



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**FERTILIZACIÓN EN SUELO EN EL CULTIVO DE MAÍZ CON DIFERENTES
DOSIS DE LIXIVIADO DE PLÁTANO**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADO EN INGENIERIA AGRONOMICA EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**

PRESENTA

ERIK JAFET DE JESÚS RONQUILLO

DIRECTOR DE TESIS

M. C. RAMIRO ESCOBAR HERNÁNDEZ

CODIRECTOR

DR. FERNANDO LÓPEZ MORALES

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre 2025.



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**FERTILIZACIÓN EN SUELO EN EL CULTIVO DE MAÍZ CON DIFERENTES
DOSIS DE LIXIVIADO DE PLÁTANO**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**

PRESENTA

ERIK JAFET DE JESÚS RONQUILLO

DIRECTOR DE TESIS

M. C. RAMIRO ESCOBAR HERNÁNDEZ

CODIRECTOR

DR. FERNANDO LÓPEZ MORALES

ASESORES

M. C. ESTEBAN JOAQUÍN MEDINA

M. C. GUILLERMO JESUITA PÉREZ MARROQUÍN

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre 2025.

La presente tesis titulada: "Fertilización en suelo en el cultivo de maíz con diferentes dosis de lixiviado de plátano." realizada por Erik Jafet de Jesús Ronquillo, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: M.C. Ramiro Escobar Hernández

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Ramiro Escobar Hernández", written over a horizontal line.

Codirector: Dr. Fernando López Morales

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Fernando López Morales", written over a horizontal line.

Asesor: M.C. Esteban Joaquín Medina

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Esteban Joaquín Medina", written over a horizontal line.

Asesor: M.C. Guillermo Jesuita Pérez Marroquín

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Guillermo Jesuita Pérez Marroquín", written over a horizontal line.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: BUAP CA – 231 – Manejo de recursos fitogenéticos a la línea de Investigación: Manejo y conservación de recursos fitogenéticos de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, dicho trabajo fue financiado por recursos propios.

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de estar dentro de esta experiencia y convivir con todas las personas que apoyaron a este momento único en mi vida tan importante.

A mi madre Eréndira Araceli Ronquillo Córdoba, que con cada una de sus palabras me enseñó a seguir adelante a pesar de las adversidades y que gracias a su apoyo emocional pude sacar adelante este proyecto de investigación, agradezco el que este siempre al pendiente de mí.

A mi padre Juan Francisco de Jesús de la Cruz, por ayudarme durante toda mi carrera, le doy gracias por estar siempre presente y al pendiente de mí, por su apoyo y por ser un ejemplo de padre para mí.

A mis abuelas María Luisa de la Cruz y Florentina Córdoba, quienes me alentaron en cada una de sus palabras para poder estar hoy aquí, gracias por su amor, su cariño, sus consejos y por siempre confiar en mí.

A mis hermanos Jaime Giovanni Ronquillo y Ana Deli Ronquillo, por ser un pilar dentro de mi formación profesional, con los alientos y apoyos emocionales.

En especial a mi hermano Luis Enrique Méndez Ronquillo, por ser el aliento de apoyo por ser quien soy hoy en día profesionalmente y por siempre recordar que, si podía lograrlo, hoy se va hasta el cielo esta dedicatoria.

A las personas que hoy ya no están conmigo y han formado parte de mi vida, gracias a ellos he llegado a estas estancias de mi vida.

A mis amigos Santi, Manny, De Leon y Rogelio que forme a lo largo de toda la carrera, compañeros de clase que me ayudaron y formaron parte de esta historia en mi profesión.

A los trabajadores del rancho de Tlapacoyan que me apoyaron a sacar mis análisis y ser parte del trabajo de campo junto conmigo.

Al Q. Ramon González Márquez por su amistad y su tiempo para aclararme dudas, errores, y por aportarme conocimientos para mejorar en mis análisis de laboratorio así mismo por sus consejos que guiaron mi tema de investigación.

A cada una de las personas que me motivaron a terminar mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por permitirme ser estudiante de esta gran universidad y dar un aporte a la comunidad social.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias por darme a los profesores, amigos, conocimientos y aportaciones importantes para mi formación profesional.

Al M.C Ramiro Escobar Hernández por su apoyo enorme como maestro y amigo, por tomarme en cuenta para ser parte de este trabajo de investigación, también por la confianza que me dio para trabajar, estudiar y realizar mi tesis hoy en día, así mismo por darme el espacio para trabajar en mi investigación así con todo el apoyo que estuvo en sus manos para terminar la tesis.

Al Dr. Fernando López Morales por sus consejos, por su tiempo que me aportó, sus conocimientos y su ayuda.

Al M.C Esteban Joaquín Medina por su dedicación como maestro y amigo, por el apoyo y aportación que me hizo a lo largo de la tesis, todo con el fin de mejorar en la investigación, por aportar significativamente en mis análisis de laboratorio y por formar parte de sus trabajos de investigación.

INDICE GENERAL

Contenido	Página
RESUMEN	vi
ABSTRAC	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1 Origen del maíz	5
4.2 Clasificación taxonómica del maíz.....	5
4.3 Características botánicas del maíz	7
4.3.1 Ciclo del cultivo	7
4.3.2 Fenología del maíz	8
4.4 Requerimientos edáficos para el maíz	9
4.5 Rendimiento del maíz.....	10
4.6 Variedades del maíz.....	10
4.7 Manejo cultural del maíz	10
4.8 Control de malezas	11
4.9 Fertilización química del maíz	11
4.10 Fertilización orgánica del maíz.....	12
4.10.1 Lixiviado de plátano como fuente de nutrientes para el cultivo de maíz	14
V. MATERIALES Y MÉTODOS	15
5.1 Localización del sitio experimental.....	15
5.2. Establecimiento del cultivo	15

5.3. Preparación de muestras de suelo	16
5.4. Diseño experimental	17
5.5. Variables evaluadas	18
5.5.1. Suelo	18
5.5.1.1. pH	18
5.5.1.2. Conductividad eléctrica	18
5.5.1.3. Materia orgánica	19
5.5.1.4. Densidad aparente.....	20
5.5.6. Nitrógeno inorgánico.....	21
5.5.1.7. Fosforo aprovechable	22
5.5.1.8 Cromatografía de suelo por el método de Pfeiffer	23
5.5.2.1. Altura de planta	26
5.5.2.2. Número de hojas en la planta de maíz.....	27
5.5.2.3. Diámetro de tallo	27
5.5.2.4. Diámetro de mazorca.....	28
5.5.2.5. Número de hojas por mazorca	28
5.5.2.6. Número de hileras por mazorca.....	28
5.5.2.7. Número de granos por hilera de mazorca.....	28
5.5.2.8. Peso de mazorca	28
5.5.2.9. Producción de material fresco	28
5.5.2.10. Producción de materia seca	29
5.6 Análisis de los datos	30
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
6.1. Resultados evaluados en suelo	31
6.1.1. pH	31

6.1.2, Conductividad eléctrica	32
6.1.3. Materia orgánica	32
6.1.4. Densidad aparente.....	33
6.1.5. Nitrógeno inorgánico.....	34
6.1.6. Fosforo aprovechable	35
6.2. Cromatografía de suelo a los 51 días y 84 días después de siembra.....	37
6.2.1. Interpretación de T1 100 % lixiviado de plátano	37
6.2.2. Interpretación T2 50 % lixiviado de platano – 50 % de agua.	38
6.2.3. Interpretacion T3 25 % lixiviado de platano – 75 % agua.	39
6.2.4. Interpretación T4 testigo	39
6.2.5 Interpretacion T5 solución Steiner con lixiviado de plátano.	40
6.3. Resultados evaluados en planta	41
6.3.1. Número de hojas.....	41
6.3.3 Diámetro de tallo de planta.....	44
6.3.4. Número de hojas	45
6.3.5. Número de granos por mazorca	45
6.3.6. Número de hileras por mazorca	45
6.3.7. Diámetro de mazorca	46
6.3.8. Longitud de mazorca.....	46
6.3.6. Peso de la mazorca	47
6.3.7 Peso total de materia fresca y materia seca	48
VII. CONCLUSIÓN	50
VIII. LITERATURA CITADA	51

INDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del maíz	6
Cuadro 2. Clasificación comercial del maíz basado en el color..... ¡Error! Marcador no definido.	6
Cuadro 3. Requerimiento técnico según el ciclo fenológico del maíz.....	10
Cuadro 4. Análisis de pH de suelo.....	31
Cuadro 5. Resultados de conductividad eléctrica	32
Cuadro 6. Porcentaje de materia orgánica	33
Cuadro 7. Resultados de densidad aparente.....	34
Cuadro 8. Análisis de nitrógeno inorgánico	35
Cuadro 9. Análisis de fósforo de suelo.....	36
Cuadro 10. Número de hojas evaluadas en el cultivo de maíz.....	42
Cuadro 11. Altura de planta del cultivo de maíz.....	43
Cuadro 12. Diámetro del tallo de planta del cultivo de maíz.....	44
Cuadro 13. Resultados de las variables evaluadas en mazorca.....	46
Cuadro 14. Variables evaluadas, diámetro y longitud.....	47
Cuadro 15. Resultado evaluado en el peso de mazorca.....	48
Cuadro 16. Materia fresca y seca total.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Ubicación del sitio experimental, Tlapacoyan, Veracruz.	15
Figura 2. Siembra del maiz en la comunidad de San Isidro, Tlapacoyan Veracruz.	16
Figura 3. Aplicación de lixiviado de platano en el cultivo de maiz.	16
Figura 4. Muestreo de suelo de cada tratamiento	17
Figura 5. Agitacion en el agitador de vaiven a 180 rpm.	18
Figura 6. Muestras para lectura de CE.	13
Figura 7. Titulacion de materia organica, tono verde esmeralda.	20
Figura 8. Calculo de densidad aparente.....	21
Figura 9. Muestra en el aparato de destilacion.	22
Figura 10. Titulacion a coloracion rosa de la muestra.	22
Figura 11. Preparacion analisis de fosforo.	23
Figura 12. Agitacion.....	24
Figura 13. Impregnado del nitrato de plata.	25
Figura 14. Impregnado de suelo.	26
Figura 15. Medicion de la altura de la planta de maiz..	27
Figura 16. Numero de hojas..	27
Figura 17. Diametro del tallo de planta de maiz.	28
Figura 18. Pesado de materia fresca.	29
Figura 19. Almacenado de material seco.	29
Figura 20. Cromatograma de suelo del tratamiento 1 A 51 dds B 84 dds.....	37
Figura 21. Cromatograma de suelo del tratamiento 2 A 51 dds B 84 dds.....	38
Figura 22. Cromatograma de suelo del tratamiento 3 A 51 dds B 84 dds.....	39
Figura 23. Cromatograma de suelo del tratamiento 4 A 51 dds B 84 dds.....	40
Figura 24. Cromatograma de suelo del tratamiento 5 A 51 dds B 84 dds.....	41

RESUMEN

El uso de lixiviado de plátanos en diferentes concentraciones es representativo en la producción de maíz, su implementación proporciona una alternativa viable y sostenible para el mejoramiento de la fertilidad del suelo; aumentando los rendimientos de maíz a través de una mayor eficiencia del manejo agroecológico. Así mismo el presente estudio evaluó el impacto de la aplicación de fertilizante orgánico (lixiviado de plátano LP) sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo y el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) comparando diferentes concentraciones de LP y la combinación de LP con solución de Steiner. Se llevaron a cabo 5 pruebas: T1 (100% LP), T2 (50% LP + 50% agua), T3 (25% LP + 75% agua), T4 (Testigo), T5 (50% solución de Steiner + 50% LP), con respecto a las variables del suelo (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, densidad aparente, nitrógeno inorgánico y fósforo disponible), variables de la planta (altura y número de hojas, diámetro del tallo, número de hileras y granos por mazorca, diámetro, longitud y peso de la mazorca, materia fresca y seca). Los resultados demostraron que el impacto del lixiviado de plátano fue un efecto beneficioso sobre la materia orgánica del suelo y la actividad de los microorganismos, resultando en una mejor estructura y aireación. El pH disminuyó un poco, pero se mantuvo en valores adecuados para el maíz. El T5 en el que se utilizaron los valores fue el mejor en la mayoría de las variables estudiadas, y logró un mayor contenido de nitrógeno, crecimiento vegetativo y mayor rendimiento en el número de granos e hileras por mazorca, longitud y peso total. En el lado de la producción, en particular T1 y T5, lograron resultados superiores a los demás tratamientos, demostrando así que el lixiviado de plátano puede, hasta cierto punto, sustituir la fertilización química de manera rentable y beneficiosa para el medio ambiente.

Palabras clave: *Zea mays* L., lixiviado de plátano, solución Steiner, cromatografía, suelo, planta.

