



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN DE CARÁCTER COMPLEXIVO

MODALIDAD: “ESTUDIO DE CASO”

**CALIDAD DE ABONOS ORGANICOS (COMPOST) A
PARTIR DEL ESTIERCOL PORCINO Y SU EFECTO EN EL
DESARROLLO RADICULAR EN EL MAÍZ EMBLEMA (*Zea
mays*) EN SANTA ELENA**

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Kenneth Ariel Orrala Ramos

La Libertad, 2021



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

**CALIDAD DE ABONOS ORGANICOS (COMPOST) A
PARTIR DEL ESTIERCOL PORCINO Y SU EFECTO EN
EL DESARROLLO RADICULAR EN EL MAÍZ
EMBLEMA (*Zea mays*) EN SANTA ELENA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Kenneth Ariel Orrala Ramos

Tutora: Ing. Mercedes Santistevan Méndez, Ph.D.

La Libertad, 2021

TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D
**DIRECTORA DE CARRERA
DE AGROPECUARIA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Andrés Drouet Candell, Msc
**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Mercedes Santistevan, Ph.D
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Carlos Balmaseda, Ph.D
**PROFESOR DELEGADO
SECRETARIO**

RESUMEN

La explotación porcina constituye una de las actividades más contaminantes del medio ambiente, afectando directamente suelo, agua y aire. Son pocas las experiencias que existen sobre la utilización del abono orgánico a base de estiércol porcino en la fertilización de cultivos y sobre todo el mejoramiento de los suelos. El presente estudio de caso tiene como objetivo determinar la calidad de abonos orgánicos (compost) a partir del estiércol porcino y evaluar su efecto en el desarrollo radicular en el maíz Emblemata. Para la elaboración de compost se utilizó como elemento principal el estiércol porcino, además de gallinaza, rastrojo de soya, hojarasca, restos de poda y cascara de café y maleza seca (gramíneas). El trabajo se realizó en la hacienda Cereales del Ecuador, ubicada en la comuna Zapotal – Santa Elena. En donde se planteó dos tratamientos: con compost y sin compost. Las características físico-químicas del compost maduro y del suelo se obtuvieron a través de análisis de laboratorio. Los resultados en la evaluación del maíz fueron los siguientes: longitud de raíces (C.C: 19.62 cm; S.C: 17,38 cm), altura de planta (C.C: 45,79 cm; S.C: 39,90 cm), diámetro de tallo (C.C: 18,00 mm; S.C: 16,30 mm) y peso fresco de la planta (C.C: 78,35 gr; S.C: 68,28 gr). Los efectos sobre el desarrollo de planta son evidentes, se puede comprobar que las variables con aplicación de compost obtuvieron resultados positivos superiores a las plantas sin compost, lo que pone en manifiesto su potencialidad desde el punto de vista agronómico y ambiental.

Palabras claves: compost, estiércol porcino maíz, materia orgánica.

CARTA DE ORIGINALIDAD

Ing.

NADIA QUEVEDO PINOS, Ph. D

DIRECTORA DE LA CARRERA DE AGROPECUARIA

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

Presente. -

Cumpliendo con los requisitos exigidos por la Facultad de Ciencias Agrarias, carrera de Agropecuaria, envío a Ud. el componente práctico del examen complejo titulado “CALIDAD DE ABONOS ORGANICOS (COMPOST) A PARTIR DEL ESTIERCOL PORCINO Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO RADICULAR EN EL MAÍZ EMBLEMA (*Zea mays*) EN SANTA ELENA”, para que se considere su sustentación, señalando los siguiente:

1. La investigación es original.
2. No existen compromisos ni obligaciones financieras con organismos estatales y privados que puedan afectar, el contenido, resultados o conclusiones de la presente investigación.
3. Constatamos que la persona designada como tutor/a es el/la responsable de generar la versión final de la investigación.
4. El/la tutor/a certifica la originalidad de la investigación y el desarrollo de la misma, cumpliendo con los principios éticos.



Kenneth Ariel Orrala Ramos

AUTOR/A

Email: kenyorralla@hotmail.com

Número Celular: 0998568939



Ing. Mercedes Santistevan, Ph.D

TUTOR/A

Email: msantistevan@upse.com.edu

Número Celular: 0991567227

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
MARCO TEÓRICO (5-8 HOJAS)	2
MATERIALES Y MÉTODOS	3
1.1 Localización y descripción del lugar de estudio	3
1.2 Materiales	3
1.2.1 Materiales orgánicos para compostar.....	3
1.2.2 Herramientas.....	4
1.3 Preparación del abono orgánico (compost)	4
1.3.1 Formación de la pila	4
1.3.2 Tareas para realizar en la formación y manejo de la pila.....	5
1.3.3 Controles de temperatura, humedad y pH	6
1.3.4 Comprobación que ha finalizado el compostaje (en fase de maduración)	6
1.3.5 Seguimiento a las labores de campo.....	7
1.4 Análisis de laboratorio	7
1.4.1 Análisis microbiológico del estiércol porcino	7
1.4.2 Análisis del compost maduro	7
1.4.3 Análisis de suelo – caracterización física y química.....	8
1.5 Variables para evaluar	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
1.6 Evaluación de la calidad del compost	9
1.6.1 Análisis microbiológico del estiércol porcino	9
1.6.2 Análisis químico del estiércol porcino.....	10
1.6.3 Análisis químico del compost.....	10
1.7 Caracterización físico y químico del suelo antes de la siembra	11
1.8 Evaluación del rendimiento del maíz	12
1.8.1 Longitud de raíces	12
1.8.2 Altura de planta.....	13
1.8.3 Diámetro del tallo.....	14
1.8.4 Peso fresco de la planta	15
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17
Conclusiones	17

Recomendaciones17

BIBLIOGRAFIA 18

Anexos

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Carga microbiana del estiércol porcino y abono orgánico (compost)	9
Tabla 2. Análisis químico del estiércol porcino.....	10
Tabla 3. Análisis químico del abono orgánico (compost)	11
Tabla 4. Análisis de suelo en la hacienda Cereales del Ecuador	12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. comparacion de longitud de raíz en los tratamientos con compost y sin compost.....	13
Figura 2. Comparación de tratamientos de la variable altura de planta.....	14
Figura 3. Comparación de tratamientos de la variable diámetro de tallo.	15
Figura 4. Comparación de resultados en la variable peso fresco de la planta.	16

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo. 1. Área delimitada de la hacienda donde se realizó la investigación.

