



*Por un desarrollo agrario  
integral y sostenible*

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Trabajo de Tesis**

**Microflora y características físico-químicas de  
sustratos para cultivos hortícolas en ambientes  
protegidos**

**Autor**

**Br. Osman Ariel Zamora Moreno**

**Asesor**

**Dr. Arnulfo José Monzón Centeno**

**Managua, Nicaragua**

**Agosto, 2022**



Por un desarrollo agrario  
integral y sostenible

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

## Microflora y características físico-químicas de sustratos para cultivos hortícolas en ambientes protegidos

**Autor**

**Br. Osman Ariel Zamora Moreno**

**Asesor**

**Dr. Arnulfo José Monzón Centeno**

Tesis sometida a la consideración del comité evaluador como  
requisito final para optar al grado de:  
Ingeniero en sistemas de protección agrícola y forestal

**Managua, Nicaragua**  
**Agosto, 2022**

## Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el comité evaluador designado por la Decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

### **Ingeniero en sistemas de protección agrícola y forestal**

#### Miembros del Comité Evaluador

---

MP. Harold Arguello Chávez  
Presidente

---

MSc. Eliézer Lanuza Rodríguez  
Secretario

---

MSc. Markelyn Rodríguez Zamora  
Vocal

Lugar y Fecha: Managua, Nicaragua 04 de agosto de 2022

## **DEDICATORIA**

A mi Dios padre por darme la sabiduría y el conocimiento para culminar con esta etapa de mi vida.

A mi padre que en paz descansa, Máximo Zamora, a mi madre Dolores Moreno, mis hermanos, a mis hijos Nathanael Zamora y Valentina Zamora y a mi compañera de vida, María Isabel López. Quienes me inspiraron y me fortalecieron para culminar con mis estudios.

A mi profesor y asesor Dr. Arnulfo José Monzón Centeno y a la Dr. Isabel Herrera por confiar en mi persona para la realización de esta investigación.

**Br. Osman Zamora Moreno**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi profesor y asesor Dr. Arnulfo José Monzón Centeno por brindarme principalmente su tiempo, sabiduría y comprensión para la finalización de este trabajo. Le estaré eternamente agradecido.

A los profesionales MSc. Markelyn Rodríguez Zamora, quien me apoyo en el laboratorio de nematología. MSc. Eliézer Lanuza Rodríguez, por apoyarme en la identificación de los microorganismos y al MP. Harold Arguello Chávez por ayudarme en la recolección de las muestras para su posterior procesamiento.

**Br. Osman Zamora Moreno**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>SECCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	ii
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	iii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	iv
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	v
<b>RESUMEN</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	4
<b>IV. MATERIALES Y METODOS</b>	10
4.1 Ubicación del estudio	10
4.2 Diseño metodológico	10
4.3 Descripción de los tratamientos	11
4.4 Variables evaluadas	12
4.5 Composición físico-química de sustratos	14
4.6 Análisis de datos	14
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	16
5.1 Microflora bacteriana	16
5.2 Microflora fúngica	20
5.3 Actinomicetos y nematodos	22
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	25
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	26
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	27
<b>IX. ANEXOS</b>	31

## ÍNDICE DE CUADROS

---

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Niveles óptimos en las características físicas y fisicoquímicas de un sustrato	7
2.	Composición de sustratos y enraizadores	11
3.	Efecto de sustratos sobre unidades formadoras de colonias (UFC/g)	17
4.	Número de UFC/g de <i>Pseudomonas</i> sp por enraizador	18
5.	Número de UFC/g de <i>Serratia</i> sp por enraizador	18
6.	Número de UFC/g de <i>Sarcina</i> sp por enraizador	19
7.	Número total de UFC/g de hongos por enraizador	20
8.	Número de UFC/g de <i>Penicillium</i> sp por enraizador	21
9.	Número de UFC/g de <i>Fusarium</i> sp por enraizador	22
10.	Número de UFC/g de actinomicetos por enraizador	23
11.	Características químicas de los sustratos en estudio	24

---

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Análisis de varianza para número total de UFC/g de Bacterias	32
2.	Análisis de varianza para número total de UFC/g de <i>Bacillus</i> sp	32
3.	Análisis de varianza para número total de UFC/g de <i>Pseudomonas</i> sp	33
4.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Pseudomonas</i> sp en el enraizador <i>Trichoderma</i> sp	33
5.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Pseudomonas</i> sp en el enraizador <i>Aloe vera</i> + melaza + yema de huevo	33
6.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Pseudomonas</i> sp en el enraizador solución arrancadora 18 - 46 - 0	34
7.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Pseudomonas</i> sp en el enraizador Proroot®	34
8.	Análisis de varianza para número total de UFC/g de <i>Serratia</i> sp	35
9.	Análisis de varianza para número de UFC/ de <i>Serratia</i> sp en el enraizador <i>Aloe vera</i> + melaza + yema de huevo	35
10.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Serratia</i> sp en el enraizador solución arrancadora 18 - 46 - 0	36
11.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Serratia</i> en el enraizador Proroot®	36
12.	Análisis de varianza para número total de UFC/g de <i>Sarcina</i> sp	37
13.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Sarcina</i> sp en el enraizador <i>Aloe vera</i> + melaza + yema de huevo	37
14.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Sarcina</i> sp en el enraizador Proroot®	38
15.	Análisis de varianza para número total de UFC/g de hongos en el enraizador <i>Trichoderma</i> sp	38
16.	Análisis de varianza para número total de UFC/g de hongos en el enraizador <i>Aloe vera</i> + melaza + yema de huevo	39
17.	Análisis de varianza para número total de UFC/g de hongos en el enraizador solución arrancadora 18 - 46 - 0	39
18.	Análisis de varianza para número total de UFC/g de hongos en el enraizador Proroot®	39
19.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Trichoderma</i> sp	40
20.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Penicillium</i> sp en el enraizador <i>Trichoderma</i> sp	40



21.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Penicillium</i> sp en el enraizador <i>Aloe vera</i> + melaza + yema de huevo	41
22.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Penicillium</i> sp en el enraizador solución arrancadora 18 - 46 - 0	41
23.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Penicillium</i> sp en el enraizador Proroot®	41
24.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Fusarium</i> sp en el enraizador <i>Trichoderma</i> sp	42
25.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Fusarium</i> sp en el enraizador <i>Aloe vera</i> + melaza + yema de huevo	42
26.	Análisis de varianza para número de UFC/g de <i>Fusarium</i> sp en el enraizador Solución arrancadora 18 - 46 - 0	43
27.	Análisis de varianza para número de UFC/g de Actinomicetos en el enraizador <i>Trichoderma</i> sp	43
28.	Análisis de varianza para número de UFC/g de Actinomicetos en el enraizador <i>Aloe vera</i> + melaza + yema de huevo	43
29.	Análisis de varianza para número de UFC/g de Actinomicetos en el enraizador solución arrancadora 18 - 46 - 0	44
30.	Análisis de varianza para número de UF/g de Actinomicetos en el enraizador Proroot®	44

---

## RESUMEN

A pesar de la importancia del cultivo de hortalizas, su productividad se ve afectada por problemas fitosanitarios y por las malas prácticas agrícolas que conllevan a la degradación de sus suelos, cuyo resultado final son suelos erosionados, salinización y compactación. Esta problemática ha llevado a desarrollar este estudio, cuyo objetivo fue determinar el potencial de sustratos de siembra elaborados con materiales locales, con base en sus características, microbiológicas, físicas y químicas, para ser utilizados en ambientes protegidos en el cultivo de chiltoma. El estudio se realizó en la finca El Plantel y en el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria. Se evaluaron cuatro tipos de sustratos y cuatro tipos de enraizadores, a partir de las variables géneros de hongos, géneros de bacterias, presencia de actinomicetos, número de nematos fitopatógenos y características físico químico de suelos. Los resultados muestran que, la población microbiana de los sustratos estuvo compuesta por cuatro géneros de bacteria; *Bacillus* sp, *Pseudomonas* sp, *Serratia* sp y *Sarcina* sp. El sustrato compuesto por suelo + compost presentó la mayor población bacteriana y la bacteria predominante fue *Bacillus* sp con  $4.95 \times 10^7$  UFC/g. ocho géneros de hongos; *Trichoderma* sp, *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Paecylomices* sp, *Fusarium* sp, *Curvularia* sp, *Candida* sp y *Nigrospora* sp. El sustrato suelo en el enraizador proroot® presentó la mayor población de hongos con  $4.3 \times 10^3$  UFC/g. La mayor población de actinomicetos se encontró en el sustrato compuesto por raquis + compost + ceniza, en el enraizador *Trichoderma* sp con  $9.1 \times 10^3$  UFC/g. Los nematodos registrados fueron *Meloidogyne* sp, *Helicotylenchus* sp, *Rotylenchus* sp, *Tylenchus* sp, *Pratylenchus* sp y *Trichodorus* sp., encontrados en bajas poblaciones.

**Palabras clave:** Microorganismos, suelo, enraizadores

## ABSTRACT

Despite the importance of growing vegetables, their productivity is affected by phytosanitary problems and poor agricultural practices that lead to the degradation of their soils, whose final result is eroded soils, salinization and compaction. This problem has led to the development of this study, whose objective was to determine the potential of planting substrates made with local materials, based on their characteristics, microbiological, physical and chemical, to be used in protected environments in the cultivation of sweet pepper. The study was carried out at the El Plantel farm and in the nlogy laboratory of the National Agrarian University. Four types of substrates and four types of rooters were evaluated, based on the variable's genera of fungi, genera of bacteria, presence of actinomycetes, number of phytopathogenic nematodes and physical-chemical characteristics of soils. The results show that the microbial population of the substrates was composed of four genera of bacteria: *Bacillus* sp, *Pseudomonas* sp, *Serratia* sp and *Sarcina* sp. The substrate composed of soil + compost presented the largest bacterial population and the predominant bacterium was *Bacillus* sp with  $4.95 \times 10^7$  CFU/g, eight genera of fungi; *Trichoderma* sp, *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Paecylomices* sp, *Fusarium* sp, *Curvularia* sp, *Candida* sp and *Nigrospora* sp. The soil substrate presented the largest population of fungi and the predominant fungus was *Penicillium* sp with  $9.2 \times 10^6$  CFU/g. The soil substrate in the proroot® roter presented the largest population of fungi with  $4.3 \times 10^3$  CFU/g. The largest population of actinomycetes was found in the substrate composed of rachis + compost + ash, in the *Trichoderma* sp roter with  $9.1 \times 10^3$  CFU/g. The nematodes recorded were *Meloidogyne* sp, *Helicotylenchus* sp, *Rotylenchus* sp, *Tylenchus* sp, *Pratylenchus* sp and *Trichodorus* sp., found in low populations.

