

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Crecimiento y Rendimiento de Calabacita cv. *Grey Zucchini* con Diferentes Dosis de NPK y Lombricomposta en Sistema de Acolchado Plástico

Por:

URIEL AUGUSTO SALAS ZACARIAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

(Ciencias del Suelo y Producción de Cultivos)

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre de 2019.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Crecimiento y Rendimiento de Calabacita Variedad *Grey Zucchini* con
Diferentes dosis de NPK y Lombricomposta en Sistema de Acolchado
Plástico

Por:

URIEL AUGUSTO SALAS ZACARIAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría

En el presente trabajo de investigación el Dr. Víctor Samuel Peña Olvera Presidente de jurado, reconoce al Dr. Armando Hernández Pérez como Director de la tesis y como Coasesores al ingeniero René Arturo de la Cruz Rodríguez y al M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala del alumno Uriel Augusto Salas Zacarias.

Dr. Víctor Samuel Peña Olvera

Presidente

Saltillo, Coahuila, México

Octubre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Crecimiento y Rendimiento de Calabacita (*Grey Zucchini*) con Diferentes Dosis de NPK y Lombricomposta en Sistema de Acolchado Plástico

Por:

URIEL AUGUSTO SALAS ZACARIAS

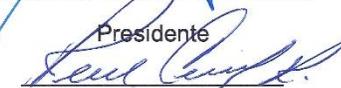
TESIS

Se somete a la Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito para
Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL


Dr. Víctor Samuel Peña Olvera

Presidente



Ing. René Arturo de la Cruz
Rodríguez

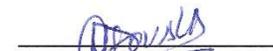
Coasesor

Aprobada por:



Dr. Armando Hernández Pérez

Coasesor



Mc. Juan Manuel Cepeda Dovala

Vocal suplente



M.C. Sergio Sánchez Martínez

Coordinador de la División de Ingeniería



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Octubre de 2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Principalmente por haberme dado la oportunidad y los medios para lograr otra de mis metas, y concluir con esta etapa muy importante de mi vida.

A mi Alma Terra Mater

*UAAAN: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Por haberme recibido con las puertas abiertas, y darme la oportunidad de formarme en los ámbitos tanto profesional como personal brindándome todos los medios para alcanzar mis objetivos.*

A mis asesores

Víctor Samuel Peña Olvera Gracias por brindarme su apoyo incondicional para lograr mi objetivo, una etapa muy importante de mi vida.

Dr. Armando Hernández Pérez. Por haberme influido en este trabajo con un buen objetivo, y al estar siempre cuando lo necesité y por la gran confianza que me brindó para llevar a cabo esta investigación.

M.C. Rene de la Cruz. Gracias por su apoyo, tiempo y por sus enseñanzas, por la confianza y dedicación que me brindó en este trabajo.

A mi novia Elizabeth. Te agradezco por ser la mayor motivación en mi vida encaminada al éxito, eres el ingrediente perfecto para poder lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida, el poder haber culminado esta tesis con éxito, y poder disfrutar del privilegio de ser agradecido, ser grato con esa persona que se preocupó por mí en cada momento y que siempre quiso lo mejor para mí porvenir.

Te agradezco por tantas ayudas y tantos aportes no solo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación.

Sabdiel

Por haberme brindado su apoyo, por eso ánimos en momentos difíciles que tuve que enfrentar durante la carrera, y por haber estado en todos los momentos.

DEDICATORIA

A mis padres

Sr. Augusto Salas Pérez

Sra. Apolonia Zacarías Matías

Esta dedicación va con mucho amor, aprecio y cariño para Ustedes que son las dos personas que más he querido, apreciado, amado del mundo, dos grandes personas que me han enseñado a ser un hombre de bien, gracias por haberme educado por un buen camino y por el apoyo que me han brindado a seguir lo que quiero para mí, el apoyo desde que comencé en este camino hasta el final y por haber estado cuando más los necesité.

A mis hermanos

Esperanza, Miria Elida, David, Eloísa Idalia, Sandra Enaim, Esven, ellos que en todos los momentos que pase tanto buenos como difíciles, estuvieron conmigo apoyándome a seguir adelante, apoyándome a concluir con lo que había comenzado, por esos ánimos que me dieron cuando más los necesitaba, por esos buenos consejos que me regalaron, por esos valores que me influenciaron a llegar a ser un hombre de bien, muchas gracias por ser el motivo de mi logro profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| AGRADECIMIENTOS | iv |
| DEDICATORIA..... | vi |
| ÍNDICE DE CUADROS | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS | x |
| I.INTRODUCCION | 12 |
| JUSTIFICACIÓN | 14 |
| DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... | 15 |
| OBJETIVO | 15 |
| HIPÓTESIS..... | 15 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 16 |
| 1.- Origen y Estadística de Producción..... | 16 |
| 2.- Sistemas de producción | 17 |
| 2.1.- Antecedentes sobre el acolchado | 17 |
| 2.2.- Ventajas del uso de acolchado..... | 17 |
| 2.3 Desventajas del uso del acolchado | 19 |
| 3.- Riego de calabacita | 20 |
| 3.1.- Antecedentes del riego por goteo..... | 20 |
| 3.2.- Ventajas del riego por goteo..... | 21 |
| 3.3.- Inconvenientes del riego por goteo | 22 |
| 4.-Condiciones edafoclimáticos | 22 |
| 5.-Fertirriego o Fertiirrigación..... | 24 |
| 5.1 Ventajas de la fertirrigación | 25 |
| 5.2.- Desventajas de la fertirrigación | 26 |
| 5.3.- Fertirrigación en base a Curvas de absorción de macronutrientes | 26 |
| 5.4.- Fertilización calabacita con N-P-K..... | 27 |
| 6.-Agricultura orgánica..... | 28 |
| 6.1 La Fertilización Biológica | 29 |
| 6.2.- El Concepto de Biofertilizante (BF) | 30 |
| 6.3 Uso de abonos orgánicos en la agricultura..... | 31 |
| 6.4 Lombricomposta | 34 |

| | |
|--|----|
| 6.5 - Efectos del uso de lombricomposta..... | 38 |
| 7.- Combinación de fertilización química y biológica | 40 |
| III.MATERIALES Y METODOS | 41 |
| 1.- Localización del Experimento | 41 |
| 2.- Material Vegetal..... | 41 |
| 3.- Instalación del Experimento..... | 42 |
| 4.- Tratamientos..... | 45 |
| 5.- Diseño Experimental..... | 46 |
| 6.- Manejo del Cultivo | 46 |
| 7.- Variables Evaluadas | 47 |
| IV.RESULTADO Y DISCUSIÓN..... | 49 |
| V. CONCLUSIONES | 57 |
| VI. CITAS BIBLIOGRÁFICAS | 58 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1.- Contenido nutrimental de la composta donde puede observarse un bajo aporte de nitrógeno (Castellanos, 1980)..... | 34 |
| Cuadro 2.- Composición del humus sólido a partir de la transformación por <i>Eisenia foetida</i> (Velázquez <i>et al.</i> , 1986)..... | 36 |
| Cuadro 3.- Distribución de tratamientos aplicados en calabacita var. <i>Grey Zucchini</i> | 45 |
| Cuadro 4.- Efecto de las diferentes dosis de fertilización con N, P y K y lombricomposta en calabacita variedad <i>Grey Zucchini</i> | 49 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.- Ubicación del experimento..... | 41 |
| Figura 2.- Preparación del terreno | 42 |
| Figura 3.- Formación de las camas para el experimento | 42 |
| Figura 4.- Puesta se cintilla y acolchado..... | 43 |
| Figura 5.- Instalación del sistema de riego..... | 43 |
| Figura 6.- Siembra de calabacita <i>Grey Zucchini</i> | 44 |
| Figura 7.- Efecto de la interacción entre NPK y lombricomposta en la altura de las plantas de calabacita tipo italiano <i>Grey Zucchini</i> . Las barras indican el error estándar de la media..... | 50 |
| Figura 8.- Efecto de la interacción entre NPK y lombricomposta en el Diámetro de tallo de las plantas de calabacita tipo italiano <i>Grey Zucchini</i> . Las barras indican el error estándar de la media..... | 51 |
| Figura 9.- Efecto de la interacción entre NPK y lombricomposta en el Número de frutos de la calabacita tipo italiano <i>Grey Zucchini</i> . Las barras indican el error estándar de la media. | 52 |
| Figura 10.- Efecto de la interacción entre NPK y lombricomposta en el número de hojas en las plantas de calabacita tipo italiano <i>Grey Zucchini</i> . Las barras indican el error estándar de la media..... | 53 |
| Figura 11.- Efecto de la interacción entre NPK y lombricomposta en el peso promedio de fruto de las plantas de calabacita tipo italiano <i>Grey Zucchini</i> . Las barras indican el error estándar de la media. | 54 |
| Figura 12.- Efecto de la interacción entre NPK y lombricomposta en el rendimiento de las plantas de calabacita tipo italiano <i>Grey Zucchini</i> . Las barras indican el error estándar de la media..... | 56 |

RESUMEN

El trabajo de investigación fue realizado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en los terrenos del Departamento de Producción. Se evaluó el uso de fertilizantes químicos a base de N, P y K (NO_3NH_4 , MAP y K_2O) a una concentración de 50, 75 y 100%, que equivale a 28.09g de N, 7.39g de P y 1.78g de K, las dosis de lombricomposta fueron 0, 1,5 y 3.0 Ton ha^{-1} , dando un total de 9 tratamientos. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con arreglo factorial de 3x3. Se usaron semillas de calabacita Var Grey Zucchini que se estableció en el periodo de febrero-junio 2108. Se evaluaron las siguientes variables: altura de planta, diámetro de tallo, diámetro de fruto, número de frutos, número de hojas, longitud del fruto, peso promedio del fruto y rendimiento por planta. El crecimiento de las plantas fue afectado de manera significativa, incrementando un 15% al aplicar 1.5 toneladas de lombricomposta con un 50% de fertilización química, mientras tanto, para diámetro de fruto y número de fruto no fueron influenciados. Las concentraciones de NPK no afectó significativamente la altura, pero sí influyó en el número de hojas, diámetro del tallo, como también número de frutos, diámetro de fruto, longitud de fruto y el rendimiento. La interacción de los dos factores fertilización química y fertilización orgánica, no fue significativo para diámetro y longitud de fruto mientras que para las demás variables fueron afectados significativamente.

Por lo tanto, una dosis que mejora en la mayoría de las variables evaluadas es una combinación de fertilización química con lombricomposta, que consta de 1.5 toneladas de este con las concentraciones de 50% o 75% de NPK. Con esta dosis se puede tener un rendimiento favorable sin tener necesidad de invertir en grandes cantidades de fertilizantes químicos.

Palabras claves: Fertilización orgánica, Fertirriego, Cucurbitáceas, Interacción de fertilizantes

I.INTRODUCCION

La calabacita (*Cucurbita pepo* L.) es una de las especies de las cucurbitáceas que se consumen principalmente inmaduros, se recolecta en tierno, sin haber alcanzado su tamaño definitivo, para consumir frito en aceite, en cremas y en confituras, sin embargo, del fruto maduro se obtienen semillas que son procesadas y envasadas para el consumo y además son utilizadas para preparar condimentos utilizados en la cocina tradicional. El color del fruto es variable va desde el amarillo a verde oscuro, pasando por el verde claro este último es el tipo de calabacín más consumido en el mundo. Este fruto es apreciado porque contiene pocas calorías, pero rico en vitaminas (C, E, B1, B2 y β -caroteno) y minerales (K, Ca, Fe, Zn, Mn, Mg, P, B, Cu y N) (Danilchenko *et al.*, 2001).

A nivel mundial, México está dentro de los 10 principales países con mayor producción de esta cucurbitácea, en primer lugar se ubica China con una producción equivalente a 7,155.25 millones de kilos, en segundo lugar India con 4,900 millones, tercer lugar Rusia con 1,128.2 millones, el cuarto lugar ocupado por Irán con 897.29 millones, quinto lugar Estados Unidos igual a 796.87 millones, sexto lugar Ucrania con 610.8 millones y México en el séptimo lugar con 544.99 millones, el resto está conformado de Egipto, España e Italia (543.33, 533.2 y 530 millones kilos) (HORTOINFO, 2015). En México, el 85% de la producción nacional se concentra en 8 estados; siendo Sonora el que ocupa el primer lugar con 35% de la producción total, Sinaloa con 19.5%, Puebla con 7.9%, Jalisco 6%, Michoacán 5.2%, Yucatán 4%, Morelos con 3.9% y Oaxaca con 3.3%, con una producción promedio 20.3 ton ha⁻¹ (SIAP, 2018).

