

**Universidad De San Carlos De Guatemala
Centro Universitario De Suoccidente
Ingeniería En Agronomía Tropical**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Efecto de microorganismos en la elaboración de lombricompost y evaluación de aplicaciones combinadas con abonos químicos al suelo, sobre el cultivo *Pennisetum purpureum* “Cuba 22”. Finca La Chica San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.

TPA. Andrea Celeste Monterrosa Pérez

Carné: 201340265

MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales

Asesor/Supervisor

Mazatenango, Suchitepéquez Abril 2022

**Universidad De San Carlos De Guatemala
Centro Universitario De Suroccidente
Ingeniería En Agronomía Tropical**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Efecto de microorganismos en la elaboración de lombricompost y evaluación de aplicaciones combinadas con abonos químicos al suelo, sobre el cultivo *Pennisetum purpureum* "Cuba 22". Finca La Chica San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.

TPA. Andrea Celeste Monterrosa Pérez

Carné: 201340265

MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales

Asesor/Supervisor

Mazatenango, Suchitepéquez Abril 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SURCOCCIDENTE

MSc. Pablo Ernesto Oliva Soto

Rector en Funciones

MSc. Gustavo Enrique Taracena Gil

Secretario General

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

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

REPRESENTANTE GRADUADO DE CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

T.P.A. Angélica 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

Lic. Edín Aníbal Ortíz Lara
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

MSc. José Norberto Thomas Villatoro
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos

Ing. Luis Alfredo Tobar Píril
Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical

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

Lic. Sergio Román Espinoza Antón
**Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,
Abogado y Notario**

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área Social Humanista

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA DEL CUNSUROC

Lic. Néstor Fidel Orozco Ramos
Coordinadora de las Carreras de Pedagogía

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



Mazatenango Suchitepéquez 02 de mayo de 2022


Señores
Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario de Suroccidente
Universidad de San Carlos de Guatemala
Su despacho

Respetables miembros del consejo directivo:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: "EFECTO DE MICROORGANISMOS EN LA ELABORACIÓN DE LOMBRICOMPOST Y EVALUACIÓN DE APLICACIONES COMBINADAS CON ABONOS QUIMICOS AL SUELO, SOBRE EL CULTIVO *PENNISETUM PURPUREUM* "CUBA 22". FINCA LA CHICA SAN FRANCISCO ZAPOTITLÁN SUCHITEPEQUEZ." Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniera Agrónoma, en el grado académico de Licenciada en Ciencias Agrícolas.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente


T.P.A Andrea Celesta Monterrosa Pérez
Carné: 201340265

DEDICATORIA

A Dios: Por no soltarme en ningún momento, ser mi fortaleza, mi guía y darme las herramientas necesarias para culminar esta etapa.

A mis padres: Por ser luz en mi vida, por guiarme en cada paso, por apoyarme en todo momento y ser ejemplo de perseverancia, amor y respeto para mí.

A mi hija: Por ser el motor de mi vida y la razón para ser mejor persona todos los días.

A mi esposo: Por su apoyo incondicional en todo momento, su paciencia, comprensión y amor.

A mis hermanos: Por sus constantes palabras de aliento y apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A: La Universidad de San Carlos de Guatemala y el Centro Universitario de Suroccidente por ser mi lugar de formación profesional y la casa de estudios que me acogió durante la culminación de mi carrera.

A: La carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical, por cada uno de los conocimientos brindados durante mi formación profesional.

A: Los docentes de la carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical por su paciencia, apoyo y muestras de cariño brindados durante mi formación.

A: MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales, por su incansable apoyo, por ser guía durante mi etapa de EPS y culminación de esta etapa profesional, por sus palabras de aliento, amabilidad y calidad humana en todo momento.

A: El matrimonio López de León por ser ángeles en mi vida, por su cariño y apoyo, por sus atenciones, por compartir su vasto conocimiento y permitirme realizar mi etapa de EPS en su empresa agrícola.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN.....	viii
SUMMARY	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1. MARCO CONCEPTUAL.....	3
1.1 Características del cultivo CUBA 22	3
1.2. Manejo agronómico del cultivo	4
1.3. Contenido de proteína cruda de las pasturas (PC)	6
1.4 Abonos orgánicos	7
1.5 Lombricultura	10
1.6 Compostaje.....	16
1.7 Características principales de un buen compost para Lombricultura ..	22
1.8 Parámetros de calidad en el humus	24
1.9 Producción cuantitativa de humus.....	25
1.10 Tiempo de producción de humus y compost	26
1.11 Mejora Compost	26
2. MARCO REFERENCIAL	27
2.1 Localización y ubicación de finca La Chica.....	27
2.2 Mapa de ubicación geográfica de finca “La Chica”	27

2.3	Revisión sistemática de investigaciones afines	29
III.	OBJETIVOS.....	32
1.	Objetivo General.....	32
2.	Objetivos Específicos	32
IV.	HIPOTESIS	33
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	34
1.	MATERIALES.....	34
2.	METODOLOGÍA	35
2.1	Descripción del experimento	35
2.2	Elaborar y producir lombricompost convencional y con microorganismos bajo condiciones experimentales	36
2.3	Descripción de tratamientos para diseño experimental en campo.	41
2.4	Elaborar un análisis económico para determinar la rentabilidad de los abonos orgánicos lombricompost.....	44
2.5	Variables de respuesta.....	45
2.6	Croquis de campo	46
2.7	Dosis y utensilios para estimación de variables	48
2.8	Análisis de la evaluación	48
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	62
	ANÁLISIS FINANCIERO.....	67
2.1	Lombricompost + microorganismos.....	67
2.2	Lombricompost convencional	69

VII.	CONCLUSIONES	71
VIII.	RECOMENDACIONES	73
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
X.	ANEXOS	83

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1	Concentración de elementos nutritivos en pastos a niveles considerados adecuados.	7
2	Taxonomía de Coqueta Roja <i>Eisenia foetida</i> .	13
3	Fases en el proceso de degradación del compostaje, microorganismos predominantes en cada fase y pH.	20
4	Valores medios analíticos de humus lombricompuesto	23
5	Descripción de tratamientos para el diseño experimental.	41
6	Croquis de campo de la evaluación experimental sobre el cultivo <i>P. purpureum</i> "Cuba 22".	46
7	Denominación de los tratamientos en diseño experimental por medio de banderolas de colores.	47
8	Niveles Críticos de nutrientes considerados adecuados a partir de estiércol de vaca y rastrojo de maíz.	57
9	Análisis de varianza de la variable longitud	62
10	Prueba de medias de tukey (5%) de la variable longitud	63
11	Análisis de varianza de la variable peso	64
12	Prueba de medias de tukey (5%) de la variable peso	65
13	Análisis de rentabilidad sobre costos del proceso de elaboración de lombricompost con microorganismos.	68
14	Análisis de rentabilidad sobre costos del proceso de elaboración de lombricompost convencional.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1	Cocones de coqueta roja	13
2	Anatomía de la coqueta roja.	16
3	Dinámica del proceso de degradación en compostaje.	17
4	Ubicación geográfica del uso de la tierra en Finca La Chica, Pueblo Nuevo, Suchitepéquez.	27
5	Procesos de elaboración de lombricompost.	28
6	Pileta llena de materia orgánica fermentada, para producción de lombricompost.	37
7	Aplicación del riego manual a las piletas de producción lombricompost.	37
8	Identificación de condiciones de humedad de abono orgánico por medio de la técnica de puño.	38
9	Toma de temperaturas en piletas de producción de lombricompost: (izquierda a derecha) estrato bajo, estrato medio y estrato alto.	38
10	Almacenamiento de lombricompost en sacos para comercialización.	39
11	Fumigación con bomba de mochila de microorganismos orgánicos a materia orgánica.	40
12	Materia orgánica con Mejoracompost añadido fermentado durante 45 días.	40
13	Dimensiones (m) del largo y ancho de la unidad experimental.	42
14	Trazo y delimitación de zona experimental en campo en cultivo <i>P. purpureum</i> Cuba 22.	47
15	Excretas en proceso final de fermentación: fermentado	49

	convencional de 3 meses (izquierda) fermentación con microorganismos orgánicos por 45 días (Derecha).	
16	Inicio de proceso de elaboración de lombricompost (izquierda) Pileta 1 sin microorganismos, (derecha) pileta 2 con microorganismos.	51
17	Evolución de degradación de material orgánico una semana después del inicio de producción de lombricompost. Pileta 1 (izquierda), Pileta 2 (derecha).	51
18	Datos de temperatura en grados centígrados (°C) tomados en momentos críticos del proceso de elaboración de lombricompost convencional.	52
19	Rangos de temperatura en grados centígrados (°C) tomadas en momentos críticos durante la elaboración de lombricompost con microorganismos.	52
20	Evolución de degradación de material orgánico 15 días después del inicio de producción de lombricompost. Pileta 1 (izquierda), Pileta 2 (derecha).	54
21	Degradación de MO 3 meses después del inicio de producción de lombricompost. Pileta 1 (izquierda), Pileta 2 (derecha).	55
22	Degradación de material orgánico 4 meses después del inicio de producción de lombricompost. Pileta 1 (izquierda), Pileta 2 (derecha).	55
23	Finalización de producción de lombricompost transcurridos 6 meses desde el inicio. Pileta 1 (Izquierda), Pileta 2 (derecha).	56
24	Análisis bromatológico de laboratorio de muestras de lombricompost convencional y con microorganismos.	57
25	Macollas <i>P. purpureum</i> "Cuba 22" con 22 días de rebrote en zona experimental.	60
26	Crecimiento de macollas de cultivo <i>P. purpureum</i> "Cuba 22" con	61

	55 días de crecimiento.	
27	Promedios con 4 repeticiones experimentales de longitud foliar (m) por macolla en cultivo <i>P. purpureum</i> "cuba 22".	61
28	Promedios con 4 repeticiones experimentales de peso en fresco (kg) por macolla en cultivo <i>P. purpureum</i> "Cuba 22".	64

RESUMEN

Finca “La Chica” cuenta con ganado vacuno para producción de leche y derivados desde hace 13 años y como subproducto de esto se obtienen las excretas vacunas que se someten a un proceso de fermentación por 3 meses. Posterior a este período, se obtiene el insumo básico para lombricompost (materia orgánica). La producción de lombricompost tiene un tiempo de producción de 6 meses promedio según la finca; por lo tanto, se realizó el proceso de producción de lombricompost convencional en una pileta e implementando microorganismos orgánicos aplicados al mismo en otra pileta, con la finalidad de sintetizar, optimizar y comparar la producción y tiempo de estos abonos. Finalmente se aplicaron los abonos producidos (con y sin microorganismos) en combinación con abonos químicos al cultivo *Pennisetum purpureum* Schumach. Poaceae “Cuba ct-115”/ “Cuba 22”.

Se utilizó un diseño experimental completo al azar con 4 repeticiones estructurado por 7 tratamientos que incluyeron además de los abonos orgánicos, abonos inorgánicos en combinación con los anteriores: Urea, 15-15-15 y un testigo. Evaluando dos variables: peso fresco (kg/macolla) y longitud foliar (m). Finalmente se elaboró un análisis económico para determinar rentabilidad en ambos productos orgánicos.

Los resultados de la elaboración de lombricompost sin microorganismos (pileta 1) vs lombricompost con microorganismos (pileta 2) fueron: la pileta 2 tuvo un atraso de 1-2 semanas en producción en comparación a la pileta 1. Los rangos de temperatura entre ambas piletas tuvieron diferencia de 1-3 grados centígrados colocando a la pileta 2 sobre la pileta 1. Se realizó un análisis bromatológico sobre ambos abonos lo que arrojó resultados relevantes en cuanto a la alta saturación de sales presentes en ambas muestras.

El tratamiento más eficiente en la fase experimental sobre el cultivo fue el T5 (lombricompost + urea) con un rendimiento promedio de 2.65 m en longitud foliar y 14.77 kg en peso fresco por macolla, este rendimiento fue comparado con el

tratamiento que constituye únicamente el abono orgánico lombricompost sin microorganismos (T6) con un rendimiento promedio de 2.33m en longitud foliar y 8.49 kg en peso en kg fresco por macolla.

El análisis económico determinó que no existen pérdidas económicas en ninguno de los dos casos (con y sin microorganismos) sobre el precio de venta con relación a lo invertido con un índice de rentabilidad del 200% en caso del abono con microorganismos y un índice de 463% en el caso del abono orgánico convencional.

SUMMARY

Finca “La Chica” has had cattle for the production of milk and derivatives for 13 years and as a by-product, cow excrement is obtained, which is subjected to a fermentation process for 3 months. After this time, the basic input for the vermicompost (organic matter) is obtained. The production of vermicompost has an average production time of 6 months depending on the farm; therefore, the conventional vermicompost production process was carried out in one pool and organic microorganisms were applied in another pool with the purpose of synthesizing, optimizing and comparing the production and time of these fertilizers. Finally, the fertilizers produced (with and without microorganisms) were applied in combination with chemical fertilizers to the *Pennisetum purpureum* Schumach. Poaceae “Cuba ct-115”/ “Cuba 22” crop.

A complete randomized experimental design was used with 4 replications structured by 7 treatments that included, in addition to organic fertilizers, inorganic fertilizers in combination with the previous ones: Urea, 15-15-15 and a control. Evaluating two variables: fresh weight (kg/plant) and leaf length (m). Finally, an economic analysis was developed to determine the profitability of both organic products.

The results of the preparation of vermicompost without microorganisms (pool 1) vs vermicompost with microorganisms (pool 2) were: pool 2 had a delay of 1-2 weeks in production with respect to pool 1. The temperature ranges between both pools they had a difference of 1-3 degrees centigrade by placing pool 2 over pool 1. A bromatological analysis was performed on both fertilizers, which yielded relevant results regarding the high saturation of salts present in both samples.

The most efficient treatment in the experimental phase in the crop was T5 (vermicompost + urea) with an average yield of 2.65 m of leaf length and 14.77 kg of fresh weight per tiller, this yield was compared with the treatment that constitutes only

the vermicompost organic fertilizer without microorganisms (T6) with an average yield of 2.33 m of leaf length and 8.49 kg of weight in fresh kg per cluster.

The economic analysis determined that there are no economic losses in either of the two cases (with and without microorganisms) on the sale price in relation to what was invested with a profitability index of 200% in the case of the fertilizer with microorganisms and an index of 463% in the case of conventional organic fertilizer.

I. INTRODUCCIÓN

Finca “La Chica” está localizada a 5 kilómetros de la carretera que conduce del municipio de San Francisco Zapotitlán hacia el municipio de Pueblo Nuevo, en el departamento de Suchitepéquez. Geográficamente está ubicada: latitud Norte 14°38'47.26” y longitud Oeste 91°33'21.72”. Actualmente ocupa un área 23.82 hectáreas. A 896msnm.

Ésta es productora de cultivos como: *Hevea brasiliensis* “hule”, frutos exóticos: *Nephelium lappaceum* “rambután” y *Garcinia mangostana* “mangostán” como principales, forestales, *garcinia humilis* “achachairú” y cultivos variados del género *Pennisetum* entre ellos “maralfalfa” y “cuba 22”, así como también se ocupa espacio de la finca para actividades de ganado estabulado.

El proyecto de lombricultura en Finca “La Chica” tiene el objetivo de desarrollar un cambio en las modalidades y manejos de la finca para obtener viabilidad económica y fortalecer los procesos culturales y orgánicos.

La elaboración y producción de abono orgánico “lombricompost” dentro de la finca inició aproximadamente en el año 2005. Actualmente se producen 120,000-150,000 kg (1200-1500 quintales) de abono húmedo por año, producidos en 10 piletas con dimensiones de 15x1m con 0.60m de profundidad cada una. La materia orgánica (MO) utilizada para la descomposición son excretas de ganado. Se comercializan 60,000 kg (600 quintales) de abono anuales y el resto se utiliza para beneficio de los cultivos de la finca.

La producción de los cultivos del género *Pennisetum* es fundamental en las labores agrícolas en finca “La Chica”, sin embargo, las labores de fertilización no son constantes; lo que indica la necesidad de fertilizaciones periódicas sobre el cultivo. Tomando en cuenta lo anterior la fertilización experimental en el cultivo se realizó con lombricompost como abono principal en dosis de 9,072 kg/ha incluido abonos químicos sobre el cultivo (Urea y 15-15-15) en dosis de 428 kg/ha como abono secundario.

Sin embargo, con la misma finalidad de establecer mejoras en la producción de lombricompost, se implementó la utilización de microorganismos (Mejoracompost) a la MO (estiércol bovino) en dosis de 1.5lts de producto por 8 lts de agua, estos afirman disminuir el tiempo de producción de lombricompost de 6 meses a 45 días.

En la presente investigación se evaluaron siete tratamientos diferentes, tres de ellos mezclando abono orgánico y químico, dos de ellos únicamente con abono orgánico e incluyendo un testigo absoluto con el último, estableciendo un diseño experimental completo al azar sobre el cultivo *Pennisetum purpureum* Schumach. Poaceae “Cuba ct-115”/ “Cuba 22”.

Se lograron los objetivos, evaluando el efecto de los tratamientos sobre el cultivo, obteniendo que el T5 (lombricompost + urea) fue el mejor en desempeño, con un rendimiento promedio de 2.65 m en longitud foliar y 14.77 kg en peso fresco por macolla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Marco Conceptual

1.1 Características del cultivo CUBA 22

Clase:	Equisetopsida C. Agardh
Subclase:	Magnoliidae Novák ex Takht.
Superorden:	Lilianaes Takht.
Orden:	Poales Small
Familia:	Poaceae Barnhart
Género:	<i>Pennisetum</i> Rich.
Especie:	<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.
Nombre científico:	<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach. Poaceae “Cuba ct-115”
Nombre común:	Cuba 22, Cuba CT-115.

