



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y
ZOOTECNIA

DESARROLLO DE MAÍZ HÍBRIDO A BASE DE LIXIVIADOS DE
LOMBRICOMPOSTA Y RAQUIS DE PLÁTANO DOMINICO

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

ZURISADAI LÓPEZ COYOTL

DIRECTOR DE TESIS

MC. RAMIRO ESCOBAR HERNÁNDEZ

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Mayo de 2021



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y
ZOOTECNIA

DESARROLLO DE MAÍZ HÍBRIDO A BASE DE LIXIVIADOS DE
LOMBRICOMPOSTA Y RAQUIS DE PLÁTANO DOMINICO

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

ZURISADAI LÓPEZ COYOTL

DIRECTOR DE TESIS

MC. RAMIRO ESCOBAR HERNÁNDEZ

ASESORES

DR. BENJAMIN BARRIOS DÍAZ

DR. RAÚL BERDEJA ARBEU

M.V. JOSÉ MÉNDEZ GÓMEZ

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Mayo de 2021

La presente tesis titulada “**DESARROLLO DE MAÍZ HÍBRIDO A BASE DE LIXIVIADOS DE LOMBRICOMPOSTA Y RAQUIS DE PLÁTANO DOMINICO**” y realizada por: **ZURISADAI LÓPEZ COYOTL**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADO EN INGENIERIA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

Director:

M.C Ramiro Escobar Hernández

Asesor:

Dr. Benjamín Barrios Díaz

Asesor:

Dr. Raúl Berdeja Arbeu

Asesor:

M.V. José Méndez Gómez

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Mayo de 2021

El presente trabajo forma parte el Cuerpo Académico denominado:
**“BUAP-CA-231-Manejo de Recursos Fitogenéticos de la facultad de
Ingeniería Agrohidráulica”.**

DEDICATORIA

A Dios, primeramente dedico este logro porque es la parte fundamental de todo el éxito y el beneficio otorgado a lo largo de estos años de carrera universitaria y darme la fortaleza para no desistir en el camino y cumplir este gran sueño.

A mis padres, Cruz López Huerta y Cirila Coyotl Coyotl, porque son el motor que impulsó mi gran sueño de superarme en conocimiento, valores, responsabilidades ya que sin esas bases no hubiera logrado mis objetivos y siempre a su lado hubo un consejo, una exhortación y un apoyo. Gracias a su confianza pude experimentar esta vivencia universitaria.

A mis hermanos, Yurai López Coyotl, Cruz López Coyotl y Aminadab López quienes, con sus regaños, críticas constructivas, desconfianzas y burlas fueron una gran motivación para realizar este sueño.

AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y a la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica por mi formación profesional.

A los docentes del programa educativo de **Ingeniería Agronómica y Zootecnia** les dejo una palabra de agradecimiento porque reconozco la paciencia y el esfuerzo de todos sin excepción.

Al M.C. Ramiro Escobar Hernández, por su apoyo como director de tesis y brindarme su conocimiento para llevar a cabo la elaboración de esta investigación. Mil gracias. Mis respetos hacia usted y aprecio.

A mi asesor. Dr. Raúl Berdeja Arbeu, agradezco por ofrecerme su conocimiento y apoyo para poder realizar esta investigación y brindarme su ayuda incondicional y su valioso tiempo. Mil gracias. Mis respetos hacia usted y aprecio.

A mis amigos. Orlando, Jacob, Eric, Miguel, Uriel, Froilán, Eduardo, Juan Daniel, Neftali y amigas Lucina, Sabine, Boni, Areli, Magui, Malu y Rebeca gracias por su amistad y apoyo moral y emocional que me brindaron durante mi estancia en la universidad. Mi más sincero agradecimiento.

4.5.1	Importancia del raquis de plátano dominico en la agricultura	13
4.5.2	La obtención de lixiviados de plátano.....	14
4.6	lixiviado de lombricomposta.....	14
4.6.1	Reproducción de la lombriz roja californiana	15
4.6.2	El humus de lombriz.....	15
4.6.3	Uso de lixiviados de lombriz como fuentes de ácidos húmicos	16
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
5.1.	Localización.....	17
	Figura 1. Localización del sitio experimental. INEGI (2020)	17
5.2.	Análisis de suelo del área experimental.....	18
	Cuadro 3. Resultados de análisis de suelo del campo experimental en San Bernardino Tlaxcalancingo.	18
5.3.	Material biológico.....	18
	El material genético utilizado fue semilla híbrida de maíz variedad "ocelote" Asgrow , seleccionada por su rendimiento en grano, adaptabilidad y precocidad.	18
5.4.	Fuentes de fertilización orgánicas.....	19
5.4.1	Lixiviado de lombricomposta.....	19
	Cuadro 4. Características físico químicas del lixiviado lombricomposta.	20
5.4.2.	Lixiviado de raquis de plátano dominico.....	21
5.5.	Establecimiento del cultivo	22
5.6.	Diseño experimental	22
	Figura 2. Distribución de los bloques y tratamientos.	24
	Cuadro 6. Identificación de Tratamientos y repeticiones.	24
5.7.	Variables a evaluar	24
5.7.1.	Altura de plata (cm)	24
5.7.2.	Grosor de tallo (cm)	25

5.7.3. Longitud de la mazorca (cm).....	25
5.7.4. Diámetro de la mazorca (cm).....	25
5.7.5. Número de hileras por mazorca.....	25
5.7.6. Número de granos por hilera.....	25
5.7.7. Número de granos por mazorca.....	25
5.7.8. Materia seca por hectárea (Ms ha ⁻¹)	25
5.8 Análisis estadístico	26
VI Resultados y discusión.....	27
6.1 Variable de desarrollo.....	27
6.1.1 Altura de planta.....	27
6.1.2 Diámetro de tallo.....	28
Figura 4. Comportamiento de variable diámetro del tallo durante la etapa de crecimiento del cultivo de maíz, bajo manejo orgánico.	29
6.1.3 Longitud de mazorca.....	29
6.1.4 Diámetro de mazorca.....	29
6.1.5 Número de hileras por mazorca.....	30
6.1.6 Número de granos por hilera.....	30
6.1.7 Número de granos por mazorca.....	31
6.1.8 Materia seca.....	32
Figura 5. Rendimiento de Materia Seca (ton ha⁻¹)	33
VII. CONCLUSIÓN.....	34
Bibliografía.....	35

