedad en este aspecto, siendo considerado a mi propio criterio, debido a que no se cuenta con un estándar para medir el color del biol.

#### **3.7.4 *Disolución***

Se consideró la solución de los sólidos agregados y la espera de tener completamente un lixiviado, considerando los días de la fermentación para la disolución de los sólidos suspendidos sobre el biol.

## CAPITULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 4.1 Resultados de parámetros físicos y químicos en diferentes mezclas de biol

##### 4.1.1 Primera mezcla de biol

##### 4.1.1.1 Formulación empleada

En esta primera mezcla se empleó una formulación de materiales tradicional, es decir, como comúnmente se realizaba el biol en la EET, la cual consiste en la siguiente proporción de insumos:

- 40 Kg de estiércol de ganado vacuno
- 120 L de agua

##### 4.1.1.2 Resultados de evaluaciones fisicoquímicas

El biol obtenido del biodigestor tuvo un tiempo de 10 días en aparecer el lixiviado y su proceso de fermentación fue de 30 días, obteniendo 160 L de biol producido con los respectivos insumos y cantidades colocadas; al cabo de los días mencionados no se percibió un mal olor característico del estiércol, siendo el momento adecuado para su uso y en este caso fue el momento adecuado para la toma de muestra y sus respectivos análisis de sus indicadores fisicoquímicas del biol producido en el biodigestor perteneciente a la EET, logrando tener los valores presentados en la tabla 4-1 y evidenciada en los anexo B y C.

**Tabla 4-1:** Indicadores analizados de la muestra 1 del biol

	Biol de biodigestor de EET				Normativa NTE INEN 211: 98	Manual del INIAP
	Parámetros	Resultados	Unidad	Técnica analítica		
<b>Biol</b>	Nitrógeno (N)	0,04	%	Kjeldahl	0,49	3
	Fósforo (P)	0,03	%	Colorimetría	-	-
	Potasio (K)	0,02	%	Espectrofotometría	-	-
	Calcio (Ca)	0,0728	%	Espectrofotometría	-	-
	Magnesio (Mg)	0,56	%	Espectrofotometría	-	-
	Cobre (Cu)	0,0001	%	Espectrofotómetro visible	0,005	0,002
	Hierro (Fe)	0,508	%	Espectrofotometría	0,005	0,020

<b>Muestra 1</b>	Manganeso (Mn)	0,00071	%	Espectrofotometría	0,005	0,010
	Zinc (Zn)	0,0307	%	Espectrofotometría	0,005	0,020
	Cloruro (Cl-)	0,00369	%	Titulación	0,005	2,00
	pH	8,32	-	Peachimetro	-	-
	M.O.	32,43	%	Ignición	-	-
	C.E.	7,28	-	Conductímetro	-	-
	Humedad	99,961	%	Gravimétrico	-	-
	Densidad	0,98672	mg/L	Gravimétrico	-	-
	SDT	4,643	mg/L	Métodos físicos	-	-

**Realizado por:** Andrea Arias (2023)

De acuerdo con la normativa NTE INEN 211:98 y el manual del INIAP (Suárez, 2020) el N presente en la primera mezcla de biol realizada no alcanza los mínimos establecidos al igual que otros elementos como el Cu, Mn y Cl-; por otro lado, el Fe y el Zn superan los mínimos establecidos es las dos guías empleadas de referencia. El pH presente en esta primera mezcla es de 8,32 siendo considerado alcalino y su C.E. de 7,28 catalogado como salino; otro indicador analizado fue el porcentaje de M.O. el cual tuvo un valor de 32,43%.

Entre otros indicadores del biol se encuentra el olor y el color, los cuales no son medibles mediante un laboratorio, sin embargo en esta primera muestra se pudo comprobar que no se percibe algún olor desagradable, se mantiene neutro, por otro lado su color es un café ligeramente oscuro.

#### 4.1.1.3 Eficiencia del biol

La eficiencia del biol se la puede calcular mediante la siguiente formula.

$$Eficiencia\ de\ biol\ 1 = \frac{L\ de\ lixividado}{L\ de\ total\ agregado} \times 100\%$$

$$Eficiencia\ de\ biol\ 1 = \frac{160\ L}{173,3\ L} \times 100\%$$

$$Eficiencia\ de\ biol\ 1 = 92,33\%$$

Obteniendo como resultado un 92,33% del rendimiento del proceso de digestión es decir, de la eficiencia en esta primera mezcla de biol.

#### 4.1.2 Segunda mezcla de biol

##### 4.1.2.1 Formulación empleada

La formulación empleada en la segunda mezcla de biol fue modificada, según la formulación tradicional, empleando diferentes materiales que ayuden en la mejora de la eficacia del biol, se redacta a continuación la cantidad respectiva de cada insumo:

- 50 Kg de estiércol de ganado vacuno
- 2,5 Kg de panela
- 100 g de levadura
- 1 L de suero de leche
- 100 L de agua

##### 4.1.2.2 Resultados de evaluaciones fisicoquímicas

En la segunda mezcla de biol que se realizó se emplearon materiales diferentes que en la primera, o que en la forma tradicional, estos insumos añadidos se los incorporó con la intención de mejorar los valores en los indicadores fisicoquímicos del biol a analizar, logrando disminuir el tiempo de generación de lixiviado y de fermentación, donde fueron 7 días la generación del lixiviado y de 18 días cuando perdió por completo el olor a estiércol, siendo utilizado y tomando las respectivas muestras en el día 18, donde no presentaba un olor desagradable y su color cambió a café muy oscuro, en comparación con la primera mezcla de biol y se obtuvo 152 L de biol, obteniendo como resultados los valores presentados en la tabla 4-2 y evidenciada en los anexo D, E y F.

**Tabla 4-2:** Indicadores analizados de la muestra 2 del biol

	Biol de biodigestor de EET				Normativa NTE INEN 211: 98	Manual del INIAP
	Parámetros	Resultados	Unidad	Técnica analítica		
<b>Biol Muestra 2</b>	Nitrógeno (N)	0,11	%	Kjeldahl	0,49	3
	Fósforo (P)	0,13	%	Colorimetría	-	-
	Potasio (K)	0,21	%	Espectrofotometría	-	-
	Calcio (Ca)	0,099	%	Espectrofotometría	-	-
	Magnesio (Mg)	0,78	%	Espectrofotometría	-	-
	Sulfuro (S <sup>2-</sup> )	0,15	mg/L	Espectrofotometría UV-VIS	-	-
	Cobre (Cu)	0,0005	%	Espectrofotómetro visible	0,005	0,002
	Hierro (Fe)	0,17	%	Espectrofotometría	0,005	0,020
	Manganeso (Mn)	0,00137	%	Espectrofotometría	0,005	0,010

Zinc (Zn)	0,0177	%	Espectrofotometría	0,005	0,020
Cloruro (Cl-)	0,00425	%	Titulación	0,005	2,00
pH	7,17	-	Peachimetro	-	-
M.O.	50,32	%	Ignición	-	-
C.E.	3,14	-	Conductímetro	-	-
Humedad	85,12	%	Gravimétrico	-	-
Densidad	1,02256	mg/L	Gravimétrico	-	-
SDT	1,784	mg/L	Métodos físicos	-	-

**Realizado por:** Andrea Arias (2023)

Acorde con los valores de tolerancia mínimas y concentración de nutrientes de la normativa NTE INEN 211:98 y el manual del INIAP (Suárez, 2020) el N no cumple con estos mínimos en la segunda mezcla de biol al igual que otros elementos como el Cu, Mn y Cl-; sin embargo, el Fe y el Zn superan los mínimos establecidos es las dos guías empleadas de referencia. El pH presente en esta segunda mezcla es de 7,17 considerado como neutro y su C.E. de 3,14 catalogado como salino. El valor de M.O. encontrada en esta segunda mezcla fue de 50,32%.

