

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Ingeniería en Gestión Ambiental Local



TRABAJO DE GRADUACIÓN
**“Evaluación del aporte nutricional de los abonos orgánicos aplicados al
suelo en San Juan La Laguna, Sololá”**

Por:
Sebastiana Celeste Pacheco López
Carné: 201547541
DPI:35007839408001
Correo electrónico: pachecolopezceleste@gmail.com

Mazatenango, Suchitepéquez, julio de 2,024

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Ingeniería en Gestión Ambiental Local



TRABAJO DE GRADUACIÓN

“Evaluación del aporte nutricional de los abonos orgánicos aplicados al suelo en San Juan La Laguna, Sololá”

Por:

Sebastiana Celeste Pacheco López

Carné: 201547541

Asesora:

Inga. Agra. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume

Revisora:

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Presentado ante las autoridades del Centro Universitario de Suroccidente - CUNSUROC-, de la universidad de San Carlos de Guatemala, previo a conferírsele el título que le acredita como Ingeniera en Gestión Ambiental Local en el grado académico de Licenciada.

Mazatenango Suchitepéquez, julio de 2024

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

Autoridades

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis	Rector
Lic. Luis Fernando Cordón Lucero	Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE**

M.A. Luis Carlos Muñoz López	Director en Funciones
------------------------------	-----------------------

REPRESENTANTE PROFESORES

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón	Vocal
-----------------------------------	-------

REPRESENTANTE GRADUANDO

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles	Vocal
-----------------------------------	-------

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angelica Magaly Domínguez Curiel	Vocal
PEM Y TAE, Rony Roderico Alonzo Solís	Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa
Coordinador Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Rita Elena Rodríguez Rodríguez
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Oztzy Rosales
Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinador Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Tania María Cabrera Ovalle
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

M.A. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

AGRADECIMIENTOS

A: Universidad de San Carlos de Guatemala por ser el centro de enseñanza y en especial a la carrera de Ingeniera en Gestión Ambiental Local por ser la base de mi formación académica y enriquecer mis conocimientos.

A: Inga. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume por sus valiosas y constructivas sugerencias durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado, que fue fundamental para el éxito de este logro. Quien también me permitió adquirir conocimientos y experiencias enriquecedoras durante toda la carrera.

A: Programa de Ejercicio Profesional Supervisado Multidisciplinario –EPSUM- por brindar apoyo a los estudiantes para realizar su ejercicio profesional y ayudar al país a través de su programa, así como las experiencias vividas durante su desarrollo.

A: Cada uno de los docentes de la carrera, quienes con sus enseñanzas y apoyo constituyen la base de mi vida profesional.

A: La Municipalidad de San Juan La Laguna, Sololá por recibirme en la Dirección Municipal de Planificación (DMP).

A: Cooperativa Agrícola Integral La Voz que Clama en el Desierto R.L. y su personal por su invaluable apoyo y colaboración, proporcionando acceso a sus instalaciones y recursos. Su apoyo fue fundamental para llevar a cabo la investigación de manera exitosa.

DEDICATORIA

- A: Mis padres Elvira López y José Pacheco, quienes siempre estuvieron ahí para brindarme su apoyo incondicional. Su amor y confianza fueron mi mayor motivación para seguir adelante y cumplir esta meta. GRACIAS por creer en mí siempre.
- A: Mis hermanas y hermanos quienes me tienen de ejemplo como mujer y profesional, para que sepan que todo es posible con esfuerzo y dedicación.
- A: Dios por su misericordia y amor, por iluminar mi vida y darme la fortaleza de seguir adelante, por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento.
- A: Todas aquellas personas que de alguna manera me inspiraron a seguir adelante en este proceso. Sus palabras de aliento y motivación fueron un impulso importante en los momentos de dificultad. En especial a mi amiga Sofía por su apoyo y amistad durante toda la carrera.

Índice

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 Marco referencial.....	2
2.1.1 Información general.....	2
2.1.2 Descripción ecológica.....	4
2.1.3 Suelo	4
2.1.4 Uso y capacidad del suelo.....	5
2.1.5 Manejo de los residuos y desechos sólidos en el municipio.....	7
2.1.6 Cooperativa La Voz que Clama en el Desierto.....	10
2.2 Marco conceptual	12
2.2.1 Desecho y residuo sólido.....	12
2.2.2 Materia orgánica	12
2.2.3 Enmienda agrícola.....	12
2.2.4 Abonos orgánicos	13
2.2.5 El compostaje	13
2.2.6 Bocashi.....	13
a) Factores a considerar en la elaboración de bocashi.....	14
b) Principales aportes de los ingredientes utilizados en un bocashi	16
c) Preparación del abono tipo bocashi.....	17
d) Fermentación del abono tipo bocashi	18
2.2.7 Cálculo matemático para preparar abonos orgánicos	19
2.2.8 Fertilidad del suelo.....	20
2.2.9 Elementos que debe tener un suelo fértil	20
2.2.10 Degradación del suelo agrícola.	22
2.2.11 Proporciones de aplicación de abono bocashi al suelo	23
2.3 Método estadístico en bloques completamente al azar	24

III. OBJETIVOS.....	26
3.1 General.....	26
3.2 Específicos	26
IV. HIPOTESIS.....	27
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
5.1 Área experimental	28
5.2 Toma de muestra y análisis del suelo.....	28
5.3 Elaboración de abono de producción rápida tipo bocashi	29
5.4 Aplicación de los abonos a las unidades experimentales.....	32
5.5 Toma de muestra para análisis de laboratorio.....	33
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
6.1 Abonos tipo bocashi.	35
6.2 Resultados del aporte nutritivo de los cuatro abonos	36
6.2.1 Macronutrientes	39
6.2.2 Micronutrientes	44
6.2.3 Porcentaje de saturación en la CICE	47
6.2.4 Equilibrio de bases	49
VII. CONCLUSIONES	50
VIII. RECOMENDACIONES.....	51
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
X. ANEXOS.....	58

Índice de cuadros

Cuadro	Página
1. Pesaje y composición física de la materia orgánica.....	9
2. Pesaje y composición física integrada de la materia orgánica.....	10
3. Las relaciones Carbono/Nitrógeno (C/N) utilizados en abono	20
4. Resultados de ANDEVA de pH, *A.I y materia orgánica.....	37
5. Resultados de ANDEVAS de macronutrientes en el suelo	39
6. Resultados de ANDEVAS de micronutrientes en el suelo	44
7. Porcentaje de saturación en la CICE.....	47
8. Resultados de equilibrio de bases	49

Índice de tablas

Tablas	Página
1. Características del suelo del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.	6
2. Macroelementos que debe tener un suelo fértil	21
3. Microelementos que debe tener un suelo fértil	21
4. Etapas en la degradación del suelo agrícola	23
5. Proporciones de bocashi y tierra cernida con que se puede experimentar	23
6. Distribución de materia orgánica.....	30
7. Materiales utilizados en la elaboración de abono tipo bocashi	30
8. Diseño experimental	32
9. Proporción de aplicación de suelo y abono.....	33
10. Análisis de varianza ANDEVA	34
11. Bitácora de la elaboración de los abonos bocashi	35

Índice de figuras

Figuras	Página
1. Mapa de ubicación del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.	3
2. Mapa de ubicación de la Cooperativa la Voz que Clama en el Desierto.....	11
3. Área de las cajas de madera para los tratamientos	29
4. Limpieza del área de toma de muestras	58
5. Toma de muestras de suelo para análisis de laboratorio y para los tratamientos.....	58
6. Mezcla de las submuestras de suelo.	58
7. Cajas de madera para los tratamientos.	58
8. Rastrojos verdes y secos picados para los abonos	59
9. Colocación de capas de materiales para los abonos bocashi.....	59
10. Abono bocashi a los cinco días.....	59
11. Aplicación de tratamientos al suelo y riego.	59
12. Identificación de tratamientos y bloques	60
13. Bocashi uno aplicado al suelo.....	60
14. Bocashi dos aplicado al suelo.....	60
15. Toma de muestras para enviarlos a los laboratorios de Anacafé	60
16. Clasificación de los residuos y desechos sólidos municipales.....	61
17. Gráfica de la composición física de materia orgánica municipal.....	61

RESUMEN

En la cabecera municipal de San Juan La Laguna, Sololá, situada en las coordenadas 114°41'39.4" latitud norte y 91°17'14.3" longitud oeste, se realizó la investigación denominada "Evaluación del aporte nutricional de los abonos orgánicos aplicados al suelo". La misma, busca una alternativa de uso de los residuos orgánicos, que de acuerdo a Cegarra y otros (1993, pág. 46 a 55), transformándolos en abono aportarán nutrientes de mucho beneficio al suelo.

Actualmente los residuos orgánicos en el municipio solo se trituran y se dejan acumulados cerca de la planta de tratamiento, lo cual genera lixiviados, malos olores y contaminan el ambiente en general. El manejo inadecuado que le dan al material orgánico, no permite que los nutrientes que este puede aportar se reincorporen al ciclo de fertilización del suelo.

En la investigación se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones, siendo estos: testigo absoluto, sin abono (T₁); compost elaborado en la planta de tratamiento (T₂); lombricompost elaborado en Cooperativa La Voz (T₃); bocashi 1 (T₄) y bocashi 2 (T₅).

Los análisis químicos nutritivos se realizaron en el laboratorio de suelos de Anacafé, se utilizó la metodología de análisis de varianza ANDEVA y el test de Tukey obteniendo los siguientes resultados: testigo absoluto T₁, presentó contenido deficiente en: nitrógeno, azufre y boro; mientras que se excede en el contenido de fósforo y zinc. Los tratamientos T₂ (compost) y T₃ (lombricompost), tienen los contenidos más altos en comparación al resto de los tratamientos en macro y micronutrientes, aunque se exceden en el contenido adecuado de: fósforo, potasio, azufre, boro, cobre y zinc.

Los tratamientos T₄ y T₅, se encuentran dentro de los niveles adecuados en macro y micronutrientes, aunque ambos presentaron deficiencia en su aportación de nitrógeno.

ABSTRACT

In the municipal seat of San Juan La Laguna, Sololá, located at coordinates 114°41'39.4" north latitude and 91°17'14.3" west longitude, the research called "Evaluation of the nutritional contribution of organic fertilizers applied down". It seeks an alternative use of organic waste, which according to Cegarra and others (1993, pages 46 to 55), transforming it into fertilizer will provide very beneficial nutrients to the soil.

Currently, organic waste in the municipality is only crushed and accumulated near the treatment plant, which generates leachate, bad odors and contaminates the environment in general. The inadequate management given to the organic material does not allow the nutrients it can provide to be reincorporated into the soil fertilization cycle.

In the research, the experimental design of completely randomized blocks was used with five treatments and five repetitions, these being: absolute control, without fertilizer (T₁); compost produced in the treatment plant (T₂); vermicompost made at Cooperativa La Voz (T₃); bocashi 1 (T₄) and bocashi 2 (T₅).

The nutritional chemical analyses were carried out in the Anacafé soil laboratory, using the ANDEVA analysis of variance methodology and the Tukey test, obtaining the following results: absolute control T₁, presented deficient content in: nitrogen, sulfur and boron; while it exceeds the content of phosphorus and zinc. Treatments T₂ (compost) and T₃ (vermicompost) have the highest contents compared to the rest of the treatments in macro and micronutrients, although they exceed the adequate content of: phosphorus, potassium, sulfur, boron, copper and zinc.

Treatments T₄ and T₅ are within adequate levels of macro and micronutrients, although both presented deficiency in their nitrogen contribution.

I. INTRODUCCIÓN

Buscando una alternativa de uso de los residuos sólidos orgánicos, que según Ayuso (1996, pág 428) tiene un potencial alto en macro y micronutrientes que hasta el momento no se está aprovechando, en el municipio de San Juan La Laguna, Sololá. Se realizó el estudio para evaluar abonos: lombricompost, compost y dos tipos de bocashi, como tratamientos aplicados al suelo y determinar cuál es el aporte que tiene cada uno, tanto en macro como en micronutrientes.

Actualmente en el municipio los residuos orgánicos solo se trituran y se dejan acumulados en un espacio designado frente a la planta de tratamiento, esto genera lixiviados, mal olor y alteraciones en el paisaje que contaminan el medio ambiente. En esas condiciones los nutrientes presentes en los mismos no se reincorporan al ciclo de fertilización del suelo.

Los pobladores son conscientes del impacto que puede tener en el Lago de Atitlán el uso de agroquímicos en sus cultivos. Esto los motiva para hacer uso de abonos orgánicos como alternativa en la producción de cultivos.

Para la evaluación de resultados se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones, se evaluaron los siguientes: testigo absoluto, sin abono (T_1); compost elaborado en la planta de tratamiento (T_2); lombricompost elaborado en Cooperativa La Voz (T_3); bocashi 1 (T_4) y bocashi 2 (T_5), elaborados con residuos orgánicos provenientes del municipio. Estos abonos constituyeron los tratamientos aplicados al suelo.

Los análisis químicos nutritivos se llevaron a cabo en el laboratorio de suelos de Anacafé. Para la evaluación de resultados se utilizó análisis de varianza ANDEVA y el test de Tukey.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco referencial

El pueblo de San Juan La Laguna fue fundado en la época colonial por habitantes provenientes del municipio de Atitlán (hoy conocido como Santiago Atitlán) de la etnia Tzutujil; según se indica en un documento de tasación (listado de tributaciones de Santiago Atitlán y sus estancias), donde se le da el nombre de Pueblo de San Juan. En ese documento también se anota que fue fundado como pueblo, con su propio cabildo, entre 1618 y 1623. (Plan de Desarrollo Municipal, 2018 – 2032, Pág 7)

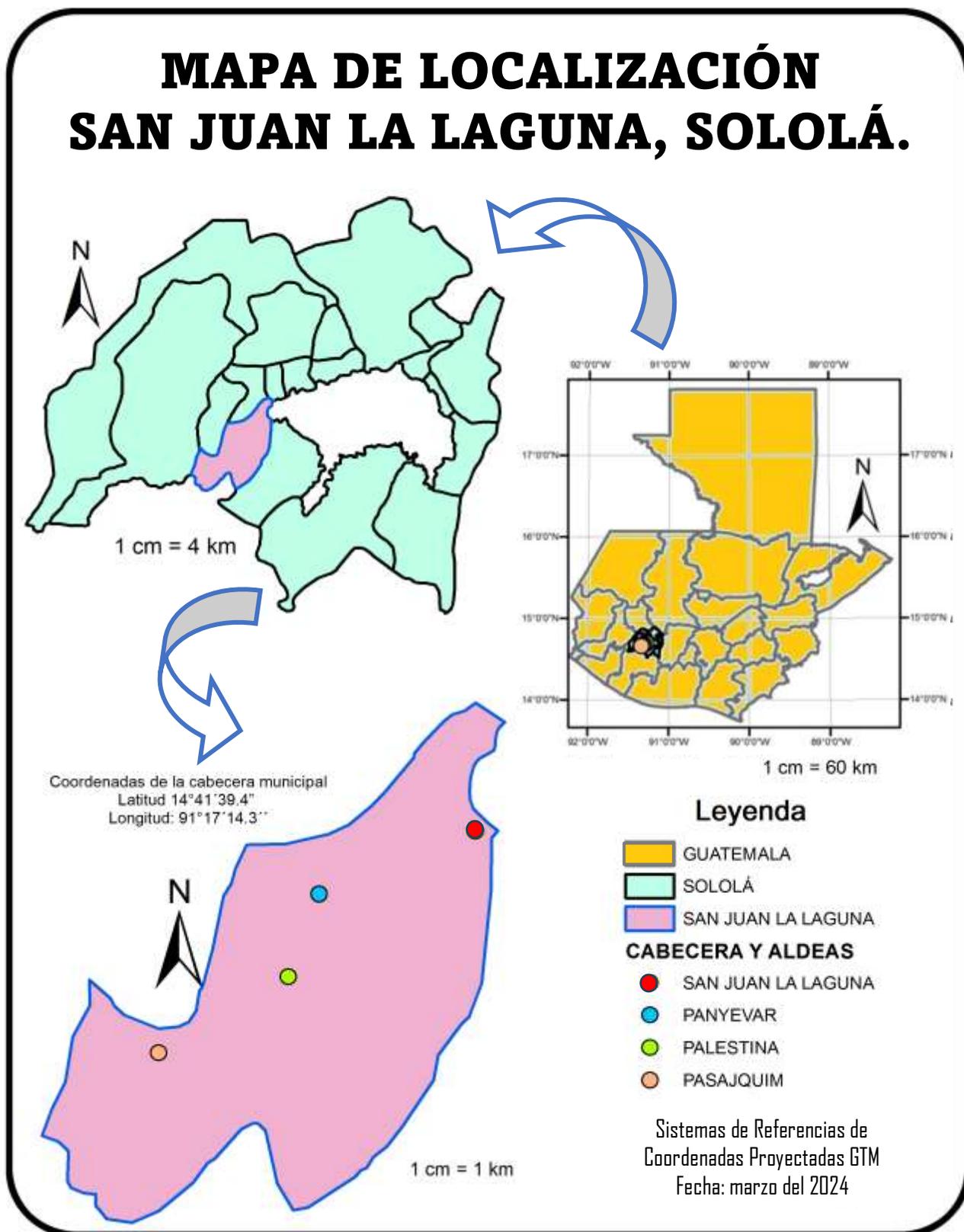
2.1.1 Información general

Este municipio colinda al norte con Santa Clara la Laguna y San Pablo la Laguna, al sur con el departamento de Suchitepéquez, al este con el lago de Atitlán y San Pedro la Laguna y al oeste con Santa Catarina Ixtahuacán y Santa María Visitación, las coordenadas de la cabecera son: 14°41'39.4" latitud norte y 91°17'14.3" longitud oeste.

La vía de acceso terrestre es por medio de la carretera Interamericana CA-1 occidente en el kilómetro 148, en donde se toma el desvío a la ruta que conecta los municipios ubicados alrededor del lago de Atitlán. Otra ruta alterna es de la carretera CA-2 subiendo por Cocales y pasando por San Lucas Tolimán con dirección hacia Santiago Atitlán, luego hacia San Pedro La Laguna para llegar a San Juan La Laguna. La vía de acceso lacustre se realiza por lancha desde el municipio de Panajachel hacia San Pedro La Laguna y San Juan La Laguna; la segunda ruta alterna es llegar a Santiago Atitlán hacia San Pedro La Laguna y San Juan La Laguna. (De Guatemala, 2019, pág. 8)

En el siguiente mapa se identifica el municipio donde se llevó a cabo la investigación, ubicándolo a nivel departamental y nacional.