Fertilización NPK

Los fertilizantes son sustancias que aumentan la fecundidad de las tierras y que una vez absorbidos por las plantas promueven su desarrollo vegetal, uno de los formatos más conocidos son los denominados NPK que aportan los 3 elementos que la planta necesita en mayor cantidad, los conocidos como “macronutrientes esenciales”. Éstos deben su nombre al nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), las

formulaciones que encontramos son muy variadas y en algunos casos pueden incorporar pequeñas cantidades de otros nutrientes secundarios (normalmente asociados a cultivos con requerimientos específicos)

Por ejemplo, si consideramos un NPK 15-15-15 indica que tendríamos un 15% de nitrógeno (N), 15% de fósforo (P_2O_5) y 15% de potasio (K_2O), siendo el resto de componentes materia inerte.

Cada uno de estos nutrientes tiene un efecto diferente en la planta:

- Nitrógeno (N) es esencial para el crecimiento de las plantas, aumenta el contenido en proteínas, participa en la fotosíntesis y forma parte de todas las células.
- Fósforo (P) interviene en la fotosíntesis, en el almacenamiento y transferencia de energía, en la división celular, promueve la formación y el crecimiento de las raíces.
- Potasio (K) estimula la formación de flores y frutos.

Se recomienda que la aplicación de todos los abonos complejos NPK se realice poco antes de la siembra en el caso de cultivos herbáceos, al menos un mes antes de la brotación, en el caso de cultivos arbóreos y durante todo el cultivo en hortícolas

Lombricomposta

El suministro de bioproductos a los cultivos alcanza cada vez mayor importancia desde el punto de vista económico y ecológico, no obstante, debe considerarse que los mismos actúan como estimuladores o reguladores del crecimiento de las plantas. La búsqueda de biofertilizantes alternativos para incrementar la productividad de los cultivos con un menor impacto en el suelo, constituye uno de los pilares fundamentales de las investigaciones actuales en el campo de la agroecología, lo cual ha motivado el uso de abonos orgánicos como el humus de lombriz en diversos cultivos, lo cual contribuye a reducir los costos de producción, por los altos precios de los fertilizantes químicos en el mercado mundial y

al mismo tiempo, disminuir la contaminación de los suelos y las aguas por el uso indiscriminado del mismo. (Cruz-Crespo *et al.*, 2014)

JUSTIFICACIÓN

Algunas de las razones por las que se debe producir y consumir calabaza sea cual sea el tipo, es debido a que es una excelente verdura-fruta, fácil de digerir. Posee virtudes laxantes y diuréticas que la hacen un verdadero alimento desintoxicante. En cuanto a su riqueza mineral, la calabaza es un alimento rico en potasio.

También contiene otros minerales como fósforo y magnesio, pero en menores cantidades. El potasio es un mineral necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, además de intervenir en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula.

De tal manera, que este vegetal es uno de los más importantes a nivel mundial por todas las propiedades con las que cuenta, es de suma importancia obtener una producción libre de residuos químicos debido a que estos causan severos daños en el hombre al pasar de los años, la producción orgánica es una de las salidas a obtener una vida más sana y saludable cuidando, debido a que se obtienen frutos inocuos incapaces de causarle algún daño a cualquiera de los sistemas del cuerpo humano (IUCN, 2000), es importante también mencionar que la producción de calabacita con estos métodos y la combinación de fertilizantes reduce de manera positiva el uso de sustancias químicas y la disminución de costos de producción.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El principal problema que afrontan las empresas dentro del cultivo de la calabacita, respecto al rendimiento y en relación con la comercialización. En la comercialización, existen muchas empresas que quieren que su producto sea comprado a un buen precio, el problema está en las fechas de entrega o las cosechas; es por eso que en esta investigación se plantea cultivar calabacita con ayuda del sistema de acolchado, esto se hace con el objetivo de evaluar si se puede adelantar unos cuatro o cinco días las fechas de cosecha, con esto podríamos tener más posibilidad de tener un buen mercado para nuestro producto.

OBJETIVO

Evaluación de crecimiento y rendimiento del cultivo calabacita utilizando una combinación de fertilización química y orgánica

HIPÓTESIS

El uso de material orgánico reduce la aplicación de fertilizantes químicos sin disminución significativa de la producción

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1.- Origen y Estadística de Producción

La calabacita del género *Cucurbita spp.* tiene sus orígenes en México y América Central, ha sido parte importante de la alimentación del hombre americano (Basurto *et al.*, 2015), además fue una de las primeras plantas cultivadas en Mesoamérica, cuyas fechas más antiguas datan de hace aproximadamente 10,000 años. Los frutos de calabacita se consumen principalmente inmaduros, como fruto verdura, tanto en el mercado nacional y mundial.

Dentro de las especies hortícolas de las cucurbitáceas como la calabacita, pepino, melón, sandía, entre otros, a nivel mundial, México es el 7° lugar, en la producción de calabaza y calabacita aportando el 2.25%, con 566 mil 960 toneladas. En México se cultivaron 30 629 ha en el 2009, con un rendimiento medio de 15.8 toneladas ha⁻¹, inferior al de Holanda (70.0 toneladas ha⁻¹), España (68.18 toneladas ha⁻¹) y Francia (37.27 toneladas ha⁻¹), y apenas superior al promedio mundial (13.62 toneladas ha⁻¹) (FAO, 2010), lo que evidencia la necesidad de elevar el rendimiento nacional.

El fruto de la calabacita es apreciado porque contiene pocas calorías, es rico en vitaminas (C, E, B1, B2 y β-caroteno) y minerales (K, Ca, Fe, Zn, Mn, Mg, P, B, Cu y N) (Danilchenko *et al.*, 2001). La composición nutritiva por 100 g calabacín fresca son: - Agua: 93%, -Proteínas: 1.8 g, -Glúcidos: 2.1 g, -Grasas: 0.1 g y Valor energético: 17 calorías.

Principales Estados productores

Entre 2004 y 2009, los estados que se destacaron por su producción de calabaza fueron Sonora, Nayarit, Zacatecas, Guerrero y Michoacán, que en conjunto aportaron el 88% de la producción. El principal estado productor de calabaza fue

Sonora, que tuvo una producción promedio en el periodo indicado de 49,659 toneladas, el 60% de la producción de México.

2.- Sistemas de producción

2.1.- Antecedentes sobre el acolchado

El acolchado de suelo en la agricultura es una técnica que consiste en cubrir el suelo con materiales como paja, aserrín, cascara de arroz, papel o plástico, con la finalidad de proteger el suelo y la zona radicular del cultivo de diversos factores ambientales y para promover el desarrollo del cultivo y permite cosechas precoces, mejorar el rendimiento, control de malezas, ahorro de agua, fertilizantes y mejorar la calidad de los cultivos (Anzalone *et al.* 2010).

Se menciona que el acolchado, empajado o mullido, ha sido una técnica practicada desde hace muchos años por los agricultores con la finalidad de defender los cultivos y el suelo de la acción de los atmosféricos, los cuales producen la desecación del suelo, deterioran la calidad de los frutos, enfrían la tierra y lavan con el mismo arrastrando los elementos fertilizantes, tan necesarios para el desarrollo vegetativo de las plantas (Badiola y Reus 1977).

Las películas de plástico proporcionan mayores ventajas que las conseguidas con material de origen mineral o vegetal utilizados antiguamente en las coberturas de suelos. El polietileno es impermeable a los líquidos, el agua queda por completo a la disposición del suelo ya que el agua se aplica a la planta más suavemente se obtiene una mejor subida capilar y aireación constante de los suelos (Garnica J 2009).

2.2- Ventajas del uso de acolchado

- ✓ Incremento de la temperatura del suelo: A una profundidad de 5 cm bajo acolchado negro la temperatura se incrementa entre 2 y 2.5 °C, y bajo acolchado transparente se incrementa de 4.5 a 5.5 °C.

- ✓ Reduce la compactación del suelo: El suelo bajo el acolchado se mantiene suelto, friable y bien aireado, las raíces tienen acceso al oxígeno y la actividad microbológica es excelente. (Cuéllar *et al.*, 1997).
- ✓ Reduce la pérdida de fertilizante: El agua no se escapa de la película impermeable permite el aprovechamiento del fertilizante al máximo.
- ✓ Reduce la evaporación: El agua del suelo no escapa bajo condiciones de acolchado, el crecimiento de las plantas es a menudo el doble que, en un suelo desnudo, el resultado son plantas más grandes que requerirán más agua de manera que el acolchado no es un sustituto del riego.
- ✓ Frutos más limpios: Un cultivo producido en acolchado está más limpio y menos sujeto a pudriciones debido a la eliminación del salpicamiento del suelo sobre plantas o frutos.
- ✓ Elimina daño mecánico a las raíces: Las escardas no son necesarias, por lo tanto, no hay daño a las raíces.
- ✓ Control de malezas: El acolchado negro provee control de malezas, el plástico transparente necesita el uso de un herbicida. (De la Rosa *et al.*, 2000).
- ✓ Precocidad: El acolchado negro puede resultar en 12 a 14 días de adelanto a la cosecha, mientras que el plástico transparente resulta hasta en 21 días de adelanto. (McCraw y Motes, 2000).
- ✓ Incremento en el crecimiento: El acolchado plástico es prácticamente impermeable al dióxido de carbono (CO₂), gas de suma importancia en la fotosíntesis, bajo el acolchado se acumula muy altos niveles de CO₂, ya que no deja escapar.

La luz visible es un compuesto de longitudes de onda entre los 400 y 700 nm, que es definida como radiación fotosintéticamente activa (PAR). Los diferentes colores

de plástico para acolchado absorben y reflejan diferentes longitudes de onda de luz y las plantas son muy sensibles al color de la luz que reciben en las hojas por efecto de la energía solar incidente y reflejadas por las superficies (Orzolek y Otjen, 2003). La característica clave de la radiación que permiten el control de las respuestas de las plantas son: la cantidad de radiación y la calidad de la misma (Benavides, 2002).

2.3 Desventajas del uso del acolchado

- ❖ Remoción costosa: El plástico y la cintilla deben ser removidas del campo anualmente. Estos no se descomponen, así que nunca se debe rastrear. El plástico transparente si se descompone con el tiempo, pero deja un terreno en mal estado revuelto con los residuos de plásticos no pudiéndose realizar adecuadamente la siembra, escardas, riegos del próximo cultivo a establecerse.
- ❖ Costos iniciales altos: Los costos de producción se incrementan con la película de acolchado y la cintilla de riego por goteo.
- ❖ Incrementa el manejo: El plástico y el sistema de riego deben ser monitoreados regularmente (Robledo, 1988).
- ❖ Efecto del acolchado al suelo: El acolchado plástico tiene un efecto sobre algunos de los factores, creando un microclima alrededor del cultivo, particularmente sobre la temperatura del suelo y el ambiente los cuales se enuncian a continuación (Henaó, 2011):

Humedad del suelo: impide la evaporación de la humedad del suelo, manteniendo la disposición agua constante y regular a las plantas. El ahorro de agua se incrementa con la ausencia de malas hierbas. Las pérdidas de evaporación en las perforaciones se compensan a través de las lluvias. Por lo tanto, los nutrientes en los cultivos son más regulares y constantes.

Temperaturas: durante el día el plástico trasmite al suelo la radiación recibida del sol, haciendo el efecto del invernadero. Durante la noche la película plástica deja salir una parte de calor acumulado, que será de beneficios para la planta cultivada, evitando los riesgos de enfriamiento e incluso de heladas.

Estructura del suelo: el acolchado mantiene por mucho tiempo la estructura del suelo en el estado que se encuentra cuando se hace la aplicación de la película al suelo. En algunos casos puede mejorar. Por lo tanto, el acolchado de se debe realizar en suelos que no estén compactados. El plástico protege al suelo de los problemas de la erosión hídrica, y el de la desecación del suelo por el viento.

Control de malezas: el uso de películas plásticas frena considerablemente el desarrollo de malas hierbas. Las películas negro-opacas y las metalizadas interceptan casi todo el espectro visible, esto impide que se lleve a cabo las fotosíntesis bajo el plástico y por consecuencia la ausencia de malezas. Las películas transparentes permiten el paso de gran cantidad de radiaciones, esto permite el calentamiento del suelo y favorece el desarrollo de malezas, aunque estas terminan muriendo de asfixia por las altas temperaturas que se originan bajo el acolchado plástico.

Calidad de cosecha: las películas plásticas imponen una barrera entre el suelo y la parte aérea de las plantas, evitando que los frutos estén en contacto con el suelo. Se obtienen por lo tanto productos más limpios y mejor presentados.