Anexo. 2. Planilla de control del proceso

Anexo. 3. Datos de las variables evaluadas en maíz

Anexo. 4. Materiales para elaborar compost (rastrojo de soya y maleza seca)

Anexo 5. Estiércol porcino y cascara de café para compostar

Anexo. 6. Pilo para compostar formado ya con todos los materiales

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la crianza intensiva de cerdos en confinamiento y de tipo familiar ha venido experimentando un crecimiento sostenido, siendo una contribución directa y significativa al desarrollo económico del país. En el último censo agropecuario del 2019 se mostró que la población porcina del Ecuador era de 1.115.473 cerdos, INEC (2019).

Los sistemas intensivos de crianza se caracterizan porque los cerdos son criados en confinamiento, es decir, en corrales con piso de cemento, a estos animales, por lo general se los alimenta con balanceados, en muchas ocasiones los desperdicios de los animales generan un problema sanitario Suárez (2015).

El sector agropecuario en el país, y sobre todo la producción porcina viene creciendo sobre todo los de sistemas intensivos, que tienen una gran concentración de animales en espacios reducidos y su nivel tecnológico de crianza va de medio a alto. Si bien, estos sistemas permiten una mayor producción y mejoras sustanciales en la productividad, también traen consigo un aumento en el volumen del estiércol producido, principal desecho de la crianza intensiva del ganado, convirtiéndose en una fuente de contaminación de gran impacto Moreno & Cadillo (2018).

Muchas de estas empresas de producción porcina no cuentan con procesos de tratamiento, almacenamiento o usos adecuados del estiércol, lo cual están provocando un gran impacto ambiental negativo, perjudicando principalmente el medio hídrico, atmosférico y suelo Moreno (2019). En la provincia de Santa Elena existen varias granjas porcinas intensivas, en donde no tienen ningún proceso de tratamiento del estiércol, siendo el principal medio afectado el aire y el suelo Moreno (2015).

. Las excretas pueden contener una cantidad significativa de compuestos bioquímicos con posibles aplicaciones, incluida la nutrición animal Beltrán (2012). Que favorecen el mantenimiento y proliferación de una importante carga de microorganismos propios de este tipo de residuos que son los que causan los malos olores y contaminación Ruvalcaba, et al.(2019). Sin embargo, hay varias alternativas tecnológicas que permiten el uso racional del estiércol porcino, los cuales minimizan su efecto contaminante y hasta tienen un uso importante en la agricultura, uno de ellos es el compost, que es la mezcla de materia orgánica en descomposición que se da en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes Roman, et al. (2013).

La materia orgánica es uno de los componentes más importantes del suelo, su composición es muy variada, ya que provienen de las descomposiciones de animales, plantas y microorganismos, presentes en el suelo o materiales fuera del predio, es justamente en esa diversa composición donde radica su importancia, pues en el proceso de descomposición, de diversos productos que se obtienen dentro de un predio de los productos que se cultivan, y estos actúan como ladrillos del suelo para construir materia orgánica y mejorar la estructura Roman, et al. (2013). En correspondencia con los antecedentes planteados se formula el siguiente **Problema Científico:**

¿Es factible que el uso del compost a base de estiércol porcino en los primeros 20 DDS del maíz se obtenga mejores resultados en el enraizamiento?

Para dar respuesta a este problema se define la **siguiente hipótesis:**

Los abonos orgánicos y el compostaje son esenciales para evitar la desertificación de los suelos manteniendo su calidad en nutrientes y fertilidad para el desarrollo de cultivos en el largo plazo.

Para validar esta hipótesis se plantean los **siguientes objetivos:**

Objetivo General:

Determinar la calidad de abonos orgánicos (compost) a partir del estiércol porcino y evaluar su efecto en el desarrollo radicular en el maíz (*Zea mays*) Emblema.

Objetivos Específicos:

1. Elaborar abono orgánico (compost) con estiércol porcino más residuos de cosecha.
2. Analizar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del abono a base de estiércol porcino y observar los resultados encontrados en investigaciones ya elaboradas.
3. Evaluar el enraizamiento del maíz Emblema hasta los 20 DDS.

MARCO TEÓRICO

hrhrh

MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Localización y descripción del lugar de estudio



Anexo. 1. Área delimitada de la hacienda donde se realizó la investigación.

El presente trabajo de estudio de caso se llevó a cabo en la comuna Zapotal, perteneciente a la parroquia Chanduy, cuyas coordenadas geográficas son: Latitud sur $-2^{\circ}17'58''$; Longitud oeste $-80^{\circ}32'36''$, con una altura de 40 m.s.n.m. El ensayo se lo realizó por separado la misma que constan de los siguientes procesos.

1. En la finca Porcinos del Ecuador Ecuapork S.A: Es la granja porcina donde se recolectó el estiércol porcino para la elaboración del compost.
2. En la misma localidad Cereales del Ecuador: en el lugar donde se elaboró el compost con el estiércol y los desechos agrícolas que produce la hacienda; además en este lugar se evaluó el enraizamiento del maíz con la aplicación del compost.

