

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
MAESTRÍA INTERINSTITUCIONAL EN AGRICULTURA
PROTEGIDA



T E S I S
VERMICOMPOSTA Y HONGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN
DE CALABAZA EN INVERNADERO

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN AGRICULTURA PROTEGIDA

PRESENTA:
NORMA GISSEL LÓPEZ CASTILLO

DIRECTOR DE TESIS:
DR. CARLOS ALFONSO LÓPEZ ORONA

CODIRECTOR DE TESIS:
DR. AZAREEL ANGULO CASTRO

CULIACÁN, SINALOA, OCTUBRE DE 2023



Dirección General de Bibliotecas
Ciudad Universitaria
Av. de las Américas y Blvd. Universitarios
C. P. 80010 Culiacán, Sinaloa, México.
Tel. (667) 713 78 32 y 712 50 57
dgbuas@uas.edu.mx

UAS-Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional Buelna

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial
Compartir Igual, 4.0 Internacional



CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	3
III. HIPÓTESIS	4
3.1 Hipótesis específicas	4
IV. OBJETIVOS.....	5
4.1 Objetivo general.....	5
4.2 Objetivos específicos	5
V. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
5.1 Calabaza zucchini	6
5.2 Clasificación taxonómica.....	7
5.3 Descripción morfológica.....	7
5.4 Hongos micorrízicos arbusculares	11
5.5 Clasificación morfológica general.....	11
5.6 Estructuras de las micorrizas arbusculares	13
5.7 Mecanismos y procesos de colonización micorrízica.....	15
5.8 Beneficios de los hongos micorrízicos arbusculares	15
5.9 Hongos micorrízicos y su relación con el suelo	16
5.10. Consorcios de HMA asociados a raíces de las plantas	17
5.11 Vermicomposta	18
5.12 Lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>).....	18
5.13 Estudios realizados con hongos micorrizicos arbusculares y vermicomposta ..	22
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	23
6.1 Lugar de la investigación	23
6.5 Siembra de la semilla e inoculación.....	24
6.6 Variables evaluadas.....	26
6.7 Tratamientos y diseño experimental	31
VII. RESULTADOS	33
VIII. DISCUSIÓN	43

IX.	CONCLUSIONES	46
X.	LITERATURA CITADA.....	47
XI.	ANEXO.....	60

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Gregorio López Urías y Norma Alicia Castillo García.

Gracias a ustedes, a su amor, es que me brindaron la oportunidad de experimentar este mundo. Por su apoyo incondicional, por inculcarme a ser mejor persona siempre y por enseñarme a valorar y agradecer cada aspecto de la vida; y por ser la guía hacia el camino del bien, y la fortaleza para superar obstáculos y alcanzar mis metas.

A MIS HERMANAS:

Lucero Jacqueline López Castillo

Karen Itzel López Castillo

Airam Analy López Castillo

Por el cariño, ánimos y apoyo que me brindaron durante toda mi etapa universitaria. Por todos los momentos de convivencia y felicidad que hemos pasado juntas, porque me brindan más de lo que deberían, también por todos los momentos no tan agradables que hemos superado, porque siempre pase lo que pase estaremos la una para las otras. Las amo con toda mi alma.

A MI SOBRINA:

Jacqueline Mendoza López

Le agradezco a Dios que te trajo a nuestras vidas, llegaste a alegrar la familia, te amo mi bebe hermosa.

A TODAS las personas que influyeron en mí para escalar un peldaño más en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la vida, la salud y la fortaleza que me brinda día a día para seguir mis metas; por las bendiciones recibidas y por permitirme disfrutar lo maravilloso de la vida y escalar un peldaño más en mi vida profesional.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) por brindarme sus instalaciones para realizar mi investigación.

Así mismo, hago patente el agradecimiento al consejo particular conformado por el Dr. Carlos Alfonso López Orona, el Dr. Azareel Angulo Castro, el MC. Luis Ángel Serrano López, el Dr. Guadalupe Alfonso López Urquidez Y el Dr. José Oscar Armenta Ayala por todo el apoyo durante el proyecto, por guiarme y siempre resolver todas mis dudas respecto a la investigación.

A todos mis profesores de la Facultad de Agronomía que compartieron conmigo sus conocimientos para así tener una mejor formación, en especial a los del área de suelos y agua. Así mismo a todo el personal: administrativos, laboratoristas, encargados de viveros y mallas sombras, etc., por las facilidades brindadas.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características químicas y físicas del suelo.	25
Cuadro 2. Factores empleados en la producción de calabaza zuchinni.	32
Cuadro 3. Tratamientos empleados en la producción de calabaza zuchinni.....	32
Cuadro 4. Colonización micorrízica total y abundancia de esporas en la rizosfera de calabaza. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.....	33
Cuadro 5. Respiración microbiana y materia orgánica de la rizosfera de calabaza zuchinni. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.	34
Cuadro 6. Concentración mineral de hojas de calabaza zucchini. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.	36
Cuadro 7. Concentración mineral de tallo de calabaza zucchini. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.	38
Cuadro 8. Concentración mineral de fruto de calabaza zucchini. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.	40
Cuadro 9. Características físicas del fruto de calabaza zucchini. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.	41
Cuadro 10. Producción de calabaza zucchini en planta y hectárea. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura morfológica de la calabaza zucchini (<i>Cucurbita pepo</i> L.). Planta de calabaza (A). Hoja de planta de calabaza (B). Tallo de planta de calabaza (C). Botón floral femenina (D). Botón floral masculino €. Flor de calabaza (F). Fruto de calabaza (H). (Elaboración propia).	10
Figura 2. Clasificación taxonómica de los dos principales tipos: ectomicorrizas y endomicorrizas (Calhim <i>et al.</i> , 2018; Sieverding, 1991).....	12
Figura 3. Morfotipos de hongos micorrízicos arbusculares asociados a plantas (Rodríguez-López <i>et al.</i> , 2015).....	13
Figura 4. Estructuras de los hongos micorrízicos arbusculares (Muñoz-Cervantes, 2013).....	14
Figura 5. Lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>).....	20
Figura 6. Valoración de la rizósfera de guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>) (A). Extracción de suelo con hongos micorrízicos arbusculares nativos (B).	23
Figura 7. Vermicomposta biohumisol (A). Aplicación de vermicomposta en campo (B).	24
Figura 8. Incorporación de peat moss a charolas (A). Inoculación de hongo micorrízico arbuscular (<i>Pithecellobium dulce</i>) (B). siembra y germinación de semilla de calabaza zucchini (C) (D).	25
Figura 9. Trasplante de calabaza zucchini.	26
Figura 10. Mediciones de calabaza zucchini.....	27
Figura 11. Tinción con azul tripano (A). Selección de raíces para montaje en portaobjetos (B). Raíces colocadas en el portaobjetos (C) Almacenaje de portaobjetos con raíces montadas (D). Vesículas (E). Hifas (F). Vesículas e hifas observadas al microscopio (G).	27
Figura 12. Muestreo del consorcio micorrízico arbuscular (A). Verificación al microscopio de presencia del hongo micorrízico arbuscular (B). Espora del hongo micorrízico arbuscular de la rizósfera de guamuchil (<i>Pithecellobium dulce</i>) (C). Espora de hongo micorrízico arbuscular (<i>Claroideoglopus claroideum</i>) (D).	28
Figura 13. Digestión de las muestras (A). Destilación de muestras (B). Titulación con ácido sulfúrico al 0.1 N (C).	29
Figura 15. Incineración de muestras (A). Digestión con ácido y temperatura, de muestras en crisol en plato caliente(B). Aforo de alícuota a 100 ml (C). Transporte de muestra a recipiente sellado y rotulado (D). Elaboración de curva para determinar fósforo(E). Visualización de muestras después de 30 minutos(F). Análisis en Spectrophotometer UV-VIS (G).	30
Figura 17. Muestra de suelo más cubeta con NaOH (A). Incubación de las muestras a 29 °C (B). Titulación de las muestras con HCl (C).	31

RESUMEN

La necesidad de utilizar un método de producción más amigable con el medioambiente reduciendo la fertilización química en el cultivo de calabaza es posible con la utilización de microorganismos benéficos que viven en el suelo, como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y con la incorporación de vermicomposta. Por ello, se realizó esta investigación para determinar el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares y vermicomposta en el crecimiento y producción de calabaza zucchini, el experimento contempló un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2x2x2, considerando como factor uno: la inoculación de HMA con dos niveles de variación (con y sin la inoculación de HMA), factor dos: la utilización de vermicomposta con dos niveles de variación (con y sin aplicación de vermicomposta) y el factor tres: la fertilización sintética con dos niveles de variación (con y sin fertilización sintética), lo que originó ocho tratamientos T1: testigo absoluto, T2: fertilización química, T3: hongos micorrízicos arbusculares + fertilización química, T4: vermicomposta + hongos micorrízicos arbusculares + fertilización química, T5: vermicomposta + fertilización química, T6: vermicomposta + hongos micorrízicos arbusculares, T7: hongos micorrízicos arbusculares y T8: vermicomposta. Las plantas de calabaza fueron inoculadas con HMA al momento de la siembra, y se incorporó la vermicomposta en el suelo. Al final del cultivo fueron evaluadas las plantas y frutos, mediante las variables longitud, diámetro y peso de fruto, colonización micorrízica, contenido nutrimental del tejido vegetal y fruto, así mismo, colonización micorrízica, abundancia de esporas en la rizósfera de la planta, respiración microbiana y materia orgánica. Los mejores resultados se observaron con la inoculación de HMA y vermicomposta de forma conjunta correspondiente al T6, lo cual, promovió mayor crecimiento vegetal y producción de calabaza zuchinni.

ABSTRACT

The need to use a more environmentally friendly production method by reducing chemical fertilization in pumpkin cultivation is possible with the use of beneficial microorganisms that live in the soil, such as arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and with the incorporation of vermicompost. Therefore, this research was carried out to determine the effect of arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost on the growth and production of zucchini squash. The experiment included a completely randomized design with a 2x2x2 factorial arrangement, considering as factor one: AMF inoculation with two levels of variation (with and without AMF inoculation), factor two: the use of vermicompost with two levels of variation (with and without application of vermicompost) and factor three: synthetic fertilization with two levels of variation (with and without synthetic fertilization), which gave rise to eight treatments T1: absolute control, T2: chemical fertilization, T3: arbuscular mycorrhizal fungi + chemical fertilization, T4: vermicompost + arbuscular mycorrhizal fungi + chemical fertilization, T5: vermicompost + chemical fertilization, T6: vermicompost + arbuscular mycorrhizal fungi, T7: arbuscular mycorrhizal fungi and T8: vermicompost. Pumpkin plants were inoculated with AMF at the time of planting, and vermicompost was incorporated into the soil. At the end of the crop, the plants and fruits were evaluated, using the variables length, diameter and weight of the fruit, mycorrhizal colonization, nutritional content of the plant tissue and fruit, as well as mycorrhizal colonization, abundance of spores in the rhizosphere of the plant, respiration, microbial and organic matter. The best results were observed with the inoculation of AMF and vermicompost together corresponding to T6, which promoted greater plant growth and production of zucchini pumpkin.

I. INTRODUCCIÓN

En México la producción de calabaza es una opción de comercio rentable debido a la importante derrama económica que se genera por la demanda que existe tanto a nivel nacional como a nivel mundial. En México se producen cinco variedades de calabaza, como la calabacita criolla, calabaza de castilla, calabaza italiana, calabaza melón y la calabaza kabocha, la cual es considerada como una de las más populares. En 2022 la superficie sembrada de calabacita a nivel nacional fue de 24 381.51 hectáreas, en las que se obtuvo una producción preliminar de 531,198.30 toneladas (SIAP, 2022).

Por otra parte, existen diversos factores que limitan la producción de calabaza zucchini (*Cucurbita pepo* L.) los más mencionados son la falta de nutrientes y agua, además de las plagas y enfermedades causadas por fitopatógenos del suelo. Lo anterior ha permitido que exista dependencia del cultivo de calabaza zucchini (*Cucurbita pepo* L.) en el uso intensivo de productos sintéticos, los cuales al no ser aprovechadas en su totalidad provocan la contaminación de los ecosistemas suelo-agua-atmósfera (Leogrande *et al.*, 2013, Alvarado *et al.*, 2021).

Por lo anterior, Palacios-Chavez, (2023); Torán-Figueroa, (2023), mencionan que el uso de biofertilizantes a base de hongos micorrízicos arbusculares nativos (HMA) y la aplicación de vermicomposta son una de las alternativas para mitigar los problemas ambientales, al reducir el uso de productos químicos y proporcionar beneficios a la planta. Los HMA son hongos del phylum Glomeromycota que habitan el suelo y se asocian simbióticamente con más del 90 % de las plantas terrestres (Delavaux *et al.*, 2019; Schüßler *et al.*, 2001). Las plantas proporcionan carbohidratos como fuente de alimento para los hongos, en cambio estos proporcionan diversos beneficios para las plantas. Los HMA permiten mayor absorción de agua y nutrientes por las plantas, al formar una red de micelio que permite mayor exploración del suelo (Guo *et al.*, 2010; Smith *et al.*, 2015, Le Pioufle *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020.); también proporcionan resistencia contra factores bióticos (patógenos, herbívoros) y abióticos (sequía,

salinidad, metales pesados) (Begum *et al.*, 2019; Frey, 2019, Lehmann y Rillig, 2015; Ravnskov *et al.*, 2020; Smith y Read, 2008; Zhao *et al.*, 2015).

Del mismo modo, la vermicomposta es un fertilizante orgánico, biorregulador y corrector del suelo cuya característica fundamental es la bioestabilidad, pues no da lugar a fermentación o putrefacción. Es el resultado de la digestión de las lombrices que transforman en abono los residuos de cosechas como la paja del maíz y del frijol, la pulpa de café, el bagazo de la caña, el estiércol de ganado, entre otros, al ingerir, titular, mezclar, movilizar y airear los residuos orgánicos, las lombrices favorecen el aumento y actividad de los microorganismos, por lo tanto, los residuos orgánicos se transforman en un material rico en nutrientes benéficos para el suelo (Zavala *et al.*, 2017).

Por lo anterior, en este trabajo se evaluó la eficiencia de hongos micorrízicos arbusculares y vermicomposta en el desarrollo y la producción de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) en condiciones bajo invernadero.

II. JUSTIFICACIÓN

En la agricultura intensiva en México, se ha observado una alta dependencia de fertilizantes químicos en la producción de cultivos. Dichas aplicaciones de fertilizantes pueden, en determinadas circunstancias, no ser perjudiciales para el rendimiento y calidad de los frutos, pero inciden en los costos de producción y, además, son un desperdicio de fertilizante y fuente de contaminación del suelo y mantos acuíferos. De acuerdo con esto, existe la necesidad de utilizar un método de producción más amigable con el medio ambiente y reducir la fertilización en el cultivo de calabaza con la utilización de microorganismos (hongos micorrízicos arbusculares (HMA)) aislados de la zona de producción, y abonos orgánicos como la vermicomposta y a la vez, aumentar la calidad del fruto de calabaza en México, particularmente en el estado de Sinaloa. El uso de estos, son considerados como biofertilizantes y pueden ser aplicados a semillas, plantas o suelo, promoviendo su crecimiento al colonizar la rizósfera, aumentando la movilización de nutrientes solubles, mejorando la absorción de nutrientes por la planta, permitiendo un control biológico de patógenos y producción de fitorreguladores del crecimiento vegetal, dando como efectos positivos en el crecimiento y producción de los cultivos agrícolas.

III. HIPÓTESIS

La inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) (*Claroideoglomus claroideum*) y el uso de vermicomposta en plantas de calabaza zucchini (*Cucurbita pepo L.*) mejora la nutrición, crecimiento y rendimiento.

