SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

SUBSECRETARIA DE EDUCACION SUPERIOR

DIRECCION GENERAL DE EDUCACION SUPERIOR TECNOLOGICA

INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

TRABAJO PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO BIOQUIMICO

QUE PRESENTA:

ORLANDO MÉNDEZ MORENO

CON EL TEMA:

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA *(Eisenia foetida)* EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE GRANO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L)*.

DIRECTOR DE TESIS: Dr. J. David Álvarez Solís

COTUTOR: Dr. Federico A. Gutiérrez Micelli

MEDIANTE:

TESIS PROFESIONAL (OPCION 1)

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

PROLOGO

En el presente trabajo se determina la influencia del humus de lombriz con diferentes tratamientos dentro del cultivo de maíz variedad Oloton (zea mays, L) bajo condiciones de temporal, realizado en el centro ovino propiedad del la Universidad Autónoma de Chiapas en la ciudad de Teopisca, Chiapas en la época de mayo a noviembre de 2009 utilizando un diseño de bloques completos al azar con 8 tratamientos, 1) testigo, 2) fertilizante químico, 3) humus de lombriz, 4) humus en disolución vía foliar (Té de humus de lombriz), y las mezclas, 5) humus-químico, 6) humus-foliar, 7) químico-foliar, y 8) químico-humus-foliar donde se encontró que el humus fertilizado de manera edáfica, promovió que las plantas de maíz tuvieran mayor rendimiento de grano con una aplicación de 5 T ha^{-1}, a su vez el tratamiento con el Té de humus de lombriz, estimulo que las plantas crecieran con mayor biomasa por otra parte, el tratamiento químico-foliar presento efecto significativo en las variables de altura de planta y el tratamiento humus-químico en el diámetro del tallo de la planta.

Los resultados encontrados dentro de este trabajo, pueden interesar a aquellos productores del campo que deseen producir forraje a partir del cultivo de maíz, empleando la fertilización foliar del Té de humus. También interesa a aquellos que se dediquen a la producción de grano de maíz donde el humus de forma edáfica promueve el rendimiento del mismo

AGRADECIMIENTOS

PADRES

Este esfuerzo fue posible gracias al apoyo, que me han brindado mis padres en mis decisiones de forma incondicional, ya que sin su presencia el camino seria más difícil.

ASESORES

También fue posible con el apoyo de mis asesores; MC. Noe Samuel León Martínez Dr. David Álvarez Solís, Dr. Federico Gutiérrez Micelli, Reiner Rincón Rosales, Joaquín Montes Molina: quienes aportaron sus conocimientos para que este trabajo se condujera de forma adecuada dejándome enseñanzas y experiencias muy importantes para mi desarrollo profesional.

INSTITUCIONES

El presente trabajo se realizó gracias al apoyo financiero del FORDECYT/CONACYT al proyecto 116303.

Gracia al apoyo del Colegio de la Frontera Sur, por facilitar la realización de este proyecto, como también a las personas que laboran en este centro de investigación por su apoyo y orientación.

Agradezco al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, por ser el centro de formación y desarrollo profesional, que me han permitido llegar hasta esta meta, gracias a las enseñanzas que me han transmitido todos los catedráticos dentro de la carrera.

CAPITULO	CONTENIDO	
I	Introducción	1
	OBJETIVOS	7
II	Marco teórico	8
III	Materiales y métodos	20
III.1	Ubicación del sitio de estudio	20
III.2	Obtención y caracterización del humus de lombriz	22
III.3	Elaboración del te de humus de lombriz	23
III.4	modelo experimental y técnicas de aplicación de los tratamientos	25
III.5	Medición de las variables de crecimiento	29
III.7	Medición de los rendimientos del grano	31
IV	Resultados	32
IV.1	Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento del cultivo de maíz variedad Olton	33
IV.2	Efecto de la aplicación de humus de lombriz en rendimiento en el cultivo de maíz variedad oloton	36
V	Discusiones	37
VI	Conclusiones	45
VII	Recomendaciones	46
VII	Bibliografía	47

I. INTRODUCCIÓN

Los abonos orgánicos han sido la base y el sustento de la agricultura por siglos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se han demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero et al., 2000). Además por el material orgánico que contienen ofrece ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 1980) en cultivos convencionales de maíz.

Los cultivos manejados con prácticas orgánicas usan un 30% menos de energía, conservan más agua en el suelo, estimulan menos erosión, además de provocar menor degradación de la calidad de los recursos biológicos contrariamente al de la agricultura convencional (Pimentel, et al. 2005).

El cultivo de maíz es de notable importancia, debido a la gran demanda que posee a nivel nacional e internacional, por lo que se pretende encontrar técnicas a base de experimentos que promuevan y den mejores resultados, evitando el uso desmedido de los plaguicidas, así como el uso de fertilizantes químicos, es decir, sustituir todos estos elementos por insumos orgánicos totalmente sustentables.

Cabe señalar que los procesos que controlan la absorción de nutrimentos por el cultivo son complejos, entre ellos se incluyen no solamente los mecanismos de absorción por las raíces, sino también la dinámica del nutrimento en el suelo y las interacciones entre el crecimiento de las raíces con el comportamiento físico-químico de los suelos (Loneragan, 1997).

Dichos comportamientos no se controlan totalmente, ya que, por la compleja dinámica de nutrimentos en el suelo, así como la micro fauna y las condiciones climáticas, hace necesario establecer modelos experimentales para encontrar factores críticos en los cultivos, basado en los conocimientos previo de los materiales y el suelo propio del cultivo, en este caso el maíz Con estos experimentos se busca mejorar las condiciones físicas del suelo a través de elementos orgánicos como lo es el humus de lombriz.

El humus de lombriz como abono orgánico, puede decirse que tiene un excelente valor en macro nutrimentos, cabe destacar que la gama de compuestos orgánicos presentes en él, su disponibilidad en el consumo por las plantas, su resistencia a la fijación y al lavado, aplicado al suelo o a la planta, actúan como racionalizante de fertilización (Casco & Iglesias, 2005), haciendo asimilables en todo su espectro a los macro y micro nutrimentos, evitando la concentración de sales y la contaminación de los suelos agrícolas (Somarraba & Guzmán, 2004)

Así mismo, se sabe que el humus de lombriz es un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos, tales como algunas bacterias y hongos que impiden el desarrollo de patógenos, reduciendo sensiblemente el riesgo en el desarrollo de enfermedades (Perdomo 2000). Otra de las características del humus de lombriz es que su disolución en estado líquido estimula la humificación propia del suelo al incorporar y descomponer los residuos vegetales presentes en el mismo. El humus de Lombriz sólido contiene una concentración importante de elementos solubles entre los que se incluyen los humatos más importante como son: los ácidos húmicos, fúlvicos, úlmicos, entre otros (Somarraba & Guzmán, 2004).

Por lo cual el humus de lombriz es el fertilizante orgánico más conocido en el mercado y su composición depende del sustrato con el cual se alimenta a las lombrices, utilizando desechos orgánicos o vegetales (Schuldt, 2006)

Los mecanismos de nutrición de las plantas permiten incorporar a su sistema toda la gama de nutrientes esenciales, entre los más importantes el nitrógeno, el fósforo y el potasio, los cuales aportan o contribuyen al crecimiento de hojas y desarrollo de los tallos, a la formación de órganos reproductores como lo son las flores y desarrollo de los frutos respectivamente, esto lo argumenta Eyheraguibel et al., (2008). Además se sabe que para el caso de los lodos activados en cultivos de maíz tiene buen efecto en la biomasa por la materia orgánica que aportan al suelo desarrollando cultivos de carácter forrajero (Gonder & Filipek-Mazur, 2009).

Existen dos vías por las cuales las plantas pueden absorber nutrimentos una es por vía de las raíces y la otra a través de las hojas en órganos especializados como los son los estomas y la epidermis donde aparte de asimilar bióxido de carbono, también puede absorber algunos nutrientes que se aplique sobre el follaje y tallos donde estos se fijarán según su movilidad y naturaleza de cada nutrimento (Trinidad-Santos & Aguilar-Majarrez 1999), como lo son el magnesio, calcio, boro, nitrógeno, fósforo, potasio, zinc, manganeso. Se estima que los nutrimentos aportados a través de la fertilización foliar son asimilados por las plantas en casi un 100% es decir se aprovechan mejor que si se añaden en el suelo sin embargo, algunos nutrientes minerales no se pueden aplicar de esta manera porque en algunos casos resultan tóxicos por la vía foliar es decir dañan los tejidos de las hoja y/o tallos o simplemente no se absorben tan bien debido a una baja movilidad que tienen estos para ingresar al sistema de nutrición de la planta (Florahydroponics, 2010), por ello la fertilización foliar se realiza con el fin de corregir deficiencias, o enmiendas que el productor crea conveniente (Meléndez et al. 2006) para evitar daños innecesarios.