1.2 Materiales

1.2.1 Materiales orgánicos para compostar

- ✓ Estiércol porcino
- ✓ Gallinaza camada
- ✓ Rastrojo de soya
- ✓ Restos de poda de café
- ✓ Hojarasca de café
- ✓ Cascara de café

- ✓ Maleza seca (gramíneas)

1.2.2 Herramientas

- ✓ Pala
- ✓ Tijeras de podar o trituradora
- ✓ Manguera
- ✓ Termómetro
- ✓ Tamiz
- ✓ Papel de pH
- ✓ Otros utensilios

1.3 Preparación del abono orgánico (compost)

La técnica de compostaje que se empleó es en sistema abierto o en pilas con volteo debido a la cantidad abundante y variada de residuos orgánicos (sobre 1 m² o superior).

1.3.1 Formación de la pila

Previo a iniciar con el proceso de compostaje, se recomienda el área que se utilizará y el volumen de la pila, determinado por la cantidad de material a compostar con el que se cuenta en la finca.

Para el cálculo de las dimensiones de la pila de compost, partiendo de la cantidad de material con el que se cuenta en la finca se usará las siguientes formulas:

Volumen de material:

$$V = \frac{P \text{ (kg)}}{D \text{ (kg/m}^3\text{)}}$$

V: volumen

P: peso del material

D: densidad del material

Dimensión del pila: La altura y el ancho se recomienda poner medidas de mínimo 1.5 m y lo que se calcularía será la longitud de la pila, en este caso se considera la fórmula de un paralelepípedo.

$$V = x \cdot y \cdot z$$

$$z = \frac{V}{x \cdot y}$$

V: volumen del material

x: ancho del pilo

y: altura del pilo

z: longitud del pilo

1.3.2 Tareas para realizar en la formación y manejo de la pila

Elección del área y nivelación: esta elección se la realizó tomando en cuenta las condiciones climáticas, pendiente del terreno, distancia entre el área de producción de los residuos, distancia entre el área donde se aplicará el compost. Por lo que es recomendable un área prevenida de vientos fuertes y pendiente menor a 4% con el fin de evitar problemas de lixiviados y erosión.

Picado del material y amontonamiento: el material orgánico para compostar se picó de forma manual, pero también se los puede realizar de forma mecánica, en fragmentos de 10 – 15 cm, esto ayuda a la descomposición rápida.

Mezcla de materiales: la combinación de los materiales para el compostaje se realizó tomando en cuenta la relación C: N de cada material, para ello se recomienda usar la siguiente formula:

$$R = \frac{Q_1 \times (C_1 \times (100 - M_1)) + Q_2 (C_2 \times (100 - M_2)) + Q_3 (C_3 \times (100 - m_3)) + \dots}{Q_1 \times (N_1 \times (100 - M_1)) + Q_2 (N_2 \times (100 - M_2)) + Q_3 (N_3 \times (100 - m_3)) + \dots}$$

Q: cantidad de material a adicionar,

C: carbono

N: nitrógeno en peso

M: humedad en peso del material.

Volteo: se realizó un volteo semanal durante las 3 o 4 primeras semanas, luego pasó a un volteo quincenal. Dependiendo siempre de las condiciones climáticas y de la humedad y aspecto del material compostado.

1.3.3 Controles de temperatura, humedad y pH

Temperatura: se midió con un termómetro profesional para compost, y se consideraran optimas las temperaturas del intervalo 40 – 60 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas indeseables.

Humedad: se realizó técnica del puño cerrado, que consistió en introducir la mano en la pila, secar un puñado de material presionando y luego abrir la mano. El material debe quedar apelmazado, pero sin flujo de agua, caso contrario se debe voltear o añadir material secante como aserrín o paja. Si al abrir la mano el material se desparrama, se debe añadir agua o algún material fresco para aumentar la humedad del pilo.

Acidez o pH: existen dos formas de medir la acidez, una directamente en la pila y otra en un extracto de compost.

- Medida del pH en la pila: en el compost húmedo, no encharcado, se debe introducir una tira indicadora de pH, dejando reposar durante unos minutos para que absorba el agua, para posteriormente leer el pH mediante a la comparación del color.
- Medida del pH en solución acuosa: en varios recipientes con agua se colocan muestras del compost (volumen/volumen 1:5). Posterior se debe agitar y se tomar la lectura, preferiblemente con pHmetro, en el caso de no contar con uno, entonces con tira indicadora.

1.3.4 Comprobación que ha finalizado el compostaje (en fase de maduración)

Para comprobar si el compost ha llegado a la etapa de maduración, el material ya no debería aumentar de temperatura a pesar de realizar nuevos volteos.

Otro método es tomando varias muestras representativas para luego analizar el aspecto físico y el olor del compost, deberá presentar una coloración oscura, olor a tierra húmeda, y al realizarle una prueba de puño no debería presentar exceso de humedad.

Cernido o tamizado

Una vez que se haya confirmado que el material este maduro, se procederá a realizar un tamizado del material compostado para eliminar elementos grandes que no se hayan terminado de compostar además de vidrios, metales, cerámicas, piedras, etc.

El material orgánico que no se haya terminado de compostar se puede usar para otro pila que este iniciando el proceso de compostaje.

1.3.5 Seguimiento a las labores de campo

Para asegurar que los parámetros de medición del compost estén en adecuados, se llevó un seguimiento en una planilla de información (Fig. 2a).