**Keywords:** Microorganisms, soil, rooters

## I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua la oferta nacional de hortalizas es insuficiente para el abastecimiento de la demanda local, por tal razón, se deben de importar varios rubros (INATEC, 2018). La producción de hortalizas mediante el uso de sistema de cultivo protegido es una alternativa sostenible que permite obtener una producción anticipada e, incluso, fuera de estación (Rojas *et al.*, 2015).

Durante estas últimas décadas, las regiones del pacífico de Centroamérica han experimentado eventos extremos, inundaciones y sequías, consecuencia del cambio climático, como resultado, las comunidades rurales de estas zonas presentan altos niveles de vulnerabilidad e inseguridad alimentaria. En el caso de Nicaragua, un país predominantemente rural que vive de la agricultura, enfrenta problemas relacionados con pobreza y un estrés hídrico grave asociado a las altas temperaturas (épocas secas), lo que afecta la producción de alimentos, generando escasez tanto para el consumo del hogar como para la comercialización (Rojas *et al.*, 2015).

Los productores en Nicaragua se encuentran en un proceso en que incursionan y perfeccionan sus prácticas de producción a la vez que mejoran la calidad y obtienen mejores precios para su producto, sin embargo, en los últimos años las malas prácticas agrícolas se han convertido en una de las principales causas de degradación de sus suelos cuyo resultado final son suelos erosionados, salinización, compactación, contaminación ambiental o rompimiento del equilibrio ecológico (Montenegro y Blandón, 2012, p7).

Para el desarrollo de una agricultura moderna y competitiva, la protección de los cultivos se ha convertido en una necesidad. Los consumidores demandan productos de excelente calidad, sin daños por agentes climáticos, plagas ni enfermedades. A su vez, los agricultores requieren de alta producción para mantener las exigencias de los mercados, lo que implica el uso de una serie de tecnologías que se enmarcan en el concepto de agricultura protegida (Santos *et al.*, 2010).

La agricultura protegida es toda estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes o semitransparentes, que permite obtener condiciones artificiales de microclima para el cultivo de plantas en todo tiempo y bajo condiciones óptimas (Santos, *et al.*, 2010).

La producción de hortalizas en un sistema de cultivo protegido, supone una ventaja comparativa respecto al campo abierto, ya que el sistema favorece la alta productividad y el control de plagas y enfermedades, donde se puede hacer uso de infraestructura y equipo con el fin de tener un ambiente controlado (Ramírez-Vargas y Nienhuis, 2012, p4).

A pesar que la agricultura protegida promueve la creación de un ambiente que favorece el crecimiento de las plantas y permite controlar al máximo factores de producción como la fertilización, la luz, CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad relativa (Castilla, 2005; Gil-Vásquez *et al* 2003, citado por Ramírez-Vargas, y Nienhuis, 2012 ), la producción protegida de hortalizas presenta problemas fitosanitarios diversos entre los que destacan los nematodos formadores de agallas (*Meloidogyne* spp.) los que constituyen el principal problema, seguido de plagas de insectos y diversos patógenos (Gómez *et al.*, 2009).

Este trabajo está orientado a generar información acerca de la población de microorganismos y las características físicas y químicas de sustratos elaborados a base de materiales de fácil acceso. Muchos de los sustratos que se usan en el país tanto para semilleros, viveros o producción en agricultura protegida como PRO- MIX<sup>®</sup>, BM2<sup>®</sup> (turba y vermiculita); BM2 EURO<sup>®</sup> (turba) y que son usualmente usados individualmente o en mezclas con otros productos, son importados, por tanto, a través de este estudio se pretende analizar el potencial que tienen algunos materiales locales como cascarilla de arroz carbonizada, raquis de palma de aceite, compost, ceniza y carbón para ser utilizados como sustratos para el cultivo de hortalizas, en cultivos de agricultura protegida.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

- ✓ Determinar el potencial de sustratos de siembra elaborados con materiales locales para ser utilizados en ambientes protegidos en el cultivo de hortalizas.

### **2.2 Objetivos específicos**

- ✓ Determinar las poblaciones microbianas de bacterias, hongos y actinomicetos en sustratos de siembra elaborados a base de raquis de palma de aceite, compost, ceniza y carbón.
- ✓ Describir las características físicas y químicas de los sustratos evaluados y relacionarlos con los microorganismos encontrados en cada sustrato.
- ✓ Evaluar poblaciones de nematodos fitoparásitos de los sustratos utilizados en el cultivo de hortalizas.

### III. MARCO DE REFERENCIA

Debido a la demanda del cultivo de hortalizas y los diversos usos que tiene como alimento se debe producir durante todo el año y para ello mejorar las condiciones de su producción. Una de las alternativas para producir todo el año y reducir pérdidas ocasionadas por las condiciones climáticas cambiantes, es el uso de cultivo protegido, el cual el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), lo define como aquel que, durante todo el ciclo de producción, o en una parte del mismo se incorporan modificaciones que actúan acondicionando el microclima del espacio donde crecen las plantas (INTA, 2014, p6).

Los invernaderos en determinadas circunstancias también pueden ser dotados de sistemas que permitan una iluminación artificial supletoria, como así también de otros elementos que sirvan para regular determinados componentes del medio climático (altas temperaturas, aporte adicional de anhídrido carbónico, etc.) (INTA, 2006, p4).

Esta alternativa ha reflejado gran éxito para el sistema productivo de hortalizas. Aunque esto implica una alta inversión inicial, existe garantía de la rentabilidad de utilizar este conjunto de materiales y técnicas en la producción debido a una considerable reducción de los gastos en plaguicidas (RIKOLTO, 2018, p7).

Para cultivar en ambiente protegido, el uso de un sustrato es esencial, pues además de que el volumen de una maceta es limitado, una vez establecido ya no es fácil modificarlo. Por esta razón sus propiedades físicas, además de proporcionar adecuado soporte a la planta deben de proveer condiciones estables de aireación, retención de humedad y drenaje que permitan subsanar deficiencias químicas y biológicas del cultivo mediante el riego para su óptimo crecimiento (Cabrera, 1999).

Se entiende por cultivo sin suelo aquel sistema de cultivo en el que la planta desarrolla un sistema radicular en un medio (sólido o líquido) confinado en un espacio limitado y aislado, fuera del suelo. Desde un punto de vista práctico, los cultivos sin suelo suelen clasificarse en cultivos hidropónicos (cultivo en agua más nutrientes o sobre materiales inertes) y cultivos en sustrato (cultivo sobre materiales químicamente activos, con capacidad de intercambio catiónico), (Terés, 2001).

La sustitución del suelo agrícola por un sustrato de cultivo reduce considerablemente la capacidad tampón del medio en el que se desarrollan las raíces. Esto presenta la ventaja de facilitar el control del cultivo, y el inconveniente de hacerlo más vulnerable a la incidencia de factores no controlados (Terés, 2001).

La producción exitosa de plantas de alta calidad, en macetas, conocidas también como recipientes o contenedores, requiere de una comprensión del ambiente único encontrado en la maceta y como este es afectado por las propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados (Cabrera, 1999, p5). Generalmente la buena calidad del sustrato permite una adecuada adsorción de agua y nutrientes, por lo tanto, garantizará una buena germinación de la semilla y desarrollo del sistema radicular. Para INATEC, (2018), el sustrato es una mezcla de suelo y elementos vegetales accesibles del local que proporciona a la planta las mejores condiciones para su crecimiento, posee un bajo impacto ambiental y la relación beneficio/costo es adecuado para el sistema productivo (p10).

Las propiedades físicas son consideradas como las más importantes para un sustrato según (Ansorena-Miner, 1994; Browman y Paul, 1983; Bunt, 1988; Cabrera, 1995, citado por Cabrera, 1999). Esto es debido a que, si la estructura física de un sustrato es inadecuada difícilmente podremos mejorarla una vez establecido el cultivo.

El sustrato debe suministrar al sistema radicular el agua necesaria para el desarrollo de la planta y el aire necesario para la respiración de las raíces. Si la disponibilidad del aire es escasa, el intercambio de gases también lo será, se presentan condiciones de asfixia radicular que limitan el desarrollo de la planta y la pueden hacer más susceptible al ataque de patógenos, en particular al del sistema radicular. (Terés *et al*, 1997).

Mientras tanto las características químicas de los sustratos más importantes según Bures (1997), son la capacidad de intercambio catiónico, pH, contenido de sales y contenido de elementos nutritivos (p6). los sustratos según (Pastor, 1999; Urrestarazu, 2004; Cadahia, 2005, citado por Rodríguez, E; Salcedo, E; Rodríguez, R; Raymundo, D; Mena, S; 2013) pueden o no intervenir en el proceso de nutrición mineral de la planta por lo que se puede dosificar como químicamente activos (turbas, cortezas de pino etc.) o químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica etc.).



La materia orgánica en los sustratos según Bures (1997), puede albergar microorganismos patógenos o de poblaciones fúngicas simbiotes de los vegetales, puede poseer actividad enzimática y reguladora del crecimiento. La degradación de la materia orgánica se manifiesta en el sustrato orgánico mediante la aparición de deficiencias de nitrógeno, liberación de elementos y sustancias que pueden ser beneficiosas o fitotóxicas, cambios en el balance de la relación O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>, reducción del volumen del sustrato etc. (p7).

Los abonos orgánicos desde el punto de vista microbiológico, se puntualizó que posee gran riqueza de microorganismos, así como, un efecto supresor sobre algunos patógenos del suelo. Estudios microbiológicos realizados en vermicompost muestran la ausencia de patógenos humanos como *Salmonella enterica* y *Escherichia coli* (Duran y Hernández, 2012 citado por Salazar, *et al* 2018).

Entre los microorganismos benéficos están aquellos que fijan nitrógeno atmosférico, descomponen desechos y residuos orgánicos, desintoxican el suelo de pesticidas, suprimen enfermedades de plantas y patógenos del suelo, incrementan el reciclaje de nutrientes y producen componentes bioactivos como vitaminas, hormonas y enzimas, que estimulan el crecimiento de las plantas. (Higa y Parr, 2013, citado por Salazar, *et al* 2018).

Muchos investigadores han observado un efecto positivo en el crecimiento de varios grupos de microorganismos, hay una evidencia también que parte de las materias húmicas contienen poblaciones grandes de actinomicetos (microorganismos que tienen en común propiedades de hongos y también de bacterias) que pueden degradar una amplia gama de sustancias inclusive de celulosas, proteínas y ligninas (Clavijo, 2009 citado por Azucena L; 2012).

Un sustrato óptimo está definido por la especie vegetal, las condiciones ambientales del área de producción y del costo de los materiales para su formulación. Un buen sustrato puede reconocerse por sus propiedades físicas, debe ser liviano, esponjoso y con buena capacidad de almacenar agua, químicas y se miden a través de técnicas de laboratorio utilizadas a nivel internacional y específicos para sustratos (Sade, 1997 citado por Azucena L; 2012).