Figura 1. Mapa de ubicación del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.



Fuente: Elaborado con base a SINIT de SEGEPLAN 2011.

2.1.2 Descripción ecológica

En el municipio se identifican dos zonas de vida, la primera es la zona de vida Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB), la segunda zona de vida es el Bosque muy húmedo Subtropical (cálido) (bmh-S(c)). (De la Cruz, 1976, pág 13)

San Juan La Laguna está a una altitud de 1,560 metros sobre el nivel del mar (msnm), en la parte baja y 2,267 msnm en la parte alta; la precipitación pluvial está entre 1,200 milímetros a 3,100 milímetros al año, presenta temperaturas de 15 a 20 grados centígrados, el clima es templado con una humedad relativa media del 50% y velocidad media del viento de 2.1 kilómetros por hora (k/h). (INSIVUMEH, 2019, párr. 2)

2.1.3 Suelo

Según Plaster (2000, párr. 6 al 19), el suelo es una parte fundamental de la tierra, es considerado como uno de los recursos naturales más importantes. Comprende un conjunto de cuerpos naturales de la superficie terrestre que contiene materia viva, capaz de soportar el crecimiento de las plantas formado de diversos organismos vivos, materia orgánica, agua, aire y minerales.

Además, indica que los materiales geológicos presentes en municipio, de acuerdo con su origen son predominantemente materiales sedimentarios, que recubren algunas rocas ígneas, los cuales se han formado por la transformación y arrastre de partículas y pequeños afloramientos de rocas metamórficas.

Como se afirma en MAGA (2013, pág. 67), las medidas de conservación y manejo debe ser especiales y muy cuidadosas también se requiere un manejo extremadamente cuidadoso, especialmente en relación con la conservación de las cuencas hidrográficas; las pendientes varían y van desde el 3% al 50%, lo cual ha causado en algunas partes arrastre del suelo.

Según los niveles agrológicas que se presentan en el municipio, los niveles de fertilidad van desde muy alto a muy bajo y de alto a muy bajo. Debido al uso de agroquímico los suelos están deteriorados, las personas no apuestan a los abonos orgánicos debido a su falta de conocimiento y algunas otras por el tiempo que tardan en dar resultados ya que los agroquímicos son de resultados rápidos sin embargo la producción cada año decrece.

Cuando se aplica la fertilización química, el suelo necesita los elementos mayores nitrógeno y fósforo. De acuerdo con los límites permisibles de nutrientes en el suelo estos presentan valores moderados de retención de fósforo, por lo tanto, se debe usar fuentes fosforadas de menor solubilidad, aplicadas en dosis moderadas y cercanas a las raíces. De acuerdo con los micronutrientes y dependiendo de la rentabilidad del cultivo, debe aplicarse cobre, zinc y manganeso. (MAGA 2010, pág. 95)

La fertilidad de un suelo es mayor, mientras mayor sea el peso y variedad de su vida, que crece y se alimenta sobre y dentro de él. Respecto a la fertilidad, según estudio del MAGA (2010, pág. 94 y 95) es necesario mantener e incrementar el contenido de materia orgánica que posee el suelo, por lo que ellos han recomendado aplicar abonos orgánicos, que pueden ser abonos verdes y restos de cosecha.

2.1.4 Uso y capacidad del suelo

Con base a los estudios realizados por el MAGA (2006, pág. 119), la capacidad de los suelos del municipio de San Juan La Laguna, está en tres actividades: 1) La vegetación forestal, 2) La conservación de la cuenca hidrográfica, 3) La producción agrícola con cultivos de café (*Coffea arábica*) y aguacate (*Persea americana*) en su mayoría, en menor escala está el algodón (*Gossypium arboreum*) que usan para la elaboración de tejidos artesanales y los cultivos de hortalizas.

De acuerdo al MAGA (2013, pág. 18), este municipio tiene la capacidad de uso de las tierras en las clases III y IV que son para uso agrícola con diversas limitantes: la clase VI, es útil para cultivos permanentes y sistemas agroforestales; la clase VII agrupa suelos apropiados para la explotación forestal y a la clase VIII se le asignan usos preferentemente de conservación o protección.

Teniendo en cuenta a MAGA, DIGEGR, & IGAC (2006, pág. 12), el clima del suelo está condicionado, en gran medida, por el clima ambiental. Las dos características que definen el clima del suelo son temperatura y humedad. El régimen de humedad de los suelos de San Juan La Laguna es ústico ya que el suelo permanece seco (todo o en parte) durante 90 o más días acumulados durante el año y húmedo (en alguna de sus partes) por más de 180 días acumulados o 90 consecutivos a través del año.

A continuación, se presenta la descripción de las características externas e internas del suelo del municipio en cuestión.

Tabla 1. Características del suelo del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

Taxonomía del suelo	Epipedón	Úmbrico
	Endopedón	Cámbrico
	Nombre	Typic Haplustands, familia, isotérmica
Localización geográfica	Departamento	Sololá
	Municipio	San Juan La Laguna
	Aldea, caserío, sector o sitio	Pasajquim
	Coordenadas planas	Longitud (X): 409572 Latitud (Y): 1621190
Posición geomorfológica	Paisaje	Montaña volcano – erosional
	Tipo de relieve	Glacis
	Forma del terreno	Plano inclinado
Material parental	Depósitos superficiales clásticos gravigénicos	
Altitud	1,666 msnm	
Pendientes	Clase	Fuertemente inclinadas
	Rango	12 – 25 %
Aspectos climáticos	Clima ambiental	Templado húmedo
	Precipitación promedio anual	1.728 mm
	Temperatura promedio anual	17 °C
	Distribución de las lluvias	Deficientes en el primer semestre, suficientes en el segundo

Clima edáfico	Régimen de humedad	Ústico
	Régimen de temperatura	Isotérmico
	Temperatura a 50 cm	19.2°C
Drenaje	Interno	Moderado
	Externo	Moderado
	Natural	Bien drenado
Erosión	Clase	Hídrica
	Tipo	Laminar y surcos
	Grado	Moderado
Profundidad efectiva	Clase	Profunda
	Profundidad	130 cm.
	Limitante	Sin limitaciones
Uso	Actual	Agricultura
	Nombre de los cultivos	Café (<i>Coffea arábica</i>), aguacate (<i>Persea americana</i>), algodón (<i>Gossypium</i>), maíz (<i>Zea maíz</i>) y hortalizas
	Limitante del uso	Déficit de agua en época seca, erosión moderada
Vegetación natural		No hay

Fuente: (García Sic, 2010, pág- 516 y 517)

En general los suelos son profundos, algunas proporciones superficiales de textura media, drenados moderadamente de color pardo o café grisáceo, en la cual predominan las pendientes de 12% a 32%. Los suelos son de vocación agrícola, por lo que son aptos para el establecimiento de cultivos de diferentes ciclos de producción, su potencial productivo está representado por café (*Coffea arábica*), aguacate (*Persea americana*) y maíz (*Zea mays*). (López, 2000)

2.1.5 Manejo de los residuos y desechos sólidos en el municipio

Según Quick (2019), quien es el coordinador de la planta de tratamiento de este municipio, ingresan 122 toneladas por mes producidas en la cabecera municipal, del cual cerca del 60% son residuos orgánicos.

Como señala Pacheco (2019, pág. 22), en su diagnóstico del municipio de San Juan La Laguna, Sololá, cuentan con una planta de tratamiento en la que actualmente la materia orgánica solo recibe un proceso de trituración para luego dejarla acumulada hasta su descomposición y hasta el momento no tiene uso final, debido a que esta se encuentra colapsada de residuos y desechos sólidos.

En las instalaciones de la planta de tratamiento carecen de agua por lo que el proceso de descomposición demora más tiempo, generando inconvenientes directos sobre la salud, afectan principalmente a los operarios del tren de aseo ya que están expuestos a enfermedades como: infecciones respiratorias, infecciones intestinales, neumonías, bronconeumonías, gripe y enfermedades de la piel.

El 64% de las personas utilizan bolsas plásticas para entregar su materia orgánica, el 24% utiliza costales que reutilizan diariamente hasta que quedan inservibles, únicamente el 12% de las personas utilizan recipientes plásticos. El 87% de las personas no tienen conocimiento del manejo que le dan a la materia orgánica.

Actualmente las personas pagan Q 1.00 por cada bolsa o costal que entregan al tren de aseo.

También indica que en el 2018 se hizo un intento por trabajar con lombricompost, pero por la falta de agua en la planta, los organismos murieron y no le dieron seguimiento. no pudiendo el municipio aprovechar el alto potencial que tiene la materia orgánica.

Los operarios no cuentan con el equipo de protección personal adecuado, actualmente solo utilizan pala, rastrillo, lentes, guantes y mascarillas, algunos son renovados dos veces al año y otros hasta cuando queden inservibles.

Cuando no existe una separación desde el punto de origen tiende a dificultar todo el proceso de recolección. En la actualidad los residuos y desechos sólidos se recolectan de la siguiente manera: día lunes y jueves se recolectan los residuos orgánicos, el martes se recolectan los desechos inorgánicos no reciclables y el viernes se recolectan los residuos reciclables. Aunque se tiene una separación específica la mayoría de personas no contribuyen con realizarla de la manera correcta. En la figura 16 se puede visualizar lo que se recibe por días en el tren de aseo.

A continuación, se detalla la caracterización de materia orgánica realizada para el diagnóstico de Pacheco (2019, pág. 41), en la cabecera del municipio, en la cual se detallan las cantidades de materia orgánica producida en una semana por 1,095 personas de 220 casas que estuvieron dentro de la muestra y también del mercado municipal.

Cuadro 1. Pesaje y composición física de la materia orgánica

MATERIA ORGÁNICA DOMICILIAR									
Descripción	Frutas	Verduras	Hojarasca	Hojas verdes	Hojas de maxán y maíz	Cáscara de huevos	Huesos	Inerte	Total
Libras	832	755	251	707	849	40	0	213	3647
Kilogramos	378.18	343.18	114.09	321.36	385.91	18.18	0	96.82	1657.72
%	22.81	20.70	6.88	19.39	23.28	1.10	0	5.84	100
MATERIA ORGÁNICA DEL MERCADO MUNICIPAL									
Descripción	Frutas	Verduras	Hojarasca	Hojas verdes	Hojas de maxán y maíz	Cáscara de huevos	Huesos	Inerte	Total
Libras	44	476	0	168	65	0	0	47	800
Kilogramos	20	216.36	0	76.36	29.55	0	0	21.36	363.63
%	5.50	59.50	0	21.00	8.13	0	0	5.87	100

Fuente: Caracterización de materia orgánica realizada por Pacheco (2019, pág. 41)

Nota: Pesaje de una semana en el mes de septiembre

A continuación, se logra apreciar la composición física de la materia orgánica, de acuerdo con el pesaje integrado a nivel domiciliar y del mercado, la clasificación se realizó de la siguiente manera: el mayor porcentaje de generación lo tiene las verduras con 27.68%, seguido de las hojas de maxán y maíz con un 20.55%, las frutas en menor cantidad con 19.70%, hojas verdes que constituyen hojas de árboles, arbustos y hojas de vegetales con 19.68%.

Se denominó una clasificación como inerte a todos los residuos de comida y todo aquellos que no se pudo separar en otras clasificaciones, lo cual representó el 5.85%, la hojarasca con 5.64%, cascaras de huevo con 0.90% que se encontró únicamente a nivel domiciliar, la clasificación de hueso no se llevó a cabo debido a

que los perros que se mantienen en la planta de tratamiento se los comen. (Págs. 39 – 40)

Cuadro 2. Pesaje y composición física integrada de la materia orgánica

MATERIA ORGÁNICA INTEGRADA									
Descripción	Frutas	Verduras	Hojarasca	Hojas verdes	Hojas de maxán y maíz	Cáscara de huevos	Huesos	Inerte	Total
Libras	876	1231	251	875	914	40	0	260	4447
Kilogramos	398.18	559.55	114.09	397.73	415.45	18.18	0	118.18	2021.36
%	19.7	27.68	5.64	19.68	20.55	0.9	0	5.85	100

Fuente: Caracterización de materia orgánica realizada por Pacheco (2019, pág. 41)

Nota: Pesaje de una semana en el mes de septiembre

2.1.6 Cooperativa La Voz que Clama en el Desierto

Inició el 28 de noviembre de 1977, por un grupo de comunitarios que se dedican a la producción de café orgánico, siendo hasta el año 1979 que se legaliza y toma el nombre de Cooperativa Agrícola Integral La Voz que Clama en el Desierto.

Desde hace 41 años se dedica a la producción, procesamiento y comercialización de café orgánico (*Coffea arábica*), cuenta con certificación de producción orgánica de café, otorgada por la empresa BCS de Alemania.

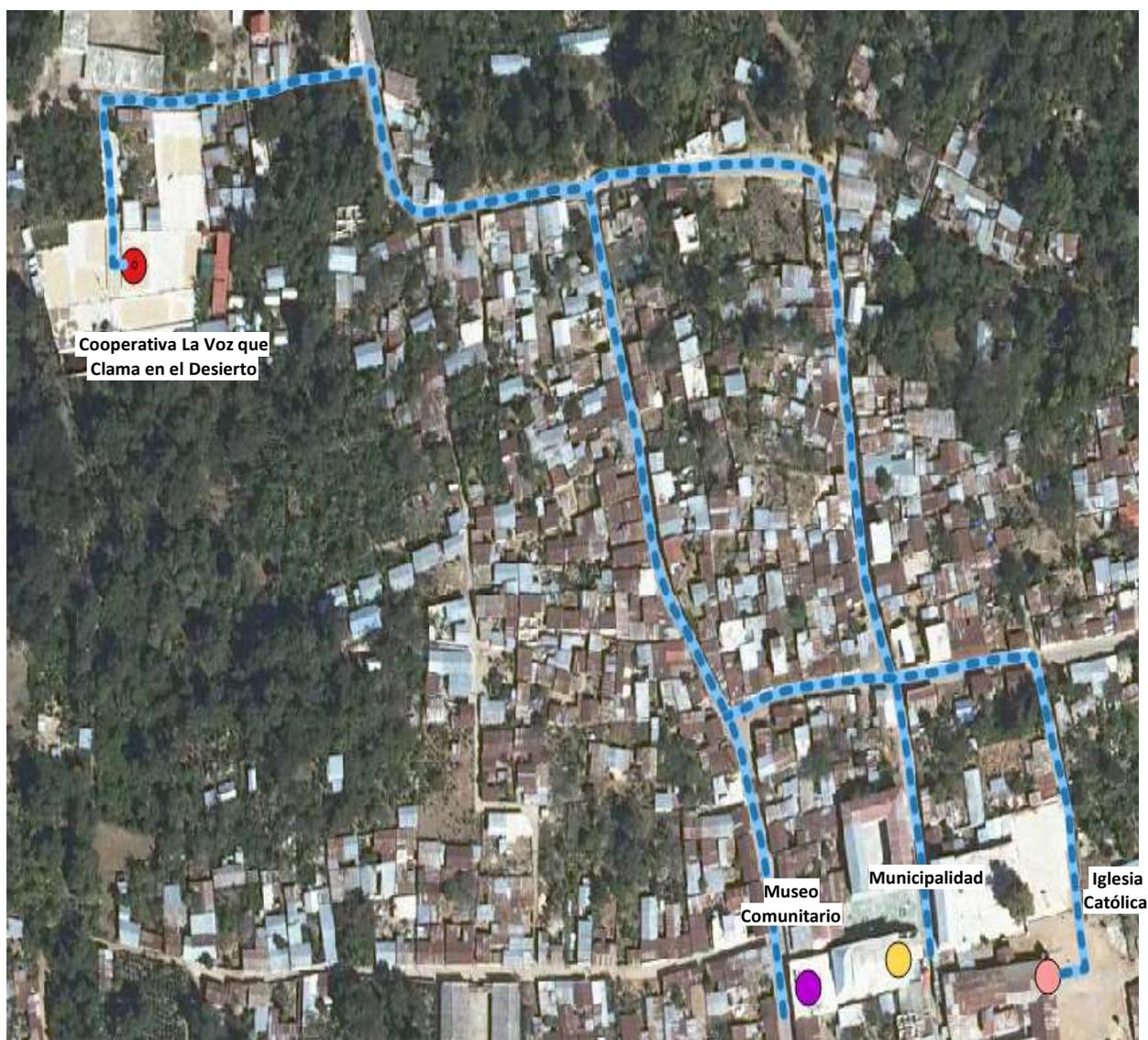
Actualmente posee una membresía de 162 asociados/as con iniciativa organizativa y cultural que deciden trabajar en equipo para promover el cultivo y la comercialización del café. (Cooperativa Agrícola Integral, s.f.)

En la cooperativa producen lombricompost que es elaborado a partir de pulpa de café y es fortificado con microorganismos efectivos. La pulpa tarda tres meses en

las piletas en donde es descompuesta por lombrices californianas (*Eyenia foetida*), cuando ya está listo el lombricompost, se coloca en costales para su posterior venta. También han iniciado a innovar con la recolección y producción de microorganismos efectivos nativos del lugar, que en algún momento incorporaran a los abonos que producen.

A continuación, se presenta la ubicación del lugar, donde se realizó la investigación.

Figura 2. Mapa de ubicación de la Cooperativa la Voz que Clama en el Desierto.



Fuente: Elaborado con base a SINIT de SEGEPLAN 2011

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Desecho y residuo sólido

De acuerdo con Rodríguez (2014, pág. 8), desecho sólido es todo tipo de residuo o desecho que genera el ser humano a partir de su vida diaria y que tienen forma o estado sólido y los residuos son aquellos objetos que, si bien ya no sirven para la función para la que fueron creados o adquiridos, pueden ser reutilizados mediante procedimientos de reciclaje. Es por esto que los residuos tienen un valor económico apreciable ya que pueden volver a formar parte del mundo del consumo.

Uno de los residuos que se puede aprovechar de manera total es la materia orgánica por su gran valor en aporte nutricional al incorporarlo al suelo.