ABSTRAC

The use of banana leachate at different concentrations is representative of maize production. Its implementation provides a viable and sustainable alternative for improving soil fertility, increasing maize yields through greater efficiency in agroecological management. This study also evaluated the impact of applying organic fertilizer (banana leachate) on the physicochemical properties of the soil and the maize crop (*Zea mays* L.) by comparing different concentrations of banana leachate and the combination of banana leachate with Steiner's solution. Five trials were conducted: T1 (100% LP), T2 (50% LP + 50% water), T3 (25% LP + 75% water), T4 (Control), and T5 (50% Steiner's solution + 50% LP). The following soil variables were measured: pH, electrical conductivity, organic matter, bulk density, inorganic nitrogen, and available phosphorus; and plant variables: height and number of leaves, stem diameter, number of rows and kernels per ear, ear diameter, length, and weight, and fresh and dry matter. The results demonstrated that the banana leachate had a beneficial effect on soil organic matter and microbial activity, resulting in improved soil structure and aeration. The pH decreased slightly but remained within suitable levels for corn. Treatment T5, in which the values were used, performed best in most of the variables studied, achieving higher nitrogen content, vegetative growth, and greater yield in terms of the number of grains and rows per ear, length, and total weight. In terms of production, treatments T1 and T5, in particular, achieved superior results compared to the other treatments, thus demonstrating that banana leachate can, to a certain extent, replace chemical fertilization in a cost-effective and environmentally beneficial manner.

Keywords: *Zea mays* L., banana leachate, Steiner solution, chromatography, soil, plant.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es un pasto de la familia botánica Gramineae. Este cultivo se originó mediante el proceso de domesticación que llevaron a cabo los antiguos habitantes de Mesoamérica, a partir de los "teocintles" gramíneas muy similares al maíz, que crecen de manera natural principalmente en México y en parte de Centroamérica (Biodiversidad Mexicana, 2020). Asimismo, esto permitió que los primeros agricultores llegaran a esta zona hace aproximadamente 35 millones de años (Carrillo, 2009). Esto significa que históricamente estos procesos de domesticación de plantas comenzaron en el periodo mesolítico (10,000 - 7,000 a.C.) y continuaron durante el neolítico (7,000 - 2,500 a.C.) (Román *et al.*, 2013).

Una de las alternativas prometedoras en la agricultura orgánica es el uso de lixiviados orgánicos, entre ellos el lixiviado de plátano, que se obtiene a partir del proceso de fermentación o descomposición de residuos de plátano (*Musa* spp.) este lixiviado contiene macro y micronutrientes, compuestos orgánicos y microorganismos beneficiosos que pueden contribuir a mejorar la estructura del suelo, su capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Según Moreno *et al.* (2020), “el uso de lixiviados orgánicos permite reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos y promueve una agricultura regenerativa y económicamente viable”

La producción eficiente de maíz depende del entendimiento de diversos métodos de fertilización y sus efectos sobre la salud del suelo, los nutrientes más limitantes en la producción de maíz en suelos degradados son, comúnmente, el nitrógeno (N) y el fósforo (P). La investigación ha demostrado que la combinación de fertilizantes minerales con N y P puede incrementar significativamente el rendimiento del maíz; sin embargo, la aplicación exclusiva de fertilizantes químicos no es suficiente para optimizar de forma sostenible la producción de grano a largo plazo, lo que subraya la importancia de un enfoque integrado de manejo de nutrientes. Este enfoque se fundamenta en tres componentes esenciales: labranza mínima, rotación de cultivos y cobertura del suelo con residuos (CIMMYT, 2021).

Por lo tanto, el uso de fuentes orgánicas con el fin de disminuir las dosis de fertilizantes químicos (NPK) propicia un impacto positivo sobre la conservación del suelo y una mayor eficiencia en el uso de nutrientes por el cultivo, permitiendo el desarrollo de una agricultura sostenible (Barrios y Pérez, 2018), por otra parte, diversos investigadores han señalado que el uso de lixiviados de origen vegetal puede generar efectos sinérgicos cuando se aplican junto con otras prácticas agroecológicas.

En el caso del maíz, cuya demanda de nutrientes es alta durante su desarrollo, el uso de lixiviados como biofertilizantes líquidos puede integrarse en sistemas de manejo sostenible del suelo, reduciendo la lixiviación de nutrientes y mejorando la eficiencia en su absorción (Ramírez y Chávez, 2019), asimismo, se ha documentado que la aplicación foliar o al suelo de lixiviados orgánicos contribuye a mejorar el vigor de la planta, acelerar su crecimiento y aumentar los rendimientos sin efectos negativos sobre el medio ambiente.

De igual forma se ocupó la solución Steiner junto con el lixiviado de plátano, como parte de los tratamientos evaluados en la investigación.

La solución Steiner es una solución nutritiva, donde se encuentran disueltos los nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas. La solución universal Steiner es un fertilizante, y se compone de macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio, que son los elementos más demandados para el desarrollo de los cultivos, y de micronutrientes como: cloro, calcio, magnesio, azufre, boro, manganeso, zinc y molibdeno, elementos que se requieren en menor proporción (Manuales Prácticos para la Elaboración de Bioinsumos, 2022).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el rendimiento productivo del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en efecto a su cambio físico – químico del suelo con diferentes dosis de lixiviado y solución Steiner.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar el desarrollo del cultivo de maíz en resultado de las diferentes dosis de lixiviado de plátano y la solución Steiner.
- Identificar los cambios físico - químicos del suelo con efecto a la aplicación de lixiviado de plátano y solución Steiner en diferentes dosis de fertilización.
- Analizar la posibilidad del uso de lixiviado de plátano como fuente de nutrientes en el cultivo de maíz.

III. HIPÓTESIS

Al menos un tratamiento mejorará en la estructura física y química del suelo, haciendo disponible los elementos aprovechables por el cultivo de maíz para tener un mejor rendimiento en frutos y desarrollo vegetativo del cultivo.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen del maíz

El maíz en la determinación de si el maíz tuvo un origen multicéntrico, producto de varias poblaciones de teocintles de diferentes regiones, teoría basada en patrones característicos de los núcleos cromosómicos del maíz y el teocintle. (Kato *et al.*, 2009)

La interacción entre las civilizaciones y sus cultivos alimentarios, con un énfasis particular en el maíz, se caracterizó por una observación precisa y una conexión importante que les dio una conciencia del entorno alimentario en el que existían. Se sugiere que habían obtenido un conocimiento antiecológico sofisticado sobre los procesos ecológicos, las interacciones entre la vida vegetal y animal, así como las características de las semillas, el crecimiento de las plántulas y las diferencias en cuanto al tipo de suelo, humedad, calor, exposición a la luz y otros elementos (Carrillo, 2009).

Escribiendo sobre el maíz y la cultura en el origen de Mesoamérica (Carrillo, 2009), las tradiciones agrícolas de los primeros agricultores eran parte de una entidad cultural mucho más amplia, formada por los cazadores y recolectores de Mesoamérica que habían vivido allí entre hace 15,000 y 35,000 años. Pero la mayoría de los historiadores están de acuerdo en que comenzó a cultivarse como el maíz moderno, o su nombre popular maíz, que nació en México hace unos 7,000 años cuando un tipo de hierba mutada, llamada Teocintle, se convirtió en lo que actualmente está en el estante del supermercado. Se presume que, al igual que los mexicanos, los guatemaltecos también buscaban controlar el contenido del alcaloide atropina de la planta y mantenían diferentes formas mutantes (Grupo semillas, 2012).

4.2 Clasificación taxonómica del maíz

La clasificación taxonómica es importante para la preservación y caracteriza a una planta haciendo semejanzas con alguna otra (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del maíz

Reino	Vegetal
Subreino	Embriobionta
División	Angiospermae
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	Zea
Especie	Mays
Nombre científico	Zea mays L.

Fuente: Guacho (2014)

a. Comercial

La clasificación del maíz por colores es un requisito comercial y las características de los diferentes tipos se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación comercial del maíz basado en el color.

COLOR	CARACTERISTICAS
Maíz blanco	Presenta un valor menor o igual a 5 % de maíces amarillos. Un ligero tinte cremoso, pajizo o rosado no influye en esta clase.
Maíz amarillo	Presenta un valor menor o igual a 5% de maíces amarillos. Un ligero tinte cremoso, pajizo o rosado no influye en esta clase.
Maíz mezclado	Maíz blanco que contenga entre 5,1 a 10 % de maíces amarillos, así como el maíz amarillo que presenta un valor entre 5,1 a 10 % de maíces blancos.
Maíz negro	Presenta un valor menor o igual a 5% de maíces blancos o amarillos. Siendo superior al 10 % de maíces oscuros

Fuente: Grupo semillas (2022)

4.3 Características botánicas del maíz

Según Maroto (1998), el maíz presenta las siguientes características botánicas:

a. Raíces

El maíz cuenta con cuatro tipos de raíces, las cuales son: las seminales, las definitivas, las de soporte y las aéreas.

b. Tallo

El tallo de la planta de maíz es leñoso y cilíndrico este tallo cuenta con una cantidad de nudos que van desde los 8 cm hasta los 25 cm con un promedio de 16 cm.

c. Hojas

Son grandes, alternas, lanceoladas, con venas paralelas y largas. Abrazan el tallo, son peludas en la parte superior, que van desde las 8 hasta las 25 hojas, su color es verde pero también lo hay con rayas ligeramente blancas o de púrpura.

d. Inflorescencia

Es una planta monoica, con inflorescencias masculinas y femeninas separadas que ocurren en la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula amarilla (espiga o penacho) y tiene un promedio de 20 a 25 millones de granos de polen. Cada flor en esta panícula tiene tres estambres en los que se produce el polen.

b. Grano

Después de la fecundación los estilos toman la marchitez y toman una coloración castaña, dentro de las siguientes semanas se forman los granos hasta que la mazorca tiene su longitud y diámetro definitiva.

4.3.1 Ciclo del cultivo

Las variedades de maíz suave son autóctonas de cada región. Por lo general, la mayoría de los cultivadores siembran en el campo desde septiembre hasta mediados de enero, coincidiendo con el inicio de la lluvia principal para aumentar la germinación y la producción. El ciclo de crecimiento, también en formas mejoradas, es de hasta 270 días; sin embargo, la duración varía según la variedad y el objetivo, ya sea mazorca fresca o grano seco (INIAP, 2011).

4.3.2 Fenología del maíz

La fenología del maíz se divide en dos estados (INTA, 2012).

ESTADOS VEGETATIVOS

VE emergencia
V1 primera hoja
V2 segunda hoja
V3 tercera hoja
V(n) enésima hoja
VT Panoja

ESTADOS REPRODUCTIVOS

VE emergencia
V1 primera hoja
V2 segunda hoja
V3 tercera hoja
V(n) enésima hoja
VT Panoja

Existen eventos que ocurren en ciertos períodos en el desarrollo fenológico del maíz (INTA, 2012) como sigue:

V3: El punto de crecimiento está bajo tierra en la etapa V3; las temperaturas más frías pueden extender el tiempo entre la emergencia de las hojas, y el daño por heladas en esta etapa tiene un impacto mínimo en el crecimiento y el rendimiento final.

V6: Aún puedes posponer el último pase a menos que hayas terminado de fertilizar, ya que el sistema de raíces nodales está uniformemente distribuido por el suelo. También pueden ser visibles síntomas de deficiencia de macro o micronutrientes.

V9: Se han formado muchas mazorcas rudimentarias y en el interior de la planta la espiga crece rápidamente. Además, se produce un aumento repentino en la velocidad de absorción de biomasa, nutrientes y agua, y continúa casi hasta el final de la fase reproductiva.

V12: Aquí se establece el tamaño potencial de la mazorca y el número potencial de óvulos en la mazorca. El riego y la nutrición son muy importantes, ya que se está desarrollando el tamaño de la mazorca y el número de óvulos.

V15: El período crítico para definir el rendimiento. Las hojas emergen cada 1 a 2 días y las sedas emergen en las mazorcas superiores.

R1: Comienzo de la floración. Se está estableciendo el número de óvulos fertilizados en este momento. El calor provoca el aborto del grano (y los óvulos no polinizados se vuelven

infértiles y mueren). El estrés ambiental ahora está afectando la polinización y el cuajado, principalmente el estrés hídrico que resulta en el secado de sedas y granos de polen. Además, el rápido llenado de grano desde la etapa de floración inicial hasta R5 también provoca el ataque de gusanos; por lo tanto, se necesitan controles.

R5: Se forma una capa superior de almidón blanco a medida que los granos se secan desde la parte superior. El peso del grano podría disminuir debido al estrés y las heladas.

R6: Cuando el grano alcanza su peso completo y se cosecha.

4.4 Requerimientos edáficos para el maíz

Suelo: El maíz es muy adaptable a todos los tipos de suelo, pero se desarrolla mejor en suelos de textura franco, franco-arcillosa y franco-limosa. El pH debe estar entre 6,5 y 7,5. También necesita suelos profundos, con materia orgánica y buen drenaje, para evitar el encharcamiento con asfixia radicular que ocurre (Yanez *et al.*, 2005). Cuando se siembra en estos suelos, es más fácil romper la capa del suelo, las plantas son fuertes y vigorosas, se obtienen mazorcas grandes y la calidad del grano es buena (INIAP, 2011).

Clima: El maíz suave se cultiva a altitudes entre 2200 y 3100 metros, en un clima templado-frío y subtropical, se desarrolla mejor a temperaturas de 10 a 20 °C y con abundante luz solar. Un elemento para considerar es que la temperatura mínima de germinación está entre 15 y 20 °C (Yanez *et al.*, 2005).

La FAO (2012) informa que la temperatura ideal para el maíz debería estar entre 15 y 30 °C; pero afirma que el maíz puede soportar un mínimo de 8 °C y que los principales problemas de mala absorción de nutrientes minerales y agua comienzan por encima de 30 °C. La FAO también señala que la temperatura óptima para el desarrollo de la mazorca está entre 20 y 32 °C.