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, así como aspectos económicos (Terés *et al*, 1997).

Cuadro 1. Niveles óptimos en las propiedades físicas y fisicoquímica de un sustrato

<b>Propiedad</b>	<b>Rango de valores</b>
Tamaño de partículas (mm)	0,25 – 2,50
Densidad aparente (g.cm <sup>-3</sup> )	< 0,75
Densidad real (g.cm <sup>-3</sup> )	1,45 - 2,65
Espacio poroso total (% vol.)	>85
Capacidad de aireación (% vol.)	20 – 30
Agua fácilmente disponible (% vol.)	20 – 30
Agua de reserva (% vol.)	4 – 10
Agua total disponible (% vol.)	24 – 40
Contracción	<30
pH (extr. Saturación)	5,2 – 6,5
Conductividad eléctrica	0,75 – 3,5
<b>Capacidad de intercambio catiónico:</b>	
Fertirriego permanente	Nula o muy baja
Fertirriego ocasional	>20

Fuente= Martínez y Roca. (2011).

Actualmente, debido a aspectos relacionados con la conservación del medio ambiente la concepción del uso de los sustratos cambio, por lo que hay otros factores a considerar al seleccionar un material como sustrato tal como: agua, suelo y reciclaje de materiales de desechos (Cruz-Crespo, E., Cam-Chulim, A., Sandoval-Vila, M., Bugarin-Montoya, R., Robles-Bermúdez, A y Juárez-López, P. 2012)

1. Que sean reciclables
2. Supresividad respecto a patógenos
3. Que evite el lavado de nutrientes
4. Que optimicen en consumo de agua
5. Evitar que causen daño al ambiente
6. Que estén libre de patógenos
7. Bajo costo, disponibilidad y de fácil manejo

La presencia de suelos improductivos por sobreexplotación, heterogeneidad, así como de carecer de características físicas y químicas apropiadas para la agricultura ha llevado a desarrollar las técnicas de cultivo de plantas en maceta o contenedor (Cruz-Crespo, E., Cam-Chulim, A., Sandoval-Vila, M., Bugarin-Montoya, R., Robles-Bermúdez, A y Juárez-López, P. 2012).

Estudio realizado por Lanuza R, E. (2020). encontró que la mayor población de bacterias a los 90 días después de la siembra en el sustrato compuesto por raquis de palma africana, cascarilla de arroz carbonizada y compost se presentó en el tratamiento cal agrícola más agua con 72 UFC/g-1 de suelo seguido del tratamiento *Trichoderma* sp con 21 UFC/g-1 de suelo, el menor número de UFC/g-1 de suelo fue ocho y se presentó en el tratamiento Carbendazim® 50 SC. En el sustrato compuesto por raquis de palma africana, arena y tierra el tratamiento *Bacillus subtilis* presentó el mayor número de UFC/g-1 de suelo con 15, seguido de *Trichoderma* sp y cal agrícola más agua con 14 y 12 UFC/g-1 de suelo. El menor número de UFC/g-1 de suelo lo presentó el tratamiento Carbendazim® 50 SC con seis UFC/g-1 de suelo.

Lanuza R, E. (2020). Encontró además a los 90 días después de la siembra que, para el sustrato compuesto por raquis de palma africana, cascarilla de arroz carbonizada y compost la mayor cantidad de UFC/g-1 de suelo para hongos la presentó el tratamiento cal agrícola más agua con 43 UFC/g-1 de suelo, seguido de Carbendazim® 50 SC con 16 UFC/ g -1 de suelo. El tratamiento *Trichoderma* sp presentó el menor número de UFC/g-1 de suelo con 11. En el sustrato compuesto por raquis de palma africana, arena y tierra la mayor cantidad de UFC/g-1 de suelo para hongos lo presentó el tratamiento *Trichoderma* sp con 17 UFC/g-1 de suelo, seguido del tratamiento cal agrícola más agua con 14 UFC/g-1 de suelo. El tratamiento Carbendazim® 50 SC presentó el menor número de UFC/g-1 de suelo con cinco.

Estudio realizado por Martínez, F., Castillo, S., Pérez, S., Placencia, P., Carmona, E., Ordovás, J., y Avilés, M. (2011). Encontraron que el compost + cascarilla de arroz (CC) presento valores de pH relativamente superiores a la fibra de coco (FC) y a la turba (T) y una densidad de bacterias copiotrofas, *Bacillus* sp. y actinomicetes oligotrofos superior a la de la T, tanto al inicio del ensayo como a los 2.5 meses de cultivo. La T mostro una densidad de hongos superiores al CC, tanto al inicio del ensayo como a los 2.5 meses de cultivo. El sustrato de FC mostro a los 2.5 meses de cultivo mayor densidad de bacterias copiotrofas, *Pseudomonas fluorescens* y hongos en la rizosfera que en la no rizosfera.

## IV. MATERIALES Y METODOS

### 4.1 Ubicación del estudio

La investigación se realizó en la finca “El Plantel” y en el laboratorio de microbiología y nematología de la Universidad Nacional Agraria. El estudio se realizó en dos fases, una fase experimental de campo y una fase de laboratorio.

La fase de campo se llevó a cabo en el Centro Experimental El Plantel, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, localizado en el kilómetro 30 de la Carretera Tipitapa – Masaya, localizado en una zona que se considera como bosque seco tropical, y se ubica entre las coordenadas 12°06′24” y los 12°07′30” de Latitud Norte y entre los 86°04′46” y 86°05′27” de Longitud Oeste. Está ubicado a una altura de 65 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), con temperatura promedio de 28°C, la precipitación promedio anual oscila entre los 796 – 800 mm, con humedad relativa de 71% y viento con velocidad de 3.5 m/s (INETER, 2018). Los suelos son franco arcilloso, con drenaje bueno, moderado y ligeramente ácidos. Contiene alrededor del 3% de materia orgánica.

### 4.2 Diseño metodológico

El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de casa malla, construida en estructura sencilla, con malla antiviral de 50 mesh, con dimensiones de 12 metros de ancho por 24 metros de largo y con una única puerta de entrada, además con el fin de limitar la intensidad de los rayos del sol sobre las plantas, se utilizó malla color negro con 40% de sombra (malla Sarán®).

Las plantas se establecieron en bolsas de polietileno de 36x28 cm con capacidad de 20 litros, sembradas directamente sobre el sustrato de siembra.

El experimento fue factorial y se estableció mediante un Diseño completamente aleatorizado (DCA), en el que se evaluaron dos factores, el factor sustrato con cuatro niveles (tipos de sustratos) y el factor enraizadores con cuatro niveles (tipos de enraizadores). Los sustratos consistieron en una combinación de raquis de palma de aceite, compost, ceniza, arena y suelo, en diferentes arreglos. Los enraizadores fueron *Trichoderma* sp, *Aloe vera* + melaza + yema de huevo, solución arrancadora 18-46-0 y el producto comercial Proroot® (cuadro 1).

La unidad experimental estuvo constituida por una parcela de tres metros de ancho por tres metros de largo, con un total de 30 plantas por parcela, con una separación entre parcelas de 1 m. El área experimental total fue de 12 metros de ancho por 12 metros de largo, formada por 16 unidades experimentales, para un área total de 144 m<sup>2</sup>. La distancia de siembra fue de un metro entre surcos y 0.30 m entre plantas, con un total de 10 plantas por surco, 30 plantas por cada unidad experimental.

Cuadro 2. Composición de sustratos y enraizadores

Sustratos	Enraizadores			
	<i>Trichoderma sp</i>	AVMYH*	SA18-46-0 <sup>+</sup>	Proroot <sup>®</sup>
Raquis + Ceniza + Arena	X	X	X	X
Suelo + Compost	X	X	X	X
Raquis + Compost + Ceniza	X	X	X	X
Suelo	X	X	X	X

\* *Aloe vera* + Melaza + Yema de huevo; <sup>+</sup>Solución arrancadora 18-46-0

### 4.3 Descripción de los tratamientos

Raquis de palma de aceite: Este componente se usó para elaborarlos. Una vez extraído el raquis, se secó al sol y luego se trituró en un molino de martillo para obtener partículas más pequeñas, posteriormente se depositó en las bolsas de siembra de acuerdo al tipo de tratamiento. En los sustratos que contenían este componente se utilizó 0.8 lb de raquis por bolsa.

Ceniza: Se obtuvo de una quema controlada de cascarilla de arroz, el tratamiento uno y tres contienen 0.26 lb cada uno.

Arena: Se utilizó de la misma que es utilizada en la construcción. La cantidad utilizada fue de 2 lb por bolsa, en el tratamiento que contenía raquis de palma y ceniza.

Suelo: Se obtuvo de la finca El Plantel propiedad de la Universidad Nacional Agraria, el que está clasificado como un tipo de suelo franco arcilloso. Una vez extraído el suelo, se eliminó mediante tamizado, piedras, terrones y material vegetal. En el tratamiento que contenía suelo y compost se utilizó 7 lb de suelo, en el que no llevaba otro componente se utilizó 14 lb.

Compost: El compost se obtuvo de la Universidad Nacional Agraria; este es fertilizante y abono orgánico utilizado comúnmente como reestructurador (propiedades físicas) y regenerador (propiedades biológicas) de suelos. La cantidad por bolsa fue de 3.5 lb en el tratamiento que contenía suelo y 1.85 lb en el que contenía raquis de palma y ceniza.

Los enraizadores fueron aplicados en los sustratos, de acuerdo al siguiente detalle:

*Aloe vera*: es una mezcla de tres ingredientes (huevo, melaza y savia de hoja de sábila *Aloe vera*). Se usaron las siguientes cantidades de ingredientes para una solución de cinco litros, cinco litros de melaza, 200 cc de savia de *Aloe vera* y 200 cc de huevo. De esta solución se aplicaron 150 ml por planta semanalmente durante las primeras ocho semanas.

Solución arrancadora: Se preparó una solución madre a base de seis libras de fertilizante 18-46-0 diluida en 20 litros de agua, dejándola reposar por tres días. De la mezcla se tomaron dos litros y se mezcló con 20 litros de agua, de esta solución se aplicó 200 ml por planta semanalmente durante ocho semanas.

*Trichoderma sp.*: El producto utilizado fueron conidios contenidos en sustrato de arroz (no formulado) compuesto con la cepa de *Trichoderma sp* T0501H, con una concentración de  $1 \times 10^{12}$  conidios en 300 g de arroz. La dosis utilizada fue de 1.5 g por litro de agua, aplicando en drench un equivalente de 100 ml por planta una vez por semana durante ocho semanas.