Los macro y micronutrientes que se añaden en estos tipos de tratamientos se realizan con el fin de corregir algunas deficiencias, o enmiendas que el productor crea conveniente. Los tratamientos difieren según el tipo de nutrientes, por ejemplo para el caso de un cultivo de tomate tratado vía foliar con una solución con 3 lb. de

P_2O_5 resultó más eficiente para el crecimiento inicial del tomate que la aplicación de 135 lb. de P_2O_5 por vía edáfica. Como este ejemplo existen muchos otros donde se aprecia la eficacia del tratamiento foliar (Florahydroponics, 2010)

En los tratamientos foliares orgánicos, como es la aplicación del Té de humus de lombriz, se sabe que contiene una gama de nutrimentos minerales disueltos como lo son: nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos como el cinc hierro, cobre, manganeso y boro, aunque para el caso del humus de lombriz líquido solo representen el 1% de su composición; sin embargo, esta cantidad es suficiente para dar excelentes resultados en diversos cultivos entre ellos el maíz (Schuldt, 2006). Además estos macro y microelementos se encuentras en el humus de lombriz sólido y líquido en un equilibrio por lo cual impide la posible interferencia en la absorción de los nutrientes por un exceso de alguno de ellos (Schuldt., 2006). Además, el humus de lombriz en disolución ha mostrado un efecto estimulador del crecimiento vegetal, principalmente sobre el sistema radicular de posturas de hortalizas (Chaveli-Chávez *et al*. 2004).

Por lo anterior, es necesario realizar experimentos y ensayos en el campo que aporten datos que permitan conocer un poco más el funcionamiento de los cultivos bajo estas condiciones y elegir cuál método es el más apropiado para el cultivo en el lugar donde éste se encuentra instalado. Sin embargo, es necesaria la comparación de los métodos convencionales químicos para tener una base para

discutir la mejora o deficiencia del tratamiento orgánico que pueda aportar al cultivo de maíz.

Estudios en esta dirección resultan interesantes debido a que se tiene reportado según Eyheraguibel et al., (2008) que el humus de lombriz promueve el crecimiento de las raíces y del tallo, el desarrollo de hojas y la floración del maíz debido a las sustancias humicas y fulvicas que contiene el humus de lombriz tanto sólido como líquido; también se ha encontrado que su uso en cultivos de olivo mejora la producción (Fernández- Escobar, 1996). Asimismo, se habla de un posible efecto positivo en el rendimiento según un estudio realizado por Montenegro & Diaz (2005) con maíz de la variedad NB-s. En esa investigación resalta la importancia del fraccionamiento en la aplicación del humus de lombriz ya que es donde se encuentra mejor resultado en el diámetro, altura y rendimiento, debido a que según Pinares (2000), el empleo adecuado del humus de lombriz permite el aprovechamiento del nitrógeno en particular aplicándolo en momentos de mayor necesidad para el cultivo de maíz.

Por lo antes señalado, en este estudio se implementó un diseño experimental para analizar el efecto del humus de lombriz en estado sólido y líquido en el cultivo de maíz, evaluando las variables de crecimiento, nutrición y rendimiento del grano, este ultimo de gran importancia ya que es donde se expresa el manejo del cultivo,

así como los factores ambientales y biológicos que dan como resultado una buena producción, si se relacionan de manera positiva (Alvarado, 2000).

Objetivo general:

Evaluar el efecto de la aplicación de humus de lombriz en estado sólido y en disolución (té de humus) sobre el crecimiento y rendimiento de grano del cultivo de maíz criollo cultivado en campo.

Objetivos específicos:

Evaluar el efecto de la aplicación de humus de lombriz en estado sólido y en disolución (té de humus) sobre algunos parámetros del crecimiento de la planta de maíz.

Cuantificar el efecto de la aplicación de humus de lombriz en estado sólido y en disolución (té de humus) sobre el rendimiento de grano en el cultivo de maíz.

II. MARCO TEÓRICO

La agricultura es la actividad humana que comprende todo un conjunto de acciones que transforman el ambiente natural con el fin de hacerlo más apto para el crecimientos de los cultivos. Las sociedades antiguas en sus inicios solo se dedicaban a la caza y la recolección; sin embargo, con la agricultura se fueron haciendo más sedentarias. Con el paso de los años se implementaron más tecnologías para el cultivo como el arado, el uso de animales, las técnicas de regadío y la rotación de cultivos.

En la actualidad con el fin de aumentar la producción y mejorar la economía de los cultivos han surgido técnicas como la producción de etanol que actualmente se obtiene del maíz, otras técnicas son las de ingeniería genética con los organismos modificados como lo es el maíz transgénico, sin embargo las practicas naturales de cultivo como lo es la llamada agricultura natural y la agricultura ecológica u orgánica están siendo retomadas. La agricultura natural rechaza totalmente el uso de fertilizante, abonos, pesticidas, y organismos transgénicos; esta práctica profesa que los sistemas naturales se regeneran por si solos, dejando los residuos orgánicos provenientes de los cultivos, malezas, arvenses y rastrojos sobre la superficie del suelo y enriqueciendo la mezcla de cultivos con plantas leguminosas, por lo tanto solo se les proporciona agua. La agricultura orgánica busca el desarrollo de técnicas y tecnologías que aprovechan los elementos naturales que

se encuentran alrededor de los cultivos, es decir busca hacer sostenibles los cultivos y no dependientes de productos químicos ni modificaciones genéticas.

La agricultura ecológica u orgánica tiene entre sus objetivos desarrollar estrategias de manejo que posibiliten trabajar de forma integrada los ecosistemas, mantener y mejorar la fertilidad de los suelos, para producir alimentos libres de residuos químicos; utilizar el mayor número de recursos renovables y locales; mantener la diversidad genética y de su entorno; así como buscar que los productores tengan una participación activa para crear una cultura saludable de siembra (Naturland, 2000).

Los métodos de la agricultura orgánica, pueden ser con agentes bacterianos fijadores de nitrógeno, tales como: *Azospirillum brasilense*, *Bradiryzobium japonicum*, entre otros o con microorganismos del tipo de los hongos micorrízicos arbusculares que contribuyen en la nutrición de la planta al facilitar la absorción de nutrientes. En el caso de las bacterias, además de fijar nitrógeno degradan la materia orgánica haciendo más disponible los nutrientes en el suelo. Por otro lado, dentro de las practicas ecológicas están las que prefieren el uso de abonos orgánicos, que son materiales previamente degradados por bacterias, hongos o en su defecto lombrices que al alimentarse de materia orgánica descomponen los materiales produciendo compostas que son materiales orgánicos estabilizados, es decir, que sus componentes han sufrido un proceso de biotransformación hacia formas simples y complejas. Cuando en el proceso de biotransformación participan

lombrices al producto se le denomina humus de lombriz, en los cuales se encuentran una serie de elementos que tienen funciones específicas que contribuyen a la nutrición de las plantas.

De acuerdo con Fassbender & Bornemisza (1987) el humus es la sustancia compuesta por productos orgánicos, de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos (hongos y bacterias). Se caracteriza por su color negruzco debido a la gran cantidad de carbono orgánico que contiene. Se encuentra principalmente en las partes superficiales de los suelos con actividad orgánica.

Los elementos orgánicos que componen el humus son muy estables,ya que a través de los procesos de humificacion forman en el suelo productos estables y altamente polimerizados (Fassbender & Bornemisza, 1987).

Existen dos clases de humus, el **humus viejo** y el **humus joven**.

- Humus viejo. Debido a un periodo largo de tiempo transcurrido, es muy descompuesto, algunas sustancias húmicas características de este tipo de humus son las huminas y los ácidos húmicos. Las huminas son moléculas de un peso molecular considerable y se forman por entrelazamiento de los ácidos húmicos, al ser aisladas tienen la apariencia de plastilina. los ácidos húmicos son compuestos de un peso molecular menor y al igual que las huminas poseen una alta capacidad de intercambio cationica (CIC),

característica importante en la retención de nutrimentos y la nutrición vegetal (Pro.Organico, 2010)

- Humus joven. Es el que tiene las características de reciente formación, posee un menor grado de polimerización y está compuesto por ácidos húmicos y fulvicos. Los ácidos húmicos se forman por polimerización de los ácidos fulvicos, estos últimos se forman a partir de la descomposición de la lignina. Una de las principales fuentes de humus son las orgánicas, entre las que se encuentra el humus de lombriz, el humus de termitas, entre otros, que además de aportar sustancia húmicas es rico en microorganismos y elementos nutricionales y son más aceptados en la agricultura orgánica y ecológica (Pro.Organico, 2010).

El humus viejo influye en las características físico-químicas de los suelos; retiene el agua e impide la erosión, sirviendo también como lugar de almacenamiento de sustancias nutritivas, está compuesto por huminas y ácidos húmicos de alto peso molecular. El humus joven se interrelaciona con el suelo en tres aspectos generales: física, química y biológicamente; algunas de estas características las comparte con otras fracciones más viejas de las sustancias húmicas (Pro.Organico, 2010).