1.4 Análisis de laboratorio

Se recomienda realizar los siguientes análisis de laboratorio una vez que el compost esté terminado para poder ser usado como un sustrato, esto se lo podrá utilizar para germinar cualquier tipo de semillas. Los análisis que se recomiendan son:

- Análisis microbiológico del estiércol porcino
- Análisis del compost maduro
- Caracterización física y químico del suelo antes de la siembra

1.4.1 Análisis microbiológico del estiércol porcino

Como principal elemento a compostar, se debe realizar un análisis al estiércol, tomando muestras frescas de todas las áreas porcinas (maternidad, gestación, recría y engorde), para luego mezclarlas en partes iguales y llevar un kilogramo de muestra para el respectivo análisis. Los indicadores que se deben determinar son el recuento de aerobios mesófilos viables, mohos, levaduras, *Lactobacillus sp*, además de la enumeración de coliformes fecales y *Escherichia coli*.

Para cumplir con uno de los objetivos se tomó en cuenta un análisis microbiano realizado en una investigación, la misma nos permite tomar como referencia para la ejecución de un compost en la localidad de Zapotal en la finca Cereales del Ecuador.

1.4.2 Análisis del compost maduro

Cuando el compost haya terminado la última fase y esté completamente maduro, apto para el uso en los cultivos, se debe realizar un análisis para determinar, pH, materia orgánica, nitrógeno, fosforo, potasio, y otros micro minerales, en los resultados de la investigación utilizado para el desarrollo de esta investigación presentan unos análisis realizados a un

compost maduro, el mismo que nos permite obtener datos para poder dar respuesta a uno de los objetivos planteados.

1.4.3 Análisis de suelo – caracterización física y química.

Previo a la siembra y abonamiento del lugar de evaluación, se debe tomar muestras físico y químicas del suelo, limpiando superficialmente todos los residuos orgánicos e inorgánicos que este pueda contener, marcar los puntos de toma de muestra en tipo zigzag y la profundidad de toma de muestra deberá ser a 30 cm.

1.5 Variables para evaluar

La evaluación de enraizamiento se evaluó a los 20 días después de la germinación. Se tomaron plantas al azar evaluando las siguientes variables:

- Longitud de raíces (LR)
- Altura de la planta (AP)
- Diámetro de tallo (DT)
- Peso fresco planta (PFP)

Longitud de raíces (LR): se midió desde el cuello hasta el punto de la última raíz

Altura de la planta (AP): se midió desde la base del tallo hasta el nudo de la hoja superior.

Diámetro de tallo (DT): se midió a nivel de la base del tallo, en la mitad del entrenudo inferior visible.

Peso fresco planta (PFP): se pesó cada planta de las muestras

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.6 Evaluación de la calidad del compost

La investigación está compuesta de tres objetivos específicos, cada uno de ellos se los realizo por separado para cumplir con lo propuesto, sin embargo, cada objetivo está directamente relacionado con los otros dos.

1.6.1 Análisis microbiológico del estiércol porcino

Investigaciones realizadas al estiércol porcino, permiten analizar las características que estas tienen, con la búsqueda de información en la web, se encontró resultados en investigaciones, las mismas que nos dan las pautas necesarias para poder conocer las particularidades que estas tienen.

Los resultados encontrados en la investigación realizada por Moreno & Cadillo 2018), señalan que el estiércol porcino tiene una alta carga bacteriana mayor a 11×10^2 , de coliformes totales, fecales y E.coli, pero en el abono orgánico con estiércol porcino como base, la carga bacterianas de coliformes totales, fecales y E. coli debería estar ausente, y esto se debe conseguir por el efecto del pH ácido en la fermentación láctica que se presenta al momento del proceso (Tabla 1).

Tabla 1. Carga microbiana del estiércol porcino y abono orgánico (compost)

Parámetros	Estiércol porcino	Abono orgánico (compost)
Coliformes totales (NMP/g)	$> 11 \times 10^2$	> 3 (ausente)
Coliformes fecales (NMP/g)	$> 11 \times 10^2$	> 3 (ausente)
<i>E. coli</i> (NMP/g)	$> 11 \times 10^2$	> 3 (ausente)
Lactobacillus sp (UFC/g)	59×10^7	27×10^2

* NMP: Número más probable.

* UFC: Unidad formadora de colonias.

FUENTE: Laboratorio de Ecología microbiana Tabusso (2016)

Acorde a los resultados encontrados por los investigadores, se cumple lo manifestados por ellos mismos, al realizar el análisis de laboratorio, los resultados encontrados cumplen con el criterio manifestado, en la tabla 1, se puede observar que la carga microbiana del estiércol era alta y al analizar el abono esto desaparecen.

1.6.2 Análisis químico del estiércol porcino

La tabla 2, presenta los resultados encontrados por los mismos autores quienes manifestaron que se debe recolectar muestras del estiércol de todas las áreas de la granja, y que se debe hacer el análisis solo del estiércol sólido, la tabla antes mencionada permite conocer cada valor de las características que el estiércol porcino posee.

Tabla 2. Análisis químico del estiércol porcino

MO %	Humedad %	pH	CE dS/m	N %	P2O5 %	K2O %	CaO %
80.86	26.23	6.36	6.27	2.04	6.1	1.63	3.98
MgO %	Na %	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B Ppm	
2.0	0.23	29	385	1580	488	1417	

CE: Conductividad eléctrica

MO: Materia orgánica

FUENTE: Lab. De análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (2016)

El análisis muestra el alto porcentaje de materia orgánica que presenta este material, además de la buena concentración de nutrientes, dándole la característica de uno de los mejores materiales de compostaje para el uso agrícola por su calidad, coincidiendo así con León (2010) quien manifiesta que el estiércol porcino sólido como líquido (purines), se componen de una gran cantidad de nutrientes (N,P,K) en comparación con otros animales de producción, siendo esta la razón para lo cual debe ser utilizado en la elaboración de compost para mitigar problemas medioambientales que constituyen y lograr un reciclaje de estos nutrientes útiles.