Proroot<sup>®</sup>: Se aplicó 10 g de producto comercial en 20 litros de agua. De esta solución se aplicó 100 ml por planta, semanalmente durante las primeras ocho semanas.

#### **4.4 Variables evaluadas**

- Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de bacterias, por género y total
- Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de hongos, por género y total
- Unidades formadoras de colonias (UFC/g) de actinomicetos total
- Número de nematodos fitopatógenos por género

Para las evaluaciones de estas variables se realizó mediante el protocolo de dilución en serie (Hoben & Somasegaran, 1982), el cual consiste en llevar una muestra (suelo) en una concentración deseada mediante diluciones consecutivas de tal manera que se facilite el conteo

de unidades formadoras de colonias bacterianas, fúngicas y de actinomicetos en este caso en particular.

Las unidades formadoras de colonias de hongos se determinaron utilizando el medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA), y se sembraron 200  $\mu$ l de las diluciones  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$  y se realizaron por quintuplicado, posteriormente se incubaron a  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante siete días, transcurrido el tiempo se procedió a realizar el conteo de unidades formadoras de colonias. Se utilizó un microscopio óptico y la clave Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998); para realizar la identificación microscópica de los hongos.

Para la determinación de unidades formadoras de colonias bacterianas se utilizaron las diluciones  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$ , esto se realizó por quintuplicado; el medio de cultivo utilizado fue el medio general Agar Nutritivo (AN), y se sembró 100  $\mu$ l de las diluciones en cada plato Petri, posteriormente fueron incubadas a  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$  de 24 a 48 horas, una vez transcurrido el tiempo se procedió a realizar el conteo de las unidades formadoras de colonias (Gutiérrez, G., Guevara, T. V., Herrera, S., y López, A. 2012). Para la identificación a nivel de género se realizaron pruebas de KOH (Hidróxido de potasio), oxidasa y catalasa.

Para la determinación de unidades formadoras de colonias de actinomicetos se utilizaron las diluciones  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$ , esto se realizó por quintuplicado; el medio de cultivo utilizado fue el medio Ashby, y se sembraron 100  $\mu$ l de las diluciones en cada plato Petri, posteriormente fueron incubadas a  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$  de 7 a 14 días, una vez transcurrido el tiempo se procedió a realizar el conteo de las unidades formadoras de colonias.

El procesamiento de las muestras para el análisis nematológico, se realizó en el laboratorio de nematología de la Universidad Nacional Agraria, se procesaron 200 gramos de sustrato y 10 gramos de raíz por cada una de las tres muestras obtenidas, para un total de 48 muestras a procesar.

Para la extracción de nematodos de suelo se utilizó el método de tamices más filtro de algodón (Herrera y Biljmakers, 1993).

Para la extracción de nematodos de raíz se extrajo a cada planta 10 gramos, con ayuda de una manguera se extrajo el exceso de impurezas y se procedió a licuar con 100 ml de agua en una



licuadora. Las soluciones obtenidas de suelo y de raíz se filtraron con ayuda de un tamiz más filtro de algodón. Una vez que se filtró el exceso de solución se procedió a ubicar el tamiz en un plato con 100 ml de agua y se dejó reposar por 72 horas. Pasado este tiempo se procedió a coleccionar la solución en un frasco con 30 ml para cada muestra, se tapó con papel aluminio y se dejó en la mantenedora para su posterior análisis en el microscopio. Para el conteo de poblaciones de nematodos se tomaron 2 cc de las soluciones obtenidas tanto de suelo como de raíz y se visualizó con ayuda de un microscopio en el laboratorio de nematología de la Universidad Nacional Agraria (UNA). Para la identificación a nivel de género se observaron las características morfológicas utilizando las claves (C.I.H. (1972) y (Mai and Lyon (1975)).

Tanto la recolección de las muestras de sustratos como la preparación de las mismas para el análisis de los diferentes microorganismos, así como la recolección de los datos para su análisis se realizaron una vez terminada la etapa fenológica del cultivo.

#### **4.5 Composición físico-química de sustratos**

Composición físico-química de sustratos: Se extrajo una muestra de 1 kg de sustrato de siembra, a partir de tres plantas, estas muestras se analizaron en el laboratorio de suelo y agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

Las mediciones de las variables evaluadas se realizaron en un solo momento culminado la etapa fenológica del cultivo, se extrajeron las muestras (macetas) y se llevaron a los diferentes laboratorios para su procesamiento.

#### **4.6 Análisis de datos**

Se realizó un análisis de varianza de unidades formadoras de colonias (UFC) de los microorganismos hongos, bacterias y actinomicetos de acuerdo con su taxonomía. Previamente al ANDEVA se realizó una transformación de raíz cuadrada ( $\sqrt{y+0.5}$ ) a los datos correspondientes al número de colonias. Posterior al ANDEVA se realizó comparaciones de medias entre sustratos en estudio y un análisis cualitativo de frecuencia de las poblaciones de microorganismos hongos, bacterias, actinomicetos y nematodos. Para la separación de medias se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En el caso de nematodos fitoparásitos no se realizó análisis estadístico, debido a que las cantidades encontradas fueron muy bajas y en muchas muestras no hubo presencia de nematodos

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La microflora registrada fueron bacterias, hongos, actinomicetos y nematodos. Se encontraron cuatro géneros de bacterias, ocho géneros de hongos y seis géneros de nematodos. Los actinomicetos fueron analizados como grupo, por lo que no fueron identificados a nivel de géneros.

Importante aclarar que los resultados obtenidos tanto para el número de UFC/g en los diferentes microorganismos, así como los datos obtenidos de las características químicas de los sustratos, fueron obtenidos una vez culminada la etapa fenológica del cultivo.

### 5.1 Microflora bacteriana

Cabe mencionar que el microorganismo *Trichoderma* sp aparece junto con el número total de bacterias y número de UFC/g de *Bacillus* sp, dado que estos tres microorganismos fueron los únicos que al aplicarles el análisis de varianza resultaron ser significativamente superiores entre los sustratos evaluados, a los demás microorganismos se les realizó ANDEVA por enraizador para conocer cómo se comportaron las UFC/g en cada enraizador

Los géneros de bacterias que se registraron son *Bacillus* sp, *Pseudomonas* sp, *Serratia* sp y *Sarcinas* sp. La población bacteriana osciló entre  $6.8 \times 10^7$  UFC y  $1.5 \times 10^7$  UFC. La mayor población bacteriana se registró en el sustrato suelo + compost. Esto puede deberse a que dicha combinación generó las condiciones de pH 7.3, temperatura y humedad necesarios para el desarrollo bacteriano. y la menor UFC/g en el sustrato raquis + ceniza + arena.

El ANDEVA indica que hay diferencias del total de UFC de bacterias (anexo 1) (*Bacillus* sp, *Pseudomonas* sp, *Serratia* sp y *Sarcinas* sp), entre sustratos, pero no entre enraizadores ni entre las interacciones. El análisis de varianza muestra que el sustrato compuesto por suelo + compost presentó un número total de bacterias de  $6.8 \times 10^7$  UFC/g, el que fue significativamente superior ( $p > 0.0001$ ) que los demás sustratos. En los demás sustratos el número de UFC de bacterias fue estadísticamente igual entre sí; el menor número de UFC fue de  $1.5 \times 10^7$  y se registró en el sustrato raquis + ceniza + arena (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de sustratos sobre unidades formadoras de colonias (UFC/g)

Sustrato	UFC /g de sustrato		
	Total de bacterias	<i>Bacillus</i> sp	<i>Trichoderma</i> sp
Suelo + Compost	6.8x10 <sup>7</sup>	4.95x10 <sup>7</sup>	2.7x10 <sup>5</sup>
Suelo	2.7x10 <sup>7</sup>	4.14x10 <sup>6</sup>	7.8x10 <sup>5</sup>
Raquis + Compost + Ceniza	1.9x10 <sup>7</sup>	9.81x10 <sup>6</sup>	1.6x10 <sup>6</sup>
Raquis + Ceniza + Arena	1.5x10 <sup>7</sup>	1.26x10 <sup>7</sup>	3.1x10 <sup>6</sup>

*Bacillus* sp fue la bacteria predominante, con un número máximo de 4.95x10<sup>7</sup> UFC/g de sustrato registrado en el sustrato suelo + compost. El ANDEVA indica que hay diferencias de UFC de *Bacillus* sp, entre sustratos, pero no entre enraizadores ni entre las interacciones (anexo 2).

El análisis de varianza indica que el número de UFC de *Bacillus* sp difiere entre los sustratos (p>0.0005); siendo significativamente mayor en el sustrato suelo + compost con 4.95x10<sup>7</sup> UFC, los demás sustratos, fueron similares entre sí; el menor número con 4.14x10<sup>6</sup> UFC se registró en el sustrato suelo.

Las bacterias del grupo de *Pseudomonas fluorescens* y las del género *Bacillus* sp son consideradas las más eficaces para controlar enfermedades foliares y de las raíces (Fernández-Larrea, 2001). Por ello encontrar este tipo de microorganismos en todos los sustratos evaluados pudo haber ayudado a reducir la intensidad de las enfermedades que pudieran afectar al cultivo.

Para el número total de UFC/g de bacteria *Pseudomonas* sp, el ANDEVA indica que la interacción sustrato\*enraizador fue significativa (p>0.0001) (anexo 3), (indicando que el efecto que tuvo el sustrato sobre el número de UFC de esta bacteria es afectado por el enraizador, por lo que se procedió a realizar un ANDEVA en cada enraizador, para comparar los sustratos (anexo 4, 5, 6 y 7).

Este ANDEVA indica que en el enraizador *Trichoderma* sp, el sustrato suelo presentó una población con 5.6x10<sup>3</sup> UFC/g significativamente superior (p>0.0059) a los demás sustratos. También en el enraizador Aloe vera + Melaza + Yema de huevo, el sustrato suelo + compost presentó una población con 5.9x10<sup>3</sup> UFC/g significativamente superior (p>0.0017) a los

demás sustratos. Entre los demás sustratos, el número de UFC/g no presentó diferencias significativas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de UFC/g de *Pseudomonas* sp por enraizador

Sustratos	UFC /g de sustrato			
	<i>Trichoderma</i> sp	AVMYH*	SA18-46-0 <sup>+</sup>	Proroot <sup>®</sup>
Raquis + Ceniza + Arena	1.6x10 <sup>3</sup> b	1.0x10 <sup>3</sup> b	2.8x10 <sup>3</sup> a	1.1x10 <sup>3</sup> a
Suelo + Compost	9.3x10 <sup>2</sup> b	5.9x10 <sup>3</sup> a	0.7a	3.2x10 <sup>3</sup> a
Raquis + Compost + Ceniza	1.8x10 <sup>3</sup> b	4.0x10 <sup>3</sup> ab	3.1x10 <sup>3</sup> a	1.1x10 <sup>3</sup> a
Suelo	5.6x10 <sup>3</sup> a	1.8x10 <sup>2</sup> c	2.6x10 <sup>3</sup> a	2.7x10 <sup>3</sup> a

\* *Aloe vera* + Melaza + Yema de huevo; <sup>+</sup> Solución arrancadora 18-46-0

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

El análisis de varianza para las UFC/g de *Serratia* sp, indica que existen diferencias entre sustratos, pero que las interacciones sustrato\*enraizador también son significativas ( $p > 0.002$ ), (anexo 8), indicando que el efecto de los sustratos sobre la población de UFC de esta bacteria, se comporta diferente en cada enraizador, por lo que se realizó un ANDEVA por cada enraizador (anexo 9, 10 y 11).