2.2.2 Materia orgánica

Es toda sustancia de origen vegetal o animal que se encuentra en el suelo; cuando proviene de plantas está conformada por hojas, troncos y raíces, o bien al originarse de animales e incluso microorganismos, por lo que está formada por cuerpos muertos y sus excretas. La materia orgánica no solo aporta nutrientes, sino que el humus, producto final de la degradación es capaz de mejorar la estructura y fertilidad del suelo. (Primavesi, 1984, pág. 94)

2.2.3 Enmienda agrícola

Según el Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC, en su Norma Técnica Colombiana, NTC (1927, párr.5), la definición técnica de una “enmienda agrícola” o acondicionador de suelo es la siguiente: “Toda sustancia cuya acción fundamental consiste en el mejoramiento de por lo menos una característica física, química o biológica del suelo”.

De acuerdo a Sanchez (2012, párr. 6), una enmienda es el aporte de un fertilizante o de materiales que mejoran la calidad de un suelo, su estructura, su composición, el pH, y la disponibilidad de nutrientes. Las enmiendas orgánicas varían en su

composición química de acuerdo con el proceso de elaboración, duración del proceso, actividad biológica y tipos de materiales que se utilicen.

La eficacia de estos residuos como fertilizantes depende de diversos factores tales como el tipo de suelo y tipo de cultivo. A pesar de la controversia respecto a esto, estos autores mantienen que las enmiendas orgánicas, supone una ventaja de los residuos orgánicos frente a los fertilizantes inorgánicos al ser una fuente gradual de nutrientes. (Nogales G. L., 1987, pág. 431)

2.2.4 Abonos orgánicos

Es un proceso de descomposición en presencia o ausencia de oxígeno y control de temperatura de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos, que existen en los residuos, bajo condiciones controladas. (Navarro, 2010, pág. 22)

Estos abonos tienen cuatro tipos de propiedades (físicas, químicas, biológicas y nutritivas) que ejercen determinados efectos sobre el suelo, siendo una de ellas aumentar la fertilidad de este. (Ilinizas, 2010, págs. 5 y 6 & Flores Cervantes, 2011, párr. 4)

Dentro de los abonos que se pueden realizar se encuentran varios tipos tales como: el compostaje y bocashi que se describirán posteriormente.

2.2.5 El compostaje

El compostaje es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener "compost". (Infoagro Systems, 1997, pág. 1)

2.2.6 Bocashi

El bocashi es un compost que pasa por una descomposición muy acelerada y se convierte en un abono orgánico fermentado, logrando producirse en menor tiempo

para obtener un abono de buena calidad se utiliza una gran variedad de materiales orgánicos. (Mejía, 2011, pág. 11)

Desde el punto de vista de Mejía (2011, pág.13), el proceso del bocashi es una compleja interacción entre el sustrato, los microorganismos, la aireación y la producción de agua y de calor. Cabe mencionar que la principal diferencia entre el bocashi y el compost es el tiempo para estar en óptimas condiciones para su uso, el primero requiere de 90 días mientras que el segundo aproximadamente de 21 días.

De acuerdo con Garro Alfaro (2017, pág. 45 y 46) el bocashi tiene la ventaja de tener una alta carga microbiana benéfica que mejora la actividad y diversidad biológica de los suelos. Así mismo mejora y mantiene la bioestructura del mismo al facilitar la formación de agregados.

a) Factores a considerar en la elaboración de bocashi

El proceso biológico del bocashi está influenciado por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica a emplear. Los factores más importantes son:

- 1. Temperatura.** Morrow (2010, párr. 1), dice que está en función del incremento de la actividad microbiológica del abono, que comienza con la mezcla de los componentes. Cuanto mayor sea la temperatura mayor será la velocidad del proceso fermentativo siendo también mayor la proporción de productos secundarios. (Avalos, 2013, pág. 20)
- 2. Humedad.** Según Castells, Ripoll, & Pozuelo (2012, párr. 4), concuerdan que en el proceso de abonos fermentados la humedad debe alcanzar niveles óptimos del 40%-60%, ya que si la humedad es mayor el proceso será anaerobio, pero si la humedad es baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento.

Avalos (2013, párr. 2) hace referencia que la humedad óptima, para lograr la mayor eficiencia del proceso de fermentación del abono, oscila entre un 50% y 60 %. El contenido de humedad depende de las materias primas que se utilicen, para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad oscila entre 75 a 85% mientras que para material vegetal fresco es de 50 a 60%. (Restrepo Rivera, 2007, pág. 21)

3. **La aireación.** Es la presencia necesaria de oxígeno dentro de la mezcla. La concentración de oxígeno depende del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada, se calcula que dentro de la mezcla debe existir una concentración de 6% a 10% de oxígeno. (Infoagro Systems, S.L, 1997, pág. 1)

4. **El pH (potencial de hidrógeno).** Según Avalos (2013, pág. 21) debe mantenerse en un intervalo de 4 a 6, para el crecimiento óptimo de la cepa de levadura; si el pH es alcalino, su crecimiento es más lento, mientras que Morrow (2010) menciona que el pH necesario para la elaboración del abono es de un 6 a 7.5 ya que los valores extremos perjudican la actividad microbiológica en la descomposición de los materiales. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7.5). (Infoagro Systems, S.L., 1997, pág. 2)

5. **Relación carbono-nitrógeno.** El carbono (C) y el nitrógeno (N) son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un bocashi de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Según Morrow (2010, pág. 1) la relación ideal para la fabricación de bocashi es de 25:35 una relación menor trae pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización, en cambio una relación mayor alarga el proceso de fermentación. Según Infoagro Systems, S.L. (1997, pág. 2), teóricamente ambos coinciden que debe tener una relación C/N de 25-35, pero esto varía en función de las materias primas que conforman el abono.

El carbono se encuentra en la celulosa, lignina y carbohidratos, estas sustancias o moléculas, abundan en materiales como el aserrín, virutas de madera, la paja y en las ramas leñosas. El nitrógeno se encuentra en plantas jóvenes, en las hierbas, en las leguminosas y en los estiércoles animales. (Labrador, 2002, pág. 24)

- 6. El tamaño de las partículas de los ingredientes.** La reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono presenta la ventaja de aumentar la superficie para la descomposición microbiológica, pero el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar a una compactación, favoreciendo el desarrollo de un proceso anaeróbico. (Restrepo Rivera, 2007, pág. 21)

b) Principales aportes de los ingredientes utilizados en un bocashi

Los principales aportes de los ingredientes de un abono bocashi de acuerdo con Restrepo Rivera (2007, pág. 22-26), a continuación.

- **Tusa:** mejora las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes.
- **La levadura, tierra de floresta virgen y bocashi:** constituye la principal fuente de inoculación microbiológica.
- **Estiércoles:** es la principal fuente de nitrógeno, su aporte básico consiste en mejorar las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos nutrientes, los cuales mejorarán las condiciones biológicas, químicas y físicas del terreno donde se aplicarán los abonos.
- **El agua:** tiene la finalidad de homogenizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono ya que propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica.

- **Carbón:** mejora las características físicas del suelo, como su estructura, lo que facilita una mejor distribución de las raíces, la aireación y la absorción de humedad y calor.
- **Cal agrícola:** su función es regular la acidez que se presenta durante todo el proceso de la fermentación.
- **La melaza de caña o chancaca o piloncillo:** favorece la multiplicación de la actividad microbiológica; es rica en potasio, calcio, fósforo y magnesio; y contiene micronutrientes, principalmente boro, zinc, manganeso y hierro.
- **La tierra común:** ocupa hasta una tercera parte del volumen total del abono que se desea elaborar. Entre otros aportes, tiene la función de darle una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad; con su volumen, aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbiológica de los abonos.

c) Preparación del abono tipo bocashi

El proceso de preparación del bocashi puede ser bastante sencillo según Avalos (2013, pág. 16 y 17), se puede seguir la secuencia que está a continuación y así evitar que el proceso fracase.

- En un lugar bajo techo, se deben colocar los materiales capa por capa.
- Agregarle agua para humedecer hasta alcanzar entre 50 – 60% de humedad y mezclar los materiales.
- Cubrir la mezcla con bolsas, sacos, paja, etc. Esto con la finalidad de mantener la temperatura.
- La temperatura se debe mantener entre 35°C – 50°C. Si la temperatura sobrepasa los 50°C, se debe mezclar bien los materiales para reducir la temperatura y oxigenar la mezcla. Si la temperatura todavía se mantiene alta, se debe extender la mezcla para reducir la altura.

- El bocashi está listo para ser utilizado cuando libera un olor dulce fermentado y aparecen hongos blancos en su superficie. Si la mezcla libera un olor a podrido, el proceso ha fracasado. Para poder almacenarlo se tiene que secar bien bajo la sombra y luego colocarlo en costales.

De acuerdo con Restrepo Rivera (2007, pág. 17) la buena calidad final de un abono orgánico depende de factores como: el origen, la forma de recolección, el almacenamiento y la humedad de los estiércoles. Estos deben ser lo más naturales posible, ya que la actividad microbiológica será mayor. La calidad será inferior si los estiércoles, o los abonos preparados con ellos, sufren una prolongada exposición a la luz solar o a la lluvia.

d) Fermentación del abono tipo bocashi

La fermentación consiste en la asimilación de la materia orgánica por parte de microorganismos en presencia de oxígeno y nutrientes. El abono bocashi se produce por fermentación aerobia. (Porto & Merino, 2012, párr. 1 y 3).

El proceso de fermentación aerobia de la materia orgánica se produce en tres fases secuenciales según Avalos (2013, pág. 16 y 17), desde las primeras descomposiciones microbianas de la materia orgánica hasta la estabilización del producto con la producción de agua (H₂O) y dióxido de carbono (CO₂).

- **Fase mesófila:** consistente en la asimilación de elementos nutritivos, de materia orgánica, a los microorganismos, utilizando una parte de los compuestos orgánicos como fuente de energía y otra para formar microorganismos.
- **Fase termófila:** se producen reacciones de auto oxidación de los microorganismos cuando comienza a faltar la materia orgánica usada como alimento en la fase mesófila. En su desarrollo se liberan los nutrientes usados previamente en la síntesis de nuevas células. Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el

nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos.

- **Fase de enfriamiento y maduración:** Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

Para la elaboración de cualquier abono orgánico se debe tomar en cuenta el cálculo matemático para la mezcla de los materiales, ya que dependen mucho de su relación carbono nitrógeno, para que estén balanceados.

2.2.7 Cálculo matemático para preparar abonos orgánicos

Como expresa Reyna (2015, párr. 1), para preparar un abono orgánico, se debe mezclar materiales ricos en nitrógeno, con otros materiales ricos en carbono. Existe una fórmula matemática que permite calcular cuántas partes en peso del material rico en carbono, debe entrar para cada parte de material rico en nitrógeno, para la composición equilibrada de un buen abono orgánico. Considerando que la relación ideal para preparar un buen abono sea la de C/N = 30/1, entonces la fórmula sería la siguiente:

$$X = \frac{(30 \text{ veces } N_n) \text{ menos } C_n}{C_c \text{ menos } (30 \text{ veces } N_c)}$$

Dónde:

X = Cantidad en peso del material rico en carbono, para cada parte de nitrógeno.

N_n = % de nitrógeno, en el material rico en N.

C_n = % de carbono, en el material rico en N.

N_c = % de nitrógeno, en el material rico en C.

C_c = % de carbono, en el material rico en C.

Cuadro 3. Las relaciones Carbono/Nitrógeno (C/N) utilizados en abono

Material	Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)
Desechos de fruta	35/1
Leguminosas recién cortadas	20-25/1
Restos vegetales	15-20/1
Hojas verdes	40-80/1

Fuente: Paschoal, A. D, (1994)

Para obtener una descomposición rápida y correcta es importante mezclar cantidades adecuadas de materiales ricos en nitrógeno (relación C/N baja) con materiales pobres en nitrógeno (relación C/N alta). (INIAP 2011. Pág.11)

2.2.8 Fertilidad del suelo

De acuerdo con FAO (1996, párr. 19), La fertilidad del suelo es cuando tiene los nutrientes necesarios, es decir, las sustancias indispensables para que las plantas se desarrollen bien. Su consistencia y profundidad permiten un buen desarrollo y fijación de las raíces también debe ser capaz de absorber y retener el agua, conservándola disponible para que las plantas la utilicen y sobre todo no contiene sustancias tóxicas.

Los macroelementos que componen el suelo también son conocidos como elementos primarios tales como: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). Los microelementos o también llamados elementos menores son: Boro (B), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Manganeso (Mn). Hierro (Fe) y Cloro (Cl).

2.2.9 Elementos que debe tener un suelo fértil

Como señala Nuñez Vidal L. D. (2008, párr. 6 al 16), los elementos que debe tener un suelo fértil se describen de la siguiente manera:

Tabla 2. Macroelementos que debe tener un suelo fértil

Nutriente	Descripción
Nitrógeno (N)	Esencial para el crecimiento y el desarrollo vigoroso de la planta (tallos, hojas, brotes y frutos) proporciona el color verde intenso a la hoja, importante durante todo el ciclo del cultivo.
Fósforo (P)	Importante en el desarrollo del sistema radicular, interviene en la formación del tejido leñoso y además en la fructificación, formación y maduración del fruto, esencial en la formación de semillas.
Potasio (K)	Importante para el metabolismo del nitrógeno, el transporte, formación de azúcares y almidones, regula la apertura de los estomas, interviene en la constitución de tejidos dando resistencia a la planta contra enfermedades.
Azufre (S)	Importante en la metabolización del nitrógeno y el fósforo, interviene en la formación de clorofila, necesario para la síntesis de proteínas y vitaminas.
Calcio (Ca)	Actúa como regulador del crecimiento, responsable en la constitución de tejidos, trabaja muy bien junto al boro.
Magnesio (Mg)	Es indispensable en la absorción y metabolismo del fósforo, interviene en el aprovechamiento del potasio y la acumulación de azúcares.

Fuente: Elaborado con base a datos de Nuñez Vidal, (2008, párr. 6 al 16)

Tabla 3. Microelementos que debe tener un suelo fértil

Nutriente	Descripción
Boro (B)	Importante en la actividad de crecimiento y producción, actúa como regulador en la relación potasio–calcio y útil en la división celular y la translocación de azúcar y almidón.
Cobre (Cu)	Activador de varias enzimas, ayuda a un buen forzamiento de tejidos, necesario para la formación de clorofila.

Hierro (Fe)	Actúa en zonas de crecimiento, relacionado con la formación de clorofila y actúa como aportador de oxígeno, es el encargado del proceso de extracción de energía a partir de los azúcares.
Manganeso (Mn)	Interviene en el metabolismo del fósforo y el nitrógeno, aumenta la disponibilidad del fósforo y calcio, ayuda a la síntesis de la clorofila, acelera la germinación y la madurez.
Zinc (Zn)	Importante en el crecimiento y producción, ayuda mucho en el tamaño de los entrenudos.
Cloro (Cl)	Favorece el crecimiento, y fortalece el sistema de defensas de la planta.

Fuente: Elaborado con base a datos de Nuñez Vidal (2008, párr. 6 al 16)

Según Nuñez Vidal (2016, pág. 17), tanto los macroelementos como los microelementos son importantes y necesarios para las plantas a diferencia, que unos los requieren en grandes cantidades. Al final todos intervienen en la fabricación de los alimentos, vitaminas, proteínas, carbohidratos, aminoácidos, etc.

También indica que la disponibilidad de los nutrientes está determinada por varios factores en especial el valor de pH ya que la mayor solubilidad de gran parte de los nutrientes se encuentra entre un pH de 5,5 a 7. Suelos con pH excesivamente ácidos presentan poca disponibilidad de nutrientes como fósforo, calcio, magnesio, potasio y molibdeno y aumentan la solubilización de zinc, cobre, hierro, manganeso y aluminio, que en función al manejo de suelo y fertilizantes aplicados pueden alcanzar niveles tóxicos para las plantas.

2.2.10 Degradación del suelo agrícola.

Según Wildner & Veiga (1992, pág. 17), la degradación del suelo es cuando va perdiendo algunas de sus propiedades más importantes, lo que se traduce en una disminución de su capacidad para brindar servicios ecosistémicos y otro tipo de servicios. Hay tres etapas muy importantes en la degradación del suelo agrícola.

Tabla 4. Etapas en la degradación del suelo agrícola

Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3
El suelo con su estructura original y la materia orgánica, son destruidas gradualmente. La erosión ocurre en niveles de tolerancia mínima y el rendimiento de los cultivos se mantiene estable, por la aplicación normal de fertilizantes.	Se presentan valores bajos de materia orgánica, y el suelo comienza a perder su estructura, la erosión se acelera y el rendimiento de los cultivos baja.	Llegar a esta etapa depende de las prácticas inadecuadas de manejo de suelo. El proceso de erosión es tan violento que la tierra comienza a ser abandonada, debido a la baja productividad y dificultad de operación de máquinas a causa de la existencia de surcos y cárcavas en el campo.

Fuente: Elaborado con base a datos de Wilder & Veiga, (1992, pág. 17)

2.2.11 Proporciones de aplicación de abono bocashi al suelo

En la siguiente tabla se presentan en porcentajes lo que se debe utilizar de tierra y abono tipo bocashi para su correcta aplicación para que sea representativa en los tratamientos a evaluar.