En el Manual de Agricultura de 2001, se informa que el maíz requiere una tasa de humedad del 80-90% y un rango de precipitación entre 700 y 1300 mm. También se refiere a una tabla de síntesis de las temperaturas óptimas para cada fase que se muestra a continuación en el Cuadro 3:

**Cuadro 3. Requerimiento térmico según el ciclo
fenológico del maíz.**

Proceso fisiológico	Temperatura en °C		
	Mínima	Optima	Máxima
Germinación	10	20-25	40
Crecimiento	15	20-30	40
Floración	20	21-30	30

Fuente: Manual agropecuario (2001)

4.5 Rendimiento del maíz

Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), el rendimiento promedio de maíz en Veracruz fue de 2.2 toneladas por hectárea en 2020.

4.6 Variedades del maíz

El estado de Veracruz es uno de los estados más importantes del país en relación con la promoción, producción y regulación de agro alimentos, que contribuyen a la economía del estado, uno de los productos destacados del estado es el maíz, uno de los alimentos más importantes en el territorio nacional (Serratos, 2009). Los tipos de maíz de Veracruz son los siguientes:

Tuxpeño, Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Olotillo, Bolita, Dzit-Bacal, Nal-Tel, Pepitilla, Mushito, Cacahuacintle, Palomero, Tepecintle, Arrocillo Amarillo, Olotón, Coscomatepec (Serratos, 2009).

4.7 Manejo cultural del maíz

Una nutrición equilibrada y adecuada en el maíz (como en cualquier cultivo) ofrece una mejor protección contra el ataque de plagas y enfermedades.

Los nutrientes más importantes necesarios para la producción de maíz para obtener altos rendimientos son:

Macronutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K);

Nutrientes secundarios: calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S);

Microelementos: hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), y boro (B), este último especialmente en suelos alcalinos, donde su asimilación está bloqueada.

Para generar una tonelada de grano de maíz se necesitan:

23 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) [o 20 – 29 kg/N/otros],

10.7 kg ha⁻¹ de fósforo (P),

25 kg ha⁻¹ de potasio (K),

siendo el P el más limitante de los tres. (R. Meza Ponce y J. R. Angulo S.).

Por lo tanto, para obtener un rendimiento de grano de 10 t ha⁻¹, es necesario un suministro de 200 a 250 kg N ha⁻¹ (Borbón-García *et al.*, 2011).

4.8 Control de malezas

Entre estos, tenemos los factores climáticos como uno de los más importantes, la calidad del suelo y del agua, así como la disponibilidad oportuna en los sistemas de riego, plagas y microorganismos que impactan el desarrollo de las plantas, y la presencia de cualquier cosa no deseada en las plantas de la propiedad (malezas), el término más ampliamente utilizado para malezas fue: una planta que crece donde no se desea y no es valorada por alguna razón por un humano (Tamayo, 2003).

Las malezas representan el 41.6 % del total de organismos dañinos al considerar la pérdida de los rendimientos y los gastos necesarios para controlar su propagación. La parte restante de la suma se atribuye a otros organismos, incluidos los insectos plaga (28.1 %), las enfermedades (27.1 %) y los nematodos (3.2 %) (Tamayo, 2003).

4.9 Fertilización química del maíz

El maíz es uno de los cultivos más significativos del mundo como fuente de alimento, forraje y materias primas para la industria. El manejo adecuado del suelo y una buena fertilización son importantes para obtener altos rendimientos. El uso de fertilización química también se ha generalizado en las actividades agrícolas contemporáneas, y proporciona los nutrientes esenciales y necesarios al cultivo en la cantidad adecuada (Esquivel, 2005).

Así mismo el maíz es un cultivo con demanda de nutrientes, particularmente de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), que son esenciales para su óptimo crecimiento y rendimiento. Durante el crecimiento vegetativo y la acumulación de biomasa, el nitrógeno es

indispensable. El fósforo es responsable del desarrollo de raíces y floración, mientras que el potasio está involucrado en la resistencia a enfermedades y el llenado de granos (Esquivel, 2005)

Según Sánchez-Hernández *et al.* (2019), se necesitan aproximadamente 180–250 kg de N, 60–100 kg de P_2O_5 y 100–200 kg de K_2O por hectárea de maíz de alto rendimiento; y la cantidad de fertilizante requerida para un tipo de suelo, genotipo y condiciones microclimáticas dadas diferirá.

Dentro de estos existen algunos de los fertilizantes químicos más populares aplicados al maíz:

Urea (46-0-0) – usada como alimento rico en nitrógeno para las plantas.

Superfosfato triple (0-46-0): para suministrar fósforo.

Cloruro de potasio (0-0-60): compuesto regular que contiene potasio.

Estos pueden aplicarse con precisión a una cierta tasa, pero la aplicación del producto debe hacerse adecuadamente para mitigar la lixiviación o volatilización, especialmente para el N (FAO, 2021).

Una opción es dividir la aplicación de nitrógeno en dos o tres aplicaciones, una en la siembra, una segunda vez durante el crecimiento vegetativo y, a veces, una tercera vez en la floración. Esta tecnología mejora la eficiencia del uso de nutrientes y minimiza las pérdidas ambientales (Torres-Dorante *et al.*, 2020).

Además, el análisis temprano del suelo permite ajustar la dosis de fertilización basada en los nutrientes disponibles y contribuye a la reducción de costos mientras se maximiza la producción (Cordero y Llanderal, 2018).

4.10 Fertilización orgánica del maíz

El maíz es uno de los cultivos más significativos a nivel mundial, particularmente en América Latina, donde es central tanto para la alimentación como para la economía. La fertilización orgánica ha ganado importancia en las últimas décadas como una opción amigable con el medio ambiente en comparación con los fertilizantes químicos convencionales, ya que mejora la salud del suelo, la biodiversidad y la seguridad alimentaria (Altieri y Nicholls, 2020).

Esto se enmarca en la categoría de satisfacer las necesidades nutricionales de un cultivo con materiales naturales (estiércol, compost, lixiviados, abono verde).

La fertilización orgánica tiene muchas ventajas para la producción de maíz y para el entorno agrícola:

Mejora de la estructura del suelo: Los fertilizantes orgánicos aumentan el contenido de materia orgánica del suelo, lo que mejora la capacidad de retención de agua y la aireación del suelo (García-González *et al.*, 2019).

Fuente de nutrientes: Se ha demostrado que los fertilizantes orgánicos contienen nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y micronutrientes necesarios para el crecimiento del maíz, con una liberación más lenta en comparación con los fertilizantes químicos (Vallejo *et al.*, 2020).

Estimulación de la actividad microbiana: Estimulan el crecimiento de microorganismos beneficiosos, que aumentan la accesibilidad de nutrientes e inducen la supresión de enfermedades (Cruz-Acosta *et al.*, 2021).

Reducción del impacto ambiental: El uso de residuos agrícolas y orgánicos disminuye la necesidad de insumos sintéticos y reduce la contaminación tanto del agua como del suelo.

En la agricultura los fertilizantes orgánicos utilizados principalmente para el cultivo de maíz son:

Estiércol de ganado, cerdos y aves: Abundante en nitrógeno y carbono orgánico.

Compost derivado de la descomposición de residuos vegetales y animales.

Lixiviado de plátano: Niveles extremadamente altos de nutrientes disponibles para las plantas.

Cultivos de cobertura: Canavalia, Mucuna o Vicia que se incorporan al suelo antes de florecer.

Varias investigaciones han demostrado que la aplicación de 10 a 20 t ha⁻¹ de estiércol compostado aumentaría significativamente el rendimiento del maíz y mejoraría la fertilidad del suelo a largo plazo (Méndez-López *et al.*, 2018).

4.10.1 Lixiviado de plátano como fuente de nutrientes para el cultivo de maíz

La banana o plátano (*Musa* spp.) es una planta tropical monocotiledónea de la familia de las monocotiledóneas. Se consume en todo el mundo por su disponibilidad, valor nutritivo y rentabilidad. La fruta es una buena fuente de vitaminas (como B6, C y A) y minerales (potasio, magnesio, calcio) y es rica en fibra; el contenido de sodio es bajo y no tiene grasa ni colesterol (FAO, 2012).

Los plátanos se cultivan a escala comercial en 17 de los 32 estados de México, siendo Chiapas, Tabasco, Veracruz y Colima los productores más significativos, produciendo el 75 % de la producción nacional. El estado de Veracruz es uno de los estados con mayor producción, registrando una producción anual de aproximadamente 2 millones 208 mil toneladas (SAGARPA, 2017). En Veracruz hay dos regiones principales para la producción de plátano: la Cuenca del Papaloapan y la zona de Nautla. En esta última se encuentra el municipio de Tlapacoyan, donde la economía local depende en gran medida del cultivo de plátano (Susan-Tepetlan *et al.*, 2017).

En el ciclo de vida del plátano, se producen grandes cantidades de residuos orgánicos, incluyendo el raquis. Uno de los residuos más nutritivos del plátano es el raquis, también llamado pinzote o tallo, que es en espiral y ayuda a sostener los racimos. El raquis es un subproducto cuando los plátanos se están empacando, la separación líquida de estos residuos ofrece una oportunidad de obtener nutrientes para la recuperación de nutrientes a bajo costo, lo cual podría implementarse en la finca o en las instalaciones de empaque, ya que el uso de fertilizantes orgánicos producidos en el lado de la demanda es limitado, aunque comercializado, debido a la falta de aceptación técnica por parte de los agricultores (Salazar-Sosa *et al.*, 2010). Además de su acción nutritiva, los lixiviados han sido probados para el control de plagas, y es principalmente por la alta biodiversidad de microorganismos en los lixiviados (Staley *et al.*, 2012).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del sitio experimental

El experimento se estableció en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz, en la localidad de San Isidro (Figura 1), el cual se encuentra a 427 msnm, el clima que prevalece en la región es cálido húmedo con lluvias todo el año (48.44 %), semicálido húmedo con lluvias todo el año (40.33 %) y cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (11.23 %). Con un rango de precipitación de 1900 mm y un rango de temperatura de 22°C (INEGI, 2010). Experimento realizado en el año 2024.

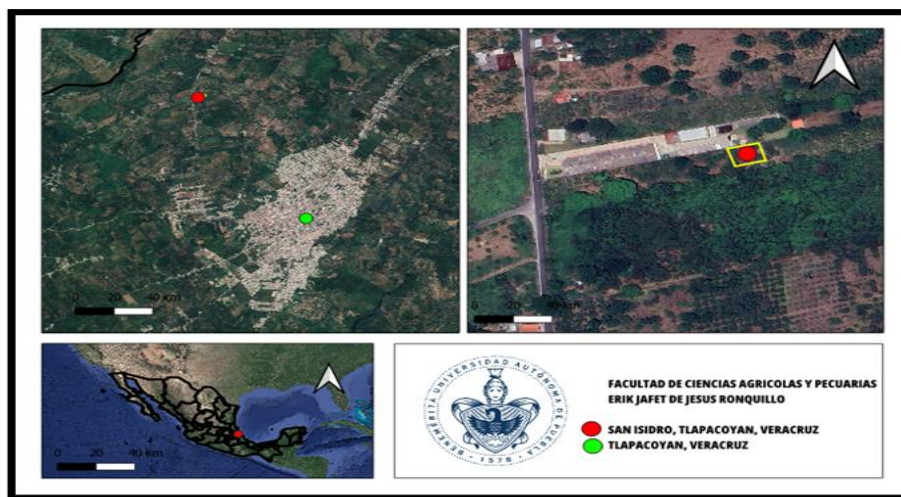


Figura 1. Ubicación del sitio experimental, Tlapacoyan, Veracruz.

Fuente: Elaboración propia

5.2. Establecimiento del cultivo

Previo a la siembra se efectuaron las labores culturales del suelo, tales como limpieza del terreno por el método de la labranza de conservación.

Las semillas de maíz se obtuvieron de la distribuidora de agroquímicos en la ciudad de Tlapacoyan, Veracruz.

La siembra se realizó el sábado 28 de septiembre de 2024, las semillas se sembraron tradicionalmente con ayuda de una estaca, la distancia entre cada golpe utilizado fue de 80 cm y se depositaron 2 semillas por golpe en la siembra del maíz (Figura 2).



Figura 2. Siembra del maíz, en la comunidad de San Isidro, Tlapacoyan, Veracruz.

Fertilización

El fertilizante que aplicamos fue el lixiviado de plátano en sus diferentes presentaciones, disuelto en agua, así mismo como se utilizó la solución Steiner disuelta en lixiviado con aplicaciones cada 15 días de cada uno de los tratamientos (Figura 3).



Figura 3. Aplicación de lixiviado de plátano en el cultivo de maíz.

5.3. Preparación de muestras de suelo

Se prepararon 5 muestras de suelo correspondientes a cada tratamiento a los 51 días después de la siembra y a los 84 días después de la siembra con su última evaluación, la extracción se realizó de los 0 a 30 cm (Figura 4), haciendo la muestra homogeneizada de modo que de lo extraído solo quedaran 2 kg de suelo, en donde una vez recolectadas e identificadas por tratamiento, las muestras de suelo fueron guardadas en bolsas con capacidad de 2 kg, quedando identificadas por el nombre de quien recolectó la muestra, nombre del cultivo, lugar de la extracción y fecha de colecta de la muestra.



Figura 4. Muestreo de suelo de cada tratamiento.