Este ANDEVA indica que en el enraizador *Aloe vera* + Melaza + Yema de huevo, el sustrato suelo presentó una población con 4.7x10<sup>3</sup> UFC/g significativamente superior ( $p > 0.0001$ ) a los demás sustratos. Entre los demás sustratos no hubo diferencias significativas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de UFC/g de *Serratia* sp por enraizador

Sustrato	UFC /g de sustrato		
	AVMYH*	SA18-46-0 <sup>+</sup>	Proroot <sup>®</sup>
Raquis + Ceniza + Arena	0.7b	1.2x10 <sup>3</sup> a	2.2x10 <sup>3</sup> a
Suelo + Compost	0.7b	0.7a	1.2x10 <sup>3</sup> a
Raquis + Compost + Ceniza	5.5x10 <sup>2</sup> b	0.7a	2.9x10 <sup>3</sup> a
Suelo	4.7x10 <sup>3</sup> a	5.5x10 <sup>2</sup> a	1.0x10 <sup>0</sup> a

\* *Aloe vera* + Melaza + Yema de huevo; <sup>+</sup> Solución arrancadora 18-46-0

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Dentro del grupo de las rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas se incluye varios géneros bacterianos. Se destacan entre ellos los géneros *Arthobacter*, *Bacillus*, *Enterobacter* y *Serratia* (Klopper *et al.* 1989). Dos de estos géneros bacterianos *Serratia* sp y *Bacillus* sp,

concuenda con los encontrados en esta investigación, lo cual hace de estos microorganismos muy importantes en la microbiota de los sustratos evaluados.

En algunos cuadros como en el número cinco, no aparecen todos los enraizadores, esto es debido a que no en todos los enraizadores se encontraron número de UFC/g, por ello el número de enraizadores varia en algunos cuadros dependiendo el microorganismo.

*Sarcina* sp, el ANDEVA indica diferencias significativas entre sustratos y entre las interacciones, pero no entre los enraizadores, (anexo 12), indicando que el efecto de los sustratos sobre el número de UFC de esta bacteria se comporta de manera igual en los enraizadores, por lo cual se procedió a realizar un ANDEVA por cada enraizador (anexo 13 y 14).

Este ANDEVA indica que los enraizadores tuvieron un comportamiento similar entre el número de UFC/g de los sustratos evaluados, no encontrando diferencias significativas entre los sustratos, sin embargo, podemos mencionar que las poblaciones más altas con  $1.8 \times 10^3$  UFC, se registraron en el sustrato suelo + compost, seguido con  $8.4 \times 10^2$  UFC, registrado en el sustrato suelo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Número de UFC/g de *Sarcina* sp por enraizador

Sustrato	UFC /g de sustrato	
	AVMYH*	Proroot®
Raquis + Ceniza + Arena	0.7a	$1.1 \times 10^3$ a
Suelo + Compost	0.7a	$1.8 \times 10^3$ a
Raquis + Compost + Ceniza	0.7a	0.7a
Suelo	$8.4 \times 10^2$ a	0.7a

\**Aloe vera* + Melaza + Yema de huevo

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

En un estudio realizado por Lanuza, R. (2020) sobre sustratos a base de cascarilla de arroz carbonizada, fibra de coco, arena, tierra y compost en diferentes arreglos encontró que los microorganismos que se cuantificaron 90 días después de la siembra fueron *Bacillus* sp, *Pseudomonas* sp y *Sarcina* sp, datos que coinciden con los encontrados en esta investigación dado que estos tres géneros de bacterias se reportan en los sustratos utilizados.

En un estudio realizado por (Martínez, *et al* 2011). Sobre sustratos a base de cascarilla de arroz y fibra de coco encontraron que los microorganismos cultivables que se cuantificaron a partir de los dos sustratos al inicio del cultivo, así como de la rizosfera y no rizosfera de la planta a los 2,5 meses de cultivo en el sustrato de fibra de coco fueron los siguientes: bacterias *Bacillus* sp y *Pseudomonas* sp, microorganismos que también fueron encontrados en esta investigación dado que estos dos géneros de bacterias se reportan en los sustratos utilizados.

## 5.2 Microflora fúngica

Entre los hongos se encontraron ocho géneros, *Trichoderma* sp, *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Paecylomices* sp, *Fusarium* sp, *Curvularia* sp, *Candida* sp y *Nigrospora* sp.

En el análisis de varianza para el total de hongos se observa que no hay diferencia significativa entre los sustratos evaluados, ni entre los enraizadores; sin embargo, se encontró que la interacción entre sustratos\*enraizador resultó significativa ( $p>0.007$ ), por lo que se procedió a comparar los sustratos en cada enraizador, para determinar cómo se comportaron los sustratos con respecto a los enraizadores (anexo 15, 16,17 y 18).

Al comparar los sustratos en el enraizador Proroot, el ANDEVA indica que el sustrato suelo presentó un número de  $4.4 \times 10^3$  UFC/g, significativamente superior ( $p>0.0119$ ) a los demás sustratos. Además, en el enraizador *Trichoderma* sp, el sustrato Raquis + Compost + Ceniza presentó un número de  $3.0 \times 10^3$  UFC/g significativamente superior ( $p>0.0297$ ) al resto de los sustratos. Los demás sustratos no presentaron diferencias significativas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Número total de UFC/g de hongos por enraizador

Sustrato	UFC /g de sustrato			
	<i>Trichoderma</i> sp	AVMYH*	SA18-46-0 <sup>+</sup>	Proroot <sup>®</sup>
Raquis + Ceniza + Arena	$2.8 \times 10^3$ ab	$2.3 \times 10^3$ a	$3.9 \times 10^3$ a	$3.3 \times 10^3$ ab
Suelo + Compost	$1.5 \times 10^3$ ab	$3.5 \times 10^3$ a	$1.8 \times 10^3$ a	$1.0 \times 10^3$ b
Raquis + Compost + Ceniza	$3.0 \times 10^3$ a	$3.9 \times 10^3$ a	$1.3 \times 10^3$ a	$1.7 \times 10^3$ b
Suelo	$1.0 \times 10^3$ b	$3.9 \times 10^3$ a	$2.8 \times 10^3$ a	$4.4 \times 10^3$ a

\* *Aloe vera* + Melaza + Yema de huevo; <sup>+</sup> Solución arrancadora 18-46-0

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

*Trichoderma* sp, el ANDEVA indica que hay diferencias de UFC/g entre sustratos, pero no entre enraizadores ni entre las interacciones (anexo 19). El análisis de varianza muestra que en

el enraizador proroot, el sustrato raquis + compost + ceniza presentó una población de UFC significativamente superior ( $p > 0.0099$ ) a los demás sustratos, entre los demás sustratos no hubo diferencias significativas (cuadro 3).

Respecto a la presencia de *Trichoderma* sp en todos los sustratos evaluados, puede indicar una posible restricción de crecimiento y desarrollo de otros hongos, en lo posible fitopatógenos (Fernández-Larrea, 2001).

El efecto principal de *Trichoderma* sp es por hiperparasitismo, aunque algunas especies y cepas pueden producir metabolitos bioactivos que incrementan su acción. Además, algunos aislamientos controlan nematodos (Fernández-Larrea, 2001). Esto puede indicar que al encontrar número de UFC/g en todos los sustratos evaluados, el microorganismo *Trichoderma* sp pudo haber ayudado a mantener bajas las poblaciones de nematodos fitopatógenos y el número de UFC/g de hongos fitopatógenos como *Fusarium* sp.

En el análisis de varianza para el número de UFC/g de *Penicillium* sp, muestra que hay diferencias significativas entre sustratos, entre enraizadores y entre las interacciones ( $p > 0.0050$ ), por lo cual se procedió a comparar los sustratos en cada enraizador, para determinar el comportamiento de los sustratos con respecto a los enraizadores (anexo 20, 21, 22 y 23).

El ANDEVA indica que el enraizador proroot<sup>®</sup>, en el sustrato suelo + compost presentó un número de  $3.7 \times 10^3$  UFC/g superior ( $p > 0.0325$ ), a los demás sustratos. En los demás sustratos, el número de UFC/g de *Penicillium* sp fue estadísticamente similar (Cuadro 8).

Cuadro 8. Número de UFC/g de sustrato de *Penicillium* sp por enraizador

Sustrato	UFC /g de sustrato			
	<i>Trichoderma</i> sp	AVMYH*	SA18-46-0 <sup>+</sup>	Proroot <sup>®</sup>
Raquis + Ceniza + Arena	4.8x10 <sup>2</sup> a	9.4x10 <sup>2</sup> a	1.4x10 <sup>3</sup> a	1.0b
Suelo + Compost	8.9x10 <sup>2</sup> a	3.0x10 <sup>3</sup> a	8.2x10 <sup>2</sup> a	3.7x10 <sup>3</sup> a
Raquis + Compost + Ceniza	8.9x10 <sup>2</sup> a	1.8x10 <sup>2</sup> a	5.1x10 <sup>2</sup> a	2.2x10 <sup>3</sup> ab
Suelo	2.2x10 <sup>3</sup> a	1.0a	3.6x10 <sup>2</sup> a	3.5x10 <sup>3</sup> ab

AVMYH\* *Aloe vera* + Melaza + Yema de huevo, SA 18-46-0<sup>+</sup> Solución arrancadora  
Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)



*Penicillium* tiene una distribución mundial y un gran impacto económico en la vida humana. Su función principal en la naturaleza es la descomposición de materiales orgánicos, donde las especies causan pudriciones devastadoras como patógenos pre y postcosecha en los cultivos alimentarios (Visagie *et al.*,2014).

En el análisis de varianza para el microorganismo *Fusarium* sp, se observa que no hay diferencias significativas entre los enraizadores, pero si entre los sustratos y entre la interacción sustratos\*enraizador ( $p>0.0421$ ), por lo que se procedió a comparar los sustratos en cada enraizador, para determinar cómo se comportaron los sustratos en cada enraizador (anexo 24, 25 y 26).

