

CRIA Norte
Cadena de Chile cahabonero
Fase II

Efecto agronómico del lombricompost y densidades de siembra en el cultivo de chile cahabonero (*Capsicum annum* L.) en diferentes ambientes, del municipio de Cahabón, A.V.



Investigador Principal: Ing. Agr. Sandra Sorel Cruz Riveiro
Investigador adjunto: Ing. Agr. Luis Felipe Cucul Caal
Investigador Auxiliar: T.U. Elder Daniel Cucul Caal

Guatemala, octubre de 2020

“Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de ésta publicación es responsabilidad de su(s) autor(es) y de la institución(es) a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan”.

Efecto agronómico del lombricompost y densidades de siembra en el cultivo de chile cahabonero (*Capsicum annuum* L.) en diferentes ambientes, del municipio de Cahabón, A.V.

RESUMEN

El cultivo de chile cahabonero *Capsicum annuum* L., ha tenido mayor impacto en la región en los últimos años, sin embargo, aún eran pocos esfuerzos para mejorar la productividad, por lo que se ejecutó la segunda fase del proyecto “efecto agronómico del lombricompost y densidades de siembra en el cultivo de chile cahabonero (*Capsicum annuum* L.) en el municipio de Cahabón, A.V.”, que se estableció en las localidades de Sactá, Santo Domingo Sector II, Sexoy y Chinajuc, del municipio de Cahabón, Alta Verapaz. Se estableció cada unidad experimental con seis tratamientos distribuidos en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, englobados en un análisis de grupo de experimentos. Las dosis de lombricompost evaluadas fueron 0.5, 1 y 1.5 lb/planta; y densidades de siembra de 18 518 plantas/ha y 22 222 plantas/ha respectivamente. Se realizó un manejo fitosanitario con el uso de productos biológicos con el fin de mitigar el daño generado por plagas agrícolas.

Las variedades estudiadas fueron: altura de planta, diámetro de área foliar, diámetro de tallo, número de ramificaciones, y rendimientos en fresco y seco. Los tratamientos más relevantes fueron: (T5) abono lombricompost a 1 lb/planta con densidad de siembra de 18,518 plantas/Ha al presentar la mejor rentabilidad y tasa marginal de 88.57%, rendimiento en fresco de 3.14 quintales/cuerda de 441 m² y en seco de 0.95 quintales/cuerda. El segundo mejor tratamiento (T2) el de abono orgánico a 1 lb/planta y densidad de 22,222 plantas/Ha, con una tasa marginal de 72.18 %, y estadísticamente es igual que T5 en rendimiento en seco, con 0.91 quintales/cuerda. El T5 obtuvo los valores más altos de diámetro de área foliar, diámetro de tallo y ramificaciones, lo que influyó en el rendimiento y por ende en su rentabilidad. En toda la investigación se involucraron actores locales de la Cadena de Chile cahabonero. Se recomienda seguir investigando en épocas de siembra y aplicación de densidad de siembra de 18,518 plantas/Ha y 1 lb/planta de lombricompost, junto con la aplicación de productos biológicos y hospederos alternos de plagas que afectan al cultivo, para la mejora de la seguridad alimentaria de los productores del municipio y los consumidores, e ingresos de los productores.

PALABRAS CLAVE: Densidades, siembra, lombricompost, localidades, *Capsicum annuum*, cahabonero, Cahabón.

ABSTRACT

Agronomic effect of vermicompost and planting densities in the cultivation of cahabonero pepper (*Capsicum annuum* L.) in different environments, from the municipality of Cahabón, A.V.

The cultivation of cahabonero pepper *Capsicum annuum* L., has had a greater impact in the region in recent years, however, there were still few efforts to improve productivity, so the second phase of the project "agronomic effect of vermicompost and planting densities in the cultivation of cahabonero pepper (*Capsicum annuum* L.) in the municipality of Cahabón, AV ", which were established in the towns of Sacta, Santo Domingo Sector II, Sexoy and Chinajuc, in the municipality of Cahabón, Alta Verapaz. Each experimental unit was established with six treatments distributed in a randomized block design with three repetitions, included in a group analysis of experiments. The doses of vermicompost evaluated were 0.5, 1 and 1.5 lb / plant; and planting densities of 18 518 plants / ha and 22 222 plants / ha respectively. A phytosanitary management was carried out with the use of biological products in order to mitigate the damage generated by agricultural pests.

The varieties studied were: plant height, diameter of leaf area, stem diameter, number of branches, and fresh and dry yields. The most relevant treatments were: (T5) vermicompost fertilizer at 1 lb / plant with a sowing density of 18,518 plants / Ha by presenting the best profitability and marginal rate of 88.57%, fresh yield of 3.14 quintals / rope of 441 m² and in dry of 0.95 quintals / rope. The second best treatment (T2) is that of organic fertilizer at 1 lb / plant and density of 22,222 plants / Ha, with a marginal rate of 72.18%, and statistically it is the same as T5 in dry yield, with 0.91 quintals / rope. The T5 obtained the highest values of diameter of leaf area, diameter of stem and branches, which influenced the yield and therefore its profitability. Local actors from the Chile Cahabonero chain were involved in the entire investigation. It is recommended to continue investigating in planting seasons and application of planting density of 18,518 plants / Ha and 1 lb / plant of vermicompost, together with the application of biological products and alternate hosts of pests to see the crop, to improve safety food of the municipality's producers and consumers, and income of the producers.

KEY WORDS: Densities, planting, vermicompost, localities, *Capsicum annuum*, cahabonero, Cahabón.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile cahabonero (*Capsicum annum* L.) ha sido uno de los que representa el mayor ingreso económico para los agricultores en el municipio de Santa María Cahabón, por lo que es de suma importancia continuar con los estudios técnicos que puedan ayudar a mejorar el manejo agronómico del cultivo. Una de las necesidades más sentidas de los agricultores ha sido el fortalecimiento de socios y actores locales en seguimiento de las investigaciones para priorizar técnicas en el cuidado y manejo del cultivo de chile.

Al mejorar las técnicas de producción directamente se está contribuyendo a la mejora de la seguridad alimentaria de las familias del área rural, ya que se incrementarán los niveles de producción en cuanto a rendimiento y por ende obtendrán mejores ingresos económicos.

En esta investigación se contempla el desarrollo de la segunda fase del proyecto densidades de siembra y tres tipos de fertilización orgánica al suelo en el cultivo de chile cahabonero, en el que se utilizaron como abonos orgánicos el lombricompost, bocashi y gallinaza deshidratada; los distanciamientos que se utilizaron fueron de 0.40, 0.50 y 0.60 entre plantas por 0.90 metros entre surco. De acuerdo a las conclusiones anteriores, se determinó que el lombricompost con aplicación de 2 libras por planta y distancias de 0.40, 0.50 por 0.90 metros dieron los mejores resultados en rendimiento de peso fresco y seco.

En esta fase se evaluó el uso de lombricompost a dosis de 0.5, 1.0 y 1.5 libras por postura con dos distanciamientos de siembra (0.5 m x 0.9 m para una densidad de 22,222 plantas /ha), y (0.6 x 0.9 m para una densidad de 18,518 plantas/ha); los mismos se trabajaron en distintas localidades del municipio de Cahabón, con la finalidad de observar el comportamiento del cultivo bajo las diferentes condiciones edafoclimáticas de las áreas donde se implementaron las unidades experimentales.

Es necesario continuar implementando proyectos que promuevan el uso de la agricultura orgánica para garantizar un producto libre de residuos químicos que puedan poner en riesgo la salud de los agricultores y consumidores para prometer a las nuevas generaciones un ambiente libre de substancias tóxicas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Chile Cahabonero

El chile Cahabonero, o también llamado en otros lugares “cobanero”, constituye una de las especies hortícolas con mayor importancia en la cultura de Guatemala y en ocasiones es considerado por muchos como un condimento, que según Ayala (2003)¹, en ocasiones constituye el único elemento agregado a la tortilla en la ingesta de grupos campesinos.

¹ Ayala, H. *LE IK, Los chiles en Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Guatemala: Facultad de Agronomía, 2003), pág. 117

2.1.1. Condiciones edafoclimáticas para el desarrollo del chile Cahabonero

El chile Cahabonero, se distribuye desde cerca del nivel del mar hasta aproximadamente 2,500 msnm, abarca diversas áreas del departamento de Alta Verapaz. Es una planta sensible a las temperaturas bajas, por lo que la producción se da en áreas libres de heladas.

En términos generales, para esta especie el periodo del cultivo requiere una temperatura media diaria de 24 °C; por debajo de 15 °C el desarrollo de la planta es muy reducido y cercano a los 8 °C a 10 °C las plantas detienen su crecimiento. De acuerdo a Montes², (*Capsicum annuum* L.) puede desarrollarse en áreas con temperaturas superiores a los 35 °C. La germinación también se ve influenciada, ya que requiere de 20 °C a 30 °C para que pueda darse en un período de 9 a 12 días.

Respecto a las condiciones edáficas para la producción de (*Capsicum annuum* L.); se obtiene mejor resultado en áreas con textura areno-arcillosa. En general, es poco tolerante a la salinidad, y en cuanto a valores del pH del suelo, los rangos de adaptación adecuados son de 6,3 a 7,0. Por abajo o arriba de estos valores no se recomienda su producción ya que se afecta la disponibilidad de los nutrientes, lo que repercute en su rendimiento.

De acuerdo a Montes³, la humedad relativa óptima se encuentra entre el 50% y 70%, en condiciones de baja humedad relativa y temperatura muy elevada se produce la caída de flores como consecuencia de una transpiración excesiva.

2.2. Fertilizantes orgánicos

Según Véliz⁴, en la naturaleza nada se desecha, todo se recicla. Lo que sale de la tierra vuelve a ella en forma de excremento. Aprendiendo de la naturaleza la sabiduría secular ha respetado estos ciclos manteniendo la fertilidad de la tierra basándose en abonados orgánicos precedentes de materiales orgánicos.

Los abonos orgánicos son complejos de elementos nutricionales aptos para la nutrición de las plantas, que se obtienen por la transformación de estiércol animal, de restos de cosecha, o en general de residuos orgánicos. Su tratamiento conduce a la formación de abono.

² Montes, S. *Recopilación y análisis de la información existente de las especies del género Capsicum que crecen y se cultivan en México. Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI*. (México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2010), pág. 86

³ Íbid, pág. 85

⁴ Véliz, Héctor. 2014. *Efecto de tres abonos orgánicos sobre el rendimiento y precocidad de la cosecha en el cultivo de sábila*. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad Rafael Landívar, pág. 34

De acuerdo a Vásquez⁵ éstos materiales permiten obtener fertilizantes eficaces y seguros si se preparan adecuadamente, incluso cuando se aprovechan desechos orgánicos se contribuye a la salud pública al evitar que se constituyan en fuente de contaminación. La incorporación del abono enriquece la capacidad del suelo para albergar una gran actividad biológica, la cual tiene varias implicancias favorables.

En este contexto podemos dar una sencilla, pero completa definición de lo que es el abono orgánico diciendo que "es la recuperación de la materia orgánica de la basura para su transformación en abono". Esto es indudablemente una forma de reciclar, evitar contaminación y aportar materia orgánica y fertilidad a la tierra, ya que estos residuos suponen la mitad de los residuos urbanos.

2.2.1. Fertilizantes orgánicos en la agricultura sostenible

El incremento en la población mundial, asociado a una mayor demanda de alimentos, ha provocado un uso intensivo de los recursos naturales (Benzing, ⁶2001). Esto ha producido impactos negativos en el ambiente y ha afectado la sostenibilidad de los sistemas productivos.

La tendencia global del manejo de los sistemas productivos demanda conocimientos básicos de los recursos tales como el manejo de las enmiendas agrícolas aplicadas al suelo. Los abonos orgánicos incluyen todo material de origen orgánico utilizado para la fertilización de cultivos o como mejoradores de suelos (Jeavons, 2002; Soto,⁷ 2003). Estos tienen su origen en residuos vegetales y animales, los que en su forma más simple pueden ser residuos de cosechas que quedan en los campos y se incorporan de forma espontánea o con las labores de cultivo y residuos de animales que quedan en el campo al permanecer los animales en pastizales (Paneque y Calaña⁸, 2004).

2.2.2. Propiedades de los abonos orgánicos

Para Raspeño y Cuniolo⁶, los abonos orgánicos tienen unas propiedades que ejercen unos determinados efectos sobre el suelo, que hacen aumentar la fertilidad de este. Básicamente, actúan en el suelo sobre tres tipos de propiedades.

a) Propiedades físicas:

- El abono orgánico por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes.

⁵ Vásquez, J. 2007. *Determinación del efecto de cuatro fuentes y tres dosis diferentes de fertilización orgánica en el cultivo de papa (Solanum tuberosum) en San Carlos Sija, Quetzaltenango*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

⁶ Benzing, Albrecht. 2002. *AGRICULTURA ORGÁNICA, Fundamentos para la región andina*. Willingen: Alemania.

⁷ Soto, G. 2003. *Abonos orgánicos: Definiciones y procesos*. In: Soto, G; Meléndez, G; Uribe, L. eds. *Abonos orgánicos: Principios, aplicaciones e impacto en la agricultura*. Centro de Investigaciones Agronómicas, Costa Rica. p. 27-33.

⁸ Paneque, V. M., & Calaña, J. M (2004). *Abonos Orgánicos, Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación*. Folleto Técnico. La Habana: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales.

- El abono orgánico mejora la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.
- Mejoran la permeabilidad del suelo, ya que influyen en el drenaje y aireación de éste.
- Disminuyen la erosión del suelo, tanto de agua como de viento.
- Aumentan la retención de agua en el suelo, por lo que se absorbe más el agua cuando llueve o se riega, y retienen durante mucho tiempo, el agua en el suelo durante el verano.

b) *Propiedades químicas*

- Los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste.
- Aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumentamos la fertilidad.

c) *Propiedades biológicas*

- Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios.
- Los abonos orgánicos constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente.

2.3. Dosificación de fertilizantes orgánicos

Las condiciones ambientales pueden variar significativamente, entre una localidad y otra. Por lo tanto, una curva que se ha elaborado para un campo específico probablemente debería ser reajustada a otro campo.

Esto significa que el mismo cultivo requiere diferentes tasas de aplicación de fertilizantes en diferentes lugares y en diferentes momentos, ya que el rendimiento potencial puede variar de un año a otro, debido a cambios en el suelo (exceso de fertilizantes, fertilizantes residuales no absorbidos por la planta, falta de nutrientes etc.), cambios en fuentes de agua, clima y otros factores.

2.4. Abono tipo lombricompost

La producción de lombricompost es el tratamiento de los desechos orgánicos no tóxicos, utilizando la lombriz de tierra, la cual tiene la capacidad de transformar elementos orgánicos indeseables en materiales de mejor estructura, inodoros y mucho más fértiles, que mejoran la aireación del suelo y aumentan el contenido de bacterias benéficas, permitiendo que estos suelos se tornen más productivos.

De acuerdo a Barquero⁹, con este método de producción de abonos orgánicos los costos de producción de los mismos se reducen sustentablemente, debido al uso de materiales de desecho producidos en la finca y zonas verdes; siendo las lombrices las que realizan todo el trabajo de descomposición y conversión a abono (Barquero, 2001).

⁹ Barquero M., E. 2001. *La Lombricultura*. Proyecto del departamento agrícola de la Cooperativa Victoria. www.coopevictoria.com/victoria/noviembre05.htm - consultado 08/01/2019

El lombricompost contiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo, y dos veces y media más potasio que el estiércol de bovino. Se han efectuado diversos experimentos con lombricompost en diferentes especies vegetales, demostrando un aumento de la cosecha (kg/ha) comparados con la fertilización química (Restrepo, 1998).

El lombricompost, es de color negruzco, granulado, homogéneo y con un olor agradable a mantillo de bosque. La lombriz coqueta roja recicla en su aparato digestivo toda la materia orgánica comido y defecado. El humus contiene un elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos; pero éstos no se producen por el proceso digestivo de la lombriz sino por toda la actividad microbiana que ocurre durante el periodo de reposo dentro del lecho. Para Restrepo¹⁰, el humus de lombriz coqueta roja posee una elevada carga microbiana del orden de los 20 mil millones por gramo seco, contribuyendo a la protección de la raíz contra bacterias y nemátodos sobre todo, para el cual está especialmente indicado (Restrepo, 1998).

Según Tisdale y Nelson¹¹, el humus de lombriz coqueta roja es un fertilizante de primer orden, protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físico-químicas del suelo, de su estructura (haciéndola más permeable al agua y al aire), aumentando la retención hídrica, regulando el incremento y la actividad de los nitritos del suelo, y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de forma equilibrada (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y boro). Absorbe los compuestos de reducción que se han formado en el terreno por compactación natural o artificial, su color oscuro contribuye a la absorción de energía calórica, neutraliza la presencia de contaminantes (insecticidas, herbicidas, etc.) debido a su capacidad de absorción.

Para Téllez¹², el humus de lombriz evita y combate la clorosis férrica, facilita la eficacia del trabajo mecánico en el campo, aumenta la resistencia a las heladas y favorece la formación de micorrizas. La actividad residual del humus de lombriz se mantiene en el suelo hasta cinco años. Al tener un pH neutro no presenta problemas de dosificación ni de fitotoxicidad, aún en aquellos casos en que se utiliza purín puro. El humus de lombriz coqueta roja se aplica en primavera (marzo a mayo) y otoño (septiembre a noviembre), extendiéndose sobre la superficie del terreno, regando posteriormente para que la flora bacteriana se incorpore rápidamente al suelo. No debe enterrarse, pues sus bacterias requieren oxígeno. Si se aplica en el momento de la siembra favorece el desarrollo radicular, por otra parte, al hacer más esponjosa la tierra, disminuye la frecuencia de riego. El humus de lombriz puede almacenarse durante mucho tiempo sin que sus propiedades se vean alteradas, pero es necesario mantenerlas bajo condiciones óptimas de humedad (40%).

De acuerdo a Díaz¹³, describe que el lombricompost es conocido con muchos nombres comerciales en el mundo de la lombricultura, lo podemos encontrar con los nombres

¹⁰ Restrepo R., J. *La idea y el arte de fabricar los abonos orgánicos fermentados*. Managua, Nicaragua. pp 151.

¹¹ Tisdale, S. L. y Nelson, W. L. 1990. *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*. Ed. Montaner y Simón. Barcelona, España. pp. 69

¹² Téllez, V. 2004. *Abonos orgánicos en uso*. Los abonos agroecológicos. Perú.

¹³ Díaz, Eduardo. 2002. *Guía de lombricultura*. Agencia de Desarrollo económico y comercio exterior, Municipio Capital de la Roija.

siguientes: casting, lombrihumus y otros nombres comerciales dependiendo de la casa que lo produzca. Se considera que el lombricompost es el mejor abono orgánico del mundo.

El lombricompost cumple un rol trascendente al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas, biológicas de los suelos, influyendo de la siguiente manera:

- Incrementa la disponibilidad de Nitrógeno, Fósforo y Azufre.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente a los nitrogenados
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas *Mejora la estructura a suelos pesados y compactos dando soltura y por consiguiente mejorando su porosidad.
- Mejora la permeabilidad y ventilación.
- Reduce la erosión del suelo
- Incrementa la capacidad de retención de humedad
- Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica.
- En lo referente a biología: El humus de lombriz resulta rico en elementos nutritivos, rindiendo en fertilidad 5 a 6 veces más que con el estiércol común. Los experimentos efectuados con lombricompost en distintas especies de plantas, demostraron el aumento de las cosechas en comparación con aquellos provenientes de la fertilización con estiércol, o con abonos químicos; de acuerdo a Cerdas¹⁴

2.5.Densidades de siembra

Según López¹⁵, en el establecimiento de cualquier cultivo se debe considerar ésta variable por los efectos que en la planta produce la competencia de otras plantas de su misma especie o de otras que se encuentren dentro de un espacio determinado.

La competencia se ve como las inconveniencias causadas por la proximidad de las plantas vecinas y que pueden ser: disminución de disponibilidad de luz, espacio, agua o nutrientes para cualquier planta individual, cuando su follaje o área radicular se traslapa con la de otro individuo. A medida que se incrementa la población de plantas por área, disminuye la producción media por planta, debido a la competencia por los recursos necesarios para su crecimiento.

¹⁴ Martínez Cerdas, Claudia. 1996. *Potencial de la lombricultura elementos básicos para su desarrollo*. San José, Costa Rica

¹⁵ López, Jaime Rolando. *Densidad de siembra*. Asociación Nacional del Café, Revista El Cafetal. (Guatemala, ANACAFÉ), 2014, <https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=16TEC:Densidad-de-siembra> (Consultado 08 de enero de 2019).

Entre los factores más importantes que deciden la densidad de siembra óptima para un cultivo, están las características morfológicas de las plantas, las cuales deben tener condiciones ambientales (fertilidad y humedad del suelo, luz, temperatura y humedad ambiental) para que puedan desarrollarse sin limitantes y expresar la capacidad genética.

3. OBJETIVOS

- 3.1** Mejorar las técnicas de producción mediante el uso de lombricompost y distanciamiento de siembra en distintas localidades de Cahabón.
- 3.2** Que los actores locales y promotores agrícolas se apropien de las técnicas agrícolas implementadas en la investigación.
- 3.3** Conocer el comportamiento del cultivo de acuerdo a las diferentes localidades donde se llevará a cabo el experimento.
- 3.4** Involucrar directamente a los actores locales y equidad de género en la participación de las distintas actividades realizadas durante la fase del proyecto.
- 3.5** Contribuir a la generación y transferencia de tecnología de producción de chile cahabonero.
- 3.6** Establecer los costos de producción del cultivo de chile cahabonero, con base a la densidad de siembra y dosis de aplicación de lombricompost.
- 3.7** Determinar la dosis y distanciamiento que proporcione los mejores resultados de rendimiento.

4. HIPÓTESIS

4.1. Hipótesis de trabajo

La densidad de 22,222 plantas por hectárea, favorecerá el desarrollo del cultivo al optimizar el espacio físico, con lo que se logra reducir los efectos de competencia intra específica por aire, luz y nutrientes; a la vez que permite establecer una adecuada población que asegure el rendimiento.

La fertilización con lombricompost a 1.5 libra/planta obtendrá mejores resultados en cuanto a la fertilización del suelo ya que los exudados de las lombrices proporcionan mejores condiciones al suelo.

4.2. Hipótesis estadística

4.2.1. Hipótesis nula

Todas las densidades de siembra presentarán los mismos rendimientos y valores respecto a las variables en estudio.

Todas las dosis de lombricompost aplicadas presentarán los mismos rendimientos y valores respecto a las variables en estudio.

4.2.2. Hipótesis alternativa

Al menos una de las densidades de siembra mostrará diferencias significativas en relación a la media.

Al menos una de las dosis de fertilización con lombricompost mostrará diferencias significativas en relación a la media.

5. METODOLOGÍA

El cultivar utilizado es el mismo para todos los tratamientos.

5.1. Localidad y época

La evaluación de dosis de fertilizante orgánico tipo lombricompost y de los mejores distanciamientos de siembra en el cultivo de chile tipo cahabonero se realizó en cinco localidades (comunidades) del municipio Santa María Cahabón, Alta Verapaz. Las coordenadas geográficas GTM del municipio son: longitud (X): 578093; latitud (Y): 1726302.

Las comunidades en las que se establecieron las parcelas de investigación son las siguientes:

Tabla 1.

Coordenadas GTM de comunidades donde se establecieron parcelas para el estudio

X	Y	Localidad
577,967.79	1,723,165.68	Sactá
571,913.53	1,719,265.36	Santo Domingo Sector II
570,754.13	1,725,951.10	Sexoy
576,433.39	1,723,850.98	Chinajuc

Fuente: Investigación de campo, 2020

5.2. Diseño experimental

Para la presente investigación se utilizó un Análisis de grupo de experimentos, para lo cual se establecerán cinco localidades (cinco experimentos); cada una con tres bloques y seis tratamientos.

Cada localidad respondió a un análisis de Bloques al azar para su análisis individual.

5.3. Tratamientos

Corresponden a las combinaciones de densidades y dosis del fertilizante orgánico lombricompost a evaluar.

5.3.1. Dosis de fertilizante orgánico lombricompost

La fertilización se realizó únicamente al suelo utilizando abono orgánico tipo lombricompost, los tratamientos a utilizar fueron:

- 0.5 lb/planta
- 1 lb/planta
- 1.5 lb/planta

5.3.2. Densidades de siembra

Estos se determinaron en base al rango aceptable en que se manejan los distanciamientos para optimizar la entrada de luz y desarrollo de las plantas en cuanto a su espacio físico.

- 22,222 pl/ha Distanciamiento: 0.5 x 0.9 m
- 18,518 pl/ha Distanciamiento: 0.6 x 0.9 m

Tabla 2.

Tratamientos del proyecto de investigación

Tratamiento	Fertilización	Densidad de siembra
T1	Lombricompost 0,5 lb/planta	22,222 pl/ha
T2	Lombricompost 1,0 lb/planta	22,222 pl/ha
T3	Lombricompost 1,5 lb/planta	22,222 pl/ha
T4	Lombricompost 0,5 lb/planta	18,518 pl/ha
T5	Lombricompost 1,0 lb/planta	18,518 pl/ha
T6	Lombricompost 1,5 lb/planta	18,518 pl/ha

Fuente: Elaboración propia, 2020

5.4. Unidad experimental

Por bloque se establecieron en total 6 unidades experimentales, correspondientes a los tratamientos establecidos. Cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela de siete surcos según el distanciamiento a evaluar. Se tomaron en cuenta

únicamente la parcela neta para asegurar que los datos son confiables y evitar el traslape o influencia de las densidades del exterior o de la fertilización aplicada.

5.5. Modelo estadístico

5.5.1. Análisis de varianza individual (por experimento o localidad)

El modelo adoptado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \dots, t \\ j = 1, 2, 3, \dots, r \end{array} \right.$$

Siendo:

Y_{ij}	=	Variable respuesta referentes al i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque
μ	=	media general de la variable respuesta del experimento.
τ_i	=	efecto del i-ésimo tratamiento
β_j	=	efecto del j-ésimo bloque o repetición (considerado como de efecto aleatorio)
ε_{ij}	=	error asociado a la ij-ésima unidad experimental

Las hipótesis evaluadas son las siguientes

$$H_0 = \mu_1 = \dots = \mu_t$$

$$H_a = \text{por lo menos una } \mu_i \neq \mu_{i'}; \text{ para } i \neq i'$$

Usando la prueba de F y aplicando el análisis de varianza se obtuvieron resultados por localidad.

Para poder reunir este grupo de experimentos y realizar el análisis de varianza conjunto fue necesario verificar si ocurre la homocedasticidad entre los experimentos, a través de la aplicación de una prueba de homocedasticidad. Las hipótesis evaluadas fueron:

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$$

$$H_a = \sigma_k^2 \neq \sigma_{k'}^2$$

a través de la prueba de Hartley, cuyo resultado obtenido es,

$$F_{(máx)} = \frac{CM_{Residuo (máx)}}{CM_{Residuo (mín)}}$$

De la Tabla del Anexo se tiene para (0.05;valor de $F_{m\acute{a}x}$) se obtiene un valor, por lo que se verifica si se rechaza o no la hipótesis nula, esto es, se puede considerar la existencia de homocedasticidad de varianzas, de tal manera, que es posible reunir en un análisis conjunto este grupo de experimentos.

5.5.2. Análisis conjunto

El modelo adoptado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \frac{\beta_j}{k} + l_k + (\tau l)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

$\left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \dots, t \text{ (tratamientos)} \\ j = 1, 2, 3, \dots, r \text{ (bloques)} \\ k = 1, 2, 3, \dots, K \text{ (localidades)} \end{array} \right.$

Siendo:

- Y_{ijk} = Variable respuesta referente al i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque o repetición de la k-ésima localidad;
- μ = media general de la variable respuesta del experimento.
- τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento
- $\beta_{j/k}$ = efecto del j-ésimo bloque o repetición (considerado como de efecto aleatorio)
- l_k = efecto de la k-ésima localidad
- $(\tau l)_{ik}$ = efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y la k-ésima localidad
- ε_{ijk} = error experimental asociado a la observación Y_{ijk}

De esta manera se tienen las siguientes fuentes de variación y el cálculo de los grados de libertad:

Tabla 3.

Grados de libertad de acuerdo a fuentes de variación en el experimento planteado

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques dentro de localidades	$K(r-1)$
Localidades	$(K-1)$
Tratamientos	$(t-1)$
Localidades \times Tratamientos	$(K-1)(t-1)$
Residuo (error experimental)	$K(t-1)(r-1)$
Total	$(trK-1)$

Fuente: Investigación de campo, 2020

5.6. Variables de respuesta

- **Rendimiento en fresco (kg/ha):** Se llevó un registro de los diferentes cortes y se tomaron los datos en los frutos recién cosechados, por cada unidad experimental.
- **Rendimiento en seco (kg/ha):** Se procedió a registrar los rendimientos posteriores al proceso de secado de frutos, de acuerdo a cada unidad experimental.
- **Altura de planta:** Se utilizó una cinta métrica graduada, se determinaron las alturas de plantas en una unidad experimental y se procedió a calcular la media para la asignación de tal valor a cada parcela.
- **Diámetro de área foliar de planta:** Se utilizó una cinta métrica graduada, se determinaron las dimensiones del follaje en diámetro de plantas en una unidad experimental y se procedió a calcular la media para la asignación de tal valor a cada parcela.
- **Grosor de tallo:** Se utilizó vernier electrónico, para lo cual se tomó el valor de grosor de tallo a una altura de 2 pulgadas de la base, posteriormente se procedió a calcular la media para la asignación de tal valor a cada parcela.
- **Número de ramificaciones:** Se efectuó el conteo de ramificaciones de cada planta, por observación en la etapa de fructificación (primer corte de frutos frescos).
- **Análisis financiero (rentabilidad):** En base a los costos fijos y variables de producción, se determinó el mejor tratamiento y que representara el mejor rendimiento (Costo/Beneficio).

5.7. Análisis de la información

Las variables rendimiento en peso fresco, peso seco, altura de planta, ancho de planta, número de ramificaciones y grosor de tallo fueron sometidas a un análisis de varianza (ANDEVA), y determinar la existencia de significancia estadística entre los tratamientos evaluados.

Posteriormente mediante una prueba de medias (Prueba Tukey), se determinaron el DMS (Distancia mínima de significancia) y se asignó la agrupación, tratamientos similares y con comportamiento diferente.

Para el análisis del retorno; se utilizaron un análisis de la relación Beneficio-Costo (B/C) que comparó de forma directa los beneficios y los costes. Para calcular la relación (B/C), primero se halló la suma de los beneficios descontados, traídos al presente, y se divide sobre la suma de los costes también descontados.

Para una conclusión acerca de la viabilidad de un proyecto, bajo este enfoque, se debe tener en cuenta la comparación de la relación B/C hallada en comparación con 1, así tenemos lo siguiente:

$B/C > 1$ indica que los beneficios superan los costes, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.

$B/C=1$ Aquí no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costes.

$B/C < 1$, muestra que los costes son mayores que los beneficios, no se debe considerar.

5.8. Manejo del experimento

5.8.1. Preparación de pilones:

Se prepararon pilones en bandejas de 200 celdas cada una, el sustrato utilizado fue *peatmoss*, y se trasladaron en bolsas plásticas hacia las cuatro parcelas en evaluación.

Las plántulas (pilones) contaban con tres pares de hojas verdaderas (aproximadamente dos meses y medio) para su extracción de las casillas de las bandejas correspondientes.

5.8.2. Preparación del terreno

Consistió en el desmalezado y volteo del terreno, a fin de eliminar las malezas desde la raíz y eliminar los agregados de suelo para asegurar una textura inicial suelta. Debido lo pesado de los terrenos del lugar, esta actividad se inició quince días antes del trasplante a campo definitivo.

Una vez el terreno estuvo limpio y suelto, se procedió a la elaboración de camellones de siembra, según distanciamientos a evaluar, esta actividad se realizó utilizando azadón.

5.8.3. Trasplante

El trasplante a campo definitivo, se realizó cuando los pilones desplegaron al menos tres pares de hojas verdaderas y su altura alcanzó como mínimo 10 cm. El trasplante se realizó respetando los distanciamientos y repeticiones según diseño estadístico.

5.8.4. Fertilización

Se realizó la aplicación de los fertilizantes en las unidades experimentales de acuerdo al diseño experimental, en ella se contempla que en algunas unidades experimentales serán aplicadas 0,5 lb/planta; 1 lb/planta y 1,5 lb/planta respectivamente.

5.8.5. Manejo fitosanitario

a) Plagas y enfermedades

El cultivo fue sometido a monitoreos constantes, al identificar la presencia de una plaga o enfermedad, donde se hizo su respectivo control.

Los productos que se utilizaron son orgánicos y certificados, dentro de los cuales están: insecticidas como Biomix, Biobass, Fange, y dentro de los fungicidas está el Serenade, Omicrom BF y Bioreach.

b) Malezas

Se realizaron limpiezas manuales, respondiendo a las necesidades del cultivo a fin de evitar la competencia. Inicialmente, se calendarizaron tres limpiezas.

Esta actividad, se realizó por tratamiento, para estimar los costos individuales del control de malezas en función de la densidad.

5.8.6. Cosecha y pos cosecha

Se realizaron tres cortes durante el período de cosecha en forma manual de la misma forma en que se realiza en la región. Posteriormente fueron secados al sol utilizando secadora artificial tipo domo establecida en San José Canihor.

6. Resultados

El proyecto de efecto agronómico del lombricompost y densidades de siembra de chile cahabonero (*Capsicum annuum* L.) contempló un conjunto de prácticas agronómicas, que contemplan un adecuado manejo fitosanitario del cultivo y siembra en camellones en diferentes localidades del municipio de Santa María Cahabón, Alta Verapaz; siendo priorizadas las localidades de Sexoy, Chinajuc, Santo Domingo Sector II y Sactá.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la presente investigación, en la cual se incorporó fertilizante lombricompost y también se consideraron densidades de siembra, en diferentes localidades del municipio de Santa María Cahabón, Alta Verapaz.

Velasco *et al.*¹⁶(2001) resalta la importancia de implementar técnicas de producción agrícola enfocadas al uso eficiente de los recursos que tiende hacia una agricultura sostenible.

¹⁶ Velasco, J.; R. Ferrera Cerrato y J. Almaraz Suarez. 2001. *Vermicomposta, micorriza arbuscular y Azospirillum brasilense en tomate de cáscara*. Terra. 19: 241-248.

En este sentido, la aplicación de abonos orgánicos, son alternativas que pueden emplearse en la producción agrícola.

Las prácticas de agricultura sostenible persiguen reducir los insumos químicos al suelo, manteniendo rendimientos rentables. Retornar residuos de cosechas o adicionar compost al suelo es una técnica para reducir los insumos químicos. (Montaño, *et al*¹⁷; 2009), lo cual fue evidenciado en el desarrollo del presente proyecto de investigación.

6.1 Variable altura de planta

La variable altura se considera importante, ya que el oportuno desarrollo de la planta depende de la disponibilidad de nutrientes y de otros elementos en su siembra en campo con la densidad de siembra.

En base al análisis de varianza realizado, y a través de la prueba de Scott&Knott aplicada a las medias de los tratamientos, se observa que el tratamiento que permitió un mejor desarrollo de las plantas de chile Cahabonero, en cuanto a su altura, fue el tratamiento 6, que tiene un mayor distanciamiento entre plantas (0.9m*0.6m) y una mayor dosis de fertilización (1.5 lb de lombricompost/planta).

Por otra parte los tratamientos 5 y 3 presentaron resultados similares, por lo cual fueron agrupados, es importante considerar, que estos tratamientos están constituidos por uno de los parámetros máximos tomados en cuenta; en el caso del tratamiento 5 aunque la dosis de fertilización es intermedia (1 lb/planta), el distanciamiento es el máximo (0.9m*0.6m); por otro lado el tratamiento 3 aunque tiene un distanciamiento menor (0.5m*0.9m), se empleó la mayor dosificación de fertilizante evaluado (1.5lb/planta).

Caso contrario sucede en los últimos tres tratamientos; 1,2 y 4; a través de estos tratamientos se observa que en el caso del chile Cahabonero, la dosis de fertilización en cuanto a la altura de planta es un parámetro relevante, debido a que de estos tratamientos el 1 y el 4, tienen las menores dosis de fertilización, y aunque el tratamiento dos tiene una dosis intermedia (1 lb/planta), un reducido distanciamiento entre las plantas, complica el desarrollo en cuanto a altura del chile.

Relacionado a esto, Martínez¹⁸ (2015), en su trabajo de investigación, en el cual determinó los requerimientos nutricionales del ají (*Capsicum annuum L.*) y su relación con el rendimiento, observó que al manejar dosis altas de fertilizante, que permite la implementación de macro elementos (nitrógeno, fósforo y potasio) la planta aumenta su crecimiento, con lo cual concluye

¹⁷ Montaño, et al. 2009. *Respuesta de tres cultivares de berenjena (Solanum melogena L.) a diferentes combinaciones de fertilizante orgánico y fertilizante químico*. Revista UDO Agrícola 9 (4): 807-815.

¹⁸ Martínez Marulanda (2015). *Requerimientos nutricionales del ají Capsicum annuum L. y su relación con rendimiento bajo condiciones ambientales de Palmira, Valle del Cauca*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. Palmira: Colombia.

en que un manejo adecuado de nutrientes es esencial para el desarrollo de la biomasa del cultivo, ya que, si el suministro de nutrientes es bajo, los rendimientos y el crecimiento del cultivo pueden reducirse.

Por otra parte, Rangel ¹⁹(2016), quien realizó una evaluación de distanciamiento en chile habanero (*Capsicum chinense Jacq.*), menciona que las densidades en poblaciones bajas producen un mayor crecimiento y altura de planta, sin embargo, Viloría²⁰ (1991) y Viloría et al.²¹ (1998), afirma que no existe significancia que relacione la altura de planta con un incremento o disminución de la población de plantas en una parcela. Tomando en cuenta las aclaraciones anteriores, en el caso de chile Cahabonero, se pudo concluir que, en el caso de la altura de planta, la dosis de lombricompost aplicado es lo que influyó principalmente en el crecimiento alcanzado..

Es importante agregar además, que en el caso de este experimento, debido a las diferencias ambientales entre las localidades evaluadas, se empleó un diseño en serie de experimentos, y aunque en general el tratamiento 6, fue el que mejores resultados permitió en cuanto a la longitud de las plantas, se evidenció la diferencia entre los suelos de los sectores tomados en cuenta, en el caso de Sactá se observaron suelos franco arcillosos con buena permeabilidad y drenaje, a diferencia de la localidad de Sexoy donde hay presencia de más arcillas y rocas. Bajo este contexto Sactá fue la parcela que permitió mejores resultados, y Sexoy la que tuvo peores resultados y desarrollo de las plantas. En el caso de Santo Domingo Sector II y Chinajuc se trabajó con suelos franco arcillosos que permitieron buen desarrollo en las plantas.

Respecto a lo anterior, Rodríguez ²²(1993), afirma que: la falta de exactitud en la predicción de los rendimientos afecta la calidad de la recomendación de fertilización que se hace para un cultivo, esto debido a que las necesidades nutrimentales de los cultivos están en función de los rendimientos que éstos puedan alcanzar, con esto se hace referencia a que, si el agro ecosistema tiene un potencial de rendimiento elevado, las necesidades nutrimentales serán consecuentemente más elevadas y viceversa.

En la prueba de Hartley se pudo determinar que la presente variable se podría analizar en conjunto de acuerdo a las localidades (ver tabla 4).

¹⁹ Rangel Campos, Luis 2016. Crecimiento De Chile Habanero (*Capsicum Chinense Jacq.*) Bajo Diferente Espaciamiento Entre Hileras en La Comarca Lagunera. México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

²⁰ Viloría, A. 1991. *Respuesta de las variables de crecimiento vegetativo y reproductivo del pimentón (*Capsicum annuum L.*) a la presión poblacional. Trabajo de Ascenso.* Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado". Decanato de Agronomía. Barquisimeto. Venezuela. 75 p.

²¹ Viloría, A., Arteaga L. y Rodríguez. H. A. 1998. *Efecto de la distancia de siembra en las estructuras de la planta del pimentón.* Agronomía Tropical 48(4): 413-423

²² Rodríguez, J. 1993. *La fertilización de los cultivos, un método racional.* Colección en Agricultura, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 291 p. p

Tabla 4.

Prueba de Hartley para variable altura de planta

Elemento de la prueba	Descripción	Valor correspondiente
CME de cada localidad	Aldea Sactá	29.38
	Caserío Sexoy	10.78
	Caserío Chinajuc	18.68
	Caserío Santo Domingo Sector II	14.04
CME Máx. y Min.	CM Residuo (Máx)	29.38
	CM Residuo (mín)	10.78
Prueba de Hartley (ecuación)	$F_{(máx)} = \frac{CM_{Residuo (máx)}}{CM_{Residuo (mín)}}$	<p>De la Tabla se tiene para (0.05; valor de Fmáx) un valor, por lo que se verifica si se rechaza o no la hipótesis nula, esto es, se puede considerar la existencia de homocedasticidad</p> <p>Valor de tabla = 4.01</p>
Cálculo Prueba de Hartley	$F_{(máx)} = \frac{29.38}{10.78} = 2.72$	
Conclusión	<p>Dado que hay homocedasticidad, donde F(máx) calculada no supera F(máx) indicada por tabla, se pueda evaluar el experimento en conjunto en un solo ANDEVA</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2020

Tabla 5.

ANDEVA Grupal para la variable altura de planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11203.53	35	320.10	17.56	0
Localidad	778.69	3	259.56	11.66	0.0007
Localidad>Bloque	267.12	12	22.26	1.22	0.2899
Tratamiento	9983.34	5	1996.66	109.59	0
Localidad*Tratamiento	174.36	15	11.62	0.63	0.8315
Error	1093.12	60	18.21		
Total	12296.65	95			

Fuente: Elaboración propia, 2020

6.1.1. Prueba de medias, método Scott&Knott

a. Prueba para Localidades

Tabla 6.

Test:Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 22.2604 gl: 12

Localidad	Medias	n	E.E.	Clasificación	
Sactá	54.6666667	24	0.96307703	A	
Santo Domingo Sector II	54.1666667	24	0.96307703	A	
Chinajuc	52.3333333	24	0.96307703	A	
Sexoy	47.4583333	24	0.96307703		B

Fuente: Elaboración propia, 2020

b. Prueba para Tratamientos

Tabla 7.

Test:Scott & Knott Alfa=0.05 para la variable altura de planta

Error: 18.2188 gl: 60

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Clasificación		
6	70.25	16	1.06708569	A		
5	56.4375	16	1.06708569		B	
3	56	16	1.06708569		B	
4	48	16	1.06708569			C
2	42.3125	16	1.06708569			D
1	39.9375	16	1.06708569			D

Fuente: Elaboración propia, 2020

c. Prueba para interacción entre localidades y tratamientos

Tabla 8.

Prueba de medias (Test Scott-Knott, interacción localidades y tratamientos)

Localidad	Tratamiento	Medias	n	E.E.	Clasificación		
Sactá	6	73.75	4	2.13417138	A		
Santo Domingo Sector II	6	73.25	4	2.13417138	A		
Chinajuc	6	70	4	2.13417138	A		
Sexoy	6	64	4	2.13417138		B	
Santo Domingo Sector II	5	60	4	2.13417138		B	
Santo Domingo Sector II	3	59.25	4	2.13417138		B	
Sactá	3	58.25	4	2.13417138		B	
Chinajuc	3	57.5	4	2.13417138		B	
Sactá	5	57	4	2.13417138		B	
Chinajuc	5	56.25	4	2.13417138		B	
Sactá	4	53.25	4	2.13417138			C
Sexoy	5	52.5	4	2.13417138			C

Sexoy	3	49	4	2.13417138			C	
Chinajuc	4	47.75	4	2.13417138			C	
Santo Domingo Sector II	4	47.25	4	2.13417138			C	
Santo Domingo Sector II	2	44.75	4	2.13417138				D
Sexoy	4	43.75	4	2.13417138				D
Sactá	2	43.5	4	2.13417138				D
Chinajuc	2	42.5	4	2.13417138				D
Sactá	1	42.25	4	2.13417138				D
Santo Domingo Sector II	1	40.5	4	2.13417138				D
Chinajuc	1	40	4	2.13417138				D
Sexoy	2	38.5	4	2.13417138				D
Sexoy	1	37	4	2.13417138				D

Fuente: Investigación de campo, 2020

En definitiva, el lombricompost tiene como principal ventaja el aumento de la calidad y presenta ácidos húmicos y fúlvicos que mejoran las condiciones del suelo, esto hace que el suelo retenga humedad y estabilizan el pH del suelo. Los fertilizantes minerales tienen una validez indiscutible dentro del conjunto de aportaciones destinadas a fertilizar el suelo.

Numerosos investigadores refieren que el efecto beneficioso del humus de lombriz en diferentes procesos fisiológicos e indicadores del crecimiento y desarrollo del pimiento y otros cultivos como el número de flores emitidas y el rendimiento de los frutos (Najar y Khan²³, 2013).

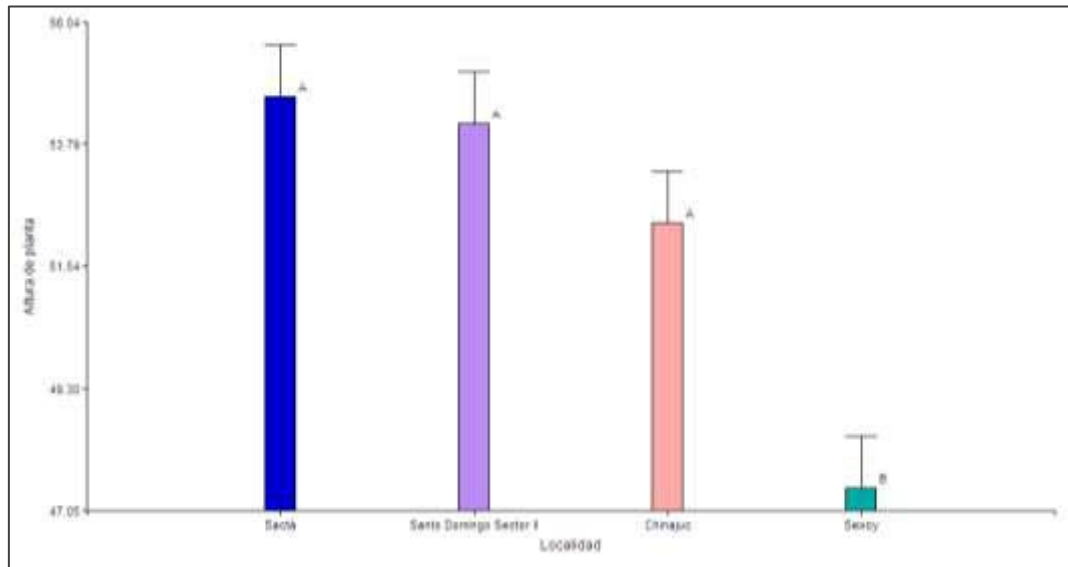
La adición de humus de lombriz pueden influir en algunos cambios importantes en las propiedades físicas y químicas del suelo, como el incremento de la capacidad de retención de agua, del intercambio catiónico, la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio, así como de otros iones como Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn y Cu, los cuales tienen funciones esenciales en la actividad de numerosas enzimas e intervienen en procesos bioquímicos y fisiológicos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Jayanthi *et al.*²⁴, 2014).

²³ Najar, I. A. And Khan, A. B. (2013). *Effect of vermicompos on growth and productivity of tomato (Lycopersicon esculentum) under field conditions*. Acta Biologica Malaysiana, 2(1): 12-21.

²⁴ Jayanthi L, Sekar J, Ameer Basha S, Parthasarathi K .2014. *Influencia del vermifertilizante en la calidad del suelo, el rendimiento y la calidad del chile, Capsicum annum* . Online Int Interdiscip J 4: 206–218

Figura 1

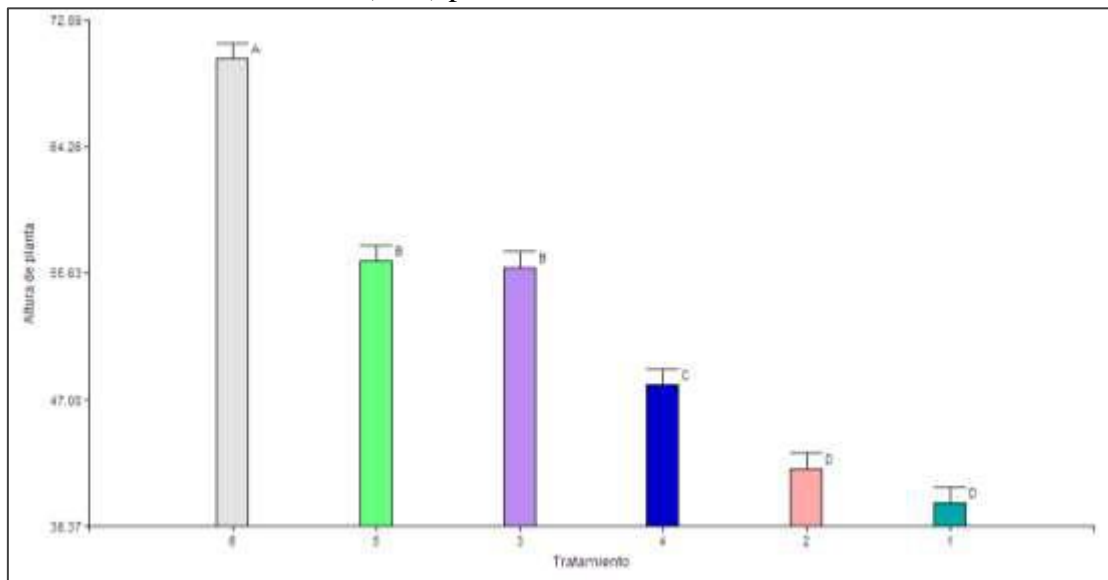
Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para localidades; altura de planta (cm)



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 2

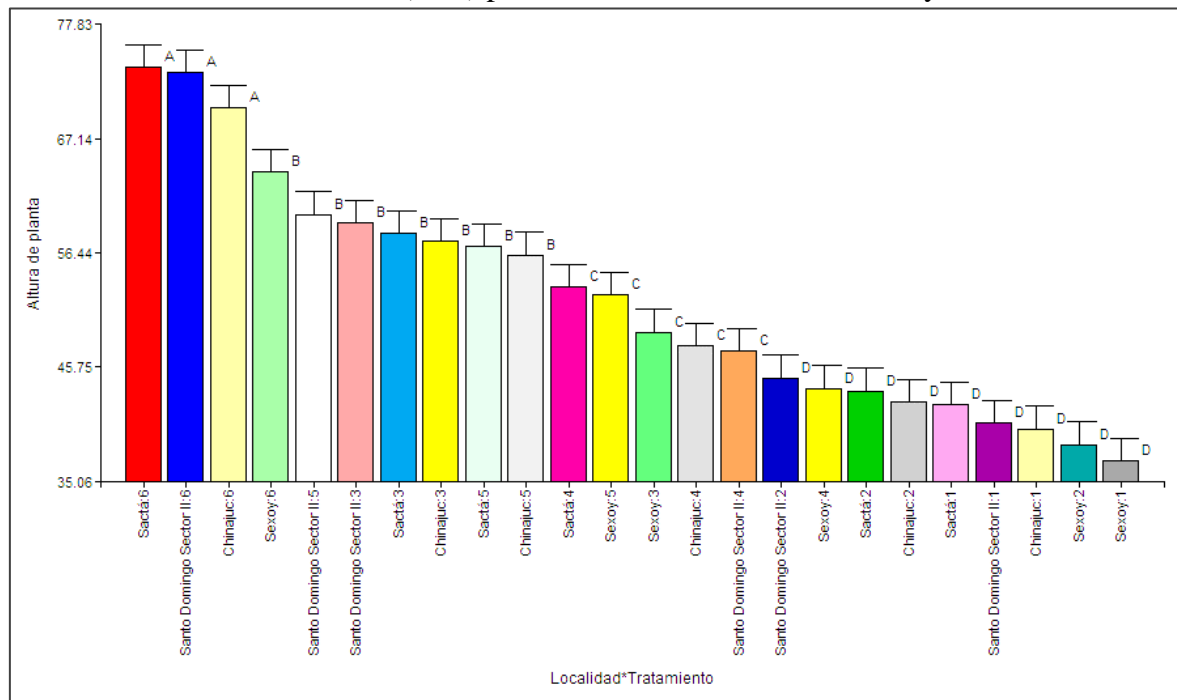
Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para tratamientos



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 3

Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para interacción entre localidades y tratamientos



Fuente: Elaboración propia, 2020

6.2 Variable diámetro de área foliar de la planta

El diámetro de área foliar básicamente se refiere al espacio que ocupa la planta en cuanto a su masa vegetal, este depende de varios factores como la presencia de energía, a través de la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa, la cual es la fuente principal de energía utilizada por las plantas para la fabricación de los tejidos, elaboración de compuestos alimenticios, disponibilidad de nutrientes, agua, humedad y temperatura que influyen en el desarrollo y buen crecimiento de las plantas.

El lombricompost es un fertilizante orgánico que facilita disponibilidad de los nutrientes y agua para que las plantas puedan llegar a una excelente ramificación y número de hojas, como la parte fenológica de floración y cuajado de los frutos.

Resultados similares han sido informados en las investigaciones de Rodríguez *et al.*²⁵ (2008), De la Cruz *et al.*²⁶ (2009) y Márquez *et al.*²⁷ (2013), en las cuales se ha hecho uso de

²⁵ Rodríguez, N., Cano, P., Figueroa, U., Palomo, A., Favela, E., Álvarez, V., Márquez, C. & Moreno, A. (2008). Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31 (3), pp. 265-272

²⁶ De la Cruz, E., Estrada, M. A., Toleado, V., Osorio, R., Márquez, C. & Sánchez, R. (2009). Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia* 25 (1), pp. 59-67.

²⁷ Márquez, C., Cano, P., Figueroa, U., Ávila, J. A., Rodríguez, N. & García, J. L. (2013). Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. *Phyton* 82 (1), pp. 55-61.

fertilización orgánica (lombricompost) obteniendo excelentes resultados respecto al rendimiento.

De acuerdo a la prueba de Hartley efectuada, se determinó que ésta variable se puede analizar con un análisis grupal de experimentos (tabla 9)

Tabla 9.

Prueba de Hartley para diámetro de área foliar de la planta

Elemento de la prueba	Descripción	Valor correspondiente
CME de cada localidad	Aldea Sactá	5.62
	Caserío Sexoy	6.45
	Caserío Chinajuc	7.56
	Caserío Santo Domingo Sector II	6.9
CME Máx. y Min.	CM Residuo (Máx)	7.56
	CM Residuo (mín)	5.62
Prueba de Hartley (ecuación)	$F_{(máx)} = \frac{CM_{Residuo(máx)}}{CM_{Residuo(mín)}}$	De la Tabla se tiene para (0.05; valor de F _{máx}) un valor, por lo que se verifica si se rechaza o no la hipótesis nula, esto es, se puede considerar la existencia de homocedasticidad Valor de tabla = 4.01
Cálculo Prueba de Hartley	$F_{(máx)} = \frac{7.56}{5.62} = \mathbf{1.35}$	
Conclusión	Dado que hay homocedasticidad, donde F(máx) calculada no supera F(máx) indicada por tabla, se pueda evaluar el experimento en conjunto en un solo ANDEVA	

Fuente: Elaboración propia, 2020

6.2.1. ANDEVA Grupal de variable ancho de planta

Tabla 10.

ANDEVA grupal de variable ancho de planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Diámetro de área foliar (cm)	96	0.94	0.90	5.49	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5886.53125	35	168.186607	25.3574196	0
Localidad	52.1979167	3	17.3993056	0.80992403	0.51245302
Localidad>Bloque	257.791667	12	21.4826389	3.23892786	0.0012372
Tratamiento	5405.55208	5	1081.11042	162.998534	0
Localidad*Tratamiento	170.989583	15	11.3993056	1.7186682	0.07125961
Error	397.958333	60	6.63263889		
Total	6284.48958	95			

Fuente: Elaboración propia, 2020

6.2.2. Prueba de medias, método Scott&Knott

a. Prueba para Localidades

Tabla 11.

Test:Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 21.4826 gl: 12

Localidad	Medias	N	E.E.	Agrupación
Sactá	48.00	24	0.95	A
Santo Domingo Sector II	47.17	24	0.95	A
Chinajuc	46.50	24	0.95	A
Sexoy	46.04	24	0.95	A

Fuente: Elaboración propia, 2020

Respecto al diámetro de área foliar que presentan las plantas por localidad, según los datos estadísticos; en las localidades de Sactá, Santo Domingo, Chinajuc y Sexoy se da el mismo comportamiento en relación a esta variable, ya que en todos los ambientes se presentan rangos muy similares en cuanto a la disponibilidad de radiación, humedad relativa y temperatura.

b. Prueba para Tratamientos

Tabla 12.

Test:Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 6.6326 gl: 60

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Agrupación			
6	57.38	16.00	0.64	A			
5	55.44	16.00	0.64	A			
4	48.94	16.00	0.64		B		
3	41.81	16.00	0.64			C	
2	39.44	16.00	0.64				D
1	38.56	16.00	0.64				D

Fuente: Elaboración propia, 2020

Los tratamientos que tuvieron mejor comportamiento en relación al diámetro de área foliar de las plantas fueron, en el primer grupo el tratamiento 6= con 1.5 lb de lombricompost con densidad 0.6 x 0.9 m y el tratamiento 5= 1.0 lb de lombricompost con densidad 0.6 x 0.9 m. El segundo grupo el tratamiento 4= 0.5 lb de lombricompost y densidad de 0.6 x 0.9m, el tercer grupo lo obtuvo el tratamiento 3= 1.5 lb con densidad 0.5 x 0.90 m, por último, los que tuvieron el menor resultado en cuanto al diámetro de área foliar de plantas fueron los tratamientos 2= 1.0 lb de lombricompost con densidad 0.5 x 0.90 m y el 1= 0.5 lb de lombricompost y densidad de 0.5 x 0.90 m.

Los primeros dos tratamientos se caracterizan por tener el mismo distanciamiento de siembra lo que comprende una población de 18,518 plantas/Ha, lo que indica que las plantas se comportan de una mejor manera sin competencia entre su misma especie por los factores que intervienen en el proceso de su desarrollo en las diferentes etapas fenológicas.

c. Prueba para interacción entre localidades y tratamientos

Tabla 13.

Test: Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 6.6326 gl: 60

Localidad	Tratamiento	Medias	n	E.E.					
Santo Domingo Sector II	6	59.25	4	1.288	A				
Sactá	5	58.25	4	1.288	A				
Chinajuc	6	58.25	4	1.288	A				
Sactá	6	58.00	4	1.288	A				
Chinajuc	5	56.50	4	1.288	A				
Sexoy	6	54.00	4	1.288		B			
Santo Domingo Sector II	5	53.75	4	1.288		B			
Sexoy	5	53.25	4	1.288		B			
Sactá	4	50.25	4	1.288			C		
Sexoy	4	49.50	4	1.288			C		
Santo Domingo Sector II	4	49.25	4	1.288			C		
Chinajuc	4	46.75	4	1.288				D	
Santo Domingo Sector II	3	43.75	4	1.288				D	
Sactá	3	43.25	4	1.288				D	
Chinajuc	3	40.75	4	1.288					E
Sexoy	2	40.25	4	1.288					E
Sexoy	1	39.75	4	1.288					E
Sactá	2	39.75	4	1.288					E
Sexoy	3	39.50	4	1.288					E
Santo Domingo Sector II	2	39.25	4	1.288					E
Chinajuc	2	38.50	4	1.288					E
Sactá	1	38.50	4	1.288					E
Chinajuc	1	38.25	4	1.288					E
Santo Domingo Sector II	1	37.75	4	1.288					E

Fuente: Elaboración propia, 2020

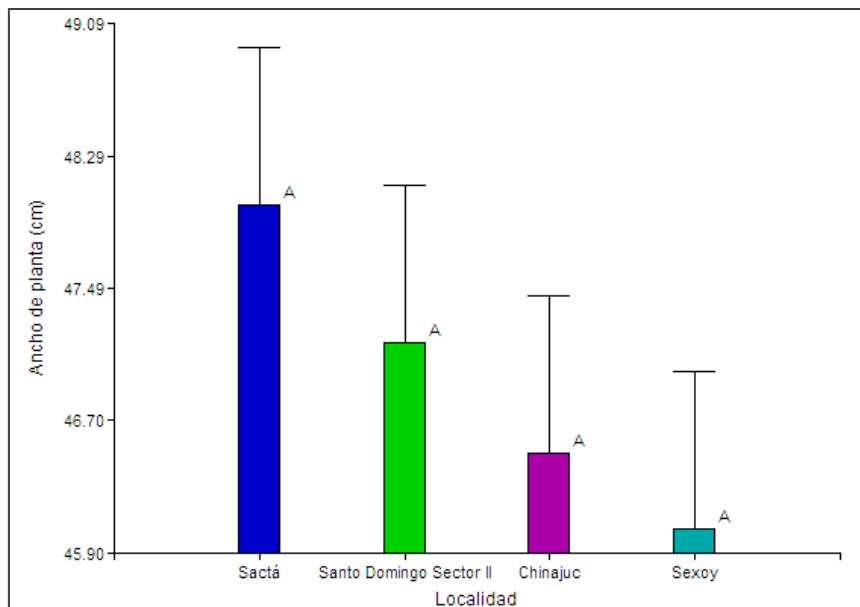
Los tratamientos que tuvieron mejor comportamiento en relación al diámetro de área foliar de las plantas fueron, en el primer grupo el tratamiento 6= con 1.5 lb de lombricompost con densidad 0.6 x 0.9 m y el tratamiento 5= 1.0 lb de lombricompost con densidad 0.6 x 0.9 m.

El segundo grupo el tratamiento 4= 0.5 lb de lombricompost y densidad de 0.6 x 0.9m, el tercer grupo lo obtuvo el tratamiento 3= 1.5 lb con densidad 0.5 x 0.90 m, por último, los que tuvieron el menor resultado en cuanto al diámetro de área foliar de plantas fueron los tratamientos 2= 1.0 lb de lombricompost con densidad 0.5 x 0.90 m y el 1= 0.5 lb de lombricompost y densidad de 0.5 x 0.90 m.

Los primeros dos tratamientos se caracterizan por tener el mismo distanciamiento de siembra lo que comprende una población de 18,518 plantas/Ha, lo que indica que las plantas se comportan de una mejor manera sin competencia entre su misma especie por los factores que intervienen en el proceso de su desarrollo en las diferentes etapas fenológicas.

Figura 4

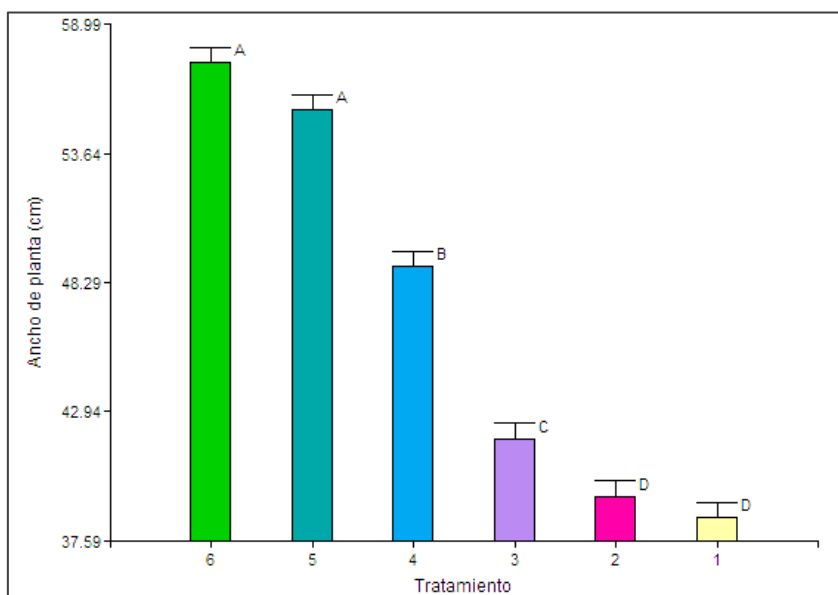
Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para localidades; altura de planta (cm)



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 5

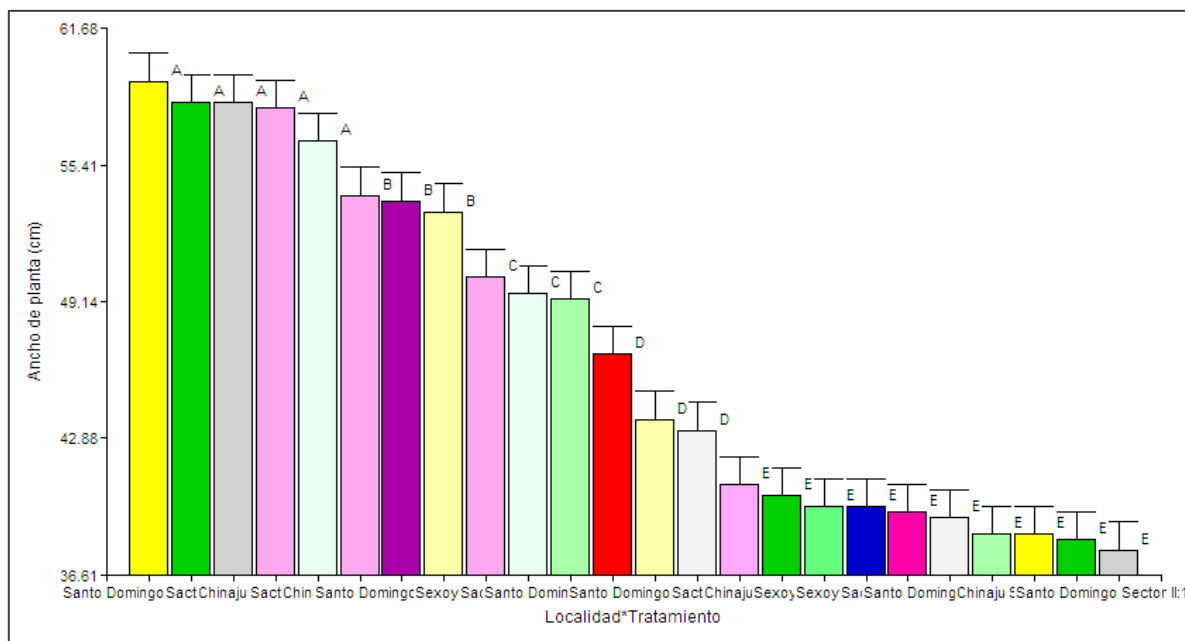
Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para tratamientos



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 6

Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para interacción entre localidades y tratamientos



Fuente: Elaboración propia, 2020

6.3. Variable diámetro de tallo

El diámetro del tallo es una característica importante de las plantas de chile Cahabonero, según lo observado durante la investigación, un mayor diámetro del tallo aporta un mayor soporte de la planta, que durante la etapa de fructificación resulta relevante, pues las plantas con menor diámetro no tienen la capacidad de soportar el peso de los frutos.

Respecto al diámetro del tallo Cabalceta y Pérez²⁸(2015), afirman que: el diámetro permite una orientación, acerca de que mientras mayor sea el valor, mayor es la capacidad para soportar el peso de los órganos principales como ramas, flores y frutos, además de que permite disminuir el riesgo de que el tallo se dañe por factores ambientales.

En el caso del comportamiento de los tratamientos en los valores de diámetro de tallo, se observó que el distanciamiento es el factor que influye principalmente, con lo cual un mayor distanciamiento, permite una menor densidad y con ello un mejor desarrollo del diámetro del tallo del chile Cahabonero, por ello los tratamientos que permiten mejores resultados están referidos al tratamiento 5 y 6, y los que peor comportamiento tuvieron fueron los tratamientos 1 y 2.

Es importante agregar, además, que se observó una ligera influencia de la dosis de fertilizante empleado, aunque es la densidad lo que divide a los tratamientos, dentro de cada

²⁸ Cabalceta E., Perez, E. (2015). *Caracterización Morfológica De 15 Genotipos De Pimiento (Capsicum Annuum) Cultivados Bajo Invernadero En Costa Rica*. Costa Rica: Universidad Nacional, Heredia.

grupo, en general, los tratamientos con menores dosis de fertilizante permiten un menor desarrollo del diámetro del tallo de chile.

En base a lo anterior, también Viloría, Arteaga, & Pire,²⁹(1998), determinaron la influencia del distanciamiento de siembra en las algunas estructuras dela planta de pimentón (*Capsicum annuum*), observaron el efecto de una menor densidad de plantas, en variables como: diámetro, peso seco y fresco del tallo, y confirmaron que estos valores se modifican debido a la variación de la distancia entre cada planta.

Según lo observado durante el análisis de los datos del diseño estadístico, se presenta una relación entre el tamaño de tallo y la altura de planta, principalmente en el caso del mejor tratamiento, el cual representa el mayor distanciamiento y la mayor dosis de fertilización, el cual para ambas variables tuvo el valor más alto. Respecto a lo anterior, Cabalceta E., y Perez, E.³⁰ (2015) afirman que, en el caso de la altura y diámetro del tallo, existe una relación positiva, con lo cual el tratamiento 6 del experimento permite el desarrollo de un tallo más vigoroso.

6.3.1. Prueba de Hartley

Tabla 14.

Prueba de Hartley para variable diámetro de tallo

Elemento de la prueba	Descripción	Valor correspondiente
CME de cada localidad	Aldea Sactá	0.95
	Caserío Sexoy	1.25
	Caserío Chinajuc	0.51
	Caserío Santo Domingo Sector II	0.33
CME Máx. y Min.	CM Residuo (Máx)	7.56
	CM Residuo (mín)	5.62
Prueba de Hartley (ecuación)	$F_{(máx)} = \frac{CM_{Residuo (máx)}}{CM_{Residuo (mín)}}$	De la Tabla se tiene para (0.05; valor de Fmáx) un valor, por lo que se verifica si se rechaza o no la hipótesis nula, esto es, se puede considerar la existencia de homocedasticidad Valor de tabla = 4.01
Cálculo Prueba de Hartley	$F_{(máx)} = \frac{1.25}{0.33} = \mathbf{3.79}$	
Conclusión	Dado que hay homocedasticidad, donde F(máx) calculada no supera F(máx) indicada por tabla, se pueda evaluar el experimento en conjunto en un solo ANDEVA	

Fuente: Elaboración propia, 2020

²⁹ Reinaldo Pire, Lis Arteaga, Ana Viloría. 1998. Desarrollo radical del pimentón (*Capsicum annuum* L.) bajo tres distancias de siembra y su relación con el peso de los frutos. Bioagro. Venezuela

³⁰ Cabalceta E., Perez, E. 2015. *Caracterización Morfológica De 15 Genotipos De Pimiento (Capsicum Annuum) Cultivados Bajo Invernadero En Costa Rica*. Costa Rica: Universidad Nacional, Heredia.

6.3.2. ANDEVA Grupal

Tabla 15.

ANDEVA grupal de la variable diámetro de tallo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grosor de tallo (mm) 96	0.80	0.68	9.62	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	182.13	35	5.20	6.84	0.00
Localidad	44.99	3	15.00	40.32	0.00
Localidad>Bloque	4.46	12	0.37	0.49	0.91
Tratamiento	119.19	5	23.84	31.34	0.00
Localidad*Tratamiento	13.49	15	0.90	1.18	0.31
Error	45.64	60	0.76		
Total	227.77	95			

Fuente: Elaboración propia, 2020

6.3.3. Prueba de medias, método *Scott&Knott*

a. Prueba para Localidades

Tabla 16.

Test:Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 0.3719 gl: 12

Localidad	Medias	n	E.E.	Agrupación	
Sactá	9.89	24	0.12	A	
Chinajuc	9.58	24	0.12	A	
Santo Domingo Sector II	8.46	24	0.12		B
Sexoy	8.32	24	0.12		B

Fuente: Elaboración propia, 2020

b. Prueba para Tratamientos

Tabla 17.

Test:Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 0.7606 gl: 60

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Agrupación		
6	10.74	16	0.22	A		
5	10.24	16	0.22	A		
4	9.02	16	0.22		B	
3	8.73	16	0.22		B	
2	8.04	16	0.22			C
1	7.61	16	0.22			C

Fuente: Elaboración propia, 2020

c. Prueba para interacción entre localidades y tratamientos

Tabla 18.

Test: Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 0.7606 gl: 60

Localidad	Tratamiento	Medias	n	E.E.	Agrupación			
Chinajuc	6	11.88	4	0.44	A			
Chinajuc	5	11.13	4	0.44	A			
Sactá	6	11.08	4	0.44	A			
Sactá	5	10.88	4	0.44	A			
Santo Domingo Sector II	6	10.38	4	0.44		B		
Sactá	4	10.13	4	0.44		B		
Santo Domingo Sector II	5	9.83	4	0.44		B		
Sactá	3	9.75	4	0.44		B		
Sexoy	6	9.63	4	0.44		B		
Chinajuc	4	9.53	4	0.44		B		
Sactá	2	9.25	4	0.44		B		
Sexoy	5	9.13	4	0.44		B		
Chinajuc	3	9.00	4	0.44			C	
Chinajuc	2	8.53	4	0.44			C	
Santo Domingo Sector II	4	8.38	4	0.44			C	
Santo Domingo Sector II	3	8.28	4	0.44			C	
Sactá	1	8.28	4	0.44			C	
Sexoy	4	8.06	4	0.44			C	
Sexoy	1	7.95	4	0.44			C	
Sexoy	3	7.90	4	0.44			C	
Chinajuc	1	7.45	4	0.44				D
Sexoy	2	7.26	4	0.44				D
Santo Domingo Sector II	2	7.13	4	0.44				D
Santo Domingo Sector II	1	6.78	4	0.44				D

Fuente: Elaboración propia, 2020

Se ha evidenciado, lo obtenido en otros estudios con otros tipos de chile (*Capsicum*), donde los fertilizantes orgánicos ejercen un efecto positivo sobre la altura y diámetro del tallo de la planta de chile habanero, esto según Huerres y Caraballo³¹(1991), lo que se asemeja a los resultados obtenidos, donde en Sactá y Chinajuc, se obtuvo los mejores diámetros de tallo.

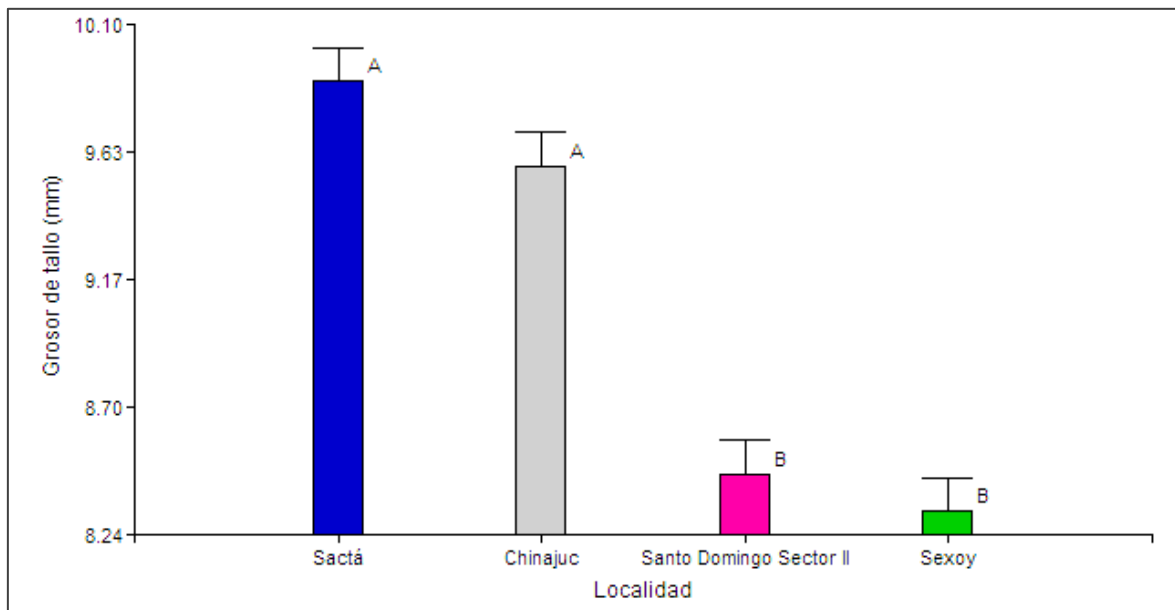
El diámetro de tallo puede ser un buen indicador del adecuado desarrollo de la planta, que incide posteriormente en una planta más vigorosa y con mejores posibilidades de presentar rendimientos altos. Con la incorporación de lombricompost se tiene un efecto positivo en diámetro de la planta en *Capsicum* (Medina, ³²2016).

³¹ Huerres, C. y N. Caraballo. 1991: Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba, 193 p.

³² Medina, Maria (2016). *Fertilización orgánico-mineral en cultivo de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.) en suelo Aak'alche' (Vertisol pélico) bajo condiciones de invernadero*. Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Quintana Roo: Mexico.

Figura 7

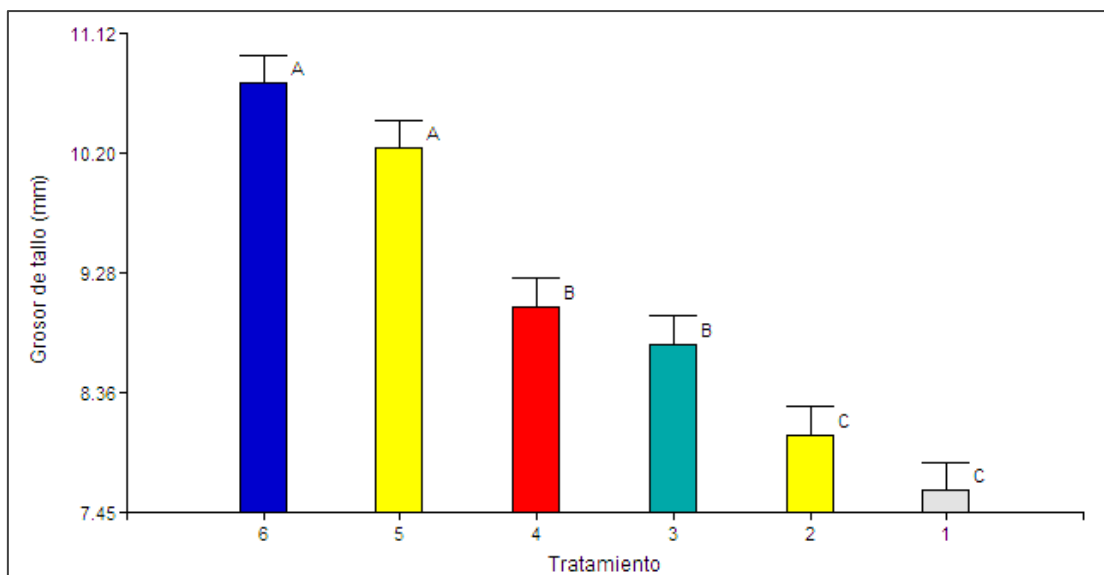
Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para localidades; diámetro de tallo (mm)



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 8

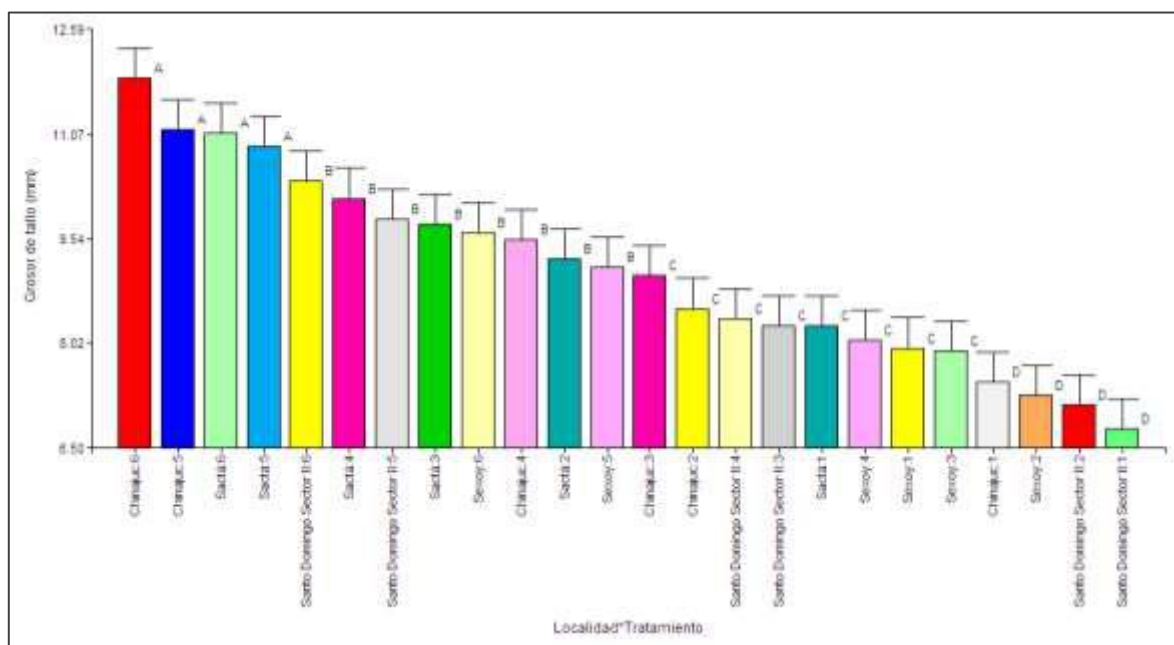
Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para tratamientos para la variable diámetro de tallos (mm)



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 9

Prueba de Medias *Scott&Knott* (0.05) para interacción entre localidades y tratamientos, para la variable diámetro de tallo (mm)



Fuente: Elaboración propia, 2020

6.4. Variable número de ramificaciones

De acuerdo a lo identificado, ésta variable se puede analizar como una serie de experimentos (grupo de experimentos), debido a que cumple con lo requerido en la prueba de Hartley. Al efectuar el análisis correspondiente, la comunidad Sactá presentó la mayor cantidad de ramificaciones por planta con una media de 3.9 ramificaciones.

El tratamiento 5 presentó la mejor cantidad de ramificaciones por planta, lo que indica que a una dosis de 1 libra/planta y densidad 18,585 plantas permite una mejor ramificación.

El lombricompost mejora las características físicas del suelo, reduce la dependencia de insumos externos de alto costo económico y ambiental ya que disminuye o elimina el empleo de agroquímicos protegiendo el ambiente, la salud animal y humana (Acevedo y Pire³³, 2004; Rippy *et al.*³⁴, 2004, y Maraña, et al.³⁵; 2018). En efecto también provee mejores condiciones para la formación de ramificaciones.

³³ Acevedo, I. C y R. Pire. 2004. Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (Carica papaya L.). *Interciencia* 29: 274-279.

³⁴ Rippy, J. F. M., M. M. Peet, F. J. Louws, P. V. Nelson, D. B. Orr, and K. A. Sorensen. 2004. Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *Hortscience* 39: 223-229.

³⁵ Maraña Santacruz, M. A., E. Castellanos Pérez, C. Vázquez Vázquez, J. J. Martínez Ríos, H. I. Trejo Escareño, M. Á. Gallegos Robles e I. Orona Castillo. 2018. Rendimiento de chile jalapeño con lixiviado de lombriz con dos métodos de riego. *Terra Latinoamericana* 36: 345-354.

Los altos rendimientos de chile se deben principalmente al uso de cultivares mejorados, control del régimen hídrico y la nutrición, estos últimos a partir de técnicas como el riego localizado y el fertirriego (Mendoza *et al.*³⁶, 2005 y 2006; Inzunza *et al.*³⁷, 2007). La adecuada nutrición a través del lombricompost permite la obtención de plantas con mejores características y mejor productividad.

6.4.1. Prueba de Hartley

Tabla 19.

Prueba de Hartley para variable número de ramificaciones

Elemento de la prueba	Descripción	Valor correspondiente
CME de cada localidad	Aldea Sactá	0.74
	Caserío Sexoy	0.25
	Caserío Chinajuc	0.34
	Caserío Santo Domingo Sector II	0.43
CME Máx. y Min.	CM Residuo (Máx)	0.74
	CM Residuo (mín)	0.25
Prueba de Hartley (ecuación)	$F_{(máx)} = \frac{CM_{Residuo (máx)}}{CM_{Residuo (mín)}}$	De la Tabla se tiene para (0.05; valor de Fmáx) un valor, por lo que se verifica si se rechaza o no la hipótesis nula, esto es, se puede considerar la existencia de homocedasticidad Valor de tabla = 4.01
Cálculo Prueba de Hartley	$F_{(máx)} = \frac{0.74}{0.25} = \mathbf{2.96}$	
Conclusión	Dado que hay homocedasticidad, donde F(máx) calculada no supera F(máx) indicada por tabla, se pueda evaluar el experimento en conjunto en un solo ANDEVA	

Fuente: Elaboración propia, 2020

³⁶ Nieto Garibay, A.; A. B. Murillo, D. E. Troyo, M. J. A. Larrinaga y H. J. L. García. (2002). El uso de composta como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27 (8): 417-421.

³⁷ Inzunza I., M. A., S. F. Mendoza M., E. A. Catalán V., M. M. Villa C., I. Sánchez C. y A. Román L. (2007). Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. *Rev. Fitotec. Mex.* 30: 429-436.

6.4.2. ANDEVA Grupal

Tabla 20.

ANDEVA Grupal de variable número de ramificaciones

Variable N R² R² Aj CV
 Número de ramificaciones 96 0.75 0.61 18.62

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	80.95	35	2.31	5.23	0.00
Localidad	5.78	3	1.93	7.21	0.01
Localidad>Bloque	3.21	12	0.27	0.60	0.83
Tratamiento	59.43	5	11.89	26.87	0.00
Localidad*Tratamiento	12.53	15	0.84	1.89	0.04
Error	26.54	60	0.44		
Total	107.49	95			

Fuente: Elaboración propia, 2020

6.4.3. Prueba de medias, método *Scott&Knott*

a. Prueba para Localidades

Tabla 21.

Test:Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 0.2674 gl: 12

Localidad	Medias	n	E.E.	Agrupación	
Sactá	3.96	24	0.11	A	
Chinajuc	3.58	24	0.11		B
Santo Domingo Sector II	3.46	24	0.11		B
Sexoy	3.29	24	0.11		B

Fuente: Elaboración propia, 2020

b. Prueba para Tratamientos

Tabla 22.

Test:Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 0.4424 gl: 60

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Agrupación			
5	5.06	16	0.17	A			
2	3.75	16	0.17		B		
4	3.69	16	0.17		B		
3	3.38	16	0.17		B		
6	3.06	16	0.17			C	
1	2.50	16	0.17				D

Fuente: Elaboración propia, 2020

c. Prueba para interacción entre localidades y tratamientos

Tabla 23.

Test: Scott & Knott Alfa=0.05

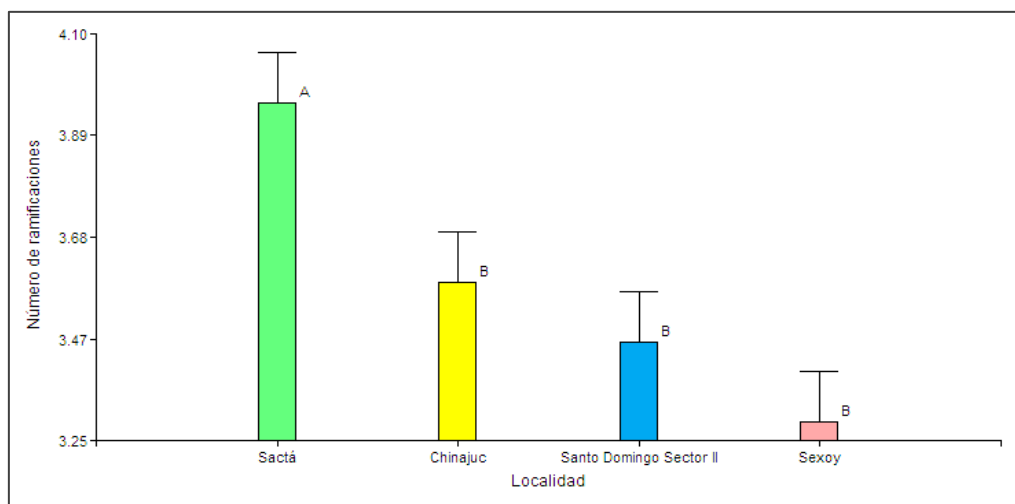
Error: 0.4424 gl: 60

Localidad	Tratamiento	Medias	n	E.E.	Agrupación		
Sactá	5	5.75	4	0.33	A		
Chinajuc	5	5.50	4	0.33	A		
Santo Domingo Sector II	5	5.00	4	0.33	A		
Sexoy	5	4.00	4	0.33		B	
Sactá	6	4.00	4	0.33		B	
Sexoy	4	4.00	4	0.33		B	
Sexoy	2	4.00	4	0.33		B	
Santo Domingo Sector II	2	3.75	4	0.33		B	
Chinajuc	4	3.75	4	0.33		B	
Chinajuc	2	3.75	4	0.33		B	
Sactá	3	3.75	4	0.33		B	
Santo Domingo Sector II	4	3.50	4	0.33		B	
Sactá	2	3.50	4	0.33		B	
Sactá	4	3.50	4	0.33		B	
Chinajuc	3	3.25	4	0.33		B	
Santo Domingo Sector II	3	3.25	4	0.33		B	
Sactá	1	3.25	4	0.33		B	
Sexoy	3	3.25	4	0.33		B	
Chinajuc	6	3.00	4	0.33		B	
Santo Domingo Sector II	6	3.00	4	0.33		B	
Sexoy	6	2.25	4	0.33			C
Chinajuc	1	2.25	4	0.33			C
Santo Domingo Sector II	1	2.25	4	0.33			C
Sexoy	1	2.25	4	0.33			C

Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 10

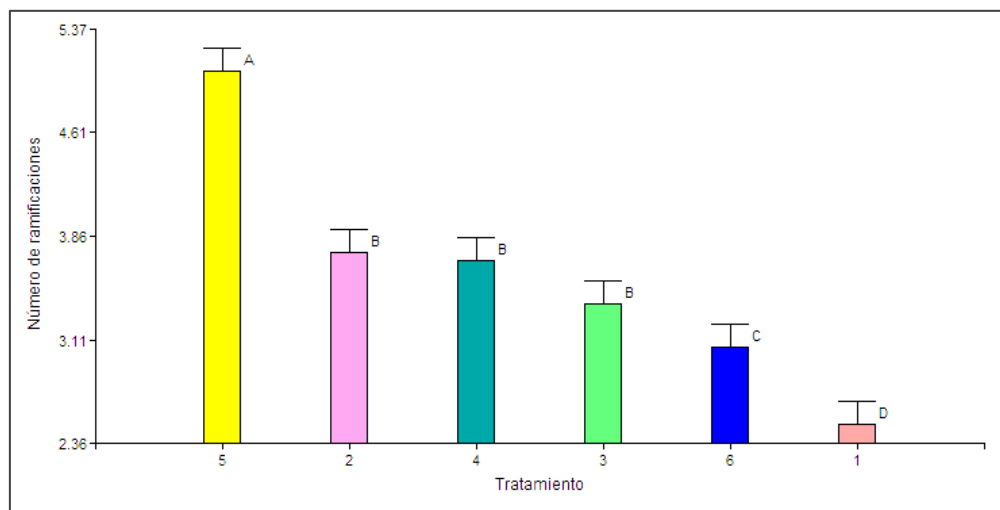
Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para localidades; número de ramificaciones



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 10

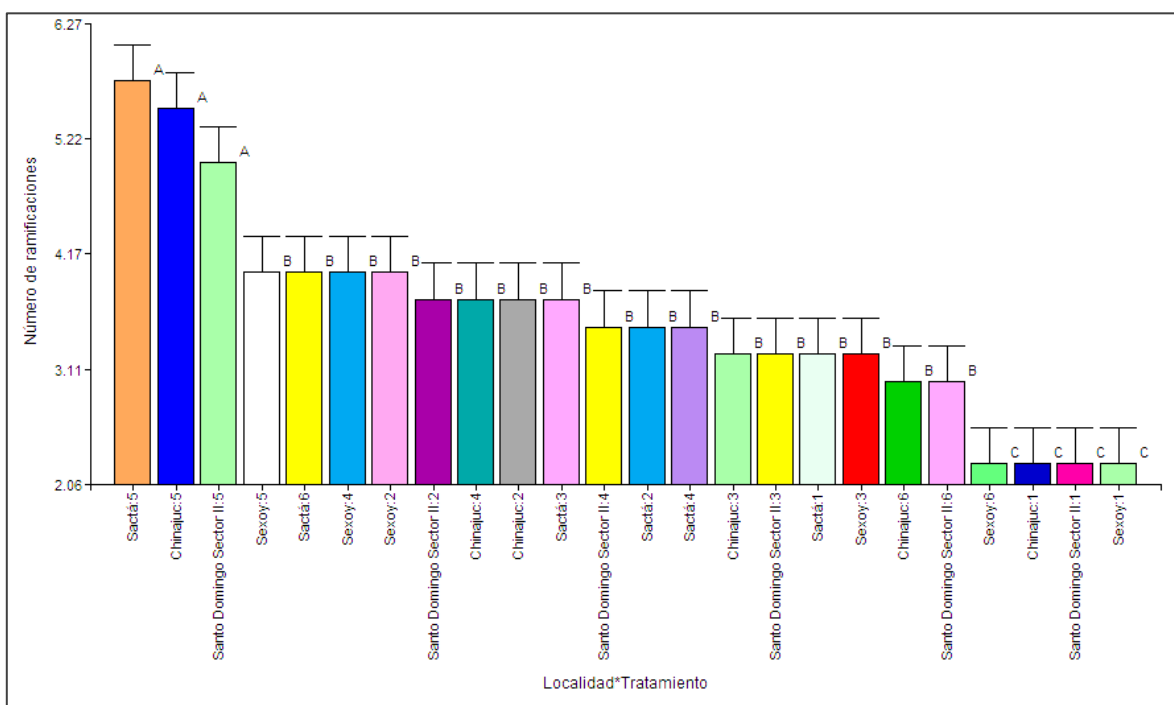
Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para tratamientos



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 10

Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para interacción entre localidades y tratamientos



Fuente: Elaboración propia, 2020

6.5. Variable rendimiento en fresco (quintales/cuerda de 441 m²)

El chile cahabonero se cosecha cuando los frutos presentan una coloración de un rojo o naranja intenso, según el cultivar, el peso en fresco de chile ya cortado conforme avanza el

tiempo, sufre un proceso de deshidratación, además es sometido a proceso de secado con diferentes métodos es por ello que se da una variación de su peso.

6.5.1. Prueba de Hartley

Tabla 24.

Prueba de Hartley para variable rendimiento en fresco (kg/Ha)

Elemento de la prueba	Descripción	Valor correspondiente
CME de cada localidad	Aldea Sactá	0.17
	Caserío Sexoy	0.06
	Caserío Chinajuc	0.16
	Caserío Santo Domingo Sector II	0.13
CME Máx. y Min.	CM Residuo (Máx)	0.17
	CM Residuo (mín)	0.06
Prueba de Hartley (ecuación)	$F_{(máx)} = \frac{CM_{Residuo (máx)}}{CM_{Residuo (mín)}}$	De la Tabla se tiene para (0.05; valor de Fmáx) un valor, por lo que se verifica si se rechaza o no la hipótesis nula, esto es, se puede considerar la existencia de homocedasticidad Valor de tabla = 4.01
Cálculo Prueba de Hartley	$F_{(máx)} = \frac{0.17}{0.06} = \mathbf{2.83}$	
Conclusión	Dado que hay homocedasticidad, donde F(máx) calculada no supera F(máx) indicada por tabla, se pueda evaluar el experimento en conjunto en un solo ANDEVA	

Fuente: Elaboración propia, 2020

6.5.2. ANDEVA Grupal

Para la variable rendimiento en peso fresco existe alta significancia para las variables fertilización y densidad de siembra de acuerdo al análisis de varianza (ANDEVA) obtenido. El coeficiente de variación grupal corresponde 14.98 % lo que indica que los datos están en el rango aceptable y que el experimento fue ejecutado correctamente.

Tabla 25.

ANDEVA Grupal de variable rendimiento en fresco

Variable N R² R² Aj CV
 Rendimiento en fresco (kg/Ha) 96 0.88 0.82 14.98

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	59.65	35.00	1.70	13.03	0.00
Localidad	14.38	3.00	4.79	12.12	0.00
Localidad>Bloque	4.75	12.00	0.40	3.02	0.00
Tratamiento	36.22	5.00	7.24	55.39	0.00
Localidad*Tratamiento	4.30	15.00	0.29	2.19	0.02
Error	7.85	60.00	0.13		
Total	67.50	95.00			

Fuente: Elaboración propia, 2020

6.5.3. Prueba de medias, método Scott&Knott

a. Prueba para Localidades

El efecto de los ambientes marcado por la prueba de medias, según el método de Scott&Knott, arroja que la localidad de Sactá es la que mejor condición presenta para la producción de chile cahabonero, ya que las condiciones edáficas superan al resto, en segundo lugar, aparece Santo Domingo Sector II y Chinajuc, con suelos franco arenosos, por último, el Caserío Sexoy en la que hay mucha más presencia de arcilla en los suelos, lo que limita el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Tabla 26.

Test:Scott & Knott Alfa=0.05 para localidades

Error: 0.3956 gl: 12

Localidad	Medias	n	E.E.	Agrupación		
Sactá	3.00	24	0.13	A		
Chinajuc	2.42	24	0.13		B	
Santo Domingo Sector II	2.32	24	0.13		B	
Sexoy	1.91	24	0.13			C

Fuente: Elaboración propia, 2020

b. Prueba para Tratamientos

Tabla 27

Test:Scott & Knott Alfa=0.05 para la variable rendimiento en fresco (kg/Ha)

Error: 0.1308 gl: 60

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Agrupación			
5	3.14	16	0.09	A			
2	3.05	16	0.09	A			
3	2.81	16	0.09		B		
1	2.11	16	0.09			C	
4	1.77	16	0.09				D
6	1.60	16	0.09				D

Fuente: Elaboración propia, 2020

El uso de abonos orgánicos ha sido utilizado para mejorar la producción de cultivos en cualquier tipo de suelos, especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica y degradados por la erosión; aumenta la cantidad de nutrientes, ayuda a captar y mantener y disponer de más agua para las plantas. El lombricompost es un abono orgánico que se obtiene a partir de la acción de la lombriz californiana, la adición a los cultivos logra muy buenos resultados en cuanto al rendimiento de los cultivos.

El adecuado distanciamiento de plantas es fundamental en el aprovechamiento del recurso luz, humedad, suelo y nutrientes; la competencia que puede existir entre la misma especie por espacio y distribución puede repercutir positiva o negativamente en determinado cultivo. En este experimento se manejaron dos distanciamientos de siembra de 0.5 x 0.9 y de 0.6 X 0.9 m entre plantas, los tratamientos se definieron por 0.5, 1.0, 1.5 lb de lombricompost, con los dos distanciamientos mencionados.

Según lo que indica la prueba de tratamientos, en el primer grupo, el tratamiento 5= 1.0 lb de lombricompost con densidad de 0.6 x 0.9 m obtuvo mejores resultados seguido del tratamiento 2= 1.0 lb de lombricompost con densidad de 0.5 x 0.9 m y el tratamiento 3= 1.5 lb de lombricompost con densidad de 0.6 x 0.9 m, en el segundo grupo se aprecia el tratamiento 1= 0.5 lb de lombricompost y distanciamiento de 0.5 x 0.90 m, en tanto que en el tercer grupo aparecen los tratamientos 4 = 0.5 lb de lombricompost con distanciamiento de siembra 0.6 x 0.9 m y el 6= 1.5 lb de lombricompost con densidad de 0.6 x 0.9 m respectivamente.

Para rendimiento de peso fresco el tratamiento 5 es el más recomendable con una dosis de 1.0 lb de lombricompost por planta y distanciamiento de 0.6 x 0.9 m. representado por 57,111 Kg/ha de peso fresco.

El uso de abonos orgánicos en la fertilización de los cultivos es una alternativa a los problemas que ha generado el empleo intensivo de fertilizantes químicos. Los abonos orgánicos, por las propias características en su composición son formadores del humus y enriquecen al suelo con este componente, modificando algunas de las propiedades y características del suelo como su reacción (pH), cargas variables, capacidad de intercambio iónico, quelatación de elementos, disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y potasio, y desde luego la población microbiana, haciéndolo más propio para el buen desarrollo y rendimiento de los cultivos; tal como se comprobó en esta prueba, el de tipo lombricompost, ofrece mejores propiedades y características que permiten la disponibilidad inmediata a la planta.

De acuerdo a Sagastume³⁸, el humus de lombriz posee una elevada carga microbiana, contribuyendo a la protección de la raíz, de bacterias y nemátodos sobre todo, para el cual está especialmente indicado. Además produce hormonas como el ácido indolacético y ácido giberélico, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de las plantas. Ucan et al³⁹ establecer que dentro de ciertos límites, al aumentar la densidad de siembra, el rendimiento por

³⁸ Sagastume, Erick. 2015. *Evaluación de lombricompost de coqueta roja (Eisenia foetida) en la producción de chile dulce, la Fragua, Zacapa*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Guatemala, 56 p.

³⁹ Ucan, C. I., Sánchez del C. F., Contreras, M. E. y Corona, S. T. 2005. *Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño de fruto de tomate*. Revista Fitotecnia Mexicana. 28(01): 33-38.

unidad de superficie aumenta debido a un mayor número de frutos por unidad de superficie; sin embargo, el rendimiento por planta disminuye como consecuencia de un menor número de frutos por planta y un menor peso y tamaño de éstos; lo cual fue observado en la presente investigación.

La densidad de 22 222 plantas/ha, corresponde a un distanciamiento de siembra de 0,9 m entre surcos y 0,5 m entre plantas; lo que permitiría aprovechar mejor los espacios disponibles por unidad de área y optimizar la productividad del suelo.

c. Prueba para interacción entre localidades y tratamientos

Tabla 28.

Test: Scott & Knott Alfa=0.05 para interacción entre localidades y tratamientos, para la variable rendimiento en fresco (kg/Ha)

Error: 0.1308 gl: 60

Localidad	Tratamiento	Medias	n	E.E.	Agrupación			
Sactá	5	3.85	4	0.18	A			
Sactá	2	3.72	4	0.18	A			
Sactá	3	3.60	4	0.18	A			
Chinajuc	5	3.22	4	0.18		B		
Chinajuc	2	3.07	4	0.18		B		
Santo Domingo Sector II	5	3.04	4	0.18		B		
Chinajuc	3	3.00	4	0.18		B		
Sactá	1	2.72	4	0.18		B		
Sexoy	2	2.71	4	0.18		B		
Santo Domingo Sector II	2	2.71	4	0.18		B		
Santo Domingo Sector II	3	2.50	4	0.18		B		
Sexoy	5	2.44	4	0.18			C	
Santo Domingo Sector II	1	2.34	4	0.18			C	
Chinajuc	1	2.24	4	0.18			C	
Sexoy	3	2.15	4	0.18			C	
Sactá	4	2.07	4	0.18			C	
Sactá	6	2.01	4	0.18			C	
Santo Domingo Sector II	4	1.80	4	0.18				D
Chinajuc	4	1.72	4	0.18				D
Santo Domingo Sector II	6	1.55	4	0.18				D
Sexoy	6	1.53	4	0.18				D
Sexoy	4	1.49	4	0.18				D
Chinajuc	6	1.31	4	0.18				D
Sexoy	1	1.16	4	0.18				D

Fuente: Elaboración propia, 2020

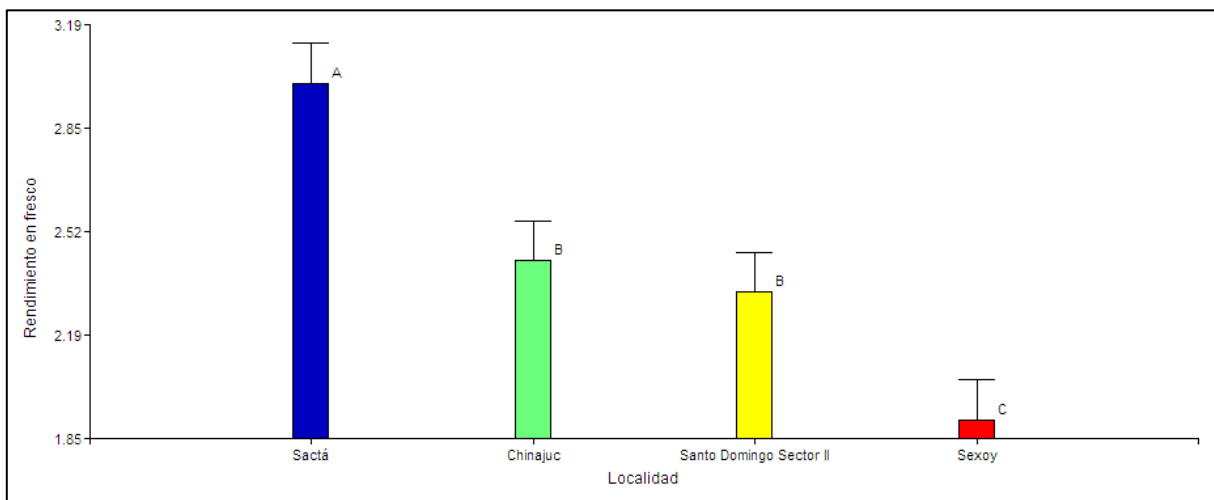
En cuanto a los resultados de interacción de localidades con tratamientos para la variable rendimiento de peso fresco (quintales/cuerda de 441 m²), el primer grupo lo define la localidad de Sactá, con los tratamientos 5= 1.0 de lombricompost con distanciamiento de 0.6 x 0.9 m, el 3= 1.5 lb de lombricompost con densidad de 0.5 x 0.9 m y el 2= 1.0 lb de lombricompost con distanciamiento de siembra de 0.5 x 0.9 m.

Éstos resultados permiten tener una respuesta a todos los tratamientos utilizado en cada unidad experimental, factor importante el de distanciamiento de siembra de 0.6 x 0.9, ya que permite el desarrollo óptimo de las plantas, así como la prevención de enfermedades ya que se

encuentran libres de roces unas con otras y permite mayor aireación entre ellas. En el caso de densidad de 0.5 x 0.9 m las plantas tienen menos espacio para desarrollo, pero al estar más juntas pueden aprovechar la disponibilidad de los nutrientes que libera el lombricompost como lo indica el tratamiento 3 y 2.

Figura 11

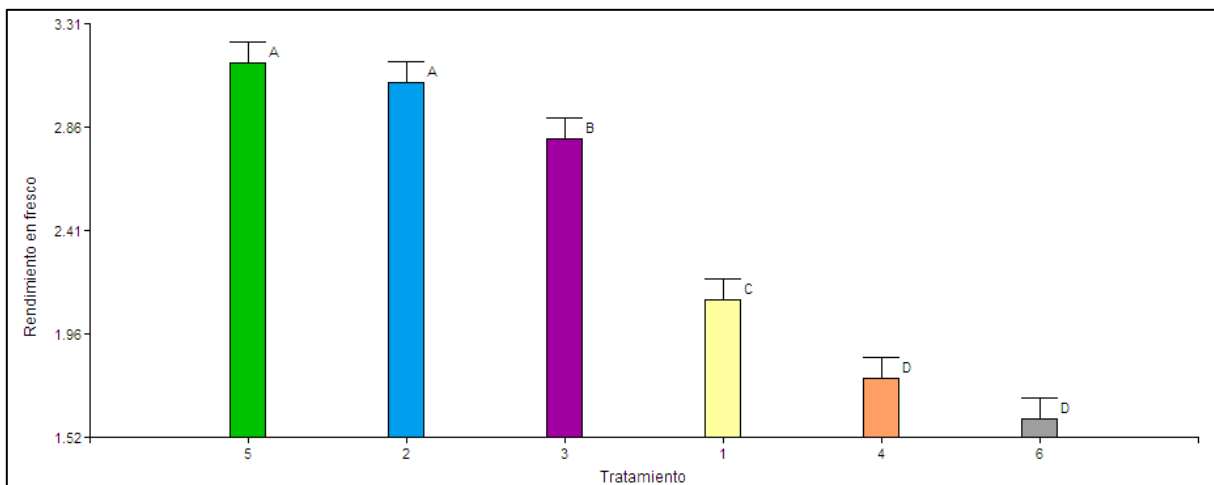
Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para localidades; fresco (quintales/cuerda de 441 m²)



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 12

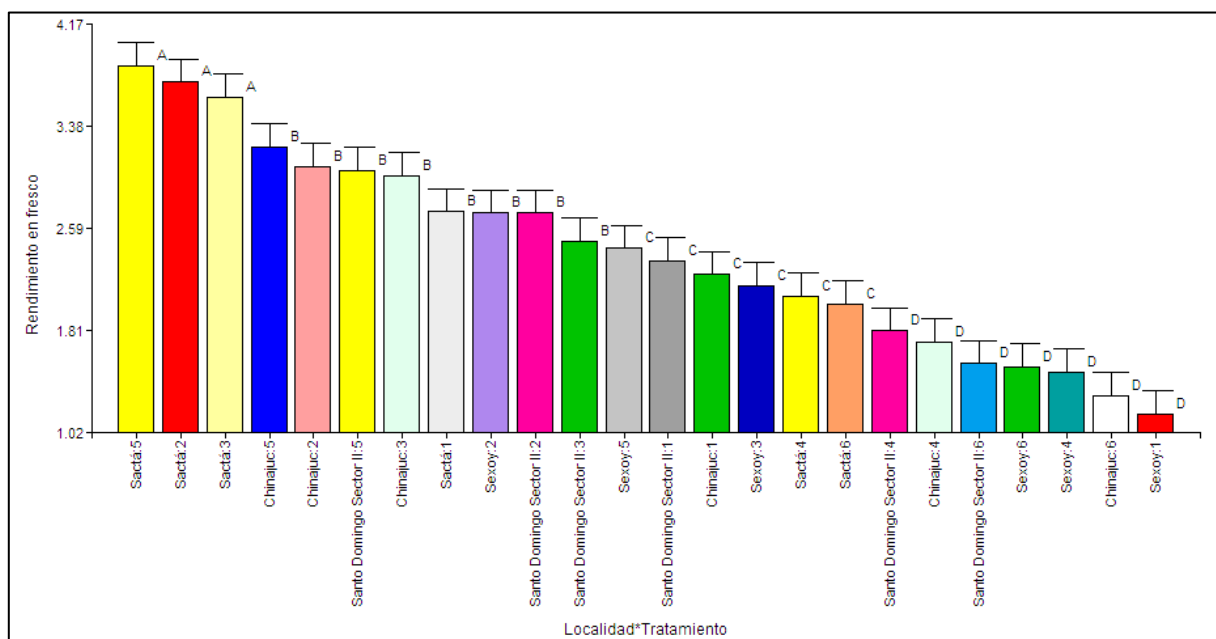
Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para tratamientos; rendimiento en fresco (quintales/cuerda de 441 m²)



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 14

Prueba de Medias *Scott&Knott* (0.05) para interacción entre localidades y tratamientos; rendimiento en fresco (quintales/cuerda de 441 m²)



Fuente: Elaboración propia, 2020

6.6. Variable rendimiento en seco (quintales/cuerda de 441 m²)

El peso de chile seco se define en base al procedimiento que se le hace cuando es expuesto al sol o al humo, que son las formas más comunes para la lograr la deshidratación total del fruto en un proceso de secado.

Anteriormente en la investigación de densidades de siembra y tipos de fertilización orgánica en chile cahabonero se logró determinar que las plantas abonadas con lombricompost eran las que producían los frutos con mayor peso fresco, por consiguiente, un buen rendimiento en peso seco como se presenta a continuación. Inicialmente, la prueba de Hartley indica que ésta variable se puede analizar con un grupo de experimentos.

Para la variable rendimiento en peso seco existe alta significancia para las variables fertilización y densidad de siembra de acuerdo al análisis de varianza (ANDEVA) obtenido. El coeficiente de variación grupal corresponde 15.28 % lo que indica que los datos están en el rango aceptable y que el experimento fue ejecutado correctamente.

6.6.1. Prueba de Hartley

Tabla 28

Prueba de Hartley para variable rendimiento en seco (quintales/cuerda)

Elemento de la prueba	Descripción	Valor correspondiente
CME de cada localidad	Aldea Sactá	0.02
	Caserío Sexoy	0.01
	Caserío Chinajuc	0.02
	Caserío Santo Domingo Sector II	0.01
CME Máx. y Min.	CM Residuo (Máx)	0.02
	CM Residuo (mín)	0.01
Prueba de Hartley (ecuación)	$F_{(máx)} = \frac{CM_{Residuo(máx)}}{CM_{Residuo(mín)}}$	De la Tabla se tiene para (0.05; valor de F _{máx}) un valor, por lo que se verifica si se rechaza o no la hipótesis nula, esto es, se puede considerar la existencia de homocedasticidad Valor de tabla = 4.01
Cálculo Prueba de Hartley	$F_{(máx)} = \frac{0.02}{0.01} = \mathbf{2.00}$	
Conclusión	Dado que hay homocedasticidad, donde F(máx) calculada no supera F(máx) indicada por tabla, se pueda evaluar el experimento en conjunto en un solo ANDEVA	

Fuente: Elaboración propia, 2020

6.6.2. ANDEVA Grupal

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento en seco (kg/Ha..)	96	0.88	0.80	15.28

Tabla 29

ANDEVA Grupal de la variable rendimiento en fresco

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.26	35	0.15	12.18	0.00
Localidad	1.24	3	0.41	12.22	0.00
Localidad>Bloque	0.41	12	0.03	2.74	0.01
Tratamiento	3.23	5	0.65	52.27	0.00
Localidad*Tratamiento	0.39	15	0.03	2.10	0.02
Error	0.74	60	0.01		
Total	6.00	95			

Fuente: Elaboración propia, 2020

6.6.2. Prueba de medias, método Scott&Knott

a. Prueba para Localidades

Tabla 30

Test: Scott & Knott Alfa=0.05 para la variable rendimiento en seco (quintales/cuerda de 441 m²)

Error: 0.0338 gl: 12

Localidad	Medias	n	E.E.	Agrupación		
Sactá	0.90	24	0.04	A		
Chinajuc	0.73	24	0.04		B	
Santo Domingo Sector II	0.70	24	0.04		B	
Sexoy	0.58	24	0.04			C

Fuente: Elaboración propia, 2020

La prueba de medias, según el método de Scott&Knott, indica que de acuerdo a las localidades aparecen tres grupos cuanto al rendimiento del chile en peso seco, en el que se presenta como primer grupo la localidad Sactá, el segundo grupo lo conforman Chinajuc y Santo Domingo Sector II y por último se tiene a Sexoy. Estos datos confirman que uno de los mejores ambientes para la producción de chile se encuentra en Sactá.

b. Prueba para Tratamientos

Tabla 31

Test: Scott & Knott Alfa=0.05 para la variable rendimiento en seco quintales/cuerda de 441 m²

Error: 0.0123 gl: 60

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Agrupación		
5	0.95	16	0.03	A		
2	0.91	16	0.03	A		
3	0.85	16	0.03	A		
1	0.64	16	0.03		B	
4	0.53	16	0.03			C
6	0.48	16	0.03			C

Fuente: Elaboración propia, 2020

Según las pruebas a través de Scott&Knott, el tratamiento que tiene mejor rendimiento en peso seco es el 5= 1.0 lb de lombricompost con densidad de 0.6 x 0.9 m, el 1 2= 1.0 lb de lombricompost y densidad de 0.5 x 0.9 m y el tratamiento 3= 1.5 lb de lombricompost con densidad de 0.5 x 0.9m; en el segundo grupo el tratamiento 1= 0.5 lb de lombricompost con densidad 0.5 x 0.9 M; y en el tercer grupo, los tratamientos 4= 0.5 lb de lombricompost con densidad de 0.6 x 0.9 m y 6= 1.5 lb de lombricompost con densidad de 0.6 x 0.9 m.

c. Prueba para interacción entre localidades y tratamientos

Tabla 32

Test: Scott & Knott Alfa=0.05 para la interacción entre localidades y tratamientos

Error: 0.0123 gl: 60

Localidad	Tratamiento	Medias	n	E.E.	Agrupación			
Sactá	5	1.16	4	0.06	A			
Sactá	3	1.09	4	0.06	A			
Sactá	2	1.07	4	0.06	A			
Chinajuc	5	0.97	4	0.06	A			
Chinajuc	2	0.93	4	0.06		B		
Santo Domingo Sector II	5	0.92	4	0.06		B		
Chinajuc	3	0.91	4	0.06		B		
Sactá	1	0.82	4	0.06		B		
Sexoy	2	0.82	4	0.06		B		
Santo Domingo Sector II	2	0.82	4	0.06		B		
Santo Domingo Sector II	3	0.75	4	0.06		B		
Sexoy	5	0.74	4	0.06		B		
Santo Domingo Sector II	1	0.71	4	0.06			C	
Chinajuc	1	0.68	4	0.06			C	
Sexoy	3	0.65	4	0.06			C	
Sactá	4	0.63	4	0.06			C	
Sactá	6	0.61	4	0.06			C	
Santo Domingo Sector II	4	0.54	4	0.06				D
Chinajuc	4	0.52	4	0.06				D
Santo Domingo Sector II	6	0.47	4	0.06				D
Sexoy	6	0.46	4	0.06				D
Sexoy	4	0.45	4	0.06				D
Chinajuc	6	0.39	4	0.06				D
Sexoy	1	0.35	4	0.06				D

Fuente: Elaboración propia, 2020

Respecto a la interacción localidad y tratamiento en cuanto al rendimiento en peso seco (quintales/cuerda) los mejores resultados los arrojó la localidad de Sactá con los tratamientos 5= 1.0 lb de lombricompost con densidad 0.6 x 0.9m, 2= 1.0 lb de lombricompost con densidad de 0.5 x 0.9m, 3= 1.5 lb de lombricompost con densidad de 0.5 x 0.9 m y la localidad Chinajuc con el tratamiento 5= 1.0 lb de lombricompost con densidad de 0.6 x 0.9 m respectivamente. Es importante la búsqueda en mejorar los rendimientos del cultivo seguidamente aparecen tres grupos más en los que aparecen otras localidades con distintos tratamientos. En definitiva Sactá presenta las mejores condiciones para el desarrollo del cultivo, por lo que al efectuar la interacción con el mejor tratamiento, se obtienen las condiciones ideales de rendimiento por unidad de área de producción de chile cahabonero.

El mejor rendimiento en cuanto a interacción de localidades y tratamientos se evidencia en el tratamiento 5 en la localidad de Sactá con un rendimiento en peso seco de 1.16 quintales/cuerda, a una densidad de 18,518 plantas/Ha.

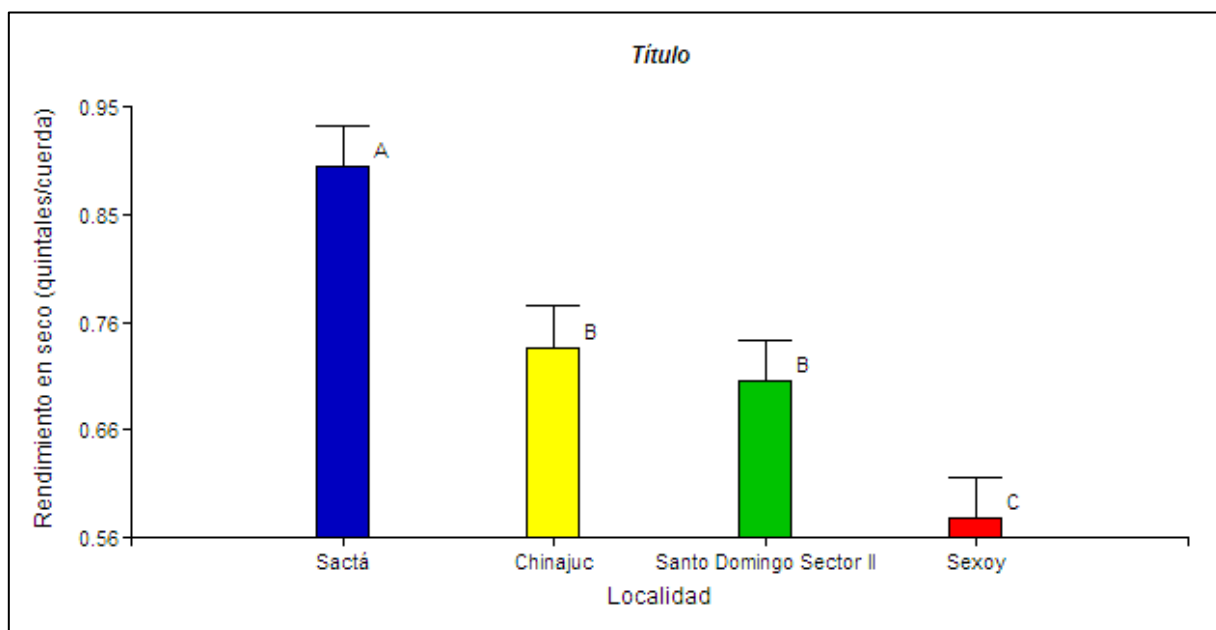
Los productores en general buscan tecnologías que permitan obtener altos rendimientos por unidad de superficie, a la vez reducir los ciclos de cultivo y mantener la calidad de la producción.

En esta investigación, se mantuvieron las calidades con las que comercialmente se distribuyen en la región (color, olor y tamaño de tal cultivar), por lo que representa una gran oportunidad mediante la aplicación de algunos cambios a la producción tradicional.

Se determina que el abono lombricompost, ofrece una disponibilidad mucho más inmediata de los nutrientes necesarios en la planta, por lo que se acorta el proceso hacia la floración y permite una mayor precocidad en la producción. Una buena parte de los nutrimentos fueron translocados a la estructura floral y posteriormente a los frutos, que son los órganos comercializables, por lo que se deben considerar como salidas importantes del sistema de producción.

Figura 15

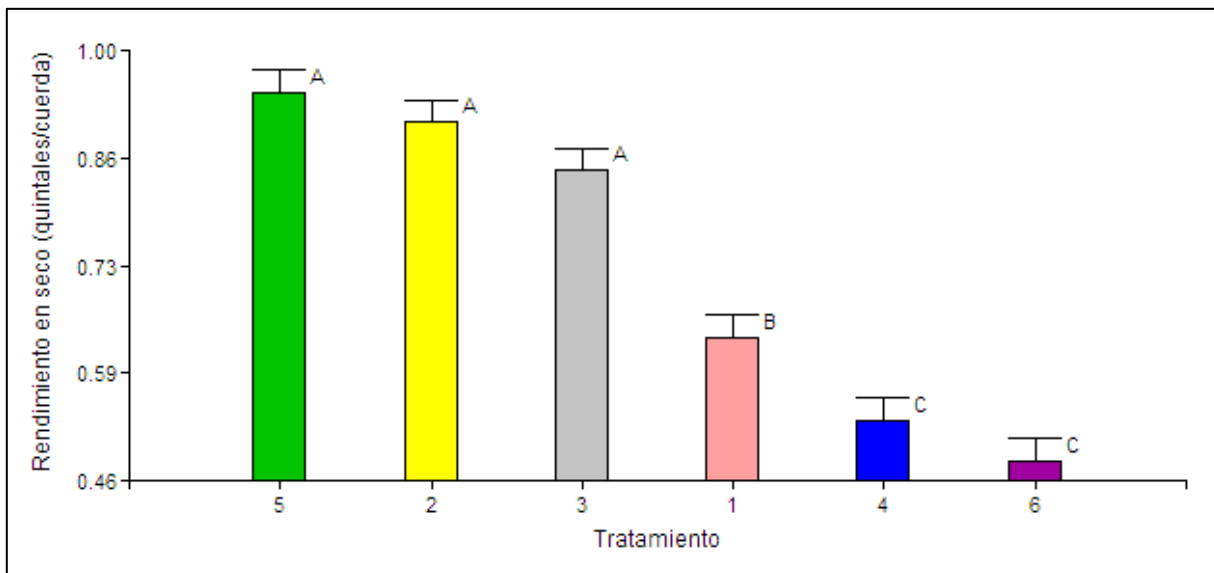
Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para localidades; rendimiento en seco (kg/Ha)



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 16

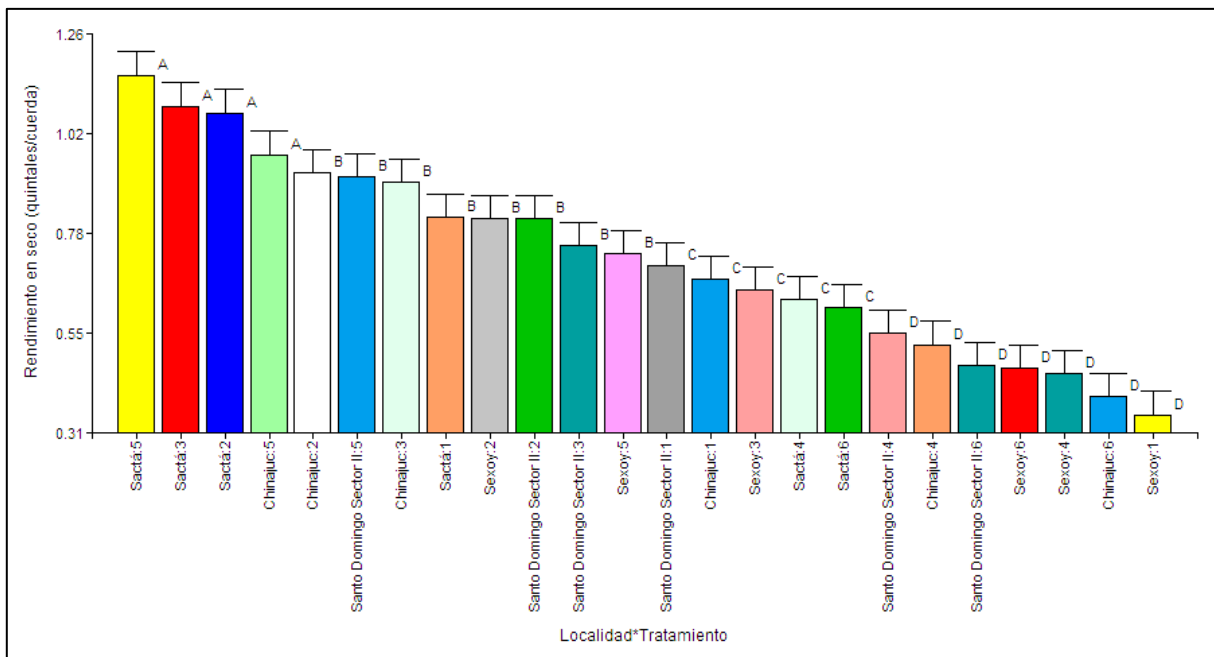
Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para tratamientos



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 18

Prueba de Medias Scott&Knott (0.05) para interacción entre localidades y tratamientos



Fuente: Elaboración propia, 2020

6.7. Costos fijos en producción chile cahabonero por hectárea

Tabla 33

Costos fijos de producción de chile cahabonero

COSTOS FIJOS EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE CAHABONERO POR CUERDA DE 441 m² Y POR HECTÁREA				
CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (Q.)	COSTO TOTAL
I. COSTOS DIRECTOS				
1. Renta del terreno	Ciclo	1	Q25.00	Q25.00
2. Mano de obra	Jornal	10	Q90.16	Q901.60
3. Insumos				
3.1. Rafia (rollo de 100 m)	Unidad	0.2	Q90.00	Q18.00
3.5. Costales	Unidades	10	Q5.00	Q50.00
3.6. Insecticida (Fange)	L	0.35	Q92.28	Q32.30
3.7. Insecticida (Biomix)	L	0.15	Q453.38	Q68.01
3.8. Insecticida (Biobass)	L	0.15	Q374.73	Q56.21
3.9. Fungicida (Bioreach)	L	0.15	Q447.44	Q67.12
3.10. Fungicida (Serenade)	L	0.35	Q133.64	Q46.77
3.11. Fungicida/bactericida (Omicrom BF)	L	0.15	Q160.00	Q24.00
3.12. Enmendador de agua (Abland)	L	0.15	Q117.00	Q17.55
Costo fijo por cuerda				Q1,306.55
Costo fijo por hectárea				Q29,627.09

Fuente: Elaboración propia, 2020

El costo total para la producción del cultivo de chile fue de Q29,627.09 por hectárea, se hizo el respectivo análisis para todos los tratamientos que se utilizaron en la unidad experimental, el cual se presenta en el cuadro 33.

Esta es una nueva propuesta que ya se implementó y queda a discreción de las personas que deseen continuar con la aplicación de los productos orgánicos mencionados y los materiales que anteriormente se describieron. En la misma se contempla el uso de insecticidas y fungicidas con acción/control biológico (hongos entomopatógenos y hongos que protegen las raíces y destruyen a los patógenos al mismo tiempo que la cepa se expande, aumentando y prolongando en el tiempo los beneficios de este hongo que es un eficaz fungicida y un valioso protector biológico de las plantas). De igual forma se incluye un enmendador para un uso más eficiente de los productos utilizados.

6.7.1. Costos variables

Tabla 34

Costos variables de producción con diferentes dosis de fertilización y densidades

COSTOS VARIABLES											
No. TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS		FERTILIZANTE ORGÁNICO LOMBRICOMPOST					PLANTULAS - PILONES			COSTO VARIABLE
	Dosis de lombricompost/planta	Densidad de plantas/Ha	Dosis en libras/planta	Libras/Ha	Quintales/Ha	Precio lombricompost/quintal	Costo total fertilizante lombricompost /Ha	Precio Unitario	Pilones/Ha	Costo total pilones/Ha	
1	0.5 lb	22222	0.5	11111.0	111.1	Q40.00	Q4,444.40	Q0.15	22222	Q3,333.3	Q7,777.70
2	1 lb	22222	1	22222.0	222.2	Q40.00	Q8,888.80	Q0.15	22222	Q3,333.3	Q12,222.10
3	1.5 lb	22222	1.5	33333.0	333.3	Q40.00	Q13,333.20	Q0.15	22222	Q3,333.3	Q16,666.50
4	0.5 lb	18518	0.5	9259.0	92.6	Q40.00	Q3,703.60	Q0.15	18518	Q2,777.7	Q6,481.30
5	1 lb	18518	1	18518.0	185.2	Q40.00	Q7,407.20	Q0.15	18518	Q2,777.7	Q10,184.90
6	1.5 lb	18518	1.5	27777.0	277.8	Q40.00	Q11,110.80	Q0.15	18518	Q2,777.7	Q13,888.50

Fuente: Elaboración propia, 2020

En cuanto a los costos variables el tratamiento 3 que obtuvo el mayor costo de producción fue la aplicación de lombricompost a una dosis de 1 libra/planta y una densidad de 22,222 plantas con un costo de Q 16,666.50 por hectárea y el de menor costo de producción fue el tratamiento 4 con una densidad de siembra de 18,518 plantas/Ha y dosis de lombricompost a 1 libra/planta. El tratamiento que obtuvo el mejor rendimiento en campo para la producción de chile en seco fue el 5, que, de acuerdo a éste análisis, sus costos variables alcanzan los Q10,184.90.

6.7.2. Cálculo de rentabilidad

Tabla 35

Cálculo de rentabilidad (Beneficio/costo) en la producción de chile cahabonero de acuerdo a tipos de fertilización orgánica al suelo y densidades de siembra

ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO -Índice Neto de Rentabilidad												
No. TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS		COSTOS			BENEFICIO					B/C	Tasa Marginal %
	Dosis de lombricompost/planta	Densidad de plantas/Ha	Costo fijo/Ha	Costo variable/Ha	Costo total/Ha	Rendimiento quintales/Cuerda de 441 m ²	Rendimiento quintales/Hectárea	Rendimiento kg/Ha	Precio actual/Kg	Beneficio total/Ha		
1	0.5 lb	22222	Q29,627.09	7777.7	Q37,404.79	0.64	14.49	657.09	77.00	Q50,595.8	1.35	35.27
2	1 lb	22222	Q29,627.09	12222.1	Q41,849.19	0.91	20.63	935.79	77.00	Q72,055.6	1.72	72.18
3	1.5 lb	22222	Q29,627.09	16666.5	Q46,293.59	0.85	19.26	873.60	77.00	Q67,267.3	1.45	45.31
4	0.5 lb	18518	Q29,627.09	6481.3	Q36,108.39	0.53	12.12	549.78	77.00	Q42,332.9	1.17	17.24
5	1 lb	18518	Q29,627.09	10184.9	Q39,811.99	0.95	21.50	975.00	77.00	Q75,075.4	1.89	88.57
6	1.5 lb	18518	Q29,627.09	13888.5	Q43,515.59	0.48	10.94	496.45	77.00	Q38,226.6	0.88	-12.15

Fuente: Elaboración propia, 2020

De acuerdo al análisis de la tasa marginal (%), se determinó que el mejor tratamiento bajo las condiciones evaluadas, fue el número 5, que corresponde a una densidad de 18,518 plantas/Ha y una dosis de 1 libra por planta de lombricompost, representa el mejor tratamiento recomendable para el productor ya que le genera los mejores ingresos, donde por cada quetzal invertido se obtiene de retorno en beneficios 88.57 centavos de quetzal, esto considera a todas las localidades evaluadas. La rentabilidad más baja se presentó en el tratamiento 6, donde por cada quetzal invertido, se pierden 12.15 centavos; representa pérdidas económicas y no representa una alternativa en definitiva para el productor, ya que en vez de generar beneficios, se dan pérdidas.

La utilización del abono lombricompost presenta la ventaja de que mejora los rendimientos en el cultivo de chile cahabonero debido a que no solamente puede ser utilizado como abono al suelo, sino que también los ácidos húmicos pueden aplicarse como fertilizante foliar, el pie de cría de coqueta roja *Eisenia foetida* puede ser vendido como semilla.

6.8. Discusión general

6.8.1. Importancia de los fertilizantes orgánicos al suelo en la producción de chile cahabonero y el lombricompost como una excelente alternativa

En la producción de chile cahabonero, existe interés en un sistema mucho más favorable y amigable al ambiente, dando uso a recursos disponibles en las comunidades, y de bajo costo. Por lo que en la actualidad, según Nicholls y Altieri⁴⁰, se considera importante la adaptación de formas de agricultura ecológica, sustentable, resiliente y socialmente justa que soporten un sistema alimentario más equitativo y viable para agricultores y consumidores.

La agricultura orgánica resulta ser para cultivos como el chile cahabonero, una alternativa muy valiosa, ya que al implementarse, según Rodríguez-Dimas, *Et al*⁴¹, permite sustituir los insumos tradicionales, mantener y mejorar la calidad del suelo, la producción de alimentos libre de trazabilidad no sostenible, dado que no incorporan los sistemas de producción, agroquímicos que afectan los recursos agua, suelo y medio ambiente.

En el caso de la fertilización, se han desarrollado diferentes fuentes de origen orgánico, cuya efectividad es alta según Mueller, *Et al*⁴²; Souza, *Et al*⁴³; y Cantero, *Et Al*⁴⁴. En los suelos manejados bajo principios agroecológicos se observan incrementos de la entomofauna, mayor actividad biológica, aumento de los niveles de materia orgánica, de la fertilidad del suelo y por ende de la productividad del cultivo; lo cual se corroboró en el proyecto de investigación con chile cahabonero.

A largo plazo, para el suelo la adición de fertilizantes orgánicos en sistemas de producción como del chile cahabonero y bajo las condiciones medioambientales y de relieve que presenta el municipio de Santa María Cahabón, se reduce según Mueller⁴⁵, procesos como lixiviación, fijación y volatilización, que dependen de la tasa de descomposición del material orgánico, la

⁴⁰ Nicholls, C. Y Altieri, M. 2012. Modelos Ecológicos Y Resilientes De Producción Agrícola Para El Siglo Xxi. Agroecología. 6:28 - 37.

⁴¹ Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Favelachávez, E., Figueroa-Viramontes, U., Álvarez, V., Palomogil, A., Márquez-Hernández, C. y Moreno-Reséndez, A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura. 13 (2):185 - 192.

⁴² Mueller, S., Wamser, A.F., Suzuki, A. Y Becker W.F. 2013. Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. Horticultura Brasileira. 31:860 - 92.

⁴³ Souza, J.L., Guimarães G.P. Y Favarato L.F. 2015. Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sobniveis de N. Horticultura Brasileira. 33:019 - 026.

⁴⁴ Cantero, José. 2015. Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena *Solanum melongena* L. Revista de Ciencias Agrícolas. Colombia. Volumen 32(2):56 - 67

⁴⁵ Mueller, S., Wamser, A.F., Suzuki, A. y Becker W.F. 2013. Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. Horticultura Brasileira. 31:860 - 92

cual es controlada por la temperatura, humedad, textura, mineralogía del suelo y composición química del material orgánico utilizado.

Además, la implementación de nuevas alternativas genera inquietud en los productores y actores locales.

El lombricompost contiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo, y dos veces y media más potasio que el estiércol de bovino. Se han efectuado diversos experimentos con lombricompost en diferentes especies vegetales, demostrando un aumento de la cosecha (kg/ha) comparados con la fertilización química⁴⁶

El humus de lombriz se puede utilizar prácticamente en todos los cultivos, según Infoagro⁴⁷; Para utilizarlo como reconstituyente orgánico para plantas ornamentales, se puede aplicar mensualmente al recipiente o al jardín, mezclándolo bien con la tierra. Esto enriquece el suelo con substancias nutritivas que son casi inmediatamente asimiladas por las plantas. En horticultura y floricultura se utiliza el humus para enriquecer y mejorar el suelo. Las plantas se desarrollan más rápidas y más fuertes y así son menos susceptibles a plagas y enfermedades. Por lo general también la cosecha es mayor.

Se evidenció que el fertilizante lombricompost permite la obtención de buenos resultados, similares a investigaciones realizadas por Gómez et al.⁴⁸ (2008) con aplicaciones de abonos orgánicos (composta) se incrementó en 48% en la altura de la planta. Nieto- Garibay et al.⁴⁹, (2002) reporta que con el uso de 50 t·ha⁻¹ de composta, el cultivo de chile habanero alcanza una mayor altura (73.2 cm) de las plantas.

Según Brechelt⁵⁰ el humus de lombricompost es uno de los mejores abonos orgánicos, porque proporciona al suelo nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, elementos esenciales para el desarrollo de las plantas. Ofrece a las plantas una alimentación equilibrada con los elementos básicos utilizables y asimilables por sus raíces.

6.8.2. El impacto del manejo de densidades de siembra en la producción de chile cahabonero

La densidad de siembra en el chile cahabonero se define como el número de plantas por unidad de área de terreno; tiene un marcado efecto sobre la capacidad de producción de las plantas y es tan importante, que se le considera como un insumo más en el proceso de producción; de la misma importancia que un fertilizante, por ejemplo. De acuerdo a los

⁴⁶ Restrepo, J. (1998). La idea y el arte de fabricar los abonos orgánicos fermentados, aportes y recomendaciones. Colección Agricultura orgánica para principiantes, Nicaragua. SIMAS. 150 p.

⁴⁷ Infoagro (2004). La Lombricultura. España. Consultado el 28 de noviembre de 2018. Disponible en: <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura2.htm>

⁴⁸ Gómez, A. R.; J. G. Lázaro y N. A. A. León. 2008. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y Rábano (*Rhabanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. Universidad Científica. 24: 11-20.

⁴⁹ Nieto Garibay, A.; A. B. Murillo, D. E. Troyo, M. J. A. Larrinaga y H. J. L. García. 2002. El uso de composta como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27 (8): 417-421.

⁵⁰ Brechelt, A. (2006). Manual práctico para la lombricultura. Fundación