El Humus se relaciona con el suelo de tres maneras, esto según Raxcaco (2001) y Girón (2005)

Influencia física del humus joven

- Aumenta la consistencia, mejora la estructura y la infiltración de los suelos
- Facilita la labranza de la tierra, por el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.
- Evita la formación de costras, y de la compactación
- Ayuda a la retención de agua y al drenado de la misma
- Incrementa la porosidad del suelo

Influencia química del humus joven

- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo
- Favorece la nutrición vegetal
- Mejora el intercambio de iones
- Mejora la asimilación de abonos minerales
- Ayuda con la disponibilidad de potasio y fósforo en el suelo
- Produce gas carbónico que mejora la solubilidad de los minerales
- Aporta productos nitrogenados al suelo

Influencia biológica del humus joven

- Aporta microorganismos útiles al suelo
- Sirve a su vez de soporte y alimento de los microorganismos

- No tiene semillas viables por la temperatura que alcanza durante la fermentación
- Mejora la resistencia de las plantas en situaciones de estrés ambiental
- Mejora la reproducción sexual

Las propiedades anteriores demuestran la importancia del humus en los cultivos, dentro de los cuales el humus de lombriz es el más utilizado (Figura 1).

El humus de lombriz posee una amplia ventaja frente a otros abonos, pudiendo destacar no solo un aporte de macro elementos como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y de micro elementos como cinc, hierro, cobre, manganeso, boro etc., si no que estos se hallan en equilibrio como se aprecia en las relaciones: calcio / nitrógeno, calcio / magnesio, magnesio / potasio.

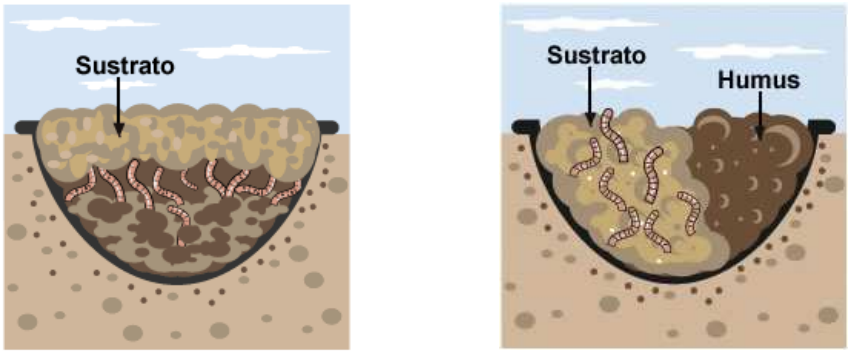


Figura 1. Alimentación y producción de humus de la lombriz roja (*Eisenia foetida*). Tomado de Alimentación Bio (2010).

La concentración de macronutrientes deseado tiene que ver con el destino del humus sólido, ya que si interesa una producción vegetal de la hoja, se valoran concentraciones elevadas de nitrógeno, mientras que si se focaliza en una producción donde prevalece la flor y el fruto se valoraran contenidos altos de potasio y fósforo. El humus de Lombriz suele tener valores de Nitrógeno de ≈2.5 %, de fosforo ≈1.5 %, de potasio ≈1.2 % y ≈2.0 % de calcio (Schuldt, 2006).

Las formas de fertilización de los abonos orgánicos y de no orgánicos son dos una es en estado sólido que se aplica al suelo y la otra en estado líquido que puede ser aplicado tanto al suelo como por vía foliar, en este caso se aplica a las hojas y tallos En relación a la aplicación foliar de humus líquido se sabe que estos contienen solo el 1% aprox. de los componentes minerales del humus sólido pero, sin embargo, acrecientan la producción de olivares, algodón, maíz, soja trigo cítricos, tomate, zapallos, zapallitos, pepino, zanahoria y ornamentales (Schuldt, 2006).

Se conoce la presencia de 16 nutrientes en las plantas, que se sabe que son esenciales para el crecimiento y la reproducción. Estos elementos son: carbono, hidrógeno, oxígeno, fósforo, potasio, nitrógeno, azufre, calcio, hierro, magnesio, boro, manganeso, cobre, cinc, molibdeno y cloro (Cuadro 1).

Otros nutrientes que pueden ser esenciales son cobalto, estroncio, vanadio, silicio y níquel, aunque estos no son considerados esenciales por la comunidad mundial

para todas las plantas y no se aplican habitualmente como nutrientes en los fertilizantes (Florahydroponics, 2010).

CUADRO 1.-Elementos que se han utilizado con éxito para proporcionar nutrientes a la planta para su crecimiento al aplicarlos como fertilizantes foliares.

Nutrientes principales	Nutrientes secundarios	Micro-nutrientes
Nitrógeno	Magnesio	Hierro
Fósforo	Calcio	Zinc
Potasio	Azufre	Boro
		Cobre
		Molibdeno
		Manganeso
		Cloro

Fuente: Florahydroponics (2010)

El efecto de las fertilizaciones son muy variados, ya que este tipo de practica difiere según el tipo de nutriente que se aplique, como sucede en la fertilización no orgánica de la cual se tiene conocimiento de cómo los nutrientes son absorbidos por la planta, éstos van desde los que son más absorbidos a los menos absorbidos debido a su movilidad en la planta (Cuadro 2). Como se conoce, las plantas realizan este tipo de nutrición a través de las hojas específicamente en los estomas

y la epidermis, en esta última es donde se realiza la mayor parte de la absorción de los minerales aplicados en forma foliar.

CUADRO 2.- Clasificación de trece elementos según su movilidad.

Móviles	Parcialmente Móviles	Inmóviles
Potasio	Zinc	Boro
Fósforo	Cobre	Calcio
Cloro	Manganeso	Azufre
Nitrógeno	Molibdeno	Hierro
	Magnesio	

Fuente: Florahydroponics (2010)

En algunos experimentos realizados en plantas de fríjol los más móviles fueron: potasio, fósforo, nitrógeno e inmóviles boro, calcio y azufre en ese orden. Algunos nutrientes no son viables para aplicación foliar como lo es el potasio ya que ocasiona lesiones en las hojas a pesar de ser muy móvil, sin embargo, los tratamientos foliares resultan más eficientes para corregir ciertas enfermedades ya que se absorbe en su mayoría los nutrientes aplicados teniendo resultados más tempranos. Como es el caso del magnesio que aplicado en cultivo de tomate foliarmente se obtiene resultados a unos cuantos días de la aplicación mientras que en el suelo tardaría 3 años aproximadamente. (Florahydroponics, 2010).

Dentro de la estructura de las hojas se encuentran estomas en donde se sabe que los elementos se mueven con mayor rapidez pero no se absorben ahí, ya que es en la epidermis de la hoja en donde se lleva acabo (Figura 2).

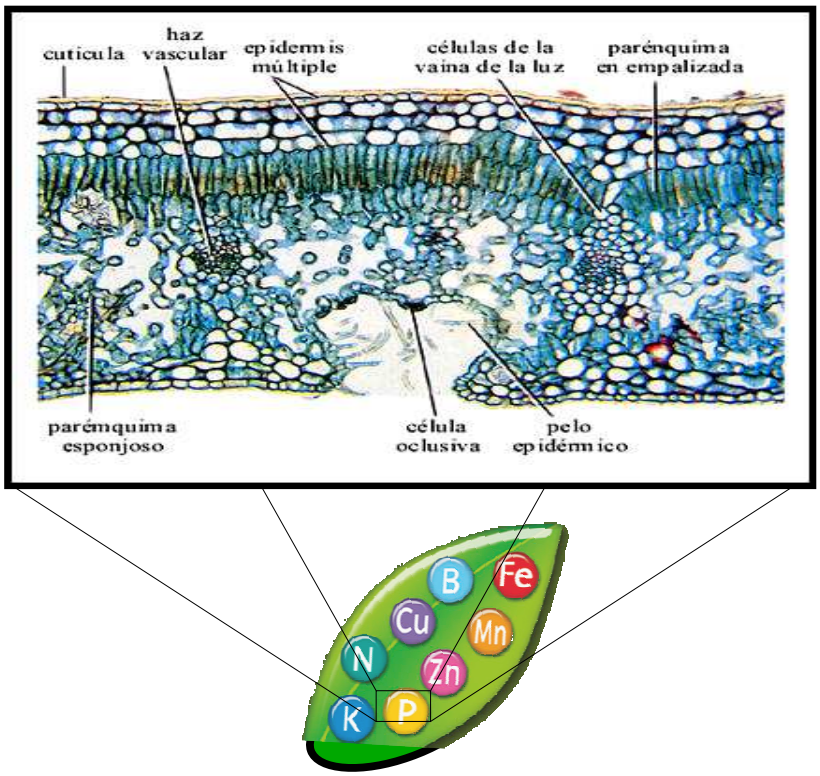


Figura 2. Absorción de nutrientes en la hoja. Parece implicar que la difusión de nutrientes a la hoja es a través de la cutícula y la absorción a través de sus células epidérmicas. Aunque la incorporación a través del poro estomático podría representar una ruta de entrada a la hoja, la arquitectura del poro evita la entrada de líquido (Taiz & Zeiger, 2006).

El hierro es otro nutriente que se aplica desde hace varios años, aproximadamente en 1916, donde se utilizó para aliviar la clorosis en los cultivos de piña por primera vez en Hawai. Aunque no se incorpora pronto en el metabolismo de la planta no se aplica en el suelo debido a su pronta insolubilidad por la formación de $FeSO_4$. Otros nutrientes son aplicados de forma sinérgica como es el caso del cobre

mediante la mezcla de $CuSO_4$ y $Ca(OH)_2$. Ya que si el cobre se aplica solo se dañan los follajes (Florahydroponics, 2010).

