



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LIBRES

Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado de Puebla

**“EVALUACIÓN DE FUENTES DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA
SOBRE LA FERTILIDAD DEL SUELO Y PRODUCCIÓN DE PEPINO
(*Cucumis sativus* L.) EN MONTERIA, COLOMBIA”**

OPCIÓN I

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA
SUSTENTABLE**

**PRESENTA:
YESENIA CARMONA CARMONA**

LIBRES, PUEBLA, DICIEMBRE 2021.



Fecha: 14 de diciembre de 2021.
Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral.

Ing. Silvia Salazar Pérez
Jefa del Departamento de Estudios Profesionales
Presente.

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre del estudiante y/o egresado: Yesenia Carmona Carmona
Carrera: Licenciatura en Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable
No. de control: C14940221
Nombre del proyecto: “Evaluación de fuentes de fertilización orgánica sobre la fertilidad del suelo y producción de pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) en Montería, Colombia”
Producto: I. Tesis Profesional

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
“POR UNA CULTURA CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA Y SOSTENIBLE”



S.E.P.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE LIBRES**

ING. MARTHA HERNÁNDEZ LUNA
ENCARGADA DE LA DIVISIÓN DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA
SUSTENTABLE**

M.C. Judith Hernández Flores
Asesor

M.C. María Elena Hernández Luna
Revisor

Ing. Martha Hernández Luna
Revisor

Ing. Víctor Torres Pérez
Revisor



Camino Real s/n. Barrio de Tetela, Libres, Puebla. C.P. 73780
Tels. 276 47 3 0828 - 276 47 3 0867 y 800 701 5706
e-mail: dir_dlibres@tecnm.mx - dir.gral@libres.tecnm.mx
tecnm.mx | itslibres.edu.mx



AGRADECIMIENTOS

A Dios: por darme la vida, una familia, por cuidarme siempre, en cualquier lugar que me he encontrado y por ayudarme a culminar un escalón más en mi vida.

A mis padres: Rigoberto y Guadalupe, por brindarme su apoyo, en cada paso que he dado, para llevar a cabo cada una de mis metas.

A mis hermanas: Bertha, Guadalupe, Isabel. Por sus palabras de apoyo y por el tiempo que permanecieron a mi lado en los momentos que más las necesite.

A toda mi familia por estar presente apoyándome.

Al Instituto Tecnológico Superior de Libres: por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios y prepararme como profesionista.

A la Universidad de Córdoba: por haberme permitido realizar mis prácticas profesionales y aportarme conocimiento de gran apoyo para mi carrera profesional.

A mis asesores M.C. Judith Hernández Flores, José Luis Barrera Violeth PhD, M.C. María Elena Hernández Luna, Ing. Martha Hernández Luna, M.C. Dalila Flores González por el apoyo brindado para la realización de esta investigación y el tiempo que me dedicaron para la culminación de este trabajo.

A mis profesores: por compartir su conocimiento y ser parte de mi formación académica.

A mis amigos de la carrera por todo el apoyo brindado, las palabras de motivación y las experiencias agradables que vivimos.

A mis amigos extranjeros: Bruno, David, Astrid, Juan, Daniel, Daniela, Yaileth, Sra. Libia, Sra. Nelsy, por el apoyo brindado durante la realización de este proyecto.

A todas aquellas personas que en algún momento me brindaron su apoyo y me dieron palabras de motivación, siempre creyendo en mí.

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en la Universidad de Córdoba, Colombia, dando como alternativa la utilización de abonos orgánicos para la mejora del cultivo, con el objetivo de evaluar fuentes de fertilización orgánica en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L) variedad Poinsett 76. Se utilizó el diseño Completamente al azar, con cinco tratamientos a campo abierto (Testigo, Compost, Micorrizas, Humus de lombriz y Mezcla) con 4 repeticiones. Los sustratos se realizaron en diferentes dosis, en el caso de compost (100 g), micorriza (4 g), Lombriabono (100 g) y mezcla (104 g). Se evaluó tiempo de emergencia, número de hojas, diámetro de tallo, altura de planta y calidad del fruto (Peso, diámetro longitudinal, diámetro ecuatorial).

Los resultados indican que las fuentes de abonos orgánicos no contribuyeron en el desarrollo y producción de pepino. De acuerdo a lo obtenido es importante continuar con la siguiente etapa de la investigación e incluir otras variables a evaluar que puedan influir en el desarrollo y producción.

Palabras clave: *Cucumis sativus* L, abonos orgánicos, mezcla.

ÍNDICE GENERAL

	Página
CAPÍTULO I GENERALIDADES	11
1.1 Introducción.....	12
1.2 Planteamiento del problema.....	13
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo general.....	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
1.4 Hipótesis.....	13
1.4.1 Hipótesis nula.....	13
1.4.2 Hipótesis alternativa.....	14
1.5 Justificación.....	14
1.6 Alcances.....	14
1.7 Limitaciones.....	14
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Origen.....	16
2.2 Descripción botánica.....	16
2.3 Propagación.....	17
2.3.1 Bandejas para germinación.....	17
2.4 Requerimientos edafoclimáticos.....	18
2.5 Variedades de pepino.....	19
2.5.1 Variedad Poinset 76.....	19
2.6 Labores culturales.....	20
2.6.1 Tutorío.....	20
2.6.2 Siembra.....	20
2.6.3 Control de malezas.....	20
2.6.4 Nutrición.....	21
2.6.5 Riego.....	21
2.6.6 Polinización.....	22
2.6.7 Protección de cultivos.....	22

	Página
2.6.8 Prevención.....	23
2.6.9 Sanidad del lote.....	24
2.6.10 Muestreo y monitoreo.....	24
2.7 Fenología.....	25
2.8 Agricultura orgánica.....	26
2.9 Abonos orgánicos.....	28
2.9.1 Lombriabono.....	29
2.9.2 Compost.....	30
2.10 Microorganismos.....	33
2.10.1 Micorrizas.....	34
2.11 Cosecha.....	38
2.11.1 Rendimiento de producción de pepino en Colombia.....	38
2.11.2 Calidad comercial.....	38
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	40
3.1 Ubicación del experimento.....	41
3.2 Diseño experimental.....	41
3.2.1 Modelo estadístico de Diseño completamente al azar.....	42
3.2.2 Juego de hipótesis.....	42
3.3 Tratamientos.....	43
3.4 Parámetros a evaluar.....	44
3.4.1 Variables químicas.....	44
3.4.2 Variables vegetativas.....	45
3.5 Modelo estadístico.....	46
3.6 Materiales.....	47
3.7 Metodología.....	47
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
4.1 Análisis de suelo.....	58
4.2 Tiempo de emergencia.....	58
4.3 Análisis de las variables del desarrollo de la planta de pepino.....	59
4.3.1 Número de hojas.....	59

	Página
4.3.2 Diámetro de tallo.....	61
4.3.3 Altura de planta.....	62
4.4 Análisis de las variables del desarrollo de la planta de pepino.....	64
4.4.1 Parámetros de calidad del pepino.....	64
4.5 Micorrizas.....	69
4.6 Producción y rendimiento	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
FUENTES DE INFORMACIÓN	72
GLOSARIO.....	81
ACRÓNIMOS.....	83
ANEXOS.....	84

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1 Variedades de pepino.....	19
Tabla 2.2 Etapas fenológicas del cultivo.....	26
Tabla 3.1 Número y tipo de tratamientos.....	43
Tabla 3.2 Listado de insumos y materiales utilizados para la experimentación del cultivo de pepino (Cucumis sativus L) en condiciones de campo abierto en la universidad de Córdoba, Montería, Córdoba, Colombia.....	47
Tabla 3.3 Formato para registro de datos.....	56
Tabla 4.1 Porcentajes de valores obtenidos de análisis de suelo.....	58
Tabla 4.2 Días a germinación.....	59
Tabla 4.3 Análisis de varianza para la variable Número de hojas.....	59
Tabla 4.4 Resultados de la prueba de tukey para la variable Número de hojas.....	60
Tabla 4.5 Análisis de varianza para la variable Diámetro de tallo.....	61
Tabla 4.6 Resultados de la prueba de tukey para la variable Diámetro de tallo.....	61
Tabla 4.7 Análisis de varianza para la variable Altura de planta.....	63
Tabla 4.8 Resultados de la prueba de tukey para la variable Altura de planta.....	63
Tabla 4.9 Análisis de varianza para la variable Peso.....	65
Tabla 4.10 Resultados de la prueba de tukey para la variable Peso.....	65
Tabla 4.11 Análisis de varianza para la variable Diámetro longitudinal.....	66
Tabla 4.12 Resultados de la prueba de tukey para la variable Diámetro longitudinal.....	66
Tabla 4.13 Análisis de varianza para la variable Diámetro ecuatorial.....	67
Tabla 4.14 Resultados de la prueba de tukey para la variable Diámetro longitudinal.....	68

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 3.1 Ubicación geográfica de la parcela experimental.....	41
Figura 3.2 Diseño experimental.....	43
Figura 3.3 Preparación del terreno.....	48
Figura 3.4 Obtención de muestras.....	48
Figura 3.5 Aplicación de abonos.....	48
Figura 3.6 Siembra.....	49
Figura 3.7 Hojas cotiledóneas.....	49
Figura 3.8 Hojas cotiledóneas dañadas.....	49
Figura 3.9 Hojas cotiledóneas sanas.....	50
Figura 3.10 Charolas con sustrato.....	50
Figura 3.11 Mezcla de ají y agua.....	50
Figura 3.12 Plántulas dañadas por iguanas.....	51
Figura 3.13 Plántulas dañadas por aves.....	51
Figura 3.14 Aplicación de ceniza.....	51
Figura 3.15 Plántulas sanas.....	52
Figura 3.16 Primera hoja verdadera.....	52
Figura 3.17 Trasplante.....	52
Figura 3.18 Aplicación de cal.....	53
Figura 3.19 Floración.....	53
Figura 3.20 Colocación de postes.....	54
Figura 3.21 Tutorio.....	54
Figura 3.22 Primer fruto.....	55
Figura 3.23 Primera cosecha.....	55
Figura 4.1 Representación gráfica de la prueba de Tukey con respecto a la variable Número de hojas.....	60
Figura 4.2 Representación gráfica de la prueba de Tukey con respecto a la variable Diámetro de tallo.....	62

	Página
Figura 4.3 Representación gráfica de la prueba de Tukey con respecto a la variable Altura de planta.....	64
Figura 4.4 Representación gráfica de la prueba de Tukey con respecto a la variable Peso de fruto.....	65
Figura 4.5 Representación gráfica de la prueba de Tukey con respecto a la variable Diámetro longitudinal.....	67
Figura 4.6 Representación gráfica de la prueba de Tukey con respecto a la variable Diámetro ecuatorial.....	68

CAPÍTULO I.

GENERALIDADES

1.1 Introducción

El Pepino (*Cucumis sativus* L.) es originario de las regiones tropicales del Sur de Asia, siendo cultivado en la India desde hace más de 3,000 años. Aparecen registros de este cultivo en Norteamérica a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colón llevo semillas a América. El primer híbrido apareció en el año de 1872. Se conoce que es una hortaliza muy popular, tanto en Estados Unidos como mundialmente, se ha cultivado desde la antigüedad, presumiblemente desde hace 3,000 años (Castellanos, 2004).

En Colombia predomina la agricultura convencional con un 77% del área cultivada a nivel Nacional, a partir de sustancias químicas, que van provocando deterioro del suelo y la contaminación de alimentos, incluyendo otros factores que perjudican a la población, el sistema de producción de agricultura convencional en pepino se da principalmente bajo invernadero, con uso de varios agroquímicos para el control de plagas, enfermedades, eliminación de malezas y la nutrición del mismo.

La agricultura convencional presenta una diversidad de desventajas como: causantes de la contaminación de fuentes hídricas, contaminación y erosión de suelos, y gran pérdida de biodiversidad por el uso de plaguicidas. En la salud humana afecta con deformidades físicas, alergias de la piel y enfermedades congénitas, en muchos casos por falta de capacitación y acompañamiento.

En respuesta a esta problemática se planteó realizar un estudio con el fin de evaluar el sistema de producción orgánica, demostrando los beneficios que se obtienen, promoviendo la conservación del suelo y el mejoramiento de los cultivos, utilizando prácticas de cultivo orgánico para mejorar el nivel de fertilidad de los suelos, abonos y estimulantes de crecimiento de las plantas siempre y cuando estas sean de origen natural como suplementos para promover la sanidad del suelo, para sustentar una actividad altamente biológica y facilitar la entrega de nutrientes a las plantas.

1.2 Planteamiento del problema

El uso excesivo de los agroquímicos en la agricultura convencional ha provocado consecuencias negativas, por lo que la producción orgánica permitirá obtener mejores rendimientos y producción para la región, dando como alternativa el uso de abonos orgánicos como: compost, humus de lombriz y microorganismos, beneficiando las propiedades fisicoquímicas del suelo, mejorando la salud de los consumidores, disminuyendo costos de producción y generando fuentes de empleo. El principal objetivo de esta investigación es demostrar que la agricultura orgánica puede mejorar la calidad del cultivo y las características del suelo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar fuentes de fertilización orgánica en el cultivo de pepino en las instalaciones de Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Córdoba, Colombia.

1.3.2 Objetivos específicos

- Mejorar la fertilidad del suelo mediante la aplicación de abonos orgánicos.
- Evaluar rendimiento y producción del cultivo de pepino.
- Determinar el efecto de la aplicación de fuentes de abonos orgánicos en los indicadores del desarrollo del cultivo de pepino.
- Cuantificar la influencia de fuentes de abonos orgánicos sobre las variables de producción.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis nula

Con la aplicación de diferentes tratamientos de abonos orgánicos, se obtienen rendimientos semejantes en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*).

1.4.2 Hipótesis alternativa

Con la aplicación de al menos un tratamiento de abono orgánico, se obtiene rendimiento diferente en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*).

1.5 Justificación

De acuerdo a las condiciones que se presentan por el uso excesivo de agroquímicos en la agricultura convencional, la producción orgánica permite obtener mejores rendimientos y producción para la región, con el fin de no agotar los recursos y mantener en equilibrio los ecosistemas, sin perjudicar a las especies que se encuentran en él, dando como alternativa el uso de fertilizantes orgánicos, beneficiando las propiedades fisicoquímicas del suelo, mejorando la salud de los consumidores, disminuyendo costos de producción y generando fuentes de empleo.