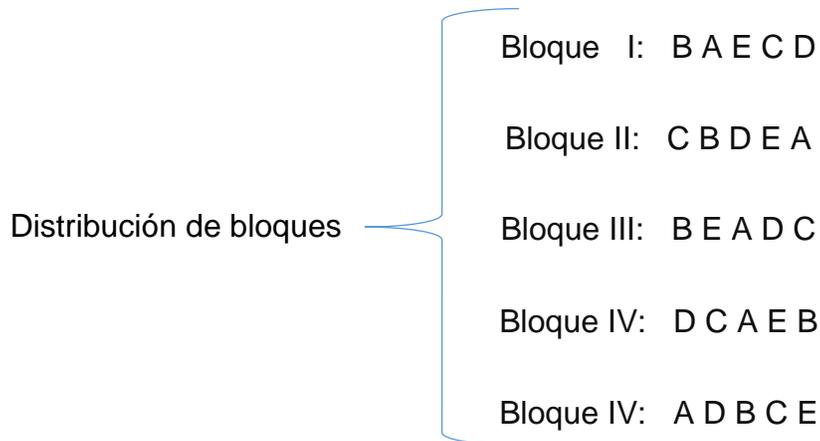
Tabla 5. Proporciones de bocashi y tierra cernida con que se puede experimentar

Tierra cernida	Bocashi	Observación
90%	10%	Estas mezclas son las más comunes para producir hortalizas de hojas. Ej.: lechuga.
85%	15%	
80%	20%	
70%	30%	Estas mezclas son las más comunes para producir hortalizas de cabeza. Ej.: coliflor y brócoli. Y otros cultivos de granos básicos
60%	40%	

Fuente: Elaborado con base a información del A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. Restrepo Rivera (2007, pág. 44)

2.3 Método estadístico en bloques completamente al azar

De acuerdo con Molina, A. (2017, párr. 6) el método es conocido como diseño de doble vía, se aplica cuando el material es heterogéneo, ejemplo de ello es la siguiente descripción en donde se recomienda que las repeticiones sean igual al número de tratamientos. Los bloques se deben colocar de forma aleatoria, ejemplo:



Dentro de las características de este método están:

1. Las unidades experimentales son heterogéneas.
2. Las unidades homogéneas están agrupadas formando los bloques.
3. En cada bloque se tiene un número de unidades igual al número de tratamientos.
4. Los tratamientos están distribuidos al azar en cada bloque.
5. El número de repeticiones es igual al número de bloques.
6. Las fuentes de variación para el análisis estadístico son:
 - Grados de libertad
 - Tratamiento $(t-1) = 5$
 - Grados de libertad
 - Bloques $(r-1) = 5$
 - Error $(t-1)(r-1) = 25$

Cuadro de análisis de varianza (ANDEVA), es un arreglo dado por las fuentes de variación, seguido de los grados de libertad, de las sumas de cuadrados, de los

cuadrados medios de cada componente, así como del valor F y su probabilidad de significación. Usa el modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \Sigma_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta observada en el i-esimo tratamiento y el i-j esimo bloque.

μ = Media general de las variables.

α_i = Efecto del i-esimo tratamiento

β_j = Efecto del i-esimo bloque

Σ_{ijk} = Efecto de la interacción del i-esimo tratamiento y j-esimo bloque.

III. OBJETIVOS

3.1 General

Evaluar el aporte nutricional de cuatro abonos orgánicos aplicados al suelo del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

3.2 Específicos

- Elaborar dos abonos tipo bocashi a partir de residuos orgánicos generados en el municipio.
- Determinar la cantidad de macro y micronutrientes que aportan los abonos orgánicos al suelo.
- Estimar la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.

IV. HIPOTESIS

Hipótesis nula **H₀**

Todos los tratamientos evaluados aportan cantidades iguales de macro y micronutrientes.

Hipótesis alternativa **H_a**

Al menos uno de los tratamientos evaluados tendrá un mejor contenido en macro y micronutrientes que permita identificar la fertilidad del suelo a través de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CICe) y equilibrio de bases.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área experimental

La investigación se realizó en terrenos de la Cooperativa la Voz que Clama en el Desierto, ubicada en el municipio de San Juan La Laguna, Sololá; a una temperatura que oscila entre los 22°C – 30°C y bajo condiciones naturales del lugar.

5.2 Toma de muestra y análisis del suelo

Los materiales utilizados en este proceso de muestreo fueron los siguientes:

- Pala
- Machete
- Cinta métrica
- Guantes
- Cubeta
- Bolsa plástica
- Bolsas de papel
- Masking tape

La primera toma de muestra de suelo fue en un terreno sin cobertura de la cooperativa, se prosiguió con la limpieza del área donde se tomó una muestra compuesta conformada por nueve submuestras a una profundidad de 30cm, las cuales se depositaron en una cubeta previamente esterilizada. Se utilizó guante para evitar la contaminación de la muestra y poder homogenizar las submuestras en la cubeta. Según recomendaciones del técnico de la Asociación Nacional del Café (Anacafé) se tomó la cantidad de dos libras de muestra húmeda representativa para colocarla en la bolsa de papel proporcionada por el técnico.

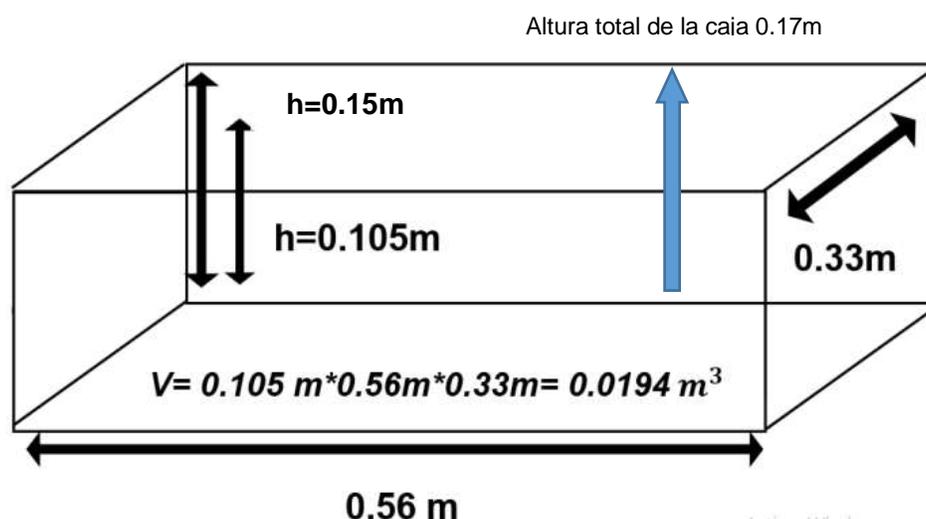
Los análisis se realizaron en los laboratorios de Anacafé, Esto con la finalidad de tener una referencia de los nutrientes disponibles en el suelo testigo lo cual sirvió como comparador para los resultados finales.

Se extrajo más suelo para llenar las cajas de los tratamientos a evaluar más adelante. En la figura 3, se representa el área y volumen de las cajas de madera que se utilizaron para los tratamientos

En el interior de todas las cajas se les colocó nylon para evitar que la tierra se saliera, luego se dejaron en el área experimental para la posterior adición de los tratamientos. También se dejó tierra almacenada en costales para utilizarla en la elaboración de los dos abonos tipo bocashi.

Con la tierra que se extrajo se llenaron 20 cajas a la altura de 10.5 centímetros para luego adicionarle los tratamientos y llegaron a una altura de 15 centímetros, cinco cajas se llenaron a la altura de 15 centímetros por ser los tratamientos testigos.

Figura 3. Área de las cajas de madera para los tratamientos



5.3 Elaboración de abono de producción rápida tipo bocashi

El sitio donde se prepararon los dos abonos tipo bocashi fue en el área de abonos de la cooperativa, en una pileta que está bajo techo.

Los materiales utilizados en esta fase fueron los siguientes:

- Termómetro
- Nylon negro
- Cuchillo
- Guantes
- Botas de hule
- Pala
- Recipientes para separar la materia orgánica
- Libreta de campo
- Costales

Se elaboraron dos abonos tipo bocashi. La materia orgánica se obtuvo del mercado municipal y en la planta de tratamiento del municipio de San Juan La Laguna.

Se colocó nylon antes de ir agregando los materiales, se pesaron y picaron los rastrojos verdes y secos en trozos de dos a tres centímetros aproximadamente, las cáscaras de huevo se trituraron. Se distribuyó de la siguiente manera para cada bocashi.

Tabla 6. Distribución de materia orgánica

Materia orgánica 25.91kg/Tratamientos	Frutas	Verduras	Cáscara de huevo	Hojarasca
	12.73 kg	8.18 kg	0.91 kg	4.09 kg
Bocashi 1 (T4)	28 lb	18 lb	2 lb	9 lb
	10 kg	9.01 kg	1.36 kg	5.46 kg
Bocashi 2 (T5)	22 lb	20 lb	3 lb	12 lb

Se utilizaron otros ingredientes para la correcta elaboración de abonos tipo bocashi, las cantidades descritas en la siguiente tabla se utilizaron por cada uno.

Tabla 7. Materiales utilizados en la elaboración de abono tipo bocashi

Material	Cantidad		Material	Cantidad	
	Libras	Kilogramos		Libras	Kilogramos
Materia orgánica	57	25.91	Cascarilla de café	12.50	5.68
Cal	3	1.36	Levadura	2 onzas	-----
Tierra	30		Agua	10 litros	-----
Estiércol	20	9.09	Melaza	1.5 Litros	-----

Se preparó un total de 122.5lb (55.68kg) de cada uno y al finalizar las cuatro semanas de su fermentación quedaron con un peso final de 96 libras (43.63kg) para

el bocashi 1 (T₄) y 98lb (44.55kg) para el bocashi 2 (T₅), perdiendo en promedio 21% del total del peso de los abonos.

Los materiales fueron agregados capa por capa de la siguiente manera: hojarasca, tierra, estiércol de caballo, cascarilla de café, restos de vegetales, restos frutales; las cáscaras de huevo se dispersaron sobre los materiales, se siguió el mismo orden hasta acabar con todos los materiales.

Se mezcló la melaza y el agua, para luego ir agregándolo chorro a chorro sobre los materiales sólidos de manera que quedara bien distribuida por toda la abonera; la levadura de pan y la cal, se mezcló con los otros materiales de manera uniforme.

La altura de la abonera no fue superior a los 50 centímetros para que la temperatura no afectara en la descomposición de los materiales; mezclándose en la siguiente proporción: 60% de materiales secos (hojarasca, cascarilla de café, etc.) y 40% de materiales húmedos (restos vegetales y frutales, melaza y agua).

Se realizaron volteos con la pala para mezclar todos los materiales, al finalizar se tomó una porción de material, que al apretarlo con la mano, no escurriera agua. Durante los primeros días se cubrió la mezcla con costales para permitir la salida de los gases que se producen por la fermentación.

Durante la elaboración del bocashi se utilizó un termómetro para medir la temperatura, la que se mantuvo entre 50°C y 60°C durante los primeros días, luego se hicieron volteos de los materiales 2 veces al día; esto permitió regular la temperatura, la cual no debía excederse de 45°C en los siguientes días.

Después de 8 días (según la temperatura), se extendió el bocashi gradualmente. Los materiales estuvieron reposados por tres semanas hasta llegar a temperatura ambiente. Luego se dejó una semana más para que los materiales terminaran su proceso de secado y estuviera listo para su aplicación.

5.4 Aplicación de los abonos a las unidades experimentales

Para el establecimiento de las unidades experimentales se utilizaron los siguientes materiales:

- 25 cajas de madera (0.56m * 0.33m * 0.17m)
- Cinta métrica
- Guantes
- Nylon negro
- Pala o azadón
- Balanza
- Costales
- Rótulos para identificar los bloques y tratamientos

Se utilizó el diseño estadístico de Bloques Completamente al Azar, con cinco tratamientos y cinco repeticiones, los cuales fueron colocados con anterioridad en las cajas de madera recubiertas con nylon perforado en la parte inferior para que escurriera el exceso de agua. Los tratamientos aleatorizados se encuentran en la tabla número 6. Cada bloque y tratamiento fue identificado previamente

Tabla 8. Diseño experimental

Bloque	Tratamientos aleatorizados en cada bloque				
I	T4	T3	T2	T5	T1
II	T5	T2	T4	T1	T3
III	T3	T4	T1	T2	T5
IV	T4	T2	T5	T3	T1
V	T3	T5	T4	T2	T1

A las cajas que contenían la tierra se le aplicaron los siguientes tratamientos en las proporciones descritas en la tabla número 7.

- **T₁** = Testigo absoluto. (Tierra sin adición de abono)
- **T₂** = Testigo alternativo 1. (Producido en la planta de tratamiento)
- **T₃** = Testigo alternativo 2. (Producido actualmente en la cooperativa).
- **T₄** = Abono Bocashi 1, (tiene mayor cantidad de frutas).

- **T₅** = Abono Bocashi 2, (mayor cantidad de verduras, cáscara de huevo y hojarasca).

Tabla 9. Proporción de aplicación de suelo y abono

Repeticiones										
Tratamiento	I		II		III		IV		V	
	% Suelo	% Abono orgánico								
T1	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
T2	70	30	70	30	70	30	70	30	70	30
T3	70	30	70	30	70	30	70	30	70	30
T4	70	30	70	30	70	30	70	30	70	30
T5	70	30	70	30	70	30	70	30	70	30

Fuente: Elaborado con base a información de Restrepo Rivera (2007, pág. 49)

El 70% corresponde a 18.18 kilos de tierra en las cajas, mientras que los 30% coesponde a 7.72 kilos de cada tratamiento aplicado en las mismas.

Después de aplicados los tratamientos, se tuvo en reposo durante cuatro semanas; durante ese tiempo se aplicó dos litros de agua a cada uno de los tratamientos en un intervalo de cuatro días para mantener la humedad en las cajas.

5.5 Toma de muestra para análisis de laboratorio

Al iniciar la quinta semana de reposo de los tratamientos, se tomaron las muestras de las unidades experimentales, se utilizó guantes para evitar la contaminación entre ellas; los análisis realizados fueron de nutrición, capacidad de intercambio catiónico efectivo, pH y materia orgánica, que se realizaron en los laboratorios de suelos de Anacafé.

Al tener los resultados de los análisis, se realizó un ANDEVA (análisis de varianza), usando el modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \Sigma_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta observada en el i-esimo tratamiento y el i-j esimo bloque.

μ = Media general de las variables.

α_i = Efecto del i-esimo tratamiento

β_j = Efecto del i-esimo bloque

Σ_{ijk} = Efecto de la interacción del i-esimo tratamiento y j-esimo bloque.

Tabla 10. Análisis de varianza ANDEVA

Fuente de Variabilidad (FV)	Grados de Libertad de error (GL)	Sumatoria Cuadrada (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada (FC)	F Tabulada (FT)(5%)
Tratamiento	t – 1	$(\Sigma Y_i^2/r) - F_{cor}$	SCtra/ GLtra	CMtra/ GLtra	GLtra, GLE
Bloque	r – 1	$(\Sigma Y_j^2/t) - F_{cor}$	SCblo/ GLblo	CMblo/ CMerror	GLblo, GLE
Error	(t-1)(r-1)	SCtot – Sctra - SCblo	SCerror/ GLerror	-----	-----
Totales	t x r x 1	$\Sigma \Sigma Y_{ij} - F_{cor}$		-----	-----

Se utilizó el programa InfoStat, que es un software estadístico desarrollado por un equipo de trabajo conformado por docentes-investigadores de Estadística y Biometría y de Diseño de Experimentos de la Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC), para generar los resultados estadísticos que luego fueron interpretados.

Para verificar la calidad del experimento se calculó el coeficiente de variación (CV), del que se espera no exceda de 30% de acuerdo con Pimentel (1985, pág. 12) quien señala que normalmente es lo que se utiliza en los ensayos agrícolas de campo; otros autores como Gómez (1984, pág. 38) y Patel (2001, pág. 38), indican que si el valor de CV supera el 30%, los datos deben ser descartados por la baja precisión que se tuvo.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concluida la fase experimental de campo y obtenidos los análisis de laboratorio de Anacafé, correspondientes a los resultados del experimento, se presentan los resultados de la investigación.

6.1 Abonos tipo bocashi.

Este abono al pasar por una descomposición muy acelerada se convirtió en un abono orgánico fermentado, por lo tanto, logró producirse en menos tiempo en comparación a los otros evaluados. Al finalizar con la elaboración de los dos abonos se continuó con la fase experimental que consistió en la evaluación de los cuatro abonos orgánicos.

A continuación, se presenta una tabla con las observaciones en ambos bocashi durante las tres semanas de descomposición de los materiales y la semana de secado.

Tabla 11. Bitácora de la elaboración de los abonos bocashi

Descripción	BOCASHI 1 = T ₄ y BOCASHI 2 = T ₅					
	Semana 1		Semana 2		Semana 3	
	T ₄	T ₅	T ₄	T ₅	T ₄	T ₅
Altura	40 cm		20 cm		8 cm	
Temperatura °C	50	57	45	48	24	27
Degradación de la materia orgánica	5 días	5 días	Hojarasca aún presente		Hojarasca aún presente	
Volteos	2 veces al día		1 vez al día		1 vez al día	
Tiempo de secado	Toda la semana 4					
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"> Al tercer día se presentaron gusanos blancos El color fue más oscuro al finalizar el proceso de elaboración. 					

En los primeros días de la semana uno, el T₄ (bocashi 1) no tenía la temperatura adecuada que debía oscilar entre 55°C y 65°C como lo expresa Marrow (2010), por

lo que se optó por aumentar el espesor de los materiales y por ende se aumentó la temperatura; en las siguientes semanas la temperatura fue descendiendo paulatinamente, así mismo se disminuyó el espesor de los materiales, para que estuvieran a temperatura ambiente.

La materia orgánica se degradó en cinco días en ambos abonos a excepción de la hojarasca que se mantuvo en la segunda y tercera semana; en la fase de aplicación se encontraba presente aún, por lo cual se tuvo que tamizar. La materia orgánica en el bocashi mantiene un mayor contenido energético, pues al no alcanzar temperaturas tan elevadas hay menos pérdidas por volatilización de sus propiedades químicas y nutritivas.

Los residuos orgánicos utilizados y los otros materiales garantizaron una relación C/N equilibrada de 35, ya que no disminuye ni afecta la actividad biológica; los abonos estuvieron listos para ser utilizado al liberar un olor dulce producto de la fermentación y cuando se apreciaron mohos blancos en su superficie, durante el tiempo de maduración.

6.2 Resultados del aporte nutritivo de los cuatro abonos

Según los cálculos realizados de ANDEVA se obtuvieron resultados que se presentan en las siguientes tablas; tomando en cuenta que las variables de respuesta son el contenido nutricional del suelo (macronutrientes y micronutrientes) y el contenido de materia orgánica.

En la parte superior del cuadro, se presentan los resultados de la muestra compuesta realizada con anterioridad, la cual sirvió de referencia para compararla con los resultados de los tratamientos aplicados.

El análisis de varianza muestra una diferencia significativa del pH en cuatro de cinco tratamientos, siendo los tratamientos T₂ (compost) significativamente diferente a los otros tratamientos.