Los fertilizantes orgánicos foliares contienen en su mayoría compuestos húmicos que han estimulado el crecimiento de las plantas (Fernández-Escobar, 1996). estos ácidos humicos junto con los nutrientes que aunque son solo 1 % de su total son excelentes fertilizantes muy utilizados en los cultivos debido a la absorción tan eficiente que tienen las plantas por esta vía de fertilización.

El análisis foliar resulta debido a lo anterior un método muy eficaz para conocer el estado nutritivo de una plantación en donde se puede apreciar un posible desorden nutritivo, para medir la eficacia de los tratamientos de fertilización y para detectar toxicidades causadas por elementos como cloro, boro y sodio (Rallo et al., 2008).

Según Bould (1966), el método se basa en los siguientes principios 1) la hoja es el principal lugar del metabolismo de la planta 2) los cambios en la aportación de nutrientes se reflejan en la composición de las hojas (expresa también las deficiencias enfermedades, estados hídricos de las plantas), 3) los cambios son más notorios en ciertos estados de desarrollo de las hojas 4) las concentraciones de nutrientes en las hojas en periodos específicos del crecimiento se encuentran íntimamente relacionados con el comportamiento nutricional del cultivo 5) la composición mineral de una hoja esta determinada por muchos factores entre ellas el estado de desarrollo fisiológico.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1 UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

El ensayo fue conducido en el municipio de Teopisca, Chiapas en los meses de mayo a noviembre de 2009, con una ubicación de 16º 32´ 22´´ longitud norte y 92º 28´ 25´´ de longitud con una altitud de 1,800 m (Figura 3).

El sitio se ubicó en el campo experimental propiedad de la Universidad Autónoma de Chiapas, con clima templado subhúmedo (C(w2)w) de acuerdo al sistema de clasificación de Köppen modificado por Enriqueta García, con temperatura media anual de 12 a 18 °C y precipitación media anual de 1100 a 1300mm, con lluvias en verano y época seca de noviembre a mayo (Mera, 1989).

El suelo es de textura arcillosa con pH de 5.3 (relación 1/2 en agua) y drenaje deficiente en la temporada lluviosa, con densidad aparente de 1.15, Mg m-3; 3.3 % de materia orgánica (Walkley y Black); 0.18 % de N total (micro-Kjeldahl); 2.6 mg kg-1 de P-Olsen; 0.30, 4.83 y 2.51 cmol⊕ kg-1 de K, Ca y Mg intercambiables (espectrometría de absorción atómica); y 30.1 cmol⊕ kg-1 de capacidad de intercambio catiónico (acetato de amonio 1N pH 7).

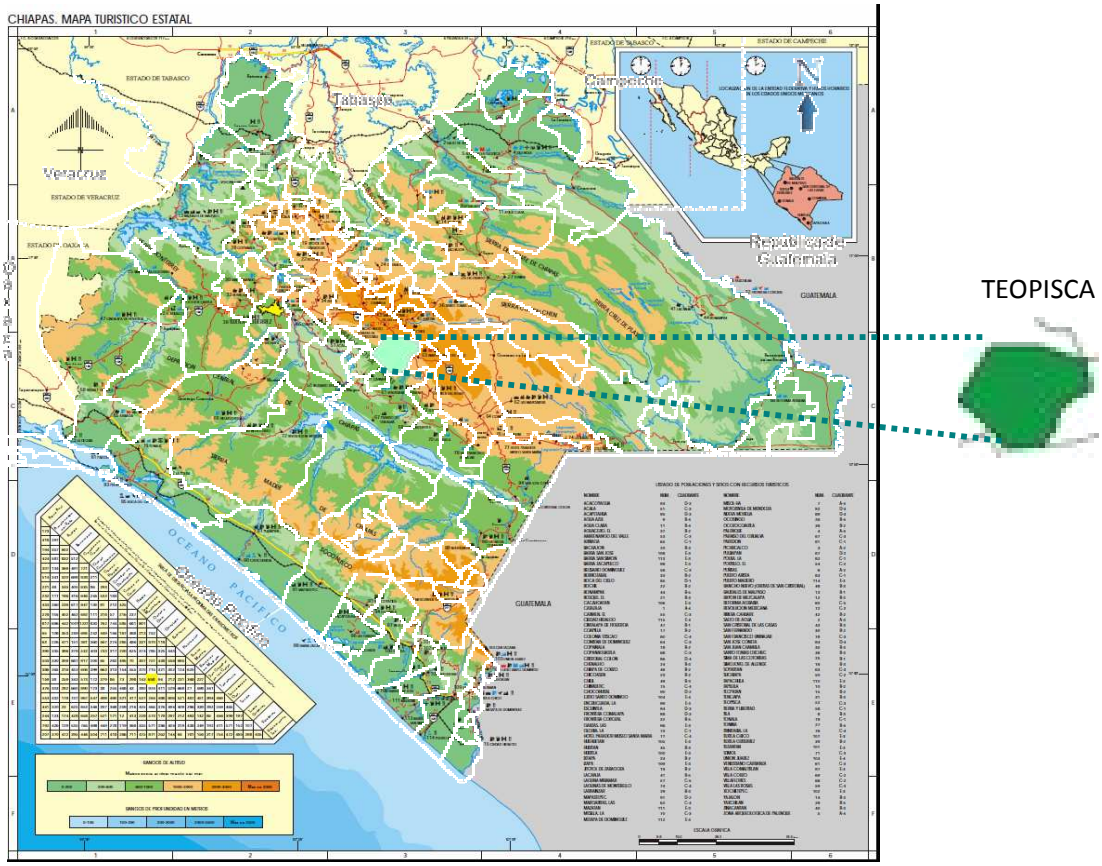


Figura 3. Mapa de ubicación del municipio de Teopisca en el estado de Chiapas

III.2 OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL HUMUS

Se utilizó como materia orgánica para la alimentación de las lombrices estiércol de borrego con las siguientes características (g/kg), Carbono: 470.0; Nitrógeno: 18.3; Relación C/N: 25.7; Fósforo: 11.3; Potasio; 12.7 (Domínguez-Mendoza, 2007). En la Figura 4 se muestra el procedimiento realizado para la obtención del humus de lombriz. Este consistió en humedecer estiércol de ovino descompuesto e inocularlo con lombrices rojas (*Eisenia foetida*), mantener la humedad del sustrato favorable para la reproducción y actividad de las lombrices, y cosechar el humus de lombriz cuando éste estuvo completamente procesado.

Las características del humus de lombriz se presentan en el Cuadro 3.

Figura 4. Procedimiento seguido para la obtención del humus de lombriz.

Cuadro 3. Características químicas del humus de lombriz.

Característica	Valor
Materia orgánica %	49.3
Nitrógeno total %	2.19
Fósforo %	0.57
Potasio %	0.86
Relación C/N	13.1
Nitrógeno inorgánico %	0.098

Fuente: Álvarez-Solís, et al. (2010).

III.3 ELABORACIÓN DEL TE DE HUMUS DE LOMBRIZ UTILIZADO.

El Té de humus es una extracción de los materiales solubles del humus los cuales tienen propiedades referidas en trabajos como el realizado por Arteaga, et al (2006) quienes probaron la aplicación de humus líquido en cultivos de tomate variedad Amalia, señalando mejoras en los factores, biológicos, productivos, de calidad y de impacto social. Una de las técnicas utilizadas para la elaboración del Té de humus según Casco & Iglesias (2005), es la siguiente: se mezcla 1 parte de humus y 4 partes de agua, se deja reposar 48 horas, se agita periódicamente y

después se procede a filtrar; para utilizarlo se debe diluir en 1 parte del concentrado en 4 partes de agua.

Con base en dichas proporciones, se preparó la cantidad necesaria para la aplicación en el campo experimental: se pesó 4 Kg de humus, al cual se le adicionó 16 litros de agua para obtener un volumen total de 20 litros, el cual se dejó reposar 3 días agitando hasta que se apreciara el movimiento de todo el material en suspensión en periodos de cada 2 a 3 horas durante el primer día (Figura 5).

Un aporte adicional a la disolución fue la adición de ceniza como amortiguador de pH; la cantidad necesaria de ceniza para la disolución se obtuvo de un ensayo previo en el laboratorio, a partir del cual se determinó la cantidad de 0.4 g de ceniza para la disolución de 25 g de humus en 50 mL de agua destilada. Las características del Té de humus se presentan en el Cuadro 4.

Figura 5. Procedimiento seguido en la elaboración del Té de humus.

Cuadro 4. Características del Té de humus.

Característica	Valor
MO (%)	10.65
pH	8.67
N total (%)	0.77
P total (%)	1.22
CE (dS/m)	3.44
Humus total (%)	0.04
Acido húmico (%)	0.02
Acido fúlvico (%)	0.02

Para una superficie de 1120 m^2 se ocuparon 2 litros de Té. Por lo que su rendimiento por hectárea es 17.85 litros, cantidad que se aplicó en los tratamientos requeridos.