#### 4.1.2.3 Eficiencia del biol

La eficiencia del biol se la puede calcular mediante la siguiente formula.

$$\text{Eficiencia de biol 2} = \frac{L \text{ de lixividado}}{L \text{ de total agregado}} \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia de biol 2} = \frac{152 L}{171,13 L} \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia de biol 2} = 88,82\%$$

La segunda mezcla de biol presenta un 88,82 % de eficiencia en su proceso de digestión.

#### 4.1.3 Tercera mezcla de biol

##### 4.1.3.1 Formulación empleada

Por ultimo en la tercera mezcla de biol la formulación empleada fue modificada según los resultados obtenidos de la segunda mezcla de biol, añadiendo materiales a ella para mejorar su eficiencia, las cantidades empleadas en esta nueva formulación se redactan a continuación:

- 50 Kg de estiércol de ganado vacuno
- 12 L de melaza
- 5 L de leche
- 3 Kg de ceniza
- 4 Kg de hoja de alfalfa
- 100 L de agua

#### 4.1.3.2 Resultados de evaluaciones fisicoquímicas

Por último la tercera mezcla de biol realizada tardó 5 días en presentar el lixiviado en el biodigestor y un total de 14 días para completar su fermentación, perdiendo su olor desagradable por completo y manteniendo un ligero aroma a dulce y su color fue de un café claro, debido a la incorporación de materiales adicionales en esta mezcla de biol, con el propósito de incrementar los nutrientes del biol y disminuir el tiempo de fermentación, el biol total obtenido fue de 178 L; los resultados obtenidos en esta tercera mezcla se los presenta en la tabla 4-2 y evidenciada en los anexo G, H y I.

**Tabla 4-3:** Indicadores analizados de la muestra 3 del biol

	Biol de biodigestor de EET				Normativa NTE INEN 211: 98	Manual del INIAP
	Parámetros	Resultados	Unidad	Técnica analítica		
<b>Biol Muestra 3</b>	Nitrógeno (N)	0,20	%	Kjeldahl	0,49	3
	Fósforo (P)	0,30	%	Colorimetría	-	-
	Potasio (K)	0,55	%	Espectrofotometría	-	-
	Calcio (Ca)	3,34	%	Espectrofotometría	-	-
	Magnesio (Mg)	1,40	%	Espectrofotometría	-	-
	Sulfuro (S <sup>2-</sup> )	0,17	mg/L	Espectrofotometría UV-VIS	-	-
	Cobre (Cu)	0,065	%	Espectrofotómetro visible	0,005	0,002
	Hierro (Fe)	0,00319	%	Espectrofotometría	0,005	0,020
	Manganeso (Mn)	<1	%	Espectrofotometría	0,005	0,010
	Zinc (Zn)	0,00041	%	Espectrofotometría	0,005	0,020
	Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	0,00305	%	Titulación	0,005	2,00
	pH	7,61	-	Peachimetro	-	-
	M.O.	48,77	%	Ignición	-	-
	C.E.	7,06	-	Conductímetro	-	-
	Humedad	98,471	%	Gravimétrico	-	-
	Densidad	0,993676	mg/L	Gravimétrico	-	-
	SDT	3,802	mg/L	Métodos físicos	-	-

Realizado por: Andrea Arias (2023)

La normativa NTE INEN 211:98 y el manual del INIAP (Suárez, 2020) indican los nutrientes de esta tercera mezcla de biol producido que alcanzan los mínimos establecidos, donde el N, Fe, Mn, Zn y el Cl<sup>-</sup> no alcanza los mínimos establecidos; por otro lado, el Cu supera los mínimos establecidos es las dos guías empleadas de referencia. El pH presente en esta tercera mezcla es de 7,61 siendo considerado ligeramente alcalino y su C.E. de 7,06 catalogado como salino. En esta tercera mezcla de biol los valores obtenidos en la M.O. son de 48,77%.

#### 4.1.3.3 Eficiencia del biol

La eficiencia del biol se la puede calcular mediante la siguiente formula.

$$\text{Eficiencia de biol 3} = \frac{L \text{ de lixividado}}{L \text{ de total agregado}} \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia de biol 3} = \frac{178 L}{192,63 L} \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia de biol 3} = 92,41\%$$

La segunda mezcla de biol presenta un 92,41 % de eficiencia en su proceso de digestión.

## 4.2 Discusión de resultados obtenidos

Se realizaron tres diferentes mezclas de biol en el biodigestor de la EET, en cada una de ellas se emplearon materiales distintos, comparando los resultados obtenidos de la anterior mezcla y agregando insumos que podrían mejorar su composición nutricional, esto se lo realizó con el fin de incrementar los nutrientes del biol y hacerlo más eficiente, analizando en laboratorios sus indicadores físicos y químicos de calidad, siendo ellos los elementos analizados: N, P, K, Ca, Mg, S<sup>2-</sup>, Cu, Fe, Mn, Zn, Cl<sup>-</sup>, pH, M.O., C.E., humedad, densidad y SDT; y compararlos con las tolerancias mínimas establecidas en la normativa NTE INEN 211: 98 de fertilizantes y abonos orgánicos y con los mínimos declarables de concentración de nutrientes establecidos en el manual del INIAP.

Se empleó estas dos guías debido a que las mezclas de biol no superan todos los estándares establecidos en la normativa NTE INEN 211: 98, pero si alcanza los propuestos establecidos en el manual del INIAP, los cuales son mínimos también declarables y para determinar la calidad de un fertilizante orgánico; otro motivo de su uso fue debido a que la normativa no presenta los

mismos nutrientes analizados en las mezclas de biol, por lo cual el manual complementaría y daría valores a comparar de estos nutrientes. Cabe destacar que estas dos guías empleadas muestran únicamente tolerancias mínimas para fertilizantes y abonos orgánicos en general, y fertilizantes líquidos, no estableciendo de una manera más específica los mínimos declarables para bioestimulantes, que es la clasificación a la que pertenece el biol.

En la tabla 4-4 se realiza una comparación de los resultados obtenidos de los análisis físicoquímicos realizados en cada mezcla de biol y las tolerancias mínimas establecidas en la normativa NTE INEN 211: 98 y el manual del INIAP.

**Tabla 4-4:** Comparación de 3 diferentes mezclas de biol con la normativa NTE INEN 211: 98 y el manual del INIAP

Nutrientes	Resultados			Unidad	Garantía de un fertilizante líquido NTE INEN 211: 98	Mínimos declarables de INIAP
	Biol 1	Biol 2	Biol 3			
Nitrógeno (N)	0,04	0,11	0,20	%	0,49	3
Fósforo (P)	0,03	0,13	0,30	%	-	-
Potasio (K)	0,02	0,21	0,55	%	-	-
Calcio (Ca)	0,0728	0,099	3,34	%	-	-
Magnesio (Mg)	0,56	0,78	1,40	%	-	-
Sulfuro (S <sup>2-</sup> )	-	0,15	0,17	mg/L	-	-
Cobre (Cu)	0,0001	0,0005	0,065	%	0,005	0,002
Hierro (Fe)	0,508	0,17	0,00319	%	0,005	0,020
Manganeso (Mn)	0,00071	0,00137	<1	%	0,005	0,010
Zinc (Zn)	0,0307	0,0177	0,00041	%	0,005	0,020
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	0,00369	0,00425	0,00305	%	0,005	2,00
pH	8,32	7,17	7,61	-	-	-
M.O.	32,43	50,32	48,77	%	-	-
C.E.	7,28	3,14	7,06	mS/cm	-	-
Humedad	99,961	85,12	98,471	%	-	-
Densidad	0,98672	1,02256	0,993676	mg/L	-	-
SDT	4,643	1,784	3,802	mg/L	-	-
Eficiencia	92,33	88,82	92,41	%	-	-

**Realizado por:** Andrea Arias (2023)

El N obtenido en cada mezcla de biol varía debido a los diferentes insumos incorporados en cada una, donde la tercera mezcla presenta mayores niveles de este nutriente debido a que en la formulación empleada en esta última mezcla se ha incorporado hojas de alfalfa, siendo esta planta rica en nitrógeno y aportando a incrementar sus niveles, se empleó este insumo debido a

su propiedad de fijación de nitrógeno al suelo y provee elementos químicos que eliminan y controlan algunas plagas.