En la preparación de las muestras de suelo para su análisis, se secaron bajo el sol de manera natural, de forma que nuestro suelo no perdiera nutrientes que afectaran nuestra evaluación, para nuestra muestra se chequeó que no tuviera humedad o ligera presencia de la misma, en el proceso de secado se utilizó una tabla de madera para cada muestra bien identificada por tratamiento y repetición, cuando nuestro suelo ya estaba completamente seco, paso a ser tamizado utilizando un tamiz de malla de 2 mm de diámetro y se prepararon para los análisis.

5.4. Diseño experimental

El diseño experimental corresponderá en completamente al azar, con 5 tratamientos, 5 repeticiones y 5 plantas por unidad experimental. Las dimensiones de la parcela experimental fueron de 50 m de largo por 35 m de ancho, en la cual se distribuirán 5 filas por 5 hileras de 10 m por 7 m. los tratamientos fueron los siguientes.

T1: 100 % de lixiviado de plátano.

T2: 50 % de lixiviado de plátano con 50 % de agua.

T3: 25 % de lixiviado de plátano con 75 % de agua.

T4: Testigo.

T5; Solución Steiner 50 % con lixiviado de plátano.

5.5. Variables evaluadas

5.5.1. Suelo

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM – 021 – RECNAT – 2000 que se establece en las especificaciones de estudios, muestreos y análisis de suelo, se llevó a cabo las variables evaluadas.

5.5.1.1. pH

Se colocaron 20 g de suelo seco en un vaso de precipitado de 100 ml, donde se añadieron 40 ml de agua desionizada, en relación 1:2; Se mantuvo en agitación a 180 rpm (Figura 5) durante 30 minutos y se dejó reposar por 10 minutos, finalizado el tiempo de espera de reposo, se obtuvo la lectura sumergiendo el electrodo en la parte superior de la solución correspondiente de pH.



**Figura 5. Agitación en el agitador de
vaivén a 180 rpm**

5.5.1.2. Conductividad eléctrica

Se colocaron 20 g de suelo pesados en la balanza digital y colocada la muestra de suelo en un vaso de precipitado de polipropileno de 100 mL, se añadieron 40 mL. de agua desionizada, el cual fueron utilizadas las muestras que se usaron en el análisis de pH donde solo añadimos

60 mL de agua desionizada, la solución con el suelo se dejó 24 horas de reposo a partir de la evaluación de pH para que se obtuvieran los datos del análisis de CE.

Pasadas las 24 horas de reposo de la muestra de suelo se filtró por papel del No. 5, hasta llegar a una muestra clara (Figura 6), para su análisis se utilizó el electrodo el cual enjuago tres veces con agua desionizada para prevenir que tenga residuos que alteren nuestro análisis, se sumergió el electrodo en la solución a estudiar, dos o tres veces para la obtención del resultado el cual se tomó el resultado de conductividad eléctrica en μs .



Figura 6. Muestras para lectura de CE

5.5.1.3. Materia orgánica

Se trabajo con muestras de suelo secado a la sombra molidas con proporciones lo más fina posible, en el cual se pesaron 0.500 g de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL pesado en la balanza analítica.

En el matraz ya con la muestra de suelo pesada se agregó una alícuota de 10 mL de dicromato de potasio 1 N agregando con el mayor cuidado 20 mL de ácido sulfúrico concentrado, por las paredes del matraz, el cual se dejó reposar por 30 minutos sobre una mesa de concreto, una vez pasado el tiempo de reposo se añadieron 100 ml de agua desionizada y reposo por 10 minutos, después se adicionaron 3 mL de ácido fosfórico al 85 % incorporando 10 gotas de solución reactiva de difenilamina.

Se tituló con la solución estándar de sulfato ferroso 1 N, hasta que se obtuvo un tono verde esmeralda (Figura 7). Tuvimos un testigo o también dicho blanco sin suelo usando el mismo procedimiento.

Cálculo.

El contenido de materia orgánica (MO) se calculó: $\% MO = 13.4 (1-T/S)$

En donde:

T = Volumen (ml) de solución ferrosa empleado en la muestra de suelo.

S = Volumen (ml) de solución ferrosa empleada en el testigo.



**Figura 7. Titulación de materia orgánica,
tono verde esmeralda.**

5.5.1.4. Densidad aparente

Pesamos un matraz volumétrico limpio y seco en balanza digital, se registró el peso de ese matraz que servirá para su cálculo de densidad aparente.

Añadimos en pequeñas porciones y con la ayuda de un embudo vaciamos el suelo dentro del matraz, dando pequeños golpes sobre la palma de la mano para ir compactando el suelo dentro del matraz (Figura 8), hasta llegar al aforo.

Por último, pesamos el matraz con el suelo y registramos el peso.

Cálculos.

$$d.a. \text{ g ml}^{-1} = \text{Peso del matraz con suelo} - \text{peso del matraz vacío}/100$$

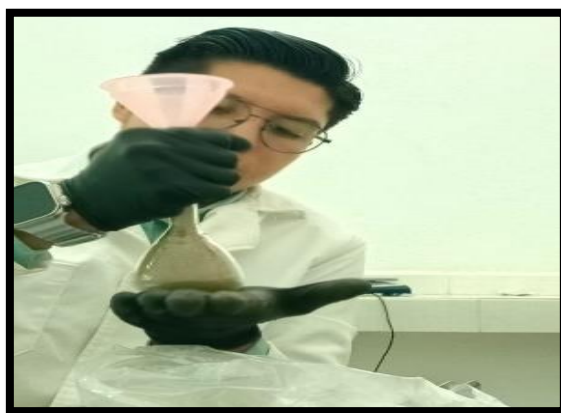


Figura 8. Cálculo de densidad aparente.

5.5.6. Nitrógeno inorgánico

Se prepararon 5 g de suelo en un matraz Erlenmeyer de 125 mL. agregando 50 mL de solución de cloruro de potasio (KCl) 2 N y se agito por 60 minutos en el agitador de vaivén regulado a 180 rpm dejándolo reposar por 5 min.

Se colocaron 10 mL de solución de ácido bórico (H_3BO_3) con indicador en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, conectándolo en un tubo de salida del refrigerante, de modo que éste quede en contacto con el líquido.

Pipeteando una alícuota de 10 mL del extracto de suelo, añadiéndolo en un matraz de destilación agregando 0.2 g de óxido de magnesio (MgO) calcinado y 0.2 g de aleación de Devarda.

Conectamos el aparato de destilación y destilamos hasta completar aproximadamente 50 mL (Figura 9). Por último, titulamos la muestra y los blancos con ácido sulfúrico 0.005 N, hasta llegar al color cambiante de verde a rosa tenue (Figura 10).



Figura 9. Muestra en el aparato de destilación.



Figura 10. Titulación a coloración rosa de la muestra.

Cálculo.

Se calculo la cantidad de nitrógeno inorgánico con la siguiente ecuación:

$$N \text{ (ppm)} = (M-B) \times N \times 14 \times (V_i / a) \times 1/p \times 1000$$

Donde: M y B = Son los mililitros de ácido sulfúrico usados en la titulación de muestra y el blanco, respectivamente.

N = La normalidad del ácido.

V_i = Es el volumen del extractante.

a = La alícuota destilada.

p = El peso de la muestra en gramos.

5.5.1.7. Fosforo aprovechable

Se utilizo el medidor de fosforo de la marca Hanna con reactivo HI 93713-0, se prepararon las muestras de suelo utilizando las muestras evaluadas de conductividad eléctrica, utilizamos una alícuota de 10 mL con una relación de 1 mL de muestra de suelo a 9 ml de agua desionizada, con el fin de que la muestra fuera lo más transparente posible para su evaluación (Figura 11).

Se añadieron los 10 mL al frasco de nuestro instrumento medidor de fosforo, se pondrá dentro del marcador, esperando a que marque 0.0 y agregarle nuestro reactivo, agitándolo aproximadamente por 1 minuto y volverlo a poner en el marcador, esperaremos 3 minutos para que nos de la lectura de nuestro análisis.



Figura 11. Preparación análisis de fosforo.

5.5.1.8 Cromatografía de suelo por el método de Pfeiffer

Restrepo en su manual de Cromatografía. Imágenes de vida y destrucción del suelo en el año 2011 menciona la siguiente elaboración de cromas.

Para que se elabore 1 croma se tomaron los siguientes materiales:

- 0.5 gr de hidróxido de sodio
- 50 ml de agua destilada

Procedimiento

Se pesaron 5 g de suelo ya seco y molido lo más posible, la muestra se colocó en un vaso de plástico. Al vaso con 5 g de suelo, le agregamos 50 mL de la solución de hidróxido de sodio recién mezclada. Luego agitamos el vaso girándolo (Figura 12) seis veces a la derecha y seis veces a la izquierda después de haber añadido la solución repitiendo el paso seis veces y esperamos un cuarto de hora sin movimientos.

Una vez después de 15 minutos repetimos la agitación (seis a la derecha y seis a la izquierda, seis veces) y dejamos el vaso en reposo sin moverlo durante 45 minutos (segunda agitación). Pasados los 45 minutos de la agitación final, agitamos nuevamente el vaso y lo

dejamos en reposo en una posición fija durante 6 horas (agitación final) para poder usar la muestra. Después de 6 horas realizamos la extracción del líquido sobrenadante con la jeringa de 5 mL.



Figura 12. Agitación.

Preparación del papel filtro

La preparación de la solución de nitrato de plata para el impregnado en el papel filtro se realizó en un ambiente cerrado y con poca luz.

Se realizó una prueba de calidad, con el gotero en forma de lápiz "escribimos" en una hoja de papel y luego la expusimos directamente al sol. El nitrato reaccionó con una coloración marrón, por lo que significa que tenemos la solución adecuada para nuestro proceso de cromatografía.

Impregnado y secado del papel filtro

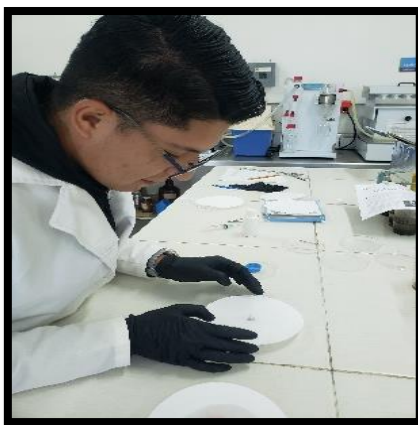
Procedimiento

Los pabilos se hicieron cortando cuadrados de papel de filtro Whatman # 4 de 2 cm por lado, para realizar los pivotes que se usaron para la conducción de la solución. Realizamos un agujero en el centro del papel de filtro con una aguja de laboratorio, luego, en el medio del papel filtro apuntamos las distancias de 4 y 6 cm, que son los marcadores del movimiento de las soluciones.

El papel de filtro se colocó en cajas Petri y luego se transfirió la solución de nitrato de plata en una taparrosca que luego se añadió al papel de filtro (Figura 13). Usando la jeringa, se añadieron 3 – 5 mL de nitrato de plata en la taparrosca, asegurando que no excediera su límite máximo de llenado.

El pivote se colocó en el agujero central del papel a $\frac{3}{4}$ para que funcionara como transporte del nitrato de plata. El nitrato de plata comenzó a subir a través de el pivote por capilaridad, comenzando a impregnar el papel de filtro circular.

Para la primera impregnación, el papel de filtro se despegó de la muestra exactamente en la marca de 4 cm. El papel filtro impregnado con nitrato de plata se colocó en una caja de cartón con revestimiento de papel de aluminio y se dejó secar durante 4 – 5 horas.



**Figura 13. Impregnado de
nitrato de plata.**

Impregnado y secado de papel filtro con extracto de suelo

Procedimiento

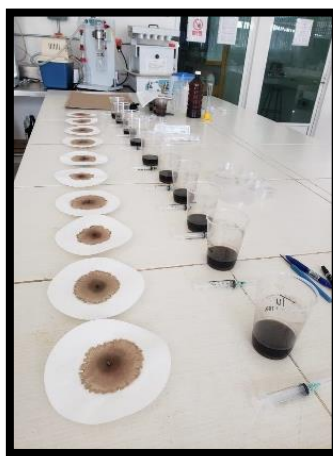
Colocamos la caja Petri en una mesa de laboratorio y colocamos la taparrosca en el centro de la caja. El pabito se colocó en la perforación central del papel filtro # 4 que tiene impregnado el nitrato de plata, próximo tomamos 5 mL del sobrenadante de suelo con ayuda de una jeringa y lo pusimos en la taparrosca.

Pusimos suavemente el papel filtro con el pabito sobre la caja Petri, asegurando que el pabito entre la taparrosca lo más recto posible, para tener la mejor absorción de la solución.

La muestra de suelo comenzó a subir por capilaridad por el pabito e impregno el papel filtro circular (Figura 14).

El papel lo retiramos antes de que alcanzara la marca de 6 cm.

Posteriormente se le retiro el pabito y se dejó reposar sobre la caja Petri a que seque.



**Figura 14. Impregnado
de suelo.**

5.5.2. Planta

5.5.2.1. Altura de planta

Se midieron 5 plantas con una cintra métrica desde el suelo hasta la parte de la espiga (Figura 15), tomando los datos en unidad de medida en centímetros.



**Figura 15. Medición de la altura
de planta de maíz.**

5.5.2.2. Número de hojas en la planta de maíz

Se contaron las hojas de las 5 plantas que fueron medidas de altura (Figura 16), observando las que se encontraron a lo largo de todo el tallo.



Figura 16. Número de hojas

5.5.2.3. Diámetro de tallo

Se midieron con un vernier Caliper el diámetro de el tallo de la planta de la parte central para obtener la medida del diámetro en unidad de medida en centímetros (Figura 17).