Índice de cuadros

Cuadro 1. Producción en ciclo Primavera-Verano (Miles de toneladas)	7
Cuadro 2. Producción en ciclo otoño-invierno (miles de toneladas)	8
Cuadro 3. Resultados de análisis de suelo del campo experimental en San Bernardino Tlaxcalancingo.....	18
Cuadro 4. Características físico químicas del lixiviado lombricomposta.....	20
Cuadro 5. Características físico químicas del lixiviado de raquis.....	22
Cuadro 6. Identificación de Tratamientos y repeticiones.....	24
Cuadro 7. Características de mazorca de maíz con tratamientos orgánicos de lombricomposta y lixiviado de plátano dominico.....	32

Índice de figuras

Figura 1. Localización del sitio experimental. INEGI (2020)	17
Figura 2. Distribución de los bloques y tratamientos	24
Figura 3. Comportamiento de variable altura de planta durante la etapa de crecimiento del cultivo de maíz, bajo manejo orgánico	28
Figura 4. Comportamiento de variable diámetro del tallo durante la etapa de crecimiento del cultivo de maíz, bajo manejo orgánico	29
Figura 5. Rendimiento de Materia Seca (ton ha⁻¹)	33

Resumen

El propósito de este trabajo fue evaluar el rendimiento de mazorca, altura, grosor de planta y tallo como de igual forma el porcentaje de materia seca (Ms ha^{-1}) en una variedad de maíz híbrida conocida como "ocelote" bajo dos fuentes de fertilización orgánica y un testigo. Se llevó a cabo el 1 de septiembre del 2019 en el lote ubicado en San Bernardino Tlaxcalancingo perteneciente al municipio de San Andrés Cholula Puebla, con una temperatura promedio anual de $16.9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se establecieron parcelas de 16 m^2 distribuidas en 3 tratamientos: Tratamiento 1 (Testigo), Tratamiento 2 (lixiviado de lombricomposta), y Tratamiento 3 (lixiviado de raquis de plátano dominico). Se analizaron las siguientes variables: altura y grosor de planta de maíz, altura de mazorca, número de filas por mazorca, número de granos por fila de mazorca, diámetro de mazorca, número de granos por mazorca y por último producción de materia seca por hectárea (Ms ha^{-1}). Se utilizó un diseño bloques completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Se utilizaron 9 parcelas ($4 \times 4\text{ m}$) con densidad de siembra de 540 plantas en 144 m . Las variables de altura y grosor de planta fueron tomados después de los 15 días que fue sembrada la semilla y sucesivamente cada quince días se fueron midiendo y haciendo su aplicación de fertilizante orgánico, foliando las plantas con el lixiviado de lombriz y raquis. Los

resultados de cada una de las variables de producción no mostraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$). Esta situación puede atribuirse a un desbalance nutricional en el suelo.

Palabras clave: lixiviado, raquis, lombricomposta, *zea mays*.

Abstract

The main objective of this work was to evaluate the ear yield, height, plant and stalk thickness as well as the percentage of dry matter (Ms ha⁻¹) in a hybrid corn variety known as "ocelot" under two sources of organic fertilization and a control. It was carried out on September 1, 2019 in the plot located in San Bernadino Tlaxcalancingo belonging to the municipality of San Andres Cholula Puebla, with an average annual temperature of 16.9 °C. Plots of 16 m² distributed in 3 treatments were established: Treatment 1 (Control), Treatment 2 (vermicompost leachate), and Treatment 3 (Dominican plantain rachis leachate). The following variables were analyzed: corn plant height and thickness, ear height, number of rows per ear, number of kernels per ear row, ear diameter, number of kernels per ear and finally dry matter production per hectare (Ms ha⁻¹). A completely randomized block design with three replications per treatment was used. Nine plots (4 x 4 m) with a planting density of 540 plants in 144 m were used. The variables of plant height and thickness were taken after 15 days after the seed was sown and successively every fifteen days they were measured and the application of organic fertilizer was made, foliating the plants with worm leachate and rachis. The results of each of the production variables did not show significant statistical differences (P>0.05). This situation can be attributed to a nutritional imbalance in the soil.

Key words: leachate, rachis, vermicompost, *zeamays*.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz juega un papel importante en nuestra cultura mexicana a lo largo de la historia, ha sido una identidad que nos ha caracterizado por su importante uso en la gastronomía mexicana. Cabe resaltar que a al paso del tiempo éste juega un papel importante ya que es la base de la alimentación de muchas familias a lo largo del territorio mexicano, puesto que es consumido en cada momento de nuestras vidas y se puede presenciar en una gran diversidad de formas, texturas y colores. Esto nos hace pensar ¿Este grano que es tan demandante en nuestro país, es el más saludable para nuestro consumo? El gran uso indiscriminado de plaguicidas y el exceso de fertilizantes químicos ha hecho que una gran cantidad de personas opten a otro tipo de manejo más saludable, dejando atrás el manejo convencional (Mejía, 2014). El uso de fertilizantes biológicos ha incrementado en las últimas dos décadas. Dicha aplicación se debe al resultado de la extensa demanda de materia prima para los procesos productivos y abastecimiento de alimentos en el mundo. Los fertilizantes biológicos actúan como suplente de abono químicos tradicionales, ofrecen mejor productividad en las cosechas, facilitan el desarrollo de frutos sanos, oposición a la agresión de plagas y brindan simplicidad para su aplicación. Además, los nutrientes esenciales, contenidos en los fertilizantes biológicos, disponen características fisicoquímicas y biológicas

adecuadas para el suelo, lo cual implica incrementos de productividad en el sector agrícola (Carvajal, 2010).

Las persistentes elevaciones en los precios de los alimentos y una eminente contaminación ambiental ocasionada por el empleo de elementos químicos sintéticos para la productividad de alimentos ha sido tema de preocupación en nuestro país. Por estas razones, los agricultores nacionales se ven en la obligación de establecer nuevas y mejores técnicas para el incremento favorable de sus cultivos, que aminoren el uso y consumo de productos químicos esto con el fin de disminuir la degradación del suelo y la fauna microbiana, entre estas técnicas encontramos, lixiviados de lombriz y de raquis (Carranza, 2013)

La lombricultura, es una tecnología biológica que emplea una especie de lombriz mejorada genéticamente, especializada para degradación de desechos orgánicos, como una herramienta de trabajo. La labor de la lombriz es aprovechar todo tipo de materia orgánica como excremento de rumiantes y porcinos, entre muchos más desechos orgánicos que comúnmente no son aprovechados en hogares, granjas etc. Y dando como resultado lombricomposta, carne de lombriz, harina de lombriz y lixiviado de lombriz, cabe recalcar que el lixiviado de lombriz ha tenido un auge a nivel nacional, por los buenos resultados que éste ha presentado. (Carranza, 2013)