Según los especialistas cubanos, este es un híbrido obtenido por cultivo in vitro a partir del pasto *Pennisetum purpureum* “Elefante” y del pasto *Pennisetum polystachion* sp. “King Grass”. Su característica más sobresaliente es el acortamiento de los entrenudos que aparecen después de los 45 días de rebrote. Por ello, florece muy poco y alcanza una talla de 1,5 a 1,8 metros de altura. Produce un abundante follaje desde su base y presenta tallos gruesos, pero con muy buena digestibilidad. Su producción es similar al conocido y expandido King grass, pero la calidad es superior, porque favorece la digestión y tiene mayor cantidad de proteína. Para su desarrollo requiere suelos entre ligeramente ácidos y neutros. Una de las características más importantes que posee es que soporta períodos de sequía prolongados. Su crecimiento es erecto pero su follaje se dobla desde edades muy tempranas debido a su abundante biomasa. Su EMF se da entre los 35 y 45 días de edad mientras su EMC se da por encima de los 70 días, produciendo su inflorescencia la cual es una espiga con abundante grano. Su PVO se presenta entre el día 45 y 60 de edad del cultivo. Su producción por unidad de área de

cultivo o rendimiento de cosecha está tasada en un rango que varía según la región y época del año entre 70 y 180 toneladas de pasto fresco por hectárea por cosecha. Su color predominante es el verde sólido, pero debido a que en su genética tiene el gen recesivo de color púrpura, no se descarta que pueda presentar vetas moradas o coloración púrpura. (Franco, 2008).

1.2. Manejo agronómico del cultivo

1.2.1 Preparación del suelo

La preparación del suelo para la plantación se puede realizar de forma mecanizada con arado con disco y rastra con dos repeticiones cada 15 días, previamente se debe realizar un análisis de suelo, esto teniendo en cuenta para realizar las enmiendas al suelo y elaboración del plan de fertilización para el cultivo. (Cabrera, 2016).

1.2.2 La siembra

Los tallos se cortan de la planta madre cuando están maduros. Si se siembran tiernos no habrá rebrote y no surgirá una nueva planta.

Si se siembra el tallo maduro se tiene la posibilidad de que haya una mejor respuesta para que rebrote.

Una vez cortado el tallo no se puede demorar más de 10 días su siembra porque podría rebrotar fuera del suelo y lo ideal es que nazca una planta en un terreno adaptado.

Otro punto que resaltar es que el tallo del Cuba 22 es grueso, pero eso no implica que se siembre por completo en el suelo. Se sugiere cubrirlo en gran parte y dejar una parte visible. (Ganadero, 2016).

1.2.3 Nutrición

El valor nutricional que pueda recibir un pasto depende del manejo agronómico que se dé al suelo. Con el Cuba 22 se puede llegar a picos de 20 % en proteína, pero es necesario acudir a una adecuada fertilización.

El Cuba 22 requiere una adecuada pluviosidad y fertilización, porque los pastos con buena biomasa y con un valor nutricional alto, necesitan regresarle al suelo lo que ha absorbido. (Ganadero, 2016).

1.2.4 El control de malezas

Las malezas son plantas indeseables ya que el ganado no las consume, a su vez estas compiten por espacio, luz, agua y nutrientes del suelo con las plantas que sí son de interés (en este caso, son los pastos establecidos); además, algunas son espinosas o son tóxicas, de manera que dificultan el manejo. Su reproducción es fácil y rápida de tal forma que el combate de estas es obligatorio.

Los controles de malezas, pueden realizarse de las siguientes formas:

1.2.4.1 Control manual. Es el método de control de malezas más efectivo, aunque lento y costoso. Se realiza desenraizando las hierbas.

1.2.4.2 Control mecánico. Es más fácil y rápido que el manual. Se realiza con machete o con desvaradora, pero lamentablemente, aunque resulta efectivo de momento, las plantas indeseables rebrotan.

1.2.4.3 Control químico. Consiste en el uso de herbicidas, selectivos o no, aplicados en forma dirigida. Al usar productos químicos es muy importante leer las etiquetas y seguir al pie de la letra las instrucciones del fabricante. (Guerrero, 2014).

1.2.5 El control de plagas

Desafortunadamente, durante la época de abundancia de forraje, cuando las praderas se encuentran en mejores condiciones, se suele presentar algún problema con la Mosca Pinta o Salivazo, o bien con el Gusano Falso Medidor. Si se detectan a tiempo los pequeños brotes de las primeras generaciones, se puede combatir con pastoreo intenso o chapeos; pero cuando el problema se generaliza, es necesario recurrir a métodos químicos (insecticidas).

Es muy aconsejable planear, con ayuda de hojas electrónicas (Excel) los costos de los trabajos, para así tener una mejor idea de la inversión necesaria. (Guerrero, 2014).

También es aconsejable anotar datos productivos de los animales, para también poder dar seguimiento a las ventajas de estas o de otras prácticas. (Rojas, 2006).

El hecho de que las praderas sean perennes es importante, porque las buenas o malas prácticas de establecimiento y manejo se verán reflejadas en muchos o en pocos años de utilidad de la pradera, lo que a su vez debe de reflejarse en la productividad de sus animales. (Guerrero, 2014).

1.3. Contenido de proteína cruda de las pasturas (PC)

La capacidad de aportar proteínas por parte de los forrajes es un parámetro de calidad. Las proteínas están constituidas, en promedio, por un 16 % de nitrógeno. De tal forma que si se conoce la cantidad de éste que posee un alimento se puede inferir su contenido proteico. Los análisis se basan en este criterio para realizar las determinaciones. Una vez evaluado el contenido nitrogenado se multiplica el valor obtenido por 6.25, para transformar ese 16 % de nitrógeno en cantidad de proteína. (Rojas, 2006).

El análisis más difundido para determinación de proteína cruda a partir del contenido de nitrógeno fue propuesto por Kjeldahl, pero existen otros que basan su desarrollo en el

mismo fundamento con técnicas más recientes. Tal es el caso de la metodología propuesta por Dumas, mucho más moderna y menos contaminante. (Guerrero, 2014).

1.3.1 Concentración de elementos nutritivos en pastos

Dentro de los puntos importantes a considerar para la producción de los pastos en cuanto al valor nutritivo es importante mencionar los niveles críticos en concentración de nutrientes considerados adecuados para este tipo de cultivo.

Cuadro 1. Concentración de elementos nutritivos en pastos a niveles considerados adecuados

Elemento	Símbolo químico	Concentración en la materia seca	Número relativo de átomos en relación al molibdeno
----- ppm -----			
Molibdeno	Mo	0.1	1
Cobre	Cu	6	100
Zinc	Zn	20	300
Manganeso	Mn	50	1 000
Hierro	Fe	100	2 000
Boro	B	20	2 000
Cloro	Cl	100	3 000
----- % -----			
Azufre	S	0.1	30 000
Fósforo	P	0.2	60 000
Magnesio	Mg	0.2	80 000
Calcio	Ca	0.5	125 000
Potasio	K	1	250 000
Nitrógeno	N	1.5	1 000 000
Oxígeno	O	4.5	30 000 000
Carbono	C	4.5	40 000 000
Hidrógeno	H	6	60 000 000

Fuente: Manual de nutrición y fertilización de pastos (2003)

1.4 Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque debido a su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad.

Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos. (Rojas, 2006).

En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas. Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se recomiendan en tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, además también aumenta la capacidad de retención de humedad y facilita la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. (Rojas, 2006).

1.4.1 Importancia de los abonos orgánicos

En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a los abonos orgánicos y sostenibles, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos. No se puede negar la importancia que tiene mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental. Con estos abonos, se aumenta la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, los cuales se aportan posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos.

Por otro lado, la fabricación de los abonos orgánicos es de gran relevancia en el manejo de los desechos, ya que reduce el volumen y la demanda de oxígeno de estos, mejora sus características físicas y facilita su manipulación; al mismo tiempo se reduce la cantidad de patógenos perjudiciales para humanos, animales y plantas. (Rojas, 2006).

1.4.2 Propiedades de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos tienen propiedades que ejercen determinados efectos sobre el suelo, que hacen aumentar la fertilidad de este. Éstos, actúan en el suelo sobre tres tipos de propiedades:

1.4.2.1 Propiedades físicas

- Por su color oscuro, el abono orgánico absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes.
- Mejora la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.
- Mejoran la permeabilidad del suelo, ya que influyen en el drenaje y aireación de este.
- Disminuyen la erosión del suelo, tanto hídrica como eólica.
- Aumentan la retención de agua en el suelo, por lo que se absorbe más el agua cuando llueve o se riega, y retienen durante mucho tiempo el agua en el suelo durante el verano.

1.4.2.2 Propiedades químicas

- Los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de este.
- Aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que también aumenta la fertilidad.

1.4.2.3 Propiedades biológicas

- Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios.
- Los abonos orgánicos constituyen una fuente de energía para los microorganismos los que se multiplican más rápidamente. (Rojas, 2006).

1.4.3 Estiércol de ganado bovino como abono orgánico

El estiércol de ganado bovino es una fuente importante de nutrientes y si no es tratado de manera adecuada pueden convertirse en una fuente de contaminantes para los mantos freáticos y suelo. Las vacas lecheras excretan al ambiente entre el 70 y 85% de Nitrógeno (N) y entre el 58 y 75% de Fosforo (P) en heces y orina (2, 22). (Beltrán, 2017).

1.4.3.1 Sales Minerales para ganado bovino

Las sales minerales para ganado son tan importantes como lo es el agua y el forraje. Juegan un papel importantísimo en cada aspecto del crecimiento y rendimiento, reproducción, estructura ósea, desarrollo muscular, producción de leche, buen funcionamiento de la digestión y metabolismo. (Lavet, 2015).

Las necesidades de sal mineral varían según el estado del animal y el peso. En general, se puede decir que el consumo diario debe ser entre 80 y 100 gramos. (Embrapa, 2017).

En finca “La Chica” la dosis diaria aproximada de sales minerales suministrada a cada cabeza de ganado es de 1.36 kg lo que a su vez equivale a 900-1300 gr. Es importante mencionar que las excretas de ganado reflejan en su composición estos residuos de sales minerales, que a su vez son utilizadas como material orgánico para la producción de lombricompost en la finca por lo tanto es probable que su exceso repercuta en la vida de la lombriz roja californiana “*Eisenia foetida*” utilizada para fines de producción del abono orgánico antes mencionado.

1.5 Lombricultura

Esta biotecnología, prácticamente desconocida hasta hace poco tiempo, se inició en EE. UU., se extendió a Europa y finalmente hacia el resto del mundo; aplica normas y técnicas de producción utilizando las lombrices rojas californianas para reciclar residuos

orgánicos biodegradables y, como fruto de su ingestión, los anélidos efectúan sus deyecciones convertidas en el fertilizante orgánico más importante hoy disponible.

Con su actividad participan en la fertilización, aireación, formación del suelo y es posible obtener materia orgánica muy estable en un tiempo relativamente corto para su uso inmediato en la agricultura. Se trata del humus de lombriz, sustancia inodora parecida a la borra de café que, en comparación con la urea, es 5 veces superior en nitrógeno, fósforo, potasio y calcio. (Lombricultura, 2002)

En comparación a los otros abonos orgánicos tiene las siguientes ventajas:

- Es muy concentrado (1 tonelada de humus de lombriz equivale a 10 toneladas de estiércol).
- No se pierde el nitrógeno por la descomposición.
- El fósforo es asimilable; en los estiércoles no.
- Tiene un alto contenido de microorganismos y enzimas que ayudan en la desintegración de la materia orgánica (la carga bacteriana es un billón por gramo).
- Tiene un alto contenido de auxinas y hormonas vegetales que influyen de manera positiva en el crecimiento de las plantas.
- Tiene un pH estable entre 7 y 7.5.
- La materia prima puede ser cualquier tipo de residuo o desecho orgánico, también se utiliza la parte orgánica de la basura. (Agrolanzarote, 2011).

1.5.1 ¿Por qué se utiliza comercialmente la lombriz roja californiana?

Esta denominación abarca un conjunto de especies (entre ellas la *Eisenia Foetida*), seleccionadas en California durante la década del 50.

Esta selección se efectuó por su corto ciclo reproductivo (4 veces por año), elevada frecuencia de apareamiento (producen 1 cocón cada 7-10 días), mayor longevidad (15-16 años), su docilidad para la cría en ambientes reducidos, su voracidad (debida a la incidencia de los factores anteriores) y su mayor velocidad y volumen en la producción de lombricomposta.

De una sola lombriz se obtienen alrededor de 10.000 al cabo de 1 año según trabajos de laboratorio se contemplan promedios tales como: 1 cocón por lombriz, cada 10 nacen 3 ($3 \times 3 = 9$ por mes, 27 en 3 meses). Con un 50-70% de pérdida por migración o muerte quedan entre 8 y 13 lombrices. Partiendo de una, se obtiene, entonces, un promedio de 10 cada tres meses.

Las lombrices poseen ambos aparatos genitales femenino y masculino, intercambian esperma y dan lugar a la liberación de cocones desde ambos individuos protegidos por una sustancia viscosa elaborada por el clitelo de cada una de ellas. (Lombricultura, 2002).

Los cocones de coqueta roja *Eisenia foetida* posterior a su liberación y fecundación se ven de la siguiente forma:



Figura 1. Cocones de coqueta roja
Fuente: ADEX pdf (2008)

1.5.2 Taxonomía de la Coqueta Roja *Eisenia foetida*

La taxonomía de la lombriz californiana o coqueta roja se denomina de la siguiente forma:

Cuadro 2. Taxonomía de Coqueta Roja *Eisenia foetida*

Reino:	Animal
División:	Anélidos
Clase:	Clitelados
Orden:	Oligoquetos
Familia:	Lombrícidos
Género:	<i>Eisenia</i>
Especie:	<i>E. foetida</i>

Fuente: SIPAF, 2014

1.5.3 Condiciones ambientales y óptimo desarrollo de la lombriz

Domínguez y Gómez (2010) recolectaron una serie de datos y estudios científicos de las condiciones físicas, adecuadas para el desarrollo de las lombrices, los cuales indicaron que existen dos factores fundamentales, estos son:

Temperatura: El crecimiento es óptimo a los 25 °C, pero también pueden desarrollarse entre los 25-28 °C, incluso a los 32 °C siempre y cuando hayan sido aclimatadas moderadamente desde el nacimiento; sin embargo, esta condición inhibe su crecimiento, además, si la temperatura alcanza o supera los 33,3 °C las lombrices mueren (Domínguez y Gómez, 2010).

Por otro lado, las temperaturas mínimas para el crecimiento giran alrededor de los 10 °C, aunque existe estudios que comprueban el crecimiento de las lombrices a

temperatura bajo cero; por ello, no es recomendable para el correcto desarrollo (Sánchez, 2017).

Humedad: Los porcentajes ideales para el desarrollo se encuentran entre 80 y 85%, aunque las lombrices presentan un amplio rango Domínguez y Gómez, (2010); no obstante, es importante tener el control sobre este factor, si disminuye hasta el 12% o menos, el proceso de descomposición se ralentiza (Díaz, 2002).

Las lombrices cuentan con una capacidad impresionante con respecto a las condiciones de temperatura y humedad, pues si estas entran en un desequilibrio, ellas pueden activar su estado de inactividad “diapausa”, periodo en el cual las lombrices permanecen fuertemente enroscadas hasta que las condiciones ambientales se adecuen (Domínguez y Gómez, 2010).

Sánchez (2017) en su estudio científico sobre el vermicompostaje, señala también otros factores relevantes para el desarrollo óptimo de la lombriz, los cuales son:

Estructura del sustrato: Es importante que la estructura del sustrato a utilizar permita la difusión pasiva del aire y evite obstruir el desplazamiento de la lombriz, el drenaje del agua y la circulación del oxígeno, este último es el más importante, debido a que las lombrices requieren una concentración de oxígeno de 55%-65% (Sánchez, 2017).

Este factor también fue mencionado (aireación), por Díaz (2002) él explica que los microorganismos a emplear en el proceso son necesariamente aeróbicos, debido a que los anaeróbicos segregarían metano, ácido sulfúrico y amoníaco, lo cual no es conveniente por los malos olores que causan, así mismo sugirió la remoción periódica de la pila de residuos para apoyar en la aireación.

pH: Las lombrices presentan un amplio rango en cuanto a pH, siendo de 5 hasta 9, sin embargo, su función es más eficiente cuando el pH es próximo a la neutralidad.

Conductividad eléctrica (CE): Las lombrices rojas tiene una deficiente capacidad para regular las sales en su organismo, razón por la que no pueden vivir en ambientes salinos, pues las mataría, de la misma forma los sustratos a emplear deben contener no más de 8 dSm-1 de conductividad eléctrica, pues generaría la muerte en ellas. (Sánchez, 2017).

Además, la iluminación es factor relevante para tener en consideración puesto que, las lombrices son muy sensibles a los rayos ultravioletas, una ligera exposición a la luz solar podría generarles la muerte, razón por la que es recomendable ubicarlas en zonas de constante sombra (Díaz, 2002).

Por otra parte, una condición que también se debe tener en cuenta es la edad del compost, porque si es viejo va a soportar menor densidad de lombrices, y de no tener consideración sobre este factor, puede afectar negativamente a la reproducción de éstas. (Schuldt et al., 2007 como se citó en Luna G., 2020).