1.6 Alcances

- Aumentar la fertilidad del suelo
- Aumentar rendimiento y calidad del pepino *Cucumis sativus* L.

1.7 Limitaciones

- Mala calidad de los abonos.
- Época de siembra.
- Clima
- Plagas
- Lugar
- Tiempo

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Origen

El pepino es originario de las regiones tropicales del Sur de Asia, siendo cultivado en la India desde hace más de 3,000 años. De la India se extendió a Grecia y de ahí a Roma y posteriormente se introdujo en China. Además, el cultivo del pepino fue introducido por los romanos en otras partes de Europa; aparecen registros de este cultivo en Inglaterra en el siglo XIV y en Norteamérica a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colón llevó semillas a América. Es una hortaliza muy popular, tanto en Estados Unidos como mundialmente, se ha cultivado desde la antigüedad, presumiblemente desde hace 3,000 años. (Castellanos, 2004).

2.2. Descripción botánica

El pepino pertenece a la familia de las cucurbitáceas y su nombre científico es *Cucumis sativus* L. Es una planta herbácea que posee un sistema de raíces conformado por una raíz principal, que se ramifica para formar las raíces secundarias superficiales, además se evidencia la formación de raíces adventicias por encima del cuello (Ojeda, 2011). Zamudio y Félix (2014) señalan que el tallo principal es espinoso, flexible, de sección angular, cubierto de pelos, con crecimiento indeterminado de porte rastrero y trepador. En cada nudo se emite una hoja y un zarcillo.

En la axila de cada hoja se encuentran yemas axilares laterales que producen una o varias flores. Sus hojas son palmeadas y con vellosidades blancas y de peciolo largos con tres lóbulos más o menos de color verde oscuro (Reche, 2011). Sus flores son de ambos sexos, con pedúnculos cortos y pétalos amarillos, y pueden ser hermafroditas o unisexuales, situándose primero las flores masculinas, posteriormente y en la misma proporción se sitúan las femeninas y al final predominan las flores femeninas (López, 2003).

Produce frutos pepónide áspero o liso, dependiendo de la variedad, el color

puede ser verde claro, pasando por un verde oscuro hasta alcanzar un color amarillento cuando está totalmente maduro, puede alcanzar una longitud de 5 cm a 40 cm, en el fruto se presenta una pulpa acuosa, de color blanquecino que contiene semillas ovales de color blanco y miden de 8 mm a 10 mm de largo (Casaca, 2005).

2.3. Propagación

El método más común de propagación de pepino es por medio de plántulas, este es el primer eslabón del ciclo productivo, que incluye la selección y propagación del material vegetal. Una buena plántula para trasplante debe ser vigorosa, libre de patógenos y con buen desarrollo radicular. Una vez trasplantada, debe tolerar los cambios ambientales y de manejo para lograr un óptimo desarrollo (USAID, 2007).

2.3.1 Bandejas para germinación

Hace casi dos décadas como alternativa para mejorar la germinación, crecimiento y desarrollo de plántulas, se validó una tecnología proveniente de países europeos y de Norte América donde se utilizan bandejas o contenedores con cavidades de igual capacidad y en donde son depositadas una a una y por separado las semillas de las especies hortícolas.

De esta forma se logra que todas las plántulas dispongan de espacios individuales que les permitan tener las mismas oportunidades de obtener nutrientes del sustrato y disponer de espacio, consiguiendo de esta manera un crecimiento más homogéneo. La siembra de hortalizas en bandejas germinadoras es recomendable debido a las ventajas que trae con respecto a la siembra directa y a los almácigos tradicionales, entre las que se pueden citar (USAID, 2007).

- Facilidad de manejo, ya que, al tener una población de plantas confinadas en un mismo lugar, se facilitan las labores de mantenimiento tales como fumigación, fertilización, riego y seguimiento de blancos biológicos (insectos

plaga y enfermedades).

- Se obtienen plantas más vigorosas y uniformes, debido a que estas se encuentran en condiciones controladas de temperatura, humedad y sustrato, lo cual favorece el desarrollo de raíces y hojas. Esto, a su vez, garantiza que las plantas toleren el ataque de enfermedades e insectos plaga.
- Mayor eficiencia en el uso del suelo, pues se puede mantener ocupado el terreno donde se va a trasplantar por un mes, tiempo que duran las plantas en semillero.
- Disminuye costos de producción, ya que se reduce el número de jornales para actividades de fumigación, fertilización, riego, raleo y desyerba. Igualmente, al disminuir el uso de productos químicos utilizados para el control de enfermedades, insectos y arvenses, se minimiza el costo de producción.
- Se emplea menor cantidad de semilla debido a que no es necesario hacer raleo y se mejora el porcentaje de germinación.
- Por la forma de los alvéolos y dependiendo del sustrato, las plantas al ser retiradas de la bandeja no sufren la pérdida de raíces ni daños mecánicos.

2.4. Requerimientos edafoclimáticos

El cultivo requiere de una temperatura que oscile de los 20°C a 35°C durante el día, siendo la óptima 25°C, (Reyes, 2012), temperaturas nocturnas mayores a 17°C, la temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo de las plantas oscila entre 18°C y 30°C.

Requiere de un porcentaje elevado de humedad, debido a su gran superficie foliar, la humedad relativa óptima debe ser del 70-90% (Té Góngora, 2008). Necesita de una mayor cantidad de luminosidad para que sea mayor la producción (Zamudio y Félix, 2014). El suelo en el que se desarrolla mejor la planta debe ser de estructura suelta, bien drenado, con suficiente materia orgánica y un pH entre 5,5 y 6,8 (Arias, 2007).

2.5. Variedades de pepino

Tradicionalmente se siembran materiales de polinización abierta o libre, monoicos (donde las plantas son portadores de flores machos y flores hembras), pero para exportación se utilizan híbridos ginoicas (solo flor hembra) con un 15% de plantas monoicos (para aportar el polen). Estas variedades híbridas nuevas permiten obtener mayores rendimientos y son más tolerantes a plagas y enfermedades. Estas plantas son más sanas y vigorosas y dan mejor calidad de frutos. Sin embargo, requieren de un buen número de polinizadores (USAID, 2007).

A continuación, se relacionan las principales variedades de pepino con la marca que las comercializa (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Variedades de pepino

Variedad	Marca
Centurio	NK híbrido
Tropicuke II	Seminis híbrido
General lee	Sferry mores híbrido
Tasty Green	Sakata híbrido
Poinset 76	Varios polinización abierta
Market more 76	Varios polinización abierta
Super poinset	Varios

Fuente: USAID, 2007

2.5.1 Variedad Poinset 76

Es una planta herbácea anual de porte rastrero o trepador que emite zarcillos en los nudos, las hojas son grandes de pecíolos y limbo trilobulado con los bordes dentados, su fruto carnoso es de piel verde de forma cilíndrica y alargada de aproximadamente 19 cm x 6 cm, de sección circular o casi triangular y carne blanca (Agronorte, 2013). Madura a los 70 días, tiene espina de color blanco, es una planta monoica.

2.6. Labores culturales

2.6.1. Tutoreo

Esta actividad debe hacerse antes de la siembra para evitar dañar las plántulas de pepino después de la siembra y también evitar pérdida de tiempo en supervisión de actividades durante o después de la siembra. La altura del tutoreo es muy importante ya que la zona donde se desarrollan los frutos es hasta la altura de la cuerda superior del tutorado. Por esta razón es deseable dentro de lo posible usar estacas de 2 metros o más de altura (USAID, 2007).

2.6.2. Siembra

Una gran parte del éxito depende de esta actividad. Los factores determinantes son la calidad de la semilla, condiciones del suelo y la propia labor de siembra. Esta actividad se hace en forma manual colocando de una a dos semillas por postura para hacer un raleo antes de la floración. El raleo consiste en eliminar de las posturas dobles la planta menos vigorosa o con daño de virus. El distanciamiento es de 1.5 m entre hilera y 0.15 m a 0.20 m entre postura (USAID, 2007)

2.6.3. Control de malezas

Existen varios factores que se deben conocer o manejar para hacer un buen Manejo Integrado de Malezas (MIM). Inicialmente se debe evitar la diseminación de semillas de malezas a través de la maquinaria utilizada para las labores del cultivo o la misma cosechadora. El manejo integrado de malezas incluye la prevención, manejo y control. Los conocimientos básicos para un manejo de malezas de manera integral consideran los siguientes aspectos:

- Identificación de las malezas y su nivel de infestación.
- Biología y ecología de las especies de malezas predominantes.
- El efecto competitivo y los umbrales económicos de las especies de malezas predominantes.
- Métodos de control técnicamente efectivos, económicamente viables y seguros

para el ambiente (INTAGRI, 2017)

Labores preventivas: la prevención es un componente muy importante del MIM e incluye actividades como:

- Semilla certificada libre de malezas.
- Limpieza de maquinaria de siembra.
- Preparación del terreno.
- Solarización del suelo.

Control físico: incluye los métodos o procedimientos de arranque manual, escarda con azadón, corte con machete, u otras herramientas y labores de cultivo. Además, dentro de este se encuentran las siguientes prácticas:

- Rotación de cultivos
- Densidad del cultivo
- Acolchado

2.6.4. Nutrición

El balance de los nutrientes es tan importante como las relaciones que deben existir entre el N:K, K:Ca y el Ca:Mg, con el propósito de no tener antagonismo y poder controlar el desarrollo de las plantas y su resistencia a los factores ambientales y enfermedades.

Se recomienda fertilizar el cultivo de pepino con 100-120 kg Nitrógeno, 40-50 kg Fósforo (P_2O_5) y 120-160 kg Potasio (K_2O) todos por hectárea (López, 2003).

2.6.5. Riego

Es necesario hacer un riego pre-siembra profundo un par de días antes de la siembra para uniformar la humedad en el suelo y facilitar la siembra al no existir encharcado durante esta actividad. Xavier (2013) señala que contrariamente a lo que pueda parecer, los pepinos no necesitan agua. El cultivo puede requerir un promedio de 6 a

8 riegos durante todo su ciclo agrícola.

El pepino, durante su ciclo agrícola necesita aproximadamente de 500 a 600 mm de agua, el suministro de agua es importante en los siguientes periodos.

- Después de la siembra hasta la emergencia.
- Momento próximo a la floración.
- Dos semanas después de la floración.
- Durante la formación de frutos.

2.6.6. Polinización

La reproducción y producción de frutas de las variedades de pepinos del campo depende totalmente en la polinización por abejas y un pequeño porcentaje en otros insectos. Debido a que el polen es pegajoso y pesado, no hay polinización por el viento. Por eso las plantas dependen en el movimiento de abejas para transferir el polen entre flores machos y flores hembras (USAID, 2007). Este proceso requiere de algunos cuidados en los que se incluyen:

- Las condiciones climáticas que favorecen la germinación de los granos de polen son las mismas que favorecen el vuelo y pecoreo de la abeja, alta humedad relativa con temperaturas que van de los 15°C a 25°C.
- Se requieren entre 4 y 6 colmenas fuertes por hectárea para una correcta polinización del pepino, especialmente en las variedades híbridas ginoicas (Valega, 2017).

2.6.7. Protección de cultivos

Las plagas y enfermedades pueden arruinar todo el trabajo que se ha llevado a cabo para producir un cultivo rentable y de alto rendimiento. Los planes para proteger el cultivo deben comenzar mucho antes de la siembra y las estrategias utilizadas no deben depender exclusivamente del uso de plaguicidas. El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es no sólo recomendado, pero más que ello es la única forma de trabajar

un cultivo para que sea saludable, de alta calidad como es esperado por los consumidores y a la vez rentable (USAID, 2007). El MIP depende de:

- Producción de un cultivo saludable
- Prevención
- Salubridad
- Muestreo y monitoreo
- Intervenciones de control integradas
- Mantenimiento de bitácoras
- Manejo fitosanitario

Mientras más saludable esté la planta, menos probabilidades habrán de que una plaga o enfermedad le haga daño. Las plantas tienen su propio sistema natural de defensa que trabaja mejor cuando la planta tiene un buen sistema radicular, un buen programa de nutrición/manejo del agua y no está bajo estrés por otros motivos como por ejemplo inundaciones o malezas (USAID, 2007).

2.6.8 Prevención

La prevención comienza con la selección del terreno y el cultivo. Es importante saber y tomar en cuenta qué tipo de problemas ha tenido el terreno anteriormente, ya sean nemátodos, grillos, cogolleros, o quizás enfermedades del suelo. También hay que saber cuándo fue la última vez que se sembró un cultivo de la familia *Cucurbitaceae* en ese lugar ya que hay muchas plagas y enfermedades a las que les va particularmente bien con ciertas familias de plantas.

Si hubo un cultivo *Cucurbitaceae* sembrado en el campo, hay una gran posibilidad de que existan plagas o enfermedades específicas de cucúrbitas todavía en el campo o en las malezas que se encuentran en los alrededores. El tipo de semillas que se planifica sembrar y su resistencia o tolerancia a estas enfermedades y plagas es fundamental para decidir el plan de prevención que se debe adoptar (USAID, 2007).

2.6.9 Sanidad del lote

La sanidad en el campo se concentra en remover o minimizar las fuentes de plagas o enfermedades. Los alrededores (al menos 10 metros) del cultivo deben estar libres de malezas, en particular de las malezas de hoja ancha y especialmente aquellas de la familia de cucúrbitas. La eliminación de malezas entre líneas de cultivos debe hacerse regularmente y la fruta que se caiga, esté dañada o enferma debe ser removida y enterrada o quemada (USAID, 2007).

2.6.10 Muestreo y monitoreo

La mayoría de los insectos plaga, nemátodos y enfermedades fungosas y bacterianas son microscópicos, para lo cual se debe hacer un esfuerzo en buscarlos para encontrarlos a tiempo y no cuando sea demasiado tarde. Un programa de monitoreo, es una búsqueda sistemática-rutinaria de plagas y enfermedades. Esto debe hacerse como mínimo dos veces a la semana, con una mayor frecuencia en las semanas después del trasplante. Dichas enfermedades aparecen cuando las condiciones ambientales son propicias para su desarrollo y generalmente cuando existen cambios de estados (de estado vegetativo a floración) en el cultivo.