Biológicamente los racimos de plátano son sujetos por un vástago o también conocido como raquis, que al momento de ser almacenado, este ocupa demasiado espacio por lo que termina siendo desechado. Y gracias a la investigación se ha descubierto un uso para la nutrición de las plantas (composta, humus y lixiviado) sin dañar al medio ambiente por su alto valor nutricional, y como parte de las investigaciones que se han realizado a lo largo de este tiempo se han encontrado una gran cantidad de microorganismos benéficos presentes en el lixiviado de raquis que se almacenan en un nicho en la estructura de hojas y tallos de las plantas, donde normalmente eran alojados los patógenos que dañaban los cultivos, así creando biológicamente un controlador de plagas. (Estudillo, 2017)

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el crecimiento vegetativo y producción de maíz híbrido "ocelote" a base de lixiviado de lombricomposta y lixiviado de raquis de plátano dominico

2.2 Objetivos específicos

Evaluar variables físicas de crecimiento vegetativo

Evaluar el rendimiento de materia seca (MS) y grano

III. HIPÓTESIS

El lixiviado de raquis de plátano dominico mejorará el desarrollo vegetativo y rendimiento del maíz híbrido "ocelote" en comparación con el lixiviado de lombricomposta.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Producción de maíz en México

El maíz es el producto más representativo en la cultura Mexicana por su importancia gastronómica y la historia que conlleva. La explotación del maíz se divide en blanco y amarillo. El maíz blanco implica el 86.94% de la utilidad para el consumo humano, mientras que el maíz amarillo es destinado a la producción de alimentos balanceados para el ámbito pecuario cumpliendo el 24 % de los exigencia nacional. La producción de maíz amarillo es escasa con una producción de 3.55 MMt con un consumo nacional de 14.84 MMt, importando 12.95MMt, pero en el caso del maíz blanco excedemos el requerimiento nacional con una producción de 24.56 MMt con un consumo nacional de 23.67 MMt exportando 1.066MMt (Rivosa, 2016).

4.1.2. Principales estados productores

El Estado de México es el tercer estado productor de maíz a nivel nacional y el (Cadro 1) nos demuestra que el estado de México como lo es también Jalisco y Michoacán son los que encabezan la producción de maíz en los meses de primavera verano y su producción abastece el 40.1% de las necesidades de consumo en la entidad. Mientras tanto los estados de Sinaloa, Tamaulipas, etc. tiene el mayor dato de producción de maíz en los meses de otoño invierno como lo muestra el (cuadro 2) (Jaspeado, 2020).

**Cuadro 1. Producción en ciclo Primavera-Verano
(Miles de toneladas).**

Estado	2017	2018	Participación. 2018 (%)
Jalisco	3998	3821	19.9
Michoacán	1874	1958	10.2
México	2218	1921	10
Guanajuato	1642	1694	8.8
Chihuahua	1201	1479	7.7
Otros	8944	8363	43.5
Nacional	19878	19237	100

Fuente:SIAP e/estimado en junio 2019 */OI estimado, PV cierre preliminar.

Cuadro 2. Producción en ciclo otoño-invierno (miles de toneladas)

Estado	2017/2018	2018/2019	Participación. 2018/2019 (%)
Sinaloa	5143	5608	65.2
Tamaulipas	927	1019	11.8
Sonora	519	660	7.7
Veracruz	494	448	5.2
Chiapas	182	191	2.2
Otros	667	679	7.9
Nacional	7932	8603	100

Fuente:SIAP e/estimado en junio 2019 */OI estimado, PV cierre preliminar

4.2 Sistemas de producción de maíz

4.2.1 Preparación del terreno

Cabe destacar que cada tipo de trabajo agrícola que se realiza en un terreno depende del tipo suelo y depende del método de producción que utilice el productor. También hay factores que influyen aparte del suelo como: precipitación, y condición económica. Para la agricultura se debe concientizar que el recurso más importante es el suelo, y es obligación nuestra el conservarlo. Un buen rastreo y preparación del suelo ayuda al control de malezas pero el dejar rastros

enriquece el suelo y ayuda a tener un suelo permeable, control de algunas plagas y permite una buena germinación de la semilla (Sanabria, 1998).

4.2.2. Temporal Es la preparación del terreno antes de la temporada de lluvias en los meses de mayo o principios de junio , haciendo los trabajos de limpieza, barbecho y rastreo; después de haber realizado un primer rastreo, el segundo se debe ejecutar pasada la primera lluvia. Pero es necesario analizar el tipo de suelo y su compactación para diagnosticar si es necesario un sub soleo en lugar del barbecho o rastreo. Asimismo, también se puede contempla una sola preparación con un solo rastreo, anticipado a la siembra (Guzman, 2001).

El inicio de temporadas de lluvias es el más importante para la temporada de la agricultura, ya que se inician los preparativos para establecer el cultivo, realizándolo cuando el suelo esté seco. De acuerdo al espacio a cultivar. El establecimiento del maíz requiere muchos procesos agrícolas, donde toda la familia se involucra para hacer un trabajo menos pesado. Es un cultivo básico para la alimentación de los integrantes de la familia. La producción promedio de cada familia es de alrededor de mil quinientos kilogramos por hectárea, cantidad basta para su autoconsumo anual de todos los integrantes de la familia y de los animales domésticos. En caso de no abastecer la demanda familiar el padre familia opta por comprar

con vecinos, familiares, esto con el fin de no desabastecer la demanda de maíz de su hogar. (Isabel, 2004).

4.2.3. Labranza cero La labranza cero y de conservación. Se da inicio implementando un sub soleo para posteriormente no realizar ningún otro trabajo. Por eso es conveniente mantener los desechos de la cosecha anterior procurando tener por mínimo un 30 por ciento, esto con el fin de no permitir que el sol toque directamente el suelo y pierda humedad y dañe la fauna microbiana de la tierra. Con una previa investigación este tipo de manejo, como lo es cero labranza o de conservación, obtenemos los mismos rendimientos que la labranza convencional (Guzman, 2001).

4.2.4 Ciclo de Otoño-Invierno. La preparación se desarrolla después de triturar los residuos del cultivo de temporal o anterior, para recibir el ciclo Otoño-Invierno barbechando con los implementos del arado de discos, a una profundidad de 20 a 30 cm. efectuando uno o dos veces la rastra, según sea la disponibilidad de humedad que contenga el tipo de suelo (Guzman, 2001).