3..1 Hipótesis específicas

- Los HMA (*Claroideoglomus claroideum*) aislados de la zona de producción son infectivos en plantas de calabaza zucchini.
- La inoculación HMA (*Claroideoglomus claroideum*) promueve el crecimiento y producción de calabaza zucchini bajo condiciones de invernadero.
- La incorporación de vermicomposta al suelo, promueve el crecimiento y producción de calabaza zucchini bajo condiciones de invernadero.
- La inoculación de HMA en el cultivo de calabaza zucchini incrementa la respiración microbiana y materia orgánica del suelo.
- El uso de vermicomposta en la producción de calabaza zucchini (*Cucurbita pepo L.*) beneficia la respiración microbiana y materia orgánica del suelo.
- El uso combinado de HMA y vermicomposta en la producción de calabaza zucchini (*Cucurbita pepo L.*) incrementa la respiración microbiana y materia orgánica del suelo.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y la incorporación de vermicomposta en el crecimiento y producción de calabaza zucchini (*Cucurbita pepo* L.) en invernadero.

4.2 Objetivos específicos

- Definir el porcentaje de colonización micorrízica en raíces de calabaza zucchini inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares (HMA).
- Determinar el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) sobre el crecimiento vegetal y producción de calabaza zucchini.
- Determinar el efecto de la vermicomposta sobre el crecimiento vegetal y la producción de calabaza zucchini.
- Analizar el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) sobre la respiración microbiana y materia orgánica del suelo.
- Analizar el efecto de vermicomposta la respiración microbiana y materia orgánica del suelo.
- Analizar el efecto de la combinación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y vermicomposta sobre la respiración microbiana y materia orgánica del suelo.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Calabaza zucchini

La producción de calabaza (*Cucurbita pepo L.*) es considerada como una opción comercial rentable, por la demanda económica a nivel nacional e internacional (SADER, 2019).

Esta hortaliza se usa en amplia variedad de productos gastronómicos como dulces, cremas, aceites, semillas tostadas, conservas, mermeladas, encurtidos, entre otros (Pérez *et al.*, 2021).

Las propiedades nutricionales de la calabaza la hacen indispensable dentro de una dieta equilibrada pues, es rica en fibra, carbohidratos y potasio. También contiene calcio, magnesio, vitaminas A y C, y es un antioxidante (Apáez *et al.*, 2019).

México ocupa el sexto lugar mundial como productor de calabacita, con 531,198.30 t, solo por debajo de países como, China, India, Rusia, Ucrania y Estados Unidos de América, con 7 838 809.0 t, 5 073 678.0 t, 1 224 711.0 t, 1 209 810.0 t, 1 005 150.00 t respectivamente (FAOSTAT, 2022).

En 2022 se sembraron 24.3 mil ha, de calabacita a nivel nacional, en las que se produjeron 531 mil t. Los principales estados productores son Sonora, Puebla, Michoacán, Sinaloa, Hidalgo y Jalisco con una producción de 88 968.95 t, 72 293.98 t, 42 993.01 t, 42 905.21 t, 35 630.63 t y 24 557.54 t, respectivamente (SIAP, 2022).

En Sinaloa se sembró una superficie de 1 833.63 ha, siendo Guasave el principal municipio productor con 13 515.56 t, por encima de Ahome, Angostura, Elota y Mocorito con 7 382.77 t, 4 756.77 t, 4 345.65 t, 2 407.9 t respectivamente (SIAP, 2022).

La especie *Cucurbita pepo L.* parece tener su origen en América, concretamente en zonas próximas a México, donde se han encontrado rastros con una antigüedad

superior a los 10 000 años A.C. En Estados Unidos los restos más antiguos hallados datan del año 4 000 A.C. (Edika, 2017). Son muchos los que consideran que pudo ser domesticada a la vez en México y Estados Unidos, teniendo a *Cucurbita fraterna* y *Cucurbita texana* como antepasados silvestres respectivamente. El principal uso del calabacín es el gastronómico (Alvarado *et al.*, 2021), siendo su fruto inmaduro la parte más utilizada en la cocina, aunque su flor y sus semillas son cada día más utilizadas como aderezo culinario (Perez *et al.*, 2021). El calabacín está compuesto por un gran número de aminoácidos, entre los que destacan la alanina, arginina, glicina, lisina y cisteína, responsables de las numerosas propiedades medicinales de este producto, algunas de esas propiedades son: propiedades vermífugas, para lo que es necesario consumir el interior del fruto, propiedades antipiréticas, diuréticas y antiespasmódicas, para lo que es necesario tomar infusiones de sus hojas, mejora el sistema inmunológico, tratamiento de quemaduras y anomalías en la piel para lo que se usa el fruto de manera externa (Ayala, 2019).

5.2 Clasificación taxonómica

De acuerdo con Barragán (2020) se resume la clasificación taxonómica del calabacín de la siguiente forma:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceae

Género: *Cucurbita*

Especie: *pepo* L.

5.3 Descripción morfológica

Ortega (2015) menciona que a calabaza es una planta anual, rastrera y de crecimiento indeterminado cuyas principales características morfológicas (Figura 1) son:

Raíz: La planta de calabaza tiene una raíz axonomorfa, con una raíz principal que alcanza un gran desarrollo si se compara con las raíces secundarias que la acompañan. El desarrollo de estas últimas en el suelo está determinado por el tipo de cultivo y el aporte de agua y nutrientes que se realice, el tallo entra en contacto con tierra húmeda puede desarrollar raíces adventicias en los entrenudos de los tallos (Gallegos, 2019).

Tallo: La planta de calabaza presenta dominancia apical, con un tallo principal con atrofia de brotaciones secundarias en la mayoría de las ocasiones. Tiene forma cilíndrica, es áspero al tacto debido a la superficie pelosa que tiene y es bastante consistente. Los entrenudos en general son cortos y desde ellos parten las hojas, las flores y los frutos. Debido al porte rastrero, y en función del tipo de cultivo que se esté realizando, se aconseja la realización del entutorado con el fin de optimizar el rendimiento de la cosecha tanto en cantidad como en calidad (Fernández, 2020).

Hojas: La calabaza presenta grandes hojas palmeadas de color verde que parten directamente del tallo a través del peciolo de manera helicoidal y alterna. El limbo presenta una cara superior suave al tacto y cara inferior muy áspera, con pelos cortos y fuertes. El borde de la hoja es dentado y presenta cinco lóbulos. El peciolo es largo, hueco y consistente, tiene pelos rígidos en la superficie por lo que es muy áspero al tacto (Mamani, 2019).

Flores: La calabaza es una planta monoica al presentar flores masculinas y femeninas en el mismo pie. Sus flores son grandes, de color amarillo intenso y con forma acampanada. Se disponen alrededor del tallo al que se unen a través de un largo pedúnculo, ya que nacen en las axilas de las hojas (Mamani, 2019).

En los primeros estadios de desarrollo de la planta la mayoría de las flores son masculinas, con el paso de los días van apareciendo las flores femeninas, hasta que estas últimas acaban siendo mayoritarias en la última fase del ciclo productivo (Oponte, 2023).

La apertura de la flor ocurre en las primeras horas de la mañana y solo se mantiene viable varias horas, para realizar la fecundación es necesaria la intervención de abejas por lo que se produce una polinización cruzada. (Oponte, 2023).

Frutos: La calabaza es un fruto carnoso, cilíndrico, alargado y sin cavidad central. En general es de color verde. La recolección para su comercialización se lleva a cabo cuando el fruto aun este inmaduro, atendiendo a los requerimientos del mercado en lo que a calidad se refiere, ya que el fruto maduro no tiene las características organolépticas demandadas para su comercialización: dureza, sabor, aparición de semillas. (Ortega, 2015).

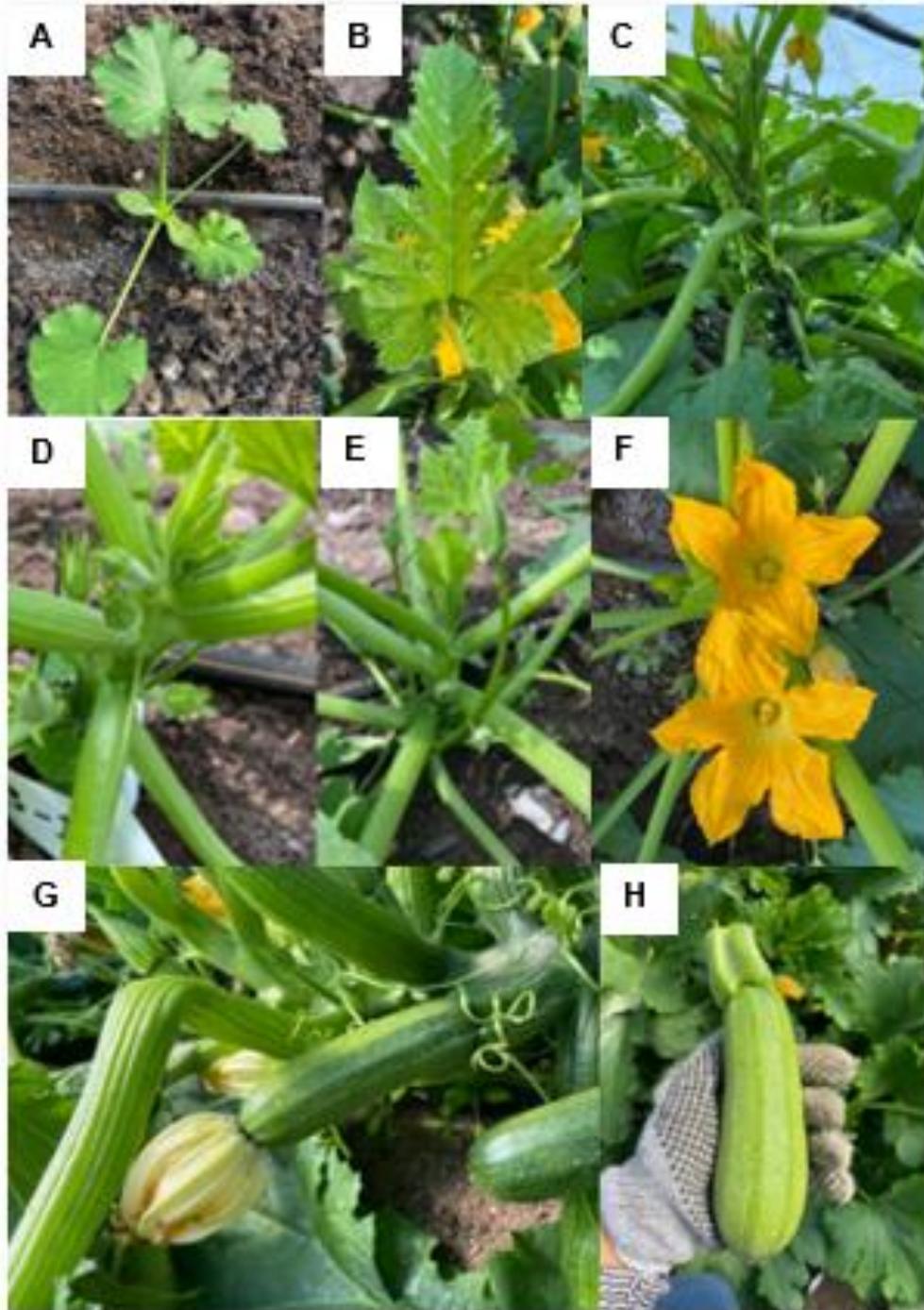


Figura 1. Estructura morfológica de la calabaza zuchinni (*Cucurbita pepo* L.). Planta de calabaza (A). Hoja de planta de calabaza (B). Tallo de planta de calabaza (C). Botón floral femenina (D). Botón floral masculino (E). Flor de calabaza (F). Fruto de calabaza (H). (Elaboración propia).

5.4 Hongos micorrízicos arbusculares

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos rizosféricos simbióticos de más del 90 % de las plantas (Smith y Read, 2008, Delavaux *et al.*, 2019), localizados en las raíces de la mayoría de las comunidades vegetales de herbáceas y árboles tropicales.

Los hongos micorrízicos son organismos que viven en simbiosis con las raíces de la planta, de ahí deriva su nombre «*myces-rhiza*» (hongo raíz) su descubridor fue el botánico polaco Franciszek Dionizy Kamienski, en 1882 y se creía que solo algunas plantas las tenían, confirmándose en 1900 que la mayoría de las plantas poseen sus raíces la capacidad de desarrollarlas. Las micorrizas forman parte del ecosistema del suelo, esto es, de las redes alimenticias de microorganismos, que favorecen la nutrición de las plantas (Smith y Read, 2008; Le Pioufle *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020).

5.5 Clasificación morfológica general

Estos microorganismos son considerados biótrofos obligados, requieren el sistema radical del hospedero, alimentándose de las diferentes fuentes de carbón, al mismo tiempo, abasteciéndolo de agua y protección contra patógenos. Los hongos simbiotes obligados, identificados dentro del *phylum Glomeromycota*; son multicelulares, forman hifas cenocíticas, habitan en todos los ecosistemas terrestres (Sieverding, 1991).

Siguiendo criterios estructurales, morfológicos y taxonómicos, se clasifican en dos tipos principales: *ectomicorrizas* y *endomycorrizas*, dividiéndose estas últimas en seis subtipos: *Ectendo*, *Arbustoides*, *Ericoide*, *Monotropoide*, *Orquideoide* y *Arbusculares* (Sieverding, 1991, Calhim *et al.*, 2018) (Figura 2).



Figura 2. Clasificación taxonómica de los dos principales tipos: ectomicorrizas y endomicorrizas (Calhim *et al.*, 2018; Sieverding, 1991).

La caracterización morfológica de esporas de los hongos micorrízicos es basada principalmente en color, forma, tamaño, estructura de la pared y se toma en cuenta la reacción positiva o negativa al reactivo Melzer. Las esporas diseminadoras asexuales tienden a formar una pared gruesa y llegan a medir de 40 a 800 μm . La caracterización de la hifa de sostén se basa en la forma y en el número de capas de la pared y su grosor (Rodríguez *et al.*, 2009) (Figura 3).

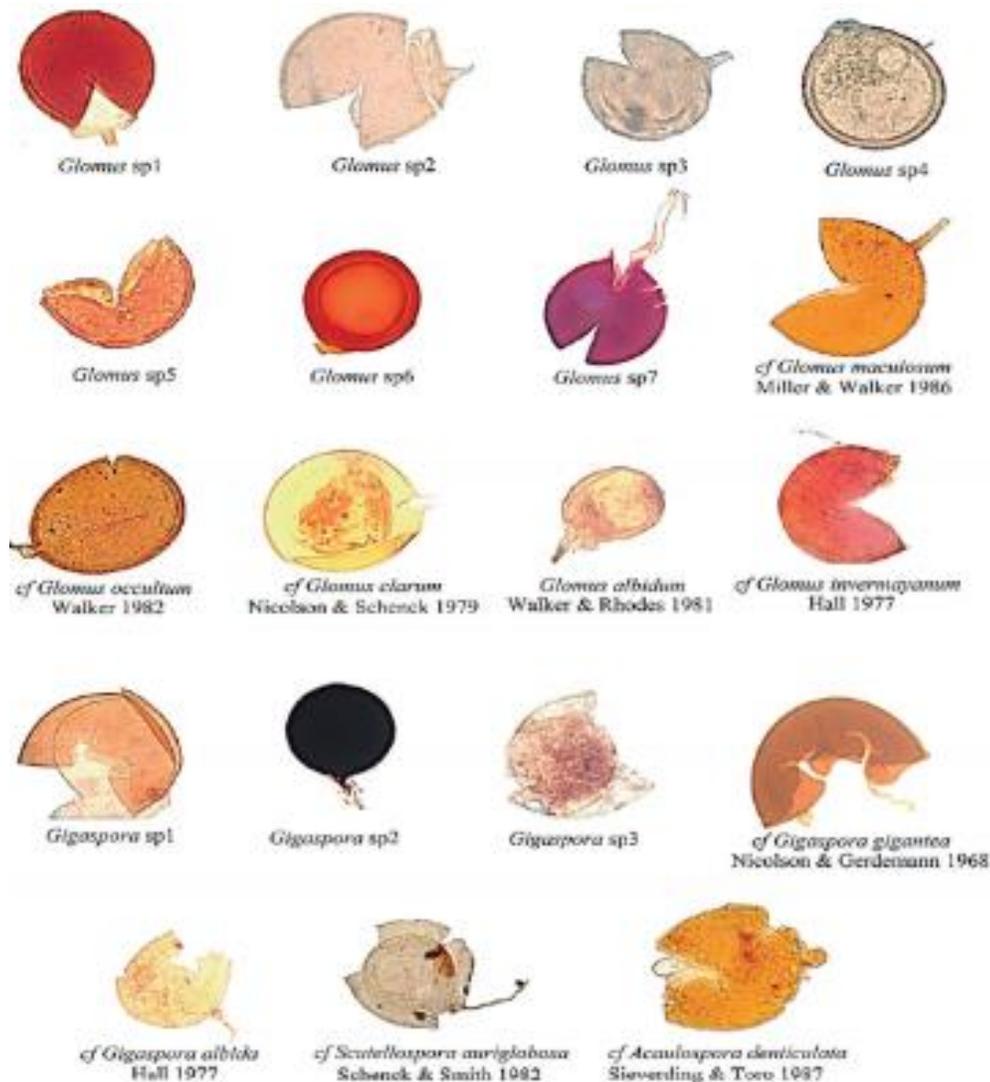


Figura 3. Morfotipos de hongos micorrizicos arbusculares asociados a plantas (Rodríguez-López *et al.*, 2015).