- **Enfermedades del pepino**

Mildeu lanoso: consisten en pequeñas manchas ligeramente cloróticas al inicio que luego llegan a ser amarilla brillante en el haz de la hoja. En pepino sus márgenes son angulares siguiendo las venas, las lesiones en el envés toman un aspecto lanoso (de gris a púrpura) debido a la alta acumulación de esporangios.

Damping off: se observan fallas en la germinación, las plantas recién emergidas se marchitan rápidamente y se observa un estrangulamiento del cuello. En plantas adultas, existen pudriciones de los frutos en contacto con el suelo.

Mancha angular: se presenta en el punto angular de la hoja. Las lesiones en el follaje comienzan como puntos húmedos y al darle vuelta a la hoja e ven de un color gris acuoso. Los puntos pueden desarrollar inicialmente de un halo

amarillo. Mientras que el tejido afectado se seca, el tejido fino interno se rompe y cae hacia afuera, dando un aspecto andrajoso a la hoja (USAID, 2007).

- **Plagas del pepino**

- **Nematodos:** Dañan las raíces de una multitud de plantas al introducirse en ellas absorbiendo sus jugos. Hay daño de otros géneros que generalmente son confundidos con enfermedades de suelo por su aspecto en forma de pudrición.
- **Trips (*Frankliniella occidentalis*):** Los adultos colonizan los cultivos realizando la puesta en los tejidos jóvenes, hojas, frutas y flores. Los daños se producen por la alimentación de las larvas y adultos en el envés de las hojas, dejando un aspecto plateado e las partes afectadas que luego se necrosan.
- **Minadores. (*Liriomiza spp.*):** las hembras adultas realizan las posturas dentro del tejido de las hojas jóvenes, donde se desarrolla la larva que se alimenta del parénquima, ocasionando las galerías que son típicas de esta plaga. La peculiaridad son caminitos blancos.
- **Mosca blanca:** Los daños directos como amarillamiento y debilitamiento de la planta son ocasionados por ninfas y adultos al alimentarse absorbiendo la sabia de las hojas (USAID, 2007).

2.7 Fenología

El ciclo del pepino es corto y varía de una localidad a otra dependiendo de las condiciones edafoclimáticas del cultivar sembrado y del manejo agronómico que reciba durante su desarrollo (López, 2003), por lo general su fenología es como se muestra

en la (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Etapas fenológicas del cultivo

Estado fenológico	Días después de la siembra
Emergencia	4 a 6
Inicio de Emisión de guías	15 a 25
Inicio de floración	27 a 30
Inicio de cosecha	40 a 45
Fin de cosecha	75 a 90

Fuente: USAID, 2007

2.8. Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es un sistema global de gestión de la producción que fomenta y realza la salud de los agroecosistemas, la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Esto se consigue aplicando en forma armónica, métodos agronómicos, biológicos y mecánicos, en contraposición a la utilización de materiales sintéticos, para desempeñar cualquier función específica dentro del sistema (Céspedes, 2005).

Hay quienes sostienen que la agricultura orgánica es una visión holística de la agricultura que promueve la intensificación de los procesos naturales para incrementar la producción (Durán, 2006). A continuación, se mencionan algunas ventajas de la agricultura orgánica de acuerdo a SAGARPA, (2014):

- Producción sin utilización de agroquímicos.
- Conservación de la fertilidad del suelo.
- Uso sostenible de suelo y otros recursos.

- Amigable con el medio ambiente.
- Uso de conocimientos tradicionales.
- Uso de policultivos.
- Proceso productivo auto-sostenible.

Las prácticas del cultivo orgánico se utilizan para mejorar el nivel de fertilidad de los suelos, abonos y estimulantes de crecimiento de las plantas siempre y cuando estas sean de origen natural como suplementos para promover la sanidad del suelo, para sustentar una actividad altamente biológica y facilitar la entrega de nutrientes a las plantas. La producción orgánica, biológica o ecológica, es un sistema de producción basado en la utilización óptima de los recursos naturales y alternativa sustentable para atenuar dichos problemas, sin emplear productos de síntesis química (Gómez *et al.*, 2006).

El principio básico de esta agricultura es mantener un equilibrio entre el rendimiento productivo y la estabilidad del ecosistema en donde se llevan a cabo las actividades. Dentro de las prácticas que se realizan en esta agricultura están la asociación de cultivos (especialmente con leguminosas), la interacción animales-cultivos, el uso de abonos orgánicos, abonos verdes y el control biológico de plagas y enfermedades. Algunos otros principios básicos de la agricultura orgánica son:

- Producir alimentos sanos de calidad nutritiva y en cantidad suficiente, respetando la naturaleza, la salud del productor y del consumidor.
- Mantener y aumentar a largo plazo la fertilidad de los suelos, considerándolo como un ser vivo.
- Evitar la contaminación del suelo, el agua y el aire en las diferentes formas de producción agropecuaria.
- Mantener la diversidad genética del sistema y su entorno.
- Permitir que los agricultores tengan buenos ingresos.
- Disfrutar de buenas relaciones con los vecinos y comunidad en general.
- Apoyarse en los criterios básicos para la producción orgánica (Ramírez, 2014).

2.9 Abonos orgánicos

La agricultura orgánica hace énfasis en el uso de los abonos orgánicos como fuente de nutrición de los cultivos. Un abono orgánico es un recurso orgánico amigable con el medio ambiente, capaz de proporcionar cuando los contiene, cantidades notables de nutrientes esenciales, principalmente, azufre y potasio al suelo, los cuales, junto a otros minerales más pueden ser aprovechados por las plantas y organismos del suelo (Cabrales, 2008; FAO, 2014).

Barrera (2011) plantea una definición más amplia en la que contempla como abonos orgánicos al resultado estabilizado de diferentes procesos controlados o de habilitación sobre residuos orgánicos, que involucra la acción biológica de microorganismos y que sirve como aporte biológico, nutrimental y de recuperación en suelos con fines de aprovechamiento agropecuario, forestal o de conservación.

Los abonos orgánicos se han utilizado desde tiempos remotos, y su influencia sobre la fertilidad de los suelos ha sido demostrada (Braga *et al.*, 2013), aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo, varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Cabrales, 2008).

Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo; además, sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo y presentan una amplia variación de efectos que dependen del material aplicado y de su grado de descomposición (Braga *et al.*, 2013).

El uso de abonos orgánicos constituye una práctica de manejo de suelos, en la rehabilitación de su capacidad productiva, en especial, en los suelos degradados o evolucionados que han permitido gran parte de su fertilidad natural. Algunos de los abonos orgánicos son:

- Humus de lombriz

- Compost

2.9.1. Lombriabono

Se denomina lombriabono a los excrementos de las lombrices dedicadas especialmente a transformar residuos orgánicos y también a los que producen las lombrices de tierra como sus desechos de digestión. La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida J*) se ha adaptado muy bien a nuestras condiciones y está muy difundida en las diferentes regiones del país. El lombriabono es el abono orgánico con mayor contenido de bacterias, tiene 2 billones de bacterias por gramo de humus; por esta razón, su uso es efectivo en el mejoramiento de las propiedades biológicas del suelo (INIA, 2008).

- Efectos del lombriabono

La única forma de restituir la fertilidad de un campo que ha sido explotado con fertilizantes artificiales durante mucho tiempo es con humus de lombriz. Un campo que ya no sirve para cultivos, puede producir aún más de lo que producía en su mejor época, solo con la aplicación del único abono 100% orgánico (humus de lombriz) (Basaure, 2004). Algunas de las ventajas del Humus de Lombriz son:

- Disminuye el impacto ambiental producido por los agroquímicos.
- Efectúa un eficiente control del "mal de los almácigos" o dumping off, enfermedad causada por un grupo de hongos que habitan el suelo.
- Interviene en favorecer varios procesos fisiológicos de las plantas como son la floración, la madurez y el color de las hojas, las flores y los frutos.
- Aumenta entre un 5 y un 30 % la capacidad de retención hídrica.
- Produce un aumento de tamaño de las plantas, arbustos y árboles.
- Produce hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico los cuales estimulan el crecimiento y las funciones vitales de las plantas.
- La actividad residual del humus se mantiene en el suelo hasta cinco años.
- Incrementa la producción de clorofila en las plantas (Narváez F, 2018).

2.9.2. Compost

Albuja (2009), define el compostaje como un proceso bio-oxidativo en el que intervienen numerosos y variados microorganismos que requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido; además implica el paso de una etapa hemofílica y una producción natural de fitotoxinas, dando al final como productos de los procesos de degradación dióxido de carbono, agua y minerales, así como materia orgánica estabilizada (humus), libre de fitotoxinas y dispuesta para su empleo en agricultura, sin que provoque fenómenos adversos (Angulo *et al.*, 2011).

La elaboración del compost a partir de desechos orgánicos no es nueva, es una práctica que se conoce desde hace cientos de años en muchas partes del mundo, la cual busca mejorar de manera directa e indirecta, la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas (Román *et al.*, 2013). La materia orgánica constituye la principal reserva natural de los nutrientes potencialmente asimilables por las plantas. La conservación y el manejo de la misma es la vía más económica para optimizar la nutrición vegetal; desempeña, por lo tanto, una función importante en la fertilidad del suelo y del sustrato (Rodríguez, 2004).

- **Fases del compostaje.** El compostaje es un proceso biológico que ocurre en condiciones aeróbicas. Con la adecuada humedad y temperatura se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas. Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos, realizados por parte de diferentes microorganismos que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost (Román *et al.*, 2013).

Al descomponer el C, el N y la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de

temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además, de una etapa de maduración de duración variable. Según Cuevas (2007), las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura en:

- **Fase Mesófila.** El proceso de compostaje inicia con la temperatura ambiente y en pocos días (incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. El incremento de la temperatura en este sustrato es producto de la alta actividad microbiana que actúa en la materia orgánica, dado que, en esta fase, los microorganismos utilizan las fuentes sencillas y lábiles de C y N generando calor. Como resultado de la descomposición de los compuestos solubles (azúcares) se producen ácidos orgánicos, y el pH del sustrato suele hacerse más ácido, y puede bajar (4.0 o 4.5), esta fase tiene una duración de 2 a 8 días (Román *et al.*, 2013).
- **Fase Termófila o de higienización.** Una vez que se alcanzan temperaturas de 45°C o superiores, los microorganismos mesófilos son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas (microorganismos termófilos), que en su mayoría son bacterias, quienes se encargan de la celulosa y lignina.

Estos microorganismos en esta etapa del compostado, transforman el amoníaco, por lo que el pH del medio sube. A partir de los 60°C aparecen otros grupos de bacterias que producen esporas y las actinobacterias, capaces de descomponer ceras, hemicelulosas y otros compuestos complejos de Carbono.

Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material

orgánico a descomponer, condiciones climáticas (temperatura) y humedad, número de colonias presentes en el sustrato, entre otros. Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización, ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp*, quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida (Román *et al.*, 2013).

- **Fase de Enfriamiento o Mesófila II.** Agotadas las fuentes de carbono lábiles en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40 – 45°C. Durante esta fase, el proceso continúa, la degradación de polímeros (celulosa), pueden aparecer colonias de hongos visibles a simple vista. Cuando la temperatura baja a 40°C, los microorganismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, sin embargo, el pH del sustrato se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración (Román *et al.*, 2013).
- **Beneficios del compostaje.** Los beneficios del uso de compost en su aplicación al suelo son múltiples en los aspectos físico, químico, y microbiológico. Este uso adecuado del compost, contribuye a formar y estabilizar el suelo, aumentar su capacidad para retener agua y para intercambiar cationes, haciendo más porosos a los suelos compactos y mejorando su manejabilidad. Al aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, aumenta su estabilidad y así se evita la erosión y la desertificación.

De acuerdo con Rodríguez y Córdova (2006), el compost es un mejorador del suelo porque favorece el desarrollo de sus funciones: almacenamiento y disponibilidad de nutrimentos, fuente alimenticia para biota edáfica, favorece la absorción de los rayos solares (color oscuro del sustrato), regula la temperatura, contribuye a la

diseminación de fertilizantes de síntesis química. El incremento en la población mundial, la demanda de alimentos, la ampliación de fronteras agrícolas, el inadecuado uso del suelo, entre otros, ha provocado un deterioro del recurso edáfico (Benzing, 2001).

A esto se le suma el abuso en el uso de pesticidas y fertilizantes sintéticos, cuyos impactos negativos en el ambiente se han reflejado y han afectado la sostenibilidad de los sistemas productivos. Todas estas consecuencias adversas, conllevan a replantear el uso responsable de los insumos agrícolas dentro del manejo sostenible de los sistemas productivos en donde el recurso suelo es el ente principal (Ramos *et al.*, 2014). Existen microorganismos que no son abonos orgánicos pero que ayudan a la nutrición de la planta, también forman parte de la recuperación del suelo, realizándolo de manera simbiótica, estos hongos son las micorrizas.

2.10 Microorganismos

Son seres vivos pequeños que no pueden ser observados a simple vista y por ello se utilizan equipos especializados como los microscopios, típicamente son organismos unicelulares, son considerados esenciales para la vida debido a su amplia diversidad y distribución en el planeta. Algunos de los organismos más estudiados pertenecen a grupos biológicos como lo son los protozoarios, algas, hongos y bacterias (Mayoral y Reyes, 2018). Estos microorganismos presentan características particulares, como son:

- Su tamaño es tan reducido que son imperceptibles a simple vista.
- Sus reacciones metabólicas son muy veloces.
- La relación que mantienen con el medio es intensa.
- Necesitan agua para metabolizar.
- Desarrollan mecanismos de dispersión.
- Se reproducen a gran velocidad.

Existen diferentes tipos de microorganismos algunos de ellos son:

- Virus.
- Algas cianofíceas
- Hongos.
- Protistas.
- Arqueas y bacterias.

Los microorganismos utilizados fueron las micorrizas pertenecientes al reino de los hongos.

2.10.1 Micorrizas

Se definen como asociaciones simbióticas mutualistas entre raíces de plantas y determinados hongos del suelo (Trofynow y Van Den Driessche, 1991; Harley y Smith, 2008; Smith y Read, 2008; Zangaro, 2012).

Las micorrizas cumplen un papel fundamental en la nutrición, sanidad y productividad de los cultivos, también mejoran la fertilidad, sustentabilidad, calidad y resiliencia de los suelos (Johnson *et al.*, 2003; De Prager *et al.*, 2009).