En este ciclo agrícola damos por terminado la temporada de lluvias por lo cual solo se puede sembrar principalmente en áreas que tengan disponibilidad de riego, lo que permitirá al productor aumentar la eficiencia de producción y alcanzar un alto rendimiento de grano ya que su genética del híbrido o maíz mejorado será explotado

mayormente. Cada variedad actúa diferente en base a los tipos de ambientes principalmente en enfermedades , plagas y temperatura, que se van manifestando a lo largo de su desarrollo y se ve impactado en el rendimiento económico y la calidad del producto (Díaz, 2010).

4.2.5. Primavera El acondicionamiento del suelo en la época de primavera resulta más accesible económicamente, ya que los residuos del maíz se utiliza como pastura para el ganado, limpiando así el terreno para la próxima siembra. Reduciendo a uno o dos pasos de rastra pesada, según sea el tipo de suelo (arcilloso o migajón) (Guzman, 2001).

4.3 Fuentes orgánicas de producción de maíz

La principal razón de desarrollar composta es para un interés agrícola como el maíz, hortalizas, y frutales etc. La composta tiene diversas aplicaciones en el ámbito agronómico, como abonos orgánicos, mejorador de suelos, lixiviados o sustratos para la posterior obtención de extractos fúngicos. El proceso de compostaje se realiza gracias a la fauna microbiana, que cumple un importante papel en la conversión de estiércoles y distintos desechos de plantas, consumiendo y aprovechando cada uno de esos residuos que formarían parte de alimento para distintas plagas, que posteriormente podrían ser generadores de patógenos, enfermando nuestros cultivos. Esto se genera gracias a la actividad cambiante producida

por las actividades de sucesión de varias colonias de microorganismos que cumplen distintas funciones a determinadas condiciones de oxígeno y humedad. Eliminando los sitios de reproducción de insectos, plagas, y enfermedades (Rodríguez A. H., 2009).

La agregación de abonos y fertilizantes orgánicos tienen como objetivo remediar y poblar la estructura biológica del suelo, esto ha recuperado mucho interés en los últimos años, no solo a nivel nacional sino mundial. Esta práctica se ha realizado a lo largo de los años por pequeños productores que incorporaban toda la materia orgánica desechada por su ganado, cualquier animal de índole zootécnico y los residuos de frutas y verduras. (Nieto-Garibay, 2002).

4.4. Lixiviado

Es el proceso en el cual se transforma todo residuo orgánico que se degrada y va permeando todos sus nutrientes formando un fertilizante, conocido como lixiviado. El factor principal para obtener un excelente lixiviado depende de la humedad que este contenga, lo cual permite que los nutrientes y los macroorganismos se puedan mover fácilmente a través del líquido y así facilitar la extracción de forma drenada. Lo cual podemos obtener de la materia orgánica, una alta concentración en sales minerales y derivados ya que también contiene una gran cantidad de nutrientes y microorganismos (Gómez, 2015).

4.4.1 Usos del lixiviado

El lixiviado es un fertilizante líquido orgánico que es muy utilizado para controlar plagas y enfermedades, es muy rico en diversidad de microorganismos benéficos, por lo cual no se le deben de llamar ni considerar un pesticida aunque, tienen como objetivo o finalidad, el de competir con otros microorganismos por espacio, alimentación y el sitio donde se alojan y subsisten macroorganismo que no son benéficos para la salud de las plantas, siendo la principal causa de patógenos (Gómez, 2015).

Algunos microorganismos son capaces de producir un químico antimicrobiano que produce la inhibición o el alejamiento de hongos. Una vez fertilizando la planta de manera foliar con lixiviado , los microorganismos benéficos invaden el lugar donde se alojan y ocupan los huecos esenciales y consumen los exudados que los microorganismos patogénicos deberían consumir, interfiriendo directamente en su desarrollo (Gómez, 2015).

4.5 Lixiviado de raquis de plátano dominico

4.5.1 Importancia del raquis de plátano dominico en la agricultura

Una vez recolectado el plátano, el raquis o vástago termina siendo desechado e incorporado a lo largo de toda la plantación para así ser incorporado al suelo. Lo cual se optó a la

utilización del vástago del plátano para la extracción de lixiviado líquido producido mediante la descomposición del raquis, gracias a esto podemos aprovechar este residuo del cultivo de plátano, dentro de un manejo de agricultura limpia y eficiente, para el manejo de algunas enfermedades en plantas y como suplemento de la fertilización foliar (Álvarez, 2013).

La gran producción de plátanos conlleva una gran cantidad de restos orgánicos como son plátanos rechazados y vástagos principalmente, los cuales no se aprovechan adecuadamente para el uso del suelo, siendo una fuente de materia orgánica (Estudillo, 2017).

4.5.2 La obtención de lixiviados de plátano

Para la obtención de lixiviado, procede a través de la sucesión de varias etapas de la descomposición de los vástagos de plátano hasta producir el lixiviado, donde se clasifica la especie de procedencia del raquis, la empacadora de procedencia y finalmente la caracterización de las propiedades presentes en el lixiviado (Estudillo, 2017).

4.6 lixiviado de lombricomposta

El lixiviado de lombriz se extrae de la lombricomposta, donde la lombriz succiona residuos orgánicos en descomposición y principalmente húmedos, los cuales sintetiza con su molleja y

pasan al tracto digestivo donde les adiciona (Ca) con sus glándulas. Este proceso ayuda a dar un uso eficiente a los estiércoles de animales, ya que mejora y reduce el proceso de obtención de abonos orgánicos y aumenta la calidad química y microbiológica (Rodríguez A. H., 2009).

4.6.1 Reproducción de la lombriz roja californiana

Las lombrices son hermafroditas, lo que indica que cada una produce espermatozoides como óvulos, su sistema reproductor está compuesto de órganos masculinos y femeninos. Cada lombriz después de una copulación produce cocones en números variables. A cada 20 °C emergen del cocón las lombrices después de un período de 2 a 4 semanas. La madurez ocurre entre 40 - 50 días después de la eclosión. La reproducción de la lombriz tiene lugar durante todo el año. El apareamiento ocurre cada 7 días (Rodríguez, 1993).

4.6.2 El humus de lombriz

Los desechos de lombriz californiana también son conocidos como humus de lombriz el cual es un abono orgánico, es 100% natural y se obtiene mediante la alimentación de dicha lombriz ,con excretas de animales y desechos de hortalizas y frutales. Esto con el fin de ser utilizado como abono orgánico en suelos degradados (García, 2012)

.