3.- Riego de calabacita

3.1.- Antecedentes del riego por goteo

Este método fue creado en la antigüedad, y era utilizado por las civilizaciones antiguas, que enterraban vasijas de arcilla rellenas de agua, las cuales goteaban y alimentaban las raíces de las plantaciones. Aunque no fue sino hasta el siglo XIX, cuando fue perfeccionándose al pasar de los años hasta llegar a lo que conocemos

hoy. A esta técnica también se le llama “riego gota a gota” (Thomas, 2004 y Zitter, 2004).

La elección de un sistema particular de riego depende de la disponibilidad de agua, de las condiciones del suelo, la topografía, el clima y la economía. Los tipos más comunes son los sistemas de riego aéreo, por surcos, por goteo o con agua de infiltración. Debido a la gran demanda de humedad por parte del cultivo de calabacita, es necesario regar inmediatamente después de la siembra para garantizar una germinación uniforme (Thomas, 2004).

Por su parte, Laborde, (2004) recomienda dar un riego ligero y lento después de la siembra para el hinchamiento de la semilla los demás riegos deberán darse tomando en cuenta las condiciones en que se desarrolle el cultivo. Cuando empiezan a desarrollar los frutos los riegos deben ser más frecuentes, evitando marchitamiento en la planta. El riego por goteo resulta una alternativa en las regiones donde el agua es escasa o donde este recurso es demasiado costoso.

3.2.- Ventajas del riego por goteo

Las grandes ventajas del riego por goteo presentan varias desde los puntos de vista agronómicos, técnicos y económicos, esto es por un uso mucho más eficiente del agua y de la mano de obra. Además:

- ✓ Reduce la evaporación del suelo, debido a que solo atiende la necesidad de la planta.
- ✓ El control de las dosis de aplicación es más fácil y completo.
- ✓ Menor cantidad de mano de obra.
- ✓ Mayor eficiencia del uso del agua de riego.

(Molinar y Yang, 2000).

3.3.- Inconvenientes del riego por goteo:

- Un elevado costo de inversión inicial.
- Se requiere de personal calificado para su instalación.

4.-Condiciones edafoclimáticas

pH

La calabacita está catalogada como una hortaliza moderadamente tolerante a la acidez, con un PH preferible en el rango de 6.0 a 6.5, en lo que se refiere a la salinidad, se reporta como medianamente tolerante. (PROMOSTA. Abril 2005.)

CE

Salinidad: Se considera un cultivo de ligera tolerancia a la salinidad (FAO, 1994).

Temperatura

La temperatura óptima del suelo durante la germinación ha de situarse entre los 20-25 °C. Con esta temperatura, las semillas pueden germinar en el transcurso de 2-5 días. Temperaturas del suelo superiores a 40 °C, o por debajo de los 15 °C puede afectar a la germinación (Delgado, 1999).

La necesidad de temperatura varía en función de las fases del cultivo:

- **Germinación:** La temperatura óptima es de 20-25 °C, la mínima de 15 °C y la máxima de 40 °C.
- **Crecimiento vegetativo:** La temperatura óptima es de 25-30 °C, la mínima de 10 °C y la máxima de 35 °C.

- **Floración:** Camacho (2004), menciona que la temperatura óptima es de 20-25 °C, la mínima de 10 °C y la máxima de 35 °C. Por debajo de 10°C se produce una caída de flores y, deformación de frutos argumenta Reche (1997).

Radiación solar

La luminosidad influye en el fotoperiodo, es decir, en la reacción e influencia que tiene la duración del día sobre las plantas, principalmente sobre el momento de la floración. Para el calabacín no tiene excesiva repercusión la duración del día, no existiendo, en general, problemas de floración, por lo que el cultivo en invernadero puede realizarse en cualquier época. No obstante, la luz favorece la fotosíntesis e interviene, además, en la maduración de los frutos y en su precocidad (Reche, 1997)

Suelo

La calabacita prospera en cualquier tipo de suelo, prefiriendo los profundos y ricos en materia orgánica. La germinación de la semilla se inicia cuando el suelo alcanza una temperatura de 20-25°C. Para el desarrollo vegetativo de la planta debe mantenerse una temperatura atmosférica de 25-30°C y la floración de 20-25°C. La deficiencia de luz repercute directamente en la disminución del número de frutos en la cosecha. Asimismo, la intensidad lumínica determinará la relación final de flores masculinas y femeninas, observándose que en periodos cortos de luz se favorece la producción de flores femeninas (8 horas diarias de fotoperiodo) (Morales. M. A 2012)
Profundidad del suelo: Requiere de suelos de mediana profundidad con un mínimo de 50 cm de suelo. (FAO, 1994),

Humedad

La humedad relativa óptima está comprendida entre 70 – 80% (Camacho, 2004). Con exceso de humedad ambiental, más del 80%, hay posibilidad de caída de flores por deficiente fecundación e incremento de enfermedades. Con deficiente humedad en el suelo, hay posibilidad de producirse deshidratación de los tejidos, menor desarrollo vegetativo, deficiente fecundación y caída de flores, así como disminución en la producción y retraso en el crecimiento (Reche, 1997).

Exceso de humedad en suelo puede provocar asfixia radicular, hongos y bacterias (Camacho, 2004).

Clima

Es una hortaliza de clima cálido, por lo cual no tolera heladas; es insensible al fotoperiodo. La temperatura para la germinación de las semillas debe ser mayor de 15°C, siendo el rango óptimo de 22 a 25 °C, la temperatura para su desarrollo tiene un rango de 18 a 35 °C. Se ha comprobado que temperaturas altas (35 °C) y días largos con alta luminosidad tienden a formar más flores masculinas, y con temperaturas frescas y días cortos hay mayor formación de flores femeninas

Precipitación

Se produce en zonas de precipitación anual de 0 a 1,800 mm/año sin ningún problema.

5.-Fertirriego o Fertiirrigación

La fertirrigación es una técnica moderna de aplicación de fertilizantes a los cultivos aprovechando la red de tuberías, el flujo del agua y la energía, especialmente en los sistemas de riego localizados como el goteo y la microaspersión (Kafkafi y Tarchitzky, 2012). La fertiirrigación actualmente se ha generalizado en países como

USA, Israel, Holanda, Italia, y España; mientras que en Suramérica y el Ecuador en particular va tomando cada vez mayor aceptación.

El fertirriego es una técnica que tiene por objetivo aprovechar el flujo hídrico para transportar los nutrimentos que necesita la planta como complemento a los que le proporciona el suelo (Rincón-Sánchez, 1991; Burt *et al.*, 1995).

Al mismo tiempo, ofrece la posibilidad de optimizar el agua y los fertilizantes, componentes de gran importancia en la explotación agrícola; además, representa una buena opción para utilizar agua con alto contenido iónico. El fertirriego es un componente tecnológico determinante en la agricultura moderna, en la cual está bien claro que, debido al reducido volumen del bulbo húmedo, se requiere de un adecuado suministro nutricional en el sistema radical del cultivo (Hochmuth 1992, 1994).

Esta técnica de producción debe complementarse con estudios sobre épocas de aplicación y concentraciones nutrimentales más precisas para los cultivos, apoyados en análisis foliares; así como la adecuación de las dosis de acuerdo con el contenido de iones presentes en el agua de riego (Hochmuth, 1992; Burn y Hammelin, 1993). En el mundo, el fertirriego se ha enfocado a cultivos considerados altamente rentables, como hortalizas, cultivos industriales y frutales; sin embargo, en México, se han obtenido buenos resultados al emplear esta tecnología en la producción de cultivos básicos (Martínez G. 1999; González-Meza *et al.*, 1999).

5.1 Ventajas de la fertirrigación

- Dosificación racional de los fertilizantes
- Ahorro considerable de agua
- Utilización de aguas incluso de mala calidad
- Nutrición del cultivo optimizada y por lo tanto aumento de rendimientos y calidad de frutos
- Control de la contaminación

- Mayor eficacia y rentabilidad de los fertilizantes
- Adaptación de los fertilizantes a un cultivo, sustrato, agua de riego y condiciones climáticas determinadas, durante todos y cada uno de los días del ciclo

5.2.- Desventajas de la fertirrigación

- Coste inicial de las infraestructuras. No obstante, la duración del cabezal de riego puede amortizarlo totalmente
- Obturación de los goteros
- Necesidad del manejo por personal especializado (López C. 2005)

5.3.- Fertirrigación en base a Curvas de absorción de macronutrientes

La curva de absorción nutrimental determina las cantidades extraídas por una planta a través de su ciclo de vida; con lo que es posible conocer las épocas de mayor absorción de cada nutriente y definir un programa de fertilización adecuado para el cultivo, en el cual se considere la cantidad y el tipo de fertilizante, así como la época idónea para hacer las aplicaciones (Molina *et al.*, 1993; Bertsch, 2003)

La construcción de las curvas de extracción se lleva a cabo mediante muestreos secuenciales de la biomasa total desglosada por tejidos. Cada muestreo debe ser representativo de una etapa particular en el desarrollo fenológico del cultivo, de manera que se pueda definir la cantidad de nutrientes que la planta requiere diariamente durante su ciclo de crecimiento; teóricamente esta es la cantidad mínima de nutrientes que deben suministrarse al cultivo (Bertsch, 2003).

Mediante análisis químicos se determinaron las curvas de crecimiento y de absorción de algunos nutrientes esenciales durante el ciclo de producción de la calabacita italiana (*Cucurbita pepo* L.), en un lote de producción comercial. La producción de biomasa seca total fue de 243 g/planta. Los datos de absorción de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) a través del tiempo

se ajustaron a modelos lineales de regresión, cuyos coeficientes de determinación (R^2) fueron: de 0.89, 0.92, 0.94, 0.78 y 0.72 para N, P, K, Ca y Mg, respectivamente. De acuerdo con la densidad de siembra (26 600 plantas ha^{-1}), la absorción total (g/planta) de cada mineral fue: 6.75 N, 0.67 P, 1.37 K, 7.47 Ca y 2.07 Mg. (Rodríguez-Fuentes *et al.*, 2012)

Los estudios de demanda nutrimental contabilizan los requisitos de cosecha, la extracción total o el consumo de nutrimentos que efectúa un cultivo en particular para completar su ciclo de producción. Las curvas de extracción son parte de estos estudios y permiten el conocimiento de la demanda de nutrimentos de acuerdo con la etapa fenológica de un cultivo; son muy útiles para establecer programas de fertilización ya que permiten un ajuste más preciso con el fin de maximizar la eficiencia de la fertilización en el ciclo del cultivo (Bertsch, 2003), especialmente si se acompaña de la técnica del fertirriego (Sandoval *et al.*, 2007).

Con base en las curvas de absorción, se han sugerido numerosos programas de fertilización confiables en cultivos de alto valor económico como tomate, melón, sandía y chile dulce entre otros (Bertsch, 2003; Azofeifa y Moreira, 2005).

Vega V. E. (2012) evaluó el efecto de dos modalidades de fertilización en el cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum & Nakai cv. Mickeylee): fertilización líquida aplicada en el agua de riego, el abonamiento granular y foliar aplicado por el método convencional. por ello el considera que la mejor manera de fertilizar es a base del fertirriego por su eficaz y mejor aprovechamiento por las plantas.

5.4.- Fertilización calabacita con N-P-K

Sánchez *et al.* (2005) mencionan, que el tamaño de fruto incrementó de 12 a 15 cm cuando aumentaron los niveles de N (150 a 330 Kg ha^{-1}), pero no con el incremento de K.

Jiménez (2008) argumenta que, con la aplicación de acolchado plástico, con composta y riego con goteo se obtiene mejores resultados en el rendimiento del cultivo de variedad *Zucchini*.

6.-Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es un sistema que trata de evitar el uso directo o rutinario de los productos químicos muy solubles y todo tipo de biocidas, sean o no de origen natural o imitación de los naturales. En el caso de hacerse necesario el uso de dichos materiales o sustancias, se utilizan los que tengan un menor impacto ambiental a todos los niveles (Lampkin, 1998).

La definición de Lampkin hace referencia exclusivamente a la capacidad de fomentar un mayor respeto medioambiental que tiene la agricultura orgánica por sobre la convencional. No obstante, muchos autores, los cuales entienden la sostenibilidad como un concepto multidimensional (ambiental, económico y social), han desarrollado conceptualizaciones de la agricultura orgánica en consonancia más complejas.

Los fertilizantes son fundamentales para incrementar la producción de alimentos en países en desarrollo, especialmente después de la introducción de variedades de alto rendimiento, y de gran respuesta a los fertilizantes a base de nitrógeno (N) fósforo (P) y potasio (K). Sin embargo, un problema global es que el rendimiento se ha ido reduciendo como resultado de una fertilización desbalanceada, y de la reducción en el contenido de la materia orgánica de los suelos, esto como resultado de las malas prácticas agronómicas derivadas de la agricultura moderna causada por la Revolución Verde (Lira-Saldivar y Méndez-Arguello, 2016).