1.6.3 Análisis químico del compost

Según los mismos investigadores recomiendan que al finalizar el proceso de compostaje, se debe realizar un análisis al compost maduro para conocer la calidad y el contenido nutricional, tal como se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis químico del abono orgánico (compost)

MO %	CE dS/m	pH	CO %	NT %	C:N	Ca mg kg ⁻¹	Mg mg kg ⁻¹
72.2a	5.8b	8.8a	41.9a	2.6	15.9a	27800a	7100a
P mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹	Na mg kg ⁻¹					
8465a	28950a	4125a					

CE: Conductividad eléctrica, **CO:** Carbono orgánico, **NT:** nitrógeno total

MO: Materia orgánica

FUENTE: Colin-Navarro, et al. (2019)

La tabla 3 presenta los resultados encontrados en esta investigación donde se muestra el alto porcentaje de materia orgánica, un pH ligeramente alcalino altamente tolerable para el cultivo de maíz, macro y micronutrientes esenciales y asimilables, logrando con estas características dar un mejor acondicionamiento al suelo para que las plantas puedan aprovechar con mayor facilidad la absorción de nutrientes y permite un excelente desarrollo a la planta y por ende una buena producción.

1.7 Caracterización físico y químico del suelo antes de la siembra

La tabla 4 presenta los resultados encontrados en el análisis del suelo en el área de cultivo previo a la siembra, para la muestra se tomaron 5 sub-muestras en diferentes partes del terreno a una profundidad de 30 cm, luego se mezcló formando una sola muestra, se seleccionó 1 kg para enviar al laboratorio para el respectivo análisis.

La tabla 4 permite conocer las características que posee el suelo de la finca Cereales del Ecuador encontrando las siguientes características: un pH ligeramente alcalino, un porcentaje bajo de materia orgánica, deficiente de nitrógeno y fósforo, pero alto en potasio, esto debido a que en el cultivo anterior se suministró una alta dosis de potasio químico a ese suelo, que podría ser la causa a los resultados obtenidos en el laboratorio.

Tabla 4. Análisis de suelo en la hacienda Cereales del Ecuador

Parámetro	Unidad	Resultado	LOQ	Método de ensayo
Humedad 105 °C	%	>5,00 %	1	Gravimetría/C5110007
pH (ext. 1:2.5 H ₂ O)	upH	8,2	2	Potenciometría/C5110008
Cond. Elec. 25°C C	dS/m	0,266	0,05	Conductimetría/C5110008
Mat. Organica (W&B)	% s.m.s.	0,57	0,5	Cálculo/C5110079
Nitrogeno-Nitrico (N-NO ₃)	mg/kg s.m.s	23,2	2	Espectrofotometría
Nitrogeno (N) (Kjeldahl)	mg/kg s.m.s	0,098	0,5	Titulación volumétrica
Fosforo (P) (Olsen)	mg/kg s.m.s	6,6	5,00	Espectrofotometría
Potasio (K)	mg/kg s.m.s	586	5,00	Espectrometría ICP-OES
Calcio (Ca)	mg/kg s.m.s	7706	1000	Espectrometría ICP-OES
Magnesio (Mg)	mg/kg s.m.s	735	500	Espectrometría ICP-OES
Sodio (Na)	mg/kg s.m.s	460	5,00	Espectrometría ICP-OES
Cap. Interc. Cat. (Efect.)	meq/100g s.m.s	43,1	---	Espectrofotometría UV-Vis
Acidez Intercambiable	meq/100g	0,10	---	

Fuente: Cereales del Ecuador (2020)

Estos resultados permitieron conocer el tipo de suelo donde se aplicó el compost, para su futuro uso y evaluación del enraizamiento del maíz emblema que se utilizó para comprobar lo que señala la teoría.

1.8 Evaluación del rendimiento del maíz

Con el tema siguiente se describen las variables evaluadas en la práctica desarrollada para dar validez al tercer objetivo planteado, las siguientes variables estudiadas fueron: longitud de raíces, altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco de la planta.

1.8.1 Longitud de raíces

El desarrollo de las raíces se notó más el tratamiento de compost con una media de 19.62 cm a los 20 DDS frente a la media de 17.38 cm que alcanzaron las plantas sin compost, esto debido a que el compost cumple un papel importante en el suelo que es el de acondicionarlo para un mejor aprovechamiento de las plantas, mejorando las características físico, químicas y biológicas. Si bien es cierto el tipo de raíces del maíz es fasciculado, se obtuvo un mejor anclaje de las raíces con una mayor longitud, además de mayor cantidad de desarrollo de

raíces. Entre los elementos importantes que favorecen este desarrollo, además del nitrógeno, es el calcio. Estos elementos los brinda en grandes concentraciones el compost a base de estiércol de cerdo. La figura 1, y el anexo 3 permite observar el desarrollo radicular que se alcanzó con el compost.

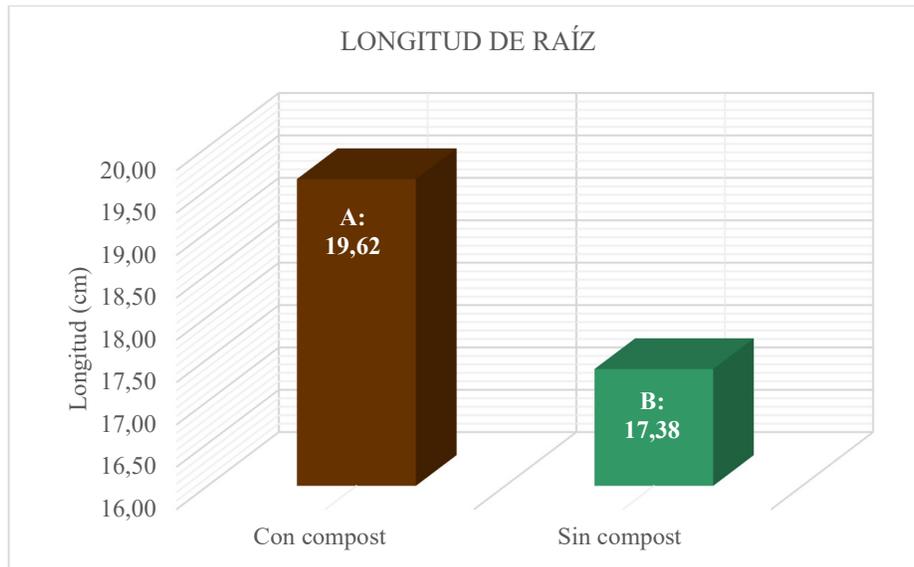


Figura 1. comparación de longitud de raíz en los tratamientos con compost y sin compost