Figura 17. Diámetro de tallo de planta de maíz.

5.5.2.4. Diámetro de mazorca

Se midieron con un vernier Caliper el diámetro ecuatorial de la mazorca de la parte central, donde los datos fueron tomados en centímetros.

5.5.2.5. Número de hojas por mazorca

Se midieron las hojas por mazorca de cada tratamiento para obtener la producción de hojas en la mazorca.

5.5.2.6. Número de hileras por mazorca

Se contabilizo el número de hileras de granos por mazorca, el conteo se realizó de manera visual.

5.5.2.7. Número de granos por hilera de mazorca

Para obtener el dato de numero de granos, se tomó el dato de una hilera de la mazorca contabilizando los granos que se produjeron de cada tratamiento.

5.5.2.8. Peso de mazorca

Se analizo con ayuda de una báscula digital sacando el peso de la mazorca sin hojas y solo con los granos de maíz para obtener el peso total.

5.5.2.9. Producción de material fresco

Al hacer el ultimo muestreo a los 80 días después de la siembra, se tomaron 5 plantas centrales de cada tratamiento que son las que se ocuparon a lo largo del experimento dando total de 25 unidades para obtener el peso total de peso fresco de la planta, donde se incluyó; tallo,

raíz, hojas, espiga, con ayuda de una báscula digital, se pesaron en costales y en ese mismo momento para no dejar pasar el tiempo (Figura 18).



Figura 18. Pesado de materia fresca.

5.5.2.10. Producción de materia seca

El peso de materia seca se llevó a cabo por medio del corte de 5 plantas por tratamiento dando un total de 25 plantas tomando el peso total en materia seca (MS) de cada tratamiento en una báscula digital, los datos se registraron una vez que las muestras pasaron por el procedimiento de deshidratación en una estufa gradual de temperatura de laboratorio a una temperatura de 60 °C durante 72 horas en bolsas de papel (Figura 19).



Figura 19. Almacenado de material seco.

5.6 Análisis de los datos

El análisis de varianza se realizó en un diseño completamente al azar y las pruebas de medias de los tratamientos fueron analizadas con Duncan al 5 %, utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.0.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Resultados evaluados en suelo

6.1.1. pH

Los resultados obtenidos en la presente investigación, en lo obtenido de pH a los 51 días después de la aplicación de tratamientos (5.77 – 6.1) colocándose en la clasificación moderadamente ácido esto estando por debajo de lo que requiere el cultivo de maíz, con excepción del tratamiento uno al 100 % de lixiviado de plátano ubicado en el rango ideal del cultivo de 6.1, mientras que a los 84 días después de la aplicación de tratamientos se obtuvieron resultados entre la clasificación fuertemente ácido y moderadamente ácido (4.9 – 5.34), por debajo de lo necesario para el cultivo de maíz, dada la clasificación se obtuvo mediante la NOM-021-RECNAT-2000 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de pH de suelo

TRATAMIENTOS	pH	
	51	84
	DDAT	
T1=100 % LP	6.1	5
T2 = 50 % LP 50 % Agua	5.85	5.34
T3 = 25 % LP 75 % Agua	6.01	5.5
T4 = Testigo	5.93	5
T5 = solución Steiner con 50 % LP	5.77	4.9

LP= Lixiviado de plátano

DDAT= Días después de aplicación de tratamientos

En cuanto al tipo de suelo la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2003), menciona que el maíz se adapta muy bien a cualquier tipo de suelo, aunque los suelos con pH entre 6 y 7 son a los que mejor se adapta, estos deben de ser ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular.

El lixiviado de plátano como nos dice en su estudio García *et al.* (2020), que al contener efectos acidificantes genera la acidificación en el suelo debido a su composición química, tomando en cuenta que la mayoría de lixiviados de plátano contiene ácidos orgánicos, como el ácido acético, ácido cítrico y ácido málico, que son los componentes que pueden cooperar a la acidificación de nuestros suelos en el cultivo de maíz.

6.1.2 Conductividad eléctrica

Los resultados obtenidos en el análisis de conductividad eléctrica se determinaron con base a la clasificación de la NOM-021-RECNAT-2000, determinando que se cumple la normalidad de conductividad eléctrica de 0 – 2 el cual nos dice que son efectos despreciables de salinidad siendo este un valor ideal para nuestro cultivo de maíz en cuanto a los 51 y 84 días después de la aplicación de tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados de conductividad eléctrica

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA mS		
TRATAMIENTOS	51	84
	DDAT	
T1=100 % LP	0.02	0.03
T2 = 50 % LP 50 % Agua	0.01	0.02
T3 = 25 % LP 75 % Agua	0.02	0.03
T4 = Testigo	0.01	0.03
T5 = solución Steiner 50 % con LP	0.01	0.02
LP= Lixiviado de plátano		
DDAT= Días después de aplicación de tratamientos		

La CE mide la concentración de sales solubles en una solución de suelo, mientras más alto sea el valor de CE existe mayor concentración de sales. La CE depende de factores como características agroclimáticas del sitio, manejo y fertilización del cultivo, antecedentes del cultivo anterior, características de las plantas (Bárbaro *et al.*, 2018).

6.1.3. Materia orgánica

La tendencia numérica de la materia orgánica muestra que, con una mayor concentración de lixiviado en las aplicaciones, aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo como se observa en los tratamientos uno y cinco que aumento la materia orgánica en contraste de los demás tratamientos dos, tres y el testigo que disminuyo la materia orgánica observados en el Cuadro 6.

A los 51 ddat se muestra que los tratamientos que obtenían materia orgánica alta eran los tratamientos dos, tres, cuatro y cinco en el rango de clasificación 3.6 % – 6 % mientras que el tratamiento uno se encontraba en el rango medio con 2.64 % de materia orgánica (Cuadro 6).

A los 84 ddat los resultados indican que en los tratamientos uno y cinco se aumentó el porcentaje de materia orgánica y se disminuyó en los tratamientos dos, tres y cuatro. Siendo el valor más alto el tratamiento cinco, sin embargo, los cinco tratamientos cuentan con un alto porcentaje de materia orgánica (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentaje de materia orgánica

MATERIA ORGANICA %		
TRATAMIENTOS	51	84
	DDAT	
T1=100 % LP	2.64	3.70
T2 = 50 % LP 50 % Agua	4.44	3.03
T3 = 25 % LP 75 % Agua	4.05	3.87
T4 = Testigo	4.75	3.96
T5 = solución Steiner 50 % con LP	3.97	4.04

LP= Lixiviado de plátano

DDAT= Días después de aplicación de tratamientos

Similar a un trabajo realizado por Chisaguano (2023) donde se presentan resultados inferiores en sus tratamientos de 70 % lixiviado de plátano y 50 % de lixiviado de plátano con un porcentaje del 4 % de materia orgánica, similares a los obtenidos en este estudio donde se vieron aumentados los porcentajes de materia orgánica, a diferencia de este estudio es que al aplicar una solución Steiner se encuentra en mejor posición de obtener mayor materia orgánica en el suelo.

6.1.4. Densidad aparente

Con base a los resultados obtenidos en densidad aparente se obtuvieron resultados de entre 0.68 – 0.72 g/cm³ a los 51 días después de la aplicación de tratamientos y obteniendo resultados de 0.79 – 0.84 g/cm³ a los 84 días después de la aplicación de tratamientos, encontrándose como un suelo arenoso, pero de buena estructura física para el cultivo de maíz (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resultado de densidad aparente

DENSIDAD APARENTE g/cm ³		
TRATAMIENTOS	51	84
	DDAT	
T1=100 % LP	0.72	0.82
T2 = 50 % LP 50 % Agua	0.68	0.84
T3 = 25 % LP 75 % Agua	0.7	0.79
T4 = Testigo	0.68	0.84
T5 = solución Steiner 50 % con LP	0.72	0.81

LP=Lixiviado de plátano

DDAT= Días después de aplicación de tratamientos

Relacionado con Alvarado y Fosythe (2005), en el estudio realizado en Costa Rica, en un suelo de tipo franco limoso, temperatura entre 25 y 27 °C reportan valores de Da entre 0.67 y 1.79 g cm⁻³ a una profundidad de 0 - 20 cm.

Mientras mayor sea la densidad aparente, el contenido de materia orgánica y porosidad será menor; es decir, tendría condiciones menos óptimas para el desarrollo radicular de las plantas, también existiría menor aireación y reducción de la infiltración del agua, mayor compactación, disminución de macroporos y aumento de microporos, lo que afectaría directamente a la retención de humedad en el suelo, influiría en el tamaño de partícula y cambios en la textura del suelo (Ingaramo *et al.*, 2003; FAO, 2009; Salamanca y Sadeghian, 2009).

6.1.5. Nitrógeno inorgánico

Los resultados con nitrógeno inorgánico obtenidos a los 51 días después de la aplicación de tratamientos, se analizó que el testigo presentaba mayor cantidad de nitrógeno inorgánico en el rango medio con 27.16 mg Kg⁻¹, siendo el muy bajo el tratamiento dos con 2.1 mg Kg⁻¹ con base a la tabla de clasificación (Cuadro 8).

A los 84 días después de la aplicación de tratamientos se obtuvo mejores resultados en el tratamiento cinco con el aumento de nitrógeno en el suelo entrando en la clasificación media con 28 mg Kg⁻¹ seguido del tratamiento uno con 27.3 mg Kg⁻¹ y siendo muy bajo el tratamiento dos con 3.5 mg Kg⁻¹ aumentando en comparación de los 51 ddat pero en menor cantidad a los demás tratamientos con base a la tabla de clasificación de nitrógeno (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de nitrógeno inorgánico

NITROGENO INORGANICO mg Kg ⁻¹		
TRATAMIENTOS	51	84
	DDAT	
T1=100 % LP	19.81	27.3
T2 = 50 % LP 50 % Agua	2.1	3.5
T3 = 25 % LP 75 % Agua	13.72	23.1
T4 = Testigo	27.16	12.46
T5 = solución Steiner 50 % con LP	7.14	28
LP= Lixiviado de plátano		
DDAT= Días después de aplicación de tratamientos		

En un estudio presentado por Sánchez-de Jesús (2024) en maíz con las dosis evaluadas fueron 0-0-0, 90-40-40 y 120-40-40 kg ha⁻¹ en el sitio T1 y 0-0-0, 70-40-40 y 100-40-40 kg ha⁻¹ en los sitios T2 y M, donde obtuvo resultados de 18 mg Kg⁻¹ en el T1, 19 mg Kg⁻¹ y 18 mg Kg⁻¹ con fertilización convencional, en comparación del uso de lixiviado de plátano resultados presentados en el cuadro 8 que rebaso los resultados de la fertilización convencional.

El N en la planta contribuye a la formación de una estructura vegetativa sana y robusta; misma que es una característica esencial para lograr altos rendimientos (Fonseca *et al.* 2020). Además, el N se considera un nutriente esencial porque participa en la división celular, crecimiento de la planta y en el proceso de respiración (Azucena, 2020).

6.1.6. Fosforo aprovechable

Con base a los resultados obtenidos en suelo se obtienen datos de nivel bajo en la acumulación de fosforo lo cual a los 51 días después de la aplicación de tratamientos la planta aprovecho el fosforo en cantidades altas para su desarrollo y crecimiento, obteniendo el aprovechamiento en los tratamientos uno con 13 ppm a diferencia de los demás tratamientos (Cuadro 9).

A los 84 días después de la aplicación de tratamientos se dio un significativo menor aprovechamiento de fosforo en la planta siendo el más bajo el testigo junto con el tratamiento dos y tres, tomando aún más el tratamiento cinco en aprovechamiento de fosforo para el desarrollo de maíz esto ya siendo en su etapa final antes de la cosecha (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de fosforo de suelo

TRATAMIENTOS	FOSFORO ppm	
	51	84
	DDAT	
T1=100 % LP	13	0.51
T2 = 50 % LP 50 % Agua	12.3	0.5
T3 = 25 % LP 75 % Agua	11.1	0.5
T4 = Testigo	10.8	0.46
T5 = solución Steiner 50 % con LP	11	0.54

LP= Lixiviado de plátano

DDAT= Días después de aplicación de tratamientos

Si en el suelo donde se desarrolla el cultivo tiene deficiencia de P existe poco crecimiento de las raíces, por lo tanto, el crecimiento de la planta se ve limitado por la disponibilidad de absorción de nutrientes, a pesar de que presenta poca movilidad en el suelo, la importancia de este elemento radica en el transporte y acumulación de azúcares en la planta; ayudando al desarrollo radicular y formación del fruto (Villa *et al.*, 2018).

En el trabajo realizado con lixiviado de plátano en cuatro tratamientos de identificaron dos rangos de significancia a través de la prueba DMS; donde obtuvo rangos de 15 a 25 ppm con la combinación de lixiviado de plátano en menores cantidades con agua a mayor cantidad en el cultivo de plátano (Chisaguano, 2023). Entonces debido a esto se tendría que reducir la combinación de lixiviado de plátanos diluida en agua.