El ANDEVA indica que los enraizadores tuvieron un comportamiento similar, no encontrando diferencias significativas entre las UFC/g, sin embargo, el número más alto de este microorganismo con  $2.7 \times 10^3$  UFC/g se registró en el sustrato suelo + compost. (Cuadro 9).

Cuadro 9. Número de UFC/g de *Fusarium* sp por enraizador

Sustrato	UFC /g de sustrato		
	<i>Trichoderma</i> sp	AVMYH*	SA18-46-0 <sup>+</sup>
Raquis + Ceniza + Arena	$3.6 \times 10^2$ a	$1.8 \times 10^2$ a	$1.1 \times 10^3$ a
Suelo + Compost	$3.6 \times 10^2$ a	$1.8 \times 10^2$ a	$2.7 \times 10^3$ a
Raquis + Compost + Ceniza	$2.4 \times 10^3$ a	$3.6 \times 10^2$ a	$1.8 \times 10^2$ a
Suelo	$1.5 \times 10^3$ a	0.7a	$3.6 \times 10^2$ a

AVMYH\* *Aloe vera* + Melaza + Yema de huevo, SA18-46-0<sup>+</sup> Solución arrancadora  
Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Para los microorganismos *Candida* sp, *Curvularia* sp, *Nigrospora* sp, *Aspergillus* sp y *Paecylomices* sp, no se les realizó un análisis estadístico por considerar los datos bajos y en muchos de los sustratos no aparecían UFC/g.

### 5.3 Actinomicetos y nematodos

El análisis de varianza para los Actinomicetos, indica que no hay diferencias significativas entre los enraizadores, pero si entre los sustratos y entre la interacción sustratos\*enraizador ( $p>0.0043$ ), por tanto, se compararon los sustratos por cada enraizador, para determinar cómo se comportaron los sustratos en cada enraizador (anexo 27, 28, 29 y 30).

En los microorganismos de actinomicetos, el ANDEVA indica que el enraizador compuesto por Aloe vera + Melaza + Yema de huevo, en el sustrato suelo + compost presento un número con  $6.2 \times 10^3$  UFC y el sustrato raquis+ ceniza + arena con  $5.9 \times 10^3$  UFC tuvieron diferencias significativas ( $p > 0.0117$ ) superiores a los demás sustratos, en los demás sustratos no hubo diferencias significativas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Número de UFC/g de Actinomicetos por enraizador

Sustrato	UFC /g de sustrato			
	<i>Trichoderma</i> sp	AVMYH*	SA18-46-0 <sup>+</sup>	Proroot <sup>®</sup>
Raquis + Ceniza + Arena	$5.9 \times 10^3$ a	$5.9 \times 10^3$ a	$6.4 \times 10^3$ a	$1.6 \times 10^3$ a
Suelo + Compost	$6.5 \times 10^3$ a	$6.2 \times 10^3$ a	$5.1 \times 10^3$ a	$6.7 \times 10^2$ a
Raquis + Compost + Ceniza	$9.1 \times 10^3$ a	$3.7 \times 10^3$ ab	$3.4 \times 10^3$ a	$6.7 \times 10^2$ a
Suelo	$6.2 \times 10^3$ a	$2.2 \times 10^3$ b	$5.8 \times 10^3$ a	$1.3 \times 10^3$ a

AVMYH\* *Aloe vera* + Melaza + Yema de huevo, SA18-46-0<sup>+</sup> Solución arrancadora

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Los actinomicetos desarrollan diversas actividades en el ecosistema, tales como el mejoramiento de la estructura del suelo y producción de compuestos bioactivos con actividad antagonista contra microorganismos patógenos, siendo los principales productores de antibióticos, se han descrito actividades que pueden catalogar a los actinomicetos como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (Correa, 2008). De tal manera que encontrar estos tipos de microorganismos en todos los sustratos evaluados y en poblaciones altas pudieron haber ayudado en mantener bajas las poblaciones de microorganismos fitopatógenos, así como en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

En cada uno de los cuatro sustratos evaluados se encontraron nematodos tanto de raíz como de suelo, sin embargo, las cantidades en las mismas fueron mínimas. Los géneros encontrados en los nematodos de suelo fueron *Meloidogyne* sp, *Helicotylenchus* sp, *Rotylenchus* sp y *Tylenchus* sp y en los nematodos de raíz se encontraron los géneros *Meloidogyne* sp, *Helicotylenchus* sp, *Pratylenchus* sp y *Trychodorus* sp.

### Características químicas de los sustratos

En el cuadro 11, se puede observar para el parámetro pH que el sustrato raquis + ceniza + arena presento el valor más alto, con una diferencia de pH de 1.58 con respecto al sustrato suelo. Se observa un comportamiento contrario con respecto a la conductividad eléctrica

siendo mayor en el sustrato suelo con 2114.5  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , con una diferencia de 1778.0  $\mu\text{s}/\text{cm}$  con respecto al sustrato Raquis + ceniza + Arena.

Cuadro 11. Características químicas de los sustratos en estudio

Sustratos	pH	CE $\mu\text{s}/\text{cm}$	Fosforo meq/100 g suelo	MO (%)	N (%)
Raquis + ceniza + arena	7.39	336.5	4.43	5.43	0.27
Suelo + compost	7.38	402.5	7.25	5.59	0.28
Raquis + compost + Ceniza	6.09	1284.5	10.23	3.01	0.15
Suelo	5.81	2114.5	12.97	3.25	0.16

Laboratorio de suelos y agua (LABSA) Universidad Nacional Agraria.

Para la variable de materia orgánica, el sustrato Raquis + ceniza + arena presento con 5.43% el valor más alto a diferencia de los sustratos Raquis + compost + ceniza y suelo con 3.01 y 3.25 % de materia orgánica respectivamente.

Según Rippey *et al*, (2014); citado por Salazar, *et al* 2018). señalan que la conductividad eléctrica (CE) óptima para un sustrato se encuentra en un rango de 2 a 3.5  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y un pH óptimo para la absorción de nutrientes de 5-7.

Por tanto, los presentes resultados muestran que en cuanto a pH los sustratos Raquis + ceniza + arena y el sustrato suelo se mantienen en el rango óptimo. En cuanto a CE ninguno de los sustratos se acercó al nivel óptimo.

En cuanto a la fertilización el sustrato suelo presentó el valor más alto con 12.97  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y el sustrato raquis + ceniza + arena el valor más bajo con 4.43  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

Cabe mencionar que los datos obtenidos sobre las características químicas de los sustratos evaluados se recogieron una vez culminada la etapa fenológica del cultivo, por lo cual los datos obtenidos pudieron ser influenciados por la fertilización, riego, aplicación de plaguicidas y condiciones climáticas.

## VI. CONCLUSIONES

La población microbiana en los sustratos estuvo compuesta por cuatro géneros de bacterias, ocho géneros de hongos y seis géneros de nematodos. El sustrato compuesto por suelo + compost presentó la mayor población bacteriana y la bacteria predominante fue *Bacillus* sp con  $6.8 \times 10^7$  UFC/g y  $4.95 \times 10^7$  UFC/g respectivamente. El sustrato suelo en el enraizador proroot® presentó la mayor población de hongos con  $4.4 \times 10^3$  UFC/g. Y la mayor población de actinomicetos se registró en el sustrato compuesto por raquis + compost + ceniza en el enraizador *Trichoderma* sp con  $9.1 \times 10^3$  UFC/g.

Las características físico-química de los sustratos resultaron ser altas, esto debido a que los análisis se realizaron una vez culminada la etapa fenológica del cultivo y a los microorganismos encontrados en cada sustrato estos crearon las condiciones de pH, materia orgánica, temperatura, ideales para el crecimiento de los mismos

La composición de los sustratos no creó las condiciones favorables para el desarrollo de los nematodos, manteniendo las poblaciones de nematodos fitoparásitos bajas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a criterios internacionales para la selección de un sustrato ideal, el sustrato a base de raquis de palma resulta ser prometedor dado que aporta un elevado contenido de materia orgánica, pH óptimo, relativamente estéril (libre de malezas y patógenos), de bajo costo, disponible y de fácil manejo. Por lo cual se recomienda este tipo de sustrato para la producción de cultivo.

Se recomienda la utilización del enraizador a base de Aloe vera + melaza + yema de huevo de acuerdo a la diversidad microbiana encontrada en cada uno de los sustratos evaluados

Para futuros trabajos sería deseable evaluar las actividades microbianas de los sustratos en el tiempo y evaluar las concentraciones de los microorganismos en cada sustrato.

Evaluar otros desechos de la agroindustria de palma aceitera y otras formas de preparación del sustrato

## VIII. LITERATURA CITADA

- Azucena, L., (2012). *Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica)*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3173/1/Tesis-32agr.pdf>
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi*. (Ed. 4). American Phytopathological society.
- Bures, S. A. (1997). *Sustratos*. [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-73\\_I\\_CURSO\\_DE\\_GESTION\\_DE\\_VIVEROS\\_FORESTALES/80-373/7\\_MANEJO\\_DE\\_SUSTRATOS.PDF](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-73_I_CURSO_DE_GESTION_DE_VIVEROS_FORESTALES/80-373/7_MANEJO_DE_SUSTRATOS.PDF)
- C, I. H. (1972). *Descriptions of plants – parasitic nematodes*.
- Cabrera, R. I. (1999). *Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en macetas*.
- Correa, M., (2008). *Evaluación de caracteres de PGPR en actinomicetos e interacciones de estas Rizobacterias con hongos formadores de micorrizas*. Universidad de Granada. Tesis Doctoral 261 p. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/2110/17716093.pdf?sequence=1>
- Cruz-Crespo, E., Cam-Chulim, A., Sandoval-Vila, M., Bugarin-Montoya, R., Robles-Bermúdez, A y Juárez-López, P. (2012). *Sustratos en la horticultura*. Artículo de revisión. Revista Bio ciencias. <https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/31/29>
- Fernández-Larrea, O. (2001). *Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario*. Manejo integrado de plagas. 62(2), 96-100 p. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6578/A2120e.pdf?sequence=1&jsAllowed=y>
- Gómez, L., Rodríguez, G., Enrique, R., Miranda, I., y González, E. (2009). *Factores limitantes de los rendimientos y calidad de las cosechas en la producción protegida de hortalizas en Cuba*. Revista de Protección Vegetal 24(2), 117-122 p.
- Gutiérrez, G., Guevara, T. V., Herrera, S., y López, A. (2012). *Modulo práctico técnicas de laboratorio: Compendio de guías*. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía, Managua (Nicaragua) 44-62 p.
- Herrera, I., y Bijlmakers, H. (1993). *Nematología agrícola. Manual de Prácticas*. Escuela de Sanidad Vegetal. UNA. Managua, Nicaragua. 44p.n