El P y K de igual manera aumentaron en las diferentes mezclas de biol, siendo la primera mezcla con una menor cantidad de biol empleando una fórmula tradicional para la realización del bioestimulante. Cabe destacar que los tres macronutrientes principales que necesita una planta para su desarrollo óptimo son N, P y K, los cuales en la tercera mezcla de biol presentan los valores más altos en relación a las otras dos mezclas realizadas.

Por otro lado los macronutrientes secundarios para el desarrollo de las plantas son el Ca y el Mg, los cuales de igual manera presentaron los valores más altos en la tercera mezcla de biol realizada, debido a los diferentes elementos con carbohidratos incorporados en la formulación de esta mezcla, como lo es la leche y la melaza incorporadas en esta mezcla, por otro lado, la segunda mezcla presenta los valores más bajos de Ca y es por la incorporación de suero de leche, el cual no cuenta con carbohidratos que ayudan a la generación de Ca, debido a su composición en la cual pierde estos nutrientes al ser filtrado.

Entre los nutrientes adicionales estudiados están el Fe y el Zn los cuales presentan mejores resultados en la primera y segunda mezcla, esto es debido a la incorporación de materiales ricos en estos dos nutrientes, como lo fue la levadura incorporada en la segunda mezcla aportando al incremento de estos nutrientes en el biol.

Otro nutriente a destacar en esta evaluación fisicoquímica de diferentes mezclas de biol es el cloro el cual no presenta valores altos, estando por debajo de los mínimos establecidos por la normativa NTE INEN 211: 98 y no alcanzando los mínimos declarables para ser considerados según lo establecido en el manual del INIAP (Suárez, 2020), presumiblemente es debido a la proveniencia del agua empleada para las mezclas de biol, siendo el caso de la mezcla dos que presenta valores más altos debido a que se empleó agua municipal, mientras que en la primera y tercera mezcla de biol se empleó agua del reservorio de la EET, la cual tiene un proceso de tratamiento diferente.

El pH es un indicador químico evaluado que permitió declarar el potencial de hidrógeno presente en cada mezcla de biol, donde el resultado favorable es tener un pH neutro, que no altere el contenido del suelo, dentro de los resultados obtenidos en las mezclas la primera presenta un valor de 8,32 que indica que es alcalino, en la tercera un 7,61 siendo ligeramente

alcalino y por último la segunda mezcla es la que cumple con un pH neutro de 7,17, siendo el ideal para emplear como bioestimulante.

Dentro de los indicadores físicos evaluados está la M.O. la cual según Pozo (2019, p. 4) en otros bioles producidos con ganado bovino se suele encontrar hasta 40,48% de materia orgánica, por lo que en la segunda y tercera mezcla de biol se supera esta cantidad comúnmente encontrada, con un 50,32% y un 48,77% respectivamente, el beneficio que el biol tenga altos valores de M.O. permite al suelo incorporar estos nutrientes incrementando sus valores de M.O. y volviéndolo más fértil, debido a que constituye una reserva de N y ayuda en su estructura.

Se realizó un cálculo de eficiencia del biol, verificando en cada mezcla el rendimiento del proceso de digestión, para ello se empleó el los datos obtenidos del total de insumos agregados a la mezcla y el total del lixiviado producido, obteniendo como resultado en la primera mezcla una eficiencia del 92,33%, en la segunda de un 88,82% y en la tercera, con el valor más alto, 92,41%.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se desarrollaron tres diferentes mezclas de biol y en cada una se emplearon diferentes insumos disponibles de la EET con la intención de mejorar su composición, empleando principalmente estiércol de ganado vacuno y agua, como lo fue en la primera mezcla empleando únicamente estos dos insumos con un 30,8% de agua y un 69,2% de estiércol, siguiendo la forma tradicional para hacer biol, sin embargo, para las siguientes mezclas de emplearon materiales de acuerdo con guías autorizadas por el manual del INIAP, donde en la segunda mezcla se utilizó un 58,4% de agua, 0,6% de suero de leche de vaca, 38,96% de estiércol de ganado vacuno, 1,95% de panela y un 0,08% de levadura, y por último en la tercera mezcla de biol realizada se añadieron otros materiales donde un 52% fue de agua, 6% de melaza, 2,6% de leche de vaca, 34,6 de estiércol, 1,8% de ceniza y un 3% de hojas de alfalfa.
- Se caracterizó los parámetros fisicoquímicos de las tres mezclas de biol que se realizaron, estos análisis se los realizaron en los laboratorios de la ESPOCH de suelos de la facultad de RN y en el de calidad de agua de la facultad de ciencias y un laboratorio particular químico llamado Tox-Chem, en los cuales se analizaron diferentes compuestos entre ellos: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), sulfuro ( $S^{2-}$ ), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cloruro ( $Cl^{-}$ ), potencial de hidrógeno (pH), materia orgánica (M.O), conductividad eléctrica (C.E), humedad, densidad y solidos disueltos totales (SDT), estos parámetros analizados permitieron obtener información de los nutrientes de las diferentes mezclas de biol, también se consideraron otros parámetros físicos como el olor, color y tiempo de los diferentes vióles obtenidos.
- Se determinó que la tercera mezcla de biol realizada en un biodigestor perteneciente a la EET posee una formulación más eficiente, en comparación a las otras dos mezclas realizadas, debido a que posee valores en sus nutrientes que superan las tolerancias mínimas establecidas por la normativa NTE INEN 211: 98 y los mínimos declarables de concentración de nutrientes de acuerdo al manual del INIAP; dentro de esta mezcla de biol la formulación empleada conlleva diferentes insumos los cuales son: 50 Kg de estiércol de

ganado vacuno, 3 Kg de ceniza, 4 Kg de hoja de alfalfa, 12 L de melaza, 5 L de leche de vaca y 100 L de agua, produciendo un total de 178 L de biol.

## 5.2 Recomendaciones

- Uno de los inconvenientes presentados al momento de realizar las mezclas de biol fue la lluvia, debido a que el biodigestor empleado de la EET se encuentra al exterior no presenta alguna cubierta, lo cual permite el ingreso de agua de lluvia, pudiendo perjudicar y alterar los componentes del biol a producirse; por ello es recomendable la instalación de un techado para evitar inconvenientes de este tipo o construir un biodigestor al interior, asegurando que no se presente ningún inconveniente como podría llegar a ser la entrada de animales al reactor.
- Se realizaron 3 diferentes mezclas de biol las cuales dieron resultados diferentes en sus evaluaciones fisicoquímicas realizadas, sin embargo, es recomendable realizar mezclas de biol con más variaciones en sus materiales empleados y expandiendo el tiempo de fermentación, principalmente en el estiércol a emplear, cambiando el estiércol del animal, otro de los cambios que se podrían realizar es producir un biol únicamente de residuos orgánicos y comparar sus resultados, expandiendo así las alternativas de producción de biol.
- Es recomendable emplear estas mezclas de biol planteadas en suelos que no carezcan de nitrógeno o de igual manera para cultivos que no dependan por completo del nitrógeno proporcionado por abonos o el suelo, debido a sus bajos valores presentados, sin embargo, la tercera mezcla formulada presenta un bioestimulante rico en calcio, por lo cual se puede emplear esa formulación en suelos carentes de este nutriente al igual que puede aportar grandes cantidades de materia orgánica, debido a los valores obtenidos en las tres mezclas, ayudando a suelos a volverse más fértiles.

## GLOSARIO

**Abonos:** Es una sustancia que puede ser orgánica o inorgánica y que es empleada para incrementar la calidad del suelo y brindar nutrientes a los cultivos y las plantaciones (Pérez, 2022).

**Biodigestor:** Es un contenedor cerrado herméticamente que se carga con residuos de materia orgánica, produciendo la descomposición de ellos en su interior por medio procesos anaeróbicos; para finalmente generar biogás y un lixiviado, conocido como biol (Aquaefundación, 2021).