Las micorrizas son factores determinantes que inciden en la estabilidad de las comunidades de plantas en los ecosistemas globales. De los hongos que hacen las asociaciones simbióticas con las plantas pertenecientes al phylum Glomeromycota, las especies más estudiadas son las micorrizas arbusculares, consideradas en la actualidad a nivel mundial como biofertilizante, bioprotectores y biorreguladores para la mayoría de los cultivos, siendo elementos importantes en los programas integrados de manejo de suelos y de plagas, así como del manejo de materiales micropropagados en el área de la biotecnología (Shübler *et al.*, 2001).

Los efectos benéficos de micorrizas arbusculares que se manifiestan en las especies vegetales están relacionadas con la nutrición. Esta relación tiene importancia porque aumenta la resistencia de las especies y su capacidad para sobrevivir a condiciones de estrés, además, estimulan el crecimiento vegetal, adicionalmente,

aumenta la biomasa vegetal, influye en la distribución de nutrientes (Porcel *et al.* 2012; Zhang *et al.*, 2014).

En relación con los fertilizantes fosforados, los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), son más eficientes en los hospederos, cuando a estos se aplican en cantidades bajas de fósforo y cuya cantidad no limite su funcionamiento; con esta práctica se disminuyen las pérdidas del nutriente aplicado. Sin embargo, se ha encontrado presencia de HMA en roca fosfórica (fuente de fósforo de baja solubilidad) que hace más eficiente su uso, sobre todo en procesos químicos del suelo, las hifas de los HMA podrían intervenir en forma indirecta en la acidificación de la rizósfera, lo que facilitaría su solubilización (Bojórquez *et al.*, 2010).

Proceso de colonización: la colonización de micorrizas en la raíz se divide en etapas que son reguladas por la interacción endosimbionte y hospedero (Emiliani *et al.*, 2009).

- **Precolonización.** Está asociada a la actividad de los propágulos, ya sean esporas o micelio fúngico, colonizadores presentes en el suelo que circunda la raíz. Las esporas son grandes, con paredes densas resistentes y numerosos núcleos y son estructuras de supervivencia a largo plazo con cierta capacidad de dispersión por el viento y el agua.

La germinación y desarrollo de las esporas requiere estímulo de exudados radicales que se producen especialmente en plantas sometidas a estrés por déficit de fósforo (Marsh y Shultze, 2001; Akiyama, Matsuzaki y Hayashi, 2005; Akiyama y Hayashi, 2006). Un tubo de germinación o hifa micelial se proyecta desde la espora hasta encontrar la superficie de una raíz.

- **Penetración.** Esta etapa inicia con la formación de un “punto de entrada” que se caracteriza por el desarrollo de una estructura llamada apresorio en el punto de contacto sobre la superficie de la raíz. Cada espora genera un solo punto de entrada. Tras la formación del apresorio se forma una especie de

protuberancia que penetra y atraviesa las células epidérmicas y está siempre rodeada por la membrana plasmática de la célula, evitándose el contacto entre la pared del hongo y el citoplasma de la célula vegetal (Genre y Bonfante, 2007).

Antes de que el hongo penetre en la raíz se produce una serie de cambios celulares que llevan a formar un aparato de prepenetración (APP), especie de canal transcelular por donde la hifa fúngica posteriormente va a ingresar a la célula (Genre *et al.*, 2005).

- **Colonización intrarradical.** El proceso proliferativo inicia con la penetración del hongo el cual conduce al establecimiento de una “unidad de colonización” que avanza con el crecimiento de las hifas aceptadas que se extienden entre las células corticales de forma inter y/o intracelular.
- Generan nuevas estructuras características, como arbuscúlos –estructura constituida por ramificaciones dicotómicas que tiene como base una hifa en forma de tronco y concluye en la proliferación de hifas muy finas y vesículas, estructuras globosas, que almacenan productos como lípidos y citoplasma y se forman en la punta de las hifas- (Dickson, 2004; Genre *et al.*, 2005).

La formación de los arbuscúlos supone una compleja reorganización celular que consiste fundamentalmente en la reordenación del citoesqueleto que desplaza el núcleo a una posición central y provoca la fragmentación de la vacuola (Genre *et al.* 2008). Todas las estructuras intracelulares del hongo quedan aisladas del citoplasma de la célula mediante la membrana plasmática, que se invagina a medida que el hongo crece y que, a nivel de los arbuscúlos, recibe el nombre de membrana peri-arbuscular, lugar de intercambio de nutrientes entre la planta y el hongo (Reinhardt, 2007; Zhang *et al.*, 2011).

- **Desarrollo del micelio externo:** el micelio externo o extramatrical (ME) se

desarrolla conforme avanza la infección cortical (MI). Este micelio actúa como puente de conexión del suelo hacia el interior de la raíz. Inicialmente, el hongo desarrolla hifas relativamente gruesas, denominadas hifas exploradoras que son responsables del desarrollo del armazón de la red del micelio debido a que, a partir de ellas, se forman ramificaciones de manera periódica (hifas secundarias), que a su vez se ramifican originando hifas terciarias, cuaternarias, entre otros.

Sobre las hifas se desarrollan, a intervalos regulares, estructuras muy ramificadas que, en cierta medida, recuerdan a los arbuscúlos y que se denominan estructuras ramificadas de absorción (BAS), cuya función es la absorción de nutrientes del medio (Bago, 2000; Staddon *et al.* 2003; Minaxi *et al.*, 2013).

- **Esporulación del hongo:** Iniciada la colonización del hongo al cabo de unas semanas, el hongo se encuentra en condiciones para la esporulación, sin embargo, esto está sujeto a condiciones ambientales del suelo. Los rangos de temperatura del suelo favorables para la formación de esporas pueden variar entre 18 y 40°C, con un óptimo cercano a los 30°C. temperaturas inferiores a 10°C reducen significativamente la actividad metabólica de las esporas. Igualmente, el porcentaje de colonización radicular disminuye con temperaturas inferiores a 15°C (Veresoglou *et al.*, 2012).
- **Recolonización:** las hifas externas tienen la capacidad de recolonizar el mismo sistema de raíz del cual se origina. Algunas de estas hifas generan “puntos de entrada” que provocan nuevas “unidades de colonización”, lo cual supone que la infestación avanza a lo largo de una raíz a través de unidades de colonización discontinuas. Este proceso de proliferación se puede trasladar a otros sistemas de raíz vecinos de la misma o diferentes especies de plantas (Harrison, 2005; Fundora *et al.*, 2011).

2.11. Cosecha

La cosecha del pepino se hace manual entre los 40 a 55 días después de la siembra (antes que las semillas completen su crecimiento y se endurezcan) sujeto a las condiciones climatológicas. En este cultivo los frutos se cosechan en estado inmaduro, aunque próximo a su tamaño final por lo que es sumamente importante que el cosechador esté entrenado para reconocer las características exigidas por el mercado al cual está destinada la producción. El personal de cosecha debe tener las uñas cortas para evitar arañones en los frutos. Generalmente la fruta debe ser verde o verde oscura, de piel firme y brillante (USAID, 2007).

La cosecha se realiza en forma manual cortando el fruto sin dañar el pedúnculo pues esto causa heridas y deshidratación rápida de la fruta. Los cortes se realizan cada tercer día (lo ideal es a diario) colocando los frutos en canastas plásticas con cuidado de no dañarlos. Una vez en las canastas la fruta debe ser protegida del sol y el viento. Las canastas son transportadas a la empacadora en camiones o carretas para continuar el proceso de clasificación y empaquetado (USAID, 2007).

2.11.1 Rendimientos de producción de pepino en Colombia

Los rendimientos de pepino cohombro, varían de 2,7 – 5,8 kg de producción por planta en un primer ciclo, y en un segundo ciclo de cosecha van de 4,7-5,9 kg (Casilimas *et al.*, 2012).

2.11.2 Calidad comercial

La calidad del pepino fresco se basa principalmente en la uniformidad de forma, en la firmeza y en el color verde oscuro de la piel. Otros indicadores de calidad son el tamaño y la ausencia de defectos de crecimientos o manejo, pudriciones o amarillamiento. Reche (2011) señala que para facilitar su lectura y la localización de los diversos tipos y variedades se han catalogado por el tamaño de los frutos que es la clasificación habitual del pepino.

- Pepino corto o pepino “tipo español”: también llamado pepinillo, cuya longitud, a veces, es menor de 15-20 cm principalmente para consumo en fresco y también para encurtidos los de menor tamaño. Pulpa firme, blanquecina y algo amarillento en los extremos. Epidermis verde oscura, muy oscura y verde brillante. Frutos rectos, cilíndricos, ligeramente apuntados y con estrías blanco amarillentas, con o sin espinas, 1-2 frutos por axila (Reche, 2011).

- Pepino medio largo “tipo francés”: variedad de longitud media (20-25 cm), monoicas y ginoicas. Dentro de estas últimas se diferencian las variedades cuyos frutos tienen espinas y las de piel lisa (similares al “tipo Almería”, pero más cortos), de floración totalmente partenocárpica (Jaime *et al*, 2012).
- Pepino largo tipo “Almería” o “tipo holandés”: variedades cuyos frutos superan los 25 cm de longitud, ginoicas de frutos totalmente partenocárpicos y de piel lisa, más o menos asurcada. El tamaño de las hojas es mucho más grande (Jaime *et al*, 2012).

- Normas de calidad
 - o Defectos menores: raspaduras ligeras, costras, rozaduras, manchas, quemaduras de sol, daño por granizo, y cualquier otro defecto, siempre y cuando, sean superficiales y no cubran un área mayor de 1.5 cm cuadrados.
 - o Defectos mayores: los mencionados anteriormente, además de evidencia de plagas y enfermedades, grietas cicatrizadas y otros daños cuando la superficie afectada oscila entre 1.5 y 2.0 cm cuadrados y que la pulpa no sea afectada.
 - o Defectos críticos: los considerados anteriormente cuando afectan un área mayor de 2.0 cm cuadrados además de picaduras, heridas no cicatrizadas, estados avanzados de enfermedades, ataques de plagas o cualquier otro defecto que cause que el pepino sea considerado sin valor.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Ubicación del experimento

La presente investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Córdoba en Montería, Córdoba, Colombia, ubicada en la dirección Carrera 6° 77 – 305, a una altura de 13 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas corresponden a los 8° 31' de latitud norte y 75° 58' longitud oeste, respecto al meridiano de Greenwich, (Figura 3.1.) Una temperatura promedio de 28°C, humedad relativa promedio del 80%, precipitación promedio anual de 1200 mm y brillo solar anual de 2108.2 horas (Palencia *et al*, 2006), con un clima predominante tropical seco (clasificación de KÖPPEN: Aw) en un periodo comprendido del 2 de septiembre al 19 de diciembre del año 2019.

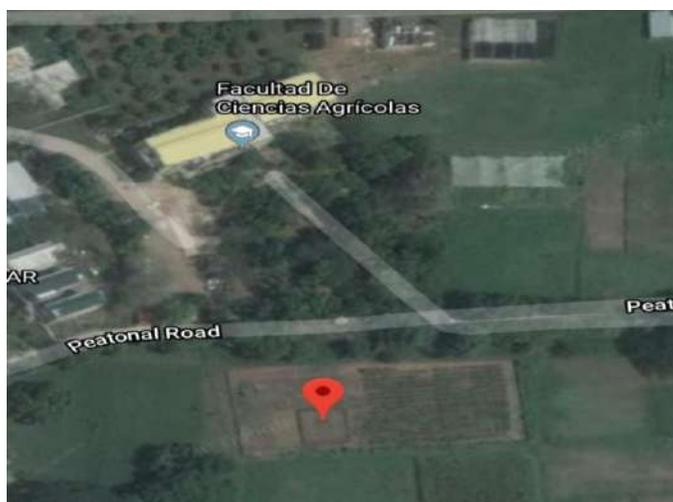


Figura 3.1 Ubicación geográfica de la parcela experimental

3.2. Diseño experimental

El diseño experimental se realizó bajo un Diseño completamente al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones.

3.2.1 Modelo estadístico del Diseño completamente al azar

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde

Y_{ij} : es la observación de la j -ésima parcela en el i -ésimo abono orgánico.

μ : es la media experimental común al i -ésimo abono orgánico, antes de aplicarlo.

τ_i : el efecto del i -ésimo abono orgánico.

ε_{ij} : es el error experimental de la unidad ij .

Donde los $\varepsilon_{ij} \sim NI(0, \theta^2)$

3.2.2 Juego de hipótesis

Ho: $\mu = \theta$

Ha: $\mu \neq \theta$

Cada unidad experimental estuvo conformada por 18 plantas, distribuidas en 3 surcos, quedando 6 plantas por surco a una distancia de 50 cm entre plantas.

Cada surco tenía una medida de 3 m de largo por 80 cm de ancho y 1 m de división entre repeticiones teniendo un total de 360 plantas en la parcela experimental, como se observa en la (Figura 3.2).



Figura 3.2 Diseño experimental

3.3. Tratamientos

Los tratamientos utilizados fueron, (Testigo, Micorriza, Lombriabono, Compost, Mezcla) quedando ordenados como se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Número y tipo de tratamiento

Número	T1	T2	T3	T4	T5
Tratamiento	Testigo	Compost	Micorriza	Lombriabono	Mezcla
Cantidad aplicada	0 g	100 g	4 g	100 g	50 g Compost 50 g Lombriabono 4 g Micorriza

Se aplicaron en diferentes dosis y fueron distribuidos en dos etapas, al momento de la siembra y posteriormente en floración.

3.4 Parámetros a evaluar

3.4.1 Variables químicas

Análisis de suelo:

El análisis de suelo fue realizado en el laboratorio de suelos y aguas de la facultad de ciencias agrícolas, de la Universidad de Córdoba, (ver anexo 1). Las muestras se tomaron a una profundidad de 25 cm.

Las normas utilizadas para la elaboración del análisis fueron:

Norma Técnica Colombiana NTC 5403, determinación de carbono orgánico.

Norma Técnica Colombiana NTC 5264, calidad del suelo, determinación de pH.

Norma Técnica Colombiana NTC 5350, calidad del suelo, determinación de fósforo disponible.

Norma Técnica Colombiana NTC 5349, calidad del suelo, determinación de las bases intercambiables: los cationes calcio, magnesio, sodio y potasio.