1.5.4 Reproducción de las lombrices

Las lombrices son hermafroditas, es decir, están dotadas de órganos sexuales masculinos y femeninos, pero son incapaces de autofecundarse, y se reproducen recíprocamente por fecundación cruzada.

Durante el apareamiento se intercambian espermatozoides que no fecundan inmediatamente a los óvulos.

Luego de producirse la fecundación, depositan en el lugar donde se alimentan 3 cápsulas de paredes resistentes (llamadas cocones) conteniendo cada una de 3 a 10 lombrices pequeñas.

Estas lombrices, que son iguales a las adultas, pero de color blanco y más pequeñas, están sometidas a peligros que pueden ser mortales para su delicada contextura como: falta de comida, presencia de algún producto tóxico, enemigos naturales etc. haciendo

que disminuya apreciablemente el número inicial, llegando aproximadamente un 50% al estado adulto. (Lombricultura, 2002).

A continuación, la descripción de como se ve una lombriz en su estado adulto y la descripción de su anatomía:

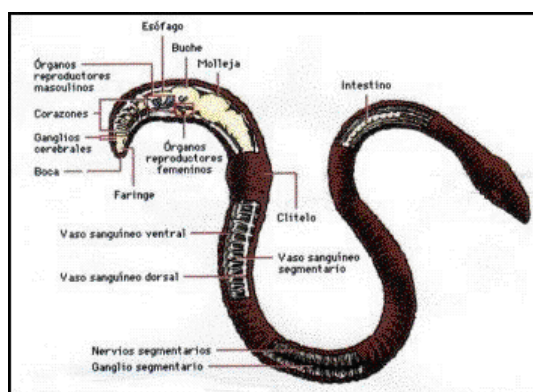


Figura 2. Anatomía de la coqueta roja.

Fuente: ADEX pdf. (2008).

1.6 Compostaje

Proceso aerobio de degradación de materia orgánica, con aumento de temperatura de forma controlada; se realiza por acción de microorganismos en presencia de aire para generar el abono orgánico llamado compost.

La dinámica del proceso de degradación del mismo sucede y se divide de la siguiente forma durante la producción:

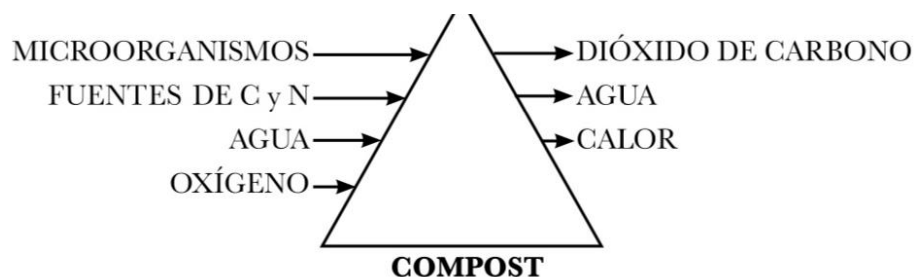


Figura 3. Dinámica del proceso de degradación en compostaje.

Fuente: SIPAF, 2014.

Objetivos de realizar compostaje:

- Aprovechar los residuos orgánicos.
- Destruir microorganismos que causan enfermedades a plantas, animales y humanos.
- Aumentar el contenido de nutrientes para ser aprovechados por las plantas.
- Transformar los residuos orgánicos en un producto estable y maduro utilizable en agricultura. (SIPAF, 2014).

1.6.1 Beneficios de la utilización del compost

El compost ayuda a mejorar las propiedades del suelo: físicas (agregación, porosidad, retención de humedad), químicas (pH, materia orgánica, nutrientes) y biológicas (microorganismos, fauna), su estabilidad y la capacidad de sostener plantas de la siguiente forma:

- Incrementa la Capacidad de Intercambio Catiónico – CIC-.
- Aporta microorganismos benéficos para las plantas como: promotores de crecimiento vegetal, fijadores de nitrógeno, solubilizadores de nutrientes, antagonistas de patógenos y microorganismos eficientes en la degradación de la materia orgánica, entre otros.
- Aporta macro y micronutrientes mediante procesos de liberación lenta, que permiten que éstos estén disponibles a mediano y largo plazo. (SIPAF, 2014).

1.6.2 PROCESO DE DEGRADACIÓN EN EL COMPOSTAJE

1.6.2.1 Fase Mesófila.

El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 40°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de carbono (C) y nitrógeno (N) generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares generan ácidos orgánicos y por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

Cuando el material alcanza temperaturas mayores entre los 40-45°C, los microorganismos mesófilos son reemplazados por bacterias filamentosas (actinomicetos) y hongos. Sobre los 45°C aparecen bacterias termófilas, que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de carbono, como la celulosa y la lignina. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas del lugar y otros factores.

Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*

Esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado. (SIPAF, 2014).

1.6.2.2 Fase de enfriamiento

Agotadas las fuentes de carbono (en especial el nitrógeno en el material en compostaje) la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta

fase continúa la degradación de polímeros como la celulosa y aparecen algunos hongos observables a simple vista. Al bajar de 40°C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración. (SIPAF, 2014).

1.6.2.3 Fase de maduración

Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. (SIPAF, 2014).

El siguiente cuadro, define las temperaturas, los microorganismos presentes y el pH adecuado que se presentan en cada fase del proceso de degradación del compostaje.

Cuadro 3. Fases en el proceso de degradación del compostaje, microorganismos predominantes en cada fase y pH.

Mesofílica	Temofílica	Mesofílica II o de enfriamiento	Maduración
Temperatura ambiente hasta 40 °C	40 a 70°C o más	Descenso de la temperatura hasta 40-45°C	18 a 22°C
Hongos mesofílicos y termotolerantes. Bacterias mesofílicas.	Bacterias Actinomicetos Hongos	Bacterias Hongos Invertebrados	Bacterias Actinomicetos Hongos
pH 5 – 5.5	pH 8 - 9	pH 8.5	pH 7 - 8

Fuente: SIPAF, 2014

1.6.3 Principales factores que participan en el compostaje:

- Microorganismos
- Humedad
- Aireación
- Temperatura

- Relación Carbono/Nitrógeno
- Tamaño de partículas
- pH
- Microorganismos

1.6.3.1 Microorganismos

En el comienzo de la descomposición, en la fase mesófila aerobia, predominan bacterias y hongos productores de ácidos. Al aumentar la temperatura y pasar a la fase termófila predominan bacterias, actinomicetos y hongos termófilos y termo tolerantes.

Los hongos y actinomicetos, menos exigentes en humedad, abundan en los primeros 5-15 cm. y se visualizan en forma de finos hilos de color blancuzco en forma de tela de araña.

Las bacterias generalmente se ubican en el centro de la pila, con temperaturas de 60-70°C, ocurriendo allí las mayores alteraciones de la materia orgánica.

Los hongos y actinomicetos descomponen los materiales más resistentes de la celulosa, hemicelulosa, lignina y quitina (material constituyente del esqueleto de los insectos). (Lombricultura, 2002).

1.6.3.2 Humedad

El agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos.

Saturando una masa de materia orgánica, los espacios vacíos se inundarán con agua sin lugar para el aire. Inversamente, deshidratándola, todos los espacios vacíos serán ocupados por el aire.

La materia orgánica en compostaje tiene una humedad óptima cercana al 60%, (si un puñado de material se aprieta fuertemente y apenas gotea la humedad es la correcta) siendo sus límites entre 70 y 40%.(Lombricultura, 2002).

1.6.3.3 Aireación

Es necesario que proliferen microorganismos aeróbicos que requieren oxígeno para efectuar su metabolismo. Si proliferan los anaeróbicos, se obtendrán productos metabólicos como metano, ácido sulfhídrico y amoníaco y como resultado malos olores y moscas.

La altura de la piletta no debe exceder los 1,2-1,5 m. pues el peso conduce a la compactación y tiende a la anaerobiosis. (Lombricultura, 2002).

1.6.3.4 Temperatura

La temperatura óptima de descomposición se ubica en los 50-70°C (60°C es lo más indicado).

No es aconsejable remover el compost frecuentemente de modo que no pueda recuperar la temperatura perdida pues, alterando la faja de calor, perjudicaríamos a los microorganismos dominantes. (Lombricultura, 2002).

1.6.3.5 pH

El pH inicial en las pilas de compost es ligeramente ácido (pH 6) como la savia y el líquido celular de muchas plantas. La producción de ácidos orgánicos causa su acidificación durante la etapa inicial de la maduración del compost, pero al aumentar la temperatura también aumenta el pH, estabilizándose en valores de 7.5 y 8.5. (Lombricultura, 2002).

1.7 Características principales de un buen compost para Lombricultura

- Poroso y desmenuzable
- pH neutro o cercano a la neutralidad
- Buena capacidad de retención hídrica
- Color marrón oscuro característico
- No se pueden reconocer los materiales iniciales
- Temperatura no mayor a 35 grados
- Sin olores desagradables
- Es aceptado rápidamente por la lombriz

Dentro de los niveles críticos analíticos del humus lombricompuesto se encuentran los siguientes datos:

Cuadro 4. Valores medios analíticos de humus lombricompuesto

Nitrógeno (N)	1.5 a 3 %
Fósforo (P ₂ O ₅)	0.5 a 1.5 %
Potasio (K ₂ O)	0.5 a 1.5 %
Magnesio (Mg O)	0.20 a 0.50 %
Manganeso (Mn)	260 a 580 ppm
Cobre (Cu)	85.0 a 100.0 ppm
Zinc (Zn)	85.0 a 400.0 ppm
Cobalto (Co)	10 a 20 ppm
Boro (Bo)	3 a 10 ppm
Calcio	2.5 a 8.5 %
Carbonato de Calcio	8 a 14 %
Ceniza	28 a 68 %
Acidos húmicos	5 a 7 %
Acidos fúlvicos	2 a 3 %
PH	6.5 a 7.2
Humedad	30 a 40 %
Materia Orgánica	3 a 6 %
Capacidad de intercambio Catiónico (CIC)	75 a 80 meq/100gr
Conductividad eléctrica (CE)	hasta 3.0 milimhos/cm
Retención de Humedad	1500 a 2000 cc/kg seco
Superficie específica	700 a 800 m ² /gr
Carga bacteriana (+)	2000 millones de colonias de bacterias vivas/gr

Fuente: ADEX pdf. 2008

1.8 Parámetros de calidad en el Humus

La mayoría de las personas y productores, al momento de determinar un humus de calidad suelen considerar aspectos de tipo organoléptico, como el color, olor, y textura al momento de tener tacto con el producto final, pero necesitan un estudio detallado, en donde la calidad de humus está reflejada en las características fisicoquímicas y nutricionales (Melgarejo et al., 1997).

En un estudio se analizaron cuatro humus con diferente tiempo de compostaje, y de diferente materia prima (H1: Humus de lombriz de pulpa de café con 16 semanas de compostaje ; H2: Humus de lombriz de basuras biodegradables con 14 semanas de compostaje; H3: Humus de lombriz de desechos de cocinas y de huerta con 20 semanas de compostaje; H4: Humus de lombriz de residuos de Rosas con 23 semanas de compostaje) al analizar el contenido de cada uno de ellos concluyeron que el humus que más apto estaba para ser adicionado al suelo fue H4 con 54.42 % de materia orgánica, 45.58 % de ceniza y con 3.80 ds/m Conductividad eléctrica, eso en cuanto a las propiedades fisicoquímicas; en las nutricionales el H4 presentó elementos como N total, P, K, Ca, Mg con mayor porcentaje; en cuanto al efecto de la germinación de semillas el H4 presentó 80%, menor a los demás. Sin embargo, el H3 presentó mayor porcentaje en la germinación con 83%, dando a entender que el humus de lombriz de desechos de cocinas y huerta ayuda más al cultivo; sin embargo, para poder adicionarse al suelo debe tener más tiempo de compostaje, pues en los resultados fisicoquímicos, presentaba menor porcentaje de materia orgánica (26.35%), pero en la concentración de ceniza tenía 73.65% y cabe mencionar que el contenido de materia orgánica correspondía a las pérdidas de calcinación. (Melgarejo et al., 1997 como se citó en Luna G., 2020).

En otra investigación realizada por Salinas et al. (2014) evaluaron la calidad enfocándose en las propiedades químicas del humus de lombriz de rastros de tomate y pimentón, después de 90 días, el humus presentaba 2.13 ds/m Conductividad

eléctrica; 37. 9% de materia orgánica y un pH de 8.5, en cuanto al valor nutricional contaba con elementos como nitrógeno, fósforo y potasio.

1.9 Producción cuantitativa de humus

Una lombriz adulta come diariamente su propio peso, aproximadamente 1 gramo.

De aquel valor, el 60% lo excreta como abono y el 40% lo metaboliza para formar tejido y acumular energía.

En un año cada lombriz adulta puede generar 1500 individuos.

Peso de las 1.500 lombrices: 1,5 Kg consumen 1,5 Kg de alimento diariamente y producen:

- 60% de 1,5 kg: 0,9 kg de humus.
- 40% de 1,5 kg: 0,6 kg de alimento utilizado para mantenimiento y crecimiento de tejidos. (Del peso de la lombriz el 90% es agua y 10% carne, tomada como contenido puro de proteína)
- 1,5 kg de lombriz: 1,35 kg de agua
- 0,15 kg de proteínas.

Cada lombriz puede generar 0,15 kg de proteína por año. (Lombricultura, 2002).

1.10 Tiempo de producción de humus y compost

Ambos son abonos que aprovechan los residuos orgánicos y los transforman en nutrientes para las plantas. Sin embargo, el humus contiene más nutrientes que el compost. El humus se produce en 3 meses y el compost en 6 meses. Ambos nos ayudan a recuperar suelos muy gastados. (Lombricultura, 2002).

1.11 Mejora Compost

Es un producto 100% orgánico, que contiene microorganismos benéficos, entre ellos bacterias fototrópicas, bacterias ácido lácticas y levaduras. Estos microorganismos no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados.

Mejora Compost favorece una mejor descomposición en la materia orgánica y disminuye el tiempo de este proceso. (EMAGRO, 2018).

1.11.1 Beneficios de Mejora Compost

Permite la rápida transformación de la materia orgánica de origen vegetal y animal en humus.

Disminuye malos olores de las excretas animales permitiendo con esto la disminución de moscas y otros insectos nocivos tanto para la salud humana como animal.

Permite la descomposición de la materia orgánica por medio de la fermentación y no de la putrefacción. (EMAGRO, 2018).

1.11.2 ¿Qué hace Mejora Compost?

Acelera la descomposición de residuos orgánicos tanto de origen animal como vegetal maximizando la producción de humus, sin presencia de malos olores, reduciendo considerablemente el tiempo y por tanto costos de infraestructura y transporte. (EMAGRO, 2018)

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Localización y ubicación de finca La Chica

Se localiza en el departamento de Suchitepéquez, municipio de San Francisco Zapotitlán. A una Latitud Norte de 14.61419° y una Longitud Oeste de 91.52966° , a 896 msnm.

2.2 Mapa de ubicación geográfica de finca La Chica

A continuación, se presenta la distribución de usos y delimitación geográfica de la zona en la que se encuentra la finca:

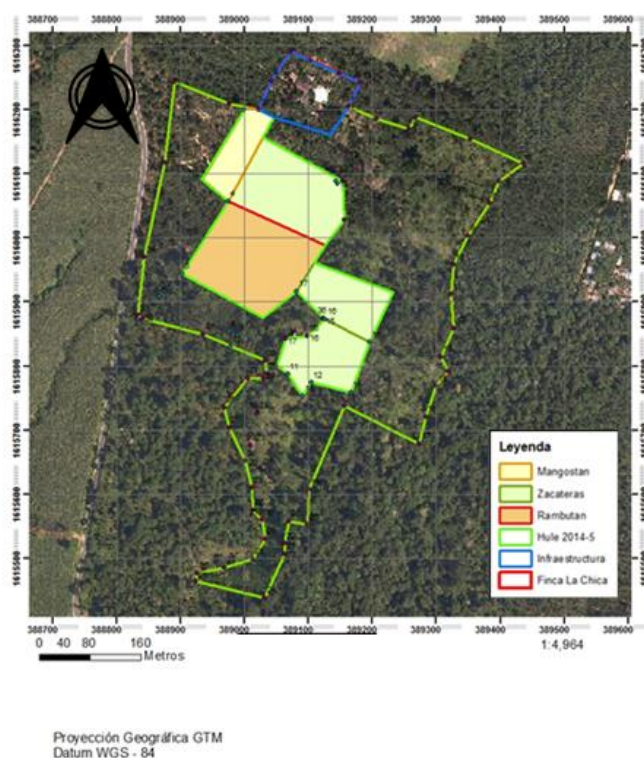


Figura 4. Ubicación geográfica del uso de la tierra en Finca La Chica, Pueblo Nuevo, Suchitepéquez.

Fuente: Google maps.

Producción de lombricompost en finca “La Chica”

Finca “La Chica” realiza el proceso de elaboración de lombricompost en galeras donde se encuentran establecidas 10 piletas de concreto con dimensiones de 15x1m con 0.60 m de profundidad cada una, estas galeras se utilizan desde hace aproximadamente 16 años para la producción del abono.



Figura 5. Procesos de elaboración de lombricompost.

(Izquierda-derecha): En la figura 5 se evidencia como ocurre el almacenamiento de lombricompost en sacos para comercialización, aplicación de riego manual a piletas durante producción, área de fermentación de materia orgánica previo a producción de lombricompost.

El objetivo de la elaboración de lombricompost es trabajar con la misma materia orgánica que se encuentra en el lugar de producción. En este caso experimental la materia orgánica con la que se trabajó fueron excretas de ganado que se encuentra en el establo de la finca, diariamente fueron recolectados un aproximado de 15-20 qq de excretas vacunos.