**Bioestimulante:** Son sustancias que contribuyen al crecimiento y desarrollo de las plantas, estimulando sus procesos biológicos o naturales para mejorar la absorción y asimilación de los nutrientes (Suárez, 2020, p. 11).

**Biol:** Es el resultado de una descomposición anaeróbica de la materia orgánica, de origen animal o vegetal; poseen nutrientes que son fáciles de asimilar por las plantas, siendo considerados bioestimulantes (Suárez, 2020, p. 11).

**Calidad:** Es la adecuación de un producto a las características especificadas o establecidas (Real Academia Española, 2022).

**Fermentación:** Es el proceso por el cual microorganismos descomponen sustancias orgánicas complejas, generalmente de forma anaeróbica o sin oxígeno, en otras más simples (Villén, 2021).

**Fertilizantes:** Son sustancias ricas en nutrientes utilizadas para mejorar la calidad del suelo, siendo asimilables por las plantas mejorando su productividad (Suárez, 2020, p. 13).

**Formulación:** Es la forma de expresar cantidades y clase de materia prima sola, mezclada o combinada empleadas en un determinado fertilizante (Suárez, 2020, p. 14).

**Indicadores:** Es una característica específica, observable y medible que se emplea para mostrar los cambios y/o progresos en algo determinado para obtener un resultado específico (ONU MUJERES, 2010).

**Indicadores de calidad:** Son instrumentos de medición que se utilizan para evaluar la calidad de productos; son herramientas esenciales que mantienen los estándares de calidad establecidos (Unifikas, 2021).

**Macronutrientes primarios:** Son elementos químicos requeridos por la planta en cantidades altas en relación a los otros elementos, exclusivamente, el nitrógeno, fósforo, y potasio (Suárez, 2020, p. 15).

**Macronutrientes secundarios:** Son elementos químicos requeridos por la planta en menor proporción que los macronutrientes primarios (Suárez, 2020, p. 15).

**Mezcla:** Es el resultado de la combinación de dos o más materiales de distinta composición, naturaleza o procedencia, donde sus partículas queden distribuidas con cierta homogeneidad (Suárez, 2020, p. 15).

**Micronutrientes:** Son elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, entre ellos el boro, cobre, hierro, manganeso y zinc, están presentes en la fórmula en pequeñas cantidades si se compara con los nutrientes principales y nutrientes secundarios (Suárez, 2020, p. 16).

**Muestra:** es una cantidad pequeña de la totalidad de un producto, la cual posteriormente se la lleva a realizar análisis de calidad, esta cantidad tomada es representativa del total (Suárez, 2020, p. 16).

**Relación Carbono – Nitrógeno (C/N):** Es la relación entre el contenido de carbono y de nitrógeno en una sustancia determinada (USDA Natural Resources Conservation Service, 2019).

**Sostenibilidad:** Es el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin afectar a las futuras generaciones, mantiene en equilibrio sus tres ejes, económico, ambiental y social (Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad, 2022).

## BIBLIOGRAFÍA

**AEFA.** *Cloro* [blog]. 2022. [Consulta: 10 junio 2023.] Disponible en: <https://aeфа-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/cloro#:~:text=E1%20Cloro%20est%20C3%A1%20catalogado%20dentro,conocida%20C%20s%20C3%AD%20se%20considera%20esencial..>

**AGROPRODUCTORES.** *Micronutrientes en las plantas* [blog]. 11 de 08, 2018. [Consulta: 25 agosto 2023.] Disponible en: <https://agroproductores.com/micronutrientes-en-las-plantas/>

**AMADOR, Helen, IZQUIERDO, Fernando & PADRÓN, Vladimir.** “Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental”. *Cultivos Tropicales* [en línea], 2018, (Cuba) 39 (4). [Consulta: 02 mayo 2023] ISSN 1819-4087. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n4/ctr15418.pdf>

**ÁLVARO, G.J.** *Macronutrientes del suelo* [blog]. 09 de 05, 2019. [Consulta: 21 agosto 2023.] Disponible en: <https://www.fertibox.net/single-post/macronutrientes-del-suelo#:~:text=Los%20macronutrientes%20se%20pueden%20definir,la%20supervivencia%20de%20las%20plantas.>

**AQUAE FUNDACIÓN.** *Descubre todos los detalles acerca del biodigestor* [blog]. 11 de 03, 2021. [Consulta: 09 julio 2023.] Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/biodigestor/>

**ARANGO, María Juliana.** *Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos* [en línea]. Caldas – Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista, 2017 [Consulta: 06 abril 2023]. Disponible en: [http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2036/1/Abonos\\_organicos\\_alternativa\\_conservacion\\_mejoramiento\\_suelo.pdf](http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2036/1/Abonos_organicos_alternativa_conservacion_mejoramiento_suelo.pdf)

**BENNARDI, Daniel.** *Digestión anaeróbica: obtención de biogás* [en línea]. 2. Ecuador, 2021. [Consulta: 21 agosto 2023]. Disponible en: [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/95628/mod\\_resource/content/1/Apunte%20sobre%20digesti%C3%B3n%20anaer%C3%B3bica%20y%20biog%C3%A1s%20\\_Edici%C3%B3n%202021\\_.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/95628/mod_resource/content/1/Apunte%20sobre%20digesti%C3%B3n%20anaer%C3%B3bica%20y%20biog%C3%A1s%20_Edici%C3%B3n%202021_.pdf)

**CALDERÓN, Claudia, BAUTISTA, Gina & ROJAS, Salvador.** “Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta”. *Revista Orinquia* [en línea], 19 de 11 de 2018, (Colombia) 22. [Consulta: 11 junio 2023] ISSN-e 0121-3709. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/896/89660465002/html/>

**CERCADO, Marlon, LÓPEZ, Cristina, ORELLANA, Alejandra, RUBIO, Christian & PARRA Diana.** *Proyecto biol ESPOL. Proyecto de ecología ESPOL* [blog]. 18 de 07, 2012. [Consulta: 17 agosto 2023.] Disponible en: <http://biolespol.blogspot.com/p/ventajas-y-desventajas-del-biol.html>

**CHEN, Jose.** *La función del magnesio en el cultivo de plantas* [blog]. 15 de 09, 2022. [Consulta: 10 junio 2023.] Disponible en: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-magnesio-en-el-cultivo-de-plantas/>.

**COMSA.** *El Biol, nuestro mejor aliado* [blog]. 13 de 01, 2020. [Consulta: 11 junio 2023.] Disponible en: <https://www.comsa.hn/el-biol-nuestro-mejor-aliado/>.

**CORRAL, Cristhian, ZAMBRANO, Lester, PINCAY, Dayana & CALO, Selena.** “Impactos ambientales generados por la ganadería en la provincia de Santo Domingo de Tsáchilas”. *Revista Científica Multidisciplinaria* [en línea], 2021, (Santo Domingo de Tsáchilas-Ecuador) 5. [Consulta: 11 junio 2023.] ISSN 2602-8166. Disponible en: <file:///C:/Users/08D06RIOVERDE/Downloads/255-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1753-1-10-20210919.pdf>

**DELGADO, Rodolfo & SALAS, Ana.** “Consideraciones para el desarrollo de un sistema integral de evaluación y manejo de la fertilidad del suelo y aplicación de fertilizantes para una agricultura sustentable en Venezuela”. *Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA de Venezuela* [en línea], 2006, (Venezuela) 56 (3). [Consulta: 22 abril 2023]. ISSN : 0002-192X. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR2021X00017>.

**ESTO ES AGRICULTURA.** *Cómo Hacer Biol Para Nuestros Cultivos* [blog] 04 de 11, 2021. [Consulta: 21 agosto 2023.] Disponible en: <https://estoessagricultura.com/como-hacer-biol/>

**GALVEZ, Alberto.** *Evaluación de impacto ambiental en granja de ganado vacuno* [en línea]. Salvador-Perú: Universidad Nacional Tecnológica Lima Sur, 2017. [Consulta: 21 abril 2023].