Cuadro 4. Resultados de ANDEVA de pH, *A.I y materia orgánica

PH, ACIDEZ INTERCAMBIABLE Y MATERIA ORGÁNICA					
PRIMER ANÁLISIS DE SUELO					
RESULTADOS DE LA MUESTRA COMPUESTA					
pH		*A.I		MATERIA ORGÁNICA (M.O)	
Niveles adecuados (5.5 - 6.5)		Niveles adecuados (0.3 - 1.5) Cmol(+)/L		Niveles adecuados (3 - 6) %	
6.34		0.04		3.9	
RESULTADOS DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS					
pH		*A.I		MATERIA ORGÁNICA (M.O)	
Niveles adecuados (5.5 - 6.5)		Niveles adecuados (0.3 - 1.5) Cmol(+)/L		Niveles adecuados (3 - 6) %	
TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA
T ₂	8.97 A	T ₂	0.09 A	T ₃	7.90 A
T ₃	8.46 B	T ₃	0.08 A	T ₄	6.90 AB
T ₅	8.09 BC	T ₅	0.06 B	T ₂	6.30 B
T ₄	7.71 C	T ₄	0.05 B	T ₅	6.07 BC
T ₁	5.52 D	T ₁	0.04 B	T ₁	4.81 C
Coficiente de variación (CV)	2.99	Coficiente de variación (CV)	13.29	Coficiente de variación (CV)	11.95
Desviación media	0.43896	Desviación media	0.0165	Desviación media	1.44687
Bajo o fuera de rango		Adecuado		Alto	

Fuente: Se realizó de acuerdo con el test de Tukey al 5% de significancia

Nota: *A.I = Acidez intercambiable (Hidrógeno + Aluminio)

El pH de los tratamientos se relaciona estrechamente con la *A.I que es la acidez intercambiable (Hidrógeno + Aluminio), la cual se encuentra fuera de los rangos adecuados en todos los tratamientos, cuando esto sucede el pH se torna base y cuando este aumenta el pH se torna ácido; por eso es ideal que se mantenga dentro del rango para evitar cambiar drásticamente el pH.

De acuerdo a INTAGRI (2018, pág 4), el valor de pH es importante ya que la disponibilidad de los nutrientes está determinada principalmente por él, cuando está en el rango adecuado permite que la mayoría de los nutrientes mantengan su máxima disponibilidad, si se encuentra por encima de dicho rango, hay alta disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre o magnesio y molibdeno y disminuye la solubilización de zinc, cobre, hierro, manganeso y aluminio.

La materia orgánica (M. O.) está expresada en porcentajes lo cual indica la cantidad de restos orgánicos que se encuentran presentes en cada unidad experimental, aumentando el contenido de nutrientes del suelo.

La M.O. en el primer análisis de suelo es distinto al T₁ (testigo), probablemente por su almacenaje ya que estuvo sin exposición al sol, viento y agua en un lapso, por tanto, la descomposición de los materiales que ya tenía el suelo no se disolvió de según como lo hace en el campo.

El análisis de varianza muestra una diferencia significativa de T₃ (lombricompost) y T₄ (bocashi 1) ante los otros tres restantes; T₂ (compost) y T₅ (bocashi 2) no tienen diferencia significativa entre ambos, pero si ante los otros tres restantes.

Los resultados indican que todos los tratamientos cuentan con un potencial alto en diversidad, indicando que podrían ser suelos no inductores de enfermedades, ya que según Warman (1998) encontró que los suelos fertilizados convencionalmente son generalmente altos en P y K, mientras que los suelos fertilizados con abono orgánico tienen un mayor contenido de C, Ca, Mg, Mn, Cu y Zn.

De acuerdo con Graetz (1997, párr. 3), podría añadir que cuando la materia orgánica es humificada se logran los siguientes beneficios: aumenta la capacidad de intercambio catiónico, aumenta el poder amortiguador del suelo; que previene las variaciones bruscas de pH y también provee una gran biodiversidad microbiana y mesofáunica que da estabilidad al sistema de suelos.

Cuando se refiere al efecto sobre las propiedades químicas del suelo, los autores mencionan que aumenta la capacidad de cambio del suelo, la reserva de nutrientes para la vida vegetal, en cuanto a su efecto sobre las propiedades biológicas, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado.

6.2.1 Macronutrientes

Cuadro 5. Resultados de ANDEVAS de macronutrientes en el suelo

MACRONUTRIENTES EN EL SUELO											
PRIMER ANÁLISIS DE SUELO											
RESULTADOS DE LA MUESTRA COMPUESTA											
NITRÓGENO Niveles adecuados (0.4 – 0.8) %		FÓSFORO Niveles adecuados (15 - 30) mg/L		POTASIO Niveles adecuados (0.2 - 1.5) Cmol(+)/L		CALCIO Niveles adecuados (4 - 20) Cmol(+)/L		MAGNESIO Niveles adecuados (1 - 10) Cmol(+)/L		AZUFRE Niveles adecuados (10 - 100) mg/L	
0.24		65.28		0.46		8.35		2.53		2.49	
RESULTADOS DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS											
NITRÓGENO Niveles adecuados (0.4 – 0.8) %		FÓSFORO Niveles adecuados (15 - 30) mg/L		POTASIO Niveles adecuados (0.2 - 1.5) Cmol(+)/L		CALCIO Niveles adecuados (4 - 20) Cmol(+)/L		MAGNESIO Niveles adecuados (1 - 10) Cmol(+)/L		AZUFRE Niveles adecuados (10 - 100) mg/L	
TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA
T ₃	0.7 A	T ₂	483.56 A	T ₂	5.18 A	T ₃	9.34 A	T ₃	4.98 A	T ₂	557.2 A
T ₂	0.53 B	T ₃	240.65 B	T ₃	4.2 A	T ₁	8.01 B	T ₂	3.97 B	T ₃	111.79 B
T ₅	0.37 C	T ₅	165.31 C	T ₅	1.69 B	T ₄	7.27 BC	T ₅	3.1 C	T ₅	31.51 C
T ₄	0.35 C	T ₄	130.46 D	T ₄	1.57 B	T ₅	6.87 C	T ₄	3.07 C	T ₄	30.59 C
T ₁	0.3 C	T ₁	92.15 E	T ₁	0.8 B	T ₂	5.37 D	T ₁	2.88 C	T ₁	17.81 C
Coeficiente de variación (CV)	11.21	Coeficiente de variación (CV)	7.72	Coeficiente de variación (CV)	21.33	Coeficiente de variación (CV)	8.09	Coeficiente de variación (CV)	9.27	Coeficiente de variación (CV)	22.07
Desviación media	0.09538	Desviación media	32.49215	Desviación media	1.08493	Desviación media	1.12789	Desviación media	0.63198	Desviación media	62.54935
Bajo o fuera de rango				Adecuado				Alto			

Fuente: Se realizó de acuerdo con el test de Tukey al 5% de significancia

De acuerdo con el análisis de varianza en la aportación de nitrógeno al suelo, únicamente dos tratamientos son significativamente diferentes entre sí, siendo el T₂ (compost) y T₃ (lombricompost), lo cuales están en el rango adecuado; a diferencia de los otros tres que, aunque aportan a lo que ya tenía el testigo siguen siendo deficientes en N.

El T₃ tiene el porcentaje mayor de N debido a que es lombricompost elaborado a partir de pulpa de café, el cual lleva 3 meses de haber sido elaborado aproximadamente, como señala Brechelt (2006, pág 13), el lombricompost es uno de los mejores abonos orgánicos, porque proporciona al suelo nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, lo cual se ve representado en cuadros 6 y 7.

El T₂ (compost) podría tener un porcentaje alto de N por la diversificación de residuos orgánicos que lleva en su elaboración, dentro de la planta de tratamiento y por el tiempo que tiene de estar descomponiéndose que es mayor a los demás.

El aporte de N por parte de los tratamientos T₄ (bocashi 1) y T₅ (bocashi 2) no son significativamente diferentes al T₁ (testigo absoluto), debido a que los materiales verdes y el estiércol equino aplicados no tuvieron mayor aporte de N. En todos los tratamientos podría ser que la percolación natural haya causado la pérdida de este macronutriente siendo los más afectados los tratamientos con bocashi.

Los resultados del fósforo indican que todos tuvieron un aporte significativo respecto al T₁ (testigo absoluto), siendo estos muy altos por tanto están fuera del rango adecuado. El pH óptimo para la disponibilidad máxima del fósforo es de 6 - 7 y de acuerdo con el pH descrito en el cuadro 7 indica que los tratamientos tienen un pH básico, lo cual hace que la aportación de fósforo sea mayor.

Aunque el análisis de suelo no indica la cantidad total del fósforo en el suelo, porque la cantidad de fósforo disponible es mucho menor que la cantidad total y también

porque se lixivian las bases, esto es un índice que ayuda a predecir los requerimientos de los fertilizantes fosfatados de los cultivos. (Smart fertilizer, 2018, párr. 16)

Según Smart fertilizer (2018, párr. 4 y 12), por lo general, los compuestos minerales que forma el fósforo son compuestos de aluminio, hierro, manganeso y calcio. El exceso de fósforo interviene, en su mayor parte, con la absorción de otros elementos, tales como el hierro, el manganeso y el zinc.

Según Guy (2017, párr. 2) la base para la clasificación, de las formas del potasio en el suelo, es la disponibilidad para la absorción de potasio por parte de las plantas, que dependen del tipo de suelo y las condiciones ambientales, debido a ello la disponibilidad de potasio puede variar.

Los análisis de varianza del potasio, de la tabla anterior se observa que todos los tratamientos están fuera del rango adecuado; solo los tratamientos T_2 (compost) y T_3 (lombricompost) son significativamente diferentes al testigo absoluto. Al igual que el fósforo, están altos porque el pH es más básico que neutro, por lo tanto, si sube el pH del suelo aumenta la tendencia a la fijación de K.

De acuerdo a la aportación del nutriente calcio, se obtuvo que únicamente el T_3 (lombricompost) es significativamente diferente al T_1 (testigo); aunque todos los tratamientos están en el rango adecuado, estos quedaron por debajo del T_1 (testigo), podría ser porque los tratamientos T_4 (bocashi1) y T_5 (bocashi 2) a pesar de que se les aplicó cáscaras de huevo y cal agrícola en su elaboración no fue suficiente para enriquecerlos en calcio; en la elaboración del T_2 (compost) va poca cantidad de cascaras de huevo y los demás residuos no aportan suficiente de este nutriente.

El calcio participa en los procesos metabólicos de absorción de otros nutrientes, como en todos los tratamientos el calcio está en el rango adecuado ayudará a proteger a las plantas contra el estrés de temperaturas altas.

Según la aportación de magnesio al suelo, se observó que sólo los tratamientos T₃ (lombricompost) y T₂ (compost) son significativamente diferentes al T₁ (testigo). En los tratamientos T₄ (bocashi 1) y T₅ (bocashi 2) el magnesio se pudo haber perdido por lixiviación debido a las lluvias que son factores no controlables en el campo, a pesar de que todos los tratamientos tenían una cubierta.

El magnesio es clave para una amplia gama de funciones en los vegetales, siendo uno de los más importantes, estar presente en el proceso de la fotosíntesis, ya que es un componente básico de la clorofila, la molécula que da a las plantas su color verde; si en dado caso hubiera deficiencia de magnesio podría limitar la producción de cultivos. (López J. C., 2018, párr. 2)

Cabe decir que el contenido de bases intercambiables (Ca, Mg y K) define en gran parte el grado de fertilidad del suelo, especialmente el de los dos primeros. De acuerdo a Molina E. (2017, pág. 6), los suelos fértiles se distinguen porque tienen altos contenidos de Ca y Mg, mientras que los suelos muy ácidos generalmente presentan deficiencias de Ca y Mg, lo cual no es el caso del pH que se torna base según el cuadro 6.

Entre más alto el contenido de Ca y Mg, mejor es la fertilidad del suelo, este autor menciona también que si el suelo presenta una suma de bases inferior a 5 Cmol(+)/l se considera que es de baja fertilidad, de 5-12 Cmol(+)/l es de fertilidad media, y más de 12 Cmol(+)/l es alta fertilidad.

En el primer análisis de suelo la concentración de azufre es menor en comparación al T₁ (testigo) ya que el primer análisis estuvo expuesto a las inclemencias del clima en campo definitivo, mientras que el suelo del T₁ (testigo) estuvo seco y almacenado

hasta el momento de aplicación de los abonos, por lo tanto, hay variabilidad entre ambos lo cual es notoria de acuerdo al cuadro 6.

Los tratamientos T₂ (compost) y T₃ (lombricompost) son los únicos que muestran una diferencia significativa ante el T₁ (testigo) debido a que hay factores que afectan la disponibilidad del azufre en el suelo tales como el efecto de la descomposición de la M.O, el secado del suelo, el pH y la temperatura del suelo; en los tratamientos T₄ (bocashi 1) y T₅ (bocashi 2) el tiempo de descomposición de la M.O fue más acelerada pudiendo decirse que a ello se debe la baja concentración de ese nutriente.

La mayor parte del azufre en los suelos se encuentra en la materia orgánica del suelo a excepción de los suelos de origen volcánico, es por eso que en el cuadro 6 se observa que la M.O del tratamiento T₂ (compost) está por encima de los rangos adecuados y sin embargo a ello, el azufre no está disponible para las plantas en esa forma ya que para llegar a estar disponible debe ser liberado por primera vez de la materia orgánica y mineralizado en el proceso de mineralización. Los niveles altos de azufre en el sustrato pueden competir e inducir a una deficiencia de nitrógeno, lo cual se refleja en los resultados de N en el cuadro 7 (Smart fertilizer, 2018, párr. 11)

De acuerdo con el Coeficiente de Variación (CV), los resultados de macronutrientes son homogéneos debido a que se encuentran por debajo del 30% de variación permitido en investigaciones agrícolas, ya que no sufrió cambios significativos en cuanto a la incidencia de los factores ambientales y la ejecución del experimento, lo que significa que existe poca variabilidad de error experimental.

6.2.2 Micronutrientes

Cuadro 6. Resultados de ANDEVAS de micronutrientes en el suelo

MICRONUTRIENTES EN EL SUELO									
PRIMER ANÁLISIS DE SUELO									
RESULTADOS DE LA MUESTRA COMPUESTA									
BORO Niveles adecuados 1 - 5) mg/ L		COBRE Niveles adecuados (0.1 - 2.5) mg/ L		HIERRO Niveles adecuados (20 - 150) mg/ L		MANGANESO Niveles adecuados (8 - 80) mg/ L		ZINC Niveles adecuados (0.2 - 2) mg/ L	
0.53		1.42		118.56		9.19		2.98	
RESULTADOS DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS									
BORO Niveles adecuados 1 - 5) mg/ L		COBRE Niveles adecuados (0.1 - 2.5) mg/ L		HIERRO Niveles adecuados (20 - 150) mg/ L		MANGANESO Niveles adecuados (8 - 80) mg/ L		ZINC Niveles adecuados (0.2 - 2) mg/ L	
TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA
T ₂	9.12 A	T ₂	6.55 A	T ₃	120.36 A	T ₄	16.87 A	T ₂	32.96 A
T ₃	6.02 B	T ₃	4.2 B	T ₂	84.04 B	T ₃	16.27 A	T ₃	14.8 B
T ₅	1.75 C	T ₄	1.37 C	T ₁	82.3 B	T ₅	12.47 A	T ₄	6.07 C
T ₄	1.54 C	T ₅	1.23 C	T ₄	78.55 BC	T ₂	10.98 A	T ₅	5.56 C
T ₁	0.7 C	T ₁	1.2 C	T ₅	69.36 C	T ₁	10.02 A	T ₁	5.09 C
Coeficiente de variación	25.36	Coeficiente de variación	14	Coeficiente de variación	7.8	Coeficiente de variación	32.85	Coeficiente de variación	9.27
Desviación media	1.83714	Desviación media	0.77534	Desviación media	12.83794	Desviación media	8.28285	Desviación media	0.63198
Bajo o fuera de rango				Adecuado				Alto	

Fuente: se realizó de acuerdo con el test de Tukey al 5% de significancia

El análisis de varianza del micronutriente boro, muestra que solo los tratamientos T₂ (compost) y T₃ (lombricompost) tienen diferencia significativa ante el T₁ (testigo), ambos están sobre el rango adecuado; en los tratamientos T₄ (bocashi 1) y T₅ (bocashi 2) no existe diferencia significativamente, esto podría ser debido a que la cantidad de materia orgánica del municipio aplicada en los bocashi fue distinta y solo fueron de cuatro tipos, los materiales pudieron no haber aportado el boro necesario o pudo ser adsorbido en la materia orgánica, la cual no se degradó de manera completa por el tiempo de descomposición que fue corto en comparación a los otros tratamientos que llevan más tiempo de haber sido elaborados, al estar dentro del rango adecuado pueden cumplir con el crecimiento normal de las plantas, ya que promueve la división apropiada de las células, la elongación de células, la polinización, floración, producción de las semillas y la traslación de azúcar al momento de cultivar sobre suelos con esas cantidades de boro, también se hace mención que es el único micro elemento no metálico.

El cobre al igual que el boro, en los tratamientos T₂ (compost) y T₃ (lombricompost) son significativamente diferentes al T₁ (testigo) y se encuentran sobre el rango adecuado, los tratamientos T₄ (bocashi 1) y T₅ (bocashi 2), están en el rango adecuado, pero a pesar de ello no son significativamente diferentes al T₁ (testigo).

La importancia del cobre como uno de los micronutrientes es que activa ciertas enzimas implicadas en la síntesis de lignina, también es necesario en el proceso de la fotosíntesis, esencial para la respiración de las plantas. Por lo tanto, se puede mencionar que los cultivos con estas concentraciones de cobre no presentarán deficiencias en su absorción.

Según el primer análisis de suelo realizado el hierro tiene una concentración mayor al testigo absoluto dentro de los tratamientos a evaluar siendo eso debido a la remoción del suelo de su sitio de origen y a la exposición a factores climáticos que no son controlables.

Los tratamientos T₄ (bocashi 1) y T₅ (bocashi 2), están por debajo del T₁ (testigo) en su concentración de hierro, aunque se encuentra dentro del rango adecuado, esto es debido a que su dinámica está gobernada por la cantidad y tipo de arcilla y la materia orgánica. Esta última forma compuestos estables con el hierro, generando los denominados quelatos. El pH también es un factor importante para determinar la disponibilidad de los oligoelementos, valores de pH superiores a 7.5 afectan de manera importante la biodisponibilidad de los cationes metálicos y también del boro.

Debido a que el coeficiente de variación del manganeso es mayor al 30% aceptable para experimentos agrícolas, las medias de los tratamientos no son significativamente diferentes, lo cual podría deberse al aumento del pH de acuerdo con el cuadro 5; la compactación, inundación y estancamiento de agua en los horizontes superficiales de algunas unidades experimentales fue prolongada, por lo tanto, serían factores que afectaron la disponibilidad del manganeso.