6.2. Cromatografía de suelo a los 51 días y 84 días después de siembra

6.2.1. Interpretación de T1 100 % lixiviado de plátano

- a) Zona central: En la figura 20-A la zona central de nuestro cromatograma, nuestro suelo se identifica como un suelo donde se muestra una ligera compactación de suelo, en comparación con la figura 20-B en el segundo muestreo se tiene que ha mejorado en la oxigenación del suelo, siendo menos compactada la zona de muestreo y se va uniendo a la zona mineral.
- b) Zona interior: En este caso se muestra la presencia del color crema que se expande del centro hasta la zona mineral lo que nos indica una diversidad mineral y presencia de actividad biológica en la figura 20-A, en la figura 20-B se mantiene la zona mineral estable relacionado a una actividad de microorganismos y de materia orgánica presente.
- c) Zona intermedia: Hay una escasa presencia en la figura 20-A de materia orgánica, se ha aumentado a un suelo ideal del cultivo relacionando la actividad mineral con la materia orgánica y los microorganismos presentes en la figura 20-A.
- d) Zona exterior: Se nota que no existe la presencia de materia orgánica sin embargo los microorganismos presentes en la figura 20-A no alcanzan a descomponer la cantidad necesaria de manera adecuadamente, ahora en nuestro segundo análisis ya se alcanza a descomponer la materia orgánica, ya que existe relación de materia orgánica con los microorganismos presentes mostrados en la figura 20-B, dándonos ya un suelo ideal para nuestro cultivo.



Figura 20. Cromatograma de suelo del tratamiento 1

A 51 dds

B 84 dds

6.2.2. Interpretación T2 50 % lixiviado de platano – 50 % de agua.

- a) Zona central: Dentro de la figura 20-A se muestra una buena oxigenación dentro de la parcela del tratamiento 2 donde por el color crema que se desvanece hacia la zona mineral nos indica una ligera o ausencia de la compactación de suelo, en la figura 21-B existe una menor compactación y a pesar de que se ha mantenido como el cromatograma A se analiza que existe una mayor interacción de la zona central a la zona mineral.
- b) Zona interior: Tiene poca una intensa coloración café esto a medida que existe la mineralización estable para los cultivos mostrado en la figura 21-A, en el segundo análisis mostrado en la figura 21-B la tonificación de coloración más clara se ha dado a la disponibilidad de minerales para la planta mostrando la zona mineral ideal para nuestro suelo.
- c) Zona intermedia: La figura 21-A muestra la presencia de materia orgánica estable y se mantiene en la segunda evaluación mostrado en la figura 21-B.
- d) Zona exterior: La presencia de lunares cafés presenta una buena actividad microbiana en nuestro suelo de la figura 21-A y en la figura 21 nos muestra que está disponible la materia orgánica que hará descomponer los microorganismos existentes en el suelo en el cromatograma B.

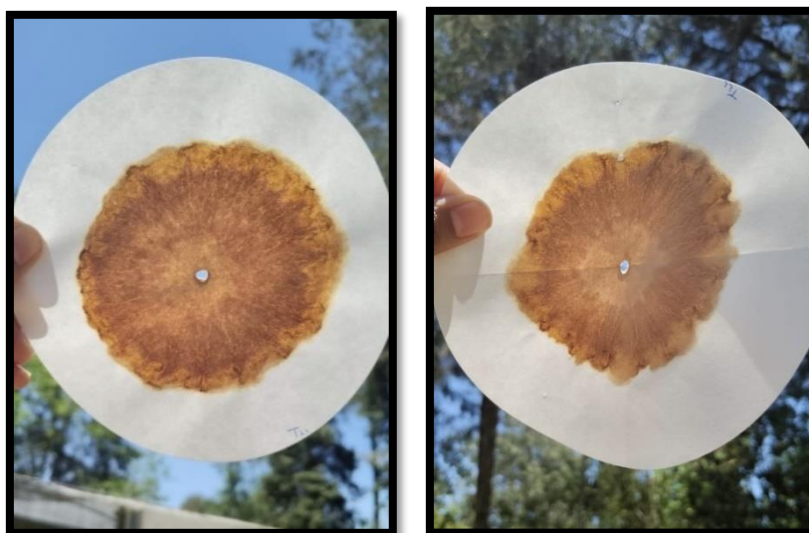


Figura 21. Cromatograma de suelo tratamiento 2

A 51 dds

B 84 dds

6.2.3. Interpretacion T3 25 % lixiviado de platano – 75 % agua.

- a) Zona central: La zona se marca de color crema mas visible donde a comparacion de nuestros tratamiento 1 y 2 la zona central de nuestro tratamiento numero 3 es mas marcada por las buenas practicas agricolas de campo y conservacion (Figura 22 A-B).
- b) Zona interior: Existe una diversidad mineral en la figura 22-A y a pesar que en nuestra figura 22-B se a oscurecido el color muestra la interracion de todos los componentes como un suelo ideal.
- c) Zona intermedia: La figura 22-A representa una buena concetracion de materia organica y de igual manera en la figura 22-B nos presenta la interracion de minerales con la materia organica.
- d) Zona exterior: Se observa que existe la presencia de micoorganismos sin embargo no hay diversidad de ellos lo que nos muestra dentro de la figura 22-A a comparacion de la figura 22-B se muestra ya la presencia de micrrorganismos haciendo presente la actividad biologica.



Figura 22. Cromatograma de suelo tratamiento 3

A 51 dds

B 84 dds

6.2.4. Interpretación T4 testigo

- a) Zona central: Indicativo de que existe una oxigenacion ideal para nuestro suelo, en nuestra figura 23, la zona central identificado con un color crema se desvanece ligeramente a la zona mineral, donde existe una baja compactacion del suelo, en nuestro

segundo analisis mostrado en la figura 23 se muestra mejor oxigenacion de nuestro suelo.

- b) Zona interior: Existe una diversidad mineral como se muestra en la figura 23-A y se mantiene en nuestra figura 23-B la diversidad mineral.
- c) Zona intermedia: Dentro de este existe una presencia de materia organica ideal y existe el trabajo de la actividad de microrganismos (Figura 23-A), en la figura 23-B nos muestra mayor presencia de materia organica que no se puede descomponer.
- d) Zona exterior: Existe la presencia de organismos descomponiendo la materia orgnica (Figura 23-A), en comparacion con el cromatograma B (Figura 23) se muestra que hay poca diversidad biologica que pueda descomponer la materia organica presente en nuestro suelo.



Figura 23. Cromatograma de suelo tratamiento 4

A 51 dds

B 84 dds

6.2.5 Interpretacion T5 solución Steiner con lixiviado de plátano.

- a) Zona central: El comportamiento de suelo de el tratamiento cinco en la figura 24-A, nos indica poca oxigenacion no hay una transicion suave si no que se observa manchas mas oscuras en esta zona, nos indica una compactacion del suelo, en la figura 24-B, ha mejorado la oxigenacion de suelo haciendo la transicion mas suave.
- b) Zona interior: La figura 24-A del mismo modo debido a la compactacion existe muy poca actividad mineral para nuestro suelo, en la figura 24-B y a mayor oxigenacion los minerales se vuelven disponibles en nuestro suelo.

- c) Zona intermedia: La materia organica se ve presente en la figura 24-A pero muy poco disponible a falta de microorganismos que la puedan descomponen, en la figura 24-B se muestra presencia de materia organica y ya es mas asimilable con la actividad biologica.
- d) Zona exterior: Existe presencia de microorganismos muy baja en la figura 24-A, pero en el segundo analisis se ha integrado mayor actividad biologica para trabajar junto con la materia organica, aun asi se nota la falta de actividad biologica para su descomposicion (Figura 24-B)



Figura 24. Cromatograma de suelo tratamiento 5

A 51 dds

B 84 dds

6.3. Resultados evaluados en planta

6.3.1. Número de hojas

Los resultados obtenidos en el análisis de número de hojas a los 51 dds y 21 ddat se obtuvo una diferencia significativa entre los tratamientos siendo el mejor resultado el tratamiento cinco con un promedio de hojas de 11.00 seguido del tratamiento tres con 10.12 promedio-

A los 68 dds y 38 ddat se obtuvo que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos si no fue hasta los 80 dds y 50 ddat donde se identificó una diferencia significativa entre los tratamientos donde el mejor tratamiento fue el cinco con promedio de 1.52 hojas por mazorca y siendo el valor mas bajo el tratamiento dos con 11.60 promedio de número de hojas en el tallo (Cuadro 10).

Cuadro 10. Número de hojas evaluadas en el cultivo de maíz.

TRATAMIENTOS	DDS/DDAT		
	51/21	68/38	80/50
T1=100 % LP	9.16 b	10.52 a	11.84 ab
T2 = 50 % LP 50 % Agua	9.24 b	10.56 a	11.60 b
T3 = 25 % LP 75 % Agua	10.12 ab	11.48 a	12.30 ab
T4 = Testigo	9.52 b	10.92 a	12.08 ab
T5 = solución Steiner 50 % con LP	11.00 a	12.00 a	13.52 a

LP = lixiviado de plátano

DDAT= Días después de aplicación de tratamientos

DDS = Días después de Siembra

Medias con letras diferentes entre hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, $P \leq 0.05$)

Con base a los resultados obtenidos y en comparación con el estudio presentado por Fermín (2025) con hidrogel presentando promedios de números de hojas de 13.91 a 14.55. estos resultados nos muestran que al aplicar hidrogel y lixiviado de plátano se obtienen los mismos rendimientos en números de hojas, haciéndolo más económico a la fertilización y producción de materia verde.

Se presentan resultados similares presentados por Castro-Nava *et al.* (2014) con maíces nativos con promedios de 18.7 y 19.8 y con maíces híbridos presentados por Sánchez-Hernández *et al.* (2019) con promedios de 9-1 a 10.8.

6.3.2. Altura de planta

En el estudio se analizó el crecimiento del cultivo de maíz a 21, 38, 50 días después de aplicación de los tratamientos vía edáfica, así mismo como lo menciona Blanco *et al.* (2013) el uso de lixiviados de plátano incrementa la altura en los cultivos por sus propiedades nutrimentales que contiene el lixiviado de plátano, demostrado que la cantidad por arriba del 10 % promueve el crecimiento de las plantas en diferentes soluciones.

Los resultados en altura de planta indicaron que a los 51 días después de la siembra con 21 días después de la aplicación todos los tratamientos no tuvieron diferencias significativas, de igual forma se manifestó en la segunda evaluación a los 68 días después de la siembra con 38

días después de la aplicación, siendo esto en la tercera evaluación ya transcurridos 80 días después de la siembra y 50 días después de la aplicación de los tratamientos (Cuadro 11).

Cuadro 11. Altura de planta del cultivo de maíz

TRATAMIENTOS	DDS/DDAT		
	51/21	68/38	80/50
T1=100 % LP	2.37 a	2.85 a	2.85 a
T2 = 50 % LP 50 % Agua	2.01 a	2.42 a	2.42 a
T3 = 25 % LP 75 % Agua	2.01 a	2.44 a	2.53 a
T4 = Testigo	2.30 a	2.48 a	2.48 a
T5 = solución Steiner 50 % con LP	2.55 a	2.95 a	2.98 a

LP = lixiviado de plátano

DDS = Días después de Siembra

DDAT= Días después de la aplicación de tratamientos

Medias con letras diferentes entre hileras son estadísticamente diferentes (Duncan $P \leq 0.05$).

Con base en los resultados obtenidos se observó que no hubo un comportamiento diferente en los tratamientos sobre el cultivo de maíz, Ramiro *et al.* (2024) reportó en trabajos de lechuga el comportamiento de crecimiento de planta a los 50 días de sembrado teniendo una altura de 24,4 cm con un tratamiento foliar y edáfico de lixiviado de plátano, obteniendo resultados favorables de altura como lo marca su ficha técnica de lechuga de 20 a 30 cm, relacionado con el presente estudio a los 50 días de la aplicación de lixiviado en los 4 tratamientos en el cultivo de maíz, observamos que tiene semejanza al aplicarse el lixiviado de plátano se obtienen buenos resultados de altura como lo mencionan Marcial *et al.* (2019) en alturas de maíz en la etapa de madurez que van de 1.90 m a 2.10 m, indicando que el valor se encuentra dentro del rango.

Además, López y Frezza (2022) reportaron resultados similares donde se obtuvo un crecimiento en el cultivo de lechuga con promedio de 25 cm, a los 65 días de trasplante, por otro lado, Martínez *et al.* (2015) reportó con fertilización química una altura promedio de 39.93 en el crecimiento de plántula de lechuga bajo invernadero a los 12 días de ser trasplantado, el lixiviado de plátano en aplicaciones de 100 %, 50 %, 25 % y la solución Steiner, nos darán resultados similares en el crecimiento de tallo, sin necesidad de gastar en fertilización química, empleando la fertilización orgánica como lo es el lixiviado de plátano.

6.3.3 Diámetro de tallo de planta

Los resultados de diámetro de tallo en la planta de maíz indicaron que a los 51 días después de la siembra con 21 días después de la aplicación todos los tratamientos no tuvieron diferencias significativas, de igual forma se manifestó en la segunda evaluación a los 68 días después de la siembra con 38 días después de la aplicación, siendo esto en la tercera evaluación ya transcurridos 80 días después de la siembra y 50 días después de la aplicación de los tratamientos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Diámetro de tallo de planta del cultivo de maíz

TRATAMIENTOS	DDS/DDAT		
	51/21	68/38	80/50
T1=100 % LP	0.78 a	0.90 a	0.90 a
T2 = 50 % LP 50 % Agua	0.70 a	0.78 a	0.78 a
T3 = 25 % LP 75 % Agua	0.82 a	0.96 a	0.96 a
T4 = Testigo	0.66 a	0.82 a	0.82 a
T5 = solución Steiner 50 % con LP	0.89 a	0.97 a	0.96 a

LP = Lixiviado de plátano

DDS = Días después de siembra

DDAT = Días después de aplicación de tratamientos

Medias con letras diferentes entre hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, $P \leq 0.05$).