Disponible en:  
[http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/252/1/Galvez\\_Alberto\\_Trabajo\\_Suficiencia\\_2017.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/252/1/Galvez_Alberto_Trabajo_Suficiencia_2017.pdf)

**GARCÍA, Pilar.** *El azufre es más eficaz cuando se aplica en los abonos complejos NPK* [blog] 2016. [Consulta: 10 junio 2023.] Disponible en:  
<https://www.fertiberia.com/es/blog/2016/junio/el-azufre-es-mas-eficaz-cuando-se-aplica-en-los-abonos-complejos-npk/>.

**GARCÍA, Rafael, ALAMO Marcoantonio & MARCELO Mario.** “Diseño de un Biodigestor Tubular para zonas rurales de la región Piura”. *Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente*. [en línea], 2017, (Perú) 17 (13). [Consulta: 24 junio 2023]. Disponible en:  
[https://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/Garcia-Rafael\\_biodigestor.pdf](https://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/Garcia-Rafael_biodigestor.pdf)

**GONZABAY, Anthony.** *Diseño y construcción de un biodigestor anaeróbico vertical semicontinuo para la obtención de gas metano y biol a partir de las cáscaras de naranja y mango*. [en línea], Guayaquil-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, 2016. [Consulta: 23 abril 2023]. Disponible en:  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13392/1/UPS-GT001762.pdf>

**GRAGEDA, Osca, GONZÁLEZ, Sarahyt & DÍAZ, Arturo.** *Uso de Composta y Biofertilizantes*. [en línea], México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2015. [Consulta: 21 abril 2023]. Disponible en:  
<https://www.scribd.com/document/393395750/Uso-de-composta-y-biofertilizantes-pdf#>

**INIA.** “Producción y uso del bio”. *Tecnologías apropiadas para la conservación in situ de los cultivos nativos*. [en línea], 2008, (Lima-Perú) 7. [Consulta: 22 abril 2023]. ISBN: 978-9972-44-020-5. Disponible en:  
[http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/115/1/Uso\\_Biol\\_Lima\\_2008.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/115/1/Uso_Biol_Lima_2008.pdf)

**INIAP.** *Análisis de laboratorio de muestras de fertilizantes para la determinación de componentes químicos y/ físicos* [blog] 16 de 01, 2022. [Consulta: 01 mayo 2023.] Disponible en: <https://www.gob.ec/iniap/tramites/analisis-laboratorio-muestras-fertilizantes-determinacion-componentes-quimicos-fisicos>.

**INIAP.** “Módulo de capacitación para capacitadores. Seguridad y soberanía alimentaria basada en la producción sana de alimentos”. *Sistema Nacional de Transferencia y Difusión de tecnología* [en línea], 2011, (Ecuador) 5. [Consulta: 11 agosto 2023]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/95/1/iniapsc300cd.pdf>

**INTAGRI.** *El Cobre en la Nutrición Vegetal* [blog] 2022. [Consulta: 10 junio 2023.] Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-cobre-en-la-nutricion-vegetal>.

**INTAGRI.** *El Manganeso en la Nutrición Vegetal* [blog] 2017. [Consulta: 10 junio 2023.] Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-manganeso-en-la-nutricion-vegetal#:~:text=El%20sulfato%20de%20manganeso%20es,que%20la%20dosis%20se%20reduz%20ca..>

**INTAGRI.** *La Importancia del Zinc en las Plantas y su Dinámica en el Suelo* [blog] 2022. [Consulta: 10 junio 2023.] Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-importancia-del-zinc-en-las-plantas-y-su-dinamica-en-el-suelo>.

**INTAGRI.** *Los Abonos Orgánicos. Beneficios, Tipos y Contenidos Nutrimientales* [blog] 2016. [Consulta: 10 junio 2023.] Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los-abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimientales>.

**JAIME, Franklin, CASTRO, Jorge & ORLANDO, Diomedes.** “Impacto ambiental provocado por el inadecuado uso de fertilizantes químicos en cultivos de maíz”. *Revista Científica UNESUM* [en línea], 2019, (Manabí-Ecuador) 3 (1). [Consulta: 22 abril 2023]. ISSN 2602-8166. Disponible en: <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unsumciencias/article/view/128/90>

**JIMÉNEZ, Edwin.** *Aplicación de biol y fertilización química en la rehabilitación de praderas, “Aloag – Pichincha”.* (Trabajo de titulación) Escuela Politécnica del Ejército. (Pichincha-Ecuador). 2011. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4664/1/T-ESPE-IASA%20I-004573.pdf>

**LEÓN, Carlos, NOMBERTO, Carlos, MENDOZA, Gerson, BARDALES, Cecilia, CABOS, Jeisson & BERRENA, Miguel.** “Diseño e implementación de una planta piloto de producción de Biogás, Biol y Biosol”. *Revista Arnaldoa* [en línea], 2019, (Perú) 26 (3).

[Consulta: 23 abril 2023]. ISSN 2413-3299. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000300011&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000300011&script=sci_arttext&tlng=en).

**LEÓN, Esteban.** Evaluación de la eficiencia de bioles en un cultivo hortícola. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Carrera de Biotecnología de los Recursos Naturales. (Cuenca-Ecuador). 2018. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15178/1/UPS-CT007495.pdf>

**MARTÍNEZ, Juan, DUVAL, Matías, LÓPEZ, Fernando, GALANTINI, Julio & IGLESIAS Juan** “Ajustes en la estimación de carbono orgánico por el método de Calcinación en molisoles del sudoeste bonaerense”. *Cerzos, Conicet-Universidad Nacional del Sur* [en línea], 2017, (Buenos Aires-Argentina). [Consulta: 11 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.suelos.org.ar/publicaciones/v35n1-html/vol35-n1-html/v35n1a16.htm>

**MEDINA, Leonor, MONSALVE, Óscar & FORERO, Andrés.** “Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas”. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* [en línea], 2010, (Colombia) 4 (1). [Consulta: 23 abril 2023]. Disponible en: [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias\\_hortícolas/article/view/1230/1229](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1230/1229).

**MOSQUERA, Byron.** *Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana* [blog] 2010. [Consulta: 10 junio 2023.] Disponible en: [https://www.fonag.org.ec/doc\\_pdf/abonos\\_organicos.pdf](https://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf).

**NTE INEN 211: 98.** *Fertilizantes o abonos. Tolerancias.* Quito-Ecuador.

**NTE INEN 220: 2013.** *Fertilizantes o abonos. Muestreo.* Quito-Ecuador.

**ONU MUJERES.** *Indicadores* [blog] 31 de 10, 2010. [Consulta: 09 julio 2023.] Disponible en: <https://www.endvawnow.org/es/articles/336-indicadores.html#:~:text=Un%20indicador%20es%20una%20caracter%20ADstica,logro%20de%20un%20resultado%20espec%20ADfico>.

**PERALTA, Liliana, JUSCAMAITA, Juan & MEZA, Víctor.** “Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un estable lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico”. *Revista de Ecología Aplicada* [en

línea], 20016, (Lima-Perú) 15 (1). [Consulta: 23 abril 2023]. ISSN 1726-2216. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162016000100001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162016000100001&script=sci_arttext).

**PÉREZ, J.** *Abono* [blog] 13 de 05, 2022. [Consulta: 09 julio 2023.] Disponible en: <https://definicion.de/abono/#:~:text=El%20abono%20es%20una%20sustancia,por%20ejemplo%2C%20son%20abonos%20naturales>.

**PÉREZ, Ricador, PÉREZ, Alexander & VERTEL, Melba.** “Caracterización nutricional, físicoquímica y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistemas de pasturas en la subregión Sabanas del departamento de Sucre, Colombia”. *Revista Tumbaga*, 5, (2010), (Colombia) pp. 34-36.