Adjunto a las excretas de ganado es completamente necesario la obtención de la lombriz que será el mecanismo de producción y descomposición final de las excretas para ser convertidas en abono, la lombriz más común para este proceso es la lombriz californiana o coqueta roja *Eisenia foetida*, la cantidad de lombriz con la que se puede

iniciar dependerá de la cantidad de piletas que se disponga y dimensiones de cada una pero en teoría se puede iniciar con 20kg de lombriz ya que esta alcanza su madurez sexual a los 2 o 3 meses de vida lo que hace que sea muy prolifera pudiendo duplicar la población cada 45-60 días.

2.3 Revisión sistemática de investigaciones afines

A continuación se presentan una serie de resúmenes de resultados de investigaciones similares:

EFFECTO DE LOMBRICOMPOST DE COQUETA ROJA Eisenia foetida, EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE DULCE; LA FRAGUA, ZACAPA.

RESUMEN

El estudio se realizó en la finca “La Ceiba”, parcela el Zarzal”, en el valle de la Fragua del departamento de Zacapa. Tuvo como objetivo determinar el efecto de cinco dosis de lombricompost (3.52, 5.67, 8, 9.92, 12.30 t/ha), sobre el rendimiento de chile dulce (*Capsicum annumm L.*), considerando a la vez un tratamiento testigo con aplicación de fertilizantes químicos (160 - 20 – 90 kg/ha de NPK). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La investigación se estableció en un área total de 576 m². Las variables evaluadas fueron: rendimiento comercial; calidad en función al tamaño. El mayor rendimiento de chile se obtuvo al aplicar el fertilizante químico, alcanzando un promedio de 64,500 kg/ha. Sin embargo, es importante mencionar que conforme se aumentó la dosis de lombricompost, se obtuvo un mayor rendimiento en el cultivo. Según el análisis económico, todos los tratamientos tuvieron respuesta positiva. Es decir, en la medida que se adicionó materia orgánica se manifestó una respuesta positiva en el rendimiento, que compensó la adición de esta sustancia al suelo. (Sagastume, 2015)

“LOMBRICOMPOST OBTENIDO A PARTIR DE LA PULPA DE CAFÉ PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE HORTALIZAS”

RESUMEN

Durante el proceso para la obtención del beneficio húmedo del café se generan varios subproductos que son considerados como desechos o contaminantes tales como la pulpa o cascara de café, que por su mal manejo y falta de aprovechamiento dentro de las fincas que lo producen, trae como consecuencia impactos negativos al ambiente. El siguiente estudio tuvo como objetivo principal, evaluar la influencia del lombricompost obtenido a partir de pulpa de café en el rendimiento del cultivo de hortalizas. Se empleó un diseño no experimental sistemático, donde la variable a evaluar fue el rendimiento del cultivo de hortalizas, la hortaliza que se cultivó fue el rabanito (*Raphanus sativu*). Conformado por una población de 200 plantas de rabanitos del cual se tomó una muestra de 72 conformada por 36 plantas que fueron cultivadas con el lombricompost de pulpa de café, y las otras 36 fueron cultivadas en la parcela testigo. Como resultado se obtuvieron los siguientes rendimientos 0.056 kg/planta, 5.6 kg/parcela y 28 t/ha con la aplicación del lombricompost de pulpa de café; para poder ver las diferencias se calculó el rendimiento del rabanito en el suelo testigo, obteniendo 0.039 kg/planta, 3.9 kg/parcela y 19.5 t/ha. Palabras claves: lombricompost, pulpa de café, rendimiento, cultivo de hortalizas. (Zeidy, 2019).

EFECTO DEL COMPOST Y VERMICOMPOST DE ESTIÉRCOL PECUARIO, EN EL SUELO Y EN LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE Y MAÍZ

RESUMEN

La degradación de los suelos se ha generalizado a nivel mundial y en los suelos agrícolas esto se acentúa con el uso excesivo de agroquímicos. El reciclado de estiércoles pecuarios en forma de abonos orgánicos (AO) como el compost y el vermicompost, ayuda a mantener el rendimiento de los cultivos y la fertilidad del suelo

(Rodríguez et al. 2008; Doan et al., 2015). El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es importante a nivel mundial (Inzunza-Ibarra et al., 2017) y es útil para estudiar los aportes de los AO en suelos bajo explotación intensiva (Castellanos et al., 2009). Por su parte, el maíz (*Zea mays* L.) es originario de México y es el principal cultivo básico del país (Gutiérrez-Miceli et al., 2008). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación combinada de fertilizantes inorgánicos y orgánicos (compost: CC y vermicompost: VCC de estiércol de caprino) sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos de jitomate y maíz, y en las propiedades del suelo. Este trabajo consistió en dos experimentos, uno con el cultivo de jitomate y otro con maíz, cada uno con un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones. Con el jitomate bajo invernadero, los tratamientos fueron: T1) Fertilización convencional (FC) al 100%; T2) FC al 75%+CC; T3) FC al 75%+VCC; T4) FC al 50%+CC y T5) FC al 50%+VCC; las variables evaluadas fueron: longitud de crecimiento (LC), diámetro de tallo (DT), rendimiento, y algunas propiedades del suelo. El maíz se cultivó a cielo abierto, con los tratamientos: T1) FC al 100%, T2) VCC (1.5 kg m²) y T3) VCC (3 kg m²); las variables: Altura de la planta (AP), DT y rendimiento. El análisis de datos se hizo con ANDEVA y prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). En el trabajo con jitomate, con los tratamientos en que se incluyó algún AO, la LC fue mayor que con la FC100. El rendimiento de T1 fue similar al de T2 y T3, durante 63 días y al de T4 y T5, durante 42 días. El pH del suelo en T4 y T5 resultó mayor que en T1, 3.4 y 3.2%; la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en T4 y T5 fue mayor que en T1, 14 y 15%. El contenido de P y K en T1 fue superior que en T4 y T5, en porcentajes que oscilaron entre 11 y 17%. En el experimento con maíz, el tratamiento con VCC a una tasa de 1.5 kg m², presentó valores más bajos de AP, DT y rendimiento. El análisis de resultados sugiere que al aplicar AO se puede reducir la FC y sostener el rendimiento de jitomate por un periodo cuya duración depende de la magnitud en que se reduzca la FC; además, se amortigua el efecto de la FC sobre algunas propiedades del suelo (pH, CIC, P y K). En el cultivo de maíz, con la aplicación de vermicompost en dosis altas (3 kg m²), es posible igualar el rendimiento que se obtiene con la FC. (Terrón, 2017).

III. OBJETIVOS

1. Objetivo General

1.1 Determinar el efecto de microorganismos en la elaboración de lombricompost y evaluación de aplicaciones combinadas con abonos químicos al suelo, sobre cultivo *P. purpureum*. “Cuba 22”. Finca “La Chica”, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.

2. Objetivos Específicos

2.1 Determinar la producción de lombricompost convencional y con microorganismos bajo condiciones experimentales (tomas de temperatura °C, análisis bromatológico, producto final).

2.2 Evaluar el efecto de los tratamientos sobre el cultivo cuba 22 *pennisetum sp.* determinando rendimiento en biomasa (kg) y longitud foliar (m).

2.3 Identificar el mejor tratamiento entre las combinaciones de abonos orgánicos y abonos químicos.

2.4 Hacer un análisis económico para identificar la rentabilidad de los abonos orgánicos lombricompost.

IV. HIPOTESIS

Ha: Los dos tratamientos con lombricompost con y sin mejora compost tendrán un efecto diferente sobre la variable respuesta kilogramos de peso en forraje fresco y crecimiento foliar.

Ho: Los dos tratamientos con lombricompost con y sin mejora compost tendrán el mismo efecto sobre la variable respuesta kilogramos de peso en forraje fresco y crecimiento foliar.

Ha: Las dos mezclas de lombricompost y abonos convencionales (urea y 15-15-15) tendrán un efecto diferente sobre la variable respuesta kilogramos de peso en forraje fresco y crecimiento foliar.

Ho: Las dos mezclas de lombricompost y abonos convencionales (urea y 15-15-15) tendrán el mismo efecto sobre la variable respuesta kilogramos de peso en forraje fresco y crecimiento foliar.

Ha: Los análisis económicos sobre lombricompost con y sin mejora compost tendrán un efecto diferente sobre el porcentaje de rentabilidad.

Ho: Los análisis económicos sobre lombricompost con y sin mejora compost tendrán el mismo efecto sobre el porcentaje de rentabilidad.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

1. MATERIALES

Para el desarrollo de la investigación se utilizarán los siguientes materiales:

1.1 Recursos físicos

- “Mejora Compost” EMAGRO, (2018).
- Excretas de ganado lechero: heces y orina fermentado.
- Carretas para transporte de excretas
- Lombrices: coqueta roja *Eisenia foetida*
- Piletas: para la elaboración de Lombricompost
- Lombricompost: Abono orgánico a base de desechos.
- Fertilizantes convencionales: Urea y 15-15-15
- Semilla de cultivo *P. purpureum* “cuba 22”.
- Machete
- Estacas de bambú
- Identificadores de parcelas experimentales (nylon de colores)
- Azadón
- Romana
- Balanza analítica
- Termómetro
- Pita
- Libreta de campo
- Lapicero
- Cámara fotográfica

1.2 Recursos humanos

- Jornales

- Practicante de ejercicio profesional supervisado

1.3 Recursos financieros

- Administración de finca agrícola “La Chica”.

2. METODOLOGÍA

2.1 Descripción del experimento

El presente proceso experimental tiene la finalidad de determinar si es posible mejorar la calidad y disminuir tiempo de producción de lombricompost utilizando microorganismos para realizar una comparativa con la producción convencional de lombricompost, es decir, sin suministro de microorganismos. Las variables de respuesta en esta primera fase experimental de la investigación son:

- Tiempo de producción final
- Características químicas del abono (análisis de laboratorio)

Posterior a ello, se inicia con la segunda fase experimental que consiste en poner a prueba el lombricompost “mejorado” y “convencional” elaborados con anterioridad en campo y sobre un cultivo, para determinar la efectividad de cada uno, en el caso particular de la investigación se utilizará el cultivo de *P. purpureum* “Cuba 22” como cultivo de prueba en donde las variables de respuesta son:

- Peso en kilogramos de forraje fresco
- Longitud foliar (m)
- Porcentaje de rentabilidad

Para finalizar se realizará un análisis económico para determinar la rentabilidad de los abonos orgánicos.

La metodología para desarrollar las fases anteriores se describe a continuación:

2.2 Elaborar y producir lombricompost convencional y con microorganismos bajo condiciones experimentales. (Tomas de temperatura °C y análisis bromatológico a producto final).

2.2.1 Preparación de la materia orgánica

Éstas fueron recolectadas diariamente y almacenadas durante 3 meses para su fermentación. Es importante mencionar que según los estudios realizados en la finca el almacenamiento de las excretas (MO) específicamente es muy importante ya que las lombrices asimilan mejor los nutrientes que estas ofrecen.

Al cabo de los tres meses, la MO tomó un color marrón claro, valor y croma ≤ 3 (húmedo) → Horizonte hórtico en escala Munsell (FRUTÍCOLA, 2019).

Es en esta etapa es cuando se suministra la MO a las piletas de concreto destinadas al almacenamiento y producción de lombricompost.

2.2.2 Tecnología para producción del abono en finca “La Chica”

Paso 1: Una vez obtenida la materia orgánica fermentada ésta es transportada hacia las piletas en donde se llena la 4ta parte de la pileta con ella y a continuación se agregan las lombrices *Eisenia Foetida* a la MO, el objetivo es que ellas comiencen a alimentarse de esa porción de MO sin exceder el alimento. La figura 6 muestra cómo debe quedar la primera capa de MO en las piletas.



Figura 6. Pileta llena de materia orgánica fermentada, para producción de lombricompost.

Paso 2: Las piletas son regadas con agua diariamente para conservar la humedad, aproximadamente 10 litros de agua por pileta con ayuda de una jardinera a modo de realizar un riego por aspersión manual, en figura 7 se muestra la forma en la que se realiza el riego a cada pileta.



Figura 7. Aplicación del riego manual a las piletas de producción lombricompost

La humedad puede ser medida con una técnica muy sencilla como es la prueba de puño, para ello es necesario tomar una muestra de la mezcla y apretarla suavemente, para saber que la humedad es la adecuada, la muestra debe formar una especie de agregado y no debe gotear agua, pero si debe permanecer compacta esto indica que la humedad es la correcta. En la figura 8 se muestra gráficamente como emplear adecuadamente la técnica.

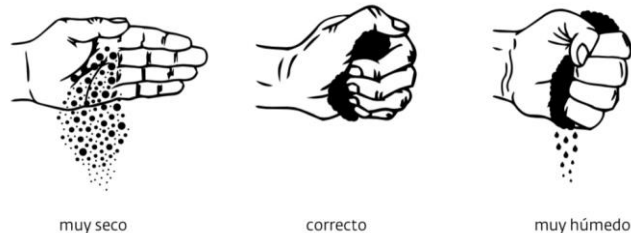


Figura 8. Identificación de condiciones de humedad de abono orgánico por medio de la técnica de puño.

Fuente: SIPAF, 2014

Paso 3: Es bien sabido que la producción de lombrices crece rápidamente en condiciones de buena humedad. Con esas condiciones favorables la demanda de fuentes de MO es alta. Por lo tanto, esta condición en finca “La Chica” obliga el suministro de alimentación cada 7 días aproximadamente, para el efecto se coloca una cama de MO para que las lombrices puedan seguir alimentándose y reproduciéndose. Este procedimiento se repite durante un promedio de 6 meses, que es el tiempo promedio que demora la pileta en llenarse de lombricompost.

Paso 4: El procedimiento para tomar temperaturas fue con un termómetro de mercurio para laboratorio, tomando temperatura en seis puntos diferentes procurando abarcar la pileta completa a tres profundidades distintas, para recopilar la información en general y conseguir un promedio de datos. La figura 9 muestra cómo fueron tomados los datos de temperatura en cada pileta.



Figura 9. Tomas de temperaturas en piletas de producción de lombricompost: (izquierda a derecha) estrato bajo, estrato medio y estrato alto.

El almacenamiento ocurre dentro de las mismas galeras de producción sobre el suelo, para permitir que el exceso de humedad del abono seque y ser almacenado en sacos finalmente.

La figura 10 muestra como es almacenado el producto final húmedo en sacos.



Figura 10. Almacenamiento de lombricompost en sacos para comercialización.

2.2.3 Manejo y uso de microorganismos “Mejoracompost” sobre la producción de lombricompost en finca “La Chica”.

El suministro y aplicación de los microorganismos se realizó de la siguiente forma:

Los microorganismos adquiridos son en formato líquido, éstos se diluyen en dosis de 1.5lt de producto por 8 litros de agua. La mezcla es aplicada con una bomba de mochila de 16 litros sobre las excretas previo a ser recolectadas, una vez suministrado los microorganismos las excretas son recolectadas al final del día, para su posterior fermentación durante 45 días.

La figura 11 evidencia cómo se realiza la aplicación de microorganismos a las excretas en proceso de fermentación.



Figura 11. Fumigación con bomba de mochila de microorganismos a materia orgánica.

Diariamente durante los 45 días son suministrados los microorganismos a la MO por medio de aspersión con bomba de mochila en la misma dosis mencionada anteriormente, durante la aplicación las excretas no son removidas, solamente es aplicado el producto sobre la misma superficie. La figura 12 muestra el resultado final del proceso de fermentación.



Figura 12. Materia orgánica con Mejoracompost añadido fermentado durante 45 días.

Transcurridos los 45 días se procede a aplicar la MO en una pileta vacía para iniciar con el proceso de elaboración de lombricompost descrito en los incisos anteriores.

Los microorganismos aseguran acelerar el proceso de producción de lombricompost a 3 meses como máximo.

Fase 2. Finalizado el proceso de producción de lombricompost éstos deben ser suministrados a un cultivo para establecer si existe alguna diferencia entre el lombricompost convencional y el lombricompost con microorganismos en el desarrollo y crecimiento de las plantas.

2.3 Descripción de tratamientos para diseño experimental en campo.

Debido a la naturaleza de la investigación en donde se buscaba determinar la eficiencia de los microorganismos sobre la producción de lombricompost convencional se trabajó con tratamientos que corresponden a fertilizantes orgánicos Lombricompost +microorganismos, lombricompost sin microorganismos en dosis de 9,072 kg/ha según recomendaciones de “Manual Práctico para Lombricultura” Agrolanzarote,(2011) lo que corresponde a 5 kg por parcela.

Fueron evaluados en combinación con fertilizantes químicos: urea y 15-15-15. En dosis de 428 kg/ha lo que corresponde a 0.21 kg por parcela según recomendación de NutriNews,(2019) El cuadro 5 describe los tratamientos que se utilizaron en el experimento:

Cuadro 5. Descripción de tratamientos para el diseño experimental.

Tratamiento	Descripción de Tratamientos
T1	Lombricompost + mejora compost + 15-15-15
T2	Lombricompost + mejora compost + Urea
T3	Lombricompost + mejora compost -
T4	Lombricompost sin mejora compost + 15-15-15
T5	Lombricompost sin mejora compost + Urea
T6	Lombricompost sin mejora compost
T7 (Testigo absoluto)	-

2.3.1 Descripción del diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar simple.

Se estimaron 4 repeticiones para los 7 tratamientos de lombricompost convencional y mejorado con abonos químicos.