Norma Técnica Colombiana NTC 5404, calidad del suelo, determinación de boro disponible.

Norma Técnica Colombiana NTC 5526, calidad del suelo, determinación de micronutrientes disponibles: cobre, zinc, hierro y manganeso

Micorrizas:

La micorriza utilizada fue identificada en el laboratorio de biotecnología del departamento de química de la Universidad de Córdoba.

El procedimiento utilizado es de acuerdo a OHM y Jenkins (1964).

- Pesar medio kilo de azúcar y disolverla en medio litro de agua, poner a fuego lento para homogenizar la mezcla.
- Pesar 100 gramos de suelo del que obtendremos la muestra.
- Colocar dos tamices abajo el de 0.053 mm y encima el de 0.500 mm.

- Tamizar la muestra de suelo con agua destilada sobre un vaso de precipitado de 500 ml.
- Extraer 100 ml de la muestra y dividir en dos tubos para centrifugar, agregar una mínima cantidad de caolín y pesar para evitar que sufra algún daño por no tener el balance correcto en la centrifugadora.
- Una vez que tienen el mismo peso se colocan para centrifugar a 3500 revoluciones por 5 minutos.
- Finalizado el centrifugado se le quita el sobrenadante y se le agregan 20 ml de sacarosa.
- Se vuelve a colocar para centrifugar ahora a 2500 revoluciones por 3 min.
- Finalizado el centrifugado, ahora se utiliza el sobrenadante para tamizarlo en el de 0.038 mm.
- Lo que resulta del tamizado se deposita en una caja petrick para ser observado en el estereoscopio.
- Se va seleccionando lo que se observa para posteriormente observarlo en el microscopio, utilizando un porta objeto y un cubre objeto.
- Se coloca en el microscopio y se coloca el lente en 40x para poder identificar el género al que pertenece la micorriza.
- Se realizan anotaciones de los géneros encontrados.

3.4.2 Variables vegetativas

1. **Tiempo de emergencia:** se contabilizo a partir del día de siembra hasta el día que emergió completamente mostrando sus dos hojas cotiledóneas, el resultado se expresó en días.
2. **Número de hojas:** se contabilizo el número de hojas a las 4 plantas centrales de cada tratamiento, se realizó el conteo de forma manual, semanalmente y hasta la primera poda, los resultados se expresaron tomando como unidad a cada hoja (Hojas).
3. **Diámetro de tallo:** la medición del diámetro de los tallos se realizó con ayuda de un vernier (Stanley®) en los primeros 7 cm de altura, la medición se realizó

semanalmente, en las cuatro plantas centrales de los tratamientos. Los resultados se expresaron en centímetros (cm).

4. **Altura de planta:** para medir esta variable, se utilizó una cinta métrica, (Discover® de 50 m), la cual se colocaba desde la superficie de la tierra hasta la punta apical de la planta, las mediciones se realizaron semanalmente, a las 4 plantas centrales de cada tratamiento, los resultados se expresaron en cm.
5. **Peso de fruto:** cada fruto que se obtuvo de las plantas de los distintos tratamientos se fue pesando y anotando en la bitácora, los resultados se expresaron en gramos (g).
6. **Diámetro longitudinal del fruto:** el diámetro longitudinal se midió con una regla de 30 cm, y solo se midieron los frutos de las cuatro plantas centrales de cada tratamiento, la medición se realizó semanalmente, los resultados se expresaron en cm.
7. **Diámetro ecuatorial del fruto:** el diámetro ecuatorial del fruto se midió con un vernier (Stanley®), las mediciones fueron semanalmente y solo fueron de las 4 plantas centrales del tratamiento, los resultados se expresaron en cm.

Los monitoreos de las plantas se realizaban diariamente para observar si las iguanas no se metían nuevamente o si las aves no dañaban las plantas.

3.5 Modelo estadístico

Los datos se analizaron con análisis de varianza, mediante la prueba de Tukey ($p=0,05$) para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables a evaluar. El análisis estadístico se realizó con ayuda del programa Minitab Statistical Software versión libre.

3.6 Materiales

En la Tabla 3.2 se presenta el listado de los insumos utilizados para los diferentes tratamientos, así como el listado de los materiales que se utilizaron para llevar a cabo la experimentación con el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de campo abierto en la Universidad de Córdoba, Montería, Córdoba, Colombia.

Tabla 3.2 Listado de insumos y materiales utilizados para la experimentación del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de campo abierto en la Universidad de Córdoba, Montería, Córdoba, Colombia.

Insumos	Materiales
Semilla de pepino cohombro POINSET 76 OP	Pala (HERRAGRO®)
Lombriabono	Tutores (postes de madera)
Compost	Rafia
Micorrizas	Cinta métrica de plástico (Discover® de 50 m)
	Vernier Analógico (Stanley®)
	Báscula digital (GLOBE® Model No. F511)
	Charolas de plástico con 72 cavidades
	Estacas de madera
	Plumón permanente
	Bitácora de campo
	Artículos de papelería (lápiz, lapiceros, hojas blancas, sacapuntas, goma)

3.7 Metodología

El proyecto se inició con la preparación del terreno, (Figura 3.3) que consistió en la limpieza del mismo, de los surcos y el riego del terreno para facilitar la siembra y germinación.



Figura 3.3 Preparación del terreno

El mismo día se realizó la obtención de las muestras de suelo (Figura 3.4), para el análisis físico-químico, el cual consistió en tomar 200 g de suelo de 5 puntos en forma de zigzag en la parcela experimental.



Figura 3.4 Obtención de muestras

El día 1 de octubre se realizó el abonado de las parcelas (Figura 3.5), con los distintos tratamientos en las siguientes dosis: micorriza 4 g, Lombriabono 100 g, compost 100 g y la mezcla (50 g de Lombriabono, 50 g de Compost y 4 g de Micorriza).



Figura 3.5 Aplicación de abonos

Posteriormente se llevó a cabo la siembra directa en los surcos (Figura 3.6) a una distancia de 50 cm entre planta y 90 cm entre surcos, se realizó el riego para

ayudar a la germinación de las semillas.



Figura 3.6 Siembra

Las primeras semillas germinaron a los 5 días, empezando a mostrar sus hojas cotiledóneas como se muestra en la Figura 3.7.



Figura 3.7 Hojas cotiledóneas

Días después mediante un monitoreo que se realizó se observaron plántulas dañadas (Figura 3.8), pero sin saber aún que era se volvió a realizar una siembra el día 8 de octubre.



Figura 3.8 Hojas cotiledóneas dañadas

Al pasar los días con los cuidados y riegos adecuados volvieron a germinar y mostrar las hojas cotiledóneas las plántulas (Figura 3.9), sin embargo, se observó que las plantas nuevamente tenían daños, en esta ocasión se monitoreo más a detalle y

se encontraron iguanas en el lote.



Figura 3.9 Hojas cotiledóneas sanas

Se optó por volver a sembrar el día 15 de octubre, pero ahora en charolas de 72 cavidades, en las que se utilizó como sustrato fibra de coco (Figura 3.10), el día de la siembra se regaron para quedaran con suficiente agua y le diera rapidez a su germinación, posteriormente se volvió a regar el día 17.

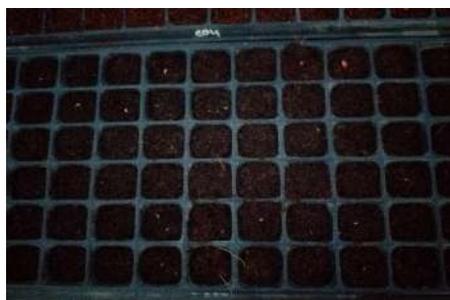


Figura 3.10 Charolas con sustrato

El día 18 de octubre se realizó un monitoreo en el que se detectó que 4 plántulas de las charolas se mostraron enfermas, por lo que se retiraron para evitar su propagación. Se aplicó ají picante para el control de cualquier plaga, se mezclaron 20 ml de ají picante en 400 ml de agua (Figura 3.11), para aplicar en las charolas, se rociaron uniformemente con un atomizador pequeño.



Figura 3.11 Mezcla de ají y agua

El día 19 de octubre se regó nuevamente, posteriormente el 21 de octubre se volvió a sembrar a causa de que las iguanas pequeñas lograron entrar al invernadero y dañar gran cantidad de plántulas como se observa en la Figura 3.12.



Figura 3.12 Plántulas dañadas por iguanas

Después se realizó la siembra y se pasaron a una casa malla sombra para protegerlas de las iguanas, sin embargo, la presencia de orificios en la casa malla sombra provocó la entrada de aves que dañaron la plántula como se observa en la Figura 3.13.



Figura 3.13 Plántulas dañadas por aves

Posteriormente después de la siembra se aplicó ceniza en agua (Figura 3.14) para evitar el crecimiento de hongo por el alto índice de humedad.



Figura 3.14 Aplicación de ceniza

Se requirió de una nueva siembra el día 23 de octubre, con los cuidados correspondientes realizados se logró que crecieran como se observa en la Figura 3.15.



Figura 3.15 Plántulas sanas

La primera hoja verdadera se presentó el día 2 de noviembre como se observa en la Figura 3.16.



Figura 3.16 Primera hoja verdadera

Cuando alcanzaron la altura adecuada se realizó el trasplante a campo (Figura 3.17), este se realizó el día 8 de noviembre.



Figura 3.17 Trasplante

Se colocó un redondel de malla sombra y espantapájaros para evitar la entrada de iguanas y aves.

Se aplicó cal agrícola (Figura 3.18), el día 14 de noviembre alrededor de la planta solo como control preventivo.



Figura 3.18 Aplicación de cal

Se mantuvieron los cuidados necesarios en torno a monitoreos y riegos, así como el deshierbe. El día 16 de noviembre empezó la floración como se observa en la Figura 3.19.



Figura 3.19 Floración

Posteriormente se colocó cinta de cassette para emitir ruido, de esta forma evitar que se acercaran las aves e iguanas, el principal motivo fue que se encontraron plantas de un extremo de la parcela dañadas.

El 18 de noviembre se realizó la segunda fertilización con las mismas cantidades para darle nutrientes y evitar el aborto de flores.

El 21 de noviembre contando con plantas ya grandes se colocaron los postes, fueron hechos de 2.30 m, se colocaron 3 postes por surco dando como resultado 45 postes, se colocó uno al principio de la primera repetición otro después de dos repeticiones y el último al finalizar las 4 repeticiones (Figura 3.20), en toda el área experimental y la rafia para realizar el tutorado.



Figura 3.20 Colocación de postes

El día 25 de noviembre se llevó a cabo el tutorado de las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L), como se observa en la (Figura 3.21).



Figura 3.21 Tutoreo

El 3 de diciembre se encontró el primer fruto en estado de crecimiento como se observa en la Figura 3.22.



Figura 3.22 Primer fruto

Por consiguiente, el 6 de diciembre se realizó una fertilización líquida con 200 ml de Lombriabono en 20 L de agua para darle mayor amarre de fruto y cuajado del mismo, aplicando solamente 50 ml por planta se obtuvieron resultados notables en el cuarto día.

El día 13 de diciembre se aplicó ají picante, en una dosis de 140 ml en 4 litros de agua para el control de pulgón.

La primera cosecha se realizó el día 13 de diciembre de 2020 como se observa en la Figura 3.23, solo se lograron obtener dos cosechas.



Figura 3.23 Primera cosecha

Riego

Los riegos se realizaron diariamente en la mañana y en la tarde, a excepción de los días con presencia de lluvia, se realizaron de forma manual, con dos cantidades de aplicación en los primeros días se aplicaron 600 ml de agua por planta y posteriormente se aplicó 2 L de agua por planta al día.

Los datos obtenidos de las variables evaluadas y el registro de los monitoreos

se recabaron en una bitácora, en ella se anotó semanalmente utilizando un formato como se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Formato para registro de datos

FORMATO DE BITACORA DE CAMPO					
VARIABLE					
		FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
NÚMERO DE TRATAMIENTO					
PLANTA 1					
PLANTA 2					
PLANTA 3					
PLANTA 4					
NÚMERO DE TRATAMIENTO					
PLANTA 1					
PLANTA 2					
PLANTA 3					
PLANTA 4					

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE
RESULTADOS

4.1 Análisis de suelo

En la Tabla 4.1, se presentan los valores obtenidos del análisis del suelo. Los valores obtenidos fueron sin la aplicación de algún tratamiento.

De acuerdo a López (2003) la planta de pepino requiere un pH de 5.5 a 6.8 y el resultado obtenido está dentro de los parámetros adecuados considerando un pH de 6.4 acercándose al límite máximo. También considera que el valor mínimo de la materia orgánica es 3.5 % en suelo. Cabe resaltar que de acuerdo a lo que el autor menciona en el porcentaje de materia orgánica en el experimento se obtuvo mayor porcentaje con un valor de 6.4 % presente en el suelo.

Tabla 4.1 Porcentajes de valores obtenidos de análisis de suelo

Elementos	M.O %	pH	S%	P%	Ca%	Mg%	Na%
Resultados	6.4	6.4	7.2	17.6	14.7	4.3	0.07

Elementos	K%	B%	Cu%	Fe%	Zn%	Mn%
Resultados	0.5	0.1	6.6	48.1	1.7	28.8

M.O: Materia Orgánica, pH: Potencial de Hidrogeno, S: Azufre, P: Fosforo, Ca: Calcio, Mg: Magnesio, Na: Sodio, K: Potasio, B: Boro, Cu: Cobre, Fe: Hierro, Zn: Zinc, Mn: Manganeso

4.2 Tiempo de emergencia

Se realizaron dos tipos de germinación a suelo directo y en charola (Tabla 4.2), La primera consistió en la siembra de la semilla a suelo directo obteniendo un resultado de 5 días y menor porcentaje de germinación, la segunda consistió en colocar las semillas en charola obteniendo un resultado de 3 días y un mayor porcentaje de semilla germinada. De esta forma se eligió la segunda opción como la mejor para germinación de las semillas de pepino, con esta técnica se logra reducir tiempo, costos y cuidados.

Con base en USAID (2007) donde establece parámetros de 4 a 6 días para la germinación de las semillas de pepino y en los resultados obtenidos en ambas siembras, la germinación se establece dentro de los parámetros citados.