Abelenda *et al.* (1996) denominan contaminación a toda causa que contribuya a que un determinado medio o recurso sea inapropiado para su uso, considerándose contaminadas las aguas cuando se altera su composición, de suerte tal que resulte menos apta para cualquiera o todas las funciones y propósitos para las que sería

apropiada en estado natural. En este sentido, Hallberg (1989), Merino y Arozarena (1991), Ramos *et al.* (1992), Sagardoy (1993), entre otros, plantean que la agricultura que utiliza elevadas aplicaciones de fertilizantes minerales, especialmente nitrogenados, es la principal responsable del contenido de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas, el cual puede llegar a ser tóxico a determinados niveles (Domínguez y Domínguez, 1994); de ahí que en nuestro estudio realcemos, al tratar de reducir las dosis de N aplicado como fertilizante al suelo dedicado al cultivo del tomate sin disminuir rendimientos, las variaciones que éste experimenta en el transcurso del tiempo a distintas profundidades, a la vez que se precisa la presencia de nitratos en las aguas de pozos de abasto con el fin de demostrar perjuicios que en el transcurso de años puede provocar el uso inadecuado de elevadas cantidades de nitrógeno aportadas por el abonado mineral.

La producción de fertilizante N a través del proceso Haber-Bosch, consume enormes cantidades de combustible fósil, y produce altas cantidades de CO₂ (Bernard, G. 2014). La aplicación de fertilizante consume combustibles fósiles y añade mucho CO₂ a la atmósfera. Casi la mitad o menos de los fertilizantes N aplicados son utilizados por los cultivos, el resto se pierde en el ambiente agua-suelo-atmósfera.

Un pequeño % se convierte en potente gas efecto invernadero (N₂O), lo que contribuye a las emisiones de gases efecto invernadero procedentes de la agricultura. Por lo tanto, los sistemas agrícolas que utilizan gran cantidad de insumos no son sustentables, porque se basan en combustibles fósiles finitos, y debido a sus efectos negativos en ecosistemas (Schoumans *et al.*, 2014)

6.1 La Fertilización Biológica.

La fertilización biológica se basa en la utilización de insumos naturales dentro de los que se encuentran los abonos orgánicos, compostas, biosólidos y microorganismos como hongos y bacterias, para mejorar la absorción de nutrientes en

la rizosfera, producir estimulantes de crecimiento para las plantas, mejorar la estabilidad del suelo, biodegradar sustancias, reciclar nutrientes y favorecer sinergias microbianas, entre otros.

Adicionalmente, su uso permite mejorar la productividad por área cultivada en corto tiempo, consumir menores cantidades de energía, mitigar la contaminación del suelo y del agua, incrementar la fertilidad del suelo y favorecer el control biológico de fitopatógenos (Carbajal y Mera 2010).

Los microorganismos utilizados como biofertilizantes (BF) tienen un papel fundamental cuando la agricultura tiene la necesidad de adoptar medidas conservacionistas y de menor impacto ambiental, ya que minimizan los impactos de la fertilización convencional y aseguran la permanencia de la agricultura sustentable (Lira Saldivar et al., 2013a; Hernández-Pérez, *et al.*, 2017).

El desarrollo y uso de estos agro insumos se contempla como una importante alternativa para la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales, que son costosos y tienen un impacto adverso sobre la salud y los ecosistemas (Aguado-Santacruz *et al.*, 2012).

6.2.- El Concepto de Biofertilizante (BF)

A lo largo de los años se han dado diferentes denominaciones a los productos que contienen microorganismos utilizados en la agricultura como: fertilizantes bacterianos, fitoestimulantes, biopesticidas, bioinoculantes, etc. y actualmente el término más utilizado es biofertilizante (Lira-Saldivar *et al.*, 2013).

En un sentido estricto los BF no son fertilizantes que dan directamente la nutrición a las plantas, sino que son cultivos de microorganismos como bacterias, hongos y algas verde-azules, envasados en un material de soporte (Boraste *et al.*, 2009).

En particular, los hongos micorrízicos orbiculares (HMA) durante la simbiosis aportan beneficios como la promoción del crecimiento y mayor nutrición mineral de la planta cultivada (Carpio *et al.* 2005; Díaz *et al.* 2013), tolerancia a patógenos del suelo (Graham 2001, Tahat *et al.* 2010) y a condiciones abióticas adversas (Davies *et al.* 2002; Rabie 2005).

6.3 Uso de abonos orgánicos en la agricultura

Otra opción viable para contrarrestar los efectos negativos que provocan los productos de síntesis química en el medio ambiente y en la salud humana, es utilización abonos orgánicos, estos tienen el potencial de ser una fuente de nutrientes económica y de gran eficacia en la nutrición de los cultivos. La descomposición o mineralización de cualquier abono orgánico una vez incorporado al suelo es afectado por diversos factores como la humedad, la temperatura, la aireación, el tipo de material orgánico, la cantidad aplicada y el tipo de suelo, entre otros (Eghball *et al.* 2002, Flores *et al.* 2007).

Dentro de los abonos orgánicos que se pueden usar son; la gallinaza y el estiércol de cerdo los más ricos desde el aspecto nutrimental y de mayor liberación de nutrimentos en el primer año (Hue y Silva 2000). Se han realizado diversos estudios para conocer los efectos de los abonos orgánicos (Desgan y Bozkoylu 2007; Rodríguez *et al.* 2009; Bouajila *et al.* 2011; Velázquez *et al.* 2014) y de bioinoculantes (Davies *et al.* 2002; Carpio *et al.* 2005; Terry *et al.* 2005; Díaz *et al.* 2013) en los cultivos, no obstante, es limitada la información relacionada con la efectividad independiente o asociada entre los abonos orgánicos, biofertilizantes y fertilizantes de síntesis química.

Sin embargo, los abonos orgánicos se han utilizado desde hace mucho tiempo con la intención de aumentar la fertilidad de los suelos, además de mejorar sus características en beneficio del adecuado desarrollo de los cultivos. Hoy en día su uso

es de gran importancia, pues han demostrado ser efectivos en el incremento de rendimientos y mejora de la calidad de los productos (Felix, 2008).

La materia orgánica, particularmente cuando proviene de estiércoles, contiene importantes cantidades de la mayoría de los nutrimentos esenciales para las plantas. Los efectos de la materia orgánica humificada sobre las propiedades químicas del suelo se pueden sintetizar en los siguientes puntos:

- **Aumenta la capacidad de intercambio iónico del suelo:** Las sustancias húmicas y las arcillas constituyen la parte fundamental del complejo de cambio, y gracias a sus grupos funcionales aumenta el poder de absorción (atraer y retener en la superficie de un cuerpo de moléculas o iones de otro cuerpo) de la mayoría de elementos nutritivos, contribuyendo así a la fertilidad global de los suelos agrícolas.

- **Es fuente y reserva de nutrientes para la planta:** Bajo la acción de los microorganismos del suelo, el humus se mineraliza lentamente liberando su contenido en elementos fertilizantes.

- **Favorece la acción de los abonos minerales:** Algunas sustancias húmicas incrementan la permeabilidad de las membranas celulares de las raíces absorbentes, facilitando la absorción de elementos minerales. El uso del humus de lombriz, o vermicomposta, como alternativas de fertilización, es una de las posibilidades con que cuenta para el manejo agroecológico de la nutrición vegetal.

El humus es de color oscuro, inodoro, de granulometría tipo polvo, suelto, ligero; ligero también es soluble, lo que permite preparar un abono líquido para mezclarlo con el agua de riego. (López V.M. 2013).

Beneficios de la fertilización orgánica

A) Mejora la estructura del suelo, facilitando la formación de agregados estables con lo que mejora la permeabilidad de éstos, aumenta la fuerza de cohesión a suelos

arenosos y disminuye esta en suelos arcillosos (Tisdale y Nelson, 1966; Guerrero, 1996; Bollo, 1999; Tan y Nopamombodi, 1979, Bellapart, 1996).

B) Mejora la retención de humedad del suelo y la capacidad de retención de agua (Bellapart, 1996; Bollo, 1999; Tisdale y Nelson, 1966; Guerrero, 1996).

C) Estimula el desarrollo de plantas (Tan y Nopamombodi, 1979; Hartwigsen y Evans, 2000).

D) Mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, disminuyendo la erosión producida por el escurrimiento superficial (Bollo, 1999).

E) Eleva la capacidad tampón de los suelos (Landeros, 1993; Bollo, 1999).

F) Su acción quelante contribuye a disminuir los riesgos carenciales y favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes (Fe, Cu y Zn) para la planta (Landeros, 1993; Bollo, 1999; Tradecorp, 2001).

G) El humus aporta elementos minerales en bajas cantidades, y es una importante fuente de carbono para los microorganismos del suelo (Tisdale y Nelson, 1966; Guerrero, 1996; Bellapart, 1996; Bollo, 1999).

Además del estiércol otros como los residuos de los cultivos, compostas y lombricomposta son otros tipos de abonos orgánicos. Las compostas son abonos orgánicos que pasan por un proceso de maduración previo a su incorporación o aplicación al campo. Mediante este proceso comúnmente conocido como compostaje se gana gran estabilidad de la materia orgánica, pero con la desventaja de que se pierde una alta cantidad y disponibilidad de nitrógeno (Cuadro 1).

Según sea el objetivo buscado, muchos técnicos de campo optan por las aplicaciones de abonos orgánicos en fresco, siempre cuidando con detalle la contaminación con organismos patógenos que pudieran afectar al cultivo.

Cuadro 1.- Contenido nutrimental de la composta donde puede observarse un bajo aporte de nitrógeno (castellanos, 1980).

| Determinación | Media% | Rango | Kg por 10 toneladas de la composta |
|----------------------|--------|---------|------------------------------------|
| C.E | 6.1 | 3.0-9.0 | - |
| Nitrógeno disponible | 0.9 | 0.5-1.2 | 9 |
| Fósforo | 0.7 | 0.2-2.1 | 70 |
| Potasio | 1 | 0.5-1.7 | 100 |
| Calcio | 2.7 | 1.2-4.8 | 270 |
| Magnesio | 0.6 | 0.3-1.0 | 60 |
| Hierro, ppm | 1900 | 30-6000 | 19 |
| Cobre, ppm | 45 | 20-70 | 0.5 |
| Manganeso, ppm | 340 | 165-490 | 3.4 |
| Zinc, ppm | 180 | 108-300 | 1.8 |
| Boro, ppm | 26 | 14-38 | 0.26 |
| M.O. % | 30 | 5.0-65 | 6540 |

6.4 Lombricomposta

La lombricomposta es el resultado de la transformación de materiales orgánicos por las lombrices, tanto de los estercoleros *Eisenia foetida* como la *Lumbricus rubellus* o híbridos próximos, comercialmente denominado como “lombriz roja de California” (Labrador, 1993).

La lombricomposta es conocido como, humus de lombriz o vermicomposta, es un fertilizante orgánico, de aspecto terroso, suave ligero e inodoro que libera

levemente sus elementos nutritivos y tiene la gran capacidad de mezclarse con el suelo, ayudando a la transformación de los elementos minerales nutritivos en elementos inorgánicos disponibles por la planta, por lo que se puede mencionar que mejora las características físicas y químicas de los suelos (Martínez, 1996).

Es un producto café homogéneo y, por regla general, de forma granulada, sin restos gruesos. Al mismo tiempo, es un producto húmico y cálcico; un fertilizante químico. Por su aportación de oligoelementos al suelo, su valor es muypreciado; también se le conoce como humus (FAO, 1991).

6.4.1 Características y composición

La lombricomposta o vermicomposta es inodora, no se pudre ni fermenta y su apariencia es de color café. En un análisis químico realizado a la lombricomposta, se detecta la presencia de hasta un 5% de nitrógeno, 5% de fósforo, 5% de potasio, un 4% de calcio, una carga bacteriana de 2 billones por gramo y un pH entre 7.0-7.5, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las raíces de las plantas (Mendoza, 2008)

Produce un aumento del porte de las plantas, árboles y arbustos y protege de las enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante el trasplante de estos (Mendoza, 2008). La vermicomposta contiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo, y dos veces y media más potasio que el mismo peso del estiércol de bovino (Mendoza, 2008). (cuadro 2).