La aportación de zinc de los tratamientos T₂ (compost) y T₃ (lombricompost) son los únicos significativamente diferentes entre sí y también ante el T₁ (testigo), todos los tratamientos sobre el rango adecuado lo cual podría ser tóxico para los cultivos; por ser un micronutriente se necesita en cantidades pequeñas, la concentración no debe excederse. Según López J. C., (2018, párr. 4), con mayor frecuencia, el exceso de zinc en un sustrato compite con el fósforo, el hierro, el manganeso o el cobre, tal sería el caso al observar las concentraciones de estos elementos en los cuadros 5 y 6.

El zinc disponible en la solución del suelo es adsorbido y fijado especialmente por la materia orgánica del suelo, de acuerdo con los resultados es elevado. También una fijación adicional del zinc ocurre cuando el contenido de sulfatos y fosfatos en la solución del suelo es alto y se comprueba en el cuadro 5 los resultados del fósforo.

6.2.3 Porcentaje de saturación en la CICE

Cuadro 7. Porcentaje de saturación en la CICE

Porcentaje de Saturación en la CICE %									
PRIMER ANÁLISIS DE SUELO RESULTADOS DE LA MUESTRA COMPUESTA									
CICE Niveles adecuados (5 - 25) Cmol(+)/L		POTASIO Niveles adecuados (4 - 6) Cmol(+)/L		MAGNESIO Niveles adecuados (10 - 20) Cmol(+)/L		CALCIO Niveles adecuados (60 - 80) Cmol(+)/L		ALUMINIO Niveles adecuados (0 - 24.9) Cmol(+)/L	
11.38		4.04		22.23		73.37		0.35	
RESULTADOS DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS									
CICE Niveles adecuados (5 - 25) Cmol(+)/L		POTASIO Niveles adecuados (4 - 6) Cmol(+)/L		MAGNESIO Niveles adecuados (10 - 20) Cmol(+)/L		CALCIO Niveles adecuados (60 - 80) Cmol(+)/L		ALUMINIO Niveles adecuados (0 - 24.9) Cmol(+)/L	
TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA
T ₃	18.60 A	T ₂	35.06 A	T ₂	27.34 A	T ₁	65.13 A	T ₂	0.65 A
T ₂	14.55 B	T ₃	22.54 B	T ₃	26.78 A	T ₄	60.72 AB	T ₅	0.50 B
T ₁	12.07 C	T ₅	14.47 C	T ₄	26.45 A	T ₅	58.58 B	T ₄	0.45 BC
T ₄	11.96 C	T ₄	13.15 C	T ₅	25.68 A	T ₃	50.26 C	T ₃	0.42 BC
T ₅	11.72 C	T ₁	6.9 D	T ₁	25.07 A	T ₂	36.95 D	T ₁	0.35 C
Coficiente de variación	6.99	Coficiente de variación	15.09	Coficiente de variación	4.63	Coficiente de variación	4.75	Coficiente de variación	9.27
Desviación media	1.82218	Desviación media	5.26235	Desviación media	2.29999	Desviación media	4.88675	Desviación media	0.63198
Bajo o fuera de rango				Adecuado				Alto	

Fuente: Se realizó de acuerdo con el test de Tukey al 5% de significancia

Nota: *CICE = Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

Lo que se presenta en la tabla anterior es la CIC medida en el pH real del suelo y se conoce como "CIC efectiva", abreviada como CICE, todos los tratamientos están en el rango adecuado, sus concentraciones indican que a mayor contenido de materia orgánica en un suelo aumenta su CIC y se corrobora en el cuadro 4, también se les considera más fértiles ya que pueden retener más nutrientes en el suelo.

Aunque todos los tratamientos se encuentran dentro del rango adecuado se determinó que T₂ (compost) y T₃ (lombricompost) son significativamente diferentes entre sí y también lo son respecto al T₁ (testigo); T₄ (bocashi 1) y T₅ (bocashi 2) están por debajo de T₁ (testigo) lo cual se debe a que una parte de la M.O no se descompuso totalmente lo cual limita el intercambio de cationes.

Los porcentajes de saturación en la CICE se dan en los nutrientes del K, Ca, Mg y Al debido a que son los cationes intercambiables, según el análisis de varianza del potasio y el magnesio se observa que todos los tratamientos están fuera de los rangos adecuado siendo en ambos los más altos los tratamientos T₂ (compost) y T₃ (lombricompost); los datos indican que todos tendrán una buena fertilidad en el suelo. Los cuatro tratamientos con respecto a la aportación de potasio son significativamente diferentes entre sí y ante el T₁ (testigo).

El porcentaje de calcio es bajo en todos los tratamientos en referencia al T₁ (testigo), los tratamientos T₂ (compost), T₃ (lombricompost) y T₅ (bocashi 2) están por debajo del rango adecuado indicando que la retención de calcio es muy baja y no puede haber mayor intercambio de cationes y podría ser hasta nula. Si el porcentaje de magnesio disminuye aumentaría el porcentaje de calcio en la asimilación del suelo.

6.2.4 Equilibrio de bases

Cuadro 8. Resultados de equilibrio de bases

EQUILIBRIO DE BASES							
PRIMER ANÁLISIS DE SUELO							
RESULTADOS DE LA MUESTRA COMPUESTA							
Ca/K Niveles adecuados (5 - 25)		Mg/K Niveles adecuados (2.5 - 15)		Ca/Mg Niveles adecuados (2 - 5)		(Ca+Mg)/K Niveles adecuados (10 - 40)	
18.15		5.5		3.3		23.65	
RESULTADOS DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS							
Ca/K Niveles adecuados (5 - 25)		Mg/K Niveles adecuados (2.5 - 15)		Ca/Mg Niveles adecuados (2 - 5)		(Ca+Mg)/K Niveles adecuados (10 - 40)	
TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA	TRATAMIENTO	MEDIA
T ₁	9.12 A	T ₁	3.46 A	T ₁	2.47 A	T ₁	13.86 A
T ₄	4.63 B	T ₄	1.95 B	T ₄	2.37 AB	T ₄	6.58 B
T ₅	4.10 C	T ₅	1.85 B	T ₅	2.22 B	T ₅	5.95 B
T ₃	2.39 C	T ₃	1.26 C	T ₃	1.88 C	T ₃	3.64 C
T ₂	1.06 C	T ₂	0.78 C	T ₂	1.35 D	T ₂	1.85 D
Coefficiente de variación	12.63	Coefficiente de variación	15.3	Coefficiente de variación	5.23	Coefficiente de variación	13.16
Desviación media	1.01804	Desviación media	0.53919	Desviación media	0.20348	Desviación media	1.58889
Bajo o fuera de rango		Adecuado		Alto			

Fuente: se realizó de acuerdo al test de Tukey al 5% de significancia

El equilibrio del suelo influye en la absorción de los cationes, ya que se establecen sinergias y antagonismos entre los elementos para que la planta los absorba. Por eso el autor indica que es importante conocer las cantidades de cationes y porcentajes como las relaciones entre los mismos, para conocer el equilibrio de este con su relación a la planta. (González, 2015, párr. 4 - 5)

Cuanto más básico sea el suelo, mayor será el porcentaje de saturación de las bases y cuanto más alto sea el porcentaje de saturación, mayores posibilidades de retener cationes hay.

El tratamiento T₁ es el único que se encuentra en el rango adecuado en las relaciones Ca/K, Mg/K y (Ca + Mg)/K, mientras que en la relación Ca/Mg los tratamientos T₃ y T₂ tienen un bajo nivel de calcio respecto al magnesio mientras que los otros tratamientos están en el rango adecuado.

VII. CONCLUSIONES

- Se elaboraron dos tipos de abonos bocashi, en ambos se utilizaron proporciones diferentes de materia orgánica producida en el municipio; al terminar su proceso de fermentación quedaron con un peso final de 43.63kg (96 lb) para el bocashi 1 (T₄) y 44.55kg (98lb) para el bocashi 2 (T₅), perdiendo en promedio 21% del total de su peso inicial. Este tipo de abono tiene menos pérdida de sus propiedades químicas y nutritivas porque no alcanza temperaturas tan altas.
- Los tratamientos T₂ (compost) y T₃ (lombricompost) tiene los contenidos más altos en comparación al resto de los tratamientos en macro y micronutrientes, a pesar de ello se exceden en el contenido adecuado de: P, K, S, B, Cu y Zn; mientras que, en el contenido de N, C, Mg, Fe, los nutrientes se encuentran en los niveles adecuados.

Los tratamientos T₄ y T₅ que son los bocashi elaborados a partir de materia orgánica municipal se encuentran dentro de los niveles adecuados en los nutrientes: Ca, Mg, S, B, Cu, y Fe mientras que se exceden en los nutrientes: P, K y Zn; ambos presentaron deficiencia en su aportación de N. Siendo el mejor en macro y micronutrientes el T₅ (bocashi 2) que tiene mayor contenido en verduras, hojarasca y cáscaras de huevo.

- Se estimó que el valor de la CICE del tratamiento T₂ (compost) tiene mejor capacidad para retener e intercambiar nutrientes (K, Mg, Ca), ya que tienen una carga positiva, las cuales se fijan en las arcillas y materia orgánica, que tienen carga negativa. Esto define gran parte el grado de fertilidad especialmente porque cuanto más básico sea el suelo tienen altos contenidos de Ca y Mg.
- Se valida la hipótesis alternativa ya que los cuatro tratamientos son mejores en contenido nutricional respecto al tratamiento testigo.

VIII. RECOMENDACIONES

- Dejar más tiempo en descomposición los abonos tipo bocashi y agregar materia orgánica seleccionada de acuerdo con los requerimientos de cultivos; se debe controlar el pH y la humedad de forma continua, siempre manteniendo la relación carbono/nitrógeno alrededor de 30 - 35.
- La aplicación de algunos tipos de materia orgánica puede ayudar a una disminución del pH básico, por ejemplo: estiércol maduro, las acículas de pino o cualquier cobertura ácida; si se quiere bajar el pH con rapidez se puede añadir ácido sulfúrico o nítrico, dependiendo de las posibilidades del agricultor y de las condiciones del suelo. También se puede aplicar yeso.
- Evaluar dosificaciones más bajas de los tratamientos T₂ y T₃, realizando pruebas con 80:20, 90:10 o 95:5 relación suelo y abono, validándolos con análisis de laboratorio.
- De manera individual se deben fortificar los abonos orgánicos con nitrógeno y el calcio en los abonos del tratamiento T₂, T₄ y T₅ para que estén en los rangos adecuados realizándose de manera orgánica, utilizando estiércol y restos de hojas y cosechas verdes.
- Al ser mejor en contenido de nutrientes el compost producido en la planta de tratamiento del municipio se debería empacar y vender, así sacar provecho económico y reducir el impacto negativo que genera al ambiente el manejo inadecuado de la materia orgánica.
- Realizar otras investigaciones y estudios para poder determinar en cual cultivo pueden ser eficaces los tratamientos evaluados.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avalos, E. E. (2013). *Evaluación de la manufactura artesanal del abono orgánico bocashi, mediante la incorporación de levadura (saccharomyces cerevisiae) en función del período de fermentación aerobia*. Trabajo de graduación, Aldea brea, Quesada, Jutiapa.
- Ayuso. (1996). *Residuos orgánicos*. Obtenido de https://books.google.com.gt/books?id=_BdNBQAAQBAJ&pg=PA40&lpg=PA40&dq=QUE+SON+residuos+org%C3%A1nicos+segun+ayuso+1996&source=bl&ots=xvaYD7eDhR&sig=ACfU3U2sWv-acJzfkB_fETww9eCboTeDVQ&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwje3JLlyrX2AhW3SzABHW1jC38Q6AF6BAgrEAM#v=onepag
- Brechelt, A. (2006). *Manual práctico para la lombricultura*. Fundación Agricultura y Medio Ambiente, Santo Domingo, República Dominicana.
- Castells, X. E., Ripoll, X. F., & Pozuelo, E. C. (2012). Procesos biológicos. La digestión anaerobia y el compostaje. En X. E. Catells, & D. d. Santos (Ed.).
- Cegarra, J. A., Roig, A. F., Navarro, M. P., Bernal, M., Abad, M., & Climent, D. y. (1993). Características, compostaje y uso agrícola de residuos sólidos urbanos. *Memorias Jornadas de Recogidas Selectivas en Origen y Reciclaje*, 46-55. Córdoba, España.
- Cooperativa Agrícola Integral . (s.f.). *Cooperativa la Voz que Clama en el Desierto*. Recuperado el 2019, de <http://cooperativavozcafe.org/acerca-de-la-cooperativa/>

- Dary, N. V. (2008). Obtenido de <http://nutrientesenlasplantasaea.blogspot.com/2008/11/macroelementos-y-microelementos.html>
- De la Cruz, R. (1976). *Zonas de Vida*. San Juan La Laguna Sololá.
- FAO. (1996). *Ecología y enseñanza rural*. Documento de investigación, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. . Recuperado el Abril de 2019, de <http://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm>
- Flores Cervantes, M. Á. (2011). *Infoagro*. Obtenido de http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm
- García Sic, C. D. (2010). *Características del suelo*. Estudio semidetallado del suelo del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.
- Garro Alfaro, J. E. (2017). *El suelo y los abonos orgánicos*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. San José, Costa Rica: Comité del INTA. Obtenido de http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/04/El_Suelo_y_los_Abonos_Organicos-min.pdf
- Gómez, G. y. (1984). *Coefficiente de variación*.
- González, A. M. (2015). *Relaciones catiónicas y su interpretación en los análisis de suelos*. AQM Laboratorios. Obtenido de <http://aqmlaboratorios.com/relaciones-cationicas-analisis-de-suelos/>
- Graetz. (1997). Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009

- Guy, S. (2017). *Potasio disponible en el suelo*. Obtenido de <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/potassium-in-soil>
- Ilinizas, B. M. (2010). *Qué son los abonos orgánicos*. Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos, Fondo para la Protección del Agua-FONAG con el apoyo de USAID, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, conforme a los términos de la cooperación, Ecuador. Obtenido de <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=1175>
- INE. (2019). *Proyección de Población para el municipio de San Juan la Laguna, Sololá*.
- Infoagro Systems, S.L. (1997). *Infoagro.com*. Obtenido de <http://www.infoagro.com/agrointernet/infoagro.asp>
- INSIVUMEH. (2019). *Clima*. San Juan La Laguna.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas -ICONTEC-. (1927). *Norma Técnica Colombiana*. Obtenido de <http://www.rioclaro.com.co/-que-es-una-enmienda-agricolar-content-66.html>
- INTAGRI. (2018). *Artículos Técnicos de INTAGRI. Disponibilidad de nutrientes y el pH del Suelo*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimientos-y-el-ph-del-suelo>
- Labrador. (2002). *Relacion carbono nitrogeno*.
- López, J. C. (2018). *Centro de formación en cultivo*. Obtenido de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-zinc-en-el-cultivo-de-plantas/>

- MAGA. (2013). *Estudio Semidetallado de Suelos del Departamento de Sololá. Guatemala*. San Juan La Laguna. Recuperado el 2019
- MAGA, DIGEGR, & IGAC. (2006). *Aporte de la Geología al estudio de los suelos. En Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sololá, Guatemala* (Vols. (Vol. I, pág. 53)).
- MARN. (2016). *Caracterización de residuos y desechos sólidos*. 15. San Juan La Laguna, Sololá.
- Mejía, C. F. (2011). *Bocashi. Manual de producción de abonos orgánicos* (89), 11. Ecuador. Obtenido de http://www.incytde.org/incytdesites/default/files/Manual_abonos_organicos.pdf
- Molina, A. (2017). Recuperado el Abril de 2019, de <https://tarwi.lamolina.edu.pe/~fmendiburu/index-filer/academic/metodos1/Bloques.pdf>
- Molina, E. (2017). *Contenido de bases intercambiables y relaciones catiónicas*. Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica.
- Morrow, J. (2010). *Abono orgánico*. Obtenido de <http://qidatumundo.blogspot.com/2010/07/principales-factores-considerar-en-la.html>
- Navarro, E. A. (2010). *Manual de elaboración de abonos orgánicos sólidos*. Manual, Quetzaltenango. Obtenido de <http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Suelos/abonosOrganicos.pdf>
- Nogales, G. L. (1987). *Enmiendas orgánicas*.

- Nuñez Vidal, L. D. (2016). *blogspot.com*. Recuperado el Abril de 2019, de <http://nutrientesenlasplantasaea.blogspot.com/2008/11/macroelementos-y-microelementos.html>
- Pacheco, C. (2019). *Caracterización de los residuos sólidos orgánicos*. Informe final de servicios, Universidad de San Carlos de Guatemala, San Juan La Laguna, Sololá.
- Pacheco, C. (2019). *Manejo de los residuos y desechos sólidos*. Diagnóstico ambiental del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.
- Patel. (2001). *Coefficiente de variación*.
- Pimentel. (1985). *Porcentaje de coeficiente de variación*.
- Plan de Desarrollo Municipal. (2018 - 2032). *Antecedentes históricos*. San Juan La Laguna, Sololá.
- Plaster. (2000). *El suelo*.
- Porto, J. P., & Merino, M. (2012). *Definición de fermentación*. Obtenido de <https://definicion.de/fermentacion/>
- Primavesi, A. (1984). *Manejo Ecologico Del Suelo, la agricultura en regiones tropicales. La biblia del cultivo ecológico*. (Quinta ed.). Librería "El Ateneo". Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/168200753/Manejo-Ecologico-Del-Suelo-Ana-Primavesi-1984-Parte-1-2>
- Quic, J. (Marzo de 2019). Clasificación para la recolección de residuos y desechos sólidos. (C. Pacheco, Entrevistador) San Juan La Laguna Sololá.

Quick, J. (Febrero de 2019). Manejo de los residuos y desechos sólidos. (C. Pacheco, Entrevistador) San Juan La Laguna, Sololá.

Restrepo Rivera, J. (2007). *El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas*. Manual , Managua.

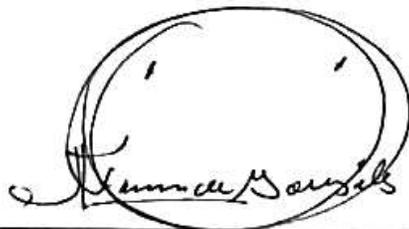
Reyna, A. I. (2015). *Cálculo matemático para preparar abonos orgánicos*.