Tabla 4.2 Días a germinación

Factor	Días
Germinación con base en USAID	4 a 6
Siembra directa	5
Charolas de germinación	3

4.3 Análisis de las variables del desarrollo de la planta de pepino

4.3.1 Número de hojas

En la Tabla 4.3, se observan los resultados obtenidos del análisis de varianza, en la variable número de hojas.

Tabla 4.3 Análisis de varianza para la variable Número de hojas

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_o	F_t
Tratamientos	4	19.5808105	4.89520264	0.37907765	3.05556828
Error	15	193.701843	12.9134562		
Total	19	213.282654			

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4.3 para $F_0=0.379 \leq F_t=3.055$, no se rechaza la H_0 con un $\alpha=0.05$.

En la Tabla 4.4 se muestran los resultados de la prueba de Tukey, donde se puede observar que todos los tratamientos son iguales, solo marca diferencias numéricas.

Tabla 4.4 Resultados de prueba de Tukey de la variable Número de hojas

Tratamiento	Media	Agrupación
4	9.0	A
2	7.7	A
5	7.3	A
1	6.3	A
3	6.3	A

*Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95%, según el test de Tukey.

*Letras iguales (minúsculas o mayúsculas) en una misma columna indica que no hay diferencias significativas.

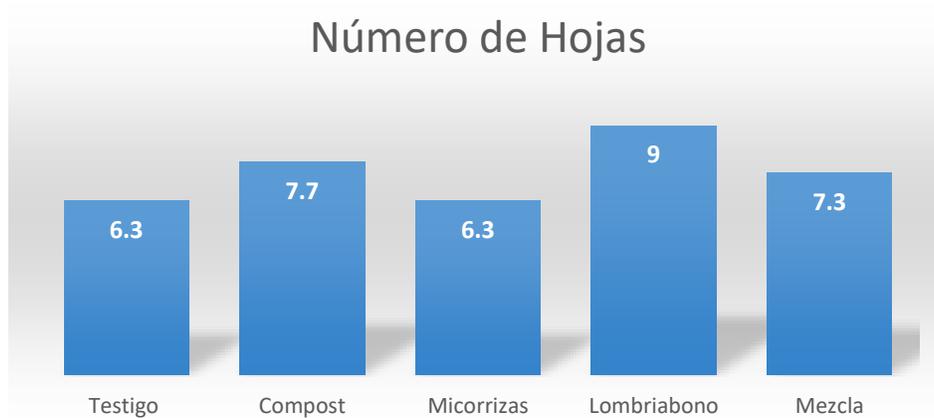


Figura 4.1 Representación gráfica de la prueba de tukey con respecto a la variable Número de hojas

De acuerdo al análisis de la prueba de Tukey, no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos.

Ayala *et al*, (2019) en el trabajo de investigación densidad de plantas y poda de tallos en la producción de pepino en invernadero muestra una media en una densidad de 2.22 plantas por metro cuadrado a un solo tallo un número de hojas de 28.9 hojas y en una densidad de 1.68 plantas por metro cuadrado a un solo tallo proporciona una media de 30.4 hojas. Comparando las medias consultadas con las obtenidas, no se mostró una diferencia significativa.

4.3.2 Diámetro de tallo

En la tabla 4.5 se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable diámetro de tallo

Tabla 4.5 Análisis de varianza para la variable Diámetro de tallo

Fuente de variación	de Grados libertad	de Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Fo	Ft
Entre tratamientos	4	0.01	0.00	1.23	3.06
Error	15	0.02	0.00		
Total	19	0.03			

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4.5 para $F_0=1.23 \leq F_t=3.06$, no se rechaza la H_0 con un $\alpha=0.05$.

En la Tabla 4.6 se muestran los resultados de la prueba de Tukey, en la cual se observa que todos los tratamientos son iguales.

Tabla 4.6 Resultados de prueba de tukey variable diámetro de tallo

Tratamiento	Media	Agrupación
2	0.6	A
5	0.6	A
3	0.6	A
4	0.6	A
1	0.6	A

*Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95%, según el test de Tukey.

*Letras iguales (minúsculas o mayúsculas) en una misma columna indica que no hay diferencias significativas.

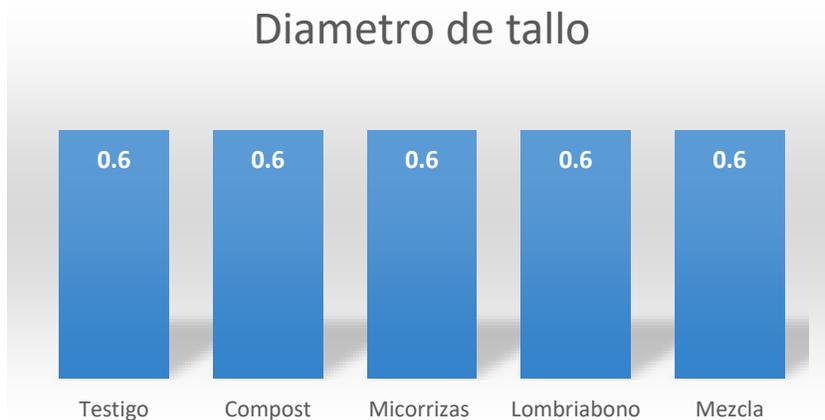


Figura 4.2 Representación gráfica de la prueba de tukey con respecto a la variable Diámetro de tallo

De acuerdo a los datos obtenidos no se encontró una diferencia estadística en el diámetro del tallo. En algunos casos y con base en lo consultado la temperatura del ambiente ocasiono estrés hídrico provocando que los tallos sufrieran agrietamientos y se redujera su tamaño.

En comparación con Ayala *et al*, (2019) en el trabajo de investigación densidad de plantas y poda de tallos en la producción de pepino en invernadero muestra una media en diámetro de tallo de 10.3 mm (1.3 cm), en una densidad de 2.22 p/m² (plantas por metro cuadrado), mientras que los datos obtenidos son menores, sin mostrar una deferencia significativa. Menciona que el diámetro del tallo está relacionado con la densidad de plantas, entre mayor densidad menor es el diámetro y por el contrario todo esto debido a la competencia de nutrientes.

4.3.3 Altura de planta

En la Tabla 4.7 se observan los resultados del análisis de varianza de la variable altura de planta.

Tabla 4.7 Análisis de varianza para la variable Altura de planta

Fuente de variación	de Grados de libertad	de Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Fo	Ft
Entre tratamientos	4	387.14	96.78	1.19	3.06
Error	15	1220.72	81.38		
Total	19	1607.86			

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4.7 para $F_0=1.19 \leq F_t=3.06$, no se rechaza la H_0 con un $\alpha=0.05$.

En la Tabla 4.8 se muestran los resultados de la prueba de Tukey, se observa que todos los tratamientos son iguales.

Tabla 4.8 Resultados de prueba de tukey de la variable Altura de planta

Tratamiento	Media	Agrupación
5	40.4	A
2	38.1	A
4	36.5	A
3	29.9	A
1	29.6	A

*Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95%, según el test de Tukey.

*Letras iguales (minúsculas o mayúsculas) en una misma columna indica que no hay diferencias significativas.

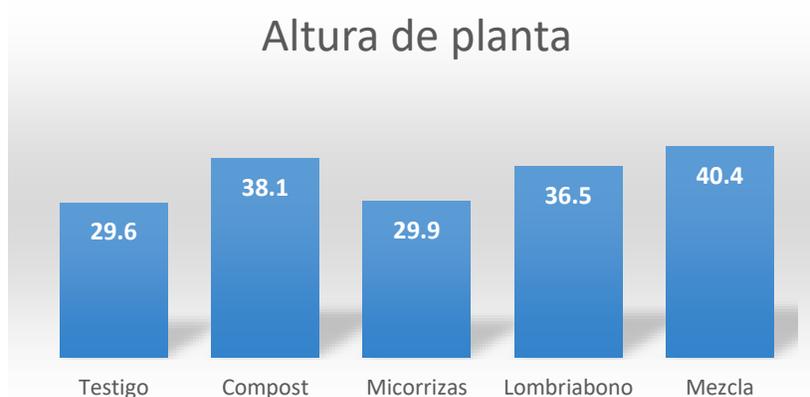


Figura 4.3 Representación gráfica de la prueba de tukey con respecto a la variable Altura de planta

Respecto a los distintos tratamientos no se encontró ninguna diferencia estadística en la altura de la planta, no obstante, numéricamente se observa que la mezcla mostró un mayor crecimiento en altura.

En comparación con Méndez (2016) en su trabajo evaluación de la producción de pepino (*Cucumis sativus* L) con porcentajes de lixiviado de vermicompost en invernadero, reporta una altura máxima de 30.8 cm a los 24 días después de trasplante (DDT) mostrando un crecimiento de la planta de 1.3 cm por día, sin embargo, en el presente trabajo se reporta una altura máxima de 40.4 cm a los 25 días después de trasplante (DDT) alcanzando un crecimiento de 1.6 cm por día, mostrando una diferencia de 0.3 cm en comparación con lo citado. En las condiciones que se estableció el cultivo fue favorable para la planta ayudando a tener resultados excelentes en la variable.

4.4 Análisis de las variables del desarrollo de la planta de pepino

4.4.1 Parámetros de calidad del pepino

En la Tabla 4.9 se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza de la

variable peso de fruto.

Tabla 4.9 Análisis de varianza para la variable Peso

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F _o	F _t
Entre tratamientos	4	7025.69344	1756.42336	0.44724569	3.05556828
Error	15	58908.0035	3927.20023		
Total	19	65933.6969			

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4.9 para $F_0=1.19 \leq F_t=3.05$, no se rechaza la H_0 con un $\alpha=0.05$.

En la Tabla 4.10 se muestran los resultados de la prueba de Tukey de la variable peso de fruto.

Tabla 4.10 Resultados de prueba de tukey de la variable Peso

Tratamiento	Media	Agrupación
2	226.9	A
3	186.7	A
5	185.5	A
4	178.6	A
1	174.8	A

*Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95%, según el test de Tukey.

*Letras iguales (minúsculas o mayúsculas) en una misma columna indica que no hay diferencias significativas.



Figura 4.4 Representación gráfica de la prueba de tukey con respecto a la variable Peso de fruto

En la Tabla 4.11 se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza de la variable Diámetro longitudinal.

Tabla 4.11 Análisis de varianza para la variable Diámetro Longitudinal

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F _o	F _t
Entre tratamientos	4	57.5971138	14.39754857	0.39754857	3.05556828
Error	15	543.302619	36.2201746		
Total	19	600.899733			

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4.11 para $F_0=0.39 \leq F_t=3.05$, no se rechaza la H_0 con un $\alpha=0.05$.

En la Tabla 4.12 se muestra los resultados de la prueba de Tukey de la variable Diámetro longitudinal.

Tabla 4.12 Resultados de prueba de Tukey de la variable Diámetro longitudinal

Tratamiento	Media	Agrupación
3	14.1	A
2	13.2	A
1	11.1	A
5	10.6	A
4	9.4	A

*Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95%, según el test de Tukey.

*Letras iguales (minúsculas o mayúsculas) en una misma columna indica que no hay diferencias significativas.

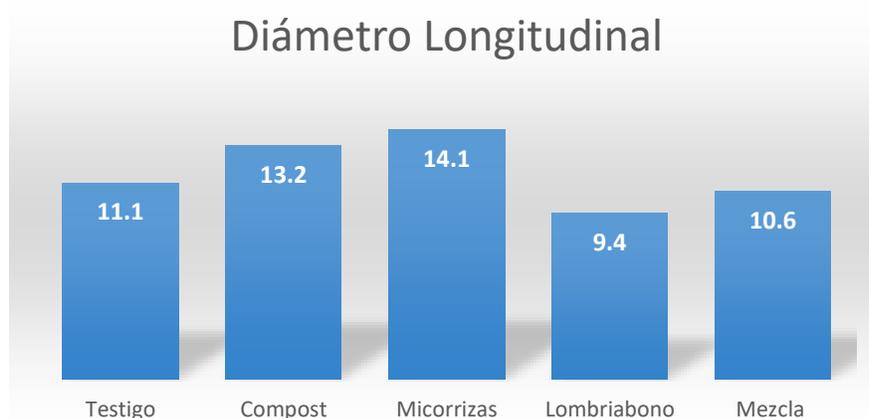


Figura 4.5 Representación gráfica de la prueba de Tukey con respecto a la variable Diámetro longitudinal

En la tabla 4.13 se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza de la variable Diámetro ecuatorial.

Tabla 4.13 Análisis de varianza para la variable Diámetro ecuatorial

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_0	F_t
Entre tratamientos	4	11.2768518	2.81921296	1.0479396	3.05556828
Error	15	40.3536562	2.69024374		
Total	19	51.630508			

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4.13 para $F_0=1.04 \leq F_t=3.05$, no se rechaza la H_0 con un $\alpha=0.05$.

En la Tabla 4.14 se muestran los resultados de la prueba de Tukey de la variable Diámetro ecuatorial.

Tabla 4.14 Resultados de prueba de Tukey de la variable Diámetro ecuatorial

Tratamiento	Media	Agrupación
5	4.4	A
3	4.2	A
2	3.8	A
4	3.4	A
1	2.4	A

*Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95%, según el test de Tukey.

*Letras iguales (minúsculas o mayúsculas) en una misma columna indica que no hay diferencias significativas.

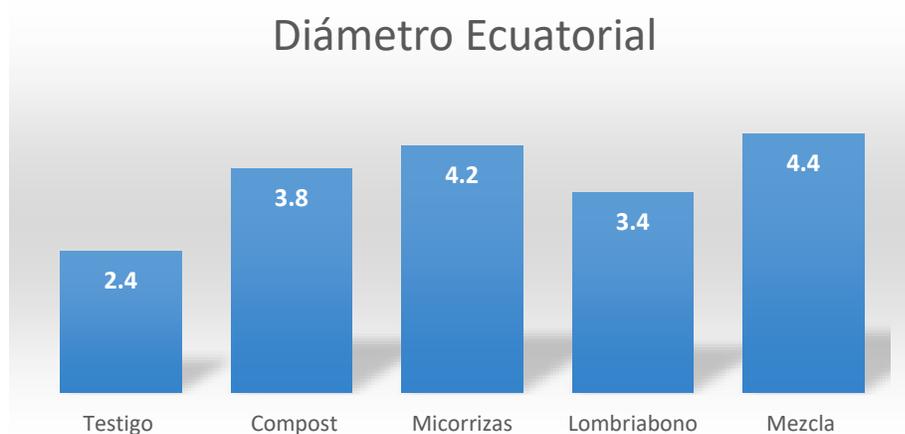


Figura 4.6 Representación gráfica de la prueba de Tukey con respecto a la variable Diámetro ecuatorial

Respecto a las variables evaluadas no se encontró diferencia estadística (e.s.), en la calidad del cultivo de pepino. Sin embargo, algunos tratamientos obtuvieron un mayor promedio en algunas variables.