**PILE, Edwin, CHANG, Andrés & CHANG, Euribiades.** “Daños ambientales y su relación con el inventario de ganado bovino-Panamá”. *Revista Investigaciones Agropecuarias* [en línea], 2022, (Panamá) 5 (1). [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 2644-3856. Disponible en: [https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones\\_agropecuarias/article/view/3358/2875](https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/3358/2875)

**POZO, Gina.** “Caracterización del biol producido en biodigestores de tipo tradicional y de cupula fija”. *Universidad Estatal Amazonica* [en línea], 2019, (Pastaza-Ecuador). [Consulta: 11 agosto 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/632/1/T.AGROP.B.UEA.1152#:~:text=El%20biol%20contiene%20bastante%20materia,en%20el%20de%20porcino%2022.87%25>.

**QUIMICA.ES.** *Pirólisis* [blog] [Consulta: 21 agostojunio 2023.] Disponible en: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Pir%C3%B3lisis.html#:~:text=La%20pir%C3%B3lisis%20se%20puede%20utilizar,a%20partir%20de%20residuos%20pl%C3%A1sticos>.

**RAMOS, David & TERRY, Elein.** “Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas”. *Cultivos Tropicales* [en línea], 2014, (La Habana-Cuba) 35 (4). [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 1819-4087. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362014000400007&script=sci\\_arttext&lng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362014000400007&script=sci_arttext&lng=pt)

**REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.** *Calidad* [blog] 2022. [Consulta: 09 julio 2023.] Disponible en: <https://dle.rae.es/calidad>

## **RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL Y SUSTENTABILIDAD.**

*Sostenibilidad: qué es, definición, concepto, tipos y ejemplos* [blog] 08 de 01, 2022. [Consulta: 09 julio 2023.] Disponible en: <https://responsabilidadsocial.net/sostenibilidad-que-es-definicion-concepto-tipos-y-ejemplos/>

**REVISTA AGROPUECUARIA AGRICULTURA.** *Ventajas de la fertilización con calcio en cultivos* [blog] 06 de 11, 2022. [Consulta: 25 agosto 2023.] Disponible en: <https://www.revistaagricultura.com/Noticias/Noticia/7954/ventajas-de-la-fertilizacion-con-calcio-en-cultivos>

**ROMERO, Cristian, URRUTIA, Janet, NAVAS, Álvaro & VAYAS, Paulina.** “El empleo y desarrollo económico local del cantón Riobamba - Ecuador”. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* [en línea], 2017, (Ambato-Ecuador). [Consulta: 17 agosto 2023]. ISSN: 2254-7630. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2017/07/desarrollo-economico-canton.html#:~:text=En%20Chimborazo%20su%20principal%20fuente,porcentaje%20del%2060%2C22%25.>

**ROPERO, Sandra.** *Lixiviados: definición, ejemplos y tratamiento* [blog] 30 de 04, 2020. [Consulta: 21 agosto 2023.] Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/lixiviados-definicion-ejemplos-y-tratamiento-2713.html>

**SÁNCHEZ, Víctor.** *Biodigestor para el Tratamiento de Residuos Orgánicos Generados por Ganado Vacuno del Fundo de la Asociación de Ganaderos de Lambayeque, 2015* (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad César Vallejo. (Chiclayo-Perú). 2017. [Consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10898/sanchez\\_sv.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10898/sanchez_sv.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**SUÁREZ, Daniel.** *Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola* [en línea]. 5. Ecuador: Ministerio de agricultura y ganadería, 2020. [Consulta: 02 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/ac6.pdf>

**TORO, Merlin.** *Producción De Abono Orgánico Y Biogás Mediante Biodigestión Anaeróbica De Lodos Activos* [en línea]. Chile, 2010.

**UNIFIKAS.** *Todo lo que tienes que saber sobre los Indicadores de Calidad* [blog] 11 de 11, 2021. [Consulta: 09 julio 2023.] Disponible en: <https://www.unifikas.com/es/noticias/todo-lo-que-tienes-que-saber-sobre-los-indicadores-de-calidad#:~:text=Los%20indicadores%20de%20calidad%20son,en%20todos%20los%20procesos%20empresariales.>

**USDA Natural Resources Conservation.** *Carbon-Nitrogen relationship in agroecosystems* [blog] 04 de 04, 2019. [Consulta: 09 julio 2023.] Disponible en: <http://cultivosdeservicios.agro.uba.ar/relacion-carbono-nitrogeno-en-los-agroecosistemas/>.

**VADECULTIVO.** *Sulfato de magnesio en las plantas* [blog] 14 de 06, 2022. [Consulta: 25 agosto 2023.] Disponible en: <https://www.vadecimica.com/vadecultivo/blog/agricultura-y-ganaderia/sulfato-magnesio-agricultura.html>

**VARGAS, Roberto.** *Aprovechamiento de los residuos sólidos producidos por el ganado, para la producción de biogás y fertilizantes en la Estación Experimental Tunshi.* Riobamba, Ecuador (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Riobamba-Ecuador). 2022.

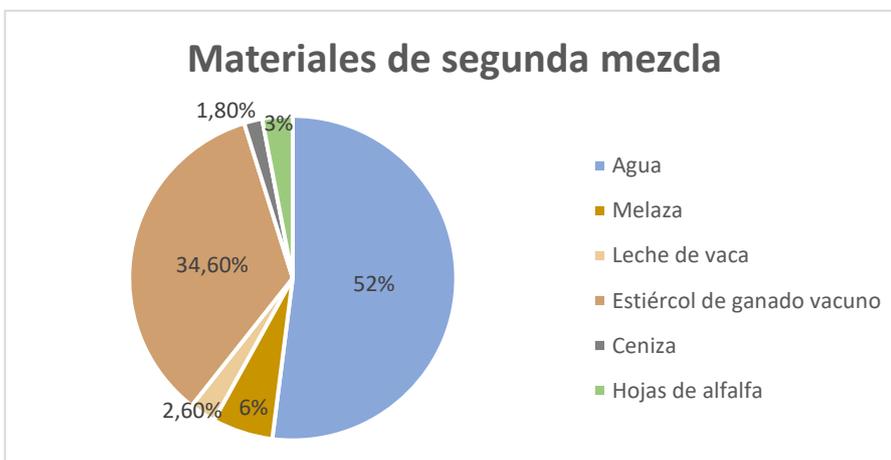
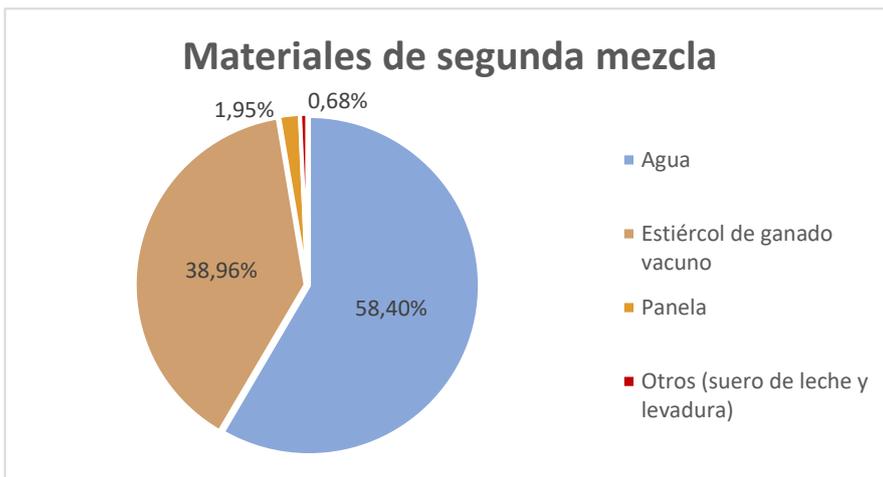
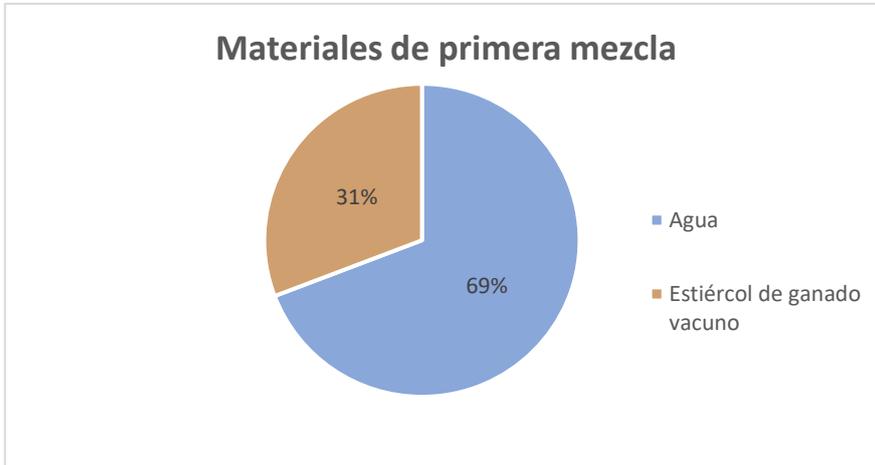
**VILLÉN, Marta.** *¿Qué es la fermentación?* [blog] 18 de 03, 2021. [Consulta: 10 junio 2023.] Disponible en: [https://www.conasi.eu/blog/productos/levaduras-ecologicas-en-polvo-madre-pasteleria/que-es-la-fermentacion/#:~:text=La%20fermentaci%C3%B3n%20es%20un%20proceso,enzimas%3A%20Oglucosidasas%20y%20amiloglucosidasas\).](https://www.conasi.eu/blog/productos/levaduras-ecologicas-en-polvo-madre-pasteleria/que-es-la-fermentacion/#:~:text=La%20fermentaci%C3%B3n%20es%20un%20proceso,enzimas%3A%20Oglucosidasas%20y%20amiloglucosidasas).)