El diámetro del tallo de los resultados analizados no demostró el estándar del diámetro del tallo mencionado de acuerdo con Gonzales y Roque (1993) menciona también que el diámetro del tallo es un análisis que se puede ver afectado por altas densidades de siembra, competencia de luz y agua. Sin embargo, con García-López y Hernández. (2023) indico en un estudio que en promedio las plantas de maíz, no importa la densidad de siembra, alcanzando un promedio de diámetro de tallo alrededor de 2.1 cm.

De acuerdo con la prueba estadística Duncan no se encontró ninguna diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 12); sin embargo, se puede apreciar que durante la etapa de crecimiento en los 68 días después de la siembra y 38 días después de la aplicación de tratamientos el diámetro del tallo aumento sus valores para su manejo de lixiviado de plátano, en los diferentes tratamientos (Cuadro 12).

6.3.4. Número de hojas

Con base a los resultados obtenidos en el número de hojas hubo diferencias significativas dando mejores resultados tres tratamientos, numéricamente el mejor resultado se presenta en el tratamiento dos de 50 % de lixiviado de plátano y 50 % agua con un promedio de hojas de 10.16, seguido del tratamiento 5 de solución Steiner 50 % con lixiviado de plátano y por último el tratamiento uno obtuvo un promedio de 9 hojas por mazorca, siendo el de valor menor el testigo con un promedio de 8.20 hojas por mazorca (Cuadro 13).

6.3.5. Número de granos por mazorca

En los resultados obtenidos en esta variable se aprecia que hubo diferencias significativas ya que el mejor resultado corresponde al tratamiento 5 de solución Steiner con 50 % de lixiviado de plátano con un promedio de 42.92 granos por hilera, mientras que los tratamientos dos, tres y el testigo no hubo diferencias significativas en granos de la mazorca, teniendo como resultado con menor valor fue el tratamiento dos de 100 % de lixiviado de plátano con un promedio de 32.00 granos por hilera (Cuadro 13).

Los datos coincidieron con Díaz-Chuquizuta *et al.* (2022) en su análisis donde su resultado se obtuvo en mejores rendimientos de grano en el tratamiento estiércol líquido de bovino en promedio de 20.6 granos en comparación con su tratamiento testigo y promedio de 32 granos en su tratamiento de fertilizante NPK siendo mayor al tratamiento de estiércol líquido de bovino.

Estos datos coincidieron con Moraga y Meza (2005) que presentaron un valor de 30.36 granos con aplicaciones de estiércol bobino y seguido del tratamiento con baja aplicación de gallinaza que obtuvo un valor de 30.18 granos, igualar a reducir las dosis de lixiviado de plátano en menor cantidad o diluido en agua para obtener mejores resultados en la formación de granos en la mazorca.

6.3.6. Número de hileras por mazorca

Con base a los resultados obtenidos en el número de hileras por mazorca existen diferencias significativas en los tratamientos, siendo el tratamiento cinco de solución Steiner 50% con lixiviado de plátano la obtención de los mejores resultados a comparación del testigo que fue el más bajo, obteniendo similitudes entre los tratamientos uno, dos, tres (Cuadro 13).

Cuadro 13. Resultados de las variables evaluadas en mazorca

TRATAMIENTOS	HOJAS	GRANOS	HILERAS
	No		
T1=100 % LP	9.00 a	32.00 b	11.32 ab
T2 = 50 % LP 50 % Agua	10.16 a	41.68 ab	11.24 ab
T3 = 25 % LP 75 % Agua	8.56 ab	37.56 ab	10.48 ab
T4 = Testigo	8.20 b	33.44 ab	10.00 b
T5 = solución Steiner 50 % con LP	9.72 a	42.92 a	12.52 a

LP = Lixiviado de plátano

DDS = Días después de Siembra

DDAT = Días después de aplicación de
tratamientos

Medias con letras diferentes entre hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, $P \leq 0.05$).

En los resultados obtenidos y en comparación con los resultados de otros autores mencionan que no existen diferencias entre los tratamientos donde ellos evaluaron manejos convencionales de fertilización y otras de manera orgánica, donde en los estudios de Celiz y Duarte (1996), Espinoza (1999), Cantarero y Martínez (2002), Arnesto y Benavides (2003), no encontraron diferencias significativas al evaluar esta variable en ensayos similares donde evaluaban los mismos parámetros de hileras en el cultivo,

En este caso se demuestra que el uso de fertilización orgánica usando lixiviado de plátano y agregar la solución Steiner se puede obtener mayor número de granos al igual que mejores resultados de hileras por mazorca, siendo de forma más económica para el productor obteniendo mejores resultados de rendimiento de grano e hileras por mazorca.

6.3.7. Diámetro de mazorca

En el análisis de diámetro de mazorca no se encontraron diferencias estadísticas significativas, pero los mayores valores corresponden al tratamiento cinco de solución Steiner 50 % con lixiviado de plátano con promedio 1.63 cm, siguiendo el lixiviado de plátano al 50 % y 50 % de agua con promedio 1.62 cm, mientras que el tratamiento uno de 100 % de lixiviado de plátano presentó menor diámetro por mazorca con un promedio de 1.31 cm (Cuadro 14).

6.3.8. Longitud de mazorca

En el análisis de diámetro de mazorca no se encontraron diferencias estadísticas significativas, pero los mayores valores corresponden al tratamiento cinco de solución Steiner

50 % con lixiviado de plátano con promedio 17.64 cm, siguiendo el lixiviado de plátano al 50 % y 50 % de agua de promedio de 16.56 cm, mientras que el tratamiento tres de 25 % de lixiviado de plátano con 25 % agua presentó menor longitud promedio por mazorca de 14.88 cm (Cuadro 14).

Cuadro 14. Variables evaluadas en mazorca, resultado de diámetro y longitud

TRATAMIENTOS	DIAMETRO	LONGITUD
	Cm	
T1=100 % LP	1.31 a	15.68 a
T2 = 50 % LP 50 % Agua	1.62 a	16.56 a
T3 = 25 % LP 75 % Agua	1.35 a	14.88 a
T4 = Testigo	1.49 a	16.16 a
T5 = solución Steiner 50 % con LP	1.63 a	17.64 a

LP = Lixiviado de plátano

DDS = Días después de Siembra

DDAT = Días después de aplicación de tratamientos

Medias con letras diferentes entre hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, $P \leq 0.05$).

López (2021) realizó la evaluación de lixiviado de lombriz y de plátano donde no presentó diferencias significativas en sus tratamientos, sin embargo, obtuvo menor resultado el tratamiento de lixiviado de plátano a comparación de su testigo, el estudio realizado nos muestra que al agregar lixiviado de plátano más la solución Steiner al 50 % presenta mejores resultados con una fertilización orgánica más complementaria.

Sin embargo, en un trabajo presentado por Blessing *et al.* (2009) con dos tratamientos convencional y orgánico, se presentan diferencias significativas en ambas variables diámetro y longitud de la mazorca, indicando que las formas de aplicar los nutrientes para la planta de forma convencional y orgánica se obtienen los resultados similares.

6.3.6. Peso de la mazorca

Con base en los resultados obtenidos en el estudio no se presentaron diferencias significativas, sin embargo, los valores se presentan con un mejor resultado la solución Steiner con un promedio de 89.28 g, seguido por el tratamiento 2 de 50 % de lixiviado de plátano con 50 % agua, siendo el valor más bajo el tratamiento 3 numéricamente de 25 % de lixiviado de plátano con 75 % de agua (Cuadro 15).

Cuadro 15. Resultado evaluado en el peso de la mazorca

TRATAMIENTOS	PESO
	g
T1=100 % LP	71.92 a
T2 = 50 % LP 50 % Agua	86.56 a
T3 = 25 % LP 75 % Agua	68.32 a
T4 = Testigo	71.68 a
T5 = solución Steiner 50 % con LP	89.28 a

LP = Lixiviado de plátano

DDS = Días después de Siembra

Medias con letras diferentes entre hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, $P \leq 0.05$).

En un trabajo realizado por Gallegos (2015) donde evaluó diferentes razas de híbridos con tratamientos de estiércol, donde los resultados obtenidos en promedio fueron de 6 gramos a comparación de lixiviado de plátano que presenta mayor peso a todos los tratamientos en comparación con los estiércoles.

6.3.7 Peso total de materia fresca y materia seca

Para finalizar, en la variable de peso total de materia fresca, existió un tratamiento superior, siendo el tratamiento uno 100 % lixiviado de plátano, con un peso total obtenido de 14.96 kg de 25 plantas, siendo mejor en comparación al tratamiento dos, el cual con un peso de 11.87 Kg de 25 plantas, resulto ser el tratamiento con menor peso del experimento.

En la variable de peso total fresco se obtuvo del tratamiento uno siendo el mejor en materia seca con 4.831 kg de 25 plantas y quedando bajo el tratamiento dos con un peso seco total de 4.419 kg de 25 plantas (Cuadro 16).

Cuadro 16. Materia fresca y seca total

MATERIA FRESCA Y SECA TOTAL Kg		
Tratamiento	Fresca	Seca
T1=100 % LP	14.96	4.831
T2 = 50 % LP 50 % Agua	11.87	4.419
T3 = 25 % LP 75 % Agua	14.685	4.558
T4 = Testigo	12.818	4.7
T5 = solución Steiner 50 % con LP	17.63	5.818

LP= Lixiviado de plátano

Se obtuvieron resultados semejantes en aplicación de lixiviado presentados por Toledano (2020) al aplicar lixiviado de plátano en haba, donde presenta el mejor peso seco de 6.3 t.ha^{-1} en comparación con lombricomposta, fertilizante granulado y el testigo.

VII. CONCLUSIÓN

El lixiviado de plátano, ya sea en su estado puro o en combinación con la solución de Steiner, afectó en gran medida las características del suelo y resultó en una calidad de crecimiento del maíz, lo que indica su utilidad como un fertilizante orgánico sustituto y respetuoso con el medio ambiente. En cuanto a los parámetros del suelo, los tratamientos con lixiviado acidificaron ligeramente el pH hasta rangos de ácido intermedio a fuerte; también restringiría la disponibilidad de ciertos nutrientes, sin embargo, el tratamiento con 100% lixiviado se mantuvo en el rango óptimo para el cultivo. La conductividad eléctrica fue de 0 – 2 mS como se esperaba debido a la falta de condiciones salinas y el nivel de materia orgánica aumentó con la concentración de lixiviado y con la adición de solución de Steiner que promovió la estructura y fertilidad en el suelo. La densidad aparente también se encontró en buenos rangos para la formación de raíces de maíz, y el nitrógeno inorgánico aumentó con la adición de lixiviado concentrado y tratamientos mixtos con Steiner, siendo el tratamiento 5 el que poseía un contenido significativamente mayor. Por el contrario, el fósforo disponible parecía disminuir con el tiempo, indicando que fue rápidamente absorbido por la planta durante el desarrollo.

La composición cromatográfica del suelo sugirió una mejora gradual de la oxigenación, el recambio microbiano y la descomposición de materia orgánica, en tratamientos con lixiviado y solución de Steiner, y fue un signo de un desarrollo prometedor de la estructura biológica del suelo.

Al considerar las variables de la planta, los tratamientos con lixiviado de plátano se desempeñaron al menos tan bien como el tratamiento de manejo convencional en cuanto al número de hojas, altura de la planta y diámetro del tallo. Otro estudio indicó que la combinación porcentual de 50% de solución de Steiner con 50% de lixiviado de plátano también fue la más efectiva. En medidas de rendimiento como el número de granos por mazorca, número de hileras, diámetro y longitud de la mazorca, y peso de la mazorca, su materia fresca y seca total, los mayores resultados de rendimiento se obtuvieron sobre la base de aplicar solución de Steiner y tratamiento con lixiviado solo, junto con el tratamiento de 100% lixiviado, superando al control y tratamientos diluidos. Estos resultados muestran aún más el potencial del lixiviado de plátano como un fertilizante orgánico práctico debido a su capacidad para mejorar las condiciones fisicoquímicas y biológicas en el suelo, aumentar la materia orgánica y ayudar a reponer nutrientes.

VIII. LITERATURA CITADA

- Arnesto G. y Benavides V. A. 2003. Evaluación del efecto de la fertilización mineral y orgánica (Gallinaza) en el crecimiento y rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) var. NBS. Tesis UNA. Managua, Nicaragua.70.
- Alvarado A y Fosythe W. 2005. Variación de la densidad aparente en ordenes de suelos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 29 (001): 85 – 94.
- Altieri M. A. y Nicholls C. I. 2020. Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable. Ediciones CIDICER.
- Astillo, E. Hernández, J. y Ramírez, C. 2021. Estrategias sostenibles de fertilización en cultivos intensivos. *Revista Agroproductividad*, 14(3): 51-59.
- Azucena T. G. S. 2020. Requerimientos nutricionales de macronutrientes en el cultivo de banano. Tesis doctorado Universidad Agraria del Ecuador.
- Bárbaro L. Karlanian M. y Mata D. 2018. Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. Instituto Nacional de Tecnología. En línea: https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/INTADig_d5f00db3578f4cb35e3f0b70900129b5 Consultado: 15/09/2025.
- Barrios M. y D. Pérez. 2018. Efecto de la aplicación continua de estiércol bovino sobre el crecimiento y producción de maíz y características químicas del suelo. *Bioagro* 30(2): 117-124.
- Biodiversidad Mexicana. 2020. Maíces Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Cd. de México. En línea: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices>. Consultado 15/01/25
- Blanco G. Linares B. Hernández, J. M. A. Rincón A. Ortega R. Medina E. Hernández L. y Morillo J. 2013. Composición microbiológica e inocuidad de lixiviados de pseudotallos y láminas foliares de plátano 'Hartón' en el estado Yaracuy. *Agronomía Tropical*, 63(3-4), 111-120.