Cuadro 2.- Composición del humus solido a partir de la transformación por *Eisenia foetida* (Velázquez *et al.*,1986).

| Características | % |
|-------------------------------------|-----------|
| Humedad | 28-45 |
| pH | 7 |
| Nitrógeno | 2 |
| Fósforo | 4 |
| Potasio | 2 |
| Calcio | 2.30 |
| Magnesio | 1.80 |
| Materia orgánica | 40-60 |
| Carbono orgánico | 20-25 |
| Ácidos fúlvicos | 3-4 |
| ácidos húmicos | 4.5-5.5 |
| Sodio | 0.002 |
| Cobre | 0.05 |
| Hierro | 0.02 |
| Manganeso | 0.006 |
| Tirosina relación Carbono/Nitrógeno | 12:01 |
| Flora microbiana Benéfica UFC/g | 2,800,000 |

6.4.2 Propiedades físicas y químicas de humus de lombriz

Propiedades físicas

- Posee propiedades coloidales que al aumentar la porosidad y aireación del suelo contribuyen a la infiltración y retención del agua y al desarrollo radicular.
- Mejora la estructura, dándoles menor densidad aparente a los suelos pesados y compactos y aumentando la unión de todas las partículas en los suelos arenosos.
- Mejora la permeabilidad y aireación.
- Reduce la erosión del suelo.
- Incrementa la capacidad de retención de humedad.
- Confiere color oscuro al suelo reteniendo calor.

Propiedades químicas

- Incrementa nuestra disponibilidad de Nitrógeno, Fósforo y Azufre y, fundamentalmente, actúa favorablemente respecto al Nitrógeno.
- Incrementa también la eficiencia de fertilización, particularmente con el Nitrógeno.
- Estabiliza la reacción del suelo debido a su alto poder buffer.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias patógenas.

Capistran *et al.* (2001).

Características biológicas

El humus de lombriz, está constituido exclusivamente por material orgánico resultante de la transformación digestiva y metabólica de la materia, derivado de la crianza de lombrices alimentadas con desechos orgánicos.

Este material constituye un inóculo microbiano eficaz para el suelo, siendo su función primordial la de equilibrar la vida microbiana existente en él. Además, este compuesto acelera la germinación de semillas, acorta el período vegetativo de los cultivos, mejora y recupera las propiedades del suelo de cultivo, entre otras propiedades.

El compostaje es una transformación microbiana de los residuos orgánicos en condiciones controladas. Este proceso se identifica como lombricompostaje cuando participan diversas especies de lombrices. Existe la creencia de que ambos procesos biotecnológicos son excelentes para elaborar abonos orgánicos, pero que, en el caso del lombricompostaje, el material obtenido está enriquecido química y biológicamente (Ferrera & Alarcón 2001; Nogales *et al.* 2005).

Los abonos orgánicos pueden satisfacer la demanda de nutrientes de los cultivos, reduciendo significativamente el uso de fertilizantes químicos y mejorando las características de los vegetales consumidos (Rodríguez *et al.* 2009) además, los abonos orgánicos mejoran las características de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobre-explotación (Nieto *et al.* 2002).

Sin embargo, su composición química, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo, varía según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (FAO 1991; Abawi & Thurston 1994).

6.5 - Efectos del uso de lombricomposta en las plantas

Los abonos orgánicos afectaron principalmente y de manera diferencial la producción de frutos de las plantas de fresa silvestre (*Fragaria vesca*), donde la composta presentó 62 frutos, seguido del bocashi y FLO (Fertilizante Líquido Orgánico) con 43 frutos, la lombricomposta con 22 y por último el testigo con 8 frutos/ planta; sin embargo, en relación con el peso, altura, largo y diámetro ecuatorial de los frutos, no hubo diferencias entre tratamientos.

La composta registró mayor número de estolones, el FLO (Fertilizante Líquido Orgánico) y el testigo los valores intermedios y la lombricomposta y el bocashi los valores más bajos (Molina, 2014).

Por su parte, Domínguez *et al.* (2010) cita a varios investigadores que han demostrado que la adición del humus de lombriz a los suelos y sustratos de cultivo incrementa considerablemente el crecimiento y la productividad de una gran cantidad de cultivos hortícolas tales como tomate, pimiento, ajo, fresa, plantas medicinales, leguminosas como el garbanzo verde, gramíneas como el sorgo y el arroz, hierbas aromáticas como la albahaca, frutales como el plátano y la papaya, y plantas ornamentales como los geranios, tagetes, petunias, crisantemos y flores de pascua (Miramontes Piña *et al.*, 2007).

En maíz se incrementó la altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y volumen de raíz (76.7, 31.9, 23.4 y 53.7 %, respectivamente) con la aplicación de humus de lombriz que sin el abono. El peso seco de follaje y el rendimiento de grano fueron 142 y 27 % más alto en el tratamiento con humus+Glomus+Azospirillum que en el testigo. El humus de lombriz mejora el crecimiento vegetativo de la planta y tuvo una influencia positiva en la actividad de los biofertilizantes para promover la producción de biomasa aérea seca y el rendimiento de grano del maíz (Gutiérrez, 2012).

7.- Combinación de fertilización química y biológica

Una fertilización completa se puede sustituir mediante la inoculación con *R. intraradices* o gallinaza y 50% de la fertilización en plantas de calabacita. Mientras que en pepino se logra con micorriza arbuscular y 50% de la fertilización química (Alvarado, 2018).

Los fertilizantes orgánicos solos o en combinación con químicos pueden incrementar el rendimiento del cultivo de calabacita lo que resulta a la vez una alternativa para reducir la dependencia a fertilizantes químicos y al mismo tiempo contribuir a mejorar las propiedades físicas químicas y biológicas de sus suelos (Núñez, 2014).

Las semillas de pepino inoculadas con *Azotobacter chroococcum* beneficia el crecimiento y rendimiento del pepino en un 5-30%. Además, la combinación de biofertilizantes y la mitad de fertilizante químico registran mayor rendimiento de fruta (Sabier *et al.*, 2015).

III.MATERIALES Y METODOS

1.- Localización del Experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el campo experimental del Departamento de Fitotecnia, durante el periodo enero-junio del 2018, cuyas coordenadas geográficas 25° 23' 42" latitud norte y 100° 50' 57" longitud oeste, a una altitud de 1743 msnm.



Figura 1.- Ubicación del experimento

2.- Material Vegetal

Para este experimento, se utilizó calabacita variedad *Grey Zucchini*, (calabacita italiana), se utilizó este cultivar ya que es una de las variedades que cumplen con las características establecidas en el mercado, además de ser uno de los más cultivados en México, es una planta muy vigorosa con una guía fuerte con habito de crecimiento semi-erecto y una gran resistencia a las condiciones de campo, con una madurez relativamente precoz (40 días de siembra a la primera cosecha) y frutos cónicos de color verde claro y con larga vida de anaquel.

3.- Instalación del Experimento

En la preparación del terreno para el experimento, se empezó deshierbando el área con azadón. Prosiguiendo se hizo un barbecho a una profundidad de 30 cm aproximadamente.



Figura 2.- Preparación del terreno

Se formaron cuatro camas para el experimento, las cuales quedaron con las siguientes medidas; 20 m de largo x 1.20m de ancho.



Figura 3.- Formación de las camas para el experimento

Posteriormente se extendieron los tramos de cintillas al mismo tiempo colocando el acolchado. Los emisores de la cintilla tenían una separación de 30 cm entre una y otra y un gasto de 1 LPH.



Figura 4.- Puesta se cintilla y acolchado

Finalmente se instaló el sistema de riego, al término de la instalación se le aplicó un riego pesado de 6 horas para llevar acabo la siembra.



Figura 5.- Instalación del sistema de riego

Siembra

La siembra se hizo el día 23 de marzo del 2018, esto se hizo en base a los tratamientos establecidos, con una distancia entre plantas de 37cm de igual manera al momento de la siembra, se fueron colocando el abono orgánico (lombricomposta) dependiendo que cantidad de lombricomposta que corresponde a cada tratamiento.



Figura 6.- Siembra de calabacita Grey Zucchini

4.- Tratamientos

Los tratamientos evaluados de acuerdo a tres concentraciones de fertilizante químico con NPK (50, 75 y 100%) y tres dosis de lombricomposta (0, 1.5 y 3.0 Ton ha⁻¹), dando un total de 9 tratamientos (Cuadro 3), con 4 repeticiones. La dosis de fertilización se obtuvo en función de las curvas de absorción del cultivo de calabacita tipo Grey Zucchini (Rodas-Gaitán et al., 2012), mismo que fueron las siguientes concentraciones 50, 75 y 100%.

Cuadro 3.- Distribución de tratamientos aplicados en calabacita variedad. *Grey Zucchini*.

| Lombricomposta (Ton Ha ⁻¹) | Fertilización NPK (%) | Tratamientos |
|---|--------------------------|--------------|
| 0 | 100 | 1 |
| 0 | 75 | 2 |
| 0 | 50 | 3 |
| 1.5 | 100 | 4 |
| 1.5 | 75 | 5 |
| 1.5 | 50 | 6 |
| 3.0 | 100 | 7 |
| 3.0 | 75 | 8 |
| 3.0 | 50 | 9 |

5.- Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó en la investigación fue el de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 3x3, dando un total de 9 tratamientos con 4 repeticiones en tratamiento, cada repetición consistió 3 plantas.

Las ventajas de los experimentos factoriales son:

1. Economía en el material experimental al obtener información sobre varios factores sin aumentar el tamaño del experimento. Todas las U.E. se utilizan para la evaluación de los efectos.
2. Se amplía la base de la inferencia en relación a un factor, ya que se estudia en las diferentes condiciones representadas por los niveles de otros factores. Se amplía el rango de validez del experimento.
3. Permite el estudio de la interacción, esto es, estudiar el grado y forma en la cual se modifica el efecto de un factor por los niveles de los otros factores. (Gutiérrez, 2004).

6.- Manejo del Cultivo

Riego.

Los riegos se efectuaron cada tercer día o según las necesidades hídricas de las plantas, la duración de esta dependió del estado fenológico de las plantas, al inicio 1 hora en cada riego y como máximo de 2.5 horas.

Fertilización

La fertilización se empezó a aplicar 20 días después de la siembra, las cuales fueron utilizados los siguientes fertilizantes:

KNO_3 (Nitrato de potasio) = 12-00-45, MAP (fosfato monoamónico) =12-61-00 y NO_3NH_4 (Nitrato de amonio) =32-00-00. La cantidad a pesar fue de acuerdo a la cantidad extraída por la planta en sus fases fenológicas.

Control de plagas y enfermedades

Después de 15 días de la emergencia del cultivo se nos presentó una plaga, Mosca blanca, se sabe que tres especies afectan a las cucurbitáceas: la mosca blanca de la papa, *Bemisia Tabaci* (Gennadius); la mosca blanca de la hoja plateada, *B. argentifolii* (Bellows y Perring) y la mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), (Bellows et al.,1994). Extrae la savia debilitando la planta. Esta plaga se controló con el insecticida actara con una dosis recomendada de 1 ml L⁻¹ de agua.

Control de malezas

El control de malezas se hizo manualmente, debido al manejo del acolchado, la maleza fue muy poca.

7.- Variables Evaluadas

Altura de la planta. - Al término del ciclo se tomó la altura de planta, tomándolo desde la base hasta la parte más alta de la planta con la ayuda de una cinta, las unidades son en cm. **Diámetro del tallo.** - Al final del ciclo del cultivo se seleccionó las plantas en los diferentes tratamientos y con la ayuda de un vernier se tomó esta medida cuyas unidades es en mm. **Diámetro del fruto.** - Con la ayuda de un vernier se midió el diámetro de todos los frutos cortados de cada tratamiento para obtener el diámetro promedio de fruto. **Número de fruto.** - Se determinó el número total de frutos cortados de cada tratamiento como resultados de la sumatoria total de los 31 cortes realizados en todo el ciclo de cosecha. **Número de hoja.** - Para esta variable se consideraron una planta de cada tratamiento para determinar e de número de hojas verdaderas por planta. **Longitud del fruto.** - Con ayuda de una regla se midió la longitud de cada fruto de cada tratamiento por cosecha, para tener una longitud promedio. **Peso promedio de fruto.** - Para determinar el peso promedio de cada fruto para cada tratamiento se dividió el peso total por el número total de frutos de cada

tratamiento. - **Rendimiento por planta.** - Se sumaron todos los pesos de todos los frutos de cada cosecha por planta por cada tratamiento durante los 31 cortes.

Cosecha

La siembra del cultivo se hizo el día 23 de marzo del 2018, para el día 29 de marzo la emergencia fue notable. El primer corte se hizo a los 44 días después de la siembra, de ahí en adelante se estuvo cosechando a diario para no dejar crecer las calabacitas, después de los 20 cortes se cosechó cada tercer día hasta el final del ciclo, se obtuvieron 31 cortes en total.