Los resultados obtenidos se pueden comparar con lo que señala Laynez, et al. (2007) el mismo que mencionan en su investigación, que encontró mayor significancia en el tratamiento a base de abonos orgánicos, pues las raíces lograron alcanzar una longitud promedio de 20,91 a los 20 DDS, lo cual se acerca mucho a lo obtenido en mi investigación.

1.8.2 Altura de planta

La figura 2 y el anexo 3 permiten ver que la mayor altura que alcanzaron las plántulas fue con la aplicación del compost con una media de 45,79 cm a los 20 DDS, mientras que las plantas sin compost llegaron a una media de 39,90 cm. Estos resultados de altura de planta posiblemente están relacionados con el uso del compost el mismo que se aplicó al suelo y permitió el mejoramiento de forma potencial dentro de ellas están las características físicas, químicas y biológicas del suelo reflejándose en una mejor absorción de los nutrientes por parte de las plantas de maíz. Acorde al criterio de Reyes (1990), indica que hay factores que pueden afectar la altura de la planta como: luz, calor, humedad, nutrientes y suelo.

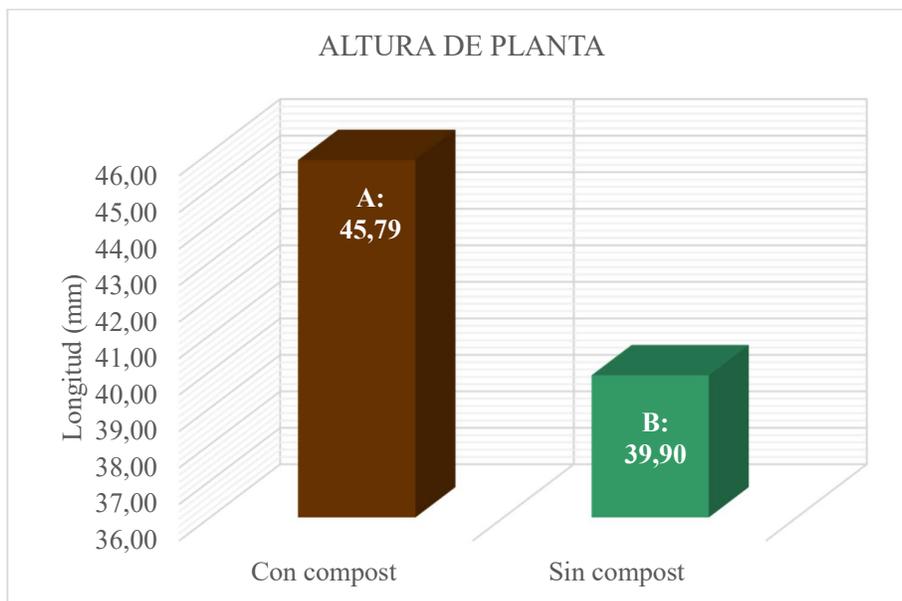


Figura 2. Comparación de tratamientos de la variable altura de planta.

Una investigación realizada por Pavón & Zapata (2012), utilizando 3 tipos de abono orgánico y uno de ellos mezclado con abono sintético en el cultivo de maíz, obtuvieron la mayor altura con el abono Bokashi más urea, seguido del Bokashi más purín de lombrices, lo que significa que ellos obtuvieron resultados favorables con el uso de los abonos orgánicos, comparando estos resultados con lo encontrados en la finca Cereales del Ecuador de Zapotal, se puede decir que el uso de los abonos orgánicos si mejorarán el desarrollo radicular en las plantas.

1.8.3 Diámetro del tallo

En la investigación realizada se encontró que el diámetro del tallo fue mayor en el tratamiento con compost en comparación con el tratamiento sin compost. De acuerdo con Cirilo (1996), el diámetro del tallo es atribuido a baja densidad, debido a que a menor densidad afecta la captura de luz y en consecuencia el crecimiento de la planta, a diferencia de mayor competencia entre plantas cuando se siembran juntas, se refleja un menor diámetro de tallo, por otro lado, Salcedo (2016) agrega además que otro factor que afecta el desarrollo es la deficiencia de nitrógeno, dejando pequeñas las plantas, tallos con aspecto zanquivano, hojas pequeñas, además del nitrógeno, hay otros elementos que cumplen un papel importante como lo es el potasio (K) que da resistencia a las enfermedades y turgencia al tallo. Todos

estos elementos se encuentran presentes en altas concentraciones en los abonos derivados del estiércol porcino.