- Blessing R, Dressy M. Hernandez M, Gema T. 2009. Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6 bajo prácticas de fertilización, orgánica y convencional en la Finca El Plantel 2007-2008. Ingeniería thesis, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Borbón-García A. D. González-González J. Macías-Cervantes J. Pérez-Márquez E. Cortez-Mondaca J. Ureta-Téllez H. Astengo-Cázares J. Valdez-Amaya. 2011. Recomendaciones para el Cultivo de Maíz Durante el Ciclo Otoño-invierno en el Estado de Sinaloa. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-CEVCul, Culiacán, Sinaloa, México. Folleto Técnico # 56.
- Cantarero R. J. y Martínez O. A. 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y un mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Licenciatura EPV-UNA. Managua, Nicaragua. 52p
- Castro-Nava S. Reyes-Méndez C. y Huerta J. A. 2014. Diversidad genética del área foliar en maíces nativos de Tamaulipas bajo altas temperaturas. Revista Fitotecnia Mexicana. 37(3): 217-223.
- Carrillo T. C. 2009. El origen del maíz naturaleza y cultura en Mesoamerica. Universidad Autonoma de Mexico Mexico : Ciencias. 92-93.
- Celiz G. F. A. y Duarte C. R. J. 1996. Efecto de arreglos topológicos (doble surco) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) como cultivo principal, en asocio con leguminosas (*Vigna unguiculata* L. Walph.). Tesis UNA Managua, Nicaragua. 37p.
- Chisaguano T. S. B. 2023. Efecto de la aplicación de lixiviados en la calidad del suelo y el rendimiento del cultivo de plátano barraganete. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas Carrera de Agronomía/Turismo Universidad Central del Ecuador.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) 2021. El maíz y la regeneración de los suelos. Mexico: Grupo bimbo y Divulgación CIMMYT. En línea: <https://idp.cimmyt.org/el-maiz-y-la-regeneracion-de-los-suelos/> Consultado 28/03/2025
- Cordero M. A., Llanderal T. 2018. Diagnóstico nutrimental en maíz y su implicación en la fertilización química. Revista Fitotecnia Mexicana. 41(1): 45-52.

- Cruz-Acosta J., Ortega-Larrocea M. P., y Govaerts B. 2021. Efecto de abonos orgánicos sobre la actividad microbiana del suelo en un cultivo de maíz. *Revista Terra Latinoamericana* 39(1): 33–45.
- Díaz-Chuquizuta P. Hidalgo-Melendez, E. Cabrejo-Sánchez C. y Valdés-Rodríguez O. A. 2022. Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la aplicación foliar de abonos orgánicos líquidos. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 38(2): 144-153.
- Espinoza T. J. J. 1999. Efectos de diferentes arreglos topológicos de maíz (*Zea mays* L.) y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos, dinámica de las malezas y uso equivalente de la tierra. Tesis de licenciatura Universidad Nacional Agraria UNA. Managua, Nicaragua. 73 p
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2009. Guía para la descripción de suelos 4. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2012. Panorama general de la producción y el comercio mundial de banano. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2012. “Mejoramiento de Maíz con objetivos especiales”.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2021. Guía sobre el uso eficiente de fertilizantes. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fermin S. H. 2025. Respuesta del maíz a la aplicación de hidrogel y *trichoderma spp* en el sustrato en invernadero. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias BUAP San Juan Acateno, Puebla, Mexico 34 p.
- Fonseca-López D., Vivas Quila N. J., y Balaguera-López, H. E. 2020. Técnicas aplicadas en la investigación agrícola para cuantificar la fijación de nitrógeno: una revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1): 32-50.

- Gallegos G. J. E. 2015. Aplicación de una dosis de fertilización orgánica (estiércol bovino) en la producción de nueve híbridos intermedios precoces de maíz de alto potencial forrajero. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias BUAP. San Juan Acateno, Puebla, Mexico.
- García-González M. T., Hernández-Moreno D., y Soria-Lara D. 2019. Influencia del compost en la calidad del suelo y rendimiento del maíz. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 13(2): 192-202.
- García M. A. López G. F. Prospero B. F. Albarrán P. B. y Arriaga J. C. M. 2020. Evaluación de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) tratado con urea como una alternativa en la suplementación de vacas lecheras en sistemas de producción de leche en pequeña escala. *Agroproductividad* 13(2): 11-17.
- García-López D.A., Hernández R.A 2023. Estudio de altas densidades de siembra en la producción de maíz (*Zea mays* l.) híbrido. *Tecnología en Marcha*. 36 (4): 160-168.
- Grupo semillas. 2012. El Maíz en el Ecuador. En línea: www.ecuadorxporta.org/htm/index.htm. Consultado el 15/03/2025
- Guacho A. E. F. 2014. Caracterización Agro-morfológica del Maíz (*Zea mays* l.) de la Localidad San José de Chazo. Tesis de licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales Riobamba-Ecuador .
- Ingaramo, O., Paz, A., y Dugo M. 2003. Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreos de suelo, en el NO de la Península Ibérica. Conferencia: Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
- INEGI (Instituto nacional de estadística y geografía). 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010 Tlapacoyan, Veracruz de Ignacio de la Llave.
- INIAP (Instituto Nacional Investigaciones Agropecuarias). 2011. Módulo IV "Manejo integrado del cultivo de maíz suave" Programa de Maíz. Quito-Ecuador. EESC.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2012. Fenología del maíz. En línea: <http://riap.inta.gov.ar>. Consultado el 23/04/2025.

- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) 2020. Guía para la producción de maíz en México.
- Joaquín M.E., Torres V.V. 2020. Manual de edafología.
- Kato T. A., Mapes L.M., Mera J.A. Serratos R.A. 2009. Origen y diversificación del maíz y revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y la Biodiversidad de Córdoba. México, D.F 116 pp.
- López C.Z. 2021. Desarrollo de maíz híbrido a base de lixiviados de lombricomposta y raquis de plátano dominico. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias BUAP, San Juan Acateno, Puebla, Mexico.
- López M., y Frezza D. 2022. Lechuga. Fichas técnicas regionales. Tucumán pp: 77-79.
- Maroto, J. 1998. Horticultura herbácea especial. 4ta Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid-España. pp 589-593.
- Manual agropecuario. 2001. Cultivo de maíz. 3ra Edición. Editorial Idea Books. Barcelona-España. pp: 471-476
- Martínez G., Lara, A., Padilla, L., Flores, M., Avelar, J., y Llamas, J. 2015. Evaluación técnica y financiera del cultivo de lechuga en invernadero, como alternativa para invierno
- Marcial P.M de J., Ojeda de B.W., Jiménez J.S.I, Ontiveros C.R.E 2019. estimación de la altura del cultivo de maíz usando imágenes RGB obtenidas con un dron. Quinto congreso nacional de riego y drenaje. COMEII-AURPAES2019. Mazatlán Sinaloa.
- Manuales Prácticos para la Elaboración de Bioinsumos 2022. Solución Steiner. En línea: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737326/7_Solucion_Steiner.pdf. Consultado 16/02/2024.
- Méndez-López L. F., Vargas R., Salas-Pérez L. 2018. Efecto del estiércol bovino compostado en el rendimiento del maíz en suelos volcánicos. Revista Fitotecnia Mexicana 41(3): 205–211.
- Moraga Q. N. y Meza R. I. 2005. Evaluación de dos dosis de fertilizantes orgánicos (gallinaza, estiércol vacuno) y un mineral sobre la dinámica del crecimiento y rendimiento del Maíz (*Zea mays* L.) variedad NB-6. Tesis. UNA. Managua, Nicaragua 43 p.

- Moreno L., Torres M., Díaz, C. 2020. Biofertilizantes líquidos: una alternativa sustentable. *Agroecología y Desarrollo Rural* 5(1): 23–30.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2003. Consensus Document on the Biology of *Zea mays* subsp. *mays* (Maize). Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
- Ramírez R., Chávez F. 2019. Aplicación de lixiviados orgánicos en la producción de maíz bajo manejo agroecológico. *Agrociencia* 53(1): 101–112.
- Ramiro V. S., Abad-Calva G. N., Moreno-Cruz J.F. 2024. Impacto del lixiviado de raquis de banano en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la parroquia Carigán, cantón Loja. *Bosques Latitud Cero* 15 (1): 81-91.
- Restrepo J. R., y Pinheiro S. 2011. Cromatografía. Imágenes de vida y destrucción del suelo.
- Rivero, D. A., Rodríguez, H. V., Rico, D. P., y Pedreño, J. N. 2024. Salinidad y pH en los lixiviados durante el cultivo del pimiento en suelos calizos bajo riego salino. In *Agua, agricultura y alimentación*. pp 421-430.
- Román, S., Ojeda, C. y Panduro, A. 2013. Genética y evolución de la alimentación de la población en México. En línea <https://www.medigraphic.com/pdfs/endoc/er-2013/er131f.pdf>. Consultado: 15/01/2025
- Salamanca A. y Sadeghian S. 2009. La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 56(4): 381-397.
- Salazar-Sosa E., Trejo-Escareño H.I., López-Martínez J.D. 2010. Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana* 28(4): 381-390.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) 2017. Producción de plátano “hecho en México” aumenta siete por ciento. Disponible en: www.gob.mx/sagarpa/prensa/produccion-de-platano-hecho-en-mexico-aumenta-siete-por-ciento. Consultado: 28/05/2025
- Sánchez-Hernández A., Rojas, J., y Martínez L. 2019. Requerimientos nutricionales del maíz en diferentes etapas fenológicas. *Revista Ciencias Agrícolas*, 36(2): 87-94.

- Sánchez-de Jesús M. A., Volke-Haller V. H., Cortés-Flores J. I., María-Ramírez A. San-Martín-Hernández C. 2024. Aporte de nitrógeno por el suelo y eficiencia de aprovechamiento del nitrógeno aplicado en maíz de temporal. *Revista fitotecnia* 47 (2): 99-107.
- Serratos, J. 2009, The Origin and Diversity of Maize in the Americas Continent. En línea: <https://bit.ly/2T3vTgS> Consultado: 25/24/2025
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2022. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.
- Staley B. F. De los Reyes F. L. y Barlaz M. A. 2012. Comparison of Bacteria and Archaea communities in municipal solid waste, individual refuse components, and leachate. *FEMS Microbiol. Ecol.* 79(2): 465-473.
- Susan-Tepetlan P.V., Noa-Carrazana J.C., y Flores-Estevez N. 2017. Estado del cultivo de plátano (*Musa* spp.) en el Municipio de Tlapacoyan, Veracruz. *UVserva*. 4: 81-83.
- Tamayo E. L.M., J.J. Alvarado M., E. Rosales R. 2003. Manejo Integrado de Maleza en Maíz para el Noroeste de México. INIFAP-CIRNO-CEVY. Folleto # 49.
- Toledano L.N 2020. Producción y calidad de vicia faba a base de abonos orgánicos. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias San Juan Acateno, Puebla, Mexico BUAP.
- Torres-Dorante L. Gutiérrez-Miceli F. y Dendooven L. 2020. Fertilización nitrogenada escalonada en maíz y su impacto en el rendimiento y calidad. *Agrociencia* 54(4): 611–621.
- Universidad Autónoma de México. 2019. Suelos y nutrición de plantas.
- Vallejo M., Ramos, J. A., y Olivares, P. 2020. Nutrientes aportados por fertilizantes orgánicos y su efecto en cultivos básicos. *Agroecología y Desarrollo* 17(1): 45–53.
- Villa P., y Chabla J. V., D. 2018. Efecto de riegos presurizados sobre propiedades físicas de un suelo bananero asociado con Kudzu (*Pueraria phaseoloides* B.). *Revista Científica Agroecosistemas* 6 (1): 34-45.
- Yanez, C. Zambrano J. Caicedo M. Heredia J. 2005. “Inventario Tecnológico del Programa del Maíz”. INIAP-EESC. Quito-Ecuador. pp: 2-25



Oficio No. FCAyP/805/2025

Erik Jafet de Jesús Ronquillo
Egresado de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P R E S E N T E

Con base en el dictamen emitido por el M.C. Ramiro Escobar Hernández (**Director de Tesis**), Dr. Fernando López Morales (**Codirector**), M.C. Esteban Joaquín Medina (**Asesor**) y M.C. Guillermo Jesuita Pérez Marroquín (**Asesor**) en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la elaboración digital de la tesis titulada:

Fertilización en suelo en el cultivo de maíz con diferentes dosis de lixiviado de plátano.

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agronómica en Recursos Naturales Renovables.

Sin otro particular por el momento me despido de Usted.

“Pensar bien, para vivir mejor”

San Juan Acateno, Teziutlán, Pue., a 09 de Diciembre de 2025.

M.C. Pablo Zaldívar Martínez

Director de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias



C.c.p. - Archivo y Minutario
MC PZM/mlsm

Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias

Av. Universidad s/n San Juan Acateno
Teziutlán, Pue., C.P. 7396501

(231) 31 2 29 33 y 01 (233) 31 8 00 17