III. 4 MODELO EXPERIMENTAL Y TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

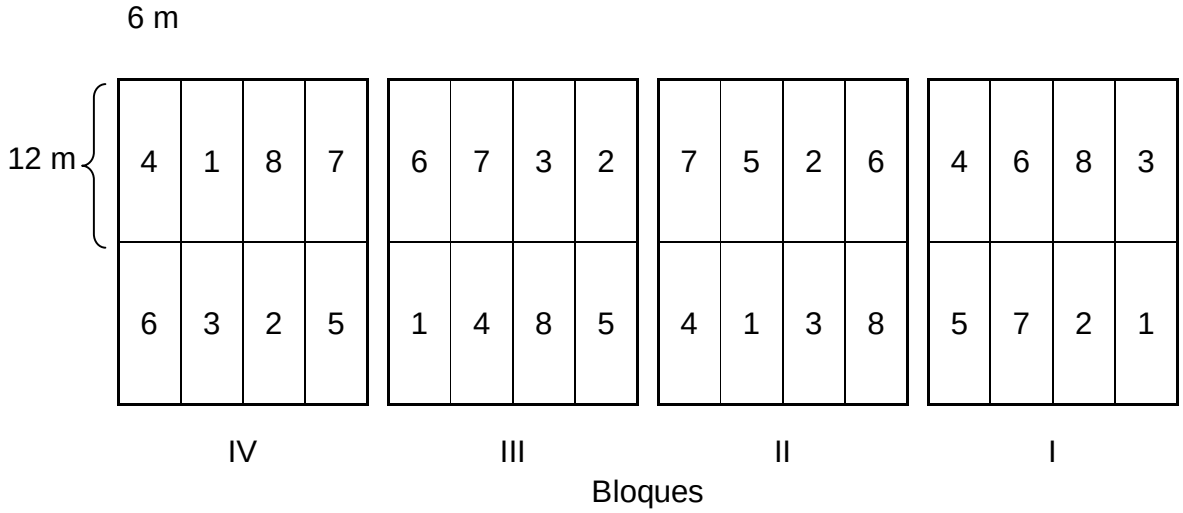
El experimento se realizó usando un diseño de 4 bloques completos al azar con 8 tratamientos: fertilizante químico, humus de lombriz, tratamiento foliar con Té de humus de lombriz, sin tratamientos, Completo y las mezclas, humus-químico, humus-foliar, químico-foliar. Como se indica en el Cuadro 5.

Cuadro 5.- Descripción de los tratamientos empleados en este experimento.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
Químico	Fertilización química edáfica con 60 y 30 kg ha^{-1} de N y P2O5, respectivamente, utilizando urea y superfosfato triple de calcio.
Humus	Fertilización orgánica edáfica con 5 t ha^{-1} de humus de lombriz.
Foliar	Fertilización orgánica foliar con 17.85 Lt ha^{-1} de Té de humus, el cual fue aplicado en tres ocasiones al follaje de la planta por aspersión.
Completo	Se aplico la fertilización química edáfica y la fertilización orgánica edáfica y foliar conforme a lo descrito para los tratamientos simples.
Sin tratamiento	Estas parcelas fueron exentas de todos los tratamientos de fertilización.
Químico-foliar	Fertilización química edáfica y fertilización orgánica foliar del te de humus, conforme a lo descrito para los tratamientos simples.
Humus-foliar	Fertilización orgánica edáfica y foliar conforme a lo descrito para los tratamientos simples.
Humus-químico	Fertilización química edáfica y fertilización orgánica edáfica conforme a lo descrito para los tratamientos simples.

Las 32 unidades experimentales se distribuyeron en los cuatro bloques, cada uno con los ocho tratamientos, como se muestra en el Esquema 1. Las dimensiones de las unidades experimentales fueron de 6 m de ancho por 12 m de largo; la distancia de siembra fue de 0.90 m entre surcos y 0.80 m entre matas, con tres plantas por mata y una densidad de siembra de 13,889 matas ha^{-1}.

Esquema 1. Distribución de las unidades experimentales y los tratamientos en la parcela experimental.



Para la fertilización química se utilizó urea en pellets y superfosfato triple de calcio en la misma presentación, con una concentración de 46% de N para la urea y 46% de P2O5 para el SPT. La fertilización con urea se dividió en dos aplicaciones, una a la primera limpia (35 días después de la siembra) y la segunda en la floración del cultivo (90 días después de la siembra), utilizando en cada una de ellas 65.2 Kg/ha, es decir 4.75 g de urea por mata (fuente de nitrógeno); en el caso del SPT se realizó una sola aplicación de 65.2 kg/ha es decir 4.75 g de superfosfato triple de calcio (fuente de fósforo) aplicado al momento de la siembra debajo de la semilla.

La técnica que se utilizó para la aplicación de estos fertilizantes, fue la de incorporacióndel fertilizante, esto es, cubriéndolo con el suelo circundante ya que

era necesario que se depositaran cerca de la raíz ambos tratamientos y se cubrieran para que no tuviesen interacción con agentes externos ya que debido a sus características fisicoquímicas como es la hidroscopia de la urea y la necesidad de ,humedad del P_2O_5 para formar soluciones acuosas con el suelo (Murphy & Dibb, 1985), además para evitar lavado por las lluvias por lo que se depositaron a unos 15cm de la superficie cerca de la raíz, la razón para la utilización de esta técnica es debido a que se tiene conocimiento de la eficiencia del aprovechamiento del fósforo, al aplicarlo de esta forma necesitándose menos material debido a la cercanía con la raíz y la escasa movilidad del fósforo.

En el caso de la urea, la técnica a utilizar es diferente debido a su alta solubilidad y movilidadpor lo cual es importante fraccionar su aplicación en épocas de mayor demanda del cultivo (Barraco & Scianca, 2007; Pinilla, et al. 2010; Fontanetto & Darwich, 1995).

Para la fertilización orgánica se utilizó humus en sólido y en disolución (té de humus de lombriz), para este ultimo se aplicó de forma foliar con una dosis de 17.8 Lt ha^{-1} rociado con bomba manual por aspersión en abanico, para la aplicación del fertilizante sólido se utilizó una dosis de 5 $tonha^{-1}$ es decir 360 g de humus por cada planta en la base de la misma, previo a la siembra. Los tratamientos orgánicos foliares se aplicaron en tres ocasiones una después del estado

vegetativo de emergencia (VE) la segunda cuando la planta presento más de 8 hojas y la tercera se realizo previa a la floración.

III.5 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO

Para la colecta de datos del análisis de crecimiento vegetal se tomaron al azar 5 muestras por parcela sin arrancar plantas únicamente se midió para el primer muestreo altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y número de plantas crecidas, estas mediciones se realizan con instrumentos de medición apropiados especialmente para el diámetro del tallo utilizando un vernier electrónico (marca; “Mitutoyo absolute digimatic”).

Los resultados se registraran en una base de datos para su posterior análisis estadístico (programa utilizado Statgraphics Plus 5.1 de contraste múltiple) donde se evaluó la repuesta de los tratamientos en función de las variables de crecimiento.

Para el segundo muestreo durante la floración y previo al llenado de la mazorca, se evaluó los pesos de algunas plantas como es peso del follaje fresco y peso fresco de raíz. Aquí se sacrificó una mata por parcela es decir 32 muestras de igual forma

fueron concentrados en una base de datos los cuales son otras variables de crecimiento que se determinaron para el grado de vigor de la planta, en función respuesta de los tratamientos.

Para el peso seco de raíces de las plantas previamente pesadas y cortadas, se colocaron en bolsas de papel cada una de las 32 muestras para poder llevar a cabo un secado en horno (marca; NAPCO de 220° C y RIOSSA de 120°C) a una temperatura de 60 ° C alrededor de 3 días (en este caso se llevo 4 días por las condiciones climáticas) cuidando que no se acumulara humedad en ellos para evitar la posible descomposición de las muestras para ello se debía de rotarlas es decir cambiarlas de lugar una vez al día verificando que el secado se estuviese dando de manera uniforme.

Una vez secas las muestras se procedieron a pesar para obtener datos de la materia seca de dichas muestras, para valorar el cambio y el comportamiento de los pesos en estado fresco en comparación a el estado seco con el fin de descartar el contenido de agua en la muestra para demostrar si el peso en estado fresco era en su mayoría agua o si se trataba de materia orgánica.

III.6 MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO DE GRANO

En el siguiente análisis se tomaron muestras de 20 plantas por parcela para medir los rendimientos en función del peso, diámetro y longitud de las mazorcas y rendimiento del grano es decir el peso de los granos sin la mazorca; para el diámetro de la mazorca se utilizó un vernier electrónico mencionado y para la longitud una regla convencional; para tomar el diámetro se procedía a tomarlo de la parte ancha del la mazorca y la longitud hasta el extremo de la misma.

Para el peso del grano se procedió a desgranar de forma manual cada una de las 20 muestras de las 32 parcelas, el peso se tomó por mata, es decir si tenía más de una mazorca según el caso, el peso del grano seria del total de mazorcas. Estos datos muestran el rendimiento del grano así como el tamaño y el número de frutos por cada planta y consecuencia de cada parcela, todo esto comparado entre los 8 tratamientos. Esto se realizó una vez que se consideró la mazorca totalmente seca para obtener un peso sin humedad, de cada una de la 20 muestras eran representativas.