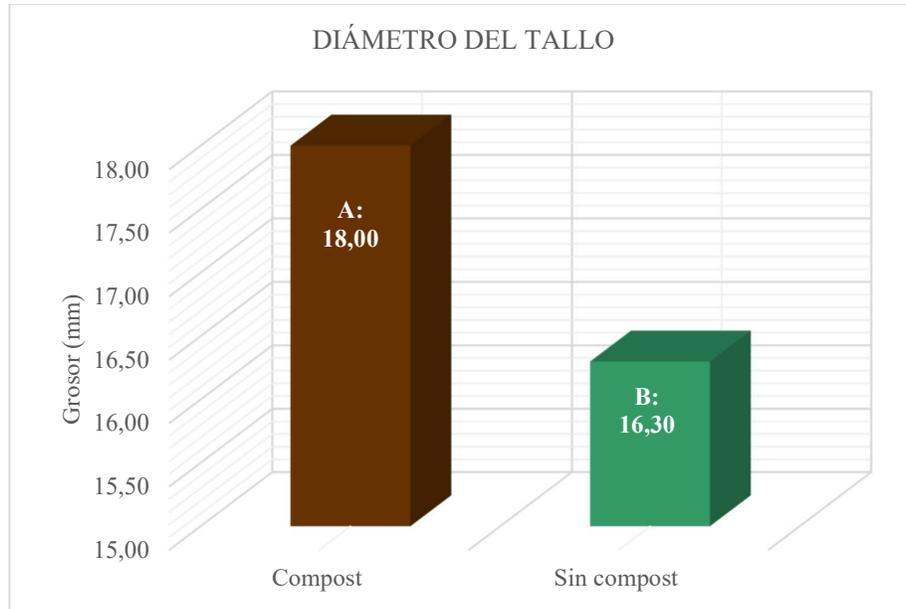


Figura 3. Comparación de tratamientos de la variable diámetro de tallo.

La figura 3 y el anexo 3 presentan los resultados alcanzados con el uso de compost y comparados con plantulas sin compost, el mismo que permite observar que los resultados fueron positivos para ñas plantulas con compost, estos resultados alcanzados e los puede comparar con la investigación realizada por Blessing & Hernández (2009) quienes encontraron que durante la etapa de crecimiento de la planta de maíz, el diámetro del tallo llego a medir 2.36 y 2.18 cm en los tratamientos con fertilización convencional y orgánico, respectivamente, lo cual no encuentra diferencia significativa entre los manejos de acuerdo a la prueba estadística T-Student.

1.8.4 Peso fresco de la planta

Según la figura 4 y anexo 3 permite observar que en la investigación realizada se obtuvo mayor peso en las plantas con aplicación de compost con un promedio de 78, 35gr quedando atrás el tratamiento sin compost con una media de 68, 28 gr. De acuerdo con Guerrero (1993), quien menciona que los abonos orgánicos a base de estiércol porcino son los que aportan mayor valor nutricional (nitrógeno, fósforo y potasio) a comparación de otras

especies. Siendo estos elementos fundamentales para que la planta desarrolle y gane peso como lo es el nitrógeno que se convierte en un elemento esencial para la formación de hojas. El fósforo que ayuda en la fotosíntesis y respiración, el potasio que da turgencia al tallo, además el calcio ayuda en la división celular y a un punto muy importante en esta investigación, el desarrollo radicular.

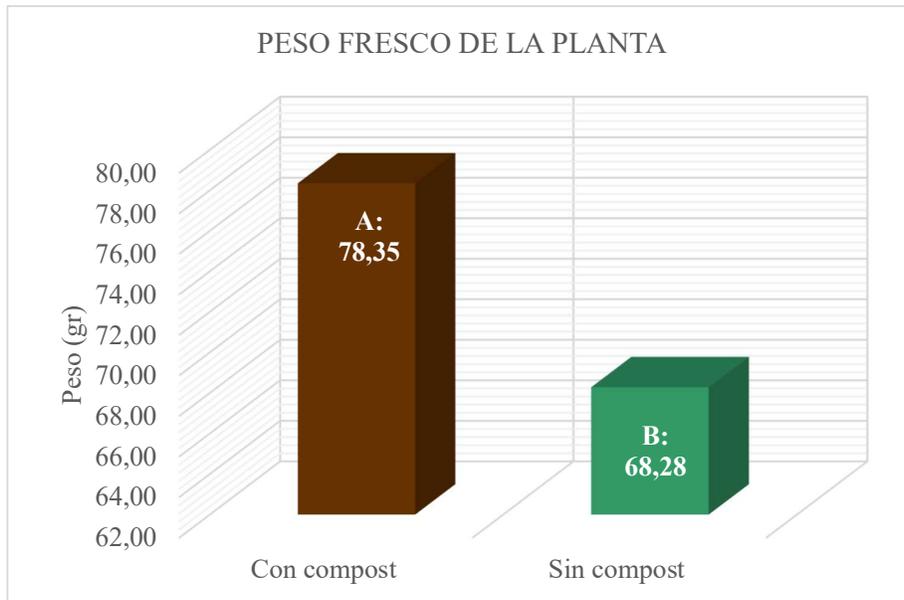


Figura 4. Comparación de resultados en la variable peso fresco de la planta.

Hernández, et al.(2009), mencionan en su investigación realizada con dos tratamientos, Fertilización química y fertilización con abono orgánico, que encontró diferencias significativas en el peso del maíz, indicando que el mayor peso lo consiguió en el tratamiento con aplicación de abono orgánico en comparación del tratamiento con uso de fertilizante químico, lo cual coincide con los resultados de mi investigación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se elaboró abono orgánico (compost) con residuos agrícolas (rastrajo de soya, hojarasca de café y resto de poda, cascara de café) y como base principal el estiércol de cerdo.
- Mediante resultados de análisis de compost encontrados en otras investigaciones se pudo analizar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del elaborado en mi investigación, pudiendo determinar la calidad del abono, y su potencial aporte al suelo y producción de maíz.
- Dentro de las variables que se evaluó a los 20 DDS está la longitud de raíces, donde se obtuvo el mejor resultado con la aplicación de compost con una media de 19, 62 cm mientras que el maíz sin abono alcanzo 17.38 cm, también la altura de planta se demostró un resultado de 45.79 cm en plántulas con aplicación de compost dejando atrás a el tratamiento sin compost con 39,90 cm, el diámetro de tallo tuvo 18 mm el tratamiento con compost frente 16.3 mm que obtuvo las plántulas sin compost, y finalmente el peso fresco de la planta resulto con 78.35 gr con aplicación de compost y 68,28 gr sin aplicación, quedando demostrado que los mejores resultados fueron con la aplicación de compost.