Sanchez, M. (2012). (L. Sarmiento, & G. Portillo, Editores) Obtenido de Jardinería On: <https://www.jardineriaon.com/que-son-las-enmiendas-del-suelo.html>

SEGEPLAN. (2008). Recuperado el Febrero de 2019, de https://www.google.com/search?ei=As2KXKXvFoOV5wLj06Ro&q=SEGEPLAN+UBICACION+de+san+juan+la+laguna&oq=SEGEPLAN+UBICACION+de+san+juan+la+laguna&gs_l=psy-ab.3...2093.34134..34684...2.0..0.440.4237.1j19j1j1j1....3..0....1..gws-wiz.....35i39j0i22i30j33i22i29i

Smart fertilizer. (2018). *Smart fertilizer*. Obtenido de <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/phosphorus>

Wildner, & Veiga. (1992). *Causas de la degradación del suelo*.




Vo. Bo. Licda. Ana Teresa Cap Yes de González

Biblioteca CUNSUROC

X. ANEXOS

Fotografías del proceso de la investigación inferencial



Figura 4. Limpieza del área de toma de muestras

Fuente: Vásquez D. 2019



Figura 5. Toma de muestras de suelo para análisis de laboratorio y para los tratamientos.



Figura 6. Mezcla de las submuestras de suelo.



Figura 7. Cajas de madera para los tratamientos.



Figura 8. Rastrojos verdes y secos picados para los abonos



Figura 9. Colocación de capas de materiales para los abonos bocashi



Figura 10. Abono bocashi a los cinco días



Figura 11. Aplicación de tratamientos al suelo y riego.



Figura 12. Identificación de tratamientos y bloques



Figura 13. Bocashi uno aplicado al suelo



Figura 14. Bocashi dos aplicado al suelo

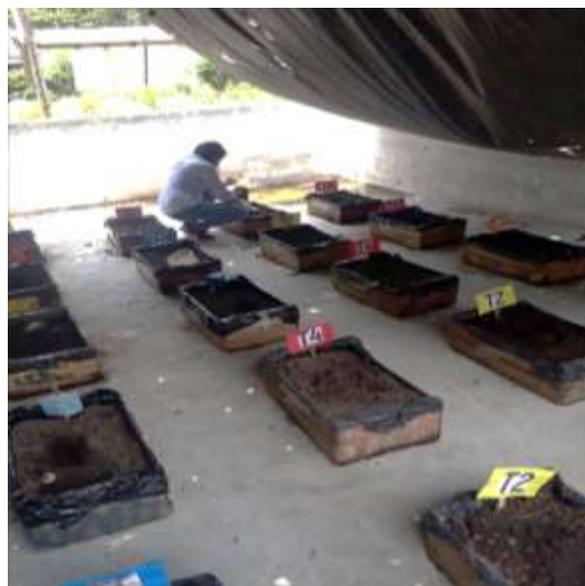


Figura 15. Toma de muestras para enviarlos a los laboratorios de Anacafé
Fuente: Fonseca C. 2019

Clasificación de los residuos y desechos sólidos municipales



Figura 16. Clasificación de los residuos y desechos sólidos municipales

Fuente: Quick. J. 2019

Composición física de la materia orgánica municipal

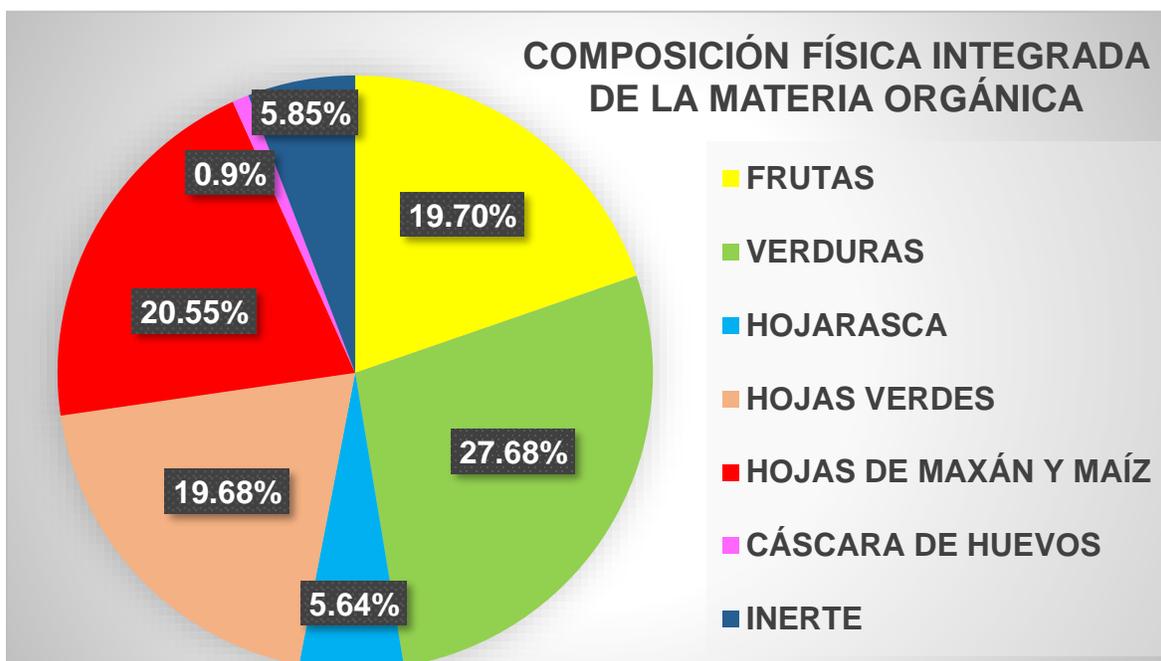


Figura 17. Gráfica de la composición física de materia orgánica municipal.

Fuente: Elaborado con base a caracterización realizada por Pacheco (2019, pág. 22)

Resultados de los análisis de laboratorio

ORDEN: 26-3852 **ANÁLISIS:** AS-10
CLIENTE: COÓP.A.I. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO, R.L.
UNIDAD PRODUCTIVA: COOP. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO
LOCALIZACIÓN: SAN JUAN LA LAGUNA SOLOLA
CULTIVO: CAFE
Fecha de Ingreso: 13/06/2019 **Fecha de Ejecución:** 26/06/2019 12:34

Escáner para validar autenticidad



Fecha de Impresión: 27/06/2019

Informe de Análisis de Suelos

Identificación de la Muestra		%
No.	Niveles Adecuados	Nitrogeno
15007	LOTE CHUABOLOB	0.4-0.8
15008	LOTE PACAMBAL	0.20
		0.24

*A.I.= Acidez Intercambiable (Hidrogeno + Aluminio)

*M.O.= Materia Orgánica

*C.S.= Concentración de sales

Concentración de Sales: método de conductivímetro, relación 1:2 - Suelo:Agua

pH: método de potenciometría, relación 1:2.5 - Suelo:Cloruro de Calcio

pH: método de potenciometría, relación 1:2.5 - Suelo:KCl

Solución extractante para Amonio (N-NH₄) con : KCl 1 Normal, metodología espectrofotometría visible

Solución extractante para Nitrato (N-NO₃) con : Agua y Óxido de Calcio, metodología espectrofotometría visible

Solución extractante para Sodio: KCl 1 Normal, metodología espectrofotometría absorción atómica

- 1.- Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL.
- 2.- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- 3.- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
- 4.- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.


Ing. Gelver Larios
 Especialista de Suelos y Aguas

ORDEN: 26 - 3851 ANÁLISIS: AS-2
 CLIENTE: COOP.A.I. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO, R.L.
 UNIDAD PRODUCTIVA: COOP. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO
 LOCALIZACIÓN: SAN JUAN LA LAGUNA SOLOLA
 CULTIVO: CAFE
 Fecha de Ingreso: 13/06/2019 Fecha de Ejecución: 21/06/2019 15:01



Fecha de Impresión: 27/06/2019 Informe de Análisis de Suelos

No.	Identificación de la Muestra	mg/L		Cmol(+)/L			mg/L		Cmol(+)/L		mg/L		%	
		pH	Boro	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Cobre	*Al	Hierro	Manganeso	Zinc	*M.O.
	Niveles Adecuados →	5.5-6.5	1-5	15-30	0.2-1.5	4-20	1-10	10-100	0.1-2.5	0.3-1.5	20-150	8-80	0.2-2	3-5
15005	LOTE CHUABOLOB	7.23	0.50	19.11	0.10	4.71	1.07	1.83	2.54	0.03	42.62	0.59	8.49	3.39
15006	LOTE PACAMBAL	6.34	0.53	65.28	0.46	8.35	2.53	2.49	1.42	0.04	118.56	9.19	2.98	3.90

*A.L.= Acidez Intercambiable (Hidrogeno + Aluminio)
 *M.O.= Materia Orgánica
 *C.S.=Concentración de sales

Muestra	Identificación de la Muestra	Porcentaje de Saturación en la CICE					Equilibrio de Bases			
		*CICE	K	Ca	Mg	A.L.	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K
	Niveles Adecuados →	5-25	4-6	60-80	10-20	0-24.9	5-25	2.5-15	2-5	10-40
15005	LOTE CHUABOLOB	5.91	1.69	79.70	18.10	0.51	47.10	10.70	4.40	57.80
15006	LOTE PACAMBAL	11.38	4.04	73.37	22.23	0.35	18.15	5.50	3.30	23.65

Nomenclatura
 Al = Aluminio
 Mg = Magnesio
 Ca = Calcio
 K = Potasio

*CICE=Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

- Materia orgánica: Método de digestión ácida Walkley y Black.
- pH: Determinación por potenciométrica en relación 1:2.5 Suelo:Agua
- Solución extractante para Acidez Intercambiable: KCl 1 Normal, cuantificación por volumetría.
- Solución extractante para Azufre y Boro: Fosfato ácido de calcio, cuantificación por espectrofotometría visible.
- Solución extractante para Calcio, Magnesio: KCl 1 Normal, cuantificación por Absorción Atómica.
- Solución extractante para Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc con : DTPA (ácido dietilentríaminopentacético), cuantificación por espectrofotometría de plasma de acoplamiento inductivo ICP.
- Solución extractante para Fósforo: Olsen modificado, cuantificación por espectrofotometría visible.
- Solución extractante para Potasio: Olsen modificado, cuantificación por Absorción Atómica.

- Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL
- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Ing. Gelver Larios
 Especialista de Suelos y Aguas

ORDEN: 26 - 4905 ANÁLISIS: AS-2
 CLIENTE : COOPA.I. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO, R.L.
 UNIDAD PRODUCTIVA: COOP. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO
 LOCALIZACIÓN: SAN JUAN LA LAGUNA SOLOLA
 CULTIVO: CAFE
 Fecha de Ingreso: 02/09/2019 Fecha de Ejecución: 06/09/2019 08:04

Escanear para validar
 autenticidad



Fecha de Impresión: 12/09/2019

Informe de Análisis de Suelos

Identificación de la Muestra		mg/L		Cmol(+)/L			mg/L		Cmol(+)/L	mg/L			%	
No.	Niveles Adecuados -->	pH	Boro	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Cobre	*A.I	Hierro	Manganeso	Zinc	*M.O.
		5.5-6.5	1-5	15-30	0.2-1.5	4-20	1-10	10-100	0.1-2.5	0.3-1.5	20-150	6-80	0.2-2	3-6
18840	LOTE BP1 T1	5.76	0.74	98.30	0.83	8.14	3.25	17.47	1.04	0.04	83.70	10.23	5.30	6.82
18841	LOTE BC4 T1	7.21	0.58	16.86	0.11	6.50	1.81	2.35	2.05	0.03	37.62	1.33	3.93	3.27
18842	LOTE BC1 T2	9.48	20.21	484.77	2.35	3.91	1.98	261.53	3.25	0.12	94.80	24.20	15.75	4.80
18843	LOTE BC2 T2	9.62	28.12	490.49	2.38	3.71	1.96	33.83	4.35	0.11	86.28	39.62	18.79	6.81
18844	LOTE BC3 T2	9.54	21.71	465.45	2.39	4.30	2.03	268.37	4.76	0.10	75.54	39.56	18.45	1.68
18845	LOTE BC4 T2	9.63	2.45	499.04	3.27	3.51	1.88	429.62	3.97	0.09	110.38	36.20	17.50	6.58
18846	LOTE BP1 T2	8.71	8.33	466.63	5.54	5.67	4.01	556.19	5.98	0.09	82.68	10.30	29.72	6.58
18847	LOTE BP2 T2	8.91	8.79	472.82	5.23	5.76	4.03	504.13	7.04	0.10	87.54	12.13	35.94	5.21
18848	LOTE BP3 T2	9.17	9.19	498.17	4.07	4.84	3.66	533.72	6.79	0.09	82.04	10.85	35.06	7.16
18849	LOTE BP4 T2	8.85	7.31	453.08	4.84	5.58	3.96	513.47	5.85	0.09	83.80	10.85	28.68	6.65
18850	LOTE BP5 T2	9.21	11.97	527.11	5.91	4.99	4.19	678.50	7.57	0.10	84.16	10.99	35.42	5.90
18851	LOTE BC1 T3	8.92	1.69	138.78	1.42	6.35	1.96	51.95	3.85	0.05	88.74	26.92	9.44	4.07
18852	LOTE BC2 T3	8.88	1.65	152.17	1.23	6.70	2.11	38.68	3.55	0.06	68.38	22.80	10.49	4.22
18853	LOTE BC3 T3	9.17	2.17	208.49	1.58	6.30	2.30	59.14	3.76	0.06	88.00	28.28	11.83	4.82
18854	LOTE BC4 T3	9.32	2.31	162.01	1.48	6.30	2.35	46.90	3.57	0.07	157.54	51.62	12.50	5.41
18855	LOTE BP1 T3	8.70	7.31	238.34	4.89	7.76	4.45	134.09	4.57	0.07	122.40	18.50	16.09	8.55
18856	LOTE BP2 T3	8.30	4.59	237.98	2.59	9.51	4.74	83.48	3.84	0.09	115.04	11.11	14.80	8.07
18857	LOTE BP3 T3	8.18	4.78	224.28	3.80	10.33	5.45	100.94	3.88	0.07	112.30	12.53	13.76	7.48
18858	LOTE BP4 T3	8.53	6.32	240.17	5.23	9.42	4.98	125.28	4.10	0.09	113.62	17.27	14.41	7.57
18859	LOTE BP5 T3	8.60	7.12	262.50	4.51	9.69	5.27	115.16	4.80	0.07	138.42	21.92	14.96	7.83
18860	LOTE BC1 T4	8.73	1.68	156.05	1.32	6.26	2.09	35.68	3.92	0.06	58.12	24.98	8.54	3.94
18861	LOTE BC2 T4	8.96	1.62	175.07	1.46	6.08	2.24	45.13	4.26	0.07	66.76	26.12	7.81	4.64
18862	LOTE BC3 T4	9.02	1.78	181.65	1.40	5.29	1.91	40.96	5.22	0.06	85.56	21.50	21.56	4.38
18863	LOTE BC4 T4	8.92	1.90	126.24	1.42	8.04	2.62	63.66	2.47	0.05	67.88	17.97	6.99	4.81
18864	LOTE BP1 T4	7.46	1.42	143.83	1.55	6.65	2.81	26.68	1.46	0.04	87.94	31.42	5.84	6.18
18865	LOTE BP2 T4	7.74	1.75	132.30	1.61	7.30	3.26	31.22	1.39	0.06	78.54	13.67	6.34	6.98
18866	LOTE BP3 T4	7.78	1.54	133.87	1.57	7.15	3.11	31.31	1.39	0.07	76.12	14.09	5.78	7.09
18867	LOTE BP4 T4	7.82	1.67	127.20	1.60	8.04	3.36	30.41	1.26	0.06	70.12	13.84	6.10	7.01
18868	LOTE BP5 T4	7.74	1.34	115.31	1.52	7.19	2.83	33.33	1.33	0.04	80.02	11.33	5.30	7.22

- 1.- Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL
- 2.- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- 3.- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
- 4.- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.