IV. RESULTADOS

En el cuadro 6 se presentan concentrados los resultados referentes al crecimiento de la planta de maíz, la primera variable es la altura media en donde sobresale el tratamiento químico-foliar con 2.1 m el cual presenta diferencias significativas ($P < 0.05$) con la parcela testigo (sin tratamiento) al ser 21 cm menor con una altura de 1.89 m. Los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas. Sin embargo en el diámetro medio el tratamiento que presentó una mejor respuesta fue el humus-químico al promover el desarrollo diámetro del tallo, los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas, aunque las parcelas sin tratamiento son las que tienen menor valor entre estos tratamientos.

Con respecto al número de hojas, son las parcelas sin tratamiento las que muestran el mayor número al ser significativamente diferentes con las otras aplicaciones siendo el tratamiento completo el de menor valor.

Los valores de peso fresco de raíz mostró al tratamiento completo y humus-químico ser los de mayor valor al tener pesos de 1.062 y 0.934 Kg. respectivamente presentando diferencias significativas ($P < 0.05$) con el tratamiento foliar, al tener un peso menor con 0.375 kg lo que muestra claramente que el tratamiento completo y humus-químico fueron bastante superior. En las siguientes variables ningún tratamiento presentó diferencias significativas.

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento del cultivo de maíz (P< 0.05).

Tratamiento	Altura media (m)	Diámetro medio (mm)	Numero medio de hojas	Peso fresco medio follaje(Kg)	Peso fresco medio raíz(Kg)	Peso seco medio follaje(Kg)	Peso seco medio raíz(Kg)
Sin/tratamiento	1.89 c	23.58 b	14.60 a	0.85 ab	0.108 a	0.28 a	0.05 a
Humus	1.94 bc	24.64 b	13.50 b	0.84 ab	0.27 a	0.33 a	0.13 a
Humus-Foliar	1.95 bc	23.95 b	13.50 b	0.77 ab	0.15 a	0.37 a	0.09 a
Químico	1.97 abc	24.98 b	13.57 b	0.77 ab	0.14 a	0.29 a	0.06 a
Foliar	1.99 abc	24.92 b	13.54 b	0.38 b	0.14 a	0.25 a	0.03 a
Completo	2.05 abc	25.43 b	13.15 b	1.06 a	0.09 a	0.34 a	0.04 a
Humus-Químico	2.09 ab	28.36 a	13.63 b	0.93 a	0.09 a	0.28 a	0.04 a
Químico-Foliar	2.1a	24.32 b	13.54 b	0.71 ab	0.16 a	0.22 a	0.06 a

En el cuadro 7, se observa que las plantas fertilizadas con el tratamiento mezcla químico-foliar son las que presentaron diámetros de tallo con diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) al tener el mayor valor con 42.99 mm comparado con el tratamiento Químico (fertilizante) que resultó ser el de menor diámetro con un valor de 39.8 mm.; el siguiente que muestra diferencia significativa con estos dos son las parcelas sin tratamiento, siendo mayor que el químico y menor que, la mezcla humus- foliar con un valor de 41.35 mm., lo que muestra que la mezcla resultó mejor que estos tratamientos individuales, las otras aplicaciones no presentaron diferencias significativa con ninguno de estos tratamientos.

Con respecto a la longitud de la mazorca, el tratamiento completo y el que no contiene ningún tratamiento tuvieron el mejor resultado con valores de 18.29 y 17.63 cm. lo que indica una promoción en la longitud en las mazorcas, por otra parte los tratamientos humus-foliar y foliar resultaron ser menores, estos fueron los únicos que presentaron deferencia significativas entre grupos. Los demás tratamientos resultaron sin diferencias significativas

El otro par de variables que se analizaron son las referentes al peso, la primera es el peso total o peso de la mazorca en donde el tratamiento completo es el que tuvo mayor valor con un peso de 261.9 g, humus-foliar, foliar y químico mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) con el tratamiento completo las cuales fueron menores a este tratamiento con valores de 173.107, 174.205, 159.076 g respectivamente.

En el análisis del peso del grano se pueden apreciar la diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) más importante entre los tratamientos humus y completo los cuales son los de mayor valor con respecto a los tratamientos humus-foliar, foliar y Químico que generaron pesos de 135.6, 134.3, 120.8 g respectivamente. El tratamiento con humus al ser de los mayores se muestra atractivo interés en esta aplicación por su naturaleza orgánica.

Ahora bien, en el número de mazorcas el tratamiento completo solo presenta diferencias estadísticas significativas con el tratamiento químico y sin tratamiento; sin embargo, estos últimos no son estadísticamente diferentes.

Cuadro 7. Efecto de la aplicación del humus de lombriz en el rendimiento del grano del cultivo de maíz ($p < 0.05$).

Tratamiento	Diámetro mazorca (mm)	Longitud mazorca (cm)	Peso mazorca (g)	Peso grano (g)	N° mazorca
Humus-foliar	41.68 ab	16.07 c	173.70 d	135.59 c	1.57 abc
Foliar	41.56 ab	16.29 bc	174.21 d	134.30 c	1.57 abc
Químico	39.80 c	17.22 ab	159.08 d	120.79 c	1.42 c
Humus	42.20 ab	17.26 ab	237.55 ab	189.34 a	1.74 ab
Químico- foliar	43.00 a	17.35 ab	217.40 bc	172.72 ab	1.60 abc
Humus-químico	42.04 ab	17.41 ab	237.89 ab	174.75 ab	1.75 ab
Sin/tratamiento	41.35 b	17.63 a	190.42 cd	146.03 bc	1.52 bc
Completo	42.66 ab	18.29 a	261.90 a	202.99 a	1.81 a

V. DISCUSIÓN.

Al enfocar el análisis a los tratamiento orgánicos, primeramente podemos destacar al humus, cuando evaluamos el rendimiento del grano se observa que se obtuvo un valor alto en la variable del peso del grano después del tratamiento completo, considerando al tratamiento con humus como los de mayor rendimiento, siendo un tratamiento positivo, en relación a la producción de grano deduciendo que los nutrientes se destinaron a la producción y reduciendo de manera palpable la biomasa esto también puede deberse a que la muestra se encontraba en una etapa próxima a la reproducción en donde la planta comienzan a translocar nutrientes que se traduce en perdida de biomasa; Acevedo (2005) afirma que las plantas de maíz comienzan, en esta etapa a perder biomasa.

Los resultados encontrados al aplicar el humus de lombriz no solo es importante para aumentar rendimientos en el cultivo si no para incrementar el contenido de materia orgánica del suelo lo cual ha sido reportado en cultivos de maíz en diferentes partes del mundo. La materia orgánica en el suelo estudiado fue de 3.3 %, y de acuerdo a los estudios de Hannegraaf, et al., (2009), este valor está debajo del limite critico especificado para suelos cultivados con maíz que es de 3.4 % de materia orgánica y debe ser denotado como de alto riesgo en años muy cercanos donde habrá desnutrición del suelo al grado que se dejara de cosechar maíz en el mismo.

Otro estudio que refuerza la importancia de la materia orgánica es el experimento realizado por Gonder & Filipek-Mazur (2009) quienes demostraron que los lodos activados tuvieron un efecto favorable sobre el rendimiento de biomasa de maíz.

También es importante considerar los microorganismos del humus ya que según Bollo (1999), el contenido alto de flora microbiana presente en el humus de lombriz ayuda a reestablecer el equilibrio del suelo, aunque a la fecha no se conozcalas especies de bacterias o microorganismos que están presentes en el lombricompuesto; no obstante, es bien conocido el efecto de la bacterias promotoras del crecimiento de las plantas (Cracogna, 2003), lo que sugiere un amplio campo de estudio de la microflora del lombricompuesto al identificar los grupos funcionales que se presentan Asimismo, Álvarez-Solís, *et al*. (2010) encontraron una respuesta positiva en rendimiento de grano del maíz con la aplicación de composta, bocashi y humus de lombriz; sin embargo, dichos autores observaron que el incremento en rendimiento fue más alto con humus de lombriz respecto a la composta y el bocashi.

Los tratamientos foliares convencionales es decir soluciones químicas de nutrientes sulfato de magnesio o calcio entre otros se utilizan cuando se detecta en el cultivo deficiencias de nutrientes como “enmiendas” nutritivas para corregir estos problemas, ya que la técnica foliar permite que el nutriente llegue de forma directa y eficiente al sistema de la planta nutriéndola en un

plazo corto (Trinidad-Santos y Aguilar-Majarrez 1999). Lo mismo ocurre con el Té de humus de lombriz que aparte de contener nutrientes minerales aporta ácidos húmicos y fulvicos que estimulan la nutrición de la planta, según estudios de Fernández-Escobar, (1996). Lo que se deduce de estos comportamientos es probablemente que las plantas que desarrollan mayor cantidad de biomasa, no se refleja en el rendimiento del grano como se observa en la mezcla del tratamiento humus-foliar donde se aprecian una diferencia entre los valores de peso fresco 0.77 Kg y peso seco 0.37 Kg del follaje tuvieron mayor desarrollo de biomasa en comparación con humus-químico 0.93 Kg en peso fresco y 0.28 Kg en peso seco a pesar de tener mayor peso en fresco este último con un descenso de 0.65 gr. en su peso seco, es más precipitado que el humus foliar con 0.40 g en la misma variable, sin embargo, comparando el rendimiento del grano, no tuvo buen resultado este ultimo tratamiento, ya que son de los pesos más bajos registrados entre todos los tratamientos. Esto puede deberse a las condiciones de humedad del suelo, ya que debido al drenaje deficiente del sitio experimental pudo haber condiciones que repercuten en el rendimiento ya que el agua en esta etapa de la planta es determinante para una buena producción provocando mazorcas sin grano (Acevedo, 2005). Además Eyheraguibel et al., (2008) encontraron que las sustancias húmicas incrementan la elongación de la raíz de las semillas de maíz tratadas con ácidos húmicos, observándose efectos positivos sobre el crecimiento de la planta completa así como la biomasa de la raíz del tallo y de

las hojas. Estos efectos dentro este mismo estudio puede estar relacionado a un más alto consumo de agua y de minerales promovidos por los ácidos húmicos. Por lo que si la sobre estimulación en el tratamiento aplicado en este experimentos, de la mezcla humus-foliar obligo a la planta absorber más nitrógeno y fósforo, probablemente hubo una mayor demanda de estos elementos que no fue satisfecha por el humus debido a su prevalencia en formas orgánicas. Ello contribuye a explicar la poca respuesta en el rendimiento con este tratamiento, y sugiere una mejoría en la absorción y asimilación de las formas solubles del fertilizante químico.