El modelo estadístico del diseño experimental completamente al azar simple se describe a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

En dónde:

Y_{ij} = Variable respuesta de la ij-esima unidad experimental

μ = Efecto de la media general

t_i = Efecto del i-esimo tratamiento

ε_{ij} = Efecto del error experimental asociado a la i-esima unidad experimental

2.3.2 Unidad experimental

El tamaño de cada unidad experimental fue de 5*5m y se trazó parcela neta para evitar el efecto borde de los fertilizantes químicos, las cuales fueron constituidas de la forma en la que se presenta en la figura 13.

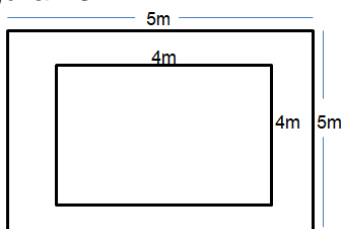


Figura 13. Dimensiones (m) del largo y ancho de la unidad experimental.

2.3.3 Cálculo y estimación de muestra poblacional

El cálculo y estimación de muestreo poblacional se presenta a continuación:

Dimensiones de experimento: 35*20 m

Tamaño de unidad experimental: 5*5 m

Distanciamiento de siembra: 0.75*1m

Cálculo poblacional del experimento: $0.75*1*0.866= 0.6495$.

En 1ha: $10,000m^2/0.6495 = 15,396$ plantas

En 700 metros cuadrados: $700/0.6495 = 1,077.75$ lo que aproxima a: 1,078 plantas.

Población total: 1,078 plantas.

Formula de estimación de muestra con población finita menor a 100,000.

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Dónde:

N: Población

Z: nivel de confianza (95%)

P: Probabilidad a favor

Q: Probabilidad en contra

D: error de la muestra

$$N = \frac{1078 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (1078 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 283 \text{ plantas.}$$

283 plantas /28 unidades experimentales = 10 plantas por unidad experimental.

2.3.4 Aleatorización

La aleatorización de los tratamientos en las unidades experimentales se realizó por el método de la tómbola ubicando los tratamientos en cada parcela correspondiente.

2.3.5 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), para la corroboración de hipótesis, con un nivel de significancia del 0.05.

Para continuar con una prueba múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

2.4 Elaborar un análisis económico para determinar la rentabilidad de los abonos orgánicos lombricompost.

Para finalizar se elaboró un análisis económico para evidenciar la rentabilidad según las variables para determinar qué tan factible pudo ser utilizar estos microorganismos según los resultados y en comparación a los costos del lombricompost convencional.

2.4.1 Desglose de insumos y estimación de costos

Para realizar un adecuado análisis económico se tomó en cuenta la elaboración de una lista de costos detallado para la producción completa del producto, en este caso lombricompost. A continuación, la lista de costos se divide en categorías como costos directos (mano de obra, depreciación, insumos, etc). Y costos indirectos (gastos de administración, imprevistos, pagos de IGSS, etc.)

Estos costos tuvieron estimación de acuerdo con el periodo en tiempo de producción, así cada categoría fue estimada según actividad y tiempo para que los costos aproximados fuesen lo más exacto posible. A partir de estos cálculos se tomó un

modelo para estimación de análisis económico en donde se categorizaron insumos, actividades etc. A partir de esto se utilizó la fórmula de estimación de porcentaje de rentabilidad para llegar finalmente a las ganancias totales por Q1 invertido.

2.5 Variables de respuesta

Las variables de respuesta para la evaluación del proceso de lombricompost con y sin microorganismos son:

- Tiempo de producción final

El tiempo de producción final se estima de acuerdo al desarrollo del proceso de producción, que en promedio son 6 meses para el llenado total de las piletas, por lo tanto, se documenta el proceso y el tiempo.

- Características químicas del abono (análisis de laboratorio)

Finalizando el proceso de producción de lombricompost se toman dos muestras, una del lombricompost que contiene microorganismos y otra del lombricompost sin microorganismos, para ser enviadas posteriormente al laboratorio y ser sometidas a un análisis bromatológico, para determinar saturación de nutrientes de ambas muestras en donde finalmente se hace una comparación basando opinión en parámetros críticos del abono.

Las variables de respuesta para el diseño experimental completo al azar sobre el cultivo *P.purpureum* "Cuba 22" son:

- Peso de forraje fresco (kg)

El pesaje de forraje fresco se realiza el día del corte de macolla, éstas luego de ser cortadas en campo se transportan para posterior pesaje en una romana.

- Longitud foliar (m)

La toma de longitud se realiza con ayuda de una cinta métrica y las mediciones son hechas en campo y posterior al corte en cada macolla.

- Porcentaje de rentabilidad en análisis económico

Para obtener el porcentaje de rentabilidad, se realiza previo un análisis económico en donde se desglosan todos los gastos e insumos utilizados a detalle para la elaboración del producto, éstos se dividen en activos y pasivos para determinar gastos y depreciaciones, para realizar el cálculo final que determina si existen pérdidas o ganancias en el producto final.

2.6 Croquis de Campo

Se contempló un área determinada de 35x20 m en donde se encuentra establecido el cultivo *P. purpureum* “cuba 22” en un terreno con el 2% de pendiente; con una densidad de siembra de 0.75 m entre postura por un metro de calle.

A continuación el diagrama del croquis en cuadro 6:

Cuadro 6. Croquis de campo de la evaluación experimental sobre el cultivo *P. purpureum* “cuba 22”.

35 m							
T3	T1	T2	T7	T6	T4	T5	20 m
T7	T1	T2	T6	T4	T5	T3	
T1	T3	T2	T4	T6	T5	T7	
T2	T1	T7	T3	T6	T5	T4	

El trazo de la zona experimental se realiza con ayuda de estacas de bambú para delimitar las parcelas y se colocan banderolas de nylon de color para identificar los tratamientos.

Los colores designados según el tratamiento fueron los siguientes:

Cuadro 7. Denominación de los tratamientos en diseño experimental por medio de banderolas de colores.

Banderola de color	Tratamiento
Amarillo	T1
Rosa Pálido	T2
Blanco	T3
Verde	T4
Azul	T5
Fucsia	T6
Sin banderola	T7

El trazo y delimitación de la zona experimental se muestra en figura 14:



Figura 14. Trazo y delimitación de zona experimental en campo en cultivo *P. purpureum* cuba 22.

2.7 Dosis y utensilios para estimación de variables

Las fertilizaciones químicas y orgánicas fueron hechas de forma simultánea, en dosis de 5kg por parcela en fertilizantes orgánicos en este caso lombricompost lo que corresponde a 0.5 kg por parcela = 0.74kg por planta (26 onz).

Y para el abono químico dosis de 0.21 kg por parcela lo que corresponde a 0.021 kg (1 onz) por planta.

Los abonos fueron pesados en una romana y las dosis menores en una balanza analítica.

2.8 Análisis de la evaluación

El experimento fue manejado con un análisis de varianza al 5% utilizando el programa ANDEVA de la universidad de Nuevo León, para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos y las interacciones.

Si existen diferencias significativas se emplea una prueba múltiple de medias de Tukey al 5% para determinar qué tratamiento tiene el mejor efecto sobre las variables peso en kilogramos de forraje fresco y crecimiento foliar.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se evidencian los resultados obtenidos en el proceso experimental denominado: **Efecto de microorganismos en la elaboración de lombricompost y evaluación de aplicaciones combinadas con abonos químicos al suelo, sobre el cultivo *P. purpureum* “Cuba 22”. Finca La Chica San Francisco, Zapotitlán, Suchitepéquez.**

Estos resultados tienen la finalidad de confirmar o diferir en las hipótesis generadas anteriormente.

Ya que el experimento fue dividido en dos partes, los resultados serán expuestos bajo el mismo mecanismo.

Resultados de compostaje

Las excretas fueron tratadas al principio en campo, a las que se les aplicó el producto con microorganismos y se dejaron reposar y fermentar un periodo de 45 días. Por el contrario, la materia orgánica sin adición de microorganismos se dejó reposar durante un periodo de 3 meses para su adecuada fermentación y posterior uso con lombrices. La figura 15 muestra el resultado de ambas MO en fermentación la primera con 3 meses y la segunda con 45 días y aplicación de microorganismos.



Figura 15. Excretas en proceso final de fermentación: fermentado convencional de 3 meses (izquierda) fermentación con microorganismos orgánicos por 45 días (Derecha).

Pasado el tiempo de fermentación de las excretas se evidenció las diferencias en textura y color, la materia orgánica sin mejoradores obtuvo un color marrón oscuro y una textura sólida sin exceso de humedad mientras que la materia orgánica con mejorador obtuvo un color verde musgo y una textura viscosa con mayor porcentaje de humedad que la anterior.

Estos resultados se relacionan con lo que dice Tortosa G. (2014) Un estiércol de vaca fermentado adecuadamente debe tener un color marrón oscuro característico.

Afirmando que desde el principio del proceso experimental los microorganismos mejoradores no cumplieron con un proceso de fermentación adecuado; evidenciándolo el color verde musgo presente en figura 15, el cual es un indicador de que la materia orgánica en concreto el estiércol debe continuar en proceso de fermentación, sin embargo, con fines experimentales el estiércol con microorganismos fue aplicado a las piletas de lombricompost a los 45 días de fermentación como lo indica EMAGRO la casa comercial que distribuye los microorganismos.

Según Olivares C. (2012) el estiércol de ganado vacuno no tratado constituye un importante reservorio de contaminantes, al situarse entre las principales fuentes de contaminación de mantos freáticos y del suelo. El mal manejo inicia con no fermentar adecuadamente el estiércol permitiendo que sobrevivan bacterias y microorganismos potencialmente dañinos para el suelo y los cultivos.

Según López M. (2019): La fermentación previa de la materia orgánica al compostaje también contribuye a que el proceso de alimentación de las lombrices sea más rápido permitiendo ser más digerible para las mismas y propiciar un ambiente adecuado para su desarrollo.

A continuación, en figura 16 se evidencia el inicio de la producción de lombricompost en ambas piletas experimentales:



Figura 16. Inicio de proceso de elaboración de lombricompost (izquierda) Pileta 1 sin microorganismos, (derecha) pileta 2 con microorganismos.

Transcurrida una semana desde que el proceso inició las piletas se veían tal y como lo muestra la figura 17.



Figura 17. Evolución de degradación de material orgánico una semana después del inicio de producción de lombricompost. Pileta 1 (izquierda), Pileta 2 (derecha).

En donde se puede evidenciar que la pileta 1 se encontraba en mejor condición en comparación a la pileta 2 donde se evidencia que el proceso de descomposición transcurría mucho más lento que en la pileta 1.

Después de la observación de estas características físicas se procedió al inicio de la toma de temperatura, (figura 9).

Los resultados de las tomas de temperatura fueron tabulados (anexo 1 y 2) con la finalidad de determinar diferencias entre las piletas los resultados en promedio según estratos y momentos fueron:

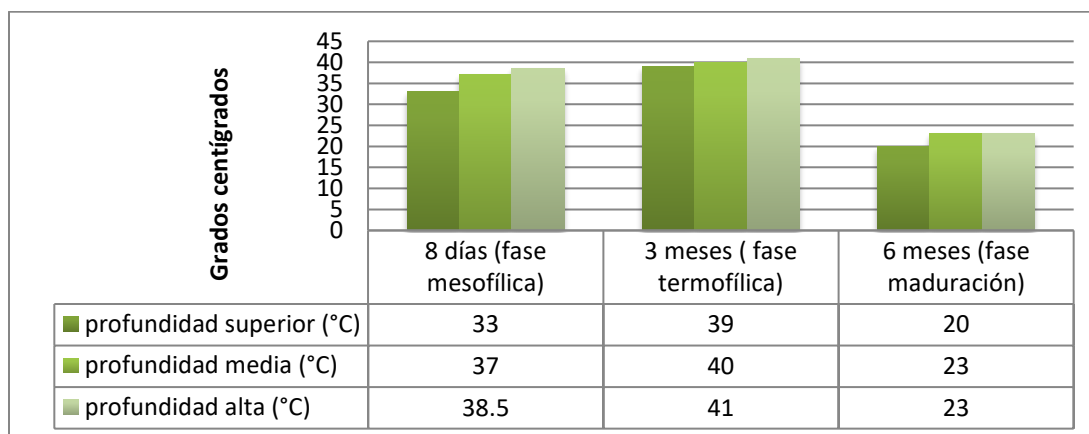


Figura 18. Datos de temperatura en grados centígrados (°C) tomados en momentos críticos del proceso de elaboración de lombricompost convencional.

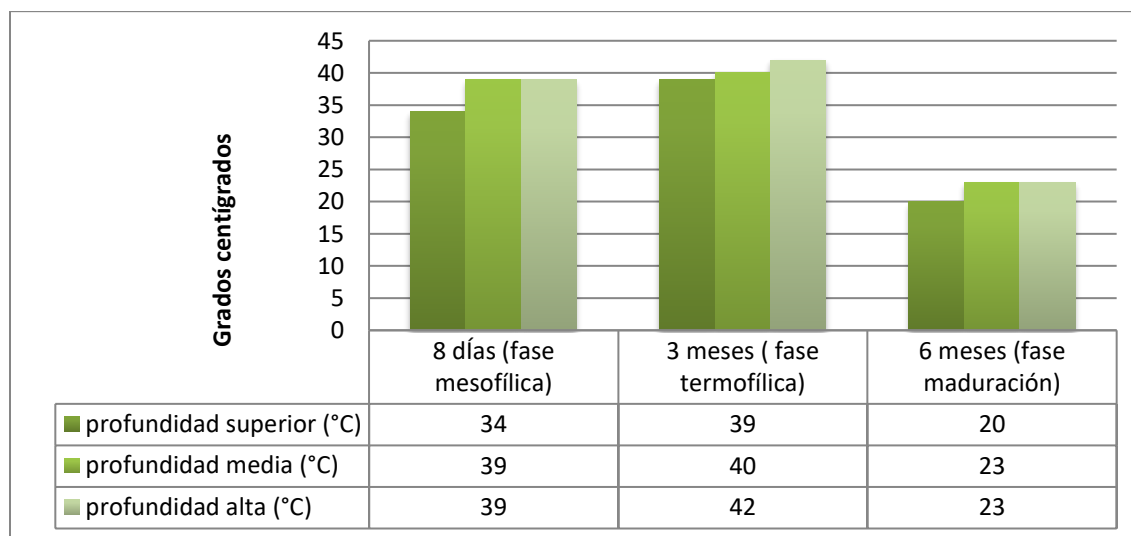


Figura 19. Rangos de temperatura en grados centígrados (°C) tomadas en momentos críticos durante la elaboración de lombricompost con microorganismos.

Según Gabriel, P. (2012) La temperatura es uno de los factores importantes que gobiernan la velocidad de las reacciones bioquímicas en el compostaje.

Los promedios de temperatura final en ambas piletas experimentales indican un buen manejo en la elaboración y producción de lombricompost, las temperaturas mínimas fueron de 20 grados centígrados y las temperaturas máximas de 40-42 grados centígrados obteniendo los valores aceptados en las distintas fases de temperatura del proceso de producción de lombricompost.

Las temperaturas fueron constantes en cada pileta con una ligera variación con la pileta 2 que corresponde a la que contiene los microorganismos, esto se atribuye a que la pileta 1 tuvo una reducción posible en la actividad microbiana, debido a que el desarrollo de la fase termofílica (mes 3) que es la fase en la que se espera una actividad metabólica microbiana más activa y consecuentemente mayores temperaturas, solamente llegó al mínimo (40°C). La pileta 2 contiene microorganismos que potencian estas actividades por lo tanto se esperaba que las temperaturas fueran mayores.

Sin embargo, las diferencias no fueron notorias respecto a temperatura entre una pileta y otra tomando en cuenta lo anterior. Este efecto diferente según los datos reportados por el laboratorio luego de analizar las muestras de compostaje, reportó que la conductividad eléctrica fue de 14.45-22.65 mS/cm lo cual se explica por la cantidad de sodio presente en las muestras pero sobre todo en la muestra de pileta 2 con 825 ppm, lo que produjo un ambiente desfavorable para el desarrollo, alimentación y reproducción de las lombrices ya que según Luna G. (2020): Las lombrices rojas tiene una deficiente capacidad para regular las sales en su organismo, razón por la que no pueden vivir en ambientes salinos, pues las mataría, de la misma forma los sustratos a emplear deben contener no más de 8 dSm⁻¹ de conductividad eléctrica, pues generaría la muerte en ellas.

Posterior a la toma de temperatura se documentó el avance 15 días después de haber iniciado el proceso de producción en donde la figura 20 evidencia las condiciones de cada pileta.



Figura 20. Evolución de degradación de material orgánico 15 días después del inicio de producción de lombricompost. Pileta 1 (izquierda), Pileta 2 (derecha).

En este punto del proceso, normalmente se proporciona “comida” (materia orgánica fermentada) a las lombrices una vez por semana. Sin embargo, las primeras diferencias notables entre una pileta y otra ha sido el tiempo para suministro de “comida” ya que al cabo de 8 días desde el inicio del proceso de producción de lombricompost se proporcionó la primera comida a la pileta 1, es decir que la pileta 1, ha tenido dos raciones (capa de aprox. 0.10 m de material orgánico fermentado) de alimento en los primeros 15 días. Por el contrario, la figura 20 muestra el proceso de descomposición de la pileta dos, 15 días después de suministrar la primera capa de alimento sin haber podido suministrar una segunda debido a la lentitud del proceso de descomposición del abono, lo que sugiere que la saturación de sodio en la MO provoca que sea más difícil para las lombrices descomponerla.

Transcurridos tres meses desde que se inició el proceso de producción de abono, se realizó una nueva evaluación del estado físico del mismo en las dos piletas, para evaluar el desempeño de ambas; ya que según la casa comercial que distribuye los microorganismos el tiempo máximo para la finalización de la producción de lombricompost con microorganismos añadidos es de tres meses.