5.6 Estructuras de las micorrizas arbusculares

Los HMA son simbioses obligados, incapaces de crecer y reproducirse aislados de la planta hospedera. Las características de las esporas se utilizan para identificar a los hongos; las estructuras básicas de los HMA (Figura 4).

- Esporas: Se forman sobre una o más hifas sustentoras en el suelo o en las raíces. Contienen lípidos, citoplasma y miles de núcleos (1000-3850). Desarrollan paredes densas con más de una y pueden funcionar como propágulos. Se forman cuando los nutrientes disminuyen removiéndose de la

raíz. Pueden formar estructuras de germinación (Sánchez, 2005; Smith y Read, 1997).

- Hifas: Las hifas localizan más rápidamente los nutrientes en el suelo que las raíces y se ramifican en abundantes hifas muy finas de absorción, al degradar sustratos orgánicos. Al incrementar su volumen en el suelo dejan disponibles diferentes compuestos de fósforo, el cual es absorbido y se deja a disposición de las raíces (Sánchez, 2005).
- Arbúsculos: Son repetidas ramificaciones dicotómicas que inician con una hifa en forma de tronco y concluye en la proliferación de hifas muy finas; crecen en el interior de células individuales del córtex de la raíz, que se quedan en el exterior del citoplasma, sin penetrar la célula, produciendo una invaginación del plasma de la membrana. Son los sitios de mayor intercambio entre el hongo y el hospedero, su vida media es de 9-15 días (Azcón, 2000; Sánchez, 2005; Smith y Read, 1997).
- Vesículas: Almacenan productos como lípidos y citoplasma, son estructuras globosas y se forman en la punta de las hifas (Sánchez, 2005).

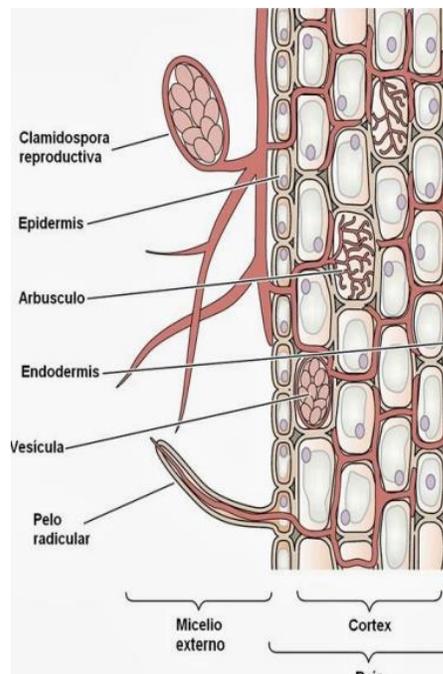


Figura 4. Estructuras de los hongos micorrízicos arbusculares (Muñoz-Cervantes, 2013).

5.7 Mecanismos y procesos de colonización micorrízica

El patrón general de colonización inicia con la germinación de las esporas cuando estas se encuentran cerca de las raíces del hospedero. Al inicio se observa una pequeña hifa o tubo germinativo brotando de la espora. Los HMA exhiben una colonización primaria y secundaria. La primera se refiere a la colonización a partir de los propágulos presentes en el suelo; y la segunda es la infección a partir de hifas de una simbiosis ya establecida que crecen en la superficie de esta o diferente raíz. Una vez que el tubo germinativo se ha desarrollado, al establecer el contacto físico con la célula de la raíz, la hifa sufre un hinchamiento dando lugar a una estructura distintiva denominada apresorio, del cual se origina una hifa infectiva, el haustorio que se mueve intercelular e intracelularmente en los tejidos del hospedero. La hifa colonizadora que penetra la célula forma un complejo de haustorios denominado arbusculo, en particular en las células del parénquima, en la zona más interna de la corteza. Las hifas intercelulares que corren a lo largo de la raíz en el córtex central forman nuevos apresorios, dando lugar a la colonización secundaria. En este momento, en algunas especies de HMA se pueden observar estructuras de almacenamiento llamadas vesículas. Una micorriza completamente funcional es aquella en la cual el hongo penetra las células de la raíz del hospedero para formar arbusculos en los que se lleva a cabo el intercambio de fosfatos, carbohidratos y otros iones indispensables para el desarrollo de los hongos simbiotes. El intercambio de señales entre el hongo y la planta hospedera ocurre en tres zonas: en la rizósfera, en la zona de adhesión y dentro de la misma raíz (Espinosa, 2000).

5.8 Beneficios de los hongos micorrízicos arbusculares

Las micorrizas arbusculares proporcionan diversos beneficios a las plantas entre los que se incluyen: incremento en la captación de fósforo, protección a las raíces contra organismos patógenos (nematodos y hongos), tolerancia a metales tóxicos, tolerancia a condiciones adversas de temperatura, salinidad alta, niveles altos o bajos de pH, mejor funcionalidad durante el trasplante, incremento en la microflora de la rizósfera y mayor captación de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y zinc) y agua (Mukerji *et al.*, 2000).

Los HMA retienen el carbono proveniente de la planta y lo deponen a través de la red micelar incrementando la captación de minerales en el suelo (Gianinazzi *et al.*, 2010), sus asimilados pueden ser transportados de una planta a otra a través de la red micelar conectándose y transportando carbohidratos a plantas con desventajas fotosintéticas. Así mismo, moderan el efecto contra el estrés causado por factores abióticos incrementando la resistencia de las plantas a la sequía. De los estudios que evalúan el efecto de los HMA cuando las plantas están sometidas a estrés, 80 % de ellos demuestran que las plantas micorrizadas crecen y mejoran su estado hídrico en comparación con plantas no micorrizadas (Jaramillo, 2018).

En general, la presencia de micorrizas aumenta la tolerancia de las plantas a la sequía, estrés salino (Sheng *et al.*, 2009) y estrés edáfico, también le da protección al ataque de nematodos (Castillo *et al.*, 2006), hace más eficiente el uso del agua y mejora la calidad del fruto (Ravnskov *et al.*, 2020).

5.9 Hongos micorrízicos y su relación con el suelo

Los HMA establecen interacciones con otros microorganismos o con plantas mediante señales químicas que cada uno produce, los miembros de diferentes familias de HMA, podrían por tanto, tener efectos diferentes sobre la agregación del suelo, la toma de nutrientes, absorción de agua y estímulo hormonal ya que pueden tener diferentes longitudes de hifas extrarradicales, las cuales están generalmente correlacionadas con los parámetros de estabilidad del suelo y probablemente sean la propiedad clave de los HMA en la agregación de este. Contrario al papel de la micorriza en la agregación del suelo, su rol en la captura de carbono es menos clara, los HMA no tienen capacidades saprofiticas, pero hay pruebas que demuestran que a través de sus hifas pueden adquirir grandes cantidades de nitrógeno procedente de la descomposición de la materia orgánica y transportar el nitrógeno a la planta huésped (Jaramillo, 2018).

Los HMA, secretan glomalina hacia el suelo, una proteína que juega un papel clave en la estabilidad de este. Oades (1993) describió el enredo de las partículas del suelo por

las hifas de HMA como "saco de cadena pegajoso", ya que las partículas del suelo se enredan y se alinean, por lo tanto, se estabilizan físicamente, porque se adhieren entre sí con más fuerza que a partículas circundantes. Además, la glomalina, influye en la comunidad microbiana vecina y en la bioestabilización de suelos contaminados, aumentando también la retención de agua de este (Jaramillo, 2018). Esta es una labor que el hongo probablemente realiza al estimular la descomposición del material orgánico que contiene a la comunidad microbiana saprófita con la que coexiste, a través del suministro de exudados de carbono, de este modo son liberados nutrientes minerales, que este puede absorber (Zhang *et al.*, 2020).

Los exudados son compuestos de azúcares de bajo peso molecular, ácidos orgánicos y compuestos poliméricos de alto peso molecular, sustancias que pueden aumentar o reducir el crecimiento de bacterias en el suelo. El aumento del CO₂ atmosférico estimula el crecimiento de HMA a través del mayor suministro de fotosintatos por parte de las plantas para el hongo y es posible que este mejore el almacenamiento de Carbono (C) del suelo a través de su efecto estabilizador sobre los agregados de este. Además, podría haber ganancias a largo plazo en compuestos recalcitrantes que se originan del aumento de la descomposición de la materia orgánica, porque se estimulan los microbios y el crecimiento de plantas (Jaramillo, 2018).

5.10. Consorcios de HMA asociados a raíces de las plantas

Los hongos micorrizógenos arbusculares asociados a las raíces de las plantas forman un consorcio de especies de hongos que simbióticamente interactúan entre sí, así como con la planta hospedera y con otros componentes de la rizósfera, teniendo como resultado el aumento de la supervivencia y competitividad de los fitobiontes. La composición, actividades e interacciones de los hongos puede ser regulada por la planta hospedera y por los miembros del consorcio de hongos en respuesta a los factores bióticos y abióticos. También se ha determinado que cada especie de HMA que forma parte de un consorcio micorrízico puede tener diferente función en la planta hospedera y que la diversidad de las comunidades de HMA del suelo tiene el potencial para determinar la estructura vegetal de la comunidad. De esta manera, suelo, planta

y ambiente afectan la función y distribución de los HMA, en tiempo y espacio (Hernández *et al.*, 2008; Porras *et al.*, 2008; Sanders, 2003; Trejo *et al.*, 2011; Van Der Heijden *et al.*, 1998b).

5.11 Vermicomposta

Existen múltiples abonos orgánicos de los cuales el estiércol es el más económico ya que es ampliamente usado en zonas agrícolas por su abundancia (Azcón, 2000; López *et al.*, 2015), el cual es materia prima para el vermicompostaje.

En el proceso de compostaje se utilizan las lombrices para madurar la composta y producir humus de lombriz o vermicomposta. De esta manera se acelera el proceso y se obtiene un producto rico en nutrientes y con una riqueza microbiana superior a otros tipos de composta. Generalmente las lombrices que se utilizan para estas técnicas de tratamiento de residuos son las del género *Eisenia*, sobre todo la llamada lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* y *Eisenia Andrei*) (Limachi, 2018).

5.12 Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

Las lombrices son unos de los organismos vivos más adaptados al medioambiente (Figura 5). Su origen se halla en el precámbrico, hace 700 millones de años. Existe un enorme conjunto de familias, especies y subespecies que fueron ocupando océanos, lechos lodosos de lagunas y las capas mejores de casi todos los suelos del mundo (Briones, 2023).

Las lombrices son un símbolo de fertilidad de la tierra, siendo incluso considerados en algunas culturas como animales sagrados (Espinosa-Palomeque *et al.*, 2020). Las lombrices realizan una labor impagable para la fertilidad de nuestros suelos, ya que se mueven a través del subsuelo excavando galerías que airean el suelo y le aportan una textura esponjosa. Las lombrices se alimentan de partículas orgánicas existentes en el sustrato, las digieren y las expulsan en forma de desechos ricos en nutrientes. Con su actividad natural son capaces de enriquecer los suelos arrastrando hojas al interior

de la tierra y subiendo minerales que se encuentran en las capas inferiores del suelo donde las plantas pueden disponer de él (Zavala *et al.*, 2017).

Las lombrices son de color rojo oscuro o violeta rojizo, con un gradiente anteroposterior y dorsoventral, cuyo cuerpo está dividido en anillos o metamerismos, que son visibles a simple vista. Miden de 8 a 10 cm de largo y de 3 a 5 mm de diámetro (Méndez, 2015). Esta especie se encuentra comúnmente dentro de la materia orgánica en descomposición o en estiércol muy húmedo, cerca de la superficie del suelo. Son muy voraces, cada individuo ingiere diariamente una cantidad de material orgánico equivalente a su propio peso (aproximadamente 1 gramo en individuos adultos) (Pantoja-Medina, 2020).

La lombriz vive aproximadamente 15 años, y llega a producir hasta 1300 lombrices al año, come mientras avanza en la excavación y fertiliza el suelo por sus deyecciones, las lombrices californianas pueden criarse en cualquier lugar del planeta que posea, al menos, una temporada con temperaturas promedio superior a los 20 °C, cualquier lugar con climas templados (Méndez, 2015).

Cada lombriz está tiene un aparato genital masculino y un aparato genital femenino. La cópula se realiza cada 7 a 10 días. Después de 14 a 21 días de incubación, los pequeños gusanos emergen de la cápsula, que ya ha adquirido un color más oscuro, produciendo entre 2 y 21 gusanos blancos que miden aproximadamente 1 mm de largo (Larco, 2004; Somarriba y Guzmán, 2015).



Figura 5. Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

El vermicompostaje consiste en un tratamiento descentralizado que reduce la cantidad de residuos y los valoriza convirtiéndolos en un material valioso para los suelos. (Adekiya *et al.*, 2019; Ochoa, 2020). En donde el contenido final por tonelada de material dependerá básicamente de la fuente de origen y la humedad del material cuando el proceso finaliza (Chugchilan *et al.*, 2021; Durán *et al.*, 2007).

El vermicompostaje utiliza residuos orgánicos como materia prima, y debido al proceso de digestión de la lombriz, se incrementa la disponibilidad de materia orgánica (Zavala *et al.*, 2017). Otro beneficio en la aplicación de vermicomposta, es el incremento microbiano y el incremento de nitrógeno en el suelo (Garbanzo *et al.*, 2017; Kale *et al.*, 1992), mejorando de esta forma la condiciones biológicas y químicas del suelo.

En cuanto a las mejoras físicas del suelo, al aplicar vermicomposta permite el aprovechamiento de la humedad de suelo (Aguilar-Benítez *et al.*, 2012), facilitando el transporte de nutrientes solubles disponibles y aprovechables por las plantas, mejorando la producción y rendimiento (Díaz-Méndez *et al.*, 2014; Moreno Reséndez *et al.*, 2015; Sánchez-Hernández *et al.*, 2016).

Sales (2008) menciona que las características más importantes del humus de lombriz son:

- Producto desmenuzable ligero e inodoro, muy estable e imputrescible, es muy rico en enzimas y microorganismos no patógenos, constituye un alimento directamente asimilable por la planta, y con una duración efectiva en los terrenos de cultivos de aproximadamente 3 años.
- Aporta elementos nutritivos y minerales, es muy rico y completo.
- Constituye además un producto vivo que a determinada humedad continúa en la tierra gracias a la acción de las bacterias.
- El humus posee una alta carga de microorganismos, 20 000 millones por gramo en base seca, esto le confiere características de fertilizantes biológicos.
- El humus contiene nitrógeno mineralizado y además posee gran cantidad de bacterias fijadoras de nitrógenos.
- La absorción de agua por el efecto del humus es notable; un kilo de humus es capaz de absorber 1.3 litros de agua. Esta cualidad permite usarlo en terrenos donde el vital elemento es escaso.

Dalzel (1991) menciona que la vermicomposta es un fertilizante enriquecido de fitoreguladores de crecimiento, producto realizado por la digestión de los microorganismos, que activan los desarrollos biológicos de las plantas. Entre los estabilizadores de desarrollo se tiene lo siguiente:

- La Auxina, estiran las células germinales, aumentan el número flores, incrementan el tamaño y número de sus frutas.
- La Giberelina, promueve el crecimiento de la parte floral, incrementa la germinación y el tamaño de los frutales.
- La Citoquinina, retarda el deterioro del tejido vegetal, facilitan el desarrollo de los tubérculos y el almacenamiento de almidón en estos.