**YÉPEZ, Lilia.** “Evaluación del potencial turístico de la parroquia Licto, cantón Riobamba, Ecuador”. *Revista de Postgrado FaCE-UC* [en línea], 2017, (Ecuador) 11. [Consulta: 10 junio 2023]. ISSN 2443-4442. Disponible en: <http://arje.bc.uc.edu.ve/arj21/art18.pdf>



## ANEXOS

### ANEXO A: GRÁFICOS DE RESULTADOS DE MATERIALES EMPLEADOS EN LAS TRES MEZCLAS DE BIOL



**ANEXO B: RESULTADOS DE LABORATORIO DE SUELOS DE FRN DE PRIMERA MUESTRA DE BIOL**



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
LABORATORIO DE SUELOS**



Nombre del Propietario: Srta. Andrea Elizabeth Arias Moya

Fecha de ingreso: 04/04/2023  
Fecha de salida: 02/05/2023

TEMA TIC: "FISICOQUIMICAS EN DIFERENTES MEZCLAS DE BIOL PRODUCIDO EN UN BIODIGESTOR EN LA ESTACION EXPERIMENTAL TUNSHI, CANTON RIOBAMBA PROVINCIA DE CHIMBORAZO"

CARRERA: RECURSOS NATURALES RENOVABLES

SEMESTRE: OCTAVO

Ubicación:

Estación Experimental Tunshi  
Nombre de la granja

Licto  
Parroquia

Riobamba  
Cantón

Chimborazo  
Provincia

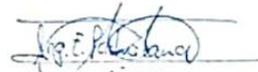
**RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS**

Ident.	pH	%					Meq/100g			(mS/cm)
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	C.E.
BIOL	8.32 ALCALINO	0.04	0.03	0.02	0.0728	0.56	0.013 B	9.1 B	0.47B	7.28 SALINO

  
Ing. Victor Lindao PhD.  
JEFE DE LAB. SUELOS



Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Tlfono 2998220 Extensión 418  
"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"

  
Ing. Elizabeth Pachacama Ch.  
TECNICO DOCENTE

**ANEXO C: RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DE LA FC DE PRIMERA MUESTRA DE BIOL**



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA Y SUELOS



**Información proporcionada por tesista**

Nombre de estudiante:	Andrea Elizabeth Arias Moya
Tipo de muestra:	Biol
Punto de toma de muestra:	Biodigestor de la Estación Experimental Tunshi - ESPOCH
Fecha y hora de toma de muestra:	04/04/2023 09:00 am

**Resultados analíticos obtenidos en el laboratorio**

Parámetro	# muestras	Método de análisis	Unidad	Resultados
Humedad	1	ASTM D – 2216	%	99.61
Densidad	1	ASTM D – 1298	g/ml	0.9867
Sólidos disueltos totales SDT	1	2540 – C	mg/L	4 640
Cloruro Cl <sup>-</sup>	1	4500 – Cl <sup>-</sup> – D	mg/L	36.87
Cobre Cu	1	3500 – Cu – D	mg/L	1

Documento aprobado por:

Dra. Gina Álvarez  
ENCARGADA DE LABORATORIO

**ANEXO D: RESULTADOS DE LABORATORIO DE SUELOS DE FRN DE SEGUNDA MUESTRA DE BIOL**



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
LABORATORIO DE SUELOS**



Nombre del Propietario: Srta. Andrea Elizabeth Arias Moya

Fecha de ingreso: 13/06/2023  
Fecha de salida: 04/07/2023

TEMA TIC: "FISICOQUIMICAS EN DIFERENTES MEZCLAS DE BIOL PRODUCIDO EN UN BIODIGESTOR EN LA ESTACION EXPERIMENTAL TUNSHI, CANTON RIOBAMBA PROVINCIA DE CHIMBORAZO"

CARRERA: RECURSOS NATURALES RENOVABLES

SEMESTRE: OCTAVO

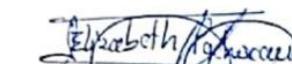
Ubicación: Estación Experimental Tunshi Licto Riobamba Chimborazo  
Nombre de la granja Parroquia Cantón Provincia

**RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS**

Ident.	pH	%					Meq/100g			(mS/cm)
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	C.E.
BIOL 2	7.17 NEUTRO	0.11	0.13	0.21	0.099	0.78	0.025 B	3.1 B	0.27 B	3.14 SALINO

  
Ing. Víctor Lindao PhD.  
JEFE DE LAB. SUELOS



  
Ing. Elizabeth Pachacama Ch.  
TECNICO DOCENTE

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 12, Facultad de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418  
"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"

**ANEXO E: RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DE LA FC DE SEGUNDA MUESTRA DE BIOL**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA Y SUELOS**



**Información proporcionada por tesista**

<b>Nombre de estudiante:</b>	Andrea Elizabeth Arias Moya
<b>Tipo de muestra:</b>	Biol
<b>Punto de toma de muestra:</b>	Biodigestor de la Estación Experimental Tunshi - ESPOCH
<b>Fecha y hora de toma de muestra:</b>	13/06/2023 13:00 pm

**Resultados analíticos obtenidos en el laboratorio**

<b>Parámetro</b>	<b># muestras</b>	<b>Método de análisis</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados</b>
Humedad	2	ASTM D – 2216	%	85.12
Densidad	2	ASTM D – 1298	g/ml	1.023
Sólidos disueltos totales SDT	2	2540 – C	mg/L	1 784
Cloruro Cl <sup>-</sup>	2	4500 – Cl <sup>-</sup> – D	mg/L	42.5
Cobre Cu	2	3500 – Cu – D	mg/L	5

**Documento aprobado por:**

**Dra. Gina Álvarez**  
**ENCARGADA DE LABORATORIO**

# ANEXO F: RESULTADOS DE LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO TOX-CHEM DE SEGUNDA MUESTRA DE BIOL



INFORME DE ENSAYO  
No: Q-037-23

## Información proporcionada por el cliente

Nombre del cliente:	Andrea Elizabeth Arias Moya	Tipo de muestra:	Biol
Atención:	Andrea Elizabeth Arias Moya	Código del cliente:	MA-01
Dirección:	Riobamba, avenida 11 de noviembre y Milton Reyes	Punto de toma de muestra:	Biodigestor: Estación Experimental de Tunshi-ESPOCH
Teléfono:	0968546219	Fecha y hora de toma de muestra:	2023/06/14 13:00
		Responsable:	Andrea Elizabeth Arias Moya

## Información del Laboratorio

Toma de muestra realizada por:	NA	Responsable de la toma de muestra:	NA
Fecha y hora de toma de muestra:	NA	Número de muestras:	1
Fecha y hora de recepción en el laboratorio:	2023/06/22 12:30	Análisis solicitado:	Sulfuros S <sup>2-</sup>
Fecha de análisis:	2023/06/22-2023/06/23	Código del Laboratorio	Q-037-23
Fecha de emisión de informe:	2023/06/24	Coordenadas:	NA
Condiciones ambientales de análisis:	T min: 15 °C T max: 25 °C		

## RESULTADOS ANALÍTICOS

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO
Sulfuros S <sup>2-</sup>	Espectrofotometría UV-VIS	mg/L	0,15

## OBSERVACIONES:

- Los resultados del presente informe corresponden únicamente a la muestra analizada.
- El laboratorio libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados.