La figura 21 muestra el estado físico de ambas piletas transcurridos los primeros tres meses.



Figura 21. Degradación de MO 3 meses después del inicio de producción de lombricompost. Pileta 1 (izquierda), Pileta 2 (derecha).

Es importante mencionar que las imágenes anteriores fueron tomadas el día en que era suministrada “comida” a cada pileta. Hasta este punto de la producción la pileta dos llevaba 12 días de retraso en comparación al suministro de comida a la pileta uno, es decir cuando se le suministró una vez alimento a la pileta dos, a la pileta uno se le había suministrado ya 2 veces, por esta razón en las imágenes se ve más llena la pileta uno que la dos, ya que la descomposición de la materia orgánica ha sido más lenta en la pileta dos y ninguna de las dos habían finalizado producción.

La siguiente evaluación fue realizada al finalizar el cuarto mes desde el inicio de producción, evidenciando el estado del abono en la figura 22:



Figura 22. Degradación de material orgánico 4 meses después del inicio de producción de lombricompost. Pileta 1 (izquierda), Pileta 2 (derecha).

Como se ha evidenciado en las imágenes anteriores la producción de abono en la piletta que contiene microorganismos (pileta dos) ha sido mucho más lenta que en la piletta que no contiene microorganismos (pileta uno), por lo tanto, se confirma que el desempeño de las lombrices se ve afectado, esto debido a la excesiva saturación de sodio presente en el análisis bromatológico realizado a cada compost (ver figura 24).

La última toma de datos fue realizada a 6 meses exactos desde el inicio del proceso experimental. Para la fecha del 11 de julio la piletta uno se encontraba completamente llena y lista para ser desocupada para su almacenamiento y posterior empaque. En la figura 23 se evidencia las condiciones de ambas piletas.



Figura 23. Finalización de producción de lombricompost transcurridos 6 meses desde el inicio. Pileta 1 (Izquierda), Pileta 2 (derecha).

Finalizando el proceso de producción de la piletta uno, se decidió cortar con el proceso de la piletta dos ya que 6 meses fue el tiempo máximo destinado para la producción del abono. Para esta fecha la piletta uno con la piletta dos llevaba 2 ciclos de “comida” de diferencia, es decir, 20 días aproximadamente. Esto significa que la piletta dos tardó el doble de tiempo que la piletta uno en descomponer la materia orgánica por lo que se puede afirmar que la habilidad de las lombrices para descomponer la materia orgánica en la piletta donde se encontraban los microorganismos fue mucho menor; el efecto es atribuido al poco tiempo de fermentación que tuvo la MO destinada a la piletta dos ya que solo tuvo 45 días para fermentación en comparación con los 3 meses que se le da tradicionalmente.

Como último paso en la primera fase experimental se realizó un análisis bromatológico tomando muestras de ambos abonos en el laboratorio de suelos de la FAUSAC.

ANÁLISIS QUÍMICO

IDENT	pH	mS / cm C.E.	%					ppm					%		
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	C.O	NT	C : N	
Lombricompost	6.7	14.45	0.45	0.60	1.19	0.29	30	200	2,550	230	350	17.37	1.91	9.1 : 1	
Lombricompost+mejora	7.7	22.65	0.48	1.56	1.19	0.35	35	165	2,000	200	825	16.60	1.82	9.1 : 1	



Figura 24. Análisis bromatológico de laboratorio de muestras de lombricompost convencional y con microorganismos.

Fuente: FAUSAC, 2021.

Para iniciar un análisis adecuado de la composición química de cada abono es necesario contar con un antecedente que permita pautar los niveles críticos considerados adecuados según la MO que utilizamos y las necesidades nutricionales del cultivo, por lo tanto, según Oliva. (2017): los valores considerados adecuados en humus de lombriz a partir de estiércol de vaca y rastrojo de maíz son los siguientes:

Cuadro 8. Niveles Críticos de nutrientes considerados adecuados a partir de estiércol de vaca y rastrojo de maíz.

pH	7.2	
Conductividad eléctrica	5	mS/cm
Relación C/N	16	%
Nitrógeno	0.59	
Fósforo	0.42	
Potasio	0.55	
Magnesio	0.33	
Calcio	0.7	
Materia orgánica	17	
Hierro	6389	ppm
Manganeso	294	
Zinc	98.2	
Cobre	22.4	

Fuente: Oliva, 2017.

Con los datos anteriores debe ser tomado en cuenta los elementos necesarios para el buen desarrollo del cultivo al que se aplicará el abono, por lo tanto y según *Cabalceña, (1999)*: Los elementos que limitan más la productividad de los pastos, por presentar deficiencias más acentuadas, son el nitrógeno y el fósforo. Otros elementos que pueden también limitar la producción de pastos son el potasio, boro y zinc.

Por lo que es importante la presencia de estos elementos al momento de la selección de abonos para la aplicación.

La acidez del abono es permitida moderadamente alta, sin embargo, si esta condición mejora es probable que aumente la producción del cultivo.

Partiendo de la información anterior se puede determinar que el pH en ambos abonos se encuentra bajo los rangos aceptables, 7.7 del abono mejorado aunque se encuentra ligeramente alcalino puede deberse al contenido de Na ya que se encuentra en concentración elevada tanto en este abono como en el abono sin mejorador. Esto se atribuye a la cantidad de sal mineral que se le proporciona al ganado en la finca, siendo: 0.9 – 1.3 kg (900-1300 gr.), mencionando que lo recomendable en adición de sales minerales para ganado vacuno según *Embrapa (2017)*: es de 0.08-0.10 kg (80-100 gr) lo que explica también el incremento de sales presentes en solución con un valor mucho mayor en la conductividad eléctrica; cabe destacar que la CE elevada es un indicador de un abono inorgánico y puede llegar a ser perjudicial en el desarrollo de los cultivos.

También es importante mencionar que según *Luna G. (2020)*: Los parámetros aceptables para que la lombriz californiana tenga buenas condiciones de desarrollo en conductividad eléctrica es de no más de 8 dSm⁻¹ de conductividad, pues el incremento genera la muerte de las mismas; tomando en cuenta que la CE en ambos abonos son mayores a 8 esto explica por qué las lombrices trabajan tan lento en la producción del abono.

Continuando con la saturación de bases, ambos abonos contienen los valores en cantidad similar exceptuando el potasio (K) que se encuentra en mayor concentración en el abono con microorganismos. Si se compara con los valores considerados adecuados descritos en el cuadro 9 la variante en las saturaciones de bases es el calcio con más del doble de cantidad en ambos abonos de lo que se considera adecuado, para finalizar el análisis se puede determinar que la relación C/N aunque coincide en ambos abonos, ambos se encuentran bajos ya que para que una enmienda pueda considerarse fértil debe tener un mínimo de 10:1 y según el cuadro 8 la relación C/N adecuada debe ser 16, por lo tanto los parámetros bromatológicos de las enmiendas evaluadas no indican una saturación adecuada de nutrientes.

Según *Tortosa (2019)*: El uso de aditivos en la dieta o de fármacos suministrados a los animales hace que se acumulen determinados compuestos indeseables en el estiércol que limitan su aplicación como abono. Un ejemplo es el cobre, un metal pesado muy contaminante, el cual ya se ha demostrado que es la principal vía de contaminación en suelos agrícolas fertilizados con estiércol. *Xiong y col (2010)*: Otro factor que cada vez tiene más importancia es el contenido de contaminantes emergentes, como los antibióticos y sus derivados, que se detectan en mayor cantidad en los estiércoles procedentes de explotaciones intensivas. Algunos investigadores están dando la voz de alarma al detectarse los primeros indicios de que la aplicación de estiércol induce la resistencia a los antibióticos del microbiota autóctono del suelo.

Por lo tanto, se puede atribuir la elevada concentración de Na en las muestras al elevado consumo de sal mineral por el ganado bovino que provee la MO para la elaboración de lombricompost en la finca.

Finalmente se afirma que el rendimiento en la producción de lombricompost con microorganismos no fue el esperado ya que no se sintetizó en los 3 meses en expectativa, e incluso transcurridos los 6 meses la pileta no se llenó por completo. Esto es atribuido al exceso de Na presente en las muestras del análisis bromatológico, así

también cómo el poco tiempo de fermentación de la MO aplicada a la piqueta con microorganismos. En cuanto al resto de nutrientes presentes en el análisis bromatológico, se encuentran bajo parámetros aceptables.

Evaluación del efecto de los tratamientos sobre el cultivo *P. purpureum* “cuba 22” determinando rendimiento en biomasa (kg) y longitud foliar (m).

Para la segunda fase experimental se inició con el proceso de fertilización de parcelas en base a los tratamientos sobre los rebrotes del cultivo a los 10 días desde el último corte.

Transcurridos 22 días desde el último corte se documentó el crecimiento hasta ese momento, el desarrollo y crecimiento del cultivo evidenciaron buena densidad y color como puede observarse en figura 25.



Figura 25. Macollas *P. purpureum* “Cuba 22” con 22 días de rebrote en zona experimental.

55 días después al último corte se llevó a cabo el siguiente corte de la plantación experimental, en donde las variables a medir fueron peso en kg de forraje fresco y longitud foliar. La figura 26 muestra el crecimiento del cultivo el día del corte.



Figura 26. Crecimiento de macollas de cultivo *P. purpureum* “Cuba 22” con 55 días de crecimiento.

Posterior al corte del cultivo se tomaron los datos para la medición de las variables (anexos 6, 7 y 8). Al finalizar el trabajo de campo, se obtuvieron los resultados de la zona experimental por tratamiento y repetición (anexos 9,10,11 y 12). A continuación los promedios según variables de respuesta:

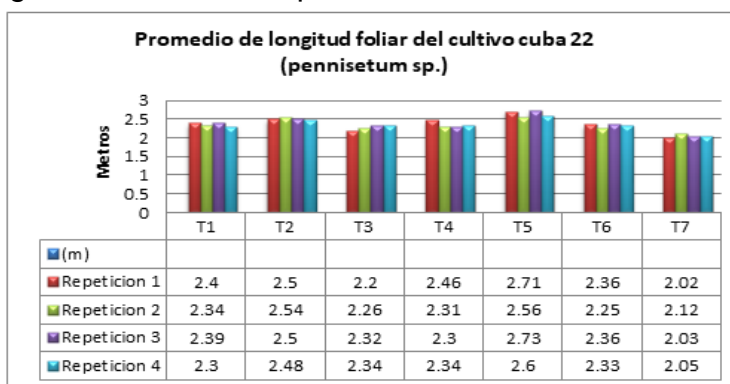


Figura 27. Promedios con 4 repeticiones experimentales de longitud foliar (m) por macolla en cultivo *P. purpureum* “cuba 22”.

Según Pezo, (2018): Es conocido que en la mayor parte de los suelos tropicales el nitrógeno (N), el potasio (K) y el fósforo (P) son los nutrientes con mayor demanda por las pasturas y, obviamente, esta demanda es mayor a medida que se incrementa la intensificación del sistema.

Además, en términos cuantitativos, el N regularmente se presentará como deficitario, no sólo porque las demandas de este nutriente son mayores, sino porque además se suelen presentar pérdidas por volatilización y lixiviación en el proceso de mineralización y transferencia a la planta. La necesidad de nitrógeno es mucho mayor cuando se

trabaja con pastos de alto rendimiento como las guineas (*Panicum maximum*) Mombasa o Tanzania y el pasto elefante o gigante (*Pennisetum purpureum*), y que además con frecuencia se manejan en sistemas de corte y acarreo (Salas Camacho 2017).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis de Varianza

Longitud

Cuadro 9. Análisis de varianza de la variable longitud

F.v.	Sc	Gl	Cm	F	P-valor
Trat	0.82	6	0.14	40.33	<0.0001
Error	0.07	21	0.0034		
Total	0.89	27			

C.v.=2.47%

En este caso existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados, tomando en cuenta que p-valor es menor de 0.01, lo cual indica que al menos uno de los tratamientos evaluados produce un efecto distinto en la variable longitud.

Al observar los promedios del experimento en relación a la variable longitud foliar se puede observar que el tratamiento que presenta mayor longitud es el T5 (lombricompost + urea), con promedios desde 2.56-2.73 m; siendo la urea en combinación con el lombricompost convencional el abono que evidencia tener mejores efectos sobre la variable de respuesta longitud foliar confirmando lo que dice *Pezo, (2018)* y para su efecto, que el tratamiento 5 sea el que produce un efecto distinto sobre la misma.

El coeficiente de variación (c.v.) Indica un adecuado manejo del experimento, tomando en cuenta que el valor obtenido (2.47%) es menor que el límite aceptable que es de

20%. Debido a que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados para la variable longitud, se realizó una prueba de medias de tukey al 5%, para determinar el mejor tratamiento.

Cuadro 10. Prueba de medias de tukey (5%) de la variable longitud

Trat	Medias	Significancia			
T5	2.65	A			
T2	2.51		B		
T1	2.36			C	
T4	2.35			C	
T6	2.33			C	
T3	2.28			C	
T7	2.06				D

Comparador (w)=0.13408

De acuerdo a la prueba de medias de tukey al 5% de significancia, se determinó que el tratamiento 5 que corresponde a la aplicación de lombricompost + urea, produjo en promedio, la mayor longitud, con un valor promedio de 2.65 metros; continuando como mejor tratamiento el T2 (lombricompost y Mejoracompost + urea) con un valor promedio de 2.51m ambos tratamientos con urea como abono químico en común, lo que evidencia que de los abonos químicos fue el que obtuvo mejores resultados sobre la variable de respuesta.

El tratamiento 1,4,6 y 3 evidencian no tener diferencias significativas entre ellos; sin embargo, si los analizamos con detalle podemos ver que el T1 y T4 tienen en común el abono químico 15-15-15 y el T3 y T6 corresponden a los abonos orgánicos sin adición de abonos químicos por lo que se afirma que el abono químico 15-15-15 no tuvo diferencias significativas en combinación con los abonos orgánicos bajo las condiciones experimentales sobre la variable de respuesta longitud foliar.

Finalmente el testigo absoluto (t7), sin aplicación de fertilizante, produjo las menores longitudes, con un valor promedio de 2.06 metros.

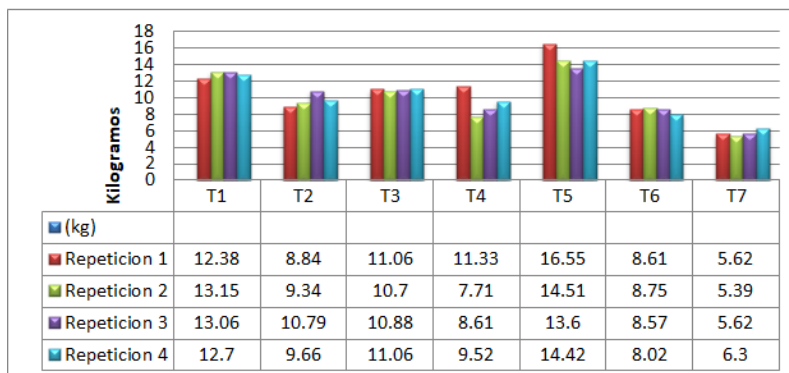


Figura 28. Promedios con 4 repeticiones experimentales de peso en fresco (kg) por macolla en cultivo *P. purpureum* “Cuba 22”.

A partir del promedio de repeticiones se puede afirmar que nuevamente el T5 (Lombricompost+urea) fue el mejor tratamiento sobre la variable de respuesta Kg/macolla. Sin embargo, es importante tomar en cuenta lo que arrojó el análisis estadístico que se presenta a continuación:

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Peso

Cuadro 11. Análisis de varianza de la variable peso

f.v.	Sc	Gl	Cm	F	P-valor
Trat	209.14	6	34.86	48.19	<0.0001
Error	15.19	21	0.72		
Total	224.33	27			

C.v.= 8.30%

De acuerdo al análisis de varianza de la variable peso, existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados, tomando en cuenta que p-valor es menor de 0.01, lo cual indica que al menos uno de los tratamientos evaluados produce un efecto distinto en la variable peso.

El coeficiente de variación (c.v.) indica un adecuado manejo del experimento, tomando en cuenta que el valor obtenido (8.30%) es menor que el límite aceptable que es de 20%

Debido a que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados para la variable peso, se realizó una prueba de medias de tukey al 5%, para determinar el mejor tratamiento.

Cuadro 12. Prueba de medias de tukey (5%) de la variable peso

Trat.	Medias	Significancia				
T5	14.77	A				
T1	12.82	A	B			
T3	10.93		B	C		
T2	9.66			C	D	
T4	9.29			C	D	
T6	8.49				D	
T7	5.73					E

Comparador (w)= 1.95497

De acuerdo a la prueba de medias de tukey al 5% de significancia, se determinó que el tratamiento 5 (lombricompost + urea) y el tratamiento 1 (lombricompost y mejora compost + 15-15-15), produjeron en promedio, el mejor rendimiento, con un valor promedio de 14.77 kg y 12.62 kg, respectivamente.

En relación a los abonos químicos se puede determinar que la urea, ha tenido mejores rendimientos que el 15-15-15 sobre las variables de respuesta, esto se explica ya que las necesidades del cultivo *P. purpureum* requieren de un alto contenido de nitrógeno, tomando en cuenta que los abonos orgánicos mantuvieron niveles similares de nutrientes (figura 24) teniendo también en común niveles bajos de nitrógeno es la razón por la que la combinación más efectiva con los abonos orgánicos para el cultivo *P. purpureum* “cuba 22” fue la urea.