5.13 Estudios realizados con hongos micorrizicos arbusculares y vermicomposta.

Lara-Capistrán *et al.*, (2022) investigó el efecto del acolchado plástico y vermicomposta sobre la eficacia de los hongos micorrizicos arbusculares en calabaza, con el objetivo de evaluar el potencial de los HMA en el ciclo de invierno–primavera y otoño-verano, en donde concluyo que el efecto del acolchado sobre la actividad biológica de los HMA varía por la época climática en el que este se utilice, así mismo el uso de acolchado en otoño-verano no favorece la actividad biológica de los HMA, ni desarrollo foliar del cultivo de Calabaza. Otra investigación reciente es la dirigida por Moreno-Reséndez *et al.*, (2019), que investigo el desarrollo de la calabaza zucchini con diferentes fuentes de fertilización bajo invernadero, con el fin, de evaluar diferentes mezclas de vermicomposta y soluciones nutritivas, en el cual tuvo como resultados que la mezcla de solución Steiner más vermicomposta propicio mejores resultados en variables como: longitud, diámetro, numero de frutos y rendimiento, lo que apporto una alternativa para la nutrición de plantas de calabaza.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Lugar de la investigación

El estudio se realizó en un invernadero ubicado en la Facultad de Agronomía de perteneciente a la Universidad Autónoma de Sinaloa en Culiacán, Sinaloa, México; a una altura de 60 m.s.n.m, una temperatura media anual de 24.8 °C, con 33.3 y 16.3 °C como temperaturas máximas y mínimas promedio, y 44.5 y 1.5 °C de temperatura máximas y mínimas extremas; con 144, 159 y 92 días despejados, medio nublados y nublados al año respectivamente, con una precipitación pluvial promedio anual de 675 mm, con lluvias en verano (julio a septiembre), el clima de la región se clasifica como cálido semiseco (CIAPAN, 2002).

6.2 Material vegetal

Se utilizó semilla de calabaza zucchini, “zurizeli” (semillas fitó) con un porcentaje de germinación del 95 %.

6.3 Material microbiológico

Se utilizaron hongos micorrízicos arbusculares (HMA) (*Claroideoglomus claroideum*) extraídos de la rizósfera de *Pithecellobium dulce* en el estado de Sinaloa. (Figuras 6).



Figura 6. Valoración de la rizósfera de guamúchil (*Pithecellobium dulce*) (A). Extracción de suelo con hongos micorrízicos arbusculares nativos (B).

6.4 Material orgánico

Se utilizó vermicomposta “biohumisol” (humusol orgánico), (pH 7-8, materia orgánica 20-30 %, N 1.3-1.5 %, P 1-1.4 %, K 1.3 %, Ca 1-3 %, Mg 0.95 %, Zn 400-500 ppm, Cu 100-400 ppm, ácidos húmicos 7-15 %, carga microbiana 3.34×10^8) la cual se aplicó un kilogramo por metro lineal, lo cual representa 6.25 T ha^{-1} (Figura 7).



Figura 7. Vermicomposta biohumisol (A). Aplicación de vermicomposta en campo (B).

6.5 Siembra de la semilla e inoculación

La siembra se realizó el día 22 de noviembre del 2021, en dos charolas de poliestireno de 128 cavidades. Se sembró una semilla por cavidad en sustrato peat moss, previamente esterilizado ($121 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 3 h, por dos días consecutivos).

La inoculación de los hongos micorrízicos arbusculares (*Claroideoglomus claroideum*) se realizó en una de las charolas al momento de la siembra, colocando 0.3 g del inóculo (Figura 8) a cada una de las cavidades para asegurar una cantidad 20 esporas por planta y una charola testigo (T) sin inocular.

Las plántulas fueron regadas una vez por día con agua purificada para consumo humano hasta humedecer por completo el cepellón. (Figura 8).



Figura 8. Incorporación de peat moss a charolas (A). Inoculación de hongo micorrízico arbuscular (*Pithecellobium dulce*) (B). siembra y germinación de semilla de calabaza zucchini (C) (D).

El trasplante se realizó el día 7 de diciembre del 2021, a los 20 días después de la germinación (Figura 9), en suelo a capacidad de campo con las características que se muestran en el Cuadro 1, posteriormente se realizó un riego de sellado.

Cuadro 1. Características químicas y físicas del suelo.

C.E. (mS cm ⁻¹)	pH	CIC (Cmol (+) kg ⁻¹)	Textura	Nitrógeno -----	Fósforo -----	Potasio (mg kg ⁻¹)	Calcio -----	Magnesio -----
0.85	7.11	44.46	Arcillosa	15.6	13.72	584.8	6687.5	973.3

C.E. conductividad eléctrica, pH: potencial de hidrógeno, CIC: capacidad de intercambio catiónico

Por otra parte, las plantas fueron fertilizadas cada tres días con una solución Steiner al 25 % (N 42 mg L⁻¹, P 7.75 mg L⁻¹, K 68 mg L⁻¹, Ca 45 mg L⁻¹, Mg 12 mg L⁻¹), 50 %, 75 % y 100 %, según la etapa fenológica del cultivo (plántula, etapa vegetativa, etapa de floración y etapa de fructificación), respectivamente, ajustando el pH a 6.5, los

fertilizantes utilizados fueron: nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, nitrato de potasio KNO_3 , sulfato de potasio K_2SO_4 , sulfato de magnesio $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ y fosfato monopotásico KH_2PO_4 .



Figura 9. Trasplante de calabaza zucchini.

6.6 Variables evaluadas

El cultivo tuvo una duración de 120 días, durante los cuales se realizaron 10 evaluaciones. A los 30 días después del trasplante (ddt) se realizó el primer corte, donde se evaluó longitud de fruto y diámetro en la parte media del fruto con un flexómetro (3M, México) y un vernier digital (Truper®, México) respectivamente. También, se evaluó peso de fruto con una balanza de precisión (CP622, Sartorius, Alemania) (Figura10). Posteriormente, se realizaron evaluaciones de colonización micorrízica, abundancia de esporas de HMA en suelo (número de esporas en 50 g de suelo seco), materia orgánica, respiración microbiana, y contenido nutrimental de tallo, hoja y fruto.



Figura 10. Mediciones de calabaza zucchini.

El porcentaje de colonización micorrízica se determinó por medio de la técnica de clareo y tinción de raíces (Phillips y Hayman, 1970) (Figura 11).

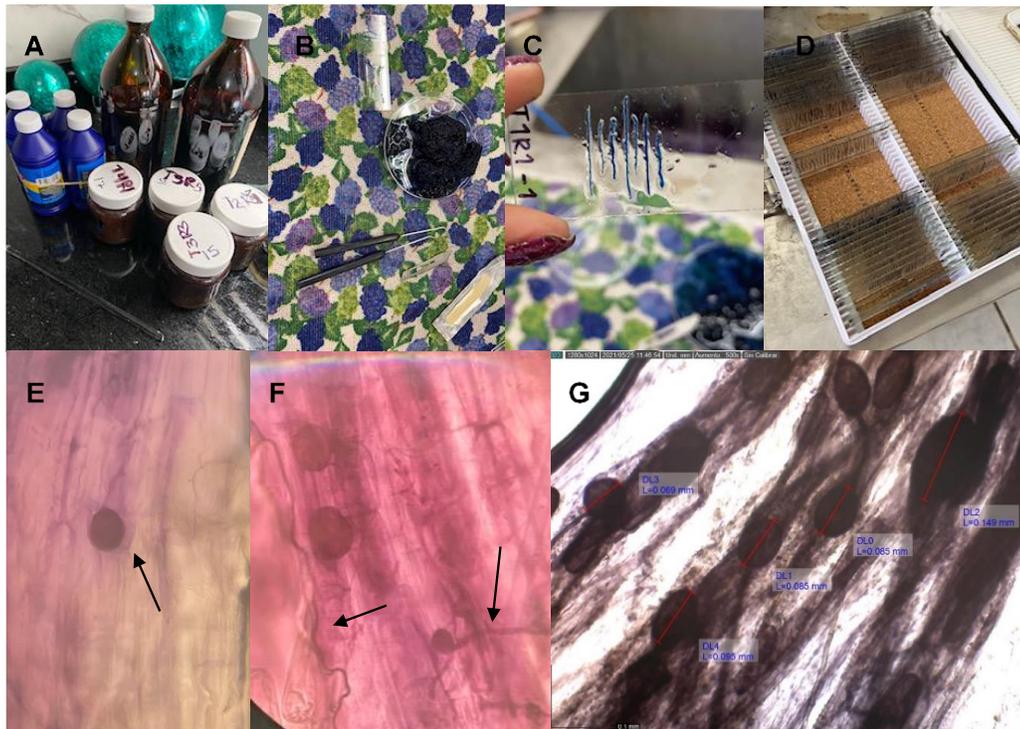


Figura 11. Tinción con azul tripano (A). Selección de raíces para montaje en portaobjetos (B). Raíces colocadas en el portaobjetos (C) Almacenaje de portaobjetos con raíces montadas (D). Vesículas (E). Hifas (F). Vesículas e hifas observadas al microscopio (G).

Para la separación y extracción de esporas de HMA del suelo, se empleó el método de tamizado en húmedo y centrifugación en gradiente de sacarosa al 60 % (Gerdemann y Nicolson, 1963) (Figura 12).

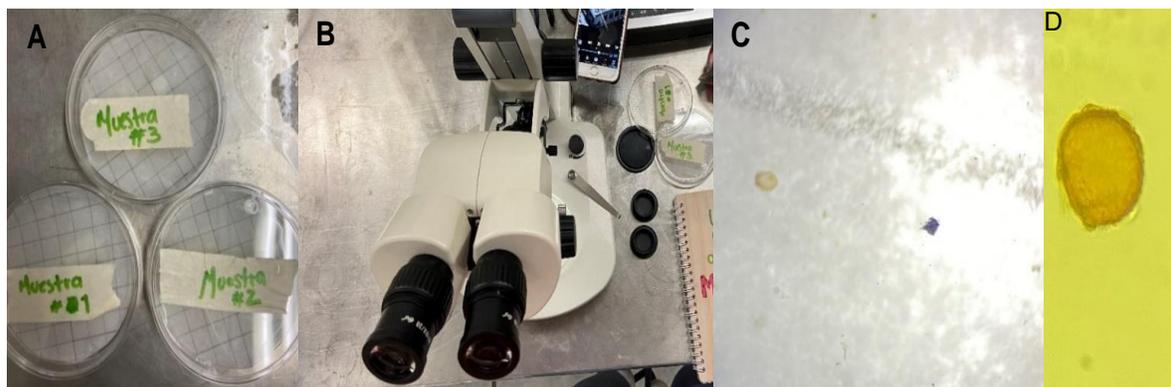


Figura 12. Muestreo del consorcio micorrízico arbuscular (A). Verificación al microscopio de presencia del hongo micorrízico arbuscular (B). Espora del hongo micorrízico arbuscular de la rizósfera de guamuchil (*Pithecellobium dulce*) (C). Espora de hongo micorrízico arbuscular (*Claroideoglossum claroideum*) (D).

Por otra parte, se evaluó la concentración mineral de los órganos vegetales, separando las plantas en hojas, tallos y frutos, los cuales se colocaron en estufa con circulación forzada de aire (9053L, Ecoshel, E.U.A.) a una temperatura de 70 °C durante 72 h y posteriormente fueron molidos en un molino eléctrico (MOGRA1, Surtek, México). A este material resultante se le realizó una digestión seca en una mufla (DTT 434, Caisa, México) a 550 °C durante 8 h; se le agregaron 10 ml de agua destilada y se filtró mediante un papel filtro (Motsara y Roy, 2008).

El nitrógeno se cuantificó por el procedimiento semi-micro Kjeldahl (Etchevers, 1987) (Figura 13).



Figura 13. Digestión de las muestras (A). Destilación de muestras (B). Titulación con ácido sulfúrico al 0.1 N (C).

Los elementos Ca, Mg y K se cuantificaron por espectroscopia de absorción atómica (Motsara y Roy, 2008) (Figura 14).

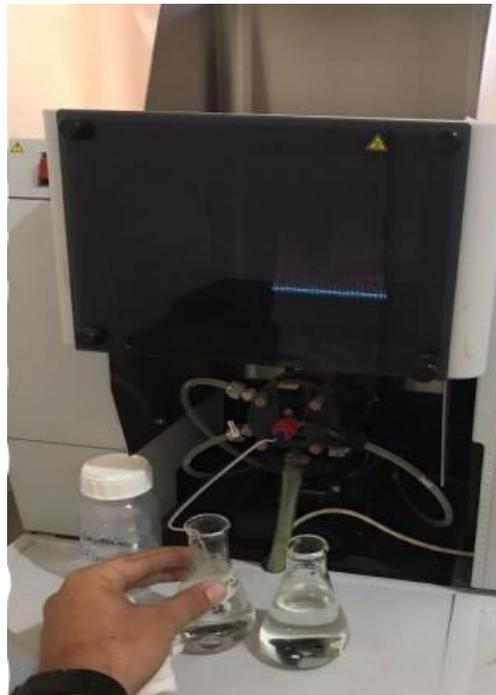


Figura 14. Cuantificación de elementos por espectroscopia de absorción atómica.

El fósforo se determinó por colorimetría de complejos molibdo-fosfóricos reducidos con ácido ascórbico (AOAC, 1980) (Figura 15).

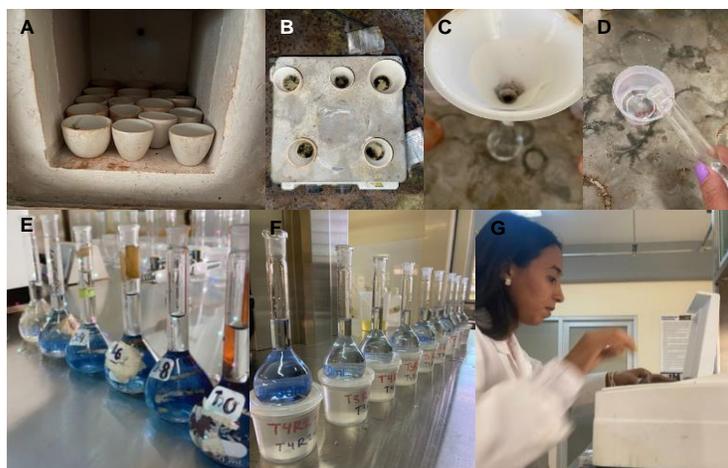


Figura 15. Incineración de muestras (A). Digestión con ácido y temperatura, de muestras en crisol en plato caliente(B). Aforo de alícuota a 100 ml (C). Transporte de muestra a recipiente sellado y rotulado (D). Elaboración de curva para determinar fósforo(E). Visualización de muestras después de 30 minutos(F). Análisis en Spectrophotometer UV-VIS (G).

Así mismo, se evaluó el contenido de materia orgánica de suelo de cada tratamiento, el cual se determinó pesando 0.50 g de muestra, añadiendo 10 mL de dicromato de potasio 1 N, 10 mL de ácido sulfúrico, 2 mL de ácido fosfórico y 200 mL de agua destilada por muestra. Posteriormente, la muestra se titula con sulfato ferroso 0.5 N (Walkley y Black,1934) (Figura 16).



Figura 16. Muestra de suelo (A). Incorporación de dicromato de potasio (B). Titulación con sulfato ferroso(C).

Por otra parte, la respiración microbiana se evaluó por la cuantificación de CO_2 en tres repeticiones de 20 g de suelo de cada tratamiento. La muestra se depositó en frascos con tapa de rosca, ajustando la humedad del suelo a 35 %, adicionando 5 mL de NaOH al 0.2 N en un recipiente al interior de los frascos con tapa de rosca, posteriormente, se incubaron a 29° C, durante 15 días y se extrajo el recipiente con NaOH donde a la postre se colocó en un Erlenmeyer, se agregó un ml de BaCl_2 y una gota de fenolftaleína. La muestra se tituló con HCl agitando hasta el cambio de color (Echegaray,1991) (Figura 17).



Figura 17. Muestra de suelo más cubeta con NaOH (A). Incubación de las muestras a 29 °C (B). Titulación de las muestras con HCl (C).