De acuerdo con Castro (2011) en la evaluación de la producción de pepino con abonos orgánicos en invernadero reporta una media de peso de fruto de 277 g y en comparación con los promedios obtenidos, los valores se encuentran un poco por debajo de la media citada.

Santiago (2014) en su trabajo de evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción y calidad del cultivo de pepino bajo invernadero, reporta una longitud de 18.5 cm.

Mientras que Méndez (2016) en su trabajo evaluación de la producción de pepino (*Cucumis sativus* L) con porcentajes de lixiviado de vermicompost en invernadero reporta una media de 19.6 cm. Comparando con los obtenidos en el presente trabajo son valores moderadamente altos.

Díaz (2013) en su trabajo de producción orgánica y calidad nutracéutica de frutos de pepino bajo condiciones protegidas obtuvo una media de 4.5 cm mientras que Mendez (2016) nos reporta una media de 4.9 cm, en comparación con las obtenidas se observa que son similares.

4.5 Micorrizas

Durante la identificación de micorrizas se encontraron dos géneros *Acaulospora* y *Glomus* (ver anexo 2 y 3).

Las micorrizas cumplen un papel fundamental en la nutrición, sanidad y productividad de los cultivos, también mejoran la fertilidad, sustentabilidad, calidad y resiliencia de los suelos (Johnson *et al.*, 2003; De Prager *et al.*, 2009).

Los efectos benéficos de micorrizas arbusculares que se manifiestan en las especies vegetales están relacionadas con la nutrición. Esta relación tiene importancia porque aumenta la resistencia de las especies y su capacidad para sobrevivir a condiciones de estrés, además, estimulan el crecimiento vegetal, adicionalmente, aumenta la biomasa vegetal, influye en la distribución de nutrientes (Porcel *et al.* 2012; Zhang *et al.*, 2014).

4.6 Producción y rendimiento

La producción a campo abierto en México es de 13,140 kg/ha (100%) (SAGARPA, 2002), y la producción estimada para el espacio que se ocupó en el experimento es de 335.07 kg (2.55 %), sin embargo la producción obtenida a partir del experimento realizado, tomando en cuenta dos cosechas, que son las que se alcanzaron a obtener por el tiempo de residencia, dio un total de 106.462 kg (1 %) en un área de 255 metros cuadrados, los valores suelen ser un poco bajos, cabe resaltar que la mayor producción es en invernadero y que sus valores pueden ser de 2 a 9 veces más que en campo abierto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el presente proyecto se pretendía evaluar la fertilidad del suelo mediante la aplicación de abonos orgánicos, lo cual se llevó a cabo parcialmente habiendo realizado un análisis de suelo, debido a los inconvenientes como son plagas entre ellos aves e iguanas, ocasionando que se hicieran 5 resiembras atrasando el experimento alrededor de 50 días, por lo que al término de la residencia solo se alcanzó a obtener el segundo corte y por lo tanto ya no se logró realizar el segundo análisis de suelo, quedando así sin concluir el primer objetivo.

En función de los resultados obtenidos en pepino conducido bajo diferentes abonos orgánicos, se concluye lo siguiente:

La aplicación de los abonos orgánicos no se reflejó en el análisis estadístico, sin embargo, numéricamente sí, en cuanto a producción y desarrollo, no rechazando la hipótesis nula con un $\alpha=0.05$, concluyendo que con la aplicación de los diferentes abonos orgánicos se obtienen rendimientos semejantes estadísticamente hablando. Aunque las diferencias numéricas sí son muy marcadas.

Cabe mencionar que no se obtuvieron las cosechas del ciclo completo del cultivo lo cual pudo influir en los resultados, independientemente de que al ser un abono orgánico el proceso de asimilación es más lenta.

Por lo que se recomienda incrementar la dosis y seguir con la investigación para obtener todo el ciclo del cultivo y de esta forma observar la influencia de los abonos orgánicos en la fertilidad del suelo y su comportamiento ciclo tras ciclo debido a su función como mejoradores de suelo.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Akiyama, K. y Hayashi, H. 2006. Strigolactones: Chemical Signals For Fungal Symbionts and Parasitic Weeds in Plant Roots. *Annals of botany*, 97(6), pp. 925 – 931.
2. Akiyama, K., Matsuzaki, K., y Hayashi, H. 2005. Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. *Nature*, 435 (7043), pp. 824-827.
3. Albuja, M. 2009. Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del abono obtenido de los desechos orgánicos del mercado mayorista de la ciudad de Ibarra, elaborado mediante dos métodos de inoculación de bacterias microcompostic PE compost y compostaje convencional. (p. 45). Tesis lic. Ciencias Agrícolas y Ambientales. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
4. Angulo, J., Alfonso, A., Martínez, M., García, A. 2011. Estimación de la transferencia de E coli desde compost a té de compost durante el proceso de elaboración. Antofagasta, Chile: Congreso Agronómico de Chile.
5. Arias, S. 2007. Producción de pepino. USAID-RED. La lima, Cortes, Honduras. pp. 31.
6. Ayala, T., F. López, O., C.A. Yáñez, J., M.G. Díaz, V., T. Velázquez, A., T. Parra, D., J.M. 2019. Densidad de plantas y poda de tallos en la producción de pepino en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* volumen 10 número 1. pp. 12.
7. Bago, B. 2000. Putative sites for nutrient uptake in arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and soil*, 226, pp. 263-274.
8. Barrera, J. 2011. Caracterización física, química, micro-biológica y Productiva de Abonos Orgánicos producidos con residuos sólidos generados en la Universidad de

- Córdoba. (p. 40). Proyecto de Investigación. Convocatoria interna 2007. Universidad de Córdoba. Colombia.
9. Basaure P. Manual de lombricultura. Chile 2004. Fecha de consulta: 26 de octubre de 2019. <http://www.manualdelombricultura.com/manual/conceptos.html>
 10. Benzing, A. 2001. Agricultura Orgánica – fundamentos para la región andina. (p. 682). Villingen-schwenningen. Alemania: Neckar-Verlag.
 11. BioDic. Fecha de consulta 21 de febrero de 2020. <https://www.biodic.net/palabra/labil/#.XILZG2gzblU>
 12. Bojórquez, A. D., Gutiérrez, C. G., Báez, R. C., Sánchez, M.Á., Montoya, L. G., y Pérez, E. N. 2010. Biofertilizantes en el Desarrollo Sustentable, 6 (1), pp. 51-56.
 13. Braga, J., Filoso, S., Zotelli, L., De Sousa, E., Pitombo, L., Duarte-Neto, P., Vargas, V., Andrade, C., Gava, G., Rossetto, R., Cantarella, H., Neto, A., Martinelli, L. 2013. Infield greenhouse gas emissions from sugarcane soils in Brazil: effects from synthetic and organic fertilizer application and crop trash accumulation. GCB Bioenergy. 5(3), pp. 267 – 280.
 14. Cabrales, E. 2008. Materia orgánica del suelo: material didáctico para universitarios. (p. 65). Montería: Centro de publicaciones de la Universidad de Córdoba.
 15. Casaca, A.D. 2005. El cultivo del pepino. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. Disponible desde: <http://gamis.zamorano.edu/gamis/es/docs/hortalizas/pepino.pdf>
 16. Castro, A., J.M. 2011. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L) con abonos orgánicos en invernadero. Tesis. UAAAN UL. Torreón, Coahuila, México. pp. 1-57.

17. Céspedes, L., M.C. 2005. Agricultura orgánica, principios y prácticas de producción. Centro regional de investigación Quilamapu. Boletín INIA. N° 131. Chillán, Chile.
18. Conducta biológica de la colonia. Fecha de consulta 21 de febrero de 2020. http://www.trofar.cl/doctos/ricardo_saavedra/Etologia_Colonia.pdf
19. Cuevas, J. 2007. Curso de compostaje en la UAM: Etapas del proceso de compostaje. (p.35) Madrid: Universidad autónoma de Madrid.
20. De Prager, M. Torres, R., Trinidad, J., Barrios, E., Velásquez, D., Paz, I., Vargas, N. 2009. Las micorrizas: el micelio externo de los hongos formadores de micorriza arbuscular (HMA) como Red Nutricional y Estructural en los Agroecosistemas. Rev. Bras. De Agroecología, 4 (2), pp. 434-437.
21. Díaz, M., H.A. 2013. Producción orgánica y calidad nutracéutica de frutos de pepino (*Cucumis sativus* L) bajo condiciones protegidas. Tesis maestría. UAAAN-UL. Torreón Coahuila México. pp. 1-52.
22. Dickson, S. 2004. The Arum-Paris continuum of mycorrhizal symbioses. New Phytologist, 163, pp. 187-200.
23. Durán Ramírez Felipe. 2006. Volvamos al campo. GRUPO LATINO LTDA. Colombia. 700 p.
24. EcuRed. Fecha de consulta 21 de febrero de 2020. <https://www.ecured.cu/Lignina>
25. Emiliani, G., Fondi, M., Fani, R., & Gribaldo, S. 2009. A horizontal gene transfer at the origin of phenylpropanoid metabolism: a key adaptation of plants to land. Biology Direct, 4, pp. 1-12.

26. Euston 2019. Fecha de consulta: 21 de febrero de 2020.
<https://www.euston96.com/helminfos/>
27. FAO.2014. Agriculture organic.
Online: <http://www.fao.org/organicag/oa-home/es/>
28. Fundora, L., Rivera, R., Martín, J., Calderón, A. y Torres, A. 2011. Utilización de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares en el desarrollo de porta injertos de aguacate en sustrato suelo-cachaza. *Revista Cultivos Tropicales*, 32 (2), pp. 23-29.
29. Genre, A., y Bonfante, P. 2007. Check-in procedures for plant cell entry by biotrophic microbes. *Molecular Plant- Microbe Interactions*, 20 (9), pp. 1023-1030.
30. Genre, A., Chabaud, M., Timmers, T., Bonfante, P., y Barker, DG. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi elicit a novel intracellular apparatus in *Medicago truncatula* root epidermal cells before infection. *The Plant cell*, 17 (12), pp 3489-3499.
31. Genre, A., Chabaud, M., Faccio, A., Barker, DG., y Bonfante, P. 2008. Prepenetration apparatus assembly precedes and predicts the colonization patterns of arbuscular mycorrhizal fungi within the root cortex of both *Medicago truncatula* and *Daucus carota*. *Plant cell*, 20, pp. 1407-1420.
32. Gómez, C.,M.Á.; Schwentesius, R., R. Gómez, T., L. Lobato, G., A.J. 2006. Agricultura orgánica en México ¿un panorama verde? III encuentro mesoamericano y del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. 3 – 5 de octubre. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. p 8.

33. GreenFacts. 2020. Fecha de consulta: 21 de febrero de 2020. <http://www.greenfacts.org/es/glosario/def/exudado-plantas.htm>
34. Harley, J. L., y Smith S. E. (2008). Mycorrhizal Symbiosis. Londres: Academic Press.
35. Harrison, M. J. 2005. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annual Review of Microbiology*, 59, pp. 19-4.
36. INIA. 2008 Innovaciones tecnológicas y mercados diferenciados para productores de papa nativa" Huancayo-Perú.
37. INTAGRI. 2017. Control de Malezas en Cultivos Hortícolas. Serie Fitosanidad. Núm. 84. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p
38. Jaime, G., M. Lucero, F., J.M. Sánchez, V., C. 2012. Inteligencia de mercado de pepino. Centro de investigaciones del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. pp. 85.
39. Johnson, N., Rowland, D., Corkidi, L., Egerton, L., y Allen, E. 2003. Nitrogen enrichment alters mycorrhizal allocation at five mesic to semi-arid grasslands. *Ecol.* 84 (7), pp. 1895-1908.
40. López, C. 2003. Guía Técnica no. 17 Cultivo de pepino. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (en línea). Consultado 23 jul. 2015. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Pepino%202003.pdf>
41. Marsh, J. y Schultze, M. 2001. Analysis of arbuscular mycorrhizas using symbiosis-defective plant mutants. *New Phytologist*, 150, pp. 525-532.

42. Méndez, P., A. 2016. Evaluación de la producción de pepino (*Cucumis sativus* L) con porcentajes de lixiviado de vermicompost en invernadero. Tesis UAAAN-UL. Torreón Coahuila, México. pp. 64.
43. Micelio- Plantas y hongos. 2019. Fecha de consulta: 21 de febrero de 2020. http://www.plantasyhongos.es/hongos/hongos_micelio.htm
44. Minaxi, J., Saxena, S., Chandra, L., Nain, L. 2013. Synergistic effect of phosphate solubilizing rhizobacteria and arbuscular mycorrhiza on growth and yield of wheat plants. *Journal of soil science and plant nutrition*, 12 (2), pp. 511-525.
45. Narváez F. 2018. Humus de lombriz. Tamuco - Laranza. Chile. Fecha de consulta: 27 de Octubre de 2019. <http://www.feriasaraucaania.cl/UserFiles/File/humus.pdf>
46. Ojeda, T., C.N. 2011. Producción y calidad de genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L) bajo un sistema orgánico a campo abierto. Tesis. UAAAN UL. Torreón Coahuila, México. pp. 1-47.
47. PALENCIA, G.; MERCADO, T.; COMBATT, E. 2006. Estudio agroclimático del departamento de Córdoba. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba. 126p.
48. Porcel, R., Aroca, R., y Ruiz-Lozano, J.M. 2012. Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, pp. 181-200.
49. Ramos, D., Terry, E., Soto, F., Cabrera, J. 2014. Bokashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. *Cultrop*. 35(2), 90 – 97.