El T3 (lombricompost + mejoracompost), continua como el tercer mejor rendimiento con un promedio de 10.93 kg.

Los tratamientos T2 (lombricompost y mejora compost + urea) y T4 (lombricompost + 15-15-15), produjeron estadísticamente el mismo peso, con valores que oscilaron entre 8.49 kg a 9.66 kg. El testigo absoluto (T7) produjo los menores pesos, siendo estadísticamente diferente al resto de los tratamientos evaluados.

Finalmente se afirma que se acepta la hipótesis alternativa que indica que al menos un tratamiento en estudio tendrá rendimiento diferente de los otros. Se observa que los abonos orgánicos no desempeñaron el rendimiento esperado por lo que se sugiere establecer análisis previos sobre la materia orgánica para definir la concentración de nutrientes y elementos que beneficien o disminuyan el porcentaje de efectividad en la producción y desarrollo del abono.

Los abonos químicos presentaron una reacción positiva en conjunto con los abonos orgánicos, evidenciándose en que destacaban con los mejores tratamientos.

Por lo tanto, el efecto de los microorganismos (Mejoracompost) sobre la producción de lombricompost no tuvo un efecto positivo ya que no cumplió con las expectativas en eficacia y rendimiento en la aplicación sobre un cultivo en específico.

ANÁLISIS FINANCIERO

2.1 Lombricompost + microorganismos

Análisis y cálculo de costos:

El cálculo de los costos se realizó con base al tiempo y duración de las actividades en el proceso de elaboración y producción de lombricompost, el cual tiene una duración de 9 meses, el uso de herramientas e instalaciones se estimó a través de depreciaciones por cada ciclo de producción.

Ejemplo de un rubro: en el área de costos directos/ mano de obra/ inciso “b” se encuentra el llenado de piletas con material orgánico (cuadro 13), éste se calculó de acuerdo a que la labor de llenado de pileta o suministro de “comida” se realiza cada semana, es decir, 4 veces al mes * 6 que es el número de meses que tarda la pileta en llenarse por completo de abono.

$4*6= 24$ veces, de esas 24 veces en las que se llena 1 pileta de MO durante los 6 meses, se estima que el encargado de galera de compost se tarda en promedio media hora para llenar la pileta de MO por lo tanto se realiza la multiplicación: $0.5 \text{ hrs} * 24 = 12$ hrs. lo que en total da 12 horas de esa actividad por ciclo de producción de abono por pileta.

Posterior a ello se realizó el cálculo del índice de rentabilidad del producto final obteniendo los siguientes resultados para la elaboración de lombricompost con Mejoracompost.

Cuadro 13. Análisis de rentabilidad sobre costos del proceso de elaboración de lombricompost con microorganismos.

CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
COSTO DIRECTO				4,231.31
1. MANO DE OBRA 1/				787.50
a) Preparación y recolección de material orgánico	Jornal/hora	45.00	7.50	337.50
b) Llenado de piletas con material orgánico y lombriz	Jornal/hora	12.00	7.50	90.00
c) Riego de piletas	Jornal/hora	12.00	7.50	90.00
d) Aplicación de microorganismos	Jornal/hora	12.00	7.50	90.00
e) supervisión de piletas	Jornal/hora	12.00	7.50	90.00
f) Recolección de abono final y empaque	Jornal/hora	12.00	7.50	90.00
3. DEPRECIACIÓN DE INSTALACIONES 2/				132.81
a) Galera y piletas	año	1.00		132.81
4. INSUMOS				3,264.00
a) Materia Orgánica fermentada (excretas vacunos)	cuartal	48.00	3.00	144.00
b) Lombriz californiana (esencia foetida)	saco	1.00	300.00	300.00
c) Microorganismos Orgánicos	Galón	4.00	600.00	2,400.00
d) Riego	Galón	1,680.00	0.25	420.00
5. DEPRECIACIÓN INSTRUMENTOS AGRICOLAS				47.00
a) Carreta de metal	unidad	1.00		30.00
a) Bombas de mochila	unidad	1.00		15.00
a) Jardinera	Unidad	1.00		2.00
II. COSTO INDIRECTO				Q247.87
1. Administración (5 % s/C.D.)				208.56
4. Impuestos (1 % s/C.D.)				41.31
III. COSTO TOTAL				Q4,479.18
(Para una producción de 150 sacos)				
IV. COSTO UNITARIO				Q29.86
PRECIO DE VENTA ESTIMADO				Q60.00

1/ Pago por jornal Q60 por día

2/ Se estima la depreciación de instalaciones con 20 años de vida útil

$$R = \frac{IN}{CT} \times 100$$

Dónde:

R = Rentabilidad

IN = Ingreso Neto

CT= Cotos total

Ingreso neto = 150*60= 9000

Costos totales= 4479.18

$$R = 9000 / 4479.18 = 2 * 100 = 200\%$$

De acuerdo al cálculo en el índice de rentabilidad por cada quetzal invertido se ganan Q2 por lo tanto se obtiene una ganancia del 200% utilizando los microorganismos "MejoraCompost".

2.2 Lombricompost convencional

Cuadro 14. Análisis de rentabilidad sobre costos del proceso de elaboración de lombricompost convencional.

CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
I. COSTO DIRECTO				1,831.31
1. MANO DE OBRA 1/				787.50
a) Preparación y recolección de material orgánico	Jornal/hora	45.00	7.50	337.50
b) Llenado de piletas con material organico y lombriz	Jornal/hora	12.00	7.50	90.00
c) Riego de piletas	Jornal/hora	12.00	7.50	90.00
d) Aplicación de microorganismos	Jornal/hora	12.00	7.50	90.00
e) supervision de piletas	Jornal/hora	12.00	7.50	90.00
f) Recoleccion de abono final y empaque	Jornal/hora	12.00	7.50	90.00
3. DEPRECIACIÓN DE INSTALACIONES 2/				132.81
a) Galera y piletas	año	1.00		132.81
4. INSUMOS				864.00
a) Materia Orgánica fermentada (excretas vacunos)	quintal	48.00	3.00	144.00
b) Lombriz californiana (eisenia foetida)	saco	1.00	300.00	300.00
d) Riego	Galón	1,680.00	0.25	420.00
5. DEPRECIACIÓN INSTRUMENTOS AGRÍCOLAS				47.00
a) Carreta de metal	unidad	1.00		30.00
a) Bomba de mochila	unidad	1.00		15.00
a) Jardinera	Unidad	1.00		2.00
II. COSTO INDIRECTO				Q109.87
1. Administración (5 % s/C.D.)				91.56
4. Imprevistos (1 % s/C.D.)				18.31
III. COSTO TOTAL				Q1,941.18
(Para una producción de 150 sacos)				
IV. COSTO UNITARIO				Q12.94
PRECIO DE VENTA ESTIMADO	/ saco			Q60.00
1/ Pago por jornal Q60 por día				
2/ Se estima la depreciacion de instalaciones con 20 años de vida útil				

Ingreso neto= 150*60= Q9000

Costos totales = Q1941.18

$R = 9000 / 1941.18 = 4.63 * 100 = 463\%$

Después de realizar el cálculo y estimación de costos en relación al ciclo de producción de Lombricompost tanto mejorado como convencional se pudo determinar que ambos abonos producen una excelente ganancia en relación a lo invertido, siendo el lombricompost convencional el mejor, con una ganancia de Q4.63 por cada Q1 invertido lo que corresponde a un 463%, si se compara con las ganancias del lombricompost mejorado se determina que hay una diferencia de más del doble de las ganancias que

se pueden esperar al momento de comercializar el lombricompost convencional sobre el mejorado.

Es importante mencionar que no se perciben pérdidas monetarias en ninguno de los dos casos sin embargo esto se debe a que la finca produce la materia orgánica para la elaboración del abono y cuenta con suficiente cantidad de lombriz para mantener la población por lo tanto los gastos mayores consisten en la mano de obra.

VII. CONCLUSIONES

1. Las temperaturas para el buen manejo durante la producción de lombricompost con y sin microorganismos deben ser durante la primera semana, 20- 40°C, pasados los primeros tres meses las temperaturas puede variar de 40-70°C y finalizando la producción en el sexto mes, las temperaturas deben mantenerse de 18-22°C.
2. La producción de lombricompost convencional y con microorganismos se vio afectada por el contenido de sodio (Na) con niveles en muestra de 350-825 ppm incrementando los rangos de C.E según el análisis bromatológico.
3. La mejor producción en kg/macolla de los tratamientos fue de 14.77 kg de peso en fresco por macolla que se traduce a 227,399 kg/ha con el T5 (Lombricompost + urea) siguiéndole el T1 (lombricompost+mejoracompost + 15-15-15) con una producción de 12.82 kg de peso fresco por macolla que se traduce a 197,377 kg/ha.
4. El mejor rendimiento promedio se logró con lombricompost + urea (T5) con producción de 227,399 kg/ha.
5. Los tratamientos con abono orgánico solamente T3 (lombricompost y microorganismos) y T6 (lombricompost) tuvieron una producción de 10.93 (168,278 kg/ha) y 8.49 (130,712 kg/ha) kg por macolla y longitud promedio de 2.28 y 2.33m por macolla.

6. Los tratamientos en mezcla con abono nitrogenado T2 (lombricompost y microorganismos + urea) y T5 (lombricompost + urea) tuvieron un rendimiento promedio de longitud por macolla de 2.51, 2.65m y 9.66, 14.77 kg de peso fresco por macolla, siendo un efecto positivo de este abono químico sobre los tratamientos.

7. El análisis económico y de rentabilidad indicó que en ninguno de los dos casos de producción de lombricompost existen pérdidas económicas.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Es importante llevar un registro de temperaturas durante la elaboración de lombricompost, ya que estos registros, con temperaturas adecuadas favorecen establecer un buen manejo en el proceso de elaboración del abono y mantener fuera patógenos dañinos para los cultivos y el suelo.
2. No utilizar como fuente principal de MO para la elaboración de lombricompost desechos animales o excretas, debido a que se concentran cantidades peligrosas de sales minerales que afectan el desarrollo de las lombrices durante el proceso de producción.
3. Aplicar abonos químicos nitrogenados (urea) en conjunto con abonos orgánicos en dosis sugerida de 428 kg/ha, ya que se comprobó efectividad de rendimiento en producción en cultivos del género *pennisetum* desde el punto de vista técnico y se sugiere que se haga un estudio de rentabilidad previo.
4. Realizar fertilizaciones periódicas con la mezcla de abonos previamente mencionada después de cada corte del cultivo *P. purpureum* “cuba 22” para garantizar un buen rendimiento y calidad en producción; valorando previamente la tasa de interés de retorno sobre la inversión.

5. Debido a que entre el abono orgánico convencional y el abono orgánico con microorganismos no hubo diferencias significativas en rendimiento de producción, conviene no utilizar estos microorganismos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrolanzarote. (2011). *Manual Práctico para la lombricultura*. Recuperado el 03 de 2020.

<http://ohfgljdgelakfkefopgklcohadegdpjf/http://www.agrolanzarote.com/sites/default/files/Agrolanzarote/01Actualidad/documentos/manual-lombricultura.pdf>

Beltrán, M. Álvarez, G. Pinos, JM. García, JC. Castro, R. (2017) *Abonos obtenidos del compostado de heces de ganado bovino de leche vs. fertilizante en la producción de triticale (X Triticum secale Wittmack)*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo Mendoza, Argentina*. 49. (1), 95-104. De: <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382852189008.pdf>

Bernal, J. (2003). *Manual de Nutrición y fertilización de pastos*. Recuperado el 02 de 2019.

file:///C:/Users/ANDREA%20MONTERROSA/Downloads/MANUAL_DE_NUTRICION_Y_FERTILIZACION_DE_P.pdf

Borrero, C. A. (2017). *Abonos Orgánicos*. [Artículo técnico] Recuperado el 02 de 2019. De http://www.infoagro.com/documentos/abonos_organicos.asp

Cabalчета, G. (1999). *Fertilizacion y nutricion de forrajes de atura* . Recuperado el 03 de 2021. De http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_239.pdf

Cabrera, O. C. (2016). *Manual de Producción de Forraje Pennisetum sp Cuba om-22*. Recuperado el 03 de 2020. De chrome-extension://ohfgljdgelakfkefopgkclcohadegdpjf/https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/3592/1/manual_produccion_forraje.pdf

Díaz E. (2002). *Lombricultura una alternativa de producción*. [Manual técnico]. ADEX. Recuperado el 10 de 2019, de file:///C:/Users/ANDREA%20MONTERROSA/Desktop/EPS/Guía%20de%20lombricultura.pdf

EMAGRO. (2018). *Mejora compost*. [Ficha técnica]. EMAGRO, Biotecnología para el desarrollo. Recuperado el 08 de 2019, de <https://emagrogt.com/mejoracompost/>.

Embrapa. (2017). *Sal Mineral debe ser dado a los bovinos todo el año*. [Blog informativo] Recuperado el 09 de 2021. De: <https://www.purotrato.com.br/es/noticia/7/Sal-Mineral-debe-ser-dado-a-los-bovinos-todo-el-a%C3%B1o>

Franco, M. R. (2008). *Pastos de corte para el Trópico*. [Artículo técnico] Recuperado el 03 de 2020. De Ganadería Engormix: [https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/pastos-corte-tropico-t27580.htm#:~:text=PASTO%20CUBA%2022&text=Su%20nombre%20original%20es%20el,King%20grass%20\(Pennisetum%20sp\)](https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/pastos-corte-tropico-t27580.htm#:~:text=PASTO%20CUBA%2022&text=Su%20nombre%20original%20es%20el,King%20grass%20(Pennisetum%20sp)).

Frutícola, P. (2019). *Cómo usar la tabla de color Munsell en la descripción y clasificación de los suelos*. [Artículo técnico] Recuperado el 03 de 2021, de

<https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/02/27/como-usar-la-tabla-de-color-munsell-en-la-descripcion-y-clasificacion-de-los-suelos/>

Gabriel, P. Loza-Murguía, M. Mamani, F. Y Sainz, H. (2011) *Efecto de la Lombriz Roja Californiana (Eisenia foetida) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental. Revista de Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. J. Selva Andina. 2. (2), 24-39. De: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942011000200004&script=sci_abstract*

Ganadería Sostenible. (2016). *Cuba, el pasto ideal para ganado de leche y doble propósito*. [Artículo técnico]. Contexto Ganadero. Recuperado el 03 de 2020. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/cuba-el-pasto-ideal-para-ganado-de-leche-y-doble-proposito#:~:text=El%20valor%20nutricional%20que%20pueda,alcanzar%20con%20fertilizaci%C3%B3n%20es%20de15%20%25.>

Ganadería Sostenible. (2015). *Ser buen agricultor, paso clave para ser ganadero ecológico*. [Artículo técnico]. Contexto Ganadero. Recuperado el 02 de 2019. De <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/ser-buen-agricultor-paso-clave-para-ser-ganadero-ecologico>

Guerrero, I. García T. (2014). *Manejo Agronómico Del Cultivo De Pastos Tropicales*. [Artículo técnico]. Pregon Agropecuario. Recuperado el 02 de 2019, de <http://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=5661>

Lavet. (2015). *Sales minerales para ganado: La importancia de la suplementación mineral*. [blog informativo] Recuperado el 09 de 2021. De: lavet.com.mx/sales-minerales-para-ganado-la-importancia-de-la-suplementacion-mineral/

Luna G., M. N. (2020). *Condiciones ambientales y microorganismos adecuados para la obtención de humus de calidad y su efecto en el suelo agrícola*. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*. 6. (1), 45-53. De: <https://doi.org/10.17162/rictd.v6i1.1405>

NutriNews. (2019). *Mejorar fertilización nitrogenada en pastos de forraje para rumiantes*. [Artículo de investigación]. Recuperado el 09 de 2020, de <https://nutricionanimal.info/mejorar-fertilizacion-nitrogenada-en-pastos-de-forraje-para-rumiantes/>

Oliva, C. A. (2017). *“Evaluación de cuatro materiales vegetales para la producción de humus de lombriz roja californiana (eisenia foetida) para fertilización vegetal, diagnóstico y servicios en la empresa Planesa, s.a., San Andrés Itzapa, Chimaltenango, Guatemala, c.a.”*. [Tesis en grado de Licenciatura]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala. Recuperado el 03 de 2021, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7895/1/CARLOS%20ALEJANDRO%20LEMUS%20OLIVA.pdf>

Olivares Campos, MA. Hérnandez A. Vences C. Jáquez JL. Ojeda D.(2012) *Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como*

fertilizantes y mejoradores de suelo. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas Universidad Autónoma de Chihuahua. 28. (1), 27-37. De:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792012000100003

Pacha, E. I. (2013). *“Aplicación De Microorganismos Para Acelerar La Transformación De Desechos Orgánicos En Compost”*. [Tesis en grado de Licenciatura]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala. Recuperado el 02 de 2021. De <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5310/1/Tesis-52%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20173.pdf>

Pezo, D. (2018). *Uso eficiente de fertilizantes en pasturas*. [Manual Técnico] Recuperado el 02 de 2021. De http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9227/Uso_eficiente_de_fertilizantes_en_pasturas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rojas, A. V. (2006). *Efecto de cinco dosis crecientes de lombricompost Y estiércol fresco bovino sobre la producción y el valor nutritivo de brachiaria brizantha Cv. Toledo Bajo Condiciones Controladas, Santa Clara, San Carlos*. [Tesis en grado de Licenciatura]. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería en Agronomía. Recuperado el 02 de 2019. De <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5886/Efecto%20de%20cinco%20dosis%20crecientes%20de%20lombricompost%20y%20esti%C3%A9rcol%20fresco%20bovino%20sobre%20la%20producc%C3%ADon%20y%20el%20valor%20nutritivo%20de%20Brachiaria%20brizantha%20cv>