6.7 Tratamientos y diseño experimental

El experimento contempló un diseño completamente al azar con un arreglo factorial al 2x2x2 (Cuadro 2) constituido por 8 tratamientos (Cuadro 3), donde cabe señalar que cada repetición estuvo constituida por cuatro surcos de 2.5 metros donde se trasplantaron cinco plantas a 50 centímetros entre planta y planta por repetición, con un total de 20 plantas por tratamiento (160 unidades experimentales), donde se consideró como factor uno: la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares con

dos niveles de variación (con y sin la inoculación de HMA), factor dos: la utilización de vermicomposta con dos niveles de variación (con y sin aplicación de vermicomposta) y el factor tres: la fertilización sintética con dos niveles de variación (con y sin fertilización sintética).

Cuadro 2. Factores empleados en la producción de calabaza zuchinni.

		HMA CON		HMA SIN	
		F CON	F SIN	F CON	F SIN
V	HMA CON,	V HMA CON,	V HMA SIN,	V HMA SIN,	V
CON	CON, F CON	CON, F SIN	CON, F CON	CON, F SIN	
V SIN	HMA CON, V SIN,	HMA CON,	V HMA SIN,	V HMA SIN,	V
	F CON	SIN, F SIN	CON, F CON	SIN, F SIN	

HMA=Hongos micorrízicos arbusculares, V= vermicomposta, F= fertilización.

Cuadro 3. Tratamientos empleados en la producción de calabaza zuchinni.

Tratamiento	Composición
1	SHMA / SV / SF
2	SHMA / SV / CF
3	CHMA / SV / CF
4	CHMA / CV / CF
5	SHMA / CV / CF
6	CHMA / CV / SF
7	CHMA / SV / SF
8	SHMA / CV / SF

HMA=Hongos micorrízicos arbusculares, SHMA= sin hongos micorrízicos arbusculares, SV= sin vermicomposta, SF= sin fertilización, CHMA= con hongos micorrízicos arbusculares, CV= con vermicomposta, CF= con fertilización.

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa XLSTAT (Addinsoft, 2022).

VII. RESULTADOS

Respecto a la colonización micorrízica total en plantas de calabaza (Cuadro 4), se observó, que en el factor inoculación micorrízica en el nivel con inoculación, fue estadísticamente mayor porcentaje de colonización (83.23 %) en comparación con el nivel sin inoculación, del mismo modo, en el factor vermicomposta con aplicación de vermicomposta se observó estadísticamente mayor colonización micorrízica (21.29 %), en comparación al nivel sin aplicación, por otra parte, el factor fertilización, el nivel sin fertilización mostró diferencia estadística mayor (54.13 %) en comparación al nivel con fertilización. En cuanto a los tratamientos, el T6 mostró estadísticamente mayor colonización micorrízica al resto de los tratamientos con un 27.37 % mayor al T7 (CHMA / CV / SF), 59.33 % al T3 (CHMA / SV / CF), 68.77% al T4 (CHMA / CV / CF), 84.44% T8 (CHMA / SV / SF), 86.95 % T5, 92.46 % T1 (SHMA / SV/ SF) y 95.04 % al T2 (SHMA / SV / CF).

En cuanto a la variable abundancia de esporas en el suelo (número de esporas de HMA por 50 g de suelo seco) la inoculación micorrízica y la aplicación de vermicomposta mostraron los mejores resultados estadísticamente mayor por un 71.16 % y 26.72 %, caso contrario en el factor fertilización donde el nivel sin fertilización indujo los mejores resultados, estadísticamente mayor en un 47.29 %. El tratamiento 6 (SHMA / CV / CF) promovió los mejores resultados, estadísticamente mayor al resto de los tratamientos evaluados, mayormente en un 88.89 % al tratamiento con el resultado más bajo.

Cuadro 4. Colonización micorrízica total y abundancia de esporas en la rizósfera de calabaza. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.

Factor	Colonización micorrízica total (%)	Número de esporas de HMA por 50 g de suelo seco
Inoculación micorrízica		
con HMA	15.09±2.12 a	23.41±3.24 a
sin HMA	2.53±0.34 b	6.75±0.56 b
Aplicación de vermicomposta		
con vermicomposta	9.86±2.68 a	17.41±4.06 a
sin vermicomposta	7.76±2.10 b	12.75±2.50 b
Fertilización		
Con	5.54±1.10 b	10.41±1.36 b
Sin	12.08±2.94 a	19.75±4.23 a

**inoculación micorrízica / aplicación de
vermicomposta / Fertilización**

T1 SHMA / SV / SF	1.86±0.12 f	4.66±0.33 f
T2 SHMA / SV / CF	1.21±0.04 f	4.33±0.88 f
T3 CHMA / SV / CF	10.04±1.25 c	16.33±0.57 c
T4 CHMA / CV / CF	7.71±0.30 d	12.66±0.57 d
T5 SHMA / CV / CF	3.22±0.29 e	8.33±0.33 e
T6 CHMA / CV / SF	24.69±2.27 a	39.00±1.15 a
T7 CHMA / SV / SF	17.93±1.55 b	25.66±0.57 b
T8 SHMA / CV / SF	3.84±0.45 e	9.66±0.35 de

*Medias con letras iguales en cada columna y cada factor, son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$). HMA= Hongos micorrízicos arbusculares, SHMA= sin hongos micorrízicos arbusculares, SV= sin vermicomposta, SF= sin fertilización, CHMA= con hongos micorrízicos arbusculares, CV= con vermicomposta, CF= con fertilización.

Los resultados provocados por los factores y tratamientos en la variable de respiración microbiana se observan en el Cuadro 5, donde en el factor inoculación micorrízica, la aplicación de HMA promovió los mejores resultados y fue significativamente mayor en un 23 % en comparación que sin la aplicación de HMA. Además, la aplicación de vermicomposta indujo mayor respiración microbiana, resultado estadísticamente mayor en un 11 %, a diferencia de sin la aplicación de vermicomposta. Por otra parte, en el factor fertilización, los mejores resultados los obtuvo el nivel sin fertilización, dato estadísticamente mayor en un 19 %, que el nivel con aplicación sintética. En el tratamiento 6 (CHMA / CV / SF) ocurrió mayor respiración microbiana, donde, además, se observó diferencia estadística con el resto de los tratamientos.

En cuanto a la variable de materia orgánica (Cuadro 5), en el factor inoculación micorrízica no se observó diferencia estadística. Sin embargo, en la aplicación de vermicomposta se tuvieron los mejores resultados, donde fue estadísticamente mayor por un 10 %, en comparación al nivel sin aplicación de vermicomposta. Por otra parte, en el factor de fertilización, el nivel sin la incorporación de fertilizantes fue mayor por un 23 % a cotejo al nivel con fertilización. Por último, el tratamiento 8 (SHMA / CV / SF) fue mayor numéricamente, pero se comportaron estadísticamente igual a los tratamientos 4 (CHMA / CV / CF) y 7 (CHMA / SV / SF) siendo estadísticamente diferente al resto de los tratamientos.

Cuadro 5. Respiración microbiana y materia orgánica de la rizosfera de calabaza zucchini. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.

Factor	Respiración microbiana (mg CO ₂)	Materia orgánica (%)
Inoculación micorrízica		
con HMA	1.49±0.10 a	3.53±0.30 a
sin HMA	1.15±0.04 b	3.46±0.23 a
Aplicación de vermicomposta		
con vermicomposta	1.40±0.12 a	3.67±0.24 a
sin vermicomposta	1.24±0.03 b	3.26±0.28 b
Fertilización		
Con	1.18±0.04 b	3.07±0.31 b
Sin	1.46±0.10 a	3.86±0.14 a
inoculación micorrízica / aplicación de vermicomposta / Fertilización		
T1 SHMA / SV / SF	1.37±0.02 bc	3.12±0.07 c
T2 SHMA / SV / CF	1.08±0.01 cd	3.84±0.03 b
T3 CHMA / SV / CF	1.18±0.01 bcd	1.85±0.14 e
T4 CHMA / CV / CF	1.40±0.07 b	4.28±0.08 a
T5 SHMA / CV / CF	1.04±0.02 d	2.30±0.06 d
T6 CHMA / CV / SF	2.05±0.03 a	3.75±0.08 b
T7 CHMA / SV / SF	1.34±0.06 bcd	4.24±0.12 a
T8 SHMA / CV / SF	1.10±0.02 bcd	4.33±0.09 a

*Medias con letras iguales en cada columna y cada factor, son estadísticamente iguales (Tukey P≤ 0.05). HMA= Hongos micorrízicos arbusculares, SHMA= sin hongos micorrízicos arbusculares, SV= sin vermicomposta, SF= sin fertilización, CHMA= con hongos micorrízicos arbusculares, CV= con vermicomposta, CF= con fertilización.

Los resultados de concentración nutrimental de hojas de calabaza se muestran en el Cuadro 6, donde se puede observar en la variable de nitrógeno en hojas tanto la inoculación micorrízica y la aplicación de vermicomposta no se observaron diferencias significativas aunque cabe señalar que sin la aplicación de fertilizante obtuvo significativamente los mejores resultados por un 50.16 % en comparación con la aplicación de fertilización, además, el tratamiento 2 (SHMA / SV / CF) obtuvo estadísticamente los mejores resultados, aunque que fue estadísticamente similar al tratamiento 6 (CHMA / CV / SF), 4 CHMA / CV / CF y 8 SHMA / CV / SF) respectivamente. Por otro lado, en la variable de fósforo en hojas de calabaza, la inoculación micorrízica obtuvo los mejores resultados, estadísticamente mayor por un 33325.53%. En el factor aplicación de vermicomposta el nivel sin vermicomposta obtuvo los mejores resultados siendo significativamente mayor por un 21.73 % que el nivel con aplicación de vermicomposta, por otro lado, en el factor fertilización no se observaron diferencias significativas entre los niveles evaluados, así mismo, el tratamiento 7 (CHMA / SV / SF) obtuvo los mejores resultados en comparación al resto de los tratamientos excepto al tratamiento 3 (CHMA / SV / CF), el cual fue estadísticamente similar.

Por otra parte, en la variable concentración de potasio en hojas de calabaza no se observaron diferencias significativas en los factores, no obstante, el tratamiento 8 (SHMA / CV / SF) obtuvo los mejores resultados, aunque solamente fue estadísticamente diferente al tratamiento 4 (CHMA / CV / CF) y 5 (SHMA / CV / CF) por un 42% y un 25.82% respectivamente.

Por otro lado, en la variable de concentración nutrimental de calcio en hojas de calabaza se puede observar que sin inoculación micorrízica y sin aplicación de vermicomposta obtuvieron estadísticamente los mejores resultados por un 24% y 18% respectivamente, donde cabe señalar que en el factor fertilización no se observaron diferencias significativas entre los niveles, aunque cabe señalar que el tratamiento 5 (SHMA / CV / CF) obtuvo los mejores resultados, el cual se mostró estadísticamente diferente al resto de los tratamientos por un 30.32%, 30.46%, 36.47%, 41.09%, 49.41%, 57.26%, 79.67% correspondientemente.

Por otra parte, en la variable de concentración nutrimental de magnesio en hojas de calabaza en el factor inoculación micorrízica no se observaron diferencias estadísticas, aunque en los factores aplicación de vermicomposta y fertilización se puede observar que sin la aplicación de cada uno de ellos obtuvo estadísticamente los mejores resultados en comparación que con la aplicación de cada uno de ellos. El tratamiento 2 (SHMA / SV / CF) indujo estadísticamente la mejor concentración de magnesio en hojas de calabaza, aunque, solamente estadísticamente diferente a los tratamientos 4 (CHMA / CV / CF) y 5 (SHMA / CV / CF) por un 42.10% y un 35.52% respectivamente.

Cuadro 6. Concentración mineral de hojas de calabaza zucchini. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.

Factor	Nitrógeno	Fósforo	Potasio (%)	Calcio	Magnesio
Inoculación micorrízica					
con HMA	1.86±0.18 a	0.47±0.03 a	5.00±0.05 a	2.22±0.03 b	0.53±0.04 a
sin HMA	1.97±0.27 a	0.35±0.04 b	5.13±0.04 a	2.93±0.03a	0.59±0.05 a
Aplicación de vermicomposta					
con vermicomposta	1.77±0.17 a	0.36±0.03 b	5.00±0.06 a	2.31±0.37 b	0.45±0.03 b
sin vermicomposta	2.00±0.27 a	0.46±0.04 a	5.13±0.05 a	2.85±0.06 a	0.59±0.12 a
Fertilización					
Con	1.28±0.04 b	0.41±0.05 a	4.96±0.05 a	3.15±0.22 a	0.52±0.05 b

Sin inoculación micorrízica / aplicación de vermicomposta / Fertilización	2.54±0.19 a	0.41±0.05 a	5.17±0.05 a	2.01±0.20 a	0.61±0.09 a
T1 SHMA / SV / SF	1.21±0.18 c	0.22±0.006 d	5.47±0.06 a	2.55±0.02 d	0.71±0.05 a
T2 SHMA / SV / CF	2.95±0.69 a	0.47±0.03 b	5.59±0.08 a	3.01±0.02 bc	0.76±0.07 a
T3 CHMA / SV / CF	1.24±0.04 bc	0.57±0.03 a	5.65±0.07 a	3.07±0.06 b	0.61±0.03 ab
T4 CHMA / CV / CF	2.50±0.06 abc	0.29±0.013 c	3.30±0.06 c	2.19±0.06 e	0.44±0.04 bc
T5 SHMA / CV / CF	1.38±0.02 bc	0.32±0.009 c	4.22±0.05 b	4.32±0.15 a	0.27±0.06 c
T6 CHMA / CV / SF	2.68±0.10 ab	0.44±0.05 b	5.27±0.09 a	0.88±0.02 g	0.45±0.05 bc
T7 CHMA / SV / SF	1.33±0.08 bc	0.58±0.03 a	5.38±0.09 a	2.75±0.07 cd	0.63±0.06 ab
T8 SHMA / CV / SF	2.05±0.39 abc	0.42±0.05 b	5.69±0.06 a	1.85±0.06 f	0.63±0.05 ab

*Medias con letras iguales en cada columna y cada factor, son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$). HMA= Hongos micorrízicos arbusculares, SHMA= sin hongos micorrízicos arbusculares, SV= sin vermicomposta, SF= sin fertilización, CHMA= con hongos micorrízicos arbusculares, CV= con vermicomposta, CF= con fertilización.

Los resultados de concentración nutrimental de tallo de calabaza se muestran en el Cuadro 7 donde se observa en la variable de concentración de nitrógeno en tallo de calabaza que tanto en los factores inoculación micorrízica y aplicación de vermicomposta no se observaron diferencias estadísticas entre los niveles, aunque en el factor fertilización se puede observar que el nivel sin fertilización obtuvo significativamente los mejores resultados, por un 49.60 % en comparación al nivel con fertilización, así mismo, el tratamiento 2 (SHMA / SV / CF) obtuvo los mejores resultados aunque cabe señalar que fue estadísticamente ($P \leq 0.05$) similar a los tratamientos 4 (CHMA / CV / CF), 6 (CHMA / CV / SF) y 8 (SHMA / CV / SF) y 58.98 % mayor en comparación al resultado más bajo.

Por otra parte, en la variable de concentración de fósforo en hojas de calabaza se puede observar tanto en los factores inoculación micorrízica y aplicación de vermicomposta el nivel con aplicación de cada uno de ellos obtuvo significativamente los mejores resultados por un 3.84 % y un 17.85 % respectivamente, caso contrario en el factor fertilización donde se puede observar que el nivel sin fertilización obtuvo estadísticamente el mejor resultado por un 24.37 %. Así mismo, el tratamiento 7 (CHMA / SV / SF) y 8 (SHMA / CV / SF) obtuvieron los mejores resultados siendo estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos.