50. Reche, M., J. 2011. Cultivo de pepino en invernadero. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. Madrid. pp. 50. ISBN: 978-84-491-1112-9.
51. Reinhardt, D. 2007. Programming Good Relations-Development of the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Current Opinion in Plant Biology*, 10, pp. 98-105.
52. Reyes, G., C.E. 2012. Dinámica nutricional y rendimiento de pepino en sistemas hidropónicos con recirculación de la solución nutritiva. Tesis UACH. México. pp. 1-82.
53. Rodríguez A. 2004. La Agricultura Urbana en Cuba. Impactos económicos, sociales y productivos. *Rev. Bimestre Cubana*. 95 (20), pp. 115 – 137.
54. Rodríguez, M., Córdova, A. 2006. Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit.
55. Román, P., Martínez, M. y Pantoja, A. 2013. Manual del compostaje del agricultor: experiencias en America Latina. (p. 112). Chile: FAO. Oficina Regional para America Latina y el Caribe.
56. SAGARPA. 2002. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. México. D.F.
57. SAGARPA. 2014. Ventajas y desventajas de la producción orgánica. Disponible desde: <http://www.mexicocalidadsuprema.org/archivos/senasica.pdf>
58. Santiago, L., G. 2014. Soluciones nutritivas orgánicas en la producción y calidad del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L) bajo invernadero. Tesis maestría. UAAAN-UL. Torreón Coahuila, México. pp. 1-61.

59. Schübler, A., Schwarzott, D., y Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota : phylogeny and evolution. *Mycological Research*, 105, pp. 1413-1421.
60. Smith, S.E. y Read, D.J. (Ed). 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. London: Academic Press.
61. Staddon, P.L., Ramsey, C.B., Ostle, N., Ineson, P., y Fitte, A.H., 2003. Rapid turnover of hyphae of mycorrhizal fungi determined by AMS microanalysis of ¹⁴C. *Science*, 300 (5622), pp. 1138-1140.
62. Té Góngora., E. 2008. Producción orgánica de tres variedades de pepino bajo condiciones de invernadero. Tesis Universidad Autónoma de Querétaro. C.U. Santiago de Querétaro, Qro. pp. 1-68.
63. Técnicoagrícola. 2012. Fecha de consulta 21 de febrero de 2020. <https://www.tecnicoagricola.es/acido-giberelico/>
64. Veresoglou, S.D., Chen, B., y Rillig, M.C. 2012. Arbuscular mycorrhiza and soil nitrogen cycling. *Soil Biology and Biochemistry*, 46, pp. 53-62
65. Xavier, M. 2013. Tratado de variedades de hortalizas. OMEGA. Barcelona. pp. 448. ISBN: pp. 978-84-282-1601-2.
66. Zamudio, G., B. Félix, R., A. 2014. Producción de pepino bajo invernadero en Valles Altos del Estado de México. INIFAP.
67. Zangaro, W. 2012. Arbuscular mycorrhizas and their importance for tropical forest formation in Brazil. En M. Pagano (Ed). *Mycorrhiza: occurrence in natural and restored environments* (pp. 40-73). New York: Nova Press.

68. Zhang, H., Wu, X., Li, G., y Qin, P. 2011. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing fungus (*Mortierella* sp.) and their effects on *Kosteletzkya virginica* growth and enzyme activities of rhizosphere and bulk soils at different salinities. *Biol Fertil Soils*, 47, pp. 543-554.
69. Zhang, Q., Sun, Q., Koide, R.T., Peng, Z., Zhou, J., Gu, X., Gao, W., y Yu, M. 2014. Arbuscular mycorrhizal fungal mediation of plant- plant interactions in a marshland plant community. *Scientific World Journal*, 2014 (20149), pp. 1-10.
70. Infoagro. La Lombricultura 1ra y 2da parte. Fecha de consulta: 26 de Octubre de 2019. <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura .htm>

GLOSARIO

Abono- Materia con que se fertiliza la tierra.

Ácido Giberélico- Fitorregulador del crecimiento caracterizado por sus efectos fisiológicos y morfológicos. Actúa a concentraciones extremadamente bajas; es trasladado en el interior de la planta y, generalmente, sólo afecta a las partes aéreas. Su efecto más claro consiste en acelerar el crecimiento vegetativo de los brotes produciendo plantas más grandes. Este efecto se debe principalmente a la elongación de las células pero, en algunos casos, la multiplicación celular también se ve incrementada.

Apresorio.- órganos de fijación, hifas unicelulares laterales cortas y especializadas, presentan las siguientes características: Parten de los tubos germinativos o hifas más largas, se adhieren a la cutícula del hospedante, tienen función mecánica o de sujeción.

Exudados.- cualquiera de las sustancias secretadas a través de los poros de los tejidos enfermos o dañados de las plantas. Resinas, gomas, aceites y lacas son ejemplo de exudados que se extraen con fines industriales.

Helminto.- Los helmintos son una clasificación biológica de organismos de gusanos metazoos que tienen como característica general el ser parásitos del hombre y que tienen la capacidad de enfermar a los seres humanos.

Lábiles.- Que resbala fácilmente. Frágil, caduco, débil.

Lignina.- Es el constituyente intercelular incrustante o cementante de las células fibrosas de los vegetales. Se concentra en la lámela media y funciona prácticamente como relleno para impartir rigidez al tallo de la planta. El segundo elemento en importancia de la composición vegetal.

Pecoreo- El pecoreo es la conducta de las abejas obreras que recolectan polen, néctar, resinas de la flora apícola y agua de un determinado lugar geográfico.

ACRÓNIMOS

APP = Aparato de prepenetración

BAS = Estructuras ramificadas de absorción

HMA = Hongos micorrizógenicos arbusculares

ME = Micelio externo

MI = Infección cortical

ml = Mililitros

MIM = Manejo integrado de malezas

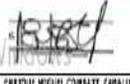
MIP = Manejo Integrado de Plagas

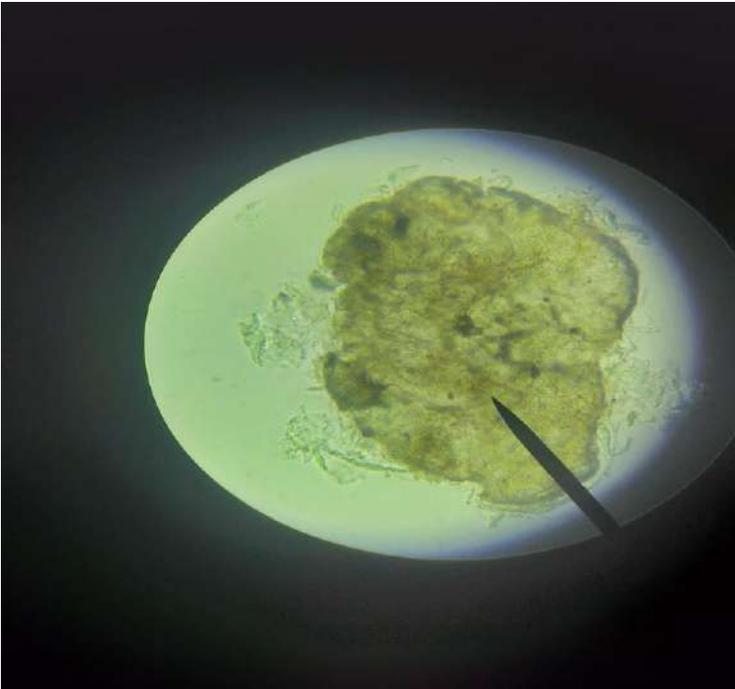
pH = Potencial de Hidrogeno

ANEXOS

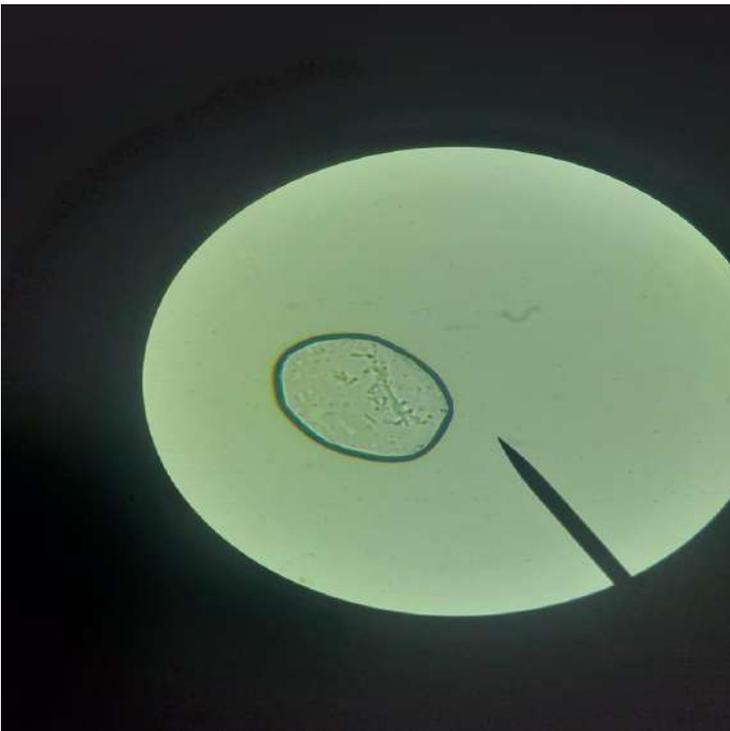
Anexo 1: Análisis de suelo.

	UNIVERSIDAD DE CORDOBA	CODIGO: FLSA-041
	LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS	VERSION: 03
	INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS	EMISION: 30/08/2019
		PÁGINA 1 de 1

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS	NUESTRA	ORIGINAL	X	OPIN	CLIENTE										CONSECUTIVO										
		RECEPCION	---	---	PROPIETARIO	YESENIA CARMONA CARMONA					SOLICITANTE	YESENIA CARMONA CARMONA													
	IDENTIFICACION	SUELO			PROPIETARIO					YESENIA CARMONA CARMONA					SOLICITANTE	YESENIA CARMONA CARMONA					19 - 135				
	CODIGO DE RECEPCION	1010195-11			DEPARTAMENTO					CORDOBA		MUNICIPIO		MONTERIA			DIRECCION/EMAIL	Calle 76 No 7-12 B/ San Francisco // ysenihorres@gmail.com							
	FECHA DE EMISION	29/10/2019			CORREGIMIENTO					No Reportó					VEREDA										
CARACTERIZACION QUIMICA DEL SUELO															CLASE TEXTURAL					MÉTODOS DE ANALISIS					CONTROLES DE CALIFICACION DEL METRO
PARAMETROS		OTROS PARAMETROS				CATIONES FASE CAMBIABLES					CICE	ELEMENTOS MENORES					%	PARAMETROS	EXTRACCION	CUANTIFICACION	DOCUMENTO NORMALIZADO	CONTROLES DE CALIFICACION DEL METRO			
		pH	C.O	S	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	N ³⁺ - N ⁴⁺	CICE	Cu	Fe	Zn	Mn	B	%	pH	Suave Agua (0,1 N)	Fotómetro	MT - 504	--			
UNIDADES		Li	%	mg kg ⁻¹	cmol kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					ARENA	S	F	F	F	F	F	F			
RESULTADOS		6,45	1,42	7,2	17,6	14,7	4,3	0,55	0,07	Na	19,6	6,6	48,1	1,7	28,8	0,19	NA	Ca ²⁺	Extracción de átomo átomo	MT - 504		0,11 cmol kg ⁻¹			
REALIZADO		28/10/2019	28/10/2019	28/10/2019	28/10/2019	22/10/2019					28/10/2019	22/10/2019	24/10/2019			28/10/2019	ARILLA	K ⁺		Método de átomo 10 a pH 10	MT - 504		0,02 cmol kg ⁻¹		
** BAO		No	<11	<10	<5	<3,0	<1,5	<0,2	--	--	<5,0	<1,0	<2,0	<2	<10	<0,3	NA	Na ⁺	Electrodo de membrana		MT - 504		0,04 cmol kg ⁻¹		
** MEDIO		No	1,2 - 2,3	10 - 15	15 - 25	30 - 50	1,5 - 2,5	0,2 - 0,3	--	--	5,0 - 10,0	1,0 - 2,0	10 - 50	2,0 - 3,0	10 - 15	0,3 - 0,4	NA	CICE		Conductividad		--			
** BAJA		No	2,4 - 2,5	15 - 20	25 - 40	5,0 - 10,0	2,5 - 3,0	0,3 - 0,4	<1,0	<1,0	15 - 20	2,0 - 3,0	50 - 100	3,0 - 4,0	15 - 20	0,4 - 0,6	NA	Ca ²⁺ + K ⁺	CC 10P	Titrimetro	--				
** ALTA		No	>2,5	>10	>40	>10	>3,0	>0,4	>1,0	>1,0	>20	>3,0	>100	>4,0	>20	>0,6	LIMO	Cu + Zn	ETP	Extracción de átomo átomo	MT - 504	0,1 - 0,4 mg/kg 0,2 - 0,3 mg/kg			
RELACIONES DE CATIONES					SATURACION DE CATIONES					CONVENCIONES GENERALES DE REFERENCIA					CLASE TEXTURAL	S	F	F	F	F	F	F			
RELACIONES		Ca ²⁺ /Mg ²⁺	Ca ²⁺ /K ⁺	Mg ²⁺ /K ⁺	(Ca ²⁺ + Mg ²⁺)/K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	No detectable	No analizado	Muestra visible	No detectable	CLASE TEXTURAL				S	F	F	F	F			
UNIDADES		---				%					NO	NA	NI	No	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
RESULTADOS		3,4	26,7	7,8	34,5	75	21,9	2,8	0,4	UNIDADES				mg kg ⁻¹ / mg L ⁻¹ = ppm	cmol kg ⁻¹ = mg/100 g de suelo		ES N ³⁺ = mg/kg ON ³⁺								
** DEFICIENTE		--	--	--	--	<50	<10	<30	--	3,4 - 4,0 - Extremadamente ácido				6,1 - 6,5 - Ligero ácido		6,6 - 7,3 - Medio									
** MEDIO		--	--	--	--	50 - 60	10 - 15	30 - 40	5,0 - 7,0	4,1 - 5,0 - Muy fuertemente ácido				7,4 - 7,6 - Ligero ácido		7,7 - 8,4 - Moderadamente ácido									
												pH						NOTAS IMPORTANTES	OBSERVACIONES GENERALES						



Anexo 2: Micorriza género *Acaulospora*



Anexo 3: Micorriza género *Glomus*