## Documento aprobado por:



Edwin Fernando Basantes Basantes

BQF. Edwin F. Basantes B, MSc.

DIRECTOR



**ANEXO H: RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DE LA FC DE TERCERA MUESTRA DE BIOL**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA Y SUELOS**



**Información proporcionada por testista**

<b>Nombre de estudiante:</b>	Milene Vanessa Castro Lescano
<b>Tipo de muestra:</b>	Suelo de la Hostería
<b>Punto de toma de muestra:</b>	3 zonas diferentes
<b>Fecha y hora de toma de muestra:</b>	04/04/2023 09:00 am

**Resultados analíticos obtenidos en el laboratorio**

<b>Parámetro</b>	<b># muestras</b>	<b>Método de análisis</b>	<b>Unidad</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Potencial Hidrogeno	3	4500 – H– B	pH	6.49	7.39	7.94
Solidos disueltos totales SDT	3	2540 – C	mg/L	91 100	173 200	1 542
Conductividad Eléctrica CE	3	2510-B	mS/cm	164.9	320.8	2.75
Materia Orgánica	3	Gravimétrico	%	6.69	6.80	6.65

**Documento aprobado por:**

**Dra. Gina Álvarez  
ENCARGADA DE LABORATORIO**

# ANEXO I: RESULTADOS DE LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO TOX-CHEM DE TERCERA MUESTRA DE BIOL



INFORME DE ENSAYO  
No: Q-044-23

## Información proporcionada por el cliente

Nombre del cliente:	Andrea Elizabeth Arias Moya	Tipo de muestra:	Biol
Atención:	Andrea Elizabeth Arias Moya	Código del cliente:	MA-01
Dirección:	Riobamba, avenida 11 de noviembre y Milton Reyes	Punto de toma de muestra:	Biodigestor: Estación Experimental de Tunshi-ESPOCH
Teléfono:	0968546219	Fecha y hora de toma de muestra:	2023/07/17 08:00
		Responsable:	Andrea Elizabeth Arias Moya

## Información del Laboratorio

Toma de muestra realizada por:	NA	Responsable de la toma de muestra:	NA
Fecha y hora de toma de muestra:	NA	Número de muestras:	1
Fecha y hora de recepción en el laboratorio:	2023/07/17 17:35	Análisis solicitado:	Sulfuros S <sup>2-</sup>
Fecha de análisis:	2023/07/17 - 2023/07/18	Código del Laboratorio	Q-044-23
Fecha de emisión de informe:	2023/07/19	Coordenadas:	NA
Condiciones ambientales de análisis:	T min: 15 °C T max: 25 °C		

## RESULTADOS ANALÍTICOS

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO
Sulfuros S <sup>2-</sup>	Espectrofotometría UV-VIS	mg/L	0,17

## OBSERVACIONES:

- Los resultados del presente informe corresponden únicamente a la muestra analizada.
- El laboratorio libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados.

## Documento aprobado por:



BQF. Edwin F. Basantes B, MSc.  
DIRECTOR

**ANEXO J: CARGAS DE DIFERENTES MEZCLAS DE BIOL EN BIODIGESTOR DE EET**



**ANEXO K: TOMA DE MUESTRAS DE DIFERENTES MEZCLAS DE BIOL PRODUCIDO EN BIODIGESTOR DE EET**



**ANEXO L: ANÁLISIS EN LABORATORIOS DE DIFERENTES MEZCLAS DE BIOL PRODUCIDO EN BIODIGESTOR DE EET**



**ANEXO M: REGISTRO DE MONITOREO DE INDICADORES FÍSICOS DE PRIMERA MEZCLA DE BIOL PRODUCIDO EN BIODIGESTOR EN EET**

**Evaluación de características fisicoquímicas en diferentes mezclas de biol producido en un biodigestor, en la Estación Experimental Tunshi, cantón Riobamba Provincia de Chimborazo.**

Registro de datos de carga de biol de primera muestra																																	
Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
Tiempo	carga	-	-	-	-	-	-	-	-	fermentado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	fermentado		
Olor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	fuerte olor a estiércol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	olor fuerte	-	-	-	-	-	-	-	olor fuerte		
Color										color muy oscuro																						color fuerte	
Disolución	-	-	-	-	-	-	-	-	-	separación de partículas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	homogeneidad	separación de partículas

T: 10 días para el lixiviado  
 + 30 días para la fermentación } desde el día 1 de la carga

**Análisis:** El tiempo en fermentarse el biol coincide con cargas anteriores que se han realizado en el biodigestor de forma empírica con los mismos materiales.  
 El olor se mantiene ligeramente a estiércol, sin embargo, con el pasar de los días se va disolviendo el olor y al final es pequeño el olor a percibir.  
 El color se mantiene en un café oscuro, va disminuyendo su intensidad.

**ANEXO N: REGISTRO DE MONITOREO DE INDICADORES FÍSICOS DE SEGUNDA MEZCLA DE BIOL PRODUCIDO EN BIODIGESTOR EN EET**

**Evaluación de características fisicoquímicas en diferentes mezclas de biol producido en un biodigestor, en la Estación Experimental Tunshi, cantón Riobamba Provincia de Chimborazo.**

Registro de datos de carga de biol de segunda muestra																														
Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Tiempo	Carga						fin de la fermentación												terminado											
Olor	-	-	-	-	-	-	olor fuerte a estiercol												disminuye bastante el olor											
Color	-	-	-	-	-	-	café claro																							
Disolución	-	-	-	-	-	-	espumoso y azulado																							

T: • 7 días para el lavado  
 • 18 días para la fermentación } desde el día 1 de la carga.

**Análisis:** Disminuyó el tiempo de aparición y fermentación en comparación a la primera carga realizada.  
 Se notó una mayor intensidad del olor a estiercol.  
 El color café fue más intenso en comparación con la primera carga.

ANEXO Ñ: REGISTRO DE MONITOREO DE INDICADORES FÍSICOS DE TERCERA MEZCLA DE BIOL PRODUCIDO EN BIODIGESTOR EN EET

Evaluación de características fisicoquímicas en diferentes mezclas de biol producido en un biodigestor, en la Estación Experimental Tunshi, cantón Riobamba Provincia de Chimborazo.

Registro de datos de carga de biol de tercera muestra																														
Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Tiempo	carga	-	-	-	liviano	-	-	-	-	-	-	-	-	fermentación																
Olor	-	-	-	-	café claro	café	"	"	"	"	"	"	"	"																
Color	-	-	-	-	café claro	"	"	"	"	"	"	"	"	"																
Disolución	-	-	-	-	aparición de partículas	"	"	"	"	"	"	"	"	"																

T: = 5 días para el liviano > desde el día 2 de la carga  
 = 14 días para la fermentación

Análisis: Disminuye considerablemente el tiempo a aparecer el liviano y en su fermentación, es comparable a la segunda y primera carga realizada.

Se percibe un olor dulce, se presume que es a causa de la gran cantidad de melaza captada.

su olor es café claro, mucho más que el que se presenta en las mezclas anteriores.



**epoch**

**Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 21 / 11 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTORA</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Andrea Elizabeth Arias Moya
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Recursos Naturales Renovables
<b>Título a optar:</b> Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

1882-DBRA-UTP-2023