Por otra parte, en la variable de concentración de potasio en tallo de calabaza tanto en los factores como en los tratamientos no se observaron diferencias significativas, por

otro lado, en la variable de concentración de calcio en tallo de calabaza se puede observar tanto en los factores inoculación micorrízica y fertilización que sin la aplicación de cada uno de ellos obtuvieron estadísticamente los mejores resultados en un 5 % y 20.63 % respectivamente, aunque en el factor aplicación de vermicomposta no se observaron diferencias significativas entre los niveles, por otra parte, en el tratamiento 8 (SHMA / CV / SF) ocurrieron los valores más altos, estadísticamente diferente al resto de los tratamientos evaluados, 40.42 % mayor en comparación al resultado más bajo (T5 SHMA / CV / CF).

Por otro lado, en la variable de concentración de magnesio en tallo de calabaza, se observa que sin inoculación micorrízica y sin fertilización se tuvieron los mejores resultados por un 8.58 % y 20.17 % respectivamente, aunque en el factor aplicación de vermicomposta no se observaron diferencias estadísticas entre los niveles evaluados, por otro lado, en el tratamiento 8 (SHMA / CV / SF) se obtuvieron los mejores resultados, sin embargo, cabe señalar que solamente fue significativamente ($P \leq 0.05$) diferente a los tratamientos 7 (CHMA / SV / SF), 4 (CHMA / CV / CF), 2 (SHMA / SV / CF) y 5 SHMA / CV / CF en un 14.92 %, 16.41 %, 34.32 % y 38.80 % respectivamente.

Cuadro 7. Concentración mineral de tallo de calabaza zucchini. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.

Factor	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
	(%)				
Inoculación micorrízica					
con HMA	1.86±0.45 a	0.28±0.02 a	3.52±0.07 a	2.42±0.03 b	0.54±0.02 b
sin HMA	1.97±0.54 a	0.23±0.03 b	3.77±0.10 a	2.55±0.03 a	0.59±0.04 a
Aplicación de vermicomposta					
con vermicomposta	1.77±0.46 a	0.26±0.02 a	3.61±0.08 a	2.45±0.15 a	0.57±0.06 a
sin vermicomposta	2.00±0.61 a	0.25±0.02 b	3.68±0.07 a	2.52±0.06 a	0.57±0.05 a
Fertilización					
Con	1.28±0.19 b	0.22±0.01 b	3.60±0.09 a	2.23±0.07 b	0.50±0.08 b
Sin	2.54±0.34 a	0.29±0.02 a	3.69±0.07 a	2.74±0.10 a	0.63±0.02 a
inoculación micorrízica / aplicación de vermicomposta / Fertilización					
T1 SHMA / SV / SF	1.21±0.60 c	0.12±0.01 e	3.85±0.07 a	2.71±0.05 b	0.64±0.01 ab
T2 SHMA / SV / CF	2.95±0.45 a	0.24 ±0.03 c	3.69±0.09 a	2.24±0.11 def	0.44±0.06 d
T3 CHMA / SV / CF	1.24±0.55 bc	0.26±0.03 bc	3.61±0.06 a	2.54±0.06 bcd	0.61±0.04 abc
T4 CHMA / CV / CF	2.50±0.58 abc	0.20±0.02 d	3.95±0.10 a	2.17±0.04 ef	0.56±0.03 c
T5 SHMA / CV / CF	1.38±0.65 bc	0.20±0.02 d	3.20±0.08 a	1.96±0.06 f	0.41±0.05 d
T6 CHMA / CV / SF	2.68±0.48 ab	0.28±0.02 b	3.72±0.07 a	2.38±0.05 cde	0.64±0.07 ab

T7 CHMA / SV / SF	1.33±0.54 bc	0.38±0.01 a	3.75±0.06 a	2.60±0.08 bc	0.57±0.06 bc
T8 SHMA / CV / SF	2.05±0.75 abc	0.38±0.01 a	3.43±0.08 a	3.29±0.07 a	0.67±0.08 a

*Medias con letras iguales en cada columna y cada factor, son estadísticamente iguales (Tukey P≤ 0.05). HMA= Hongos micorrízicos arbusculares, SHMA= sin hongos micorrízicos arbusculares, SV= sin vermicomposta, SF= sin fertilización, CHMA= con hongos micorrízicos arbusculares, CV= con vermicomposta, CF= con fertilización.

Los resultados de concentración nutrimental de fruto de calabaza se muestran en el Cuadro 8. En él se muestra que la variable concentración de nitrógeno en frutos de calabaza, en el factor inoculación micorrízica no se observaron diferencias significativas entre los niveles evaluados, además, en los factores aplicación de vermicomposta y fertilización se observó que sin la aplicación de cada uno de ellos se mostraron estadísticamente los mejores resultados en un 9.52 % y 11.51 % correspondientemente, así mismo, el tratamiento 5 (SHMA / CV / CF) obtuvo los mejores resultados sin embargo es importante señalar que fue significativamente igual a los tratamientos 3 (CHMA / SV / CF) y 2 (SHMA / SV / CF) respectivamente, 64.52 % mayor en comparación al tratamiento con el resultado más bajo T1 (SHMA / SV / SF), por otra parte, en la variable concentración de fósforo en frutos de calabaza se puede observar que la inoculación micorrízica y la aplicación de vermicomposta mostraron estadísticamente los mejores resultados en un 17.85 % y 3.84 % respectivamente, aunque en el factor fertilización el nivel sin fertilización ocurrieron los mejores resultados, además, el tratamiento 7 (CHMA / SV / SF) y 8 (SHMA / CV / SF) tuvieron los mejores resultados en comparación al resto de los tratamientos evaluados, 68.42 % mayor en comparación al tratamiento con el resultado más bajo T1 (SHMA / SV / SF). Por otra parte, en la variable concentración de potasio en frutos de calabaza en el factor inoculación micorrízica es el nivel sin inoculación fue mejor.

Por otro lado, tanto en los factores aplicación de vermicomposta y fertilización no se observaron diferencias estadísticas, así mismo, en los tratamientos no se observaron diferencias significativas. Por otra parte, en la variable de calcio en frutos de calabaza se puede observar que sin la inoculación micorrízica y sin fertilización mostraron estadísticamente los mejores resultados, sin embargo, en el factor aplicación de vermicomposta no se observaron diferencias significativas entre los niveles evaluados,

sin embargo, en el tratamiento 8 se tuvo la mayor concentración nutrimental con el 40.42 % mayor relación al tratamiento con los valores más bajos T5 (SHMA / CV / CF). Por otra parte, en la variable concentración de magnesio en frutos de calabaza se encontró que sin inoculación micorrízica y sin aplicación de fertilizante tuvieron los valores más altos, donde cabe señalar que en el factor aplicación de vermicomposta no se observaron diferencias significativas entre los niveles evaluados. Sin embargo, en el tratamiento 8 (SHMA / CV / SF) ocurrió la mejor concentración de magnesio en frutos, aunque cabe señalar que fue significativamente ($P \leq 0.05$) igual a los tratamientos 6 (CHMA / CV / SF), 1 (SHMA / SV / SF) y 3 (CHMA / SV / CF) y mayor por un 14.92 % T6 (CHMA / SV / SF), 16.41 % (T4 CHMA / CV / CF), 34.32 % (T2 SHMA / SV / CF), 38.80 % (T5SHMA / CV / CF) respectivamente.

Cuadro 8. Concentración mineral de fruto de calabaza zucchini. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.

Factor	Nitrógeno	Fósforo	Potasio (%)	Calcio	Magnesio
Inoculación micorrízica					
con HMA	1.74±0.35 a	0.28±0.03 a	3.11±0.10 b	2.42±0.02 b	0.54±0.04 b
sin HMA	1.86±0.42 a	0.23±0.07 b	3.40±0.08 a	2.55±0.03 a	0.59±0.03 a
Aplicación de vermicomposta					
con vermicomposta	1.71±0.28 b	0.26±0.09 a	3.19±0.14 a	2.45±0.03 a	0.57±0.02 a
sin vermicomposta	1.89±0.39 a	0.25±0.05 b	3.32±0.11 a	2.52±0.03 a	0.57±0.02 a
Fertilización					
Con	1.69±0.19 b	0.22±0.04 b	3.18±0.09 a	2.23±0.04 b	0.50±0.03 b
Sin	1.91±0.21 a	0.29±0.03 a	3.34±0.14 a	2.74±0.02 a	0.63±0.04 a
inoculación micorrízica / aplicación de vermicomposta/ Fertilización					
T1 SHMA / SV / SF	1.00±0.19 c	0.12±0.02 e	3.70±0.08 a	2.71±0.01 b	0.64±0.02 ab
T2 SHMA / SV / CF	4.45±0.38 a	0.24±0.05 c	3.38±0.07 a	2.24±0.02 def	0.44±0.01 d
T3 CHMA / SV / CF	2.52±0.24 a	0.26±0.08 bc	3.21±0.13 a	2.54±0.04 bcd	0.61±0.03 abc
T4 CHMA / CV / CF	1.49±0.21 b	0.20±0.04 d	3.32±0.11 a	2.17±0.06 ef	0.56±0.02 c
T5 SHMA / CV / CF	2.67±0.35 a	0.20±0.03 d	3.21±0.07 a	1.96±0.04 f	0.41±0.02 d
T6 CHMA / CV / SF	1.46±0.29 bc	0.28±0.04 b	2.99±0.09 a	2.38±0.03 cde	0.64±0.03 ab
T7 CHMA / SV / SF	1.45±0.17 bc	0.38±0.07 a	3.23±0.11 a	2.60±0.01 bc	0.57±0.04 bc
T8 SHMA / CV / SF	1.38±0.25 bc	0.38±0.05 a	3.03±0.13 a	3.29±0.07 a	0.67±0.04a

*Medias con letras iguales en cada columna y cada factor, son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$). HMA= Hongos micorrízicos arbusculares, SHMA= sin hongos micorrízicos arbusculares, SV= sin vermicomposta, SF= sin fertilización, CHMA= con hongos micorrízicos arbusculares, CV= con vermicomposta, CF= con fertilización.

Los resultados de longitud, diámetro y peso de fruto de calabaza se muestran en el Cuadro 9, donde se muestra que tanto la inoculación micorrízica, la aplicación de vermicomposta y fertilización influyeron para alcanzar los valores más altos en peso de frutos de calabaza en un 29.74 %, 11.82 % y 25.81 % respectivamente. Por otra parte, en el tratamiento 6 (CHMA / CV / SF) se obtuvieron los mejores resultados en

comparación con resto de los tratamientos evaluados, 78.17 % mayor en comparación al tratamiento con el resultado más bajo.

Con respecto a la variable de longitud de frutos, en los tratamientos con inoculación micorrízica y la aplicación de fertilizante se los mejores resultados en un 11.17 % y un 6.12 % respectivamente, donde cabe señalar que en el factor fertilización no se observaron diferencias estadísticas entre los niveles evaluados. Así mismo, en el tratamiento 6 (CHMA / CV / SF) se tuvieron los mejores resultados, aunque cabe señalar que fue estadísticamente similar al tratamiento 7 (CHMA / SV / SF).

Por otro lado, en la variable diámetro de fruto con la inoculación micorrízica, la aplicación de vermicomposta y fertilización indujeron los mejores resultados en comparación al nivel sin aplicación de cada uno de ellos en un 12.45 %, 85.14 %, 15.37 % respectivamente, de igual manera, el tratamiento 8 (SHMA / CV / SF) promovió los mejores resultados, aunque cabe señalar que solamente fue estadísticamente diferente a los tratamientos 1 (SHMA / SV / SF) y 5 (SHMA / CV / CF) en un 41.83 % y un 30.36 % respectivamente.

Cuadro 9. Características físicas del fruto de calabaza zucchini. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.

Factor	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (mm)
Inoculación micorrízica			
con HMA	162.79±7.95 a	14.58±0.33 a	49.87±2.20 a
sin HMA	114.37±6.41 b	12.95±0.15 b	43.66±1.29 b
Aplicación de vermicomposta			
con vermicomposta	147.29±4.98 a	13.55±0.24 a	50.50±2.03 a
sin vermicomposta	129.87±10.93 b	13.58±0.34 a	43.04±1.48 b
Fertilización			
Con	159.12±7.22 a	14.20±0.30 a	50.66±1.95 a
Sin	118.04±8.51 b	13.33±0.27 b	42.87±1.49 b
inoculación micorrízica / aplicación de vermicomposta / Fertilización			
T1 SHMA / SV / SF	60.33±2.05 e	12.66±0.14 d	33.83±1.54 d
T2 SHMA / SV / CF	128.83±3.57 cd	13.16±0.26 cd	47.50±1.55 abc
T3 CHMA / SV / CF	132.33±3.67 cd	13.16±0.21 cd	46.66±1.42 abc
T4 CHMA / CV / CF	136.00±5.01 cd	13.33±0.35 cd	46.66±1.06 abc
T5 SHMA / CV / CF	113.50±8.77 d	12.66±0.29 cd	40.50±2.27 cd
T6 CHMA / CV / SF	216.83±8.79 a	16.33±0.42 a	50.33±1.53 ab
T7 CHMA / SV / SF	166.00±12.52 b	15.33±0.40 ab	50.50±1.70 ab
T8 SHMA / CV / SF	154.83±8.39 bc	14.00±0.45 bc	58.16±2.45 a

*Medias con letras iguales en cada columna y cada factor, son estadísticamente iguales (Tukey P≤ 0.05). HMA= Hongos micorrízicos arbusculares, SHMA= sin hongos micorrízicos arbusculares, SV= sin vermicomposta, SF= sin fertilización, CHMA= con hongos micorrízicos arbusculares, CV= con vermicomposta, CF= con fertilización.

El peso de frutos por planta y el rendimiento por ha⁻¹ (Cuadro 10) fue influenciado tanto por la inoculación micorrízica, aplicación de vermicomposta y la aplicación de fertilización siendo estadísticamente diferente en comparación a los niveles donde no se realizó aplicación por 32.63 %, 12.75 %, 26.01 % respectivamente, por otro lado, en el tratamiento 6 (CHMA / CV / SF) se tuvieron los mejores resultados en peso de frutos por planta y rendimiento por ha⁻¹, donde fue estadísticamente mayor al resto de los tratamientos evaluados. 72.33 % mayor en comparación al tratamiento que mostro los resultados más bajos T1 (SHMA / SV/ SF).

Cuadro 10. Rendimiento de calabaza zucchini. Culiacán, Sinaloa, 2021-2023.

Factor	Rendimiento por planta (g)	Rendimiento (T ha ⁻¹)
Inoculación micorrízica		
con HMA	1623.00±89.59 a	19476.00±1075.10 a
sin HMA	1093.37±78.29 b	13120.50±939.48 b
Aplicación de vermicomposta		
con vermicomposta	1450.68±50.91 a	17408.25±610.97 a
sin vermicomposta	1265.68±140.61 b	15188.25±1687.40 b
Fertilización		
Con	1561.31±85.62 a	18735.75±1027.45 a
Sin	1155.06±103.31 b	13860.75±1239.77 b
inoculación micorrízica / aplicación de vermicomposta / Fertilización		
T1 SHMA / SV/ SF	579.25±14.15 e	6951±169.80 e
T2 SHMA / SV / CF	1252.25±21.46 cd	15027±257.52 c
T3 CHMA / SV / CF	1210.25±36.74 cd	14523±440.89 cd
T4 CHMA / CV / CF	1331.75±23.69 cd	15981±284.36 c
T5 SHMA / CV / CF	1137.25±49.71 d	13647±596.53 d
T6 CHMA / CV / SF	2094.00±31.72 a	25128±380.64 a
T7 CHMA / SV / SF	1693.50±34.33 b	20322±411.99 b
T8 SHMA / CV / SF	1567.25±24.26 b	18807±291.16 b

*Medias con letras iguales en cada columna y cada factor, son estadísticamente iguales (Tukey P≤ 0.05). HMA= Hongos micorrízicos arbusculares, SHMA= sin hongos micorrízicos arbusculares, SV= sin vermicomposta, SF= sin fertilización, CHMA= con hongos micorrízicos arbusculares, CV= con vermicomposta, CF= con fertilización.