- Hoben, H. J., & Somasegaran, P. (1982). *Comparison of the pour, spread, and drop plate methods for enumeration of Rhizobium spp. in inoculants made from presterilized peat*. Applied and environmental microbiology, 44(5), 1246-1247. Principles and practice of managing soil borne plant pathogens, 237-249 p.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2014). *Producción hortícola bajo cubierta*. (Ed. 1). Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 6-150 p. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_prod\\_hort\\_bc.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_prod_hort_bc.pdf)
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2006). *Producción de hortalizas bajo cubierta, estructura y manejo de cultivo para la Patagonia Norte*. Ed. 3. 4-89 p. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_produccion-de-hortalizas-bajo-cubierta\\_2006.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_produccion-de-hortalizas-bajo-cubierta_2006.pdf)
- Instituto Nacional Tecnológico [INATEC]. (2018). *Cultivos de hortalizas*. (Ed. 2). Managua 10-108 p. [https://www.tecnacional.edu.ni/media/Hortalizas\\_3X2OH2y.pdf](https://www.tecnacional.edu.ni/media/Hortalizas_3X2OH2y.pdf)
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). (2018). *Registro de datos meteorológicos*. Managua, Nicaragua.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2014). *Guía MIP en el cultivo de la chiltoma*. (Ed. 1). Managua. 4-32 p. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10L181.pdf>
- Klopper, J.W, (1989). *Host specificity in microbe-microbe interactions*. BioScience, 46: 406-409.
- Lanusa, R. E. (2020). *Sustratos de siembra y tratamientos alternativos para la producción de tomate (Solanum lycopersicum L.)*, en ambientes protegidos, finca El Plantel-2018 [tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. 83 p.
- Mai, W., & Lyon, H. (1975). *Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes*. 4 ed. Cornell University press, 219 p.
- Martínez, F., Castillo, S., Pérez, S., Placencia, P., Carmona, E., Ordovás, J., y Avilés, M. (2011). *Efecto del sustrato sobre las propiedades biológicas en la planta de fresa*. Revista de ciencias agrarias, 34 (2), 181- 190 p.
- Martínez, y Roca. (2011). *Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo*. [https://www.researchgate.net/profile/Dolors\\_Roca/publication/237100771\\_Sustratos\\_para\\_el\\_cultivo\\_sin\\_suelo\\_Materiales\\_propiedades\\_y\\_manejo/links/0deec51b8657d36d7e000000/Sustratos-para-el-cultivo-sin-suelo-Materiales-propiedades-y-](https://www.researchgate.net/profile/Dolors_Roca/publication/237100771_Sustratos_para_el_cultivo_sin_suelo_Materiales_propiedades_y_manejo/links/0deec51b8657d36d7e000000/Sustratos-para-el-cultivo-sin-suelo-Materiales-propiedades-y-)

- Montenegro, E. J., y Blandón, D. O. (2012). *Efecto de la aplicación del abono tipo bocachi sobre el rendimiento productivo en el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo riego, San Isidro, I semestre, 2012*. [tesis de grado, Universidad Autónoma de Nicaragua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/7161/>
- Morales-Maldonado., Raymundo, E., y Casanova-Lugo, F. (2015) *Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partículas y proporción*. *Agronomía Mesoamericana*, 26 (2), 365-372 p. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43738993018.pdf>
- Organización internacional en red [Rikolto]. (2018). *Producción de chiltoma Nathalie bajo estructuras protegidas con enfoque en MIC*. [https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia\\_chiltoma.pdf](https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia_chiltoma.pdf)
- Ramírez-Vargas, C., y Nienhuis, J. (2012). *Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica*. *Revista Tecnología En Marcha*, 25(2), 10-20 p. <https://doi.org/10.18845/tm.v25i2.303>
- Rodríguez, E., Salcedo, E., Rodríguez, R., Raymundo, D., y Mena, S. (2013). *Reúso del tezontle: efecto en sus características físicas y en la producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill)*. *Terra Latinoamericana* Vol. 31. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792013000500275](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792013000500275)
- Rojas-Castro, U. I. (2015). *La agricultura protegida de pequeña escala. Como una alternativa de producción agrícola y seguridad alimentaria para la zona de Somoto, Nicaragua*. [tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanzas]. [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8502/La\\_agricultura\\_protegida.pdf](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8502/La_agricultura_protegida.pdf)
- Salazar, R., Fortis, H., Preciado, R., Segura, C., y Sáenz, M. (2018). *Caracterización de sustratos orgánicos en la producción de *Stevia rebaudiana* Bertoni*. *Revista de investigación y difusión científica agropecuaria*. 22(3), 45-55 p. <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2018/sept/5.pdf>
- Santos, B. M., Obregón-Olivas, H. A., y Salamé-Donoso, T. P. (2010). *Producción de hortalizas en ambientes protegidos: estructuras para la agricultura protegida*. Departamento de Horticultural Sciences, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida. [https://horticulture.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk1816/files/extension\\_material\\_files/Santos\\_manual\\_produccion\\_de\\_hortalizas\\_en\\_ambientes\\_protegidas.pdf](https://horticulture.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk1816/files/extension_material_files/Santos_manual_produccion_de_hortalizas_en_ambientes_protegidas.pdf)
- Terés, V., (2001). *Relaciones aire-agua en sustratos de cultivo como base para el control del riego. Metodología de laboratorio y modelización*. Universidad politécnica de Madrid escuela técnica superior de ingenieros agrónomos. Departamento de producción vegetal. Fitotecnia. Tesis doctoral 525 p. <https://oa.upm.es/869/1/VTerésTesis.pdf>



- Terés, V., Beunza, A., y Artetxe, A. (1997). *Caracterización física de los sustratos de cultivos*. Revista de industria distribución y socioeconomía hortícola. 38-41 p. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Hort/Hort\\_1997\\_125\\_38\\_41.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_1997_125_38_41.pdf)
- Visagie, C. M., Houbraken, J., Frisvad, J., Hong, S. B., Klaassen, C. H., Perrone, G. Samson, R. A. (2014). Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. En; *Stude in micology*, 78, 343-371 p. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166061614000074>

## **IX. ANEXOS**

Anexo 1. Análisis de varianza para número total de UFC/g de bacterias.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	121524086.0	3	40508028.7	0.0001
Enraizador	15434770.2	3	5144923.4	0.3260
Sustrato*Enraizador	63601132.4	9	7066792.5	0.1441
Error	137368291.7	32	4292759.1	
Total correcto	337928280.4	47		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.593499	41.03661			

<b>Sustrato</b>	<b>Media.</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo + Compost	$6.8 \times 10^7$	a
Suelo	$2.7 \times 10^7$	b
Raquis + Compost + Ceniza	$1.9 \times 10^7$	b
Raquis + Ceniza + Arena	$1.5 \times 10^7$	b

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 2. Análisis de varianza para número total de UFC/g de *Bacillus* sp.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	111237426.2	3	37079142.1	0.0005
Enraizador	11025271.8	3	3675090.6	0.5216
Sustrato*Enraizador	33667388.7	9	3740821	0.6362
Error	153543334.3	32	4798229.2	
Total correcto	309473421.1	47		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.503856	63.0178			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo + Compost	$4.95 \times 10^7$	a
Raquis + Ceniza + Arena	$1.26 \times 10^7$	b
Raquis + Compost + Ceniza	$9.91 \times 10^6$	b
Suelo	$4.14 \times 10^6$	b

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 3. Análisis de varianza para número total de UFC/g de *Pseudomonas* sp

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	8553895.6	3	2851298.5	0.2651
Enraizador	4221014.3	3	1407004.8	0.5687
Sustrato*Enraizador	125302604.4	9	13922511.6	<.0001
Error	65867731.0	32	2058366.6	
Total correcto	203945245.3	47		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.677032	60.29029			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo	1.43x10 <sup>7</sup>	a
Suelo + Compost	1.25x10 <sup>7</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	8.88x10 <sup>6</sup>	a
Raquis + Compost + Arena	3.76x10 <sup>6</sup>	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 4. Análisis de varianza para número de UFC/g de *Pseudomonas* sp en el enraizador *Trichoderma* sp.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	40643836.96	3	13547942.32	0.0059
Error	11897189.44	8	1487148.68	
Total correcto	52541016.41	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.77	48.48			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Ceniza + Arena	1.6x10 <sup>3</sup>	a
Suelo + Compost	9.3x10 <sup>2</sup>	b
Raquis + Compost + Ceniza	1.8x10 <sup>3</sup>	b
Suelo	5.6x10 <sup>3</sup>	b

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 5. Análisis de varianza para número de UFC/g de *Pseudomonas* sp en el enraizador Aloe vera + melaza + yema de huevo.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	63718602.51	3	21239534.17	0.0017
Error	12609068.29	8	1576133.54	
Total correcto	76327670.80	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			

0.83

44.86

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo + Compost	5.9x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	4.0x10 <sup>3</sup>	ab
Raquis + Ceniza + Arena	1.0x10 <sup>3</sup>	bc
Suelo	1.8x10 <sup>2</sup>	c

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 6. Análisis de varianza para número de UFC/g de *Pseudomonas* sp en el enraizador Solución arrancadora 18-46-0

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	18754607.37	3	6251535.79	0.0871
Error	15944530.81	8	1993060.35	
Total correcto	34699138.18	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.54	65.76			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Compost + Ceniza	3.1x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Ceniza + Arena	2.8x10 <sup>3</sup>	a
Suelo	2.6x10 <sup>3</sup> a	a
Suelo + Compost	0.7x10 <sup>3</sup> a	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 7. Análisis de varianza para número de UFC/g de *Pseudomonas* sp en el enraizador Proroot®

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	10739463.15	3	3579821.05	0.3944
Error	25416942.46	8	3177117.81	
Total correcto	36156405.61	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.30	86.72			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo + Compost	3.2x10 <sup>3</sup>	a
Suelo	2.7x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	1.1x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Ceniza + Arena	1.1x10 <sup>3</sup>	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 8. Análisis de varianza para número total de UFC/g de *Serratia* sp

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	20013349.45	3	6671116.48	0.0162
Enraizador	6092879.73	3	2030959.91	0.3215
Sustrato*Enraizador	58937697.57	9	6548633.06	0.0020
Error	53656367.7	32	1676761.5	
Total correcto	138700294.5	47		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.613149	153.1155			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo	7.0x10 <sup>6</sup>	a
Suelo + Compost	5.9x10 <sup>6</sup>	ab
Raquis + Compost + Ceniza	1.3x10 <sup>6</sup>	ab
Raquis + Ceniza + Arena	0	b

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 9. Análisis de varianza para número de UFC/g de *Serratia* sp en el enraizador *Aloe vera* + melaza + yema de huevo.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	47250374.21	3	15750124.74	0.0001
Error	3585012.41	8	448126.55	
Total correcto	50835386.62	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.929478	50.62432			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo	4.7x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	5.5x10 <sup>2</sup>	b
Suelo + Compost	0.7	b
Raquis + Ceniza + Arena	0.7	b