Recomendaciones

- Antes de realizar el compost, es muy importante determinar las proporciones de los materiales a compostar, considerando la relación C: N.
- Se debe llevar un control de todo el proceso de compostaje, manteniendo adecuados los parámetros como pH, acides, humedad y aireación.
- Es importante realizar análisis físico, químico y microbiológico del compost maduro, para poder aplicar proporcionalmente correcto las dosis al suelo.

BIBLIOGRAFIA

Beltrán, L., 2012. *Evaluación del efecto de la aplicación del abono orgánico valle del Carrizal en el cultivo de pimiento (Capsicum annum L.) en la parroquia Ancón, provincia de Santa Elena, La Libertad*: UPSE. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/890/1/BELTRAN%20MU%C3%91OZ%20LEONARDO-2012.pdf>

Blessing, D. & Hernández, G., 2009. *Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en maíz, var. NB-6 bajo prácticas de fertilización orgánica y convencional en la fonca El Plantel*, Managua: Universidad Nacional Agraria .

Cirilo, A., 1996. *Ecofisiología del cultivo de maíz*. 1 ed. Buenos Aires: s.n.

Colin-Navarro, V. y otros, 2019. Propiedades químicas y microbiológicas del estiércol durante el compostaje y vermicompostaje. *Agrociencia* , 53(2), pp. 161-173.

Guerrero, J., 1993. *Tecnología para el manejo ecológico de suelos*. 1 ed. Lima: s.n.

Hernández, M. y otros, 2009. Application of organic fertilizers in the production of forage corn with drip irrigation. *Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo*, Volumen 27, pp. 329-336.

INEC, 2019. *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. [En línea] Available at: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/> [Último acceso: Marzo 2021].

Layne, J., Méndez, J. & Figueroa, J., 2007. Crecimiento de plántulas a partir de tres tamaños de semillado de dos cultivares de maíz, sembrados en arena y regados con tres soluciones osmóticas de sacarosa. *Ideisa*, 25(1), pp. 21-36.

León, U., 2010. *Alternativa para la utilización de estiércol porcino en la agricultura*, Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Moreno, J., 2015. *Producción de pimiento (Capsicum annum L.) bajo fertilización ecológica, convencional e integrada en la comuna San Rafael, Santa Elena, La*

Libertad: UPSE. Obtenido del repositorio:
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2241/1/UPSE-TIA-2015-024.pdf>

Moreno, L., 2019. *Calidad de abonos orgánicos a partir del estiércol porcino y su efecto en el rendimiento del maíz chala*, Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Moreno, L. & Cadillo, J., 2018. Uso del estiércol porcino sólido como abono orgánico en el cultivo de maíz chala. *Anales Científicos*, 79(2), pp. 415 - 419.

Pavón, J. & Zapata, O., 2012. *Comparación de tres fertilizantes orgánicos y un abonado en el cultivo de maíz (Zea mays), en el campus orgánico agropecuario de la UNAN-LEÓN*, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Reyes, C., 1990. El maíz y su cultivo. En: Mexico. D.F: México, pp. 320-350.

Roman, P., Martínez, M. & Pantoja, A., 2013. *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. 1ra ed. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Ruvalcaba, J. y otros, 2019. Uso de bacterias ácido lácticas para descontaminación de estiércol porcino mediante ensilaje experimental. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, 35(1), pp. 247-257.

Salcedo, S., 2016. *Comparativo de fuentes nitrogenadas en un suelo arenoso utilizando como cultivo indicador al maíz a nivel de invernadero*, Lima: UNALM.

Suárez, Y., 2015. *Efecto de soluciones nutritivas y tiempos de cosecha en el rendimiento y calidad nutricional del forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) en Santa Elena*, La Libertad: UPSE. Disponible en:
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2737/1/UPSE-TIA-2015-033.pdf>

ANEXOS

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
Temperatura												
Ref temperatura	15°-40°		40°-65°			15°-40°			~T°ambiente			
pH												
Ref pH	4-6		8-9			7-8			6-8			
Humedad												
Ref humedad	variable, dependiendo de la humedad de entrada, entre 30% - 60%.											
Aspecto												
Ref aspecto visual												

Anexo. 2. Planilla de control del proceso

N°pl	Variables							
	Altura de planta (cm)		Diámetro (mm)		Longitud de raíz (cm)		Peso fresco de la planta	
	Con compost	Sin compost	Compost	Sin compost	Con compost	Sin compost	con compost	sin compost
1	48	43	19	16	20.60	17.00	75.80	60.30
2	48	44	18	17	19.40	18.00	80.50	75.80
3	46.4	39	19	17	19.10	18.00	78.50	63.40
4	46.4	38	19	16	21.00	17.00	75.30	65.80
5	45.4	42	10	17	19.50	16.80	72.20	70.30
6	51.4	37	19	16	18.50	17.00	77.00	68.00
7	40	39	20	15	19.00	18.00	82.00	67.20
8	41.4	38	18	17	19.60	17.00	80.10	75.00
9	43.4	40	18	16	20.10	17.00	77.10	62.40
10	47.5	39	20	16	19.40	18.00	85.00	74.60
Promedio	45.79	39.9	18	16.3	19.62	17.38	78.35	68.28

Anexo. 3. Datos de las variables evaluadas en maíz



Anexo. 4. Materiales para elaborar compost (rastrajo de soya y maleza seca)



Anexo 5. Estiércol porcino y cascara de café para compostar



Anexo. 6. Pilo para compostar formado ya con todos los materiales