Una lombriz alimentada de residuos orgánicos transforma la materia en residuos húmicos, fragmentándolos en una estructura más fina y estimula la actividad microbiana, incrementando la tasa de mineralización de los abonos. Todo lo que no aprovecha el sistema digestivo de la lombriz es desechado mediante las heces, creando el humus de lombriz, como comúnmente lo conocemos. (García, 2012).

Las lombrices son eficientes para degradar todo desecho orgánico, de origen animal o vegetal, transformándola en una sustancia húmica llamada lombricomposta, sintetizando toda partícula de plantas o excreta de animales, obteniendo mayor actividad microbiana que en una composta tradicional. (Hernández, 2014).

4.6.3 Uso de lixiviados de lombriz como fuentes de ácidos húmicos

La lombriz debe mantenerse a una humedad del 70 a 80% para poder consumir por medio de la absorción las excretas de animales o residuos de plantas y facilitar su movimiento. Todo el exceso o acumulación de humedad es extraído mediante un desnivel, en el cual el agua arrastra todos los nutrientes, como microorganismos benéficos y sobre todo ácidos húmicos, lo cual hace que este líquido sea utilizado como regenerador orgánico, sirviendo como abono para la aplicación en cualquier tipo de cultivo. (Rosales, 2013).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización

El presente trabajo se llevó a cabo en la localidad de San Bernardino Tlaxcalancingo municipio de San Andrés Cholula, Puebla, ubicado con las coordenadas geográficas: $19^{\circ} 2.060'$ Norte, $98^{\circ} 16.685'$ Oeste (Figura 1). Se encuentra a una altura media de 2144 msnm. La temperatura promedio es 16.9°C . En un año, la precipitación es 852 mm (INEGI, 2020).



Figura 1. Localización del sitio experimental INEGI (2020)

5.2. Análisis de suelo del área experimental

Antes de realizar la siembra se realizó un análisis de suelo para mostrar las condiciones donde se llevó a cabo el experimento arrojando los siguientes valores (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resultados de análisis de suelo del campo experimental en San Bernardino Tlaxcalancingo.

Fertilidad Física	Valor	Fertilidad	Valor
Clase textural	Arena-Limosa	pH	6.3
Arcilla	14.52%	CE**	0.169
Limo	10.36%	MO***	2.01%
Arena	75.12%	N	25 kg/Ha
RG*	Alto	P	17 kg/Ha
		K	93 kg/Ha

RG:** Riesgo de compactación; **CE**:** Conductividad Eléctrica; **MO:** Materia orgánica; **NT:** Nitrógeno Total; **PD:** Fósforo Disponible; **K:** Potasio.

5.3. Material biológico

El material genético utilizado fue semilla híbrida de maíz variedad "ocelote" Asgrow ,

seleccionada por su rendimiento en grano, adaptabilidad y precocidad.

5.4. Fuentes de fertilización orgánicas

Las fuentes de fertilización orgánicas utilizadas en el experimento fueron en presentaciones de lixiviado de lombricomposta, y raquis de plátano dominico las cuales se describen a continuación.

5.4.1 Lixiviado de lombricomposta

Con base en los análisis físico-químicos del lixiviado de lombricomposta realizado por la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica (Cuadro 4). Se aplicó una mezcla de lixiviado en agua a proporción de 1:1, 20 L de lixiviado por 20 L de agua, con lo que se aportó: 60 mg de nitrógeno (N), 11.3 mg de fósforo (P) y 3.550 mg de potasio (K). Fue aplicado 15 días posteriores a la siembra con una mochila aspersor con capacidad de 20 L foliando cada 8 días este tratamiento.

**Cuadro 4. Características físico químicas del
lixiviado lombricomposta.**

Característica Físico-Química	Valores
pH*	9.67
CE**	21.9 dS/m
Ca	312.5 mg/L
Mg	110.5 mg/L
Na	1150.0 mg/L
K	7100.0 mg/L
N	240.0 mg/L
P	45.2 mg/L
He	19.0 mg/L
Cu	1.0 mg/L
Mn	2.0 mg/L
Zn	20.0 mg/L

pH: Potencial de Hidrógeno. CE: Conductividad Eléctrica.

Propiedades Físicas	Resultados
Materia Orgánica (%)	1.08 %
Ceniza (%)	3.68 %
Carbono Total (%)	0.63 %
Relación Carbono/ (C/N) Nitrógeno	17.02
Nitrógeno Total (%)	0.04 %
Fosforo (%)	<LOD
Potasio (%)	1.17%
Sodio (%)	0.05 %
Calcio (%)	<LOD
Magnesio (%)	<LOD
N-NO3 (mg/kg)	17.53 mg/kg
Cloruros (mg/kg)	0.12 mg/kg
Sulfatos (%)	0.13%
Cobre (mg/kg)	<LOD
Hierro (mg/kg)	77.58 mg/kg
Zinc (mg/kg)	0.30 mg/kg
Manganeso (mg/kg)	mg/kg
Boro (mg/kg)	15.08 mg/kg
PH	9.84
Carbonatos (1=bajo, 3=alto) (mq/kg)	146.40 mq/kg
Conductividad (mS/cm)	45.40 mS/cm

5.4.2. Lixiviado de raquis de plátano dominico

Con base en los análisis físico-químicos del lixiviado de raquis (Cuadro 5) Se realizó el suministro de este fertilizante en proporción de 1 a 1 y se aplicó de manera foliada en las hojas de la plata de maíz 15 días posteriores a la siembra y cada 8 días se mantuvo la aplicación de este tratamiento.

Cuadro 5. Características físico químicas del lixiviado de raquis.

5.5. Establecimiento del cultivo

Se realizaron labores culturales tales como limpieza, barbecho y rastra, ésta última a una profundidad de .30 cm. y posteriormente el 9 de septiembre del 2019 se hizo la siembra de 2.5 a 3 plantas por metro lineal, en surcos de 80 cm a una profundidad de 4 a 5 cm. con una densidad de siembra de 540 plantas en 144 m² y a una densidad de 10000 m² tendría 5000 plantas por hectárea.