Análisis estadístico

Los datos se corrieron en el programa SAS versión 9.1, con el diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 3x3. La comparación de medias fue con Tukey al 0.05.

IV.RESULTADO Y DISCUSIÓN

El crecimiento y rendimiento de las plantas fue afectado de manera significativo por la dosis de lombricomposta y por la fertilización química. La altura de planta fue afectada significativamente con 1.5 y 3.0 Ton ha⁻¹ de lombricomposta. El número de frutos fue significativo con la aplicación de lombricomposta. Mientras que para diámetro de fruto no fue significativo. El rendimiento de fruto por planta mostró un efecto significativo (Cuadro 4).

La dosis de N, P y K no mostró efecto significativo en la altura y el peso promedio de fruto, indicando que, en el número de hojas, diámetro del tallo, número de frutos, diámetro de fruto, longitud de fruto y el rendimiento por planta mostro un efecto significativo (Cuadro 4). La interacción entre estos factores no mostró efecto significativo para diámetro y longitud de fruto (Cuadro 4).

Cuadro 4.- Efecto de las diferentes dosis de fertilización con N, P y K y lombricomposta en calabacita variedad *Grey Zucchini*.

| Lombricomposta (Kg ha ⁻¹) | Altura de planta (cm) | Número de hojas | Diámetro de tallo (cm) | Número de frutos | Diámetro de fruto (cm) | Longitud de fruto (cm) | Peso promedio de fruto (g) | Rendimiento (g planta ⁻¹) |
|--|--------------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--|
| 0.0 | 72.22b | 31.13a | 2.95a | 15.33a | 4.15a | 13.00a | 150.94a | 2322.26a |
| 1.5 | 78.22a | 31.22a | 2.72b | 11.81c | 4.27a | 12.91a | 137.55b | 1643.63c |
| 3.0 | 78.58a | 33.11a | 2.86ab | 12.72b | 4.11a | 12.62a | 155.98a | 1968.15b |
| Anova P≤ | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.17 | 0.46 | 0.01 | 0.01 |
| NPK (%) | | | | | | | | |
| 50 | 74.67a | 31.88b | 2.95a | 11.31b | 4.15ab | 12.65ab | 147.23a | 1663.73c |
| 75 | 76.13a | 33.50a | 2.75c | 14.12a | 4.06b | 12.54b | 146.67a | 2068.43b |
| 100 | 78.22a | 30.07c | 2.82ab | 14.44a | 4.31a | 13.33a | 150.56a | 2201.91a |
| Anova P≤ | 0.27 | 0.002 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.18 | 0.01 |
| Interacción | 0.002 | 0.001 | 0.003 | 0.001 | 0.51 | 0.6 | 0.001 | 0.001 |
| CV (%) | 6.84 | 6.6 | 6.15 | 5.82 | 4.97 | 6 | 3.59 | 5.81 |

Interacción= Fertilizante químico x lombricomposta, Anova= análisis de varianza, CV= coeficiente de varianza.

La altura de las plantas incrementó con el aumento de la concentración de NPK (50, 75 y 100%) en aquellas plantas que no recibieron lombricomposta (Figura 1), pero al incorporar 1.5 toneladas de lombricomposta, la altura fue mayor con el de 50 y 75% de la concentración de NPK, ya que con la fertilización al 100% disminuye, al aumentar la dosis de lombricomposta a 3.0 toneladas, la altura de la planta disminuye con una fertilización de NPK al 75% (Figura 7).

El incremento de la altura de las plantas con la incorporación de lombricomposta con una baja dosis de NPK puede ser debido por la composición de la lombricomposta, pues de acuerdo con Mendoza (2008) menciona, que la lombricomposta se detecta la presencia de hasta un 5% de nitrógeno, 5% de fósforo, 5% de potasio, un 4 % de calcio.

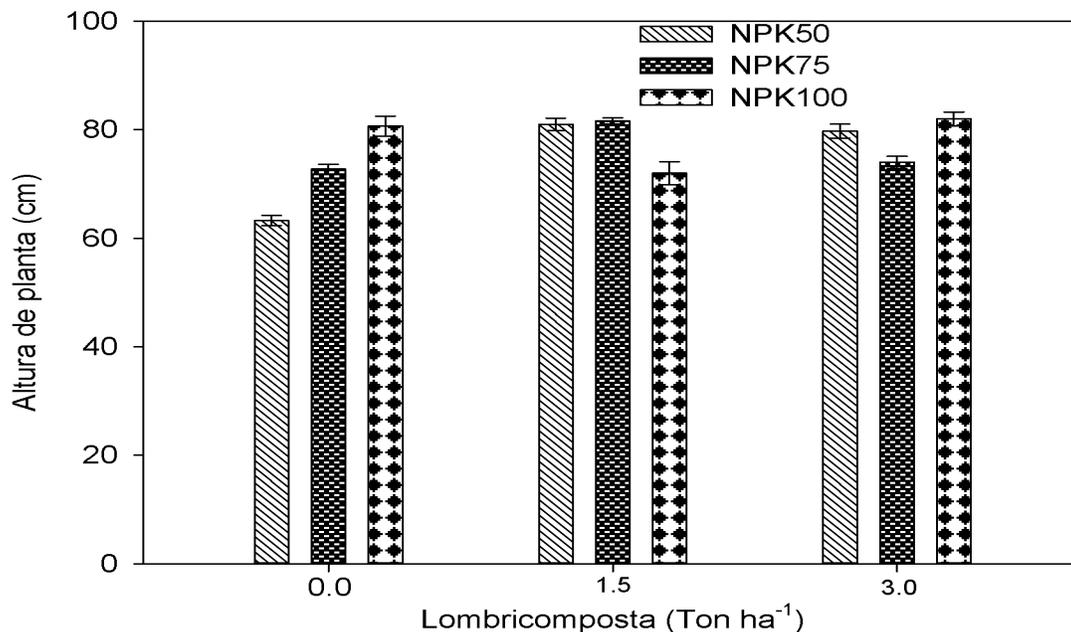


Figura 7.- Efecto de la interacción entre NPK y lombricomposta en la altura de las plantas de calabacita tipo italiano *Grey Zucchini*. Las barras indican el error estándar de la media.

El diámetro de tallo tuvo mayor rendimiento con fertilización de NPK al 50% y 100%, lo contrario al 75% fue menor en aquellas plantas que no se les incorporo lombricomposta (Figura 8), la incorporación de 1.5 Ton de lombricomposta el diámetro disminuye considerablemente tanto con el 50% y 75%, pero con el 100% de NPK se incrementa, sin embargo, con la dosis de 3 toneladas de lombricomposta, el diámetro disminuye con el incremento de la concentración fertilización con NPK, pues es mayor el diámetro de las plantas se registra con el 50% de NPK.

Esto indica que una alta concentración de NPK aunado con dosis alta de lombricomposta afecta de manera negativa el crecimiento de estas plantas. nuestros resultados concuerdan con lo reportado por Vázquez (2015) quien menciona que una combinación adecuada de fertilización química y la lombricomposta se puede obtener un diámetro aceptable. Ya que aumentando la dosis de fertilización organica y dosis alta de fertilizacion química (100%) el diámetro tiende a disminuir.

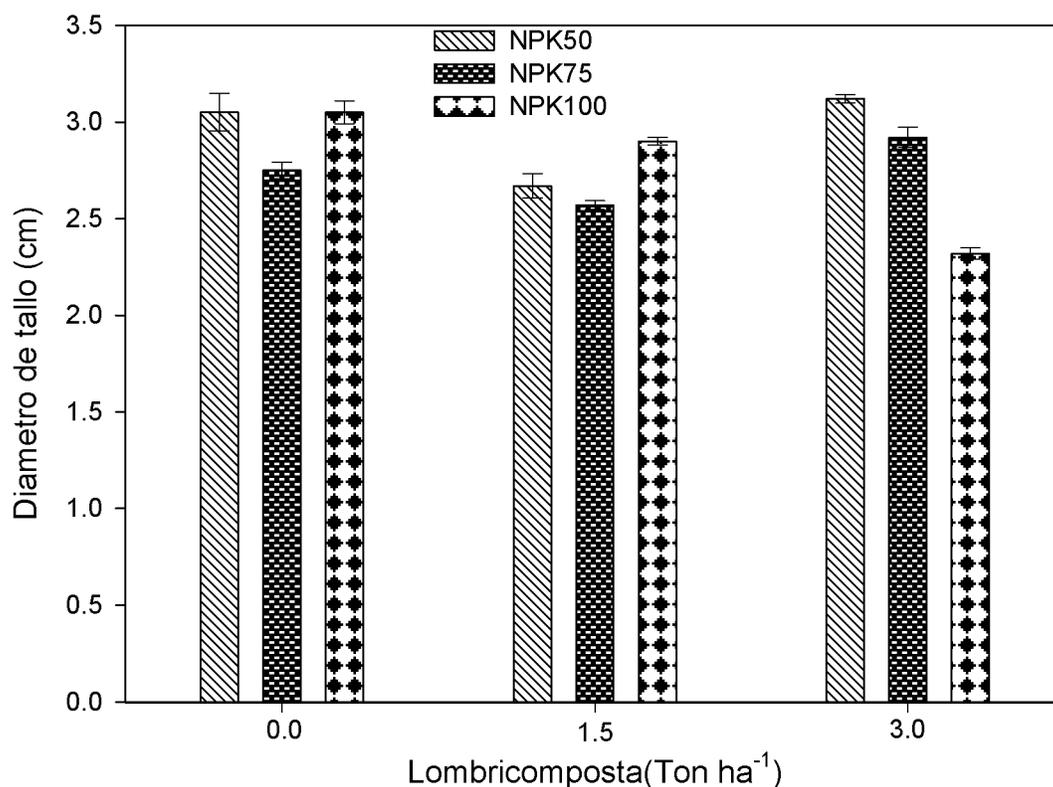


Figura 8.- Efecto de la interacción entre NPK y lombricomposta en el Diámetro de tallo de las plantas de calabacita tipo italiano *Grey Zucchini*. Las barras indican el error estándar de la media.

El número de frutos sin lombricomposta con el tratamiento del 75% de NPK se vio adelantado 5% a comparación del tratamiento con el 100% de NPK. Al aplicar 1.5 toneladas de lombricomposta con el tratamiento de 75% de NPK incrementa el número de fruto a comparación del tratamiento del 100% de NPK, teniendo de intermedio el tratamiento de 50% de NPK (Figura 9). A si mismo al incorporar 3 toneladas de lombricomposta con la dosis del 100% de NPK supera en 33% a los tratamientos de 50 y 75% de NPK.

De acuerdo con Núñez (2014), menciona que los fertilizantes orgánicos solos o en combinación con químicos incrementan el rendimiento del cultivo de calabacita, que resulta una alternativa para reducir la dependencia a los fertilizantes químicos y al mismo tiempo contribuir a mejorar las propiedades físicas químicas y biológicas de sus suelos.

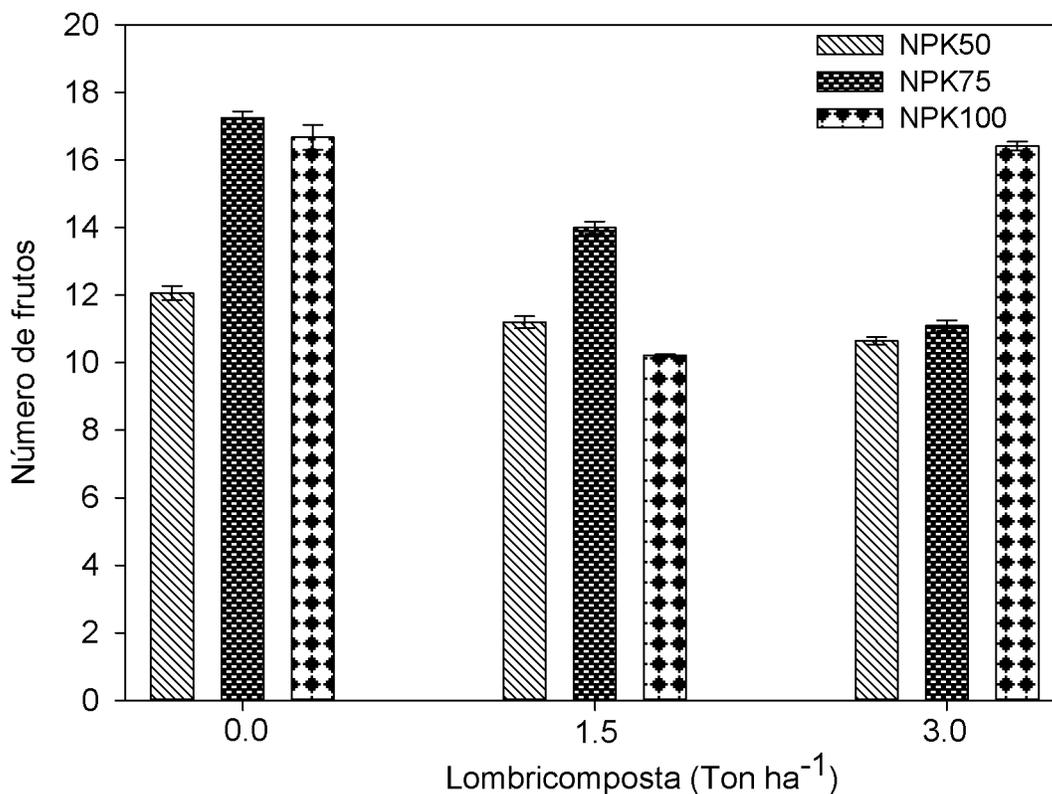


Figura 9.- Efecto de la interacción entre NPK y lombricomposta en el Número de frutos de la calabacita tipo italiano *Grey Zucchini*. Las barras indican el error estándar de la media.