Sagastume, E. E. (2015). *Evaluación de lombricompost de coqueta roja (Eisenia foetida) en la producción de chile dulce; La Fragua, Zacapa*. [Tesis en grado de Licenciatura]. Universidad Rafael Landívar facultad de ciencias ambientales y agrícolas, Guatemala. Recuperado el 02 de 2019. De <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/09/Sagastume-Erick.pdf>

Taco, J. C. (2010). *Análisis de lombricompuestos a partir de diferentes sustratos*. [Tesis en grado de Licenciatura]. Universidad Nacional de Colombia, facultad de Ingeniería Agronómica. Colombia. Recuperado el 02 de 2019, de <http://bdigital.unal.edu.co/2730/1/juancarloscastillotaco.2010.pdf>

Terrón, J. J. (06 de 2017). *Efecto del compost y vermicompost de estiércol pecuario, en el suelo y en la producción de jitomate y maíz*. [Tesis de postgrado] Universidad Autónoma del Estado de México, maestría y doctorado en ciencias agropecuarias y recursos naturales, Temascaltepec, México. Recuperado el 09 de 2021, de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/69318/MCARN.jjht.tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tortosa, G. (2019). *Materiales para compostar: estiércol de vaca*. [Artículo Técnico]. Recuperado el 02 de 2021, de Compostando ciencia: <http://www.compostandociencia.com/2019/08/materiales-para-compostar-estiercol-de-vaca/>

Tortosa, G. (2014). *Uso del estiércol como fertilizante*. [Blog y Noticias] Recuperado el 02 de 2021, de Compostando ciencia: <http://www.compostandociencia.com/2014/08/uso-estiercol-como-fertilizante/>

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP). (2014). *Guía Técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura*. [Manual Técnico]. Recuperado el 02 de 2020, de http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf

Villavicencio, E. R. (2007). *Efecto de dos soluciones nutritivas de origen orgánico (Lombricompost y Bokashi) sobre el rendimiento y calidad del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L. var. longifolia Compositae) en hidroponía*. [Tesis en grado de licenciatura]. Universidad Rafael Landívar, facultad de ciencias ambientales y agrícolas. Guatemala. Recuperado el 02 de 2019, de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36905722/Tesis_Garcia-Villavicencio-Edgar.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1551730357&Signature=DIBtZVFzAMgX0hjJLmukYMxpoiM%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DSoluciones_nu

Zeidy, N. M. (2019). *“Lombricompost obtenido a partir de la pulpa de café para mejorar el rendimiento en el cultivo de hortalizas”*. [Tesis en grado de licenciatura] Universidad César Vallejo, facultad de ingeniería, Chiclayo Perú. Recuperado el 09 de 2021, de

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/33435/Nu%C3%B1ez_MZL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vo. Bo. 
Lcda. Ana Teresa de González.
Bibliotecaria CUNSUROC.



X. ANEXOS

1. Historial de toma de temperatura en piletta 1 durante el proceso y elaboración de lombricompost en finca "La Chica".

Piletta en prueba #1 (Lombricompost)				
Tiempo	puntos	profundidad superior	Profundidad media	profundidad alta
8 días	1	33°C	36°C	38°C
	2	35°C	36°C	38°C
	3	32°C	37°C	39°C
	4	33°C	39°C	38°C
	5	31°C	36°C	39°C
	6	35°C	38°C	39°C
Promedio		33°C	37°C	38.5°C
mes 3	1	39°C	40°C	40°C
	2	38°C	38°C	40°C
	3	39°C	39°C	42°C
	4	39°C	41°C	40°C
	5	38°C	40°C	41°C
	6	39°C	40°C	42°C
Promedio		39°C	40°C	41°C
mes 6	1	19°C	23°C	23°C
	2	21°C	22°C	23°C
	3	20°C	25°C	23°C
	4	22°C	23°C	24°C
	5	20°C	24°C	23°C
	6	20°C	22°C	24°C
Promedio		20°C	23°C	23°C

2. Historial de toma de temperatura en piletta 2 durante el proceso y elaboración de lombricompost en finca "La Chica".

Piletta en prueba #2 (Mejoracompost)				
Tiempo	puntos	profundidad superior	Profundidad media	profundidad alta
8 días	1	32°C	37°C	39°C
	2	33°C	38°C	39°C
	3	35°C	39°C	38°C
	4	36°C	39°C	40°C
	5	35°C	40°C	40°C
	6	34°C	39°C	40°C
Promedio		34°C	39°C	39°C
mes 3	1	38°C	39°C	41°C
	2	39°C	40°C	40°C
	3	39°C	39°C	41°C
	4	39°C	40°C	43°C
	5	38°C	41°C	42°C
	6	39°C	41°C	44°C
Promedio		39°C	40°C	42°C
mes 6	1	19°C	22°C	23°C
	2	20°C	22°C	24°C
	3	20°C	23°C	22°C
	4	21°C	25°C	23°C
	5	22°C	24°C	22°C
	6	20°C	23°C	23°C
Promedio		20°C	23°C	23°C



3. Pesaje de abonos orgánicos y químicos en pesa tipo romana y balanza analítica.



4. Proceso de abonado de cultivo *P. purpureum* “cuba 22” con lombricompost.



5. Cultivo *P. purpureum* “cuba 22” en Finca La Chica.



6. Proceso de medición de longitud foliar (m) en cultivo *P. purpureum* cuba 22.



7. Agrupación de macollas de cultivo *P. purpureum* cuba 22. Para pesaje (kg).



8. Proceso de corte de macollas de *P. purpureum* "cuba 22" para toma de datos finales.

9. Datos de longitud foliar (m) y peso en kg fresco de cultivo *P. purpureum* cuba 22. Correspondiente a la repetición 1 del proceso experimental.

	Repetición 1						
	T3	T1	T2	T7	T6	T4	T5
	2.40	2.20	2.70	1.90	2.57	2.48	2.70
	2.10	2.18	2.34	1.99	2.48	2.26	2.65
	2.08	2.34	2.63	2.04	2.22	2.38	2.60
	2.22	2.46	2.52	2.10	2.33	2.47	2.83
Longitud (m)	2.09	2.33	2.69	1.92	2.15	2.30	2.75
	2.20	2.60	2.40	2.08	2.19	2.20	2.62
	2.18	2.39	2.36	2.20	2.18	2.23	2.64
	2.38	2.58	2.58	2.02	2.45	2.77	2.83
	2.20	2.40	2.61	2.14	2.50	2.70	2.80
	2.16	2.60	2.71	1.89	2.56	2.85	2.70
promedio	2.20	2.40	2.50	2.02	2.36	2.46	2.71
	21.00	6.00	10.00	5.00	4.00	5.00	45.00
	30.00	10.00	8.00	8.00	10.00	22.00	44.00
	16.00	22.00	14.00	11.00	9.00	10.00	39.00
	24.00	19.00	22.00	20.00	21.00	8.00	42.00
Peso (kg)	9.97	9.52	12.70	9.52	13.6	15.42	11.79
	8.16	9.07	14.06	6.80	9.07	16.78	9.07
	14.51	24.49	8.61	3.62	14.51	13.15	14.51
	10.88	16.32	13.60	2.26	2.26	10.43	18.14
	9.97	14.96	11.33	9.07	18.14	20.41	14.96
	15.87	23.58	3.85	4.98	3.62	16.32	19.95
Promedio	11.06	12.38	8.84	5.62	8.61	11.33	16.55

10. Datos de longitud foliar y peso en kg fresco de cultivo *P. purpureum* cuba 22 correspondiente a la repetición 2 del proceso experimental.

	Repetición 2						
	T7	T1	T2	T6	T4	T5	T3
	1.90	2.00	2.60	2.00	2.20	2.45	2.40
	1.85	2.20	2.29	2.40	2.48	2.70	2.20
	2.00	2.25	2.72	2.28	2.22	2.30	2.55
	2.10	2.30	2.45	2.30	2.20	2.52	2.18
Longitud (m)	2.05	2.26	2.70	2.20	2.15	2.37	2.16
	2.25	2.50	2.35	2.40	2.19	2.65	2.30
	2.15	2.39	2.40	2.25	2.18	2.25	2.24
	2.42	2.60	2.57	2.20	2.45	2.72	2.15
	2.28	2.38	2.70	2.20	2.50	2.75	2.36
	2.20	2.60	2.70	2.35	2.56	2.88	2.10
Promedio	2.12	2.34	2.54	2.25	2.31	2.56	2.26
	9.00	8.00	12.00	6.00	22.00	32.00	35.00
	10.00	12.00	5.00	25.00	8.00	22.00	22.00
	4.00	20.00	20.00	11.00	11.00	27.00	20.00
	21.00	15.00	18.00	8.00	20.00	44.00	28.00
Peso (kg)	4.98	15.42	11.33	8.61	9.52	16.32	15.42
	9.07	12.24	13.15	17.23	6.80	13.60	9.07
	6.35	24.49	14.51	13.60	3.62	9.07	8.16
	2.26	16.32	12.24	6.80	15.42	14.96	9.97
	7.71	14.96	13.60	11.33	9.07	18.14	7.71
	3.62	23.58	3.62	7.25	4.98	17.23	9.07
Promedio	5.39	13.15	9.34	8.75	7.71	14.51	10.70

**11. Datos de longitud foliar y peso en kg fresco de cultivo P. purpureum cuba
22 correspondiente a la repetición 3 del proceso experimental**

	Repetición 3						
	T1	T3	T2	T4	T6	T5	T7
	2.60	2.40	2.66	2.30	2.20	2.90	1.98
	2.20	2.10	2.54	2.00	2.45	2.72	1.90
	2.25	2.10	2.52	2.10	2.15	3.00	1.85
	2.32	2.20	2.30	2.38	2.57	2.60	1.89
Longitud (m)	2.50	2.26	2.60	2.19	2.22	2.60	2.10
	2.60	2.30	2.28	2.26	2.39	2.65	2.00
	2.20	2.40	2.25	2.20	2.43	2.70	2.15
	2.30	2.28	2.60	2.57	2.40	2.66	2.18
	2.58	2.60	2.52	2.50	2.30	2.70	2.06
	2.40	2.60	2.70	2.46	2.52	2.85	2.20
promedio	2.39	2.32	2.50	2.30	2.36	2.73	2.03
	35.00	35.00	8.00	4.00	12.00	10.00	28.00
	30.00	34.00	7.00	10.00	23.00	5.00	24.00
	10.00	30.00	20.00	9.00	28.00	8.00	17.00
	5.00	35.00	10.00	21.00	15.00	45.00	20.00
Peso (kg)	17.23	6.80	10.43	13.60	13.60	19.95	10.88
	24.49	9.97	13.60	9.07	14.51	17.23	9.97
	13.15	11.79	15.87	14.51	4.53	19.05	9.07
	11.33	8.16	12.24	2.26	2.72	14.51	2.49
	13.60	6.35	18.14	18.14	3.62	18.14	9.07
	14.51	4.53	17.23	3.62	11.33	17.69	2.72
Promedio	13.06	10.88	10.79	8.61	8.57	13.60	5.62

**12. Datos de longitud foliar y peso en kg fresco de cultivo P. purpureum cuba
22 correspondiente a la repetición 4 del proceso experimental.**

	Repetición 4						
	T2	T1	T7	T3	T6	T5	T4
	2.35	2.00	1.80	2.50	2.40	2.50	2.10
	2.30	2.08	2.00	2.45	2.24	2.48	2.24
	2.26	2.20	2.10	2.20	2.56	2.80	2.20
	2.70	2.25	2.15	2.60	2.60	2.70	2.45
Longitud (m)	2.49	2.39	1.90	2.10	2.31	2.70	2.30
	2.60	2.68	1.95	2.22	2.20	2.65	2.20
	2.55	2.20	2.00	2.14	2.52	2.50	2.50
	2.72	2.43	2.20	2.42	2.10	2.30	2.18
	2.20	2.30	2.25	2.25	2.13	2.68	2.22
	2.70	2.50	2.18	2.60	2.30	2.72	2.30
Promedio	2.48	2.30	2.05	2.34	2.33	2.60	2.34
	10.00	28.00	20.00	30.00	6.00	20.00	10.00
	20.00	30.00	10.00	25.00	20.00	35.00	12.00
	18.00	8.00	12.00	28.00	10.00	32.00	5.00
	34.00	15.00	6.00	32.00	15.00	40.00	8.00
Peso (kg)	11.33	11.33	11.33	13.60	9.97	20.41	9.97
	13.60	21.77	8.16	14.06	10.88	16.32	11.36
	9.97	18.14	10.88	7.25	2.72	13.60	4.53
	2.72	14.51	3.62	4.53	11.79	9.97	18.14
	3.62	18.14	2.72	6.80	13.60	17.23	17.23
	18.14	6.80	4.53	12.24	8.16	9.07	18.14
Promedio	9.66	12.70	6.30	11.06	8.02	14.42	9.52

13. Procedimiento para la toma de temperaturas durante la elaboración de lombricompost

Control y monitoreo de Temperatura en lombricompost	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Libreta de campo. - Termómetro de laboratorio. - Cinta métrica 	<p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Durante la primera semana de elaboración de lombricompost se debe seccionar la piletta en 3 o 4. 2. Las temperaturas se toman sumergiendo el termómetro y dejándolo por 5 minutos sumergido, posteriormente se retira del abono y se toma el dato de temperatura, a continuación, se agita el termómetro durante 60 seg aproximadamente para repetir nuevamente el procedimiento. 3. A partir de la división anterior se debe tomar el termómetro de laboratorio y en cada sección tomar 3 veces temperatura dividiendo cada toma en 3 estratos de profundidad: superior, medio y bajo. 4. Las temperaturas deben ser tomadas en momentos clave durante el proceso de

	<p>elaboración de lombricompost, estos son:</p> <ul style="list-style-type: none">- Durante los primeros ocho días del proceso de producción.- Durante el transcurso de los primeros tres meses.- Durante el cuarto y sexto mes. <p>5. A partir de la toma anterior se promedian las temperaturas documentadas por cada momento durante la elaboración del abono.</p> <p>6. Finalmente, y con guía del cuadro 3 se comparan las temperaturas para identificar si los procesos se han ejecutado correctamente durante la actividad microbiana en la elaboración del abono.</p>
--	---

Mazatenango, Suchitepéquez, 18 de marzo de 2022

Ing. Luis Alfredo Tobar Piril
Coordinador de Carrera
Ingeniería en Agronomía Tropical
CUNSUROC

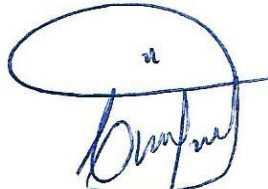
Respetable Ing. Tobar:

Atentamente me dirijo a usted, para presentarle el Informe Final de Investigación Inferencial titulado: **“Efecto de microorganismos en la elaboración de lombricompost y evaluación de aplicaciones combinadas con abonos químicos al suelo, sobre el cultivo P. purpureum “Cuba 22”. Finca La Chica San Francisco, Zapotitlán, Suchitepéquez.”** Realizado por la estudiante Andrea Celeste Monterrosa Pérez, quien se identifica con número de carné: 201340265, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical.

Este documento se presenta para que pueda a través de sus buenos oficios darse el procedimiento para poder ser considerado como **Trabajo de Graduación**, para la obtención del título de Ingeniera Agrónomo Tropical.

Sin otro particular, con mis más altas muestras de estima y respeto.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is cursive and appears to read 'Carlos Antonio Barrera Arenales'.

MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales
Supervisor EPSAT
CUNSUROC

Oficio CAT-TG-03-2022
Mazatenango, 22 de marzo de 2022.

Licenciado Luis Carlos Muñoz López
Director en funciones
Centro Universitario del Suroccidente.
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Su despacho.

Señor Director:

Con fundamento en el normativo de Trabajos de Graduación de la Carrera de Agronomía Tropical, me permito hacer de su conocimiento que la estudiante **T.P.A. Andrea Celeste Monterrosa Pérez**, quien se identifica con número de carné **201340265**, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **“Efecto de microorganismos en la elaboración de lombricompost y evaluación de aplicaciones combinadas con abonos químicos al suelo, sobre el cultivo *Pennisetum. purpureum* “Cuba 22”. Finca La Chica San Francisco, Zapotitlán, Suchitepéquez.”** el cuál fue asesorado por el Ing Agr. Carlos Antonio Barrera Arenales, lo que se evidencia con el informe correspondiente y revisado por el suscrito.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que la estudiante T.P.A. Monterrosa Pérez, ha cumplido con lo normado, razón por la que someto a su consideración el documento adjunto, para que continúe con el trámite correspondiente para su graduación.

Sin otro particular, auguro muchos éxitos en sus laborales académicas y le reitero las muestras de mi consideración y estima. Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril
Coordinador Carrera





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

CUNSUROC/USAC-I-15-2022

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, veintiocho de abril de dos mil veintidós_____

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EFECTO DE MICROORGANISMOS EN LA ELABORACIÓN DE LOMBRICOMPOST Y EVALUACIÓN DE APLICACIONES COMBINADAS CON ABONOS QUÍMICOS AL SUELO, SOBRE EL CULTIVO *Pennisetum purpureum* "Cuba 22". FINCA LA CHICA SAN FRANCISCO ZAPOTITLAN, SUCHITEPÉQUEZ", de la estudiante: TPA. Andrea Celeste Monterrosa Pérez, carné 201340265 CUI: 2789 55517 1101 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M.A. Luis Carlos Muñoz L.
Director

/gris