VIII. DISCUSIÓN

Las variables que influyeron en el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de calabaza zucchini fueron influenciadas por distintos factores, como la inoculación micorrízica, la aplicación de vermicomposta y la aplicación de fertilización química. En el T6 (CHMA / CV / SF), se tuvieron los mejores resultados en colonización micorrízica y en abundancia de esporas de hongos micorrízicos arbusculares, esto pudo deberse, a que dicho tratamiento fue inoculado con HMA aislados de la zona de producción, lo que garantiza una mejor adaptación, ya que, las condiciones climáticas de donde se extrajeron dichos HMA son las mismas condiciones donde se estableció el cultivo (Quiñonez, 2019), además, la incorporación de vermicomposta propició el aumento de materia orgánica en el suelo, y esto puede disminuir la densidad aparente del suelo, es decir, puede aumentar la porosidad total, principalmente de los poros de mayor tamaño evitando los procesos de compactación (Quiroga *et al.*, 2016), lo que resulta en una ventaja para el desarrollo del hongo micorrízico, además, se ha demostrado que en presencia de materia orgánica las hifas del HMA tienen facilidad de proliferación debido a que son áreas en descomposición, de las cuales el hongo se puede beneficiar en términos de adquisición de nitrógeno (Hodge, 2017).

Por lo contrario, en los tratamientos donde se aplicó fertilización química se observó que hubo una afectación en el establecimiento de la simbiosis micorrízica (Balderas-Alba *et al.*, 2019; Luna *et al.*, 2020), debido a que, si hay una mayor concentración de estos elementos en forma iónica que sean asimilables por la planta, se limita la necesidad de la simbiosis disminuyendo la esporulación del hongo (Ping *et al.*, 2014; Botía y Peña, 2018). Resultados similares se encontraron en la investigación de Lara *et al.* (2021), quienes encontraron que al aplicar vermicomposta se produjo una mayor colonización micorrízica y la esporulación en el suelo.

Por otra parte, al contenido nutrimental de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio en tallo, hoja y fruto se observó que la interacción de la inoculación de HMA y vermicomposta puede favorecer una mayor absorción de los elementos e incrementar el desarrollo de las plantas principalmente por el efecto nutricional que esta

combinación aporta, sin embargo, existen otros mecanismos por los cuales los hongos pudieron afectar el desarrollo vegetal, tal es el caso de una mejora en la estructura del suelo, incremento en la humedad del suelo, inducción de tolerancia al estrés ambiental, mayor tasa fotosintética, entre otros efectos distintos a los nutricionales reportados (Arias *et al.*, 2019). Así mismo, al incorporar vermicomposta el suelo tiene mejor retención de humedad (Aguilar-Benítez *et al.*, 2012), lo cual favorece el movimiento de los elementos que son solubles y que están de manera disponible para la planta, mejorando la producción y rendimiento (Díaz-Méndez *et al.*, 2014; Moreno-Reséndez *et al.*, 2015; Sánchez-Hernández *et al.*, 2016). Datos similares fueron encontrados en la investigación por Ricárdez *et al.* (2020), en cultivo de cacao, donde la concentración de fósforo fue mayor al resto de sus tratamientos por el contenido de vermicomposta aplicada.

Los mejores resultados respecto a respiración microbiana y materia orgánica fueron arrojados por el tratamiento 4 (CHMA / CV / CF), 6 (CHMA / CV / SF), 7 (CHMA / SV / SF) y 8 (SHMA / CV / SF), esto pudo deberse a que, el uso de abonos orgánicos y microorganismos van de la mano con la respiración microbiana, debido a que mediante el uso de los abonos orgánicos, se aportan sustancias ricas en carbono, los cuales promueven un aumento de la actividad microbiana (Félix-Herrán *et al.*, 2008). Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Ricardez-Perez *et al.*, (2020) en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Ya que, la alta liberación de CO₂ corresponde al mayor contenido de carbono cuya disponibilidad resulta inmediata en los abonos orgánicos (Santibáñez *et al.*, 2006). Álvarez y Anzueto (2004) reportan la materia orgánica enriquece de CO₂ en suelos de uso agrícola, aunque el uso de productos sintéticos como los fertilizantes compuestos por macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio disminuyen la actividad microbiana del suelo, reduciendo la microflora benéfica para las plantas, como bacterias solubilizadoras de fósforo, bacterias promotoras del crecimiento vegetal y hongos formadores de micorrizas (Gosling *et al.*, 2006). López *et al.*, (2001) mencionan que la utilización de fertilizantes sintéticos disminuye la población microbiana, pero, por el contrario, la utilización de

abonos orgánicos mejora la humedad del suelo y por consiguiente los nutrientes del suelo.

Por otra parte, las características de peso y longitud de fruto, fueron mayormente estimuladas por el tratamiento 6 (CHMA / CV / SF) y los resultados de diámetro de fruto por el tratamiento 8 (SHMA / CV / SF), del mismo modo que la producción por planta y hectárea donde sobresalió el tratamiento 6 (CHMA / CV / SF) y eso se explica porque el uso de biofertilizantes a base de hongos genera una mejor absorción de nutrientes del suelo, fertilidad del suelo, biodegradan sustancias, favorecen la asociación microbiana, por ende, estimulan el crecimiento para las plantas y productividad (Carvajal y Mera, 2010; Sedano *et al.*, 2011; Díaz *et al.*, 2016). En particular, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) aportan beneficios como la promoción del crecimiento y mayor nutrición mineral de la planta cultivada (Díaz *et al.*, 2013; Díaz *et al.*, 2016). Lo cual se asemeja a los resultados obtenidos por Aguilar en un trabajo con vermicomposta y auxinas en calabaza zucchini en Texcoco, México en 2022. Y en la investigación de Martínez en 2021, quienes evaluaron hongos micorrízicos arbusculares sobre la producción de calabacita verde. En los estudios mencionados se observó mejor calidad del fruto y se obtuvieron los mayores rendimientos de calabaza.

IX. CONCLUSIONES

El inóculo de HMA (*Claroideoglossum claroideum*) resultó ser infectivo en plantas de calabaza zucchini (*Cucurbita pepo* L.). Además, los tratamientos que incluyeron HMA (T3 (CHMA / SV / CF), T4 (CHMA / CV / CF), T6 (CHMA / CV / SF) y T7 (CHMA / SV / SF)) incrementaron el crecimiento, absorción de fósforo y producción de calabaza zucchini (*Cucurbita pepo* L.) en comparación con los tratamientos sin HMA. Del mismo modo, la incorporación de vermicomposta (T4 (CHMA / CV / CF), T5 (SHMA / CV / CF), T6 (CHMA / CV / SF) y (T8 SHMA / CV / SF) incidió de manera positiva en la absorción de nutrientes, crecimiento y producción de calabaza zucchini (*Cucurbita pepo* L.) respecto de los tratamientos sin aplicación de vermicomposta. Así mismo, el uso combinado de HMA y vermicomposta en la producción de calabaza zucchini (*Cucurbita pepo* L.) incidió en la producción, crecimiento y absorción nutricional de plantas de calabaza, además los tratamientos con vermicomposta y HMA influyeron de forma positiva en el incremento de materia orgánica y respiración microbiana del suelo, lo que se ve reflejado en una mayor fertilidad del suelo. Por lo anterior, el uso de hongos micorrízicos arbusculares y vermicomposta, puede ser una alternativa a la sobre fertilización química en el cultivo de calabaza zucchini.

X. LITERATURA CITADA

- Agbede, T. M., Aboyeji, C. M., Dunsin, O., y Simeon, V. T. (2019). Effects of biochar and poultry manure on soil characteristics and the yield of radish. *Scientia Horticulturae*, 243, 457-463. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.048>
- Aguilar-Benítez, G., Peña-Valdivia, C. B., García-Nava, J. R., Ramírez-Vallejo, P., Benedicto-Valdés, S. G., y MolinaGalán, J. D. (2012). Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia*, 46(1), 37-50.
- Aguilar-Carpio, C., Cervantes-Adame, Y. F., Sorza-Aguilar, P. J. y Escalante-Estrada, A. S. E. (2022). Crecimiento, rendimiento y rentabilidad de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) fertilizada con fuentes químicas y biológicas. *Terra Latinoamericana*, 40, 1-12. e1059. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1059>
- Alvarado-Camarillo, D., Valdez-Aguilar, L. A., Cepeda-Dovala, J. M., Rubí-Arriaga, M., y Pineda-Pineda, J. (2021). Aplicación fraccionada de fertilizantes vía fertirriego y la eficiencia del nitrógeno, fósforo y potasio en calabacita. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7(1), 1-9. <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071001>
- Andagoya, F. J., Rivero, H. M. (2019). “Respuesta agronómica del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L) a la aplicación de quitosano, hongos micorrízicos arbusculares y ácidos húmicos bajo condiciones protegidas”. Universidad técnica estatal de Quevedo.
- AOAC. (1980). *Official methods of analysis*. 13 ed. Washington: AOAC, 1018p.
- Apáez-Barrios, P., Lara-Chávez, M. B. N., Apáez-Barrios, M., y Raya-Montaño, Y. A. (2019). Producción y rentabilidad de calabacita con aplicación de zeolita y fertilizante químico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 23(especial), 211- 221. <http://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2022>
- Apáez-Barrios, P., Lara-Chávez, M. B. N., Apáez-Barrios, M., y Raya-Montaño, Y. A. (2019). Producción y rentabilidad de calabacita con aplicación de zeolita y fertilizante químico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 23 (especial), 211- 221. <http://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2022>

- Aponte, O. G. (2023). Efecto de Agrozoil en el control de Mildiú Velloso (*Pseudoperonospora cubensis*) en el cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) variedad Modena. Universidad Tecnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38282/1/Tesis364%20Ingenier%3%20ADa%20Agron%C3%B3mica%20%20Aponte%20Oca%C3%B1a%20Myrian%20Graciela.pdf>
- Arias, M. R. M., Romero, F. A. J., Bañuelos, T. J., Cruz, E. Y. (2019). Inoculación de hongos solubilizadores de fósforo y micorrizas arbusculares en plantas de jitomate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1558>
- Ayala-Tafoya, F., G. A. López-Urquidez, J. M. Parra-Delgado, J. E. RetesManjarrez, C. A. López-Orona y M. G. Yáñez-Juárez. (2020). Vermicomposta, auxinas sintéticas y producción de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en invernadero. Terra Latinoamericana 38: 257-265. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.620>
- Azcón R. (2000). Papel de la simbiosis micorrízica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. En: Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular. Alarcón A. y FerreraCerrato (eds.). IRENAT-Colegio de Postgraduados, Montecillo. Mundi Prensa, México 251 p.
- Balderas-Alba, A., Luna-Esquivel, G. and VegaFrutis, R., (2019). Arbuscular mycorrhizal colonization in avocado orchards with two different farm management practices. Interciencia, 44, pp. 649-652.
- Barragán, C. (2020). Cucurbita pepo pepo. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM). http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20870_sg7.pdf
- Beare, M., Hu, S., Coleman, D., y Hendrix, P. (1997). Influences of mycelial fungi on soil aggregation and organic matter storage in conventional and no-tillage soils. Applied Soil Ecology, 5, 211-219.
- Begum, N., C. Qin, M. A. Ahanger, S. Raza, M. I. Khan, M. Ashraf, N. Ahmed, and L. Zhang. (2019). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: Implications in

abiotic stress tolerance. *Front. Plant Sci.* 10: Article 1068. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01068>.

Briones Arriaga Niurka Kaina. (2023). "Importancia de la lombriz roja californiana *Eisenia étida* y su comercialización". Universidad Técnica de Babahoya. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/14022/E-UTB-FACIAG-AGRON-000061.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Cadet-Díaz, S. y Guerrero-Escobar, S. (2018). Factores que determinan los rendimientos de la producción de maíz en México: evidencia del censo agropecuario 2007. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15: 311-337. <http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v15n3/1870-5472-asd-15-03-311-en.pdf>.

Calhim, S., P. Halme, J. H. Petersen, T. Læssøe, C. Bässler, and J. Heilmann-Clausen. (2018). Fungal spore diversity reflects substrate-specific deposition challenges. *Sci. Rep.* 8: Article 5356. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23292-8>.

Carvajal-Muñoz, J. S., y Mera-Benavides, A. C. (2010). Fertilización biológica: técnica de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Producción + Limpia*, 5(2), 77-96.

Cesaro, P., D. van Tuinen, A. Copetta, O. Chatagnier, G. Berta, S. Gianinazzi, y G. Lingua. (2008). Preferential colonization of *Solanum tuberosum* L. roots by the fungus *Glomus intraradices* in arable soil of a potato farming area. *Appl. Environ. Microbiol.* 74: 5776-5783. doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.00719-08>.

Cesaro, P., D. van Tuinen, A. Copetta, O. Chatagnier, G. Berta, S. Gianinazzi, y G. Lingua. (2008). Preferential colonization of *Solanum tuberosum* L. roots by the fungus *Glomus intraradices* in arable soil of a potato farming area. *Appl. Environ. Microbiol.* 74: 5776-5783. doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.00719-08>.

Chandra, S. and H. K. Kehri. (2006). *Biotechnology of VA Mycorrhiza: Indian scenario*. New India Publishing Agency. New Delhi, India. ISBN: 978-8189422226.

Chugchilan, B., G., Zambrano C., (2021); "Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento del raquis del orito (*Musa acuminata*) en el cantón La Maná recinto San José del Estero. UTC. La Maná. 60 p.

- Delavaux, C. S., P. Weigelt, W. Dawson, J. Duchicela, F. Essl, M. van Kleunen, C. König, J. Pergl, P. Pyšek, A. Stein, M. Winter, P. Schultz, H. Kreft, and J. Bever. (2019). Mycorrhizal fungi influence global plant biogeography. *Nat. Ecol. Evol* 3: 424-429. doi: <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0823-4>.
- Díaz F., A., Alvarado C., M., Alejandro A. F., y Ortiz C., F. E. (2016). Crecimiento, nutrición y rendimiento de calabacita con fertilización biológica y mineral. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31(4), 445-453. <http://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.04.08>
- Díaz F., A., Ortiz C., F. E., Lozano C., M. G., Aguado S., A. G., y Grageda C., O. A. (2013). Growth, mineral absorption, and yield of maize inoculated with microbe strains. *African Journal of Agricultural Research*, 8(28), 3764-3769. <http://doi.org/10.5897/AJAR2012.6662>
- Díaz-Méndez, H. A., Preciado-Rangel, P., Álvarez-Reyna, V. P., Fortis-Hernández, M., García-Hernández, J. L., y Sánchez-Chávez, E. (2014). Producción orgánica y capacidad antioxidante de frutos de pepino. *ITEA*, 110(4), 335-342. <http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.021>
- Durán, L., y Henríquez, C. (2007). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, Vol 31(No. 1), Pp 41-51. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43631105>
- Echegaray, A. (1991). *Prácticas del Curso: Microbiología del Suelo*. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 47 p. (mimeo.).
- Edika, C. (2017). Producción del zucchini (*Cucurbita pepo* L.) con la aplicación de abonos orgánicos. Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4117/1/UTC-PIM-000085.pdf>
- Espinosa V. D. (2000). Diálogo Molecular: Hongo Micorrízico arbuscular-raíz. En: *Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular*. Alarcón A. y FerreraCerrato (eds.). IRENAT-Colegio de Postgraduados, Montecillo. Mundi Prensa, México 251 p.

