

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**EFFECTO DEL USO DE SUSTRATOS Y ESTIMULADORES DE
CRECIMIENTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE ACODOS DE
PIMIENTA (*Piper nigrum* var. Balankotta).
SAN CARLOS. COSTA RICA. 2017**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

JOSÉ CARLOS QUIRÓS GONZÁLEZ

2017



Carrera de Ingeniería en Agronomía
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Sede Regional San Carlos
2005 - 2018

**EFFECTO DEL USO DE SUSTRATOS Y ESTIMULADORES DE
CRECIMIENTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE ACODOS DE
PIMIENTA (*Piper nigrum* var. Balankotta).
SAN CARLOS. COSTA RICA. 2017**

JOSÉ CARLOS QUIRÓS GONZÁLEZ

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluator:

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M. Sc.



Asesor principal

Ing. Fo. Marlen Camacho Calvo, M. Sc.



Jurado

Ing. Agr. Sergio Torres Portuguez, M. Sc.



Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA



Coordinadora
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Alberto Camero Rey, M. Sc.



Director
Escuela de Agronomía

2017

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	i
LISTA DE CUADROS.....	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE ANEXOS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo General.....	2
1.2. Objetivos específicos	2
1.3. Hipótesis	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades.....	3
2.2. Sustratos.....	4
2.3. Acodos.....	4
2.3. Estimuladores de crecimiento.....	5
2.3.1. Bio-tri 1000 WP.....	6
2.3.2. Jumpstart.....	6
2.3.3. Conductividad eléctrica (CE) y pH.....	7
2.4. Plagas del cultivo.....	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1. Ubicación	10
3.2. Periodo de estudio.....	10
3.3. Material experimental.....	10

3.4. Descripción de los tratamientos	11
3.5. Unidad experimental y área experimental	13
3.5.1. Número de repeticiones y grados de libertad del error	13
3.6. Diseño experimental y arreglo de tratamientos	13
3.6.1. Croquis y especificación del diseño de tratamientos.....	13
3.6.2. Modelo estadístico	17
3.7. Variables de respuesta estudiadas.....	17
3.8. Metodología de toma de datos	17
3.9. Plan de análisis.....	19
3.10. Presentación de resultados	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1. Análisis de Componentes Principales	21
4.2. Análisis de Conglomerados	22
4.3. Análisis de varianza multivariado para los cuatro conglomerados.....	22
4.4. Medidas de resumen para el efecto de sustratos y estimulantes de crecimiento sobre la producción de acodos de pimienta.....	23
4.5. Conductividad eléctrica (CE) y pH.....	26
5. CONCLUSIONES	28
6. RECOMENDACIONES.....	29
7. BIBLIOGRAFÍA	30
8. ANEXOS.....	34

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Sustratos y estimuladores de crecimiento evaluados sobre el efecto en la producción de acodos de pimienta. Finca Inversiones Agropecuarias Hermanos Quirós. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	11
2	Distribución de las repeticiones y asignación de tratamientos por sustrato, durante evaluación del efecto del uso de sustratos y estimuladores de crecimiento sobre la producción de acodos de pimienta. Finca Inversiones Agropecuarias Hermanos Quirós S.A. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	15
3	Resultado estadístico por variable y conglomerado para el efecto del uso de sustratos y estimuladores de crecimiento sobre la producción de acodos de pimienta. San Carlos, Costa Rica, 2017.....	23
4	Medidas de resumen de los tratamientos con el sustrato suelo-aserrín para los valores según el vector de medias. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	26
5	pH y conductividad eléctrica de los estimuladores de crecimiento en solución. Laboratorio de Análisis Agronómicos, TEC, San Carlos, Costa Rica. 2017.....	26

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	a. Raíces adventicias de pimienta. b. raíces adventicias de anclaje de pimienta, durante estudio para producción de acodos. Finca Agrocomercial Los Quirós S.A., La Palmera, 2016.....	5
2	Acodo de pimienta obtenidos durante estudio para la producción de acodos. Finca Agrocomercial Los Quirós S.A., La Palmera, 2016.....	5
3	Ubicación geográfica de finca Inversiones Agropecuarias Hermanos Quirós S.A., La Abundancia, 2017.....	10
4	Plantas madre de pimienta, fuente del material vegetativo utilizado para estudio sobre producción de acodos. Finca Agrocomercial Los Quirós S.A. La Palmera, 2016.....	11
5	a. Repeticiones por tratamiento para cada unidad experimental. b. Distribución de los bloques en el invernadero, 1.suelo-aserrín, 2.aserrín, 3.suelo. Finca Inversiones Hermanos Quirós S.A. La Abundancia. 2016.....	12
6	Unidad experimental y parcela útil de cada repetición durante investigación sobre producción de acodos de pimienta. Finca Inversiones Agropecuarias Hermanos Quirós S.A. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	13
7	Distribución de las repeticiones y asignación de tratamientos por sustrato, durante evaluación del efecto del uso de	

	sustratos y estimuladores de crecimiento sobre la producción de acodos de pimienta. Finca Inversiones Agropecuarias Hermanos Quirós S.A. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	16
8	Brotos y raíces durante experimento para la producción de acodos de pimienta, Laboratorio de Análisis Agronómicos del TEC. San Carlos, Costa Rica 2017.....	18
9	Secado de muestras en horno de brotes y raíces durante experimento para la producción de acodos de pimienta, Laboratorio de Análisis Agronómicos del TEC. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	19
10	Disoluciones utilizadas para medición de pH y conductividad eléctrica de los estimuladores de crecimiento evaluados durante estudio de producción de acodos de pimienta. Laboratorio de Análisis Agronómicos del TEC. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	19
11	Técnica de Componentes Principales, para los sustratos y estimuladores de crecimiento. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	21
12	Dendrograma de los tratamientos evaluados en investigación sobre la producción de acodos de pimienta. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	22
13	Presencia de Cochinilla harinosa en (a) raíz y en (b) meristemos apicales de acodos de pimienta. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	25

LISTA DE ANEXOS

Anexo	Título	Página
1	Valor de medias por variable para los tratamientos evaluados en estudio para la producción de acodos de pimienta. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	34
2	Valor de medias, desviación estándar y error estándar de las variables para los tratamientos evaluados en estudio para la producción de acodos de pimienta. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	34
3	Análisis de la Varianza Multivariado para los cuatro conglomerados, durante estudio para la producción de acodos de pimienta. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	36
4	Técnica de Modelos Lineales Generales y Mixtos (MLGMix) y Prueba Bonferroni entre conglomerados en estudio para la producción de acodos de pimienta. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	36
5	Análisis de suelo finca Agrocomercial Los Quirós S.A. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	39

RESUMEN

En la finca Inversiones Agropecuarias Hermanos Quirós S.A., se llevó a cabo un ensayo con acodos de pimienta (*Piper nigrum* var. Balankotta) donde se evaluaron tres sustratos: suelo-aserrín, aserrín, suelo y dos estimuladores de crecimiento: Jumpstart, *Trichoderma harzianum* y su mezcla, con el objetivo de determinar el efecto de sustratos y estimuladores de crecimiento sobre la producción de acodos de pimienta. Para el análisis de los datos se utilizó un diseño de Bloques Generalizados con tres sustratos como factor de bloqueo y cuatro tratamientos. El Análisis de Componentes Principales se mostró que las variables evaluadas presentan un alto grado de importancia, que estas son determinantes para el análisis y no miden criterios similares; en el Análisis de Conglomerados se establecieron cuatro grupos, los cuales mediante el ANAVAM se determinó que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre conglomerados ($p < 0.0001$), la prueba Hotelling mostró que todos los conglomerados fueron diferentes. El resultado estadístico por variable y conglomerado mostró que los conglomerados tres (suelo-aserrín-sin estimulador, suelo-aserrín-Jumpstart, suelo-aserrín-*Trichoderma h.*) y cuatro (suelo-aserrín-*Trichoderma h.*-Jumpstart, suelo-*Trichoderma h.*, suelo-Jumpstart, suelo-*Trichoderma h.*-Jumpstart) en las variables largo de brote ($p = 0.0011$), cantidad de hojas ($p < 0.0001$) y peso aéreo seco ($p < 0.0001$), presentaron valores superiores a los conglomerados uno (aserrín-sin estimulador, aserrín-Jumpstart, aserrín-*Trichoderma h.*-Jumpstart) y dos (aserrín-*Trichoderma h.* y suelo-sin estimulador), para la variable cantidad de brotes no hubo diferencias estadísticas entre conglomerados ($p = 0.1285$); en cuanto a la variable peso raíz seco ($p = 0.0030$) los conglomerados uno y tres fueron superiores a los dos y cuatro. La mortalidad fue incitada por la presencia de cochinilla harinosa (Hemíptera: Pseudococcidae) y fue el conglomerado dos el que presentó los valores más altos. Se mostró un efecto positivo del sustrato suelo mezclado con aserrín, pero nulo en cuanto a los estimuladores de crecimiento en la producción de acodos de pimienta.

Palabras clave: Sustrato, estimulador de crecimiento, acodos, pimienta.

ABSTRACT

In the farm Inversiones Agropecuarias Hermanos Quirós S.A., it was development an experiment about pepper's layers (*Piper nigrum* var. Balankotta) where three substratum have been evaluated: soil-sawdust, sawdust, soil and two growing stimulated: Jumpstart, *Trichoderma harzianum* and their mix, with the objective to determine the effect of the substratum and growing stimulates over the production of the pepper's layer. To analyze the data it was used a design of Generalized Blocks design with three substratum as a factor of dam and four treatments, in the Principal Component Analysis it was found that the evaluated variables present a higher level of importance, and this ones are essential for the analysis, and they do not consider similar criteria; in the Conglomerate Analysis it was establish four groups, they determinate through the ANAVAM the statistical differences existence that are highly significant among the conglomerates ($p = <0.0001$), the Hotelling test show that all the conglomerates were different. The statistical result per variable and conglomerate showed that the conglomerate three (soil-sawdust-no treatment, soil-sawdust-Jumpstart, soil-sawdust-*Trichoderma h.*) and four (soil-sawdust-*Trichoderma h.*-Jumpstart, soil-*Trichoderma h.*, soil-Jumpstart, soil-*Trichoderma h.*-Jumpstart) in the variables of long sprout ($p = 0.0011$), amount of leaves ($p = <0.0001$) and the dry aerial weight ($p = <0.0001$), present superior values against the conglomerates one (sawdust-no treatment, sawdust-Jumpstart, sawdust-*Trichoderma h.*-Jumpstart) and two (sawdust-*Trichoderma h.* and soil-no treatment), for the variable of amount of sprout there was no statistical difference among conglomerates ($p = 0.1285$); about the variable of dry roots weight ($p = 0.0030$) the conglomerate one and three were superior against the two and four conglomerates. The mortality was introduce by the presence of cochinilla harinosa (Hemiptera: Pseudococcidae), and it was the conglomerate two that present the highest levels. There were a positive effect on the substratum soil mix with sawdust, but it was invalid on the growing stimulators in the production of pepper layers.

Key words: substratum, growing estimate, pepper layer, pepper.

1. INTRODUCCIÓN

La pimienta (*Piper nigrum*), según Criollo (2005), tiene su origen en la Costa de Malabar, que se ubica en el sur de la India. Fueron los colonizadores quienes se encargaron de llevarla por Oriente hasta Europa, llegando finalmente a América; ubicándose en esta región, países productores como Brasil, Guatemala y Costa Rica.

En Costa Rica el área sembrada de pimienta ha ido en aumento, pasando de 150 hectáreas en el 2010 a 160 hectáreas en el 2013. Se estima que en la actualidad el área total de siembra es de 200 hectáreas, distribuidas en 420 productores, cuyo manejo en general es por mano de obra familiar. Actualmente el precio es de 0.98 dólares por kilogramo de fruta fresca (PROPICA 2017). La pimienta se exporta principalmente como pimienta negra y pimienta blanca, siendo la negra en mayor volumen, que alcanzó las 1.040 t en el período 2010-2013 (S.E.P.S.A. 2014). Para el año 2014 las exportaciones fueron de 1.528 millones de dólares. Los usos de la pimienta van desde culinarios: en salsas, embutidos, sazónadores; o como especia pura, hasta medicinales. La participación promedio porcentual en la canasta básica ronda el 0,25% como condimento, el restante de la producción se exporta a Estados Unidos y recientemente México.

Para obtener mayores rendimientos productivos y maximizar del uso de los recursos, debemos definir planes de manejo que permitan establecer en campo plantaciones sanas, iniciando en las primeras etapas, mediante la selección de los mejores materiales y dándoles condiciones óptimas para su desarrollo, además disminuir costos, estos factores como objetivo principal en alcanzar eficiencia y productividad en el sistema.

El descarte de plantas en almácigo, por manejo o enfermedades, ronda el 10% de los acodos y hasta 35% en esquejes a enraizar. Buscando reducir al máximo esta pérdida se desarrolla el presente proyecto de investigación, para promover un mejor desarrollo de los acodos, mejores rendimientos y sanidad en nuestras plantaciones.

1.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de tres sustratos y dos estimulantes en la producción de acodos de pimienta.

1.2. Objetivos específicos

- Estimar el efecto de los sustratos y estimuladores sobre el crecimiento y desarrollo de acodos de pimienta.
- Estimar el efecto de los sustratos y estimuladores sobre la mortalidad de acodos de pimienta.

1.3. Hipótesis

Plantas establecidas en el sustrato de suelo + aserrín con la aplicación de *Trichoderma harzianum* + Fósforo, presentan mejores parámetros de crecimiento, viabilidad y resistencia a enfermedades.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades

La planta de pimienta como mencionan Andújar y Moya (2009) citados por EARTH (s.f.), es una liana trepadora perenne, que en condiciones naturales alcanza hasta los diez metros de altura. Por su hábito de crecimiento requiere de un tutor para su soporte, por tanto en plantaciones comerciales la planta alcanzará la altura del mismo. Está compuesta por tallos o guías principales y ramas secundarias fructíferas, ambas divididas en nudos y entrenudos. Las hojas son pecioladas, simples y alternas. Las inflorescencias son espigas colgantes que nacen en los nudos de las ramas fructíferas. El fruto de la pimienta es una drupa globosa que nace en las espigas; es verde y al madurar cambia de amarillo a rojo. El sistema radicular de las plantas de pimienta está compuesto por raíces principales, que llegan a profundizar hasta los dos metros y se subdividen en raíces secundarias, las cuales representan del 85% al 90% de las raíces de la planta, estas se ubican en su mayoría en los primeros 30 cm de profundidad del suelo. Las plantas que provienen de estacas o esquejes presentan en la base de su tallo únicamente raíces adventicias.

Como mencionan M.A.G. (1991) y EARTH (s.f.), en Costa Rica las zonas de Los Chiles, Upala, Guatuso, San Carlos, Peñas blancas; y Río Cuarto, San Miguel y Sarapiquí (Monge *et al.* 2013); cuentan con las características agroclimatológicas óptimas para el establecimiento y desarrollo del cultivo de la pimienta. Estas zonas se caracterizan porque presentan altitudes bajo los 600 msnm, alta luminosidad, precipitaciones medias anuales entre los 2000 mm-3000 mm anuales, bien distribuidas durante el año, una temperatura promedio entre los 25 °C a 30 °C y una humedad relativa que oscila entre los 60% a 93%. Estas condiciones permiten que se dé una alta concentración de piperina, logrando un producto final de excelente calidad, razón por la cual se está cotizando en muchos mercados a nivel mundial.

2.2. Sustratos

Los mejores suelos para el desarrollo del cultivo son de origen aluvial, ricos en materia orgánica, sueltos, con buen drenaje natural, además de una excelente fertilidad natural (EARTH s.f.). Se recomienda un pH de 5,0 a 6,5, sensu Urrestarazu (2003), Alpizar (2008), Bertsch y Méndez (s.f.) y EARTH (s.f.), la mayoría de nutrientes mantienen su nivel máximo de asimilación en ese rango.

Los sustratos deben permitir un adecuado desarrollo radical por lo cual, como mencionan Castellanos (2009) y Quesada (2011), se necesita que posean buena textura, aireación y retención de humedad. Una buena aireación del sustrato favorece el crecimiento de raíces vigorosas, debido a que facilita la absorción de nutrimentos, agua y oxígeno. En nuestro país según EARTH (s.f.) los sustratos utilizados en las camas de enraizamiento son arena de río, burucha y mezcla de tierra con abono orgánico, todos se caracterizan por ser de fácil adquisición y tener bajo costo, cada uno con características específicas en cuanto aporte nutricional y textura. Se busca con los sustratos de enraizamiento, condiciones que permitan el desarrollo radical de los acodos y una formación óptima de la planta, ya que el sistema radical está compuesto por raíces principales y numerosas raíces secundarias, localizadas a poca profundidad, que logran absorber los nutrientes disponibles en las capas superficiales del suelo, aunque también se ven perjudicadas cuando las condiciones son adversas.

2.3. Acodos

Según EARTH (s.f.), la reproducción vegetativa es el método utilizado en el país, ya sea por medio de esquejes o mediante la formación de acodos aéreos. Esta última técnica consiste en tomar una guía principal, sana y vigorosa, libre de patógenos y con presencia en su nudo de raíces adventicias blanquecinas (Figura 1a), estas se localizan a partir de la punta de la guía hacia abajo, en el tercer o cuarto nudo. Como se observa en la Figura 1b, estas raíces adventicias funcionan en la planta como anclaje al tutor cuando no se estimulan para enraizamiento.



Figura 1. a. Raíces adventicias de pimienta. b. raíces adventicias de anclaje de pimienta, durante estudio para producción de acodos. Finca Agrocomercial Los Quirós S.A., La Palmera, 2016.

Con respecto al nudo seleccionado para acodar, mencionan Rojas *et al.* (2004) se envuelve con (musgo, lana, burucha esterilizada) o sin sustrato, en papel aluminio o algún tipo de plástico que no permita el paso de luz; cerrándolo en los extremos, permitiendo el ingreso de agua; de esta forma permanecen durante 90 días mientras se desarrollan raíces (Figura 2).



Figura 2. Acodo de pimienta obtenidos durante estudio para la producción de acodos. Finca Agrocomercial Los Quirós S.A., La Palmera, 2016.

2.3. Estimuladores de crecimiento

El crecimiento y desarrollo de las plantas está regulado por sustancias que interaccionan para completar estos procesos. Estas sustancias ejercen su actividad a muy bajas concentraciones y regulan el crecimiento de las células, la división y diferenciación celular (FHIA 2006). El uso de estimuladores de crecimiento no evita la necesidad de seleccionar materiales vegetativos excelentes y condiciones óptimas de luz, ventilación y temperatura.

2.3.1. Bio-tri 1000 WP

Entre los hongos micoparásitos más comunes, como menciona Agrios (2005), destaca el *Trichoderma* sp., que pertenece a la Clase Hyphomycetes, Orden Hyphales. Parasita el micelio de algunos hongos e inhibe su crecimiento, mostrando como característica principal el ser antagonista de muchos patógenos. Además de funcionar como biocontrolador, la inoculación con este hongo favorece a las plantas por su acción biofertilizante, gracias a la descomposición de la materia orgánica, liberación de nutrientes disponibles y actividad solubilizadora de fosfatos. Promueve el crecimiento y desarrollo de los cultivos, produciendo metabolitos (auxinas, giberelinas y citoquininas) que estimulan la germinación y el desarrollo de las plantas. Además estimula el sistema de defensa contra el estrés causado por factores abióticos y bióticos. Estos compuestos actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes de la planta, acelerando su reproducción celular, logrando que las plantas se desarrollen más rápido, en comparación con plantas que no han sido tratadas con dicho microorganismo (Cubillo *et al.* 2009).

Bio-tri 1000 WP es un producto comercial compuesto en 1,48% peso/peso de *Trichoderma harzianum*, equivalente a no menos de 1×10^9 conidios viables por gramo. Se encuentra enriquecido con nitrógeno (0,25%), fósforo (0,06%), calcio (0,74%), azufre (0,04%), magnesio (16,34%), zinc (5 mg/Kg), cobre (1 mg/Kg), manganeso (139 mg/Kg), boro (8 mg/Kg) y hierro (1329 mg/Kg)¹.

2.3.2. Jumpstart

El Jumpstart, como menciona Keyplex² (2017), es un fertilizante foliar con ácidos alfa-ceto y ácidos húmicos, que corrige deficiencias de hierro, favorece la fotosíntesis y el desarrollo vegetativo de los cultivos. Los ácidos Alfa-ceto favorecen la fotosíntesis ya que intervienen directamente en el ciclo de Krebs y los ácidos húmicos elevan la disponibilidad de los nutrientes por medio de la quelatación. Se promociona como 5-20-4, pero en su composición porcentaje peso/volumen contiene: nitrógeno total amoniacal (4,38%) y nitrógeno orgánico o

¹ Biotech, 2017. Consultado en: <http://laboratoriobiotech.com/trichoderma/>

² Keyplex. 2017. Consultado en <http://www.keyplex.com/products/Jumpstart-5-20-4/>

nitrógeno ureico (0,72%), fósforo total (20%), potasio total (4%), molibdeno (0,003%), magnesio (0,05%), hierro (0,05%), boro (0,2%), manganeso (0,2%), zinc (0,03%). Además, contiene derivados de: urea, fosfato de amonio, fosfato de potasio, manganeso, magnesio y zinc EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), hierro HEDTA (ácido hidroxietilendiaminotriacético), borato de sodio, molibdato de sodio, ácidos Alfa-ceto (0,06%) y ácidos húmicos (0,1%).

2.3.3. Conductividad eléctrica (CE) y pH

La conductividad eléctrica, según Castellanos (2009), es una medida que se aplica para las soluciones acuosas y determina su capacidad de transmitir corriente eléctrica; depende de la presencia de iones y su concentración de sales; siendo el rango requerido para una óptima absorción de nutrientes por parte de la planta de 1,5 dS/m a 2,5 dS/m (Alpizar 2008).

El pH, menciona Urrestarazu (2003), provoca un efecto sobre la asimilación de los nutrimentos por parte de la planta, su capacidad de intercambio catiónico, así como la actividad biológica de las mismas.

2.4. Plagas del cultivo

Como en cualquier cultivo, en la pimienta se presentan condiciones que ayudan a la aparición de problemas causados por hongos, bacterias, nemátodos y virus. Los signos y síntomas que producen estos patógenos permiten su identificación en el campo. Las principales enfermedades de la pimienta (hongos) a las que hace referencia EARTH (s.f.) son: *Fusarium solani* en tallos y raíces, *Phoma* sp., en tallos y *Phytophthora palmivora*, que causa pudrición del tronco y raíces. A menudo aparecen otros agentes que pueden provocar afectación al cultivo, como las cochinillas harinosas, las cuales afectan directamente al cultivo y son vector de otros patógenos.

- *Fusarium solani*: pudrición de raíces y base del tallo.

El hongo se caracteriza por generar un amarillamiento descendente en la planta; en la base del tallo se consigue observar una mucosidad color negro brillante de desigual tamaño, que al cortarse muestra fracciones con pudrición negra (Agrios 2005). Daña la raíz secundaria, la destruye completamente y evita

que se dé la absorción de nutrimentos; sin embargo, tarda más en su avance, permitiendo un mejor control del hongo. Es uno de los hongos que más afectan en las primeras etapas de crecimiento.

- ***Phoma* sp: mancha foliar y pudrición de tallos.**

En tallos quema los brotes y se extiende hacia la base, secando totalmente el tejido. En hojas, se presenta como manchas que se oscurecen al aumentar su afectación, hasta la caída de las mismas; mostrándose principalmente la muerte de tejidos jóvenes (Agrios 2005).

- ***Phytophthora palmivora*: pudrición de raíces, mancha foliar, frutos y tallo.**

Infecta las raíces y luego se extiende a través del tallo, bloqueando el paso de agua y nutrimentos. El tejido interno se vuelve oscuro conforme progresa el patógeno. El proceso es muy rápido; las raíces toman color negro y son destruidas. Se presenta un daño directo sobre la parte aérea de la planta que ocasiona manchas grises que comienzan en la punta y progresan hacia la base de las hojas, induciendo su caída. En los racimos, los frutos toman un color de café a negro, hasta la putrefacción total (Agrios 2005).

- **Cochinilla harinosa (Hemíptera: Pseudococcidae)**

Estos insectos según Bastos *et al.* (2007), Martínez *et al.* (2007) y Martínez *et al.* (2008) se encuentran en múltiples cultivos y pertenecen a la clase hemíptera, familia Pseudococcidae. Mencionan Guillén *et al.* (2010), que la hembra de estos insectos es áptera, ovalada y de cuerpo suave, presentando una coloración variable, entre el rosado y tonos amarillentos; se encuentran cubiertas por una capa de cera blanca que se proyecta lateralmente en forma de filamentos. El macho, por el contrario, es alado y su única función es fecundar a las hembras. Su ciclo de vida varía de acuerdo con el género y la especie, puede vivir desde 50 hasta 85 días, pasando por tres estadios: huevo, ninfa y adulto.

Las ninfas y hembras adultas se alimentan básicamente de los fluidos que puedan extraer del tejido vegetal de diferentes órganos de la planta, generalmente en zonas protegidas o cubiertas, no expuestas, menciona Martínez (2007).

Durante su alimentación, estos insectos excretan una sustancia melosa que favorece la presencia de “fumagina” que se forma debido al crecimiento de un hongo del género *Capnodium*, el cual recubre las hojas y afecta las funciones fotosintéticas de la planta (Villegas *et al.* 2009).

Las cochinillas se pueden encontrar de forma individual o en grupos y como mencionan Miranda y Blanco (2012), son insectos que causan debilidad, desnutrición y marchitamiento a la planta; se pueden confundir con ataques de hongos o deficiencias nutricionales; las plantas pueden presentar retraso en el desarrollo, clorosis, tallos delgados, entrenudos cortos, caída de hojas y frutos, en ocasiones hasta la muerte. Según Lockhart *et al.* (1997) las cochinillas son vectores transmisores del badnavirus PYMV (Virus del moteado amarillo de la pimienta). Estos insectos causan además heridas que sirven de entrada a otros agentes patógenos (Guillén *et al.* 2010).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El estudio se realizó en la finca Inversiones Agropecuarias Hermanos Quirós S.A., en La Abundancia, Ciudad Quesada de San Carlos, con un área de 41 hectáreas destinadas para la producción agropecuaria. Se localiza a 10.33859° latitud norte y 84.45932° longitud oeste (Figura 3), a una altitud de 550 msnm. La precipitación promedio anual es de 4532 milímetros anuales y la temperatura promedio anual es de 23,4 °C (Merkel 2017).

El material a evaluar se obtuvo de la finca Agrocomercial Los Quirós S.A., ubicada frente a la escuela de Calle Damas, La Palmera de San Carlos, Alajuela; con un área de seis hectáreas destinadas a la producción agrícola, de las cuales cuatro hectáreas se dedican al cultivo de la pimienta.



Fuente: Google Maps, 2017.

Figura 3. Ubicación geográfica de finca Inversiones Agropecuarias Hermanos Quirós S.A., La Abundancia, 2017.

3.2. Periodo de estudio

El período del experimento inició el 15 de diciembre del 2016 y concluyó el 12 de mayo del 2017.

3.3. Material experimental

Las unidades experimentales fueron acodos de pimienta negra (*Piper nigrum* var. Balankotta), colocados individualmente en bolsas de polietileno con el sustrato asignado y sometidos al tratamiento correspondiente. Los acodos aéreos se

obtuvieron de plantas madre, sanas y en producción, con cuatro años de edad (Figura 4), ya que como menciona EARTH (s.f.) es el método utilizado en el país.



Figura 4. Plantas madre de pimienta, fuente del material vegetativo utilizado para estudio sobre producción de acodos. Finca Agrocomercial Los Quirós S.A. La Palmera, 2016.

3.4. Descripción de los tratamientos

En esta investigación, fueron evaluados tres sustratos y dos estimuladores de crecimiento, su combinación y tratamientos sin estimulador, para medir su efecto en la producción de acodos de pimienta, en la zona de San Carlos.

Cuadro 1. Sustratos y estimuladores de crecimiento evaluados sobre el efecto en la producción de acodos de pimienta. Finca Inversiones Agropecuarias Hermanos Quirós. San Carlos, Costa Rica. 2017.

Sustrato	Estimulador de crecimiento
Suelo	Sin estimulador
Suelo	<i>Trichoderma</i> sp.
Suelo	Fertilizante foliar
Suelo	<i>Trichoderma</i> sp. + fertilizante foliar
Suelo-aserrín	Sin estimulador
Suelo-aserrín	<i>Trichoderma</i> sp.
Suelo-aserrín	Fertilizante foliar
Suelo-aserrín	<i>Trichoderma</i> sp. + fertilizante foliar
Aserrín	Sin estimulador
Aserrín	<i>Trichoderma</i> sp.
Aserrín	Fertilizante foliar
Aserrín	<i>Trichoderma</i> sp. + fertilizante foliar

Los acodos se midieron y agruparon cada 28 unidades según altura, la medida se realizó desde el cuello de la raíz hasta el nudo más distal; cada grupo fue

asignado al azar a una repetición, se realizaron cuatro repeticiones para cada tratamiento, en los tres sustratos.

Las repeticiones se asignaron aleatoriamente a los tratamientos. Se hizo de esta manera, procurando homogeneidad en los materiales, con el fin de reducir el rango de diferencia y disminuir el error experimental.

Los sustratos se colocaron en bolsas de polietileno de 12 x 20 cm (Figura 5.a) a las cuales se les estableció un acodo elegido al azar. Los sustratos a utilizar fueron: suelo, suelo-aserrín en una proporción de 50-50 (mezcla) y aserrín, los que se establecieron en el invernadero de norte a sur en el orden que se observa en la Figura 5.b.

Para preparar el aserrín se homogenizó y se puso a hervir en agua durante 45 minutos, al finalizar este período se mezcló con el suelo para elaborar el sustrato “suelo-aserrín”.



Fuente: El autor, 2016

Figura 5. a. Repeticiones por tratamiento para cada unidad experimental. b. Distribución de los bloques en el invernadero, 1.suelo-aserrín, 2.aserrín, 3.suelo. Finca Inversiones Hermanos Quirós S.A. La Abundancia. 2016.

El fertilizante foliar fue aplicado tres veces en el período. La primera vez al trasplante, la segunda a los 30 dds y la tercera a los 60 dds; utilizando las recomendaciones del producto, que citan cinco mililitros por litro de agua; esta aplicación se realizó al “drench” con regadera de cinco litros.

En cuanto al *Trichoderma* sp., la recomendación técnica indica la dosis de quince gramos por litro. Al inicio se sumergieron los acodos en la solución durante cinco minutos, para posteriormente establecerlos en los sustratos. A los 30 dds y

a los 60 dds se realizaron aplicaciones al “drench” con regadera de cinco litros, en la dosis indicada.

3.5. Unidad experimental y área experimental

Cada unidad experimental estuvo compuesta por 28 plantas, distribuidas en siete filas y cuatro columnas, donde las diez plantas centrales conformaron la parcela útil, como se puede apreciar en la Figura 6.



Figura 6. Unidad experimental y parcela útil de cada repetición durante investigación sobre producción de acodos de pimienta. Finca Inversiones Agropecuarias Hermanos Quirós S.A. San Carlos, Costa Rica. 2017.

3.5.1. Número de repeticiones y grados de libertad del error

Se establecieron cuatro repeticiones para cada tratamiento y se obtuvo un total de 47 grados de libertad para las variables cantidad de brotes, largo de brotes, cantidad de hojas, mortalidad, peso seco aéreo y de raíz.

3.6. Diseño experimental y arreglo de tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques generalizados con tres sustratos como factor de bloqueo y cuatro tratamientos (*Trichoderma harzianum*., fertilizante foliar, *Trichoderma harzianum* + fertilizante foliar, control). Se establecieron cuatro repeticiones por tratamiento, cada una con 28 plantas y de ellas diez unidades de observación compuestas por la parcela útil. En el diseño de Bloques al Azar Generalizados, se repiten los tratamientos en cada bloque (Steel, Torrie 1989).

3.6.1. Croquis y especificación del diseño de tratamientos

Los bloques, en el invernadero, se asignaron mediante el método de aleatorización, quedando en el orden suelo-aserrín, aserrín y suelo, como se

observa en el Cuadro 2. Se midieron los acodos, los cuales se seleccionaron según el tamaño y se agruparon cada 28 unidades; cada grupo de 28 acodos se distribuyó al azar en cada repetición por bloque. La asignación de los tratamientos a las repeticiones se observa en la Figura 7, la cual también se realizó con el método de aleatorización, quedando conformadas las unidades experimentales en sustrato-planta y tratamiento.

Cuadro 2. Distribución de las repeticiones y asignación de tratamientos por sustrato, durante evaluación del efecto del uso de sustratos y estimuladores de crecimiento sobre la producción de acodos de pimienta. Finca Inversiones Agropecuarias Hermanos Quirós S.A. San Carlos, Costa Rica. 2017.

Suelo Aserrín															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>Trichoderma h.</i>	Control	<i>Trichoderma h.</i>	<i>Trichoderma h.</i>	Control	Foliar	<i>Trichoderma h.</i> +Foliar	<i>Trichoderma h.</i>	Foliar	Foliar	<i>Trichoderma h.</i> +Foliar	<i>Trichoderma h.</i> +Foliar	Control	Control	Foliar	<i>Trichoderma h.</i> +Foliar
Aserrín															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>Trichoderma h.</i>	Control	<i>Trichoderma h.</i> +Foliar	<i>Trichoderma h.</i>	Foliar	<i>Trichoderma h.</i>	Control	<i>Trichoderma h.</i> +Foliar	Foliar	Control	<i>Trichoderma h.</i>	Foliar	Foliar	<i>Trichoderma h.</i> +Foliar	Control	<i>Trichoderma h.</i> +Foliar
Suelo															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control	Foliar	<i>Trichoderma h.</i>	Control	<i>Trichoderma h.</i> +Foliar	<i>Trichoderma h.</i>	<i>Trichoderma h.</i> +Foliar	Foliar	Control	<i>Trichoderma h.</i>	Foliar	<i>Trichoderma h.</i> +Foliar	<i>Trichoderma h.</i>	<i>Trichoderma h.</i> +Foliar	Foliar	Control

Figura 7. Distribución de las repeticiones y asignación de tratamientos por sustrato, durante evaluación del efecto del uso de sustratos y estimuladores de crecimiento sobre la producción de acodos de pimienta. Finca Inversiones Agropecuarias Hermanos Quirós S.A. San Carlos, Costa Rica. 2017.



3.6.2. Modelo estadístico

Para las variables de cantidad de brotes, largo de brotes, cantidad de hojas, mortalidad, peso seco de la parte aérea y de raíz, se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = u + S_i + E_j + SE_{ij} + e_{ijk}$$

donde:

S = *Sustrato*

E = *Tratamiento*

SE = *Interacción sustrato-tratamiento*

e = *Error experimental*

3.7. Variables de respuesta estudiadas

Las variables de respuesta estudiadas fueron:

- Cantidad de brotes: número promedio de brotes en las diez plantas de la parcela útil.
- Largo de brotes: longitud promedio desde el nudo hasta la parte más distal del brote en las diez plantas de la parcela útil.
- Cantidad de hojas: número promedio de hojas nuevas en las diez plantas de la parcela útil.
- Peso seco aéreo y de raíz: gramos totales obtenidos de la parte aérea y de la parte radical de las diez plantas de la parcela útil.
- Mortalidad acumulada: número total de plantas muertas en la unidad experimental a través del tiempo.

3.8. Metodología de toma de datos

Las mediciones se realizaron mensualmente, en cuanto a número promedio de brotes, altura promedio del brote y número de hojas en la parcela útil, así como la mortalidad en la repetición. El peso fresco y peso seco de la parte aérea y radical de las plantas, en la parcela útil, se determinó al finalizar el período de investigación.

- **Cantidad de brotes:** cada mes se contaron, mediante conteo simple, la cantidad de brotes o meristemos de crecimiento por planta.

- **Largo del brote:** Cada mes, con el uso de una regla se midió la longitud del brote, desde su base hasta el meristemo más distal del mismo.
- **Cantidad de hojas:** mensualmente y por conteo simple se determinó la presencia de hojas completas o brote de hojas en la planta.
- **Peso seco de parte aérea (brote y hojas) y raíz:** Se tomó cada planta por el cuello de raíz y con el uso de cuchilla y tijera se le realizó un corte, separando raíz del resto de la planta (Figura 8) y se pesaron mediante el uso de una romana analítica. Los brotes fueron cortados desde su base, separándolos del acodo y se pesaron mediante el uso de una romana analítica

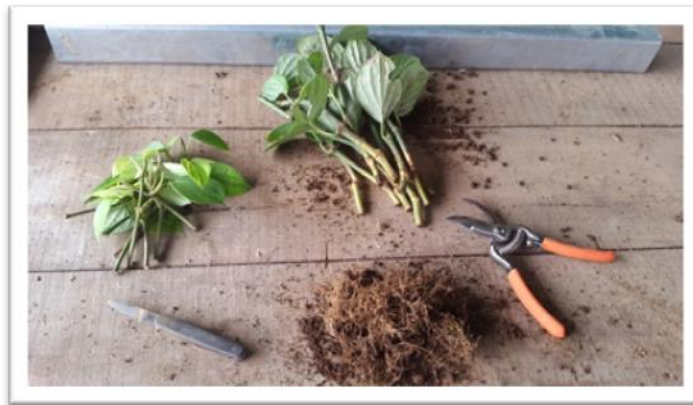


Figura 8. Brotes y raíces durante experimento para la producción de acodos de pimienta, Laboratorio de Análisis Agronómicos del TEC. San Carlos, Costa Rica 2017.

Posteriormente, tanto raíces, como los brotes se llevaron al horno, a 100 °C durante 72 horas (Figura 9) y mediante el uso de una romana analítica se pesaron las muestras para obtener el dato de peso seco.



Figura 9. Secado de muestras en horno de brotes y raíces durante experimento para la producción de acodos de pimienta, Laboratorio de Análisis Agronómicos del TEC. San Carlos, Costa Rica. 2017.

- **Mortalidad:** mensualmente se contaron y eliminaron las plantas muertas observadas en cada repetición, para determinar la mortalidad acumulada al final de la investigación. Se anotaron los síntomas y signos de enfermedades, así como de agentes patógenos observados.

En el Laboratorio de Análisis Agronómicos del TEC, se prepararon las soluciones de los estimuladores de crecimiento (Figura 10) y se determinó su conductividad eléctrica mediante el uso de un conductímetro; así como su grado de acidez mediante el uso de un potenciómetro.



Figura 10. Disoluciones utilizadas para medición de pH y conductividad eléctrica de los estimuladores de crecimiento evaluados durante estudio de producción de acodos de pimienta. Laboratorio de Análisis Agronómicos del TEC. San Carlos, Costa Rica. 2017.

3.9. Plan de análisis

Se utilizó la técnica de Componentes Principales (ACP), para determinar la importancia de las variables que se cuantificaron. Al conjunto de variables se le aplicó la gráfica biplot para observar duplicidad en las mediciones elegidas y sus diferentes tipos de asociación.

Se aplicó la técnica de Análisis de Conglomerados (AC), para agrupar tratamientos según similitudes con base en el vector de medias de las variables evaluadas.

Se realizó un Análisis de Varianza Multivariado (ANAVAM) para los conglomerados conformados y la Prueba de Comparación Múltiple Hotelling,

para determinar la existencia de diferencias significativas entre los conglomerados.

Con el fin de determinar diferencias entre conglomerados para cada variable del vector de medias, se aplicó la técnica de Modelos Lineales Generales y Mixtos (MLGMix) y la prueba Bonferroni en caso de existir diferencias significativas.

Mediante el programa Infostat 2005 (Di Rienzo *et al.* 2017), se realizaron todas las pruebas estadísticas, utilizando en todas ellas un nivel de significancia del 95%.

Se midió conductividad eléctrica y pH de las soluciones: Bio-tri+agua y Jumpstart+agua y se analizaron según las concentraciones recomendadas por sus respectivos fabricantes o distribuidores.

3.10. Presentación de resultados

Los resultados se presentaron en cuadros que contienen las variables de medición analizadas y los datos obtenidos en cada parcela útil de los tratamientos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de Componentes Principales

Como se muestra en el biplot de la Figura 11, las variables evaluadas explicaron 75% de la variabilidad observada y se consideraron determinantes en el análisis y no redundantes (Anexos 1 y 2).

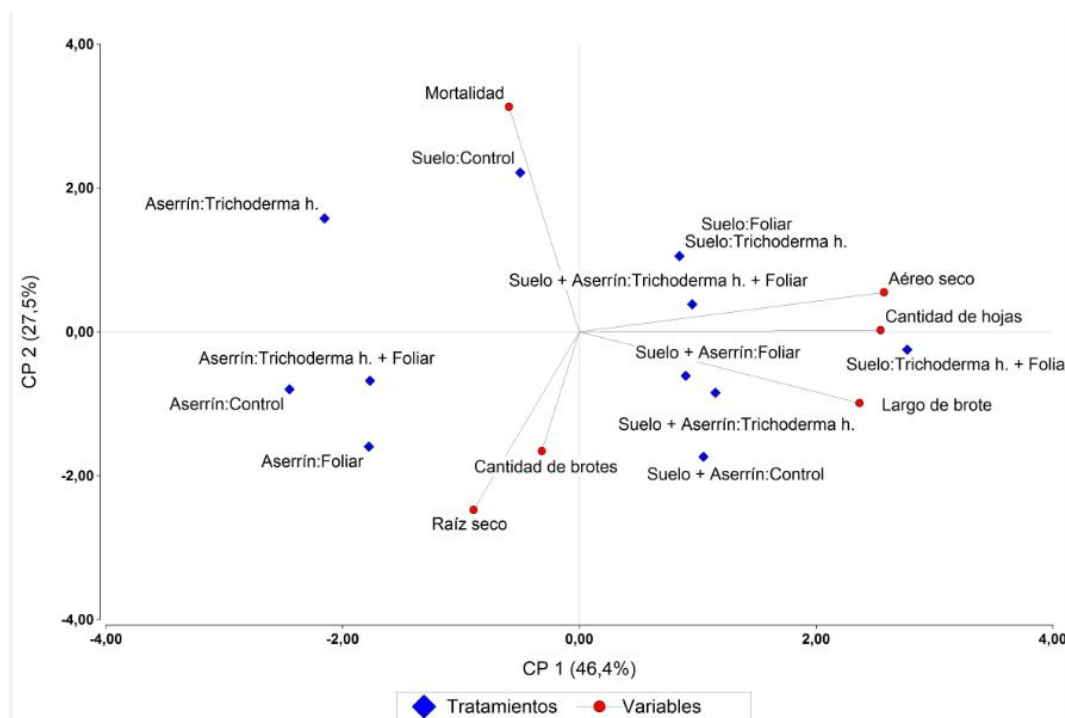


Figura 11. Técnica de Componentes Principales, para los sustratos y estimuladores de crecimiento. San Carlos, Costa Rica. 2017.

Además, se observó una asociación directa de los tratamientos suelo-control y aserrín-*Trichoderma h.*, con los valores de mortalidad obtenidos.

Los tratamientos aserrín-*Trichoderma h.*+ foliar, aserrín-control y aserrín-foliar, Suelo-aserrín-foliar, suelo-aserrín-*Trichoderma h.* y suelo-aserrín-control mostraron asociación con las variables cantidad de brotes y peso seco de raíz.

Los tratamientos suelo-foliar, suelo-*Trichoderma h.*, suelo-aserrín-*Trichoderma h.*+foliar, suelo-aserrín-foliar, suelo-aserrín-*Trichoderma h.*, suelo-aserrín-control y suelo-*Trichoderma h.*-foliar, presentaron asociación con las variables largo de brotes, cantidad de hojas y peso seco aéreo.

4.2. Análisis de Conglomerados

La técnica de Análisis de Conglomerados mediante el dendrograma (Lizano 2016), agrupó las observaciones según similitudes con base en el vector de medias de las variables evaluadas (Figura 12).

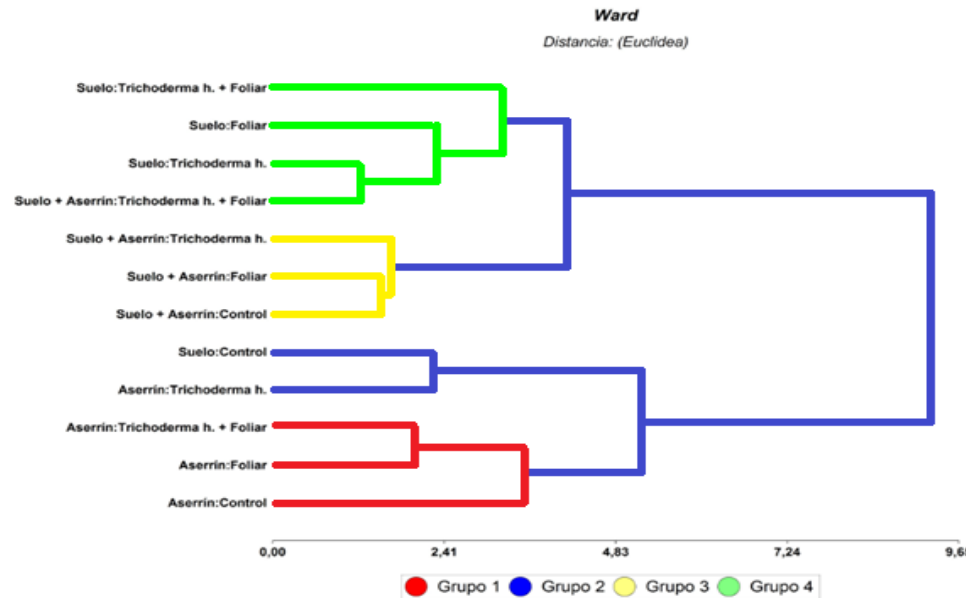


Figura 12. Dendrograma de los tratamientos evaluados en investigación sobre la producción de acodos de pimienta. San Carlos, Costa Rica. 2017.

Se definió la agrupación de los tratamientos en cuatro conglomerados:

- Grupo uno: conformado por los tratamientos: aserrín-control, aserrín-foliar y aserrín-*Trichoderma h.*-foliar.
- Grupo dos: compuesto por los tratamientos aserrín-*Trichoderma h.* y suelo-control.
- Grupo tres: compuesto por los tratamientos suelo-aserrín-control, suelo-aserrín-foliar y suelo-aserrín-*Trichoderma h.*
- Grupo cuatro: conformado por los tratamientos suelo-aserrín-*Trichoderma h.*-foliar, suelo-*Trichoderma h.*, suelo-foliar y suelo-*Trichoderma h.*-foliar.

4.3. Análisis de varianza multivariado para los cuatro conglomerados

Según el Análisis de la Varianza Multivariado (ANAVAM) se determinó que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre conglomerados (p -valor $<0,0001$, Wilks); la prueba Hotelling mostró que todos los conglomerados fueron diferentes (Anexo 3).

4.4. Medidas de resumen para el efecto de sustratos y estimulantes de crecimiento sobre la producción de acodos de pimienta.

Se detallan en el Cuadro 3, el vector de medias para cada uno de los cuatro conglomerados analizados (Anexo 4).

Cuadro 3. Resultado estadístico por variable y conglomerado para el efecto del uso de sustratos y estimuladores de crecimiento sobre la producción de acodos de pimienta. San Carlos, Costa Rica, 2017.

Variable	Conglomerado				p-valor
	1	2	3	4	
Largo de brote (cm)	8,354	8,294	11,967	11,034	
	B	B	A	A	0,0011
Cantidad de brotes	10,167	9,000	9,417	9,563	
	A	A	A	A	0,1285
Cantidad de hojas	17,417	20,375	33,000	38,625	
	B	B	A	A	<0,0001
Peso aéreo seco (g)	2,533	4,075	6,258	7,269	
	B	B	A	A	<0,0001
Peso raíz seco (g)	9,892	7,313	9,158	6,844	
	A	B	A	B	0.0030
Mortalidad	7,737	16,518	4,761	10,490	
	B	A	B	B	<0.0001
Medias con letras similares indican ausencia de diferencias significativas, según la Prueba Hotelling ($p>0,05$)					

En cuanto a la variable largo de brote, los tratamientos: aserrín-control, aserrín-foliar y aserrín-*Trichoderma h.*-foliar (conglomerados uno) y aserrín-*Trichoderma h.* y suelo-control, (conglomerado dos) fueron los que obtuvieron las menores longitudes (8,354 cm y 8,294 cm, respectivamente) con diferencias estadísticas altamente significativas ($p=0,0011$) respecto al largo de brote obtenido en los tratamientos: suelo-aserrín-control, suelo-aserrín-foliar y suelo-aserrín-*Trichoderma h.* (conglomerados tres) y los tratamientos: suelo-aserrín-*Trichoderma h.*-foliar, suelo-*Trichoderma h.*, suelo-foliar y suelo-*Trichoderma h.*-foliar (conglomerado cuatro) con 11,967 cm y 11,034 cm, respectivamente.

Para la variable de cantidad de brotes no se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p= 0,1285$).

Con respecto a la variable cantidad de hojas, los tratamientos: aserrín-control, aserrín-foliar y aserrín-*Trichoderma h.*-foliar (conglomerado uno) y los tratamientos: aserrín-*Trichoderma h.* y suelo-control (conglomerado dos), presentaron la menor cantidad de hojas (17,417 hojas y 20,375 hojas,

respectivamente) con diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.0001$) comparados con los tratamientos: suelo-aserrín-control, suelo-aserrín-foliar y suelo-aserrín-*Trichoderma h.* (conglomerados tres) y los tratamientos: suelo-aserrín-*Trichoderma h.*-foliar, suelo-*Trichoderma h.*, suelo-foliar y suelo-*Trichoderma h.*-foliar (conglomerado cuatro) con 33,000 hojas y 38,625 hojas, respectivamente.

Los tratamientos: aserrín-control, aserrín-foliar y aserrín-*Trichoderma h.*-foliar (conglomerados uno) y aserrín-*Trichoderma h.* y suelo-control (conglomerado dos) resultaron con los valores más bajos de peso seco aéreo, (2,533 g y 4,075 g, respectivamente), en comparación con los tratamientos: suelo-aserrín-control, suelo-aserrín-foliar y suelo-aserrín-*Trichoderma h.* (conglomerado tres) y los tratamientos: suelo-aserrín-*Trichoderma h.*-foliar, suelo-*Trichoderma h.*, suelo-foliar y suelo-*Trichoderma h.*-foliar (conglomerado cuatro) con 6,258 g y 7,269 g, respectivamente; presentando diferencias estadísticas altamente significativas entre ellos ($p < 0,0001$).

Estos resultados demuestran que los tratamientos cuyos sustratos fueron suelo (excepto el tratamiento control) y suelo mezclado con aserrín, presentaron los mejores parámetros en cuanto a desarrollo de la parte aérea de la planta; como menciona Castellanos (2009), citado por Quesada (2011) se debe al aporte natural de nutrientes por parte del suelo (Anexo 5), así como sus características físicas de aireación y retención de humedad, lo cual favorece la absorción de nutrimentos disponibles.

El peso seco de raíz, obtuvo para los tratamientos: aserrín-control, aserrín-foliar y aserrín-*Trichoderma h.*-foliar (conglomerados uno) y suelo-aserrín-control, suelo-aserrín-foliar y suelo-aserrín-*Trichoderma h.* (conglomerado tres) los mayores pesos (9,892 g y 9,158 g, respectivamente) mostrando diferencias estadísticas altamente significativas (p -valor 0.003) con los tratamientos: aserrín-*Trichoderma h.* y suelo-control (conglomerados dos) y los tratamientos: suelo-aserrín-*Trichoderma h.*-foliar, suelo-*Trichoderma h.*, suelo-foliar y suelo-*Trichoderma h.*-foliar (conglomerado cuatro), los cuales presentaron pesos de 7,313 g y 6,844 g respectivamente. Se observa que con el uso de aserrín, sea solo o mezclado con el suelo, las raíces encuentran condiciones óptimas para su desarrollo, ya que presentan adecuada aireación, textura y retención de humedad, factores que benefician el desarrollo radicular.

Los tratamientos que presentaron los valores más bajos de mortalidad fueron aserrín-control, aserrín-foliar, aserrín-*Trichoderma h.*-foliar, suelo-aserrín-control, suelo-aserrín-foliar, suelo-aserrín-*Trichoderma h.*, suelo-aserrín-*Trichoderma h.*-foliar, suelo-*Trichoderma h.*, suelo-foliar y suelo-*Trichoderma h.*-foliar (conglomerados uno, tres y cuatro); con 7,737 plantas, 4,761 plantas y 10,490 plantas, respectivamente; los cuales no presentan diferencias estadísticas entre ellos, pero sí presentan diferencias estadísticas altamente significativas ($p = <0,0001$) con respecto al conglomerado dos, que cuenta con 16,518 plantas y se encuentra compuesto por las asociaciones: suelo-control y aserrín-*Trichoderma h.* La mortalidad en las plantas estuvo asociada con la incidencia de Cochinilla harinosa (Hemíptera: Pseudococcidae), donde se localizó, como se observa en la Figura 13, en raíz y en meristemos de crecimiento. Es importante recalcar que los tratamientos aserrín-*Trichoderma h.* y suelo-control, presentaron valores bajos de las variables, lo que hace presumir que ambas asociaciones se vieron afectadas por la presencia de los insectos, ya que como mencionan Miranda y Blanco (2012), las cochinillas causan debilidad, desnutrición y marchitamiento a la planta, hasta presentar retraso en el desarrollo, clorosis y en ocasiones hasta la muerte. .

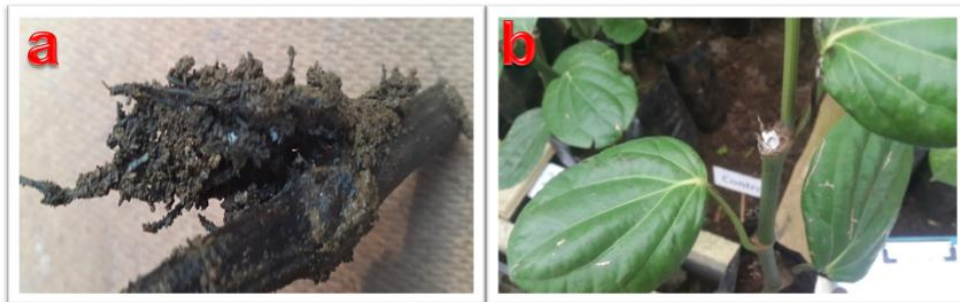


Figura 13. Presencia de Cochinilla harinosa en (a) raíz y en (b) meristemos apicales de acodos de pimienta. San Carlos, Costa Rica. 2017.

Los tratamientos suelo-aserrín-control, suelo-aserrín-foliar y suelo-aserrín-*Trichoderma h.*, presentaron los mejores valores según el vector de medias para cada una de las variables analizadas (Cuadro 4), exceptuando los datos obtenidos para la variable cantidad de brotes, donde no hubo diferencias estadísticas entre las asociaciones evaluadas.

Cuadro 4. Medidas de resumen de los tratamientos con el sustrato suelo-aserrín para los valores según el vector de medias. San Carlos, Costa Rica. 2017.

Estimuladores de crecimiento			
Variable	<i>Trichoderma h.</i>	Foliar	Control
Peso aéreo seco	6,65 ± 1,21	6,98 ± 1,08	5,15 ± 0,64
Cantidad brotes	9,00 ± 0,41	9,5 ± 0,29	9,75 ± 0,25
Cantidad hojas	28,00 ± 5,48	35,00 ± 4,88	36,00 ± 1,73
Largo brote	12,91 ± 2,35	10,58 ± 1,14	12,41 ± 0,54
Mortalidad	5,36 ± 3,09	6,25 ± 2,25	2,68 ± 1,71
Peso raíz seco	9,23 ± 0,92	8,95 ± 1,36	9,30 ± 0,36

Se observa un efecto positivo del sustrato suelo mezclado con aserrín, en cuanto a las variables evaluadas, ya que presenta excelentes condiciones de textura, aireación y retención de humedad para que se dé la adecuada absorción de los nutrientes aportados por el suelo, con esto presentar un óptimo desarrollo radicular y foliar de la planta. Por otra parte, el efecto de los estimuladores de crecimiento, no se observó, ya que no hubo diferencias entre las variables de los tratamientos control, foliar y *Trichoderma h.*

4.5. Conductividad eléctrica (CE) y pH.

Como se observa en el Cuadro 5., la conductividad eléctrica del Bio-tri (158,7 $\mu\text{S/m}$) y del agua (143,2 $\mu\text{S/m}$) es baja, demostrando que su presencia de iones y concentración de sales es muy baja, mientras que el Jumpstart presenta una conductividad eléctrica baja (3.086 mS/m), ambas por debajo del rango de 1,5 dS/m a 2,5 dS/m, que menciona Alpízar (2008), para que se dé una óptima absorción de nutrientes por parte de la planta.

Cuadro 5. pH y conductividad eléctrica de los estimuladores de crecimiento en solución. Laboratorio de Análisis Agronómicos, TEC, San Carlos, Costa Rica. 2017.

	pH	Conductividad eléctrica
Bio-tri	6.78	158.7 $\mu\text{S/m}$
Jumpstart	6.84	3086 mS/m
Agua	6.63	143.2 $\mu\text{S/m}$

El nivel de pH de las soluciones, se encuentra en un rango que va de 6,63 a 6,84, el cual se ubica dentro del óptimo para que haya disponibilidad de nutrientes, definido entre 5,8 y 7,0, como lo mencionan Alpízar (2008), EARTH (s.f.), Bertsch y Méndez (s.f.).

5. CONCLUSIONES

Según las condiciones experimentales en las que se llevó a cabo el presente estudio, se concluye que:

- Los sustratos suelo-aserrín y suelo (menos el tratamiento control) presentaron, por el aporte nutricional del suelo, los mejores parámetros con respecto al desarrollo de la parte aérea de las plantas de pimienta.
- Sustratos conformados por suelo-aserrín y aserrín (exceptuando tratamiento aserrín con *Trichoderma h.*), por las características de textura, aireación y retención de humedad del aserrín, contribuyeron a un mayor desarrollo radical de las plantas.
- La mortalidad de las plantas de pimienta en vivero estuvo asociada a la incidencia de cochinilla harinosa (Hemíptera: Pseudococcidae).
- La incidencia de cochinilla harinosa (Hemíptera: Pseudococcidae), afecta en, desnutrición, marchitamiento y hasta la muerte, el desarrollo de acodos de pimienta durante la etapa de vivero.
- La producción de acodos de pimienta con sustratos conformados por suelo-aserrín-control, suelo-aserrín-foliar y suelo-aserrín-*Trichoderma harzianum*, es efectiva.
- El sustrato suelo mezclado con aserrín presentó un efecto positivo sobre la producción de acodos de pimienta.
- Los estimuladores de crecimiento Bio-tri y Jumpstart no presentaron efecto sobre la producción de acodos de pimienta en vivero.
- Con el fin de disminuir costos, utilizar como sustrato suelo mezclado con aserrín, sin adicionar los estimuladores de crecimiento evaluados en esta investigación.

6. RECOMENDACIONES

- Extraer el material vegetativo de plantaciones sanas o aplicar control de insectos, para evitar alteraciones en el estudio, cuando no sea el motivo de la investigación
- Aplicar productos biológicos con antelación, ya que su modo de acción es lento.
- Darle continuidad a la investigación, para observar efectos en el desarrollo y producción de las plantas para los tratamientos evaluados.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. 2005. Fitopatología. Editorial Limusa S.A. D.F., México. 838p.
- Alpizar, L. 2008. Hidroponía: cultivo sin tierra. Editorial tecnológico de Costa Rica. Primera edición. Cartago, Costa Rica. 108p.
- Andújar, F; Moya, J. 2009. La pimienta (*Piper nigrum* L.): su cultivo y perspectivas en la República Dominicana. JICA. Santo Domingo, República Dominicana. 136p.
- Bastos, C; Almeida, R; Vidal, F; de Araújo, G. 2007. Ocorrência de *Planococcus minor* Maskell (Hemiptera: Pseudococcidae) em algeiro no Nordeste do Brasil. (en línea). Neotropical Entomology 36(4). Consultado 14 de jul 2017. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2007000400025
- Bertsch, F; Méndez, J. (s.f.). Nutrición y fertilización de pimienta. Promes. Costa Rica. 12p.
- Castellanos, J. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Guanajuato, México. 458p.
- Cubillo, J; Valero, N; Mejía, L. 2009. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var *flavicarpa* Degener) (en línea). Consultado el 31 ago. 2016. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180314730011>
- Di Rienzo, F. Casanoves, M. Balzarini, L. González, M. Tablada, C. Robledo. 2017. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad nacional de Córdoba, Córdoba.
- EARTH. s.f. Módulo 1: Biología reproductiva de la pimienta. Promes. Costa Rica. 16p.

- EARTH. s.f. Módulo 2: Propagación vegetativa y selección de plantas madre. Promes. Costa Rica. 26p.
- EARTH. s.f. Módulo 3: Biología y control de las enfermedades del cultivo de la pimienta. Promes. Costa Rica. 24p.
- EARTH. s.f. Módulo 5: Diseño y establecimiento de la plantación (Primera parte). Promes. Costa Rica. 24p.
- EARTH. s.f. Módulo 6: Establecimiento y manejo del cultivo de la pimienta (Segunda parte). Promes. Costa Rica. 24p.
- EARTH. s.f. Módulo 7: Calidad en el cultivo de pimienta. Promes. Costa Rica. 24p.
- FHIA. 2006. Manual para la producción de pimienta negra. La Lima. Cortés, Honduras. 59p.
- Guillén, C; Rodríguez, A; Laprade, S; Valle, H; Segna, R; Uva, V; Sandoval, J. 2010. Biología y control de las cochinillas y escamas que atacan al banano. Corbana. Hoja divulgativa #5.
- Lizano, M. 2016. Distribución y estructura horizontal de seis especies de árboles maderables en los bosques de la Zona Norte de Costa Rica. Tesis Lic. Ing. For. Cartago, Costa Rica. TEC. 127p.
- Lockhart, B; Kiratiya-Angul, K; Jones, P; Eng, L; De Silva, P; Olszewski, N; Lockhart, N; Deema, N; Sanglang, J. 1997. Identification of piper yellow mottle virus a mealybug-transmitted badnavirus infecting Piper spp. in Southeast Asia. European journal of plant pathology 103(4):303-311. Consultado 14 de jul 2017. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008699414536>
- Martínez, M; Blanco, E; Surís, M. 2008. Fauna de chinches harinosas (Hemíptera: Pseudococcidae) asociadas a plantas de interés: IV plantas ornamentales (en línea). Revista de protección vegetal 23(1). Consultado 14 de jul 2017. Disponible en

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522008000100009

Martínez, M; Surís, M; Blanco, E. 2007. Fauna de chinches harinosas (Hemíptera: Pseudococcidae) asociada a plantas de interés: III. Cafeto y cacao (en línea). Revista de protección vegetal 22(2). Consultado 17 de jul 2017. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522007000200003

Merkel, A. 2017. Clima: Ciudad Quesada (en línea). Climate-data.org. Consultado 05 jul. 2017. Disponible en <https://es.climate-data.org/location/31915/>

Miranda, A; Blanco, H. 2012. Control de *Dysmicoccus brevipes* (Hemíptera: Pseudococcidae), en el fruto de piña, San Carlos, Costa Rica. Agronomía costarricense 37(1):103-111

Quesada, P. 2011. Uso de compost y arena volcánica como sustratos en un sistema hidropónico abierto para cultivo protegido de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis Lic. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. TEC. 96p.

Rojas, S; García, J; Alarcón, M. 2004. Propagación asexual de plantas: conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas. CORPOICA-MADR-PRONATIA. Bogotá, Colombia. 56 p.

Steel, G; Torrie, J. 1989. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill. México. 622p.

S.E.P.S.A. 2014. Boletín estadístico agropecuario N°24 serie cronológica 2010-2013. Boletín informativo. Costa Rica. 19-59.

Urrestarazu, M. 2003. Tratado de cultivo sin suelo (en línea). 2da ed. Consultado 30 ago. 2017. Disponible en <https://books.google.co.cr/books?id=Wt4T63yT1VYC&printsec=frontcove>

r&dq=Tratado+de+cultivo+sin+suelo.&cd=1&hl=es-419#v=onepage&q&f=false

Villegas, C; Zabala, G; Ramos, A; Benavides, P. 2009. Identificación y hábitos de cochinillas harinosas asociadas a raíces del café en Quindío. Cenicafé 60(4):362-373.

8. ANEXOS

Anexo 1. Valor de medias por variable para los tratamientos evaluados. San Carlos, Costa Rica. 2017.

Tratamiento	Cantidad de brotes	Largo de brotes (cm)	Número de hojas	Peso seco aéreo (g)	Peso seco raíz (g)	Mortalidad
Aserrín-Control	10,75	7,09	13,25	1,83	7,15	2,35
Aserrín-Foliar	9,50	8,75	19,75	3,00	12,20	2,50
Aserrín-Trichoderma h	8,75	7,61	17,50	2,55	8,60	3,78
Aserrín-Trichoderma h + Foliar	10,25	9,23	19,25	2,78	10,33	3,45
Suelo-Control	9,25	8,98	23,25	5,60	6,03	4,11
Suelo-Foliar	8,50	10,51	36,25	6,28	6,75	3,29
Suelo-Trichoderma h	9,75	9,86	36,50	7,05	6,53	3,63
Suelo-Trichoderma h + Foliar	10,25	12,19	50,50	9,38	7,55	3,08
Suelo-aserrín-Control	9,75	12,41	36,00	5,15	9,30	1,75
Suelo-aserrín-Foliar	9,50	10,58	35,00	6,98	8,95	2,53
Suelo-aserrín-Trichoderma h	9,00	12,91	28,00	6,65	9,23	2,30
Suelo-aserrín-Trichoderma h + Foliar	9,75	11,58	31,25	6,38	6,55	3,26

Anexo 2. Valor de medias, desviación estándar y error estándar de las variables para los tratamientos evaluados. San Carlos, Costa Rica. 2017.

Sustrato	Tratamiento	Variable	Media	D.E.	E.E.
Suelo + Aserrín	Trichoderma h. + Foliar	Cantidad Brotes	9,750	1,258	0,629
Suelo	Trichoderma h. + Foliar	Cantidad Brotes	10,250	0,957	0,479
Aserrín	Trichoderma h. + Foliar	Cantidad Brotes	10,250	1,500	0,750
Suelo + Aserrín	Trichoderma h.	Cantidad Brotes	9,000	0,816	0,408
Suelo	Trichoderma h.	Cantidad Brotes	9,750	1,258	0,629
Aserrín	Trichoderma h.	Cantidad Brotes	8,750	1,500	0,750
Suelo + Aserrín	Foliar	Cantidad Brotes	9,500	0,577	0,289
Suelo	Foliar	Cantidad Brotes	8,500	1,000	0,500
Aserrín	Foliar	Cantidad Brotes	9,500	1,291	0,645
Suelo + Aserrín	Control	Cantidad Brotes	9,750	0,500	0,250
Suelo	Control	Cantidad Brotes	9,250	0,957	0,479
Aserrín	Control	Cantidad Brotes	10,750	0,500	0,250
Suelo + Aserrín	Trichoderma h. + Foliar	Largo Brote	11,575	4,326	2,163
Suelo	Trichoderma h. + Foliar	Largo Brote	12,188	1,236	0,618
Aserrín	Trichoderma h. + Foliar	Largo Brote	9,225	2,736	1,368
Suelo + Aserrín	Trichoderma h.	Largo Brote	12,913	4,695	2,347
Suelo	Trichoderma h.	Largo Brote	9,863	2,565	1,282
Aserrín	Trichoderma h.	Largo Brote	7,613	2,332	1,166
Suelo + Aserrín	Foliar	Largo Brote	10,575	2,272	1,136
Suelo	Foliar	Largo Brote	10,513	2,150	1,075

Aserrín	Foliar	Largo Brote	8,750	0,720	0,360
Suelo + Aserrín	Control	Largo Brote	12,413	1,085	0,543
Suelo	Control	Largo Brote	8,975	1,729	0,864
Aserrín	Control	Largo Brote	7,088	1,183	0,592
Suelo + Aserrín	Trichoderma h. + Foliar	Cantidad Hojas	31,250	10,813	5,406
Suelo	Trichoderma h. + Foliar	Cantidad Hojas	50,500	8,185	4,093
Aserrín	Trichoderma h. + Foliar	Cantidad Hojas	19,250	3,862	1,931
Suelo + Aserrín	Trichoderma h.	Cantidad Hojas	28,000	10,954	5,477
Suelo	Trichoderma h.	Cantidad Hojas	36,500	13,128	6,564
Aserrín	Trichoderma h.	Cantidad Hojas	17,500	4,655	2,327
Suelo + Aserrín	Foliar	Cantidad Hojas	35,000	9,764	4,882
Suelo	Foliar	Cantidad Hojas	36,250	5,679	2,839
Aserrín	Foliar	Cantidad Hojas	19,750	6,449	3,224
Suelo + Aserrín	Control	Cantidad Hojas	36,000	3,464	1,732
Suelo	Control	Cantidad Hojas	23,250	11,442	5,721
Aserrín	Control	Cantidad Hojas	13,250	6,850	3,425
Suelo + Aserrín	Trichoderma h. + Foliar	Aéreo seco	6,375	3,107	1,554
Suelo	Trichoderma h. + Foliar	Aéreo seco	9,375	3,035	1,517
Aserrín	Trichoderma h. + Foliar	Aéreo seco	2,775	0,780	0,390
Suelo + Aserrín	Trichoderma h.	Aéreo seco	6,650	2,412	1,206
Suelo	Trichoderma h.	Aéreo seco	7,050	3,542	1,771
Aserrín	Trichoderma h.	Aéreo seco	2,550	0,926	0,463
Suelo + Aserrín	Foliar	Aéreo seco	6,975	2,155	1,077
Suelo	Foliar	Aéreo seco	6,275	1,763	0,882
Aserrín	Foliar	Aéreo seco	3,000	0,864	0,432
Suelo + Aserrín	Control	Aéreo seco	5,150	1,279	0,640
Suelo	Control	Aéreo seco	5,600	4,470	2,235
Aserrín	Control	Aéreo seco	1,825	0,591	0,295
Suelo + Aserrín	Trichoderma h. + Foliar	Raíz seco	6,550	2,538	1,269
Suelo	Trichoderma h. + Foliar	Raíz seco	7,550	1,313	0,656
Aserrín	Trichoderma h. + Foliar	Raíz seco	10,325	1,382	0,691
Suelo + Aserrín	Trichoderma h.	Raíz seco	9,225	1,830	0,915
Suelo	Trichoderma h.	Raíz seco	6,525	1,427	0,713
Aserrín	Trichoderma h.	Raíz seco	8,600	2,865	1,432
Suelo + Aserrín	Foliar	Raíz seco	8,950	2,720	1,360
Suelo	Foliar	Raíz seco	6,750	1,731	0,866
Aserrín	Foliar	Raíz seco	12,200	3,149	1,574
Suelo + Aserrín	Control	Raíz seco	9,300	0,712	0,356
Suelo	Control	Raíz seco	6,025	1,609	0,805
Aserrín	Control	Raíz seco	7,150	1,808	0,904
Suelo + Aserrín	Trichoderma h. + Foliar	Mortalidad	9,820	3,422	1,711
Suelo	Trichoderma h. + Foliar	Mortalidad	8,928	4,613	2,306
Aserrín	Trichoderma h. + Foliar	Mortalidad	11,608	6,102	3,051
Suelo + Aserrín	Trichoderma h.	Mortalidad	5,358	6,188	3,094
Suelo	Trichoderma h.	Mortalidad	12,500	4,614	2,307
Aserrín	Trichoderma h.	Mortalidad	16,073	11,845	5,922
Suelo + Aserrín	Foliar	Mortalidad	6,248	4,492	2,246
Suelo	Foliar	Mortalidad	10,713	7,717	3,858
Aserrín	Foliar	Mortalidad	6,248	5,355	2,678
Suelo + Aserrín	Control	Mortalidad	2,678	3,418	1,709
Suelo	Control	Mortalidad	16,963	9,836	4,918
Aserrín	Control	Mortalidad	5,355	4,609	2,304

Anexo 3. Análisis de la Varianza Multivariado para los cuatro conglomerados. San Carlos, Costa Rica. 2017.

Análisis de la varianza multivariado

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Conglomerado	0,15	5,83	18	111	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (Pillai)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Conglomerado	1,23	4,77	18	123	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (Lawley-Hotelling)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Conglomerado	3,32	6,95	18	113	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Conglomerado	2,59	17,73	6	41	<0,0001

Prueba Hotelling Alfa=0,05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 44

Conglomerado	Largo	Brot	Cant	Brot	Acu	Cant	Hoj	acu	Aéreo	seco	Raíz
seco	Mortalidad	Acu	n								
4			11,03			9,56		38,63			7,27
6,84		10,49	16 A								
3			11,97			9,42		33,00			6,26
9,16		4,76	12 B								
2			8,29			9,00		20,38			4,08
7,31		16,52	8 C								
1			8,35			10,17		17,42			2,53
9,89		7,74	12 D								

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 4. Técnica de Modelos Lineales Generales y Mixtos (MLGMix) y Prueba Bonferroni entre conglomerados. San Carlos, Costa Rica. 2017.

Modelos lineales generales y mixtos

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.048_Largo.Brot_REML<-gls(Largo.Brot~1+Conglomerado
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=mlm.modeloR.data48)
```

Resultados para el modelo: mlm.modelo.048_Largo.Brot_REML

Variable dependiente: Largo Brot

Medidas de ajuste del modelo

n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
48	224,83	233,75	-107,42	2,49	0,30	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	798,62	<0,0001

Conglomerado 3 6,38 0,0011

Largo.Brot - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Conglomerado Medias E.E.

3	11,97	0,72	A
4	11,03	0,62	A
1	8,35	0,72	B
2	8,29	0,88	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.049_Cant.Brot.Acu_REML<-gls(Cant.Brot.Acu~1+Conglomerado
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=mlm.modeloR.data48)
```

Resultados para el modelo: mlm.modelo.049_Cant.Brot.Acu_REML

Variable dependiente: Cant Brot Acu

Medidas de ajuste del modelo

n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
48	152,48	161,40	-71,24	1,09	0,12	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3693,14	<0,0001
Conglomerado	3	2,00	0,1285

Cant.Brot.Acu - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Conglomerado Medias E.E.

1	10,17	0,32	A
4	9,56	0,27	B
3	9,42	0,32	B
2	9,00	0,39	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.050_Cant.Hoj.acu_REML<-gls(Cant.Hoj.acu~1+Conglomerado
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=mlm.modeloR.data48)
```

Resultados para el modelo: mlm.modelo.050_Cant.Hoj.acu_REML

Variable dependiente: Cant Hoj acu

Medidas de ajuste del modelo

n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
48	340,41	349,33	-165,20	9,24	0,51	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	468,26	<0,0001
Conglomerado	3	15,13	<0,0001

Cant.Hoj.acu - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Conglomerado Medias E.E.

4	38,63	2,31	A
3	33,00	2,67	A
2	20,38	3,27	B
1	17,42	2,67	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.051_Aereo.seco_REML<-gls(Aereo.seco~1+Conglomerado
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=mlm.modeloR.data48)
```

Resultados para el modelo: mlm.modelo.051_Aereo.seco_REML

Variable dependiente: Aéreo seco

Medidas de ajuste del modelo

n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
48	223,17	232,09	-106,58	2,44	0,40	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	226,57	<0,0001
Conglomerado	3	9,91	<0,0001

Aereo.seco - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Conglomerado	Medias	E.E.	
4	7,27	0,61	A
3	6,26	0,70	A
2	4,08	0,86	B
1	2,53	0,70	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.052_Raiz.seco_REML<-gls(Raiz.seco~1+Conglomerado
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=mlm.modeloR.data48)
```

Resultados para el modelo: mlm.modelo.052_Raiz.seco_REML

Variable dependiente: Raíz seco

Medidas de ajuste del modelo

n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
48	215,40	224,32	-102,70	2,23	0,27	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	656,97	<0,0001
Conglomerado	3	5,41	0,0030

Raiz.seco - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Conglomerado	Medias	E.E.	
1	9,89	0,64	A
3	9,16	0,64	A
2	7,31	0,79	B
4	6,84	0,56	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.053_Mortalidad.Acu_REML<-gls(Mortalidad.Acu~1+Conglomerado
,method="REML"
,na.action=na.omit)
```


,data=mlm.modeloR.data48)

Resultados para el modelo: mlm.modelo.053_Mortalidad.Acu_REML

Variable dependiente: Mortalidad Acu

Medidas de ajuste del modelo

n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
48	304,77	313,69	-147,39	6,17	0,30	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	110,92	<0,0001
Conglomerado	3	6,27	0,0012

Mortalidad.Acu - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Conglomerado Medias E.E.

2	16,52	2,18	A
4	10,49	1,54	B
1	7,74	1,78	B
3	4,76	1,78	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 5. Análisis de suelo finca Agrocomercial Los Quirós S.A. San Carlos, Costa Rica. 2017

SEDE REGIONAL SAN CARLOS
 ESCUELA DE AGRONOMÍA
 Laboratorio de Análisis Agronómicos
 Teléfono: 2401-3050

REPORTE DE ENSAYO SUELOS

Cliente: Jose Carlos Quirós
 Provincia: Alajuela

Cantón: San Carlos

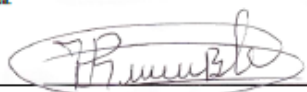
Fecha: 01/06/2016
 Distrito: Palmera

Otras señas: Pimienta

N° Lab	Identificación de campo	pH	cmol(+) / L			mg/L					
			Acidez ext.	Ca	Mg	K	Cu	Mn	Fe	Zn	P
S16_134	Lote #1	5,09	0,74	4,69	0,89	0,31	11	9	123	3,1	6,58
S16_135	Lote #2	5,06	0,61	6,37	1,51	0,46	15	8	166	4,3	12,81
S16_136	Lote #3	5,02	0,62	1,26	0,46	0,17	12	10	125	2,6	2,72
S16_137	Lote #4	4,92	0,70	0,68	0,18	0,07	13	7	117	2,6	3,61
Rangos medios		5,5 7,0	<0,5 0,5	4,0 16,0	1,0 6,0	0,2 0,8	10 20,0	8,0 80,0	8,0 80,0	3,0 10,0	10,0 40,0

N° Lab	Relaciones cationicas	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K	C.I.C.E	%		
							Saturación de acidez	Materia organica	Carbono orgánico
S16_134	Lote #1	5,27	15,13	2,87	18,00	6,63	11,16	9,85	5,71
S16_135	Lote #2	4,22	13,85	3,28	17,13	8,95	6,82	8,16	4,73
S16_136	Lote #3	2,74	7,41	2,71	10,12	2,51	24,70	10,94	6,35
S16_137	Lote #4	3,78	9,71	2,57	12,29	1,63	42,94	9,64	5,59
Rangos medios		2,0 8,0	5,0 25,0	2,5 16	10,0 40,0	1,0 16	<10,0	3	10

- Observación:
- Muestras tomadas por el interesado.
 - Los resultados de este ensayo reflejan únicamente a la muestra entregada en el laboratorio por el interesado.
- Metodología:
- K, P y menores extralidos con Ofsen Modificado.
 - Ca, Mg y Acidez extractable extralidos con KCl.
 - pH en agua.



Ing. Parménides Furcal Beriguete
 Coordinador Laboratorio Análisis Agronómicos