5.6. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar (figura 20) con tres tratamientos y tres repeticiones y quince plantas como unidad experimental:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3... t$$

$$j = 1, 2,$$

$$3... n$$

Donde :

Y_{ij} = La k -ésima observación del i -ésimo tratamiento y el j -ésimo bloque

μ = Media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j -ésimo bloque

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental en la unidad j del tratamiento i

El diseño experimental se estableció, en un área de 144 m^2 (12 m ancho x 12 m largo), dividido en 9 parcelas de 16 m^2 (4 m x 4 m) (figura 2), distribuidos en tres bloques con los siguientes tratamientos (Cuadro 6):

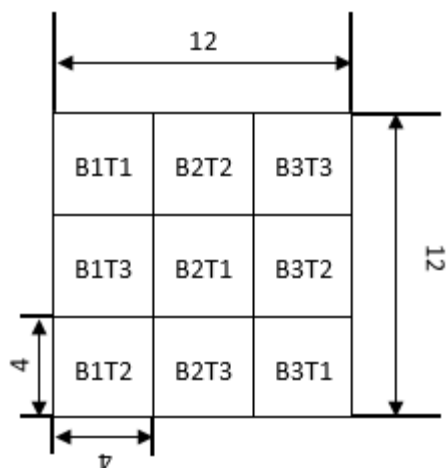


Figura 2. Distribución de los bloques y tratamientos.

Cuadro 6. Identificación de Tratamientos y repeticiones.

No.	Tratamiento	Repeticiones
1	Lixiviado de raquis	3
2	Lixiviado de lombricomposta	3
3	Testigo	3

5.7. Variables a evaluar

5.7.1. Altura de plata (cm)

Para evaluar la variable altura de planta se tomaron quince plantas seleccionadas al azar dentro de cada bloque y tratamiento, midiéndose desde la base del suelo hasta el último nudo del tallo muy cerca de la hoja bandera. Se empezó a medir esta variable en su primer rebrote hasta el día 119 de su desarrollo.

5.7.2. Grosor de tallo (cm)

Se midió en el segundo entrenudo quince plantas seleccionadas al azar de cada bloque y tratamiento, utilizando un flexómetro. Se comenzó a medir esta variable en su primer rebrote hasta el día 119 de su desarrollo.

5.7.3. Longitud de la mazorca (cm)

Se midió desde la base del pedúnculo hasta su ápice en quince mazorcas seleccionadas al azar con una cinta métrica.

5.7.4. Diámetro de la mazorca (cm)

En las quince mazorcas seleccionadas se prosiguió a determinar el diámetro de cada una de ellas utilizando un vernier.

5.7.5. Número de hileras por mazorca

Se contó el número de hileras contenido en quince mazorcas tomadas al azar, iniciando el conteo a partir centro de la mazorca.

5.7.6. Número de granos por hilera

El número de granos se contó en una hilera de cada mazorca tomada al azar.

5.7.7. Número de granos por mazorca

Se anotó el número de granos de cada una de las quince mazorcas seleccionadas.

5.7.8. Materia seca por hectárea (Ms ha⁻¹)

La materia seca se determinó bajo la metodología; Nollet (1996) utilizando un cuadrante de 1 m² (1 m x 1 m) lanzado aleatoriamente dentro de cada parcela, las muestras dentro del cuadrante fueron recogidas y pesadas en fresco e

identificadas. El muestreo se realizó a los 122 días. Una vez pesada la muestra fue llevada a una estufa de secado a 65 °C hasta alcanzar peso constante, 72 h aproximadamente. Finalmente se tomó el peso en seco y las muestras fueron pulverizadas en un molino Pulvex 100.

Para obtener el porcentaje (%) de materia seca se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% Ms = \frac{Ps * 100}{Pv}$$

Donde:

% Ms: Porcentaje de materia seca

Ps: Peso seco

Pv: Peso verde

El porcentaje de la fórmula muestra solamente la producción de forraje en 1 m² para obtener la producción por hectárea solo debe realizarse una conversión a 10,000 m².

5.8 Análisis estadístico

El análisis estadístico de la información generada de las variables se realizó con el procedimiento GLM (Modelos Lineales Generales) del programa SAS versión 9.0 y la prueba de comparación de medias con la prueba de Tukey a una significancia de 95% (P≤0.05)

VI Resultados y discusión

6.1 Variable de desarrollo

6.1.1 Altura de planta

Altura de planta: el análisis de varianza que obtuvimos no indicó diferencias significativas entre tratamientos de lixiviados de lombriz, lixiviados de raquis de plátano dominico y el testigo, entre sí (Figura 3). La aplicación de lixiviados de raquis y de lixiviado de lombricomposta fueron los más sobresalientes, teniendo una altura de planta de 2.86 m. y 2.80 m. respectivamente, mientras que el testigo presentó una altura menor con 1.98 m., el cual no recibió ningún tratamiento orgánico. Estos resultados se asemejan a los reportados por Alarcón (2001), quien señala que la agregación de estiércol de bovino incrementó la altura de la planta de maíz a 2.60 m. lo que indica que si existió efecto de parte de los abonos orgánicos con fertilización inorgánica.

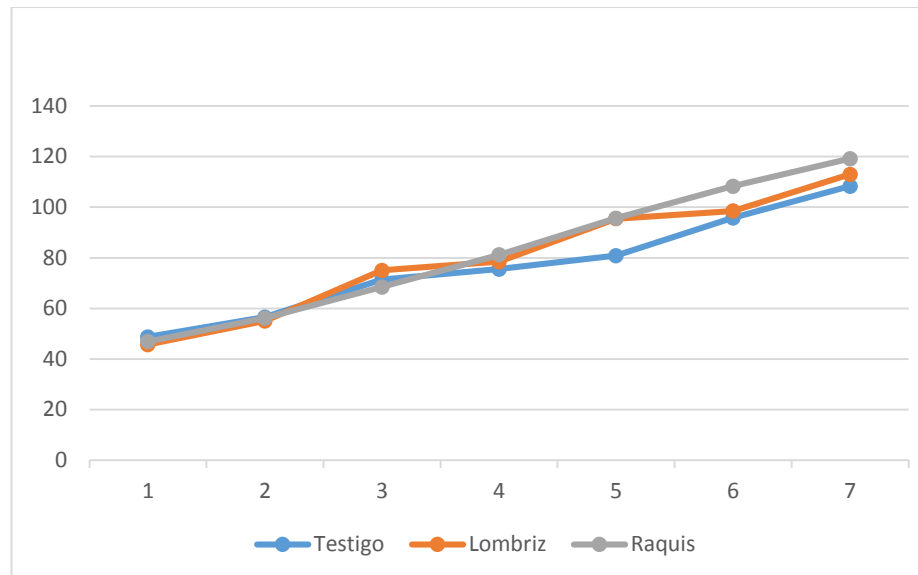


Figura 3. Comportamiento de variable altura de planta durante la etapa de crecimiento del cultivo de maíz, bajo manejo orgánico.