- Espinosa-Palomeque, B., Cano-Ríos, P., Salas-Pérez, L., González-Rodríguez, G., A. Reyes-González, A., AyalaGaray, A. V., & Preciado-Rangel, P. (2020). Vermicompost on the production and nutraceutical quality of jalapeño pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(4), 795-803. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.605>
- Etchevers, J. D. (1987). Determinación de nitrógeno en suelos. In: Aguilar, S. A.; Etchevers, J. D. y Castellanos, R. J. Z. (Eds.). *Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo*. Publicación Especial Núm. 1. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 45-83 pp.
- FAOSTAT. 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division [En línea] <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>. (Consultado 09 de junio de 2022).
- Fernández, G. (2020). Influencia de las hormonas vegetales en el desarrollo y crecimiento del cultivo de Zucchini (*Cucurbita pepo*), en la zona de Babahoyo. Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/7962/TEUTB-FACIAG-ING%20AGROP-000099.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Frey, S. D. (2019). Mycorrhizal fungi as mediators of soil organic matter dynamics. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 50: 237-259. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110617-062331>.
- Gallegos, E. (2019). Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo de Zucchini (*Cucurbita pepo* L.), mediante el lisímetro volumétrico en la parroquia Malacatos sector "San José". Universidad Nacional de Loja, Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21593/1/Edwin%20Benjam%C3%ADn%20Gallegos%20Tandazo.pdf>
- Garbanzo-León, G., y Vargas-Gutiérrez, M. (2017). Actividad microbial en sustratos y análisis de crecimiento en almácigos de tomate en Guanacaste, Costa Rica. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), 159-169. <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.6345>
- Gerdemann, J. W. and Nicolson, T. H. (1963) 'Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting', *Transactions of the British mycological Society*, vol. 46, pp. 235–244. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/667/cap7.pdf>

- Gianinazzi, V., Diem, T. Clerver Y. y Loquers S. Relation between the critical concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in 17 different vegetables crops and duration of growth. *J. Sci. Food. Agric* 31(12):1343-135.
- Guo, Y, Ni Y, Huang J. (2010). Effects of Rhizobium, arbuscular mycorrhiza and lime on nodulation, growth and nutrient uptake of lucerne in acid purplish soil in China. *Tropical Grasslands*. 44: 109-114.
- Hernández C. L., Guadarrama C. P., Sánchez G. I. y Ramos Z. J. (2008). Micorriza Arbuscular, colonización intraradical y extracción de esporas del suelo. En: Álvarez S. J. y Monroy A. A. (compiladores). *Técnicas de estudio de las asociaciones micorrízicas y sus implicaciones en la restauración*. UNAM. Facultad de Ciencias. P 232.
- Jaramillo, G. L. (2018). Hongos micorrízicos arbusculares de la rizosfera de olivo en las condiciones físicas y químicas de suelo en el alto de Ricaurte, Boyacá-Colombia. Colombia.
- Kale, R. D., Mallesh, B. C., Kubra, B., y Bagyaraj, D. J. (1992). Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field. *Soil Biology and Biochemistry*, 24(12), 1317- 1320. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(92\)90111-A](https://doi.org/10.1016/0038-0717(92)90111-A)
- Kováčik, P., Šimanský, V., Smoleň, S., Neupauer J., and Olšovská, K. (2022). "The Effect of Vermicompost and Earthworms (*Eisenia fetida*) Application on Phytomass and Macroelement Concentration and Tetanic Ratio in Carrot" *Agronomy* 12, no. 11: 2770. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112770>
- Lara, C. L., Zulueta, R. R., Reyes, P. J., Murillo, A. B., Ledea, R. J., Hernandez, M. L. (2021). Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with field-grown zucchini pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) using plastic padding. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*. DOI: 10.28940/terra.v39i0.834
- Lara-Caístrán, Ledea-Rodríguez, Zulueta-Rodríguez, Ávila-Quezada, Gómez-Merino y Hernandez- Montiel. (2022). Efecto del acolchado plástico y lombricomposta sobre la eficiencia de hongos micorrízicos arbusculares en *cucurbita pepo* L. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 25 (2022): #022. ISSN: 1870-0462.

- Larco, E. (2004). Desarrollo y evaluación de lixiviados de compost y lombricompost para el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano. Tesis de Magister Scientine, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Programa de Educación para el desarrollo y la conservación. Escuela de Posgrado, Turrialba. Obtenido de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4776/Desarrollo_y_evaluacion_de_lixiviados.pdf;jsessionid=2B87E18F791087457990B23B11CC1900?sequence=1
- Le Pioufle, O., M. Ganoudi, M. Calonne-Salmon, F. Ben Dhaou, and S. Declerck. (2019). *Rhizophagus irregularis* MUCL 41833 improves phosphorus uptake and water use efficiency in maize plants during recovery from drought stress. *Front. Plant Sci.* 10: Article 897. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00897>.
- Lehmann A, Rillig, MC. (2015). Arbuscular mycorrhizal contribution to copper, manganese and iron nutrient concentrations in crops-A meta-analysis. *Soil Biology and Biochemistry.* 81: 147-158
- Lekberg, Y., R. T. Koide, J. R. Rohr, L. Aldrich-Wolfe, and J. B. Morton. (2008). Role of niche restrictions and dispersal in the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *J. Ecol.* 95: 95-105. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01193.x>.
- Leogrande R, Lopedota O, Fiore A, Vitti C, Ventrella D, Montemurro F. (2013). Previous crops and organic fertilizers in lettuce: effects on yields and soil properties. *Journal of Plant Nutrition.* 36: 1945-1962.
- Liang, S.M., Ren, C., Wang, P.J., Wang, X.T., Li, Y.S., Xu, F.H., Wang, Y., Dai, Y.Q., Zhang, L., Li, X.P., Zhan, K., Yang, Q.F. and Sui, Q.J., (2018). Improvements of emergence and tuber yield of potato in a seasonal spring arid region using plastic film mulching only on the ridge. *Field Crops Research*, pp. 223, 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.03.012>
- Limachi M, E. (2018). Evaluar El Efecto De Tres Dosis De Sustratos En La Alimentación De La Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foétida*) Con Estiércol Bovino Y Aserrín

Descompuesto En Sapecho Alto Beni. Universidad Mayor De San Andrés Facultad De Agronomía Carrera De Ingeniería Agronómica Programa De Ingeniería En Agronomía Tropical.

López-Calderón, M. J., Figueroa-Viramontes, U., Fortis Hernández, M., Núñez-Hernández, G., Ochoa, E., y Sánchez-Duarte, J. (2015). Evaluación de dosis equivalentes de fertilizante y estiércol en la producción de maíz forrajero (*Zea mays*). *Phyton*, 84, 8-13.

Luna, Q.J.C., Zapana, P.J.G., Cutipa, L.A.M. and Florida, R.N., (2020). Effect of mycorrhiza (*Glomus intrarradices*), on the yield of two potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) in the Puno Altiplano-Peru. *Journal of High Andean Research*, 22, pp. 58-67. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.535>

Mamani, L. (2019). Efecto de abonos organicos en dos variedades de zucchini (*Cucúrbita pepo*) en la comunidad de Chanurani municipio de Palca. Universidad Mayor de San Andres, La Paz. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/23731/T2719.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martin, R. (2020). Tratamiento De Residuos Orgánicos Mediante Vermicompostaje: Interacciones lombriz-Microorganismo y Aplicaciones Biotecnológicas Del Vermicompost. Tratamiento De Residuos Vermicompost. (Tesis De Grado En Biología) Universidad de Laguna, España. Obtenido De <https://riull.uil.es/xmlui/bitstream/handle/915/21696/Tratamiento%20de%20residuos%20organicos%20mediante%20vermicompostaje%20interacciones%20lombriz-Microorganismos%20y%20aplicaciones%20biotecnologicas%20del%20vermicompost.Pdf?Sequence=1&isallowed=Y>

Martínez Torrijos, E. (2021). Inoculación de calabacita verdura con cepas de hongos micorrízicos arbusculares. Repositorio de la Universidad Autónoma de Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/handle/123456789/1497>

Méndez, H. (2015). Uso de subproductos de cosecha de cacao, palma aceitera y raquis de banano en la producción del humus con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Unidad de Estudios a

Distancia Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2365/1/T-UTEQ-0277.pdf>

Moreno-Reséndez, A., Hernández-García, R., Rodríguez-Dimas, N., Reyes-Carrillo, J. L., Márquez-Quiroz, C., y Preciado-Rangel, P. (2015). Development of "Serrano" pepper in vermicompost: Perlite substrates under shade net conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(12), 897-902. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2015-04-092>

Moreno-Reséndez, Reyes-Carrillo, o Preciado-Range, Ramírez-Aragón y Moncayo-Luján. (2019). Desarrollo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) con diferentes fuentes de fertilización bajo condiciones de invernadero. Fertilización mineral y orgánica *Ecosist. Recur. Agropec.* 6(16):145-151,2019. DOI: 10.19136/era.a6n16.1803 ISSN: 2007-9028 E. ISSN: 2007-901X

Mukerji K. G., Chamola B. P. y Singh J. (2000). *Mycorrhizal Biology*. Kluwer Academic Plenum Publishers, New York, USA. 336 p.

Muñoz Cervantes. (2013). "Consortios de hongos micorrizógenos arbusculares asociados a seis especies vegetales provenientes de matorral xerófilo". México.

Ochoa T, J. B. (2020). "Producción De Humus De Lombriz De Tierra (*Eisenia Foetida* Savigny), A Partir De Escobajo De Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Y Gallinaza, En Sector Neshuya- Curimaná, Provincia De Padre Abad." *La Planificación Curricular Y El Desarrollo De Los Proyectos Pedagógicos De Aula De Las I.E.I N° 269 Y 321 Del Distrito De Callería – Pucallpa – 2017*, 98 109.

Ortega, C. (2015). Características agronómicas y rendimiento de cultivares de zucchini en Champerico. Universidad Rafael Landívar. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/03/Ortega-Cesar1.pdf>

Palacios, C. (2023). *Rhizobium* y hongos formadores de micorrizas: alternativa biotecnológica en cultivares de caraotas (*Phaseolus vulgaris*).

Pantoja Medina, B. (2020). Efecto de los microorganismos eficientes y restos vegetales en la calidad de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.)

- Pérez-Vázquez, A., Del Ángel-Ocampo, M., Sánchez-Hernández, C., Taborda-Bustillo, P. C., y García-Pérez, E. (2021). Estudio del agroecosistema con calabaza pipián en Cantarranas, Paso de Ovejas, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(5), 823-834. <http://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2261>
- Phillis, J.M., and Hayman, D S. (1970). Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British mycological Society*, 55(1), 158-181.
- Porras A. A., Herrera J., Sinsabaugh R.L., Odenbach K. J., Lowrey T. & Natvig D. O. (2008). Novel root fungal consortium associated with a dominant desert grass. *Applied and environmental microbiology* 74(9): 2805-2813.
- Puente, E. (2020). *Azospirillum brasilense* and solarized manure on the production and phytochemical quality of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomy*, 10(12), 1956. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121956>
- Quiñones-Aguilar, E. E., L. Hernández Cuevas, L. López Pérez y G. Rincón Enríquez. (2019). Efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de rizósfera de *Agave* como promotores de crecimiento de papaya. *Terra Latinoamericana* 37: 163-174. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.397>
- Quiñones-Aguilar, E. E., L. Hernández Cuevas, L. López Pérez y G. Rincón Enríquez. 2019. Efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de rizósfera de *Agave* como promotores de crecimiento de papaya. *Terra Latinoamericana* 37: 163-174. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.397>
- Ravnskov, S., C. Cabral, and J. Larsen. (2020). Mycorrhiza induced tolerance in *Cucumis sativus* against root rot caused by *Pythium ultimum* depends on fungal species in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Biol. Control* 141: Article 104133. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104133>.
- Ricárdez Pérez Juan David, Gómez Álvarez Regino, Álvarez Solís Jose David, Pat Fernández Juan Manuel, Jarquín Sánchez Aarón y Ramos Reyes Rodimiro. (2020). Vermicomposta y micorriza arbuscular, su efecto en la nutrición del cacao en fase de

- Rodríguez, F. H. y Rodríguez, A. F. (2015). Métodos de análisis de suelos y plantas: criterios de interpretación. 3ª ed. México: trillas: UANL. 288 p.
- SADER. (2022). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [en línea] 2022 junio 24.URL disponible en: URL disponible en: <https://www.agricultura.gob.mx/datos-abiertos/sader>
- Sánchez C. M. J. (2005). Micorrizas aspectos generales. UNAM, FES-Zaragoza. México. DF., 96 p.
- Sánchez-Hernández, D. J., Fortis-Hernández, M., EsparzaRivera, J. R., Rodríguez-Ortiz, J. C., de la Cruz-Lázaro, E., Sánchez-Chávez, E., y Preciado-Rangel, P. (2016). Empleo de vermicompost en la producción de frutos de melón y su calidad nutracéutica. *Interciencia*, 41, 213-217.
- Sanders I. (2003). Preference, specificity and cheating in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Trends in Plant Science*. 8: 143-145.
- Schüßler, A., D. Schwarzott, C. Walker. (2001). A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105: 1413-1421.
- Sedano-Castro, G., González-Hernández, V. A., Saucedo-Veloz, C., Soto-Hernández, M., Sandoval-Villa, M., y CarrilloSalazar, J. A. (2011). Rendimiento y calidad de frutos de calabacita con altas dosis de N y K. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 133-142.
- Sheng, M., Tang, M., Chen, H., Yang, B., Zhang, F., and Huang, Y. (2009). Influence of arbuscular mycorrhizae on the root system of maize plants under salt stress. *Canadian journal of microbiology*, 55(7), 879-886. Doi: <https://doi.org/10.1139/W09-031>.
- SIAP (2012) Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Situación al 01 de septiembre de 2023. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma. do. Fecha de consulta: 15 de agosto de 2015.

- SIAP (Sistema de Información Agropecuaria). (2021). Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). México: SAGARPA. Consultado el 12 de enero, 2021, desde [http:// www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comanuar.html](http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comanuar.html)
- Sieverding, E. (1991). Vesicular –arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystem. GTZ Federal Republic of Germany. 330 Pp.
- Smith S. E. y Read D. J. (1997). Mycorrhizal Symbiosis. 2a. ed. Academic Press, London. 605 pp
- Smith S.E, Read D.J.: Mycorrhizal symbiosis. London: Academic Press. (2008). Doi: <https://doi.org/10.1023/A:1000902213906>
- Smith, S., Read, D. (2008). Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, 3ª ed. Londres, 605 pp. Recuperado: 11 de mayo de 2018, de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=qLciOJaG0C4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=4>
- Smith, S.E., D.J. Read. (2008). Mycorrhizal symbiosis (3th ed.). Academic Press, Cambridge.
- Somarriba, R., y Guzmán, F. (2015). Guía de Lombricultura (Vol. Guía Técnica No. 4). Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. Obtenido de <http://www.una.ed.ni>
- Torán Figueroa, Agustina Lucía. (2023). Uso de abono orgánico para mejorar el suelo limoso de la finca “La Escondida” en el Recinto Same. Repositorio digital pucese, Escuela de Gestión Ambiental <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/3333>.
- Trejo D., Ferrera C. R., García R., Varela L., Lara L y Alarcón A. (2011). Efectividad de siete consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de café en condiciones de invernadero y campo.
- Van der Heijden M., Klironomos J. N., Ursic M., Moutoglis P., Streitwolf-Engel R., Boller T., Wiemken A. and Sanders I.R. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plants biodiversity, ecosystem variability and productivity. Nature 396: 69-72
- Walkley A, Black A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38.

- Zavala-Reyna, A., Bautista-Olivas, A. L., Alvarado-Ibarra, J., Velázquez-Contreras, L. E., and Peña-León, D. (2017). Cuantificación energética ambiental en la producción de Vermicompost. *Agrociencia*, 51(5), 543-553.
- Zhang, S., X. Guo, W. Yun, Y. Xia, Z. You, and M. C. Rillig. (2020). Arbuscular mycorrhiza contributes to the control of phosphorus loss in paddy fields. *Plant Soil* 447: 623-636. doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04394-2>.
- Zhao R, Guo W, Bi N, Guo J, Wang L, Zhao J, Zhang J. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi affect the growth, nutrient uptake and water status of maize (*Zea mays* L.) grown in two types of coal mine spoils under drought stress. *Applied Soil Ecology*. 88: 41-49.

XI. ANEXO



Informe del Detector de Plagio Viper

TESIS FINAL MIAP NGLC antiplagio.docx escaneado
2023

Porcentaje Total

12%

4.1%

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓ...

<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/>

1.3%

MANUAL DE VERMICOMPOSTAJE - Gobier...

<https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/camp>

1.0%

Crecimiento, rendimiento y rentabilidad de cal...

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_artt

0.9%

Manual de lombricultura - Corpamag

<https://www.corpamag.gov.co/blogs/negociosverdes>

0.8%

Lombriz roja californiana - Revista Landuum

<https://www.landuum.com/plantae-y-fauna/importan>





<https://mexico.infoagro.com/lombricompuesto-vermi>



Cucurbita pepo - Wikipedia, la enciclopedia libre
https://es.wikipedia.org/wiki/Cucurbita_pepo



OPTIMIZACIÓN MINERAL DE LA ALIMENTA...
<https://repositorio.chapingo.edu.mx/bitstream/handle>



Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex. Vol. 45 (...
<https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/45>