El número de hojas fue mayor con la concentración de NPK al 75% y 100% en las plantas sin lombricomposta, pero con 1.5 toneladas de lombricomposta aumenta el número de hojas con una dosis al 75% mientras que con una dosis al 100% disminuye notablemente (Figura 10). Con dosis alta de lombricomposta equivalente a 3 toneladas con la dosis de NPK al 50% el número de hoja aumenta, pero 75% y 100% el número de hojas tiende a disminuir (Figura 10).

La mejor dosis que resulta con mayor número de hojas es la combinación de NPK al 75% con 1.5 toneladas de lombricomposta, el resto de las combinaciones se presenta menor hojas. Pacheco (2012), afirma que la combinación de los fertilizantes minerales en dosis altas con los fertilizantes organominerales en dosis bajas, el número de hojas, número de frutos y peso de frutos fueron mayores, el mayor número de hojas ayuda a que la planta realice más fotosíntesis lo que favorece el crecimiento.

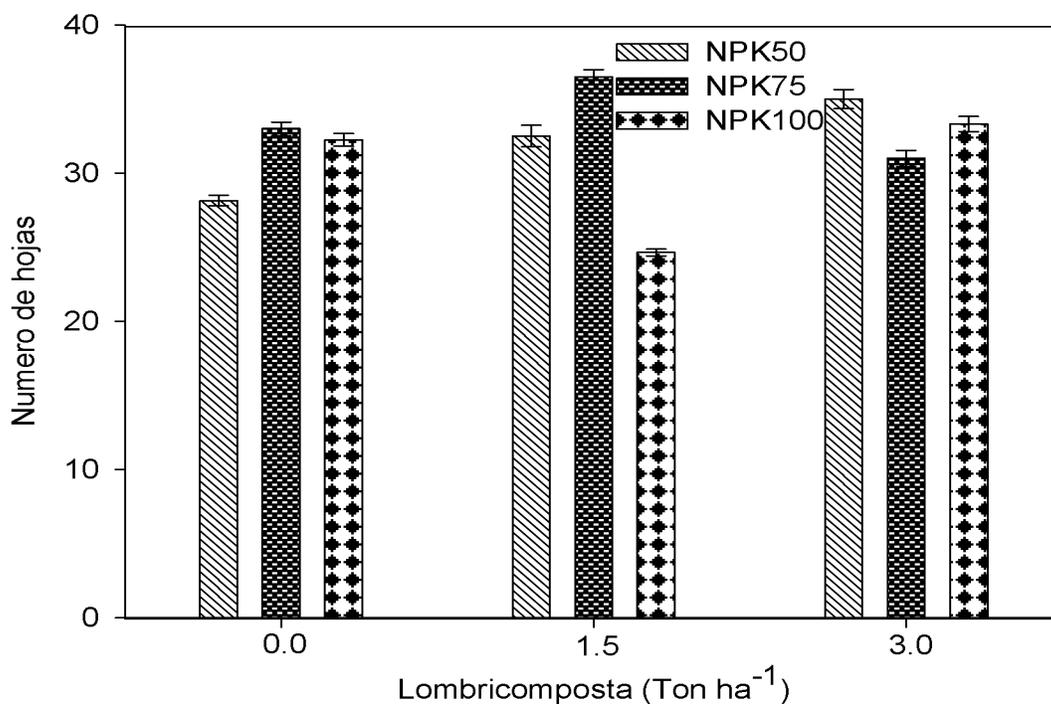


Figura 10.- Efecto de la interacción entre NPK y lombricomposta en el número de hojas en las plantas de calabacita tipo italiano *Grey Zucchini*. Las barras indican el error estándar de la media.

El peso promedio del fruto se incrementó con la fertilización al 100% de NPK sin adición de lombricomposta, sin embargo, con 1.5 toneladas de lombricomposta el peso fue menor, aunque con el 100% NPK hubo un incremento ligero (Figura 11). Pero con 3 toneladas de lombricomposta se registra el mayor peso de fruto con la fertilización al 50% de NPK, 75% y 100 % de NPK disminuyen el peso, siendo más marcada esta con el 100% (Figura 5). Esto concuerda con Nuñez (2014) quien señala que los fertilizantes orgánicos solos o combinados con químicos pueden incrementar el rendimiento del cultivo de calabacita.

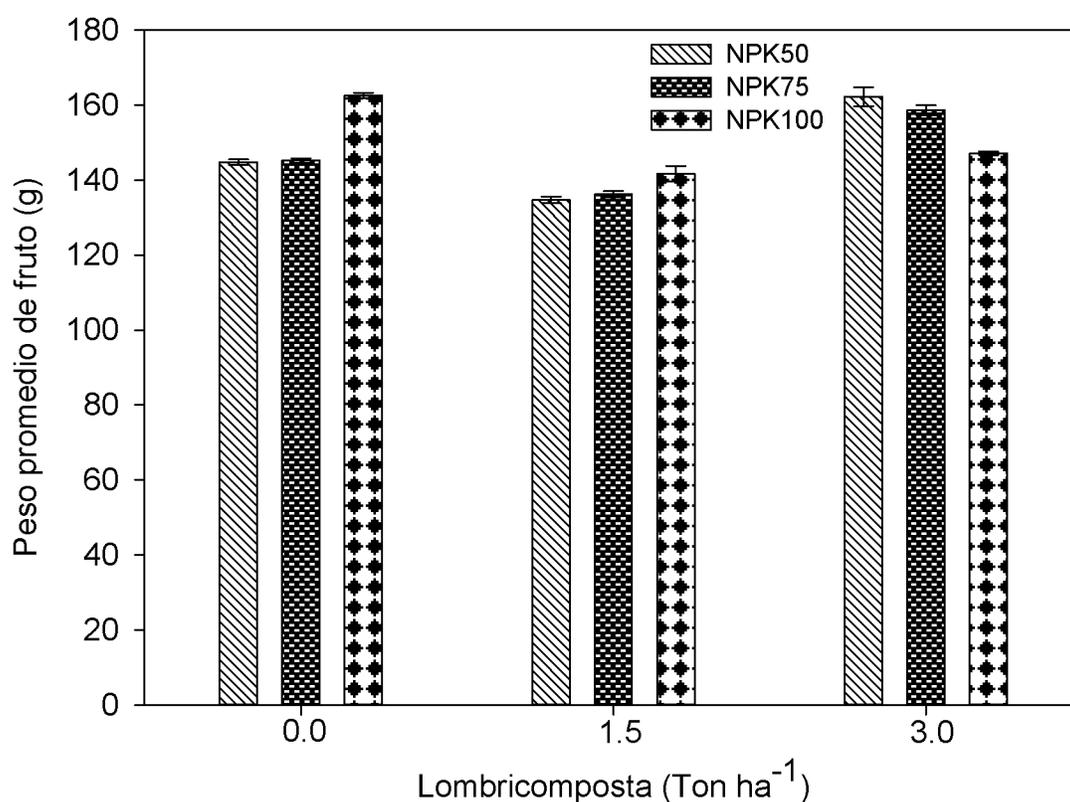


Figura 11.- Efecto de la interacción entre NPK y lombricomposta en el peso promedio de fruto de las plantas de calabacita tipo italiano *Grey Zucchini*. Las barras indican el error estándar de la media.

El incremento de la concentración de NPK aumenta el rendimiento de las plantas desarrolladas sin lombricomposta; aunque el aumento entre 75% y 100% de NPK fue menos marcada (Figura 12). Mismo efecto se observa con la dosis de 1.5 toneladas de lombricomposta, pero en menor escala. Así mismo, con 3 toneladas de lombricomposta y las dosis de NPK 50% y 75% fue menor el redimeinto en comparación con la comparación de 100% de NPK, pues este fue mayor (Figura 12). Esto coincide con Felix (2008) quien reporta que una dosis adecuada de fertilización química en combinación de lombricomposta es efectivo para el incremento de los rendimientos y mejora de la calidad de los productos. Sin embargo, nuestros resultados se observa una disminución en el rendimiento de las plantas que puede ser debido a que estas tuvieron mayor altura y número de hojas. Este crecimiento vegetativo se debe a una mayor concentración de clorofila en las hojas, según , Ganeshnauth *et al.* (2018), señalan que las plantas de chile pimienta presentaron mayor concentración de clorofila con la incorporación de lombricomposta en el medio de crecimiento. Además, la clorofila es el componente principal para la fotosíntesis, por lo que sugiere que estas plantas presentaron mayor actividad fotosintética. Por otra parte, el potencial de la lombricomposta como fertilizante a menudo se atribuye a sus diferentes concentraciones y cantidades de nutrientes, especialmente nitrógeno (Kumar *et al.*, 2018), y los niveles altos de nitrógeno promueven una rápida división y elongación celular (Landis, 2000), mientras que Cañada (2017), hace referencia que las plantas que tengan exceso de nitrógeno presentan un crecimiento exagerado, debido a que hay mayor multiplicación celular por lo que la cantidad de brotes tiernos aumentan.

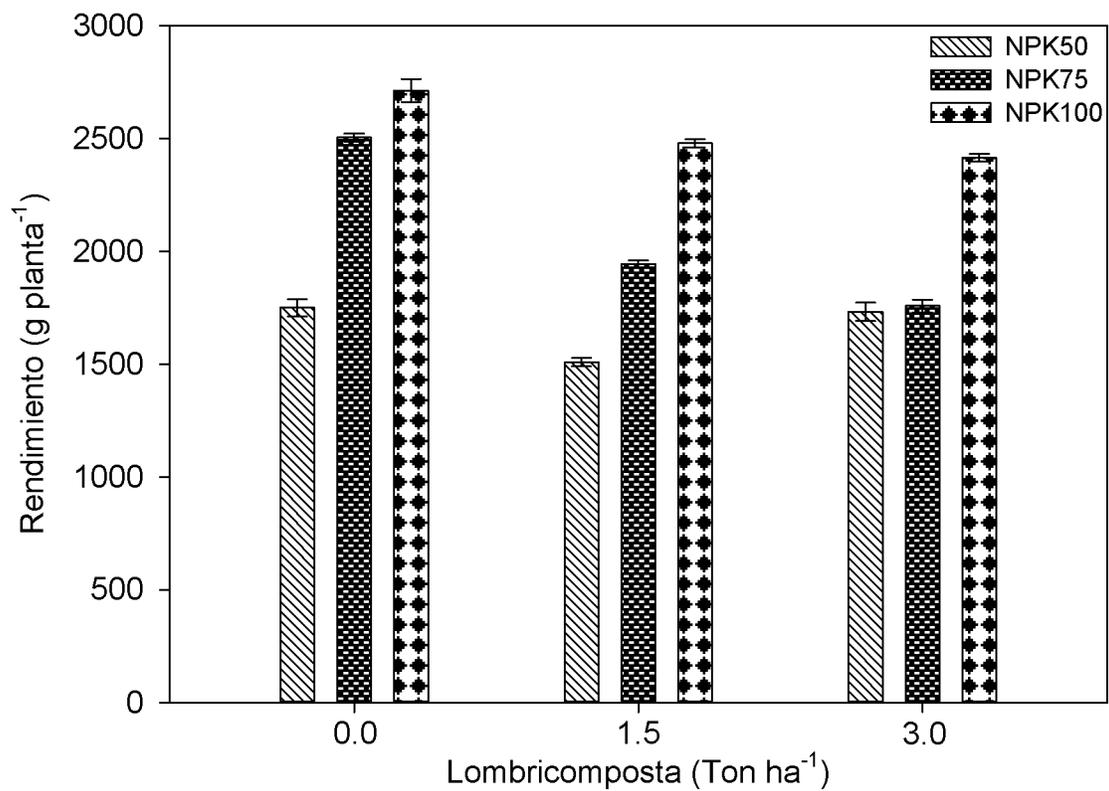


Figura 12.- Efecto de la interacción entre NPK y lombricomposta en el rendimiento de las plantas de calabacita tipo italiano *Grey Zucchini*. Las barras indican el error estándar de la media.