6.1.2 Diámetro de tallo

De acuerdo a la prueba estadística tukey no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos de raquis, lombriz y testigo, sin embargo se puede apreciar que durante su etapa de crecimiento el diámetro del tallo alcanzó valores de 3 cm. en lixiviados de raquis y lombricomposta (Figura 4) mientras que el testigo alcanzó un menor grosor de 2.5 cm. y esto se asocia a su falta de nutrientes a comparación del manejo de los tratamientos antes mencionados.

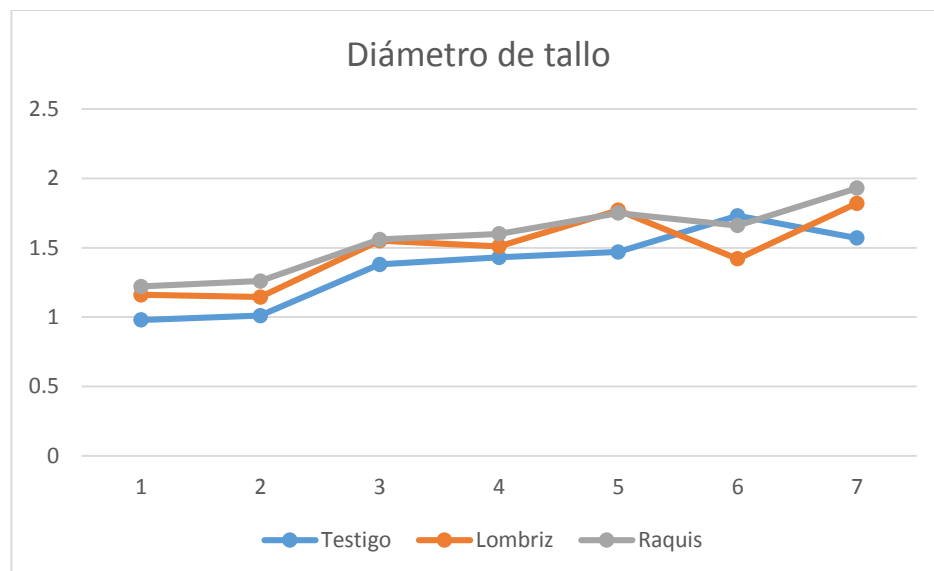


Figura 4. Comportamiento de variable diámetro del tallo durante la etapa de crecimiento del cultivo de maíz, bajo manejo orgánico.

6.1.3 Longitud de mazorca

Al realizar el análisis de varianza para longitud de mazorca no se encontró diferencias estadísticas significativas; sin embargo los tratamientos que respondieron favorablemente fueron lixiviados de lombricomposta y el testigo y esto se debe a la presencia de nitrógeno y bacterias que influyeron en su desarrollo, mientras que la menor longitud de mazorca se obtuvo con el lixiviado de raquis (Cuadro 7).

6.1.4 Diámetro de mazorca

Con el análisis de varianza no se encontró diferencias estadísticas significativas para el diámetro de mazorca (Cuadro 7). Los resultados señalan que los tratamientos de lixiviado de raquis y testigo fueron los que tuvieron mayor diámetro, mientras que el lixiviado de lombriz obtuvo menor

diámetro. Si bien en este estudio no se registran significancia estadística para estas variables, se puede observar que el lixiviado de raquis obtuvo un mayor desarrollo a comparación de los otros tratamientos gracias al potasio del cual en su mayoría está compuesto.

6.1.5 Número de hileras por mazorca

Al realizar el análisis de varianza para el número de hileras por mazorca no se encontraron diferencias significativas estadísticas, este resultado se debe a que el número de hileras por mazorca está influenciado por características propias de la variedad y que en este caso las prácticas de manejo no ejercieron ningún efecto sobre la variables, esto se puede apreciar en el cuadro siguiente (Cuadro 7).

Estos resultados concuerdan con estudios realizados por Cantero y Martínez (2002). Arnesto y Benavides (2003), los cuales no encontraron diferencias significativas cuando evaluaron esta variable donde evaluaban los mismos parámetros en el cultivo.

6.1.6 Número de granos por hilera

En los resultados obtenidos en esta variable se aprecia que hubieron diferencias significativas ya que los mayores valores corresponden al lixiviado de lombricomposta con 29.80 granos, mientras que el lixiviado de raquis fue de 27.40 granos, esta variable se asemeja al testigo y a la lombriz, teniendo el testigo 23.30 granos (Cuadro

7). Estos datos coincidieron con Moraga y Meza (2005) que tuvieron un valor de 30.36 granos aplicando estiércol bobino y seguido del tratamiento con baja aplicación de gallinaza que obtuvo un valor de 30.18 granos.

Se señala que el número de granos por hilera en maíz está fuertemente influenciado por su alta cantidad de nitrógeno, Lemcoff y Loomis (1986).

6.1.7 Número de granos por mazorca

Al igual que las anteriores variables, no se encontraron diferencias estadísticas significativas para granos por mazorca, pero los mayores valores corresponden al tratamiento de lixiviado de raquis con 389.40 granos, siguiendo el lixiviado de lombriz con 388.30 granos, mientras que el testigo presentó menor granos por mazorca con 327.40 granos (Cuadro 7) estos resultados coinciden con los encontrados por Moraga y Meza (2005), quienes no encontraron diferencias significativas para esta variable, logrando promedios de 424.58 granos por mazorca en gallinaza, seguido de dosis altas de estiércol bobino con un promedio de 420.64 granos y el testigo con 353.35 granos.

Cuadro 7. Características de mazorca de maíz con tratamientos orgánicos de lombricomposta y lixiviado de plátano dominico.

Tratamiento	AM	NF	NGPF	DM	NPM
Testigo	14.80 a	14.20 a	23.30 b	4.15 a	327.40 a
Lombriz	15.75 a	13.10 a	29.80 a	4.09 a	388.30 a
Raquis	14.00 a	14.20 a	27.40 ab	4.35 a	389.40 a
Coefficiente de varianza	12.016	9.728	19.082	5.986	16.963
DMSH	2.036	1.536	5.844	0.2867	71.322

***AM** = Altura de mazorca; ***NF** = Número de filas por mazorca; ***NGPF** = Numero de granos por fila de mazorca ***DM** = Diámetro de mazorca; ***NPM** = Numero de granos por mazorca

6.1.8 Materia seca

En esta variable de materia seca, (Figura 5) se puede apreciar el comportamiento de producción, siendo el de mayor rendimiento, el tratamiento 2 utilizando el lixiviado de lombriz el cual respondió con 44.10 t ha⁻¹, el testigo 38.97 t ha⁻¹ el raquis 38.52 t ha⁻¹ y estos datos concuerdan , en la investigación realizada por Montesano et al. (2009) que obtuvo el 38% de MS, valores obtenidos en un estudio en maíces híbridos pero concuerdan por otro lado con los expuesto por Torres (2007), quien observó un mayor incremento del contenido de materia seca en híbridos precoces.

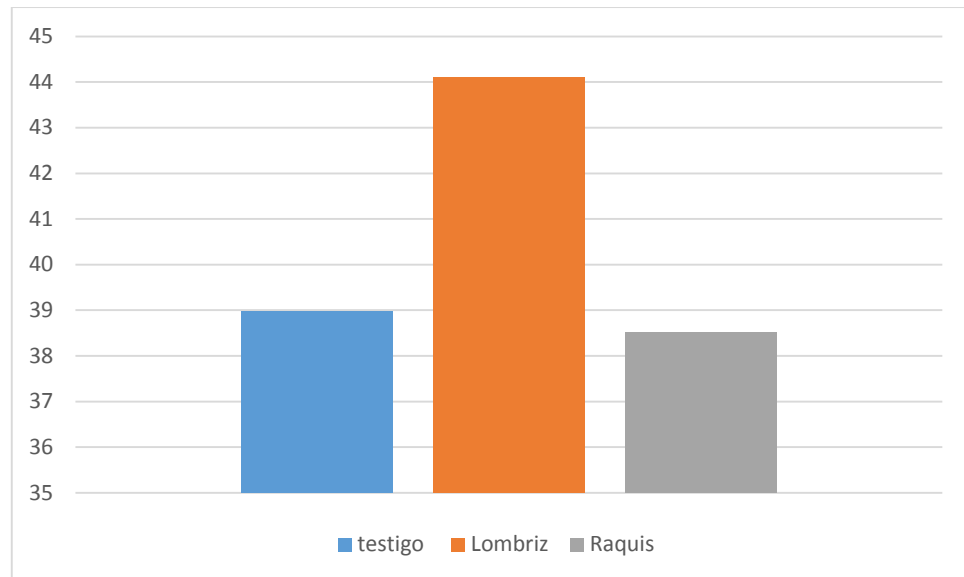


Figura 5. Rendimiento de Materia Seca (ton ha⁻¹).

La diferencia entre tratamientos pudo presentarse debido al distinto fertilizante aplicado, e influyo en el desarrollo como en el caso del lixiviado de lombriz que presento mayor materia seca y se puede asociar a su composición química que tiene, como es el tener una concentración mayor de nitrógeno que el resto de los tratamientos de raquis y testigo.

VII. CONCLUSIÓN

No se presentaron diferencias significativas en la evaluación del rendimiento de mazorca y desarrollo de la planta de maíz, todos los tratamientos presentaron un comportamiento similar, en conclusión, la fertilización no influye estadísticamente en las variables evaluadas.

Es recomendable experimentar y analizar si existe algún efecto significativo en la calidad nutritiva con la acumulación de nutrientes en el suelo.

Bibliografía

- ALPIZAR, F. A. (2010). PRODUCCION Y CARACTERIZACIÓN DE BIOLES PARA SU USO EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa sp*), RIO FRIO, SARAPIQUI, HEREDIA, COSTA RICA. *INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA*, 20-124.
- Álvarez, E. (2013). Producción de lixiviado de raquis de plátano en el Eje Cafetero de Colombia. *FAO*, 2-6.
- CARRANZA, C. R. (2013). DETERMINACION DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS DEL LIXIVIADO OBTENIDO DEL ESTIERCOL DE BOVINO UTILIZANDO *Eisenia foetida* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA). *UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR*, 16-127.
- Díaz, J. L. (2010). CAMBIO DE FECHA DE SIEMBRA DEL MAÍZ EN CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO. *Redalyc*, 61-68.
- Estudillo, C. (2017). Lixiviados de raquis de plátano: Obtención y usos potenciales. *cuadernos de biodiversidad*, 4-8.
- Estudillo, C. (2017). Lixiviados de Raquis de Plátano:Obtención y Usos Potenciales. *Cuadernos de Biodiversidad* , 4-8.
- García, M. C. (2012). Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana. *Universitarios por el Desarrollo*, 6-10.

- Gómez, J. (2015). compostadores . *flower*, 12-13.
- Guzman, J. (2001). Maiz . *Guía para la asistencia Técnica Agrícola de Nayarit* , 2-13.
- Hernández, P. C. (2014). Efecto del uso de sustancias húmicas en la producción de biomasa del pasto Estrella Africana (Cynodon nlemfluensis). *Researchgate*, 24-26.
- Isabel, J. (2004). MANEJO DEL AMBIENTE Y RIESGOS AMBIENTALES EN LA REGION FRESESA DEL ESTADO DE MEXICO . *BIBLIOTECA VIRTUAL de Derecho, Economía y Ciencias Sociales*, 30 -162.
- Juan Sebastián Carvajal Muñoz, A. C. (2010). técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Dialnet*, 77-96.
- Mejía, J. d. (2014). Maíz: Alimento fundamental en las tradiciones. *Pasos*, 425-432.
- Nieto-Garibay. (2002). El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (capsicum annum l.) en zonas áridas. *Scielo*, 417-421.
- Rivosa, J. E. (2016). Maiz grano blanco y amarillo mexicano. *SAGARPA*, 4-26.
- Rodriguez, A. H. (2009). Situacion actual del recurso suelo y la incorporacion de abonos organicos como estrategias de conserbacion. *Synthesis*, 2-6.

- Rodríguez, Á. R. (1993). Producción y Calidad de Abono Orgánico por Medio de la Lombriz Roja. *FAO*, 4-17.
- Rodríguez, J. (2017). Lixiviados de Raquis de Plátano: Obtención y Usos Potenciales. *Cuadernos de Biodiversidad*, 2-8.
- Rosales, S. G. (2013). Uso de lixiviados de humus de lombriz para la producción de forraje verde. *Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal*, 9-25.
- ROvirosa, J. E. (2016). Miaz grano blanco y amarillo mexicano. *SAGARPA*, 4-.
- Sanabria, S. J. (1998). EL CULTIVO DEL MAIZ. *Guía para uso de empresas privadas,,* 3-21.
- V. Chávez Estudillo. (2017). Lixiviados de Raquis de Plátano: Obtención y Usos Potenciales. *universidad de alicante*, 53.

ANEXOS

Medición de altura
de planta



Obtención de materia seca



Obtención de muestras de mazorca