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 10. Análisis de varianza para número de UFC/g de *Serratia* sp en el enraizador solución arrancadora 18-46-0

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	3267031.623	3	1089010.541	0.5064
Error	10298655.84	8	1287331.98	
Total correcto	13565687.47	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.240831	248.8327			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Ceniza + Arena	1.2x10 <sup>3</sup>	a
Suelo	5.5x10 <sup>2</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	0.7	a
Suelo + Compost	0.7	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 11. Análisis de varianza para número de UFC/g de *Serratia* sp en el enraizador proroote®

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	14513176.30	3	4837725.43	0.4518
Error	39772704.54	8	4971588.07	
Total correcto	54285880.84	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.267347	139.0274			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Compost + Ceniza	2.9x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Compost + Arena	2.2x10 <sup>3</sup>	a
Suelo + Compost	1.2x10 <sup>3</sup>	a
Suelo	1.0x10 <sup>0</sup>	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 12. Análisis de varianza para número total de UFC/g de *Sarcina* sp

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	4623484.225	3	1541161.408	0.0007
Enraizador	1336476.779	3	445492.260	0.1166
Sustrato*Enraizador	7830755.531	9	870083.948	0.0013
Error	6711241.53	32	209726.30	
Total correcto	20501958.07	47		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.672654	188.5587			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo	1.6x10 <sup>6</sup>	a
Suelo + Compost	3.0x10 <sup>5</sup>	b
Raquis + Ceniza + Arena	0	b
Raquis + Compost + Ceniza	0	b

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 13. Análisis de varianza para número de UFC/g de *Sarcina* sp en el enraizador *Aloe vera* + melaza + yema de huevo

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	1584907.263	3	528302.421	0.1100
Error	1519594.316	8	189949.290	
Total correcto	3104501.579	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.510519	207.0176			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo	8.4x10 <sup>2</sup>	a
Suelo + Compost	0.7	a
Raquis + Compost + Ceniza	0.7	a
Raquis + Ceniza + Arena	0.7	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)



Anexo 14. Análisis de varianza para número de UFC/g de *Sarcina* sp en el enraizador prorooot®

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	7582326.77	3	2527442.26	0.0551
Error	5191650.19	8	648956.27	
Total correcto	12773976.96	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.593576	106.0599			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo + Compost	1.8x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Ceniza + Arena	1.1x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	0.7a	a
Suelo	0.7a	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 15. Análisis de varianza del número total de UFC/g de hongos por el enraizador *Trichoderma* sp

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	8453733.00	3	2817911.00	0.0297
Error	4458933.46	8	557366.68	
Total correcto	12912666.47	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.65	35.27			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Compost + Ceniza	3.0x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Ceniza + Arena	2.8x10 <sup>3</sup>	ab
Suelo + Compost	1.5x10 <sup>3</sup>	ab
Suelo	1.0x10 <sup>3</sup>	b

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 16. Análisis de varianza del número total de UFC/g de hongos por el enraizador *Aloe vera* + melaza + yema de huevo

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	5395198.03	3	1798399.34	0.5730
Error	20279317.73	8	2534914.72	
Total correcto	25674515.76	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.21	46.40			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Compost + Ceniza	3.9x10 <sup>3</sup> a	a
Suelo	3.9x10 <sup>3</sup> a	a
Suelo + Compost	3.5x10 <sup>3</sup> a	a
Raquis + Ceniza + Arena	2.3x10 <sup>3</sup> a	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 17. Análisis de varianza del número total de UFC/g de hongos en el enraizador solución arrancadora 18-46-0

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	11617215.41	3	3872495.14	0.0653
Error	8593456.32	8	1074182.04	
Total correcto	20210671.73	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.57	41.73			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Ceniza + Arena	3.9x10 <sup>3</sup>	a
Suelo	2.8x10 <sup>3</sup>	a
Suelo + Compost +	1.8x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	1.3x10 <sup>3</sup>	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 18. Análisis de varianza del número total de UFC/g de hongos en el enraizador proroot®

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	21323425.92	3	7107808.64	0.0119
Error	7957403.17	8	994675.40	
Total correcto	29280829.08	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.73	37.55			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo	4.4x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Ceniza + Arena	3.3x10 <sup>3</sup>	ab
Raquis + Compost + Ceniza	1.7x10 <sup>3</sup>	b
Suelo + Compost	1.0x10 <sup>3</sup>	b

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 19. Análisis de varianza del número de UFC/g de *Trichoderma* sp.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	8153423.77	3	2717807.92	0.0068
Enraizador	2717510.82	3	905836.94	0.2051
Sustrato*Enraizador	10696339.10	9	1188482.12	0.0573
Error	17941652.19	32	560676.63	
Total correcto	39508925.89	47		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.545884	93.94860			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Ceniza + Arena	3.1x10 <sup>6</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	1.6x10 <sup>6</sup>	ab
Suelo	7.8x10 <sup>5</sup>	ab
Suelo + Compost	2.7x10 <sup>5</sup>	b

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 20. Análisis de varianza del número de UFC/g de *Penicillium* sp. en el enraizador *Trichoderma* sp.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	5020961.53	3	1673653.84	0.2015
Error	6895704.72	8	861963.09	
Total correcto	11916666.25	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.421339	82.89397			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo	2.2x10 <sup>3</sup> a	a
Suelo + Compost	8.9x10 <sup>2</sup> a	a
Raquis + Compost + Ceniza	8.9x10 <sup>2</sup> a	a
Raquis + Compost + Arena	4.8x10 <sup>2</sup> a	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 21. Análisis de varianza del número de UFC/g de *Penicillium* sp. en el enraizador *Aloe vera* + melaza + yema de huevo.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	17023656.73	3	5674552.24	0.0792
Error	13808872.89	8	1726109.11	
Total correcto	30832529.62	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.552133	127.1905			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo + Compost	3.0x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Ceniza + Arena	9.4x10 <sup>2</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	1.8x10 <sup>2</sup>	a
Suelo	1.0	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 22. Análisis de varianza del número de UFC/g de *Penicillium* sp. en el enraizador solución arrancadora 18-46-0

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	1973200.004	3	657733.335	0.2427
Error	3086347.935	8	385793.492	
Total correcto	5059547.939	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.389995	79.28492			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Ceniza + Arena	1.4x10 <sup>3</sup>	a
Suelo + Compost	8.2x10 <sup>2</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	5.1x10 <sup>2</sup>	a
Suelo	3.6x10 <sup>2</sup>	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 23. Análisis de varianza del número de UFC/g de *Penicillium* sp. en el enraizador Proroot®.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	27035503.63	3	9011834.54	0.0325
Error	14786204.71	8	1848275.59	
Total correcto	41821708.34	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.646447	56.65974			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo + Compost	3.7x10 <sup>3</sup>	a
Suelo	3.5x10 <sup>3</sup>	ab
Raquis + Compost + Ceniza	2.2x10 <sup>3</sup>	ab
Raquis + Ceniza + Arena	1.0	b

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 24. Análisis de varianza del número de UFC/g de *Fusarium* sp en el enraizador *Trichoderma* sp

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	9117548.09	3	3039182.70	0.0565
Error	6312041.71	8	789005.21	
Total correcto	15429589.80	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.590913	75.31494			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Compost + Ceniza	2.4x10 <sup>3</sup>	a
Suelo	1.5x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Ceniza + Arena	3.6x10 <sup>2</sup>	a
Suelo + Compost	3.6x10 <sup>2</sup>	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 25. Análisis de varianza del número de UFC/g de *Fusarium* sp en el enraizador Aloe vera + melaza + yema de huevo.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	201501.7004	3	67167.2335	0.4872
Error	604505.1013	8	75563.1377	
Total correcto	806006.8017	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.250000	149.4235			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Compost + Ceniza	3.6x10 <sup>2</sup>	a
Suelo + Compost	1.8x10 <sup>2</sup>	a
Raquis + Ceniza + Arena	1.8x10 <sup>2</sup>	a
Suelo	0.7	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 26. Análisis de varianza del número de UFC/g de *Fusarium* sp en el enraizador solución arrancadora 18-46-0

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	12373813.44	3	4124604.48	0.3305
Error	24779952.78	8	3097494.10	
Total correcto	37153766.22	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.333043	157.5875			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo + Compost	2.7x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Ceniza + Arena	1.1x10 <sup>3</sup>	a
Suelo	3.6x10 <sup>2</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	1.8x10 <sup>2</sup>	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 27. Análisis de varianza del número de UFC/g de Actinomicetos en el enraizador *Trichoderma* sp

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	19993625.44	3	6664541.81	0.0942
Error	17683536.27	8	2210442.03	
Total correcto	37677161.71	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.530656	21.32601			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Compost + Ceniza	9.1x10 <sup>3</sup>	a
Suelo + Compost	6.5x10 <sup>3</sup>	a
Suelo	6.2x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Ceniza + Arena	5.9x10 <sup>3</sup>	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 28. Análisis de varianza del número de UFC/g de Actinomicetos en el enraizador *Aloe vera* + melaza + yema de huevo.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	31944416.92	3	10648138.97	0.0117
Error	11870385.44	8	1483798.18	
Total correcto	43814802.36	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.729078	26.77837			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Suelo + Compost	6.2x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Ceniza + Arena	5.9x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	3.7x10 <sup>3</sup>	ab
Suelo	2.2x10 <sup>3</sup>	b

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 29. Análisis de varianza del número de UFC/g de Actinomicetos en el enraizador solución arrancadora 18-46-0

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	15890007.40	3	5296669.13	0.3312
Error	31883988.05	8	3985498.51	
Total correcto	47773995.45	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.332608	38.22148			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Ceniza + Arena	6.4x10 <sup>3</sup>	a
Suelo	5.8x10 <sup>3</sup>	a
Suelo + Compost	5.1x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	3.4x10 <sup>3</sup>	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)

Anexo 30. Análisis de varianza del número de UFC/g de Actinomicetos en el enraizador Proroot®.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor P</b>
Sustrato	2241151.467	3	747050.489	0.1259
Error	2313268.451	8	289158.556	
Total correcto	4554419.918	11		
<b>R-cuadrado</b>	<b>Coefficiente de variación</b>			
0.492083	49.37457			

<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>	<b>Categoría Tukey (0.05)</b>
Raquis + Ceniza + Arena	1.6x10 <sup>3</sup>	a
Suelo	1.3x10 <sup>3</sup>	a
Raquis + Compost + Ceniza	6.7x10 <sup>2</sup>	a
Suelo + Compost	6.3x10 <sup>2</sup>	a

Promedios seguidos con la misma letra no presentan diferencias significativas (Tukey 0.05)