Ing. Gélver Laríos
 Especialista de Suelos y Aguas

ORDEN: 26 - 4905 ANÁLISIS: AS-2
 CLIENTE : COOP.A.I. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO, R.L.
 UNIDAD PRODUCTIVA: COOP. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO
 LOCALIZACIÓN: SAN JUAN LA LAGUNA SOLOLA
 CULTIVO: CAFE
 Fecha de Ingreso: 02/09/2019 Fecha de Ejecución: 06/09/2019 08:04

Escanear para validar
 autenticidad



Fecha de Impresión: 12/09/2019

Informe de Análisis de Suelos

Identificación de la Muestra		mg/L		Cmol(+) / L			mg/L		cmol(+) / L		mg/L		%	
No.	Niveles Adecuados →	pH	Boro	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Cobre	*Al	Hierro	Manganeso	Zinc	*M.O.
18869	LOTE BP1 T5	7.74	1.58	152.20	1.53	7.03	3.00	33.71	1.29	0.08	77.24	15.04	5.26	8.61
18870	LOTE BP2 T5	8.22	1.84	192.51	1.83	8.24	2.92	32.19	1.32	0.08	70.48	15.65	5.80	8.42
18871	LOTE BP3 T5	8.15	1.76	157.57	1.71	6.18	2.77	35.48	1.16	0.08	60.34	10.48	5.48	8.49
18872	LOTE BP4 T5	8.04	1.76	151.31	1.71	7.27	3.37	37.33	1.18	0.08	76.96	12.18	5.51	4.97
18873	LOTE BP5 T5	8.31	1.83	172.94	1.65	7.67	3.46	18.85	1.18	0.05	61.76	9.00	5.76	5.88

Identificación de la Muestra		Porcentaje de Saturación en la CICE		Equilibrio de Bases						
Muestra	Niveles Adecuados >	*CICE	K	Ca	Mg	A.I.	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K
18840	LOTE BP1 T1	12.26	6.77	66.39	26.51	0.33	9.81	3.92	2.50	13.72
18841	LOTE BC4 T1	8.45	1.30	76.92	21.42	0.36	59.09	16.45	3.59	75.55
18842	LOTE BC1 T2	8.36	28.11	46.77	23.68	1.44	1.66	0.84	1.97	2.51
18843	LOTE BC2 T2	8.16	29.17	45.47	24.02	1.35	1.56	0.82	1.89	2.38
18844	LOTE BC3 T2	8.82	27.10	48.75	23.02	1.13	1.80	0.85	2.12	2.65
18845	LOTE BC4 T2	8.75	37.37	40.11	21.49	1.03	1.07	0.57	1.87	1.65
18846	LOTE BP1 T2	15.31	36.19	37.03	26.19	0.59	1.02	0.72	1.41	1.75
18847	LOTE BP2 T2	15.12	34.59	38.10	26.65	0.66	1.10	0.77	1.43	1.87
18848	LOTE BP3 T2	12.66	32.15	38.23	28.91	0.71	1.19	0.90	1.32	2.09
18849	LOTE BP4 T2	14.47	33.45	38.56	27.37	0.62	1.15	0.82	1.41	1.97
18850	LOTE BP5 T2	15.19	38.91	32.85	27.58	0.66	0.84	0.71	1.19	1.55
18851	LOTE BC1 T3	9.78	14.52	64.93	20.04	0.51	4.47	1.38	3.24	5.85
18852	LOTE BC2 T3	10.10	12.18	66.34	20.89	0.59	5.45	1.72	3.18	7.16
18853	LOTE BC3 T3	10.24	15.43	61.52	22.46	0.59	3.99	1.46	2.74	5.44
18854	LOTE BC4 T3	10.20	14.51	61.76	23.04	0.69	4.26	1.59	2.68	5.84
18855	LOTE BP1 T3	17.17	28.48	45.20	25.92	0.41	1.59	0.91	1.74	2.50

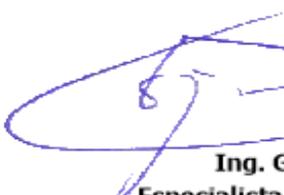
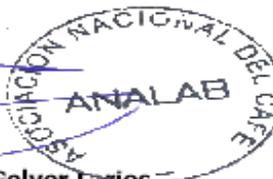
Nomenclatura

- = Bajo o Fuera de
- = Adecuado
- = Alto

Al = Aluminio
 Mg = Magnesio
 Ca = Calcio
 K = Potasio

*CICE=Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

- Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL
- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



Ing. Gelfer Larios
 Especialista de Suelos y Aguas

ORDEN: 26 - 4905 ANÁLISIS: AS-2
 CLIENTE : COOP.A.I. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO, R.L.
 UNIDAD PRODUCTIVA: COOP. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO
 LOCALIZACIÓN: SAN JUAN LA LAGUNA SOLOLA
 CULTIVO: CAFE
 Fecha de Ingreso: 02/09/2019 Fecha de Ejecución: 06/09/2019 08:04

Escanear para validar
 autenticidad



Laboratorio de Suelos, Plantas y Aguas de Analab
 Anacafe

Informe de Análisis de Suelos

Muestra	Identificación de la Muestra	Cmol(+)/Ml	Porcentaje de Saturación en la CICE					Equilibrio de Bases			
			*CICE	K	Ca	Mg	A.I.	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K
	Niveles Adecuados >		5-25	4-6	60-80	10-20	0-24.9	5-25	2.5-15	2-5	10-40
18856	LOTE BP2 T3	16.93	15.30	56.17	28.00	0.53	3.67	1.83	2.01	6.50	
18857	LOTE BP3 T3	19.65	19.34	52.57	27.74	0.36	2.72	1.43	1.90	4.15	
18858	LOTE BP4 T3	19.72	26.52	47.77	25.25	0.46	1.80	0.95	1.89	2.75	
18859	LOTE BP5 T3	19.54	23.08	49.59	26.97	0.36	2.15	1.17	1.84	3.32	
18860	LOTE BC1 T4	9.73	13.57	64.34	21.48	0.62	4.74	1.58	3.00	6.33	
18861	LOTE BC2 T4	9.85	14.82	61.73	22.74	0.71	4.16	1.53	2.71	5.70	
18862	LOTE BC3 T4	8.66	16.17	61.09	22.06	0.69	3.78	1.36	2.77	5.14	
18863	LOTE BC4 T4	12.13	11.71	66.28	21.80	0.41	5.66	1.85	3.07	7.51	
18864	LOTE BP1 T4	11.05	14.03	60.18	25.43	0.36	4.29	1.81	2.37	6.10	
18865	LOTE BP2 T4	12.23	13.16	59.69	26.66	0.49	4.53	2.02	2.24	6.56	
18866	LOTE BP3 T4	11.90	13.19	60.08	26.13	0.59	4.55	1.98	2.30	6.54	
18867	LOTE BP4 T4	13.06	12.25	61.56	25.73	0.46	5.03	2.10	2.39	7.13	
18868	LOTE BP5 T4	11.58	13.13	62.09	24.44	0.35	4.73	1.86	2.54	6.59	
18869	LOTE BP1 T5	11.62	13.17	60.50	25.82	0.52	4.59	1.98	2.34	6.56	
18870	LOTE BP2 T5	11.05	16.56	56.47	26.43	0.54	3.41	1.60	2.14	5.01	
18871	LOTE BP3 T5	10.70	15.98	57.57	25.89	0.56	3.60	1.62	2.22	5.22	
18872	LOTE BP4 T5	12.41	13.78	58.58	27.16	0.48	4.25	1.97	2.16	6.22	
18873	LOTE BP5 T5	12.83	12.86	59.78	26.97	0.39	4.65	2.10	2.22	6.75	

Nomenclatura
 Al = Aluminio
 Mg = Magnesio
 Ca = Calcio
 K = Potasio

■ = Bajo o Fuera de
■ = Adecuado
■ = Alto

*CICE=Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

Materia orgánica (M.O.): Método de digestión ácida Walkley y Black.

pH: Determinación por potenciometría en relación 1:2.5 Suelo:Agua

Solución extractante para Acidez Intercambiable (A.I.): KCl 1 Normal, cuantificación por volumetría (H + Al).

Solución extractante para Azufre y Boro: Fosfato ácido de calcio, cuantificación por espectrofotometría visible.

Solución extractante para Calcio, Magnesio: KCl 1 Normal, cuantificación espectrofotometría de plasma de acoplamiento inductivo ICP.

Solución extractante para Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc con : DTPA (ácido dietilentríaminopentacético), cuantificación por espectrofotometría de plasma de acoplamiento inductivo ICP.

Solución extractante para Fósforo: Olsen modificado, cuantificación por espectrofotometría visible.

- Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL
- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le da a este informe
- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Ing. Gelver Larries
 Especialista de Suelos y Aguas

ORDEN: 26 - 4906 **ANÁLISIS:** AS-10
CLIENTE : COOP.A.I. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO, R.L.
UNIDAD PRODUCTIVA: COOP. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO
LOCALIZACIÓN: SAN JUAN LA LAGUNA SOLOLA
CULTIVO: CAFE
Fecha de Ingreso: 02/09/2019 **Fecha de Ejecución:** 06/09/2019 15:04

Escanear para validar autenticidad



Fecha de Impresión: 12/09/2019

Informe de Análisis de Suelos

Identificación de la Muestra		%
No.	Niveles Adecuados --->	Nitrógeno
		0.4-0.8
18874	LOTE BP1 T1	0.34
18875	LOTE BC4 T1	0.22
18876	LOTE BC1 T2	0.41
18877	LOTE BC2 T2	0.58
18878	LOTE BC3 T2	0.52
18879	LOTE BC4 T2	0.53
18880	LOTE BP1 T2	0.54
18881	LOTE BP2 T2	0.53
18882	LOTE BP3 T2	0.54
18883	LOTE BP4 T2	0.49
18884	LOTE BP5 T2	0.55
18885	LOTE BC1 T3	0.26
18886	LOTE BC2 T3	0.24
18887	LOTE BC3 T3	0.30
18888	LOTE BC4 T3	0.33
18889	LOTE BP1 T3	0.58
18890	LOTE BP2 T3	0.65
18891	LOTE BP3 T3	0.69
18892	LOTE BP4 T3	0.72
18893	LOTE BP5 T3	0.67
18894	LOTE BC1 T4	0.25
18895	LOTE BC2 T4	0.25
18896	LOTE BC3 T4	0.30
18897	LOTE BC4 T4	0.26
18898	LOTE BP1 T4	0.33
18899	LOTE BP2 T4	0.38
18900	LOTE BP3 T4	0.34
18901	LOTE BP4 T4	0.37
18902	LOTE BP5 T4	0.33

- 1.- Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL
- 2.- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- 3.- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
- 4.- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.


Ing. Gelver Larios
 Especialista de Suelos y Aguas

ORDEN: 26 - 4906 **ANÁLISIS:** AS-10
CLIENTE : COOP.A.I. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO, R.L.
UNIDAD PRODUCTIVA: COOP. LA VOZ QUE CLAMA EN EL DESIERTO
LOCALIZACIÓN: SAN JUAN LA LAGUNA SOLOLA
CULTIVO: CAFE
Fecha de Ingreso: 02/09/2019 **Fecha de Ejecución:** 06/09/2019 15:04

Escanear para validar autenticidad



Fecha de Impresión: 12/09/2019

Informe de Análisis de Suelos

Identificación de la Muestra		%
No.	Niveles Adecuados -->	Nitrogeno
		0.4-0.8
18903	LOTE BP1 T5	0.34
18904	LOTE BP2 T5	0.38
18905	LOTE BP3 T5	0.40
18906	LOTE BP4 T5	0.38
18907	LOTE BP5 T5	0.33

Concentración de Sales: método de conductivímetro, relación 1:2 - Suelo:Agua

pH: método de potencimetría, relación 1:2.5 - Suelo:Cloruro de Calcio

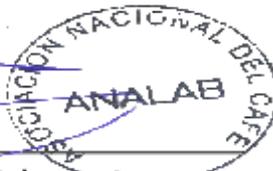
pH: método de potencimetría, relación 1:2.5 - Suelo:KCl

Solución extractante para Amonio (N-NH₄) con : KCl 1 Normal, metodología espectrofotometría visible

Solución extractante para Nitrato (N-NO₃) con : Agua y Oxido de Calcio, metodología espectrofotometría visible

Solución extractante para Sodio: KCl 1 Normal, metodología espectrofotometría absorción atómica

- 1.- Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL
- 2.- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- 3.- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
- 4.- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



Ing. Gelver Larios
Especialista de Suelos y Aguas

Cuadros de análisis de varianza y prueba de Tukey

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Potasio Cmol(+)/L	25	0.92	0.90	21.33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	71.58	4	17.90	54.46	<0.0001
Tratamiento	71.58	4	17.90	54.46	<0.0001
Error	6.57	20	0.33		
Total	78.16	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.08493

Error: 0.3286 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Tratamiento II	5.18	5	0.26 A
Tratamiento III	4.20	5	0.26 A
Tratamiento v	1.69	5	0.26 B
Tratamiento IV	1.57	5	0.26 B
Tratamiento I	0.80	5	0.26 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nitrógeno (%)	25	0.92	0.90	11.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.55	4	0.14	53.87	<0.0001
Tratamiento	0.55	4	0.14	53.87	<0.0001
Error	0.05	20	2.5E-03		
Total	0.60	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09538

Error: 0.0025 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Tratamiento III	0.70	5	0.02 A
Tratamiento II	0.53	5	0.02 B
Tratamiento v	0.37	5	0.02 C
Tratamiento IV	0.35	5	0.02 C
Tratamiento I	0.30	5	0.02 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Calcio Cmol(+)/L	25	0.86	0.83	8.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	42.79	4	10.70	30.12	<0.0001
Tratamiento	42.79	4	10.70	30.12	<0.0001
Error	7.10	20	0.36		
Total	49.89	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.12789

Error: 0.3552 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Tratamiento III	9.34	5	0.27 A
Tratamiento I	8.01	5	0.27 B
Tratamiento IV	7.27	5	0.27 B C
Tratamiento v	6.87	5	0.27 C
Tratamiento II	5.37	5	0.27 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Azufre (mg/L)	25	0.98	0.98	22.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1065225.28	4	266306.32	243.80	<0.0001
Tratamiento	1065225.28	4	266306.32	243.80	<0.0001
Error	21846.59	20	1092.33		
Total	1087071.86	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=62.54935

Error: 1092.3294 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Tratamiento II	557.20	5	14.78 A
Tratamiento III	111.79	5	14.78 B
Tratamiento v	31.51	5	14.78 C
Tratamiento IV	30.59	5	14.78 C
Tratamiento I	17.81	5	14.78 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Magnesio	25	0.87	0.85	9.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15.36	4	3.84	34.43	<0.0001
Tratamiento	15.36	4	3.84	34.43	<0.0001
Error	2.23	20	0.11		
Total	17.59	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.63198

Error: 0.1115 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Tratamiento III	4.98	5	0.15	A
Tratamiento II	3.97	5	0.15	B
Tratamiento v	3.10	5	0.15	C
Tratamiento IV	3.07	5	0.15	C
Tratamiento I	2.88	5	0.15	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fósforo (mg/l)	25	0.99	0.99	7.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	486075.68	4	121518.92	412.27	<0.0001
Tratamiento	486075.68	4	121518.92	412.27	<0.0001
Error	5895.15	20	294.76		
Total	491970.83	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=32.49215

Error: 294.7576 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Tratamiento II	483.56	5	7.68	A
Tratamiento III	240.65	5	7.68	B
Tratamiento v	165.31	5	7.68	C
Tratamiento IV	130.46	5	7.68	D
Tratamiento I	92.15	5	7.68	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Boro (mg/l)	25	0.93	0.92	25.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	260.67	4	65.17	69.16	<0.0001
Tratamiento	260.67	4	65.17	69.16	<0.0001
Error	18.85	20	0.94		
Total	279.52	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.83714

Error: 0.9423 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Tratamiento II	9.12	5	0.43	A
Tratamiento III	6.02	5	0.43	B
Tratamiento v	1.75	5	0.43	C
Tratamiento IV	1.54	5	0.43	C
Tratamiento I	0.70	5	0.43	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Aluminio Cmol(+)/	25	0.84	0.81	13.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	4	2.0E-03	26.63	<0.0001
Tratamiento	0.01	4	2.0E-03	26.63	<0.0001
Error	1.5E-03	20	7.6E-05		
Total	0.01	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01650

Error: 0.0001 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Tratamiento II	0.09	5	3.9E-03	A
Tratamiento III	0.08	5	3.9E-03	A
Tratamiento v	0.06	5	3.9E-03	B
Tratamiento IV	0.05	5	3.9E-03	B
Tratamiento I	0.04	5	3.9E-03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hierro Cmol(+)/	25	0.89	0.87	7.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7630.65	4	1907.66	41.46	<0.0001
Tratamiento	7630.65	4	1907.66	41.46	<0.0001
Error	920.30	20	46.01		
Total	8550.95	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=12.83794

Error: 46.0150 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Tratamiento III	120.36	5	3.03	A
Tratamiento II	84.04	5	3.03	B
Tratamiento I	82.30	5	3.03	B
Tratamiento IV	78.55	5	3.03	B C
Tratamiento v	69.36	5	3.03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Zinc mg/L	25	0.98	0.98	12.46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2838.25	4	709.56	274.68	<0.0001
Tratamiento	2838.25	4	709.56	274.68	<0.0001
Error	51.66	20	2.58		
Total	2889.91	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.04177

Error: 2.5832 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Tratamiento II	32.96	5	0.72	A
Tratamiento III	14.80	5	0.72	B
Tratamiento IV	6.07	5	0.72	C
Tratamiento v	5.56	5	0.72	C
Tratamiento I	5.09	5	0.72	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cobre mg/L	25	0.97	0.97	14.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	118.86	4	29.72	177.05	<0.0001
Tratamiento	118.86	4	29.72	177.05	<0.0001
Error	3.36	20	0.17		
Total	122.22	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.77534

Error: 0.1678 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Tratamiento II	6.65	5	0.18	A
Tratamiento III	4.20	5	0.18	B
Tratamiento IV	1.37	5	0.18	C
Tratamiento v	1.23	5	0.18	C
Tratamiento I	1.20	5	0.18	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Manganeso mg/L	25	0.33	0.20	32.85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	191.62	4	47.91	2.50	0.0751
Tratamiento	191.62	4	47.91	2.50	0.0751
Error	383.09	20	19.15		
Total	574.71	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.28285

Error: 19.1544 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Tratamiento IV	16.87	5	1.96	A
Tratamiento III	16.27	5	1.96	A
Tratamiento v	12.47	5	1.96	A
Tratamiento II	10.98	5	1.96	A
Tratamiento I	10.02	5	1.96	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)



Mazatenango, 11 de septiembre 2023

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario de Suroccidente

De la manera más atenta, me dirijo a usted para presentarle el informe final de Investigación Inferencial titulado: **“Evaluación del aporte nutricional de abonos orgánicos aplicados al suelo en San Juan La Laguna, Sololá”**, realizado por la estudiante Sebastiana Celeste Pacheco López, carné: 201547541 y Documento de Identificación Personal, CUI 3500 78394 0801, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local - EPSIGAL-.

Por lo tanto, en mi calidad de supervisora de Ejercicio Profesional Supervisado, solicito que de acuerdo con el artículo seis, inciso 6.4 del Normativo de Trabajo de Graduación; pueda darse el trámite correspondiente para poder ser considerado como Trabajo de Graduación, para la obtención del título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local

Sin otro particular:


Inga. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume
Supervisora de Ejercicio Profesional Supervisado
Docente IGAL - CUNSUROC

Mazatenango 11 de marzo, 2024

Lic. Luis Carlos Muñoz López
Director en Funciones
Centro Universitario del Suroccidente

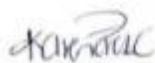
Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "**Evaluación del aporte nutricional de los abonos orgánicos aplicados al suelo en San Juan La Laguna, Sololá**", de la estudiante **Sebastiana Celeste Pacheco López** carné número **201547541**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por el revisor del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

Por lo tanto, en mi calidad de Coordinadora de la Carrera, me permito solicitarle el **IMPRÍMASE** respectivo para que el estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular.


MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-078-2024

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, el veintidós de julio de dos mil veinticuatro_____

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **"EVALUACIÓN DEL APORTE NUTRICIONAL DE LOS ABONOS ORGÁNICOS APLICADOS AL SUELO EN SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ"** de la estudiante: **Sebastiana Celeste Pacheco López**, Carné **201547541** CUI: **3500 78394 0801** de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M.A. Lios Carlos Muñoz López
Director



/gris