Los tratamientos químicos en las mezclas con los fertilizantes orgánicos en primera con humus solidó esto es el tratamiento humus-químico tuvo un efecto que estimulo el diámetro del tallo y peso fresco de follaje sin embargo si observamos el peso seco del follaje vemos que dichas plantas acumularon una cantidad mayor de agua en sus tejidos ya que la diferencia de pesos es considerable, estas plantas al analizar los datos de rendimiento del grano no tuvieron diferencias significativas. Esta mezcla mejoro al fertilizante químico en el rendimiento del grano debido a que el humus de lombriz mejora y corrige las deficiencias de nutrientes, lo que nos dice que ocurrió una acción positiva al actuar de manera sinérgica, con el humus de lombriz, los tratamientos orgánicos además de aportar nutrientes incrementan la cantidad de materia orgánica la cual en este suelo es muy poca. Además se ha reportado (Kimetu

et al., 2006), que la productividad del maíz disminuyó un 66% en el transcurso de 35 años de cultivo continuo en un suelo deforestado. La productividad permaneció a valores bajos de 3 ton de grano por hectárea a lo largo de 105 años de cultivo continuo a pesar de que se fertilizó con N-P-K (120-100-100 kg /ha) sin embargo, la adición de carbono orgánico muestra más efectos en suelos degradados a pesar de fertilizarlos con N, P, K, de manera convencional (inorgánica) al revertir el empobrecieminto del suelo. Con lo anterior podemos explicar porque el tratamiento Químico no tuvo buen resultado pero la mezcla con humus sólido y Té de humus de lombriz mejoró el crecimiento y rendimiento del grano.

E aporte nutrimental del té de humus de lombriz en el tratamiento Químico-foliar es importante ya que estimuló la altura de la planta, posiblemente debido a que en su composición se encuentran elementos minerales como nitrógeno y fósforo, que se saben poseen cierta movilidad en los sistemas de absorción foliar (Tainz & Zeiger, 2006), sin embargo uno de los nutrientes más demandados para el crecimiento de las plantas es el nitrógeno, en especial el maíz que requiere cantidades grandes de este material como lo afirma Andrade et al. 1996), por lo que los tratamientos químicos son importantes al proveer este nutriente de forma directa. Ahora bien si tomamos en cuenta la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, existen otros factores que podrían influir como la inmovilización por reacción con compuestos propios del terreno. Sin embargo al observar el rendimiento de grano obtenido en este tratamiento

es posible inferir que una fracción del nitrógeno haya ingresado a la planta por la parte foliar ya que el tiempo que toma para que ingresen los nutrientes es menor que si lo hacen por vía edáfica, ya que estos tratamientos se utilizan para la remediación rápida de los cultivos ante cualquier deficiencia nutrimental. De esta manera, la mezcla Químico-foliar resulta interesante ya que cuando actuaron de forma conjunta mejoró su respuesta lo que puede ser parte de la estimulación que ofrece el tratamiento foliar con Té de humus por la naturaleza del fertilizante orgánico observándose una mejora comparada con las parcelas tratadas con estos mismos de forma individual. Si bien no hubo un efecto con significancia estadística en el crecimiento, se apreció un efecto positivo en el rendimiento con un incremento del 43 %, en comparación al tratamiento químico de forma individual lo cual demuestra que los tratamientos foliares son complementos de las fertilizaciones edáficas Es posible que la fertilización química no fue aprovechada al máximo por los mecanismos de absorción propios de la planta siendo necesario un estimulo adicional por el Té de humus de lombriz para el aprovechamiento eficiente de los nutrientes, lo que coincide con Perdomo (2000).

Los abonos orgánicos, en especial el humus de lombriz, ofrece beneficios adicionales puesto que los nutrimentos se hallan balanceados adecuadamente (C/N, Ca/Mg, Mg/K), los cuales al provenir del lombricomposteo contienen componentes propios del humus como los son los ácidos húmicos y fulvicos que son reguladores de la absorción de los nutrientes que se depositan en el

suelo evitando en muchos casos la inmovilización al formar complejos entre estos y los macro y micronutrientes (Schuldt, 2006), por lo que los nutrientes son más eficientemente incorporados al suelo.

El hallazgo de que el tratamiento con humus de lombriz tuvo el mejor efecto en el rendimiento, es debido posiblemente al balance que existe entre sus nutrientes como se ha señalado anteriormente, evitando la inmovilización o el desequilibrio nutrimental y optimizando la fertilización. Además, el aumento en el rendimiento puede ser causa de un aporte de carbono orgánico adicional como lo afirma el estudio de Wopereis et al. (2006), en donde se informa un aumento en el rendimiento de maíz en suelos con cantidades variables de carbono orgánico con un aumento de 1 a 1.5 ton/ha en los suelos con 6.3 g/Kg a suelos con 13.4 g/Kg de carbono orgánico.

Por otro lado al añadirse el fertilizante orgánico foliar en diferentes momentos una después dela emergencia (VE), la segunda cuando la planta presentó más de 8 hojas y la tercera previa a la floración, se aprovecharon mejor sus nutrientes, por ejemplo el nitrógeno, como lo afirma Pinares (2000)Este autor plantea que una de las medidas para mejorar el aprovechamiento de los minerales contenidos en el humus de lombriz es su fraccionamiento y que debe ser aplicado en los momentos en que la planta más lo necesiten.

Otra variable que llama la atención es el número de hojas ya que el valor más alto fue en las parcelas sin tratamiento, donde probablemente la escasez de

nutrientes lo llevó a tener una altura baja aunque con un diámetro considerable. Sin embargo, si se compara el peso fresco y seco del follaje, se observa que en su mayoría era agua, lo que aunado al peso de sus raíces que fue alto sugieren estrategias de adaptación de la planta para captar más nutrientes y agua, así como hizo al desarrollar más hojas. Este comportamiento puede atribuirse a que la plantas en general tiene dos partes para la captación de nutrientes: la raíz y la parte foliar, en donde la planta se adapta según la disposición y cantidad de nutrientes en el suelo; sin embargo, las mazorcas aunque fueron largas tuvieron poco peso y también poco rendimiento de grano, por lo que se constata que efectivamente fertilizar el suelo contribuye a la nutrición de las plantas y mejora los cultivos.

El tratamiento completo se comportó de una forma muy congruente, es decir, estuvo entre los valores más altos aunque no resaltó en el crecimiento vegetal si se hizo notar en el rendimiento del grano en donde tuvo los valores más altos de longitud, peso de mazorca, peso del grano y número de mazorcas. Sin embargo, al contener todos los tratamientos no resulta sencillo de llevar a cabo, ya que hablamos de un complejo sinérgico de nutrientes que estimula el metabolismo de las plantas Sin embargo, el tratamiento único con humus de lombriz no varió significativamente en sus valores con el tratamiento completo, ya que también promovió valores altos en peso del grano y numero de las mazorcas, lo que evidencia un efecto positivo de su utilización para promover el desarrollo y la producción de grano en el cultivo de maíz.

VI. CONCLUSIONES

Los abonos orgánicos nutren la planta y esto se traduce en mejores rendimientos de grano. Su uso como se presenta aquí con la adición de humus de lombriz, mejoró el crecimiento y rendimiento en general.

El humus de lombriz es un abono natural que ofrece condiciones de nutrición favorables para el maíz, estimulando en este caso el tallo, la raíz y el follaje de la planta. Los resultados del presente estudio demuestran que el humus de lombriz promovió que las plantas de maíz tuvieran mayor rendimiento del grano en comparación con las plantas sin biofertilización. Así mismo la fertilización con humus combinada con la aplicación foliar del te de humus de lombriz estimuló que las plantas crecieran con mayor biomasa. Para los productores que buscan producción de granos, la biofertilización con humus de lombriz es lo más conveniente, sin embargo para los que deseen producir forraje, conviene la aplicación de té de humus de lombriz de manera foliar.