V. CONCLUSIONES

En aplicación de lombricomposta favorece la disminución del uso de fertilizantes químicos manteniendo la calidad y producción del cultivo.

Siendo así al aplicar 1.5 ton^{-1} de lombricomposta con dosis de 50, 75 y 100 % de NPK mostró un efecto significativo en las variables altura de planta, diámetro de tallo, número de frutos, peso promedio de frutos y el rendimiento se redujo con el 50% y 75% NPK con 1.5 y 3.0 ton de lombricomposta.

RECOMENDACIÓN

En las combinaciones de fertilizantes químicos con orgánicos es un ámbito muy amplio por lo que se recomienda, investigar, experimentar con diversos tipos de combinaciones y encontrar algún otro tratamiento que muestre resultados significativos en el rendimiento y calidad de productos.

VI. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado C.M.; Díaz F.A. y Allende A.F. (2018). Gallinaza, micorriza arbuscular y fertilización química reducida en la productividad de calabacita y pepino. *Contaminación Ambiental*, 34(2), México.
- Anzalone A.; Cirujeda A.; Aibar J.; Pardo G. y Zaragoza C. (2010). Effect of biodegradable mulch materials on weed control in processing tomatoes. *Weed Technology*. 24. 369-377
- Badiola J.S L. y Reus (1997). Los plásticos y la agricultura. Ed. México. 204-209.
- Benavides A. (2002). Control Microambiental, Control Metabólico y Morfogénesis. Coahuila México.
- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.
- Boza M.S. (2011). Desafío del desarrollo: la agricultura orgánica como parte de una estrategia de mitigación de la pobreza rural en México Nóesis. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 19, núm. 37, 2010, pp. 92-111 Instituto de Ciencias Sociales y Administración Ciudad Juárez, México.
- Camacho, F. 2004. Técnicas de producción en cultivos protegidos. Caja rural Intermediterranea, Cajamar, Almería.
- Cañada B. O. (2017). Importancia del nitrógeno (N) en las plantas cultivadas. Guanajuato, México.
- Cirujeda A.; Aibar J.; Zaragoza C.; Anzalone A.; Gutiérrez G.; Fernández-Cavada S.; Pardo A.; Suso L.; Royo A.; Martín L.; Moreno M.M.; Moreno A.; Meco R.;
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Bugarín-Montoya, R., Pineda-Pineda, J., Flores-Canales, R. y Juárez-López, P. 2014. Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.*, 7 (3): 289 – 295.
- Delgado, J. 1999. El cultivo de calabacín en el Levante de Almería. Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos. Instituto la Rural.

- Díaz A.; Alvarado M.; Allende F. y Ortiz F. (2016). Crecimiento, nutrición y rendimiento de calabacita con fertilización orgánica y mineral (volumen 32): Coahuila, México.
- Díaz M.A. y Díaz-Rivas. (2015). Efecto de fertilizantes nitrogenados y lombricomposta en la distribución de materia seca y nodulación en frijol. Puebla, México.
- Domínguez J.; Lazcano L. y Gómez-Brandón M. (2010). Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. Acta Zoológica Mexicana, 26(2). Xalapa, México.
- FAOSTAT (2014). Economía de la calabacita. Disponible en: <http://s-agricultura.hidalgo.gob.mx/Compendio/Agricultura/Calabacita/>.
- Félix J.; Sañudo R.; Rojo G.; Martínez R. y Oralde V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. Volumen 4, p57-67. Universidad Autónoma Indígena de México.
- Ganeshnauth V.; Jaikishun S.; Ansari A. A.; and Homenauth O.; (2018). The Effect of Vermicompost and Other Fertilizers on the Growth and Productivity of Pepper Plants in Guyana. Guyana.
- Geraldo-Martínez, J. B. 1999. Producción de maíz con riego por goteo. Tecnologías llave en mano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D. F
- Gutiérrez P. H. (2004). Análisis y diseño de experimentos. p571 México.
- Henao O. F. (2011). Acolchado de suelos con polietileno. Revista Agroterra. 25-30.
- Herrán J.A.; Torres R.R.; Rojo M.G.; Martínez R.; Olalde-P. V. (2008) Importancia de los abonos orgánicos. Ra Ximhai, vol. 4(1) 2008, pp. 57-67 Universidad Autónoma Indígena de México.
- Hochmuth, G. J. 1992. Fertilizer management for drip-irrigated vegetables in Florida. HortTechnology 2: 27-32)
- Hochmuth, G. J. 1994. Efficiency range for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. HortTechnology 4: 218-222.
- INTAGRI. (2017). Fuentes Orgánicas de N-P-K para la Nutrición de los Cultivos. Serie Agricultura Orgánica, Núm. 10, Artículos Técnicos de INTAGRI. México. p5

- INTAGRI. (2018). Género Tagetes en el Control de Plagas. Serie Agricultura Orgánica, Núm. 17. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. p5.
- Kafkafi, U., & Tarchitzky, J. (2012). Fertirrigación: Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación internacional de la industria de fertilizantes.
- Kamil Sabier Saeed, Sarkawt Abdulla Ahmed, Ismael Ahmaed Hassan and Pshtiwan Hamed Ahmed, 2015. Effect of Bio-fertilizer and Chemical Fertilizer on Growth and Yield in Cucumber (*Cucumis sativus*) in Green House Condition. Pakistan Journal of Biological Sciences, 18: 129-134.
- Laborde. (2004). Efecto de los sistemas de riego en la rentabilidad de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). Agrociencia, 44(1) D.F. México.
- Lahoz I. y Macua J.I. (2007). Evaluación de acolchados para el control de la flora arvense en un cultivo de tomate. Ciudad Real, Almodévar.
- Landis TD. 2000. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. In Landis TD, RW Tinus, SE McDonald, JP Barnett. Manual Agrícola. Volumen N° 4. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. p. 1-67.
- Lira, S. R. H. 2017. Uso de Biofertilizantes en la Agricultura Ecológica. Serie Agricultura Orgánica Núm. 14. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. p9.
- López C. C. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. 2005. 681p
- López V.M.; Osuna J. y Diaz V. T. (2013). Uso de abonos orgánicos en hortalizas. Facultad de Agronomía, universidad Autónoma de Sinaloa. México
- Luna V.A.; García S. M.L.; Rodríguez G.E.; Jiménez P.; Orozco D.; y Xóchitl Ávila R. (2008). respuesta de la calabacita Zucchini (*cucurbita pepo* l) orgánica con riego por goteo y acolchado plástico. Centro Universitario de la Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara México.
- MA Olivares Campos M.A.; Hernández Rodríguez A.; C Vences-Contreras C.; Jáquez Balderrama J.L.; Ojeda Barrios D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y

mejoradores de suelo. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas Universidad Autónoma de Chihuahua México.

- Mariko K. H.; Kazuhiko S.; Sakae K. (1987). Relationship between Photosynthesis and Chlorophyll Content during Leaf Senescence of Rice Seedlings. *Plant and Cell Physiology*, Volume 28, Pages 1321–1329, Japon.
- Martínez, C. (1996). Potencial de la Lombricultura. Primera edición en español, Lombricultura técnica mexicana. México. p129.
- Mathews K.C, Van Holde K.E., Appling D.R., Spencer J.A. (2013) Bioquímica. Editado por Pearson Educación Madrid, pp. 678-679.
- Méndez M.O.; León M. N.S.; Gutiérrez M.F.A.; Rincón R. Y Álvarez S.J.D. (2012). Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento de grano del cultivo de maíz. Departamento de Ing. Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Mendoza, L. (2008). Manual de Lombricultura. Colegio de estudios científicos y tecnológicos del estado de Chiapas. p39.
- Molina N. C.R. (2014). Efecto de cuatro biofertilizantes en la producción de estolones y frutos de fresa (*Fragaria vesca* L.) Universidad Nacional Autónoma de México.
- Molina, E., Salas, R. y Castro, A. (1993). Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. Cv. Chandler) en Alajuela. Agronomía Costarricense.
- Morales M.A.; Alvarado P. J.I.; Ávila C.E.; Hernández V.B. y Ochoa P. S. (2013). Producción de calabacita. Valle de Mexicali, BC.
- Núñez G.C. (2014). Efecto de la Fertilización Química, Orgánica y Combinada en un Cultivo de Calabacita (*Cucurbita pepo* L.) var. Gray Zucchini. Saltillo, Coahuila, México.
- Orzolek M.D. y Otjen I. (2003). Is there a difference in red mulch. Journal Article Colored Mulch Trial. Center For Plasticulture. The Pennsylvania State University.

- Pérez I.P.U. (2015). Efecto de la vermicomposta en la producción y calidad de tomate con acolchado plástico en campo. Torreón, Coahuila, México.
- Pérez-Luna Y.C.; Álvarez-Solís J.D.; Mendoza V.J; Pat-Fernández J.M. y Gómez-Álvarez. (2012). Influencia del humus de lombriz y biofertilizantes en el crecimiento y rendimiento de maíz. (p15). Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Quesada-Roldán G; Bertsch-Hernández F. (2013). Obtención de la curva de extracción nutrimental del híbrido de tomate FB-17. (Terra Latinoam vol.31) Alajuela, Costa Rica.
- Ramos G.F.; Flores A.; Moreno O.; Luna J.; Ponce A.M.; García M. y Vázquez M. (2015). Efectividad biológica del humus de lombriz en cultivo de maíz para la producción de grano. Aguascalientes, México.
- Reche Mármol, J., 1997. Cultivo de calabacín en invernadero. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería. pp. 213
- Rincón-Sánchez, L. 1991. Fertirrigación en cultivos hortícolas. pp. 223-229. In: El agua y los fertilizantes. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca, Región de Murcia. Murcia, España)
- Robledo, P. (1988). Aplicación de los Plásticos en la Agricultura. Edición 2^a. Ediciones Mundi - Prensa Madrid España.
- Rodas-Gaitán H.A.; Rodríguez -Fuentes H.; Ojeda-Zacarías Ma.C.; Vidales-Contreras J.A. y Luna-Maldonado A.I. (2012). Curvas de absorción de macronutrientes en calabacita italiana (*Cucurbita pepo* L.). Rev. fitotec. 35(5): Chapingo, México.
- Rodríguez A. J.A. (2015). Respuesta del cultivo de calabacita (cucúrbita pepo l.) cv. Zucchini grey, al Acolchado y al Intervalo de Fertilización a base de Quelatos de Fierro. saltillo Coahuila, México.
- Rodríguez D.N.; Cano R.P.; Figueroa V.U.; Palomo G.A.; Favela C.E.; Álvarez R.; Márquez H.C. y Moreno R. A. (2008). Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Revista Fitotecnia Mexicana, 31(3): 265-272 Chapingo, México.
- Saldivar, Méndez, (2016). Agricultura organica. Coahuila, México.

SCIENTIA gerundensis, (24: 5-12). Manacas, Santo Domingo, Cuba.

Senado-Castro, G.; Gonzalez-Hernandez V.A.; Saucedo-Veloz C.; Soto-Hernández M.; Sandoval-Villa M. y Carrillo-Salazar J.A. (2011). Rendimiento y Calidad de Frutos de Calabacita con Altas Dosis de N y K. Terra Latinoamérica, 29(2): 133-142.

Thomas y Zitter. (2004). Antecedentes del riego por goteo. Coahuila, México.

Thompson y Kelly, 1959); (Whitaker y Davis, 1962). Valades, L. A. (1998). Producción de Hortalizas. Octava reimpresión. Editorial Limusa. México D.F.

Vargas Y.O.; Herrera F.O.; Pereira M. y Crespo B.T. (1999). La contaminación ambiental por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en el cultivo del tomate.

Vega Villalobos, E.; V.; Salas Camacho, R. E. (2012). Curvas de absorción de nutrientes bajo dos métodos de fertilización en sandía, Revista de las Sedes Regionales, vol. XIII, núm. 26, 2012, pp. 19-44 Universidad de Costa Rica

Whitaker, T. W. and Davis G. N. (1962). Cucurbts Botany, Cultivation and Utilization.

Yolai N.; Martín G.; Pentón G. y Matos W. (2013). Efecto de la fertilización química y biológica en el rendimiento morfoagronómico de *Morus alba*. Pastos y Forrajes, 36(2), Perico, provincia de Matanzas, España.