Los tratamientos que incluyeron la mezcla químico-foliar y humus-químico, demostraron que el humus de lombriz permite complementar la fertilización convencional para garantizar un buen rendimiento o crecimiento vegetal debido a que la naturaleza orgánica del material no solo agrega nutrientes en el suelo y a la planta; si no que además el carbono orgánico contribuye al mejoramiento del suelo por lo que existe un doble beneficio tanto a la producción como a la recuperación nutricional del suelo garantizando que este sea más productivo.

Recomendaciones

Realizar estudios a largo plazo evaluando la concentración de materia orgánica total para determinar si la adición de humus de lombriz es capaz de revertir la degradación de la fertilidad de este suelo. Estos estudios podrían complementarse con la actividad microbiana de bacteria fijadoras de nitrógeno, bacterias solubilizadoras de fosfato es decir grupos de microorganismos importantes que mantienen la fertilidad del suelo, también puede realizarse estudios de actividad enzimatica fosfatasa, ureasa para complementar la evolución de la bioquímica del suelo.

VII. BIBLIOGRAFIA

Acevedo, H. E. 2005. Fisiología del rendimiento de maíz. Universidad de Chile. Chile. 37.Alimentación Bio. Ecologia activa. URL: http://alimentacionbio-eared.blogspot.com/2010/01/como-se-fabrica-y-cosecha-el-humus-de.html. Viewd: 15 noviembre 2010.

Alvarado, N. A. 2000. La fertilización Orgánica del cultivo de maíz (*Zea Mays L)* y mejoramiento de tres componentes de su sistema tradicional de producción. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 25.

Álvarez-Solís, J. D., Gómez-Velasco, D. A., León-Martínez, N. S., & F. A. Gutiérrez-Miceli. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. Agrociencia 44: 5725-586.

Andrade, J. L., Pérez, A. L. & A. T. Castro. 1996. fisiología del cultivo de maíz. Limusa. México, D.F. 180.Arteaga, M., Garcés, N., Guridi, F., Pino J. A., López, A.,

Arredondo, V. C. 1996. Aplicación de estiércol bovino como complemento a la fertilización química del maíz de temporal. *In*: Memorias del XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Obregón, Sonora, México. 194.

Barraco, M., Scianca, C. 2007. Fertilizacion fosfatada de maiz. Memoria tecnica. EEA INTA GRAL. VILLEGAS. Argentina.1-2.

Bollo, E., T. 1999. Lombricultura: Una alternativa de Reciclaje. Quito, EC, SobocGrafic. 150 p.

Bould, C. 1966. Leaf analysis of deciduous fruits. Chapter 21 In: Fruit Nutrition, 2 ed. Childers, N.F. Horticultural Publications. New Jersey.Castellanos, R., J. Z. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. Seminarios Técnicos Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila. 5 : 13

Casco, C. A., & M. C. Iglesias. 2005. producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricompuesto. Universidad nacional del nordeste. Argentina. 1-2.

Chaveli Chávez, P., Font-Vila, I., Caballero-Alvarez, R., A. F. Cervantes. 2004. Método práctico para la obtención y aplicación de humus de lombriz en disolución como fitoestimulador en cultivos hortícolas. En: Convención Trópico 2004. II Congreso de Agricultura Tropical. Palacio de Convenciones de La Habana, La Habana, Cuba. pp. 8.

Cracogna. M., F. 2003. La microflora en los lombricompuestos su caracterización y efecto sobre el crecimiento de las plantas. Universidad Nacional de Nordeste. Argentina. 5-15.

Domínguez-Mendoza, C. A. 2007. Mineralización de abonos orgánicos en condiciones de laboratorio y su influencia en la actividad metabólica del suelo en la rizosfera de maíz. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 63 Págs.

Eyheraguibel, B., Silvestre, J., & P. Morard. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enchancement on the growtth and mineral nutrition of maize. Bioresource Technology 99 (10): 4206-4212.

Hannegraaf, M.C., Hoffland, E., Kuikman, P. J., & L. Brussaard. 2009. Trends in soil organic matter contents in dutch grassland and maize fields on sandy soils. European journal of Soil Science 60 (2): 213-222.

Flora Hidroponics TM. Foliar nutrition. URL: http://www.florahydroponics.com/foliarnutrition.aspx. viewd: 4 agosto 2010.

Fassbender, H. W., & Bornemisza, E. 1987. Química de suelos: con énfasis en suelos de América. IICA: San José de Costa Rica. 45-53.

Fernández-Escobar, R. 1996. Planificación y diseño de plantaciones frutales. Mundi-prensa. Madrid. 220.

Fontanetto, H., Darwich, N. 1995. Efecto del método de aplicación del fósforo en maíz a dos niveles de disponibilidad hídrica. Ciencia del Suelo 13 : 1-5.

Giron, M., A. 2005. Estudio de factibilidad de la producción y comercialización del abono humus orgánico producido por las lombriz roja. Universidad san Carlos de Guatemala. Guatemala. 5-6.

Gonder, K., & B. Filipek-Mazur. 2009. Yielding and the contents of Calcium, Magnesium and Sodium in Maize fertilizad with organic materials. Ecology Chemestry and Engenering16 (10): 1283-1292.

Kimetu J. M, Lehmann, K. J., Ngoze, S. O., Mugendi, D. N., Kinyangui, J. M., S Riha, S., Verchot, L., Recha J. W., & A. N. Pell. 2006. Reversibility of soil productivity Decline with organic matter of Differing Quality along a degradation gradient. Ecosystem 11(5): 726-739.

Loneragan, J. 1997. Plant nutrition in the 20th and perspectives for the 21st century. Plant and Soil 196: 163-174.

Meléndez, L, Hernández, A y Fernández, S. 2006. Efecto de la fertilización foliar y edáfica sobre el crecimiento de plantas de maíz sometidas a exceso de humedad en el suelo. Bioagro 18(2): 107-114.

Mera, O. L. M. 1989. Condiciones naturales para la producción. In: Parra-Vázquez, M. R. El Subdesarrollo Agrícola en los Altos de Chiapas. Centro de Investigaciones Ecológicas.

Menéndez, J. L., & O. Cartaza. 2006. evaluación de las aplicaciones de humus líquido en el cultivo de tomate (*licopersicon eculentum Mill*) variedad Amalia en condiciones de producción. Cultivos tropicales 27 (3): 95-101.

Montenegro, D. W., & N. Alvarado. 2005. Evaluación de dosis y momento de aplicación del humus de Lombriz sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*zea mayz L.),* variedad NB-s. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 33.

Murphy L., Dibb D. 1985. Phosphurus and placement. In phosphurus for agriculture. A situacional analysis. Buford. Atlanta. 6: 35-46.

Naturland. 2000. Fundamentos de la agricultura orgánica. URL: http://www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/Publication/Espanol/Introduccion_agricultura_organica.pdf (visitado el 30 de noviembre de 2010).

Perdomo, A. L. J. 2000. Recomendaciones técnicas acerca del humus de lombriz en los cultivos de ciclo corto: maíz, Sorgo y Hortaliza. Editorial pueblo y educación. La Habana, Cuba. 180.

Pimentel, D., Heperly, P., Hanson, J., Douds, D., & R, Seidel. 2005. Eviromental, enegetic and economic comparisons of organic and convencional farming systems. BioScience 55 (7) : 573-582.

Pinilla, H. Q, Herrera H., Herrera L. Sanhueza, R. H. 2010. Aplicación en cobertera de la mezcla de fertilizante en suelos con diferentes contenidos de P-Olsen en trigo (*Triticum Aestivum L.*) IDESIA (Chile) 28 (2) : 101-106.

Pinares, A. J. 2000. Aplicación fraccionada de los abonos orgánicos. Editorial pueblo y educación, la Habana, Cuba. 180.

Pro.Organico. Humus. URL: http://pro-organicos.com/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=7. Viewd: 15 Octubre 2010.

Rallo, L., D, Barranco, R., Fernández Escobar. 2008. El cultivo del Olivo. 6ta ed Mundiprensa- consejería de Agricultura y Pesca. 304.

Raxcaco, G., F. 2001. Evaluación de 5 porciones de lombricompost con suelo y 4 dosis de fertilizante químico 20-20-00 para la producción de plantes de café, (*caffea arabica L.),* en la etapa de almacigo, Yepocapa Chimaltenango. USAC. Guatemala. 108.

Romero L., María del R., Trinidad S. A., García E. R., & R. Ferrara C. 2000. Producción de papa y biomasa Microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. Agrociencia 34: 261-269.

Schuldt, M. 2006. Manual de lombricultura teoría y práctica". Ed. Mundiprensa. Madrid. 24-31.

Somarraba, R. R. J., & G. Guzmán G. G. 2004. Análisis de la influencia de la cachaza de azúcar y estiércol de bovino como sustrato de lombriz roja californiana para producción de humus. Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 60.

Taiz L., & Zeiger. 2006. Fisiología Vegetal Vol. 1. Castello de la Pana Publications de la Universitat Jaume. I. D. L. España. 138.

Trinidad-Santos, A. & D. Aguilar-Manjarrez. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Terra Latinoamericana 17(3): 247-255.

Wopereis, M. C. S., Tamélokpo T., Ezui, T., Gnakpénou, D., Fofana, B., & H. Breman. 2006. Mineral fertilizer management of Maize on Farmaer Fields differing in organic inputs inthe west African savanna. Field crops Research 96 (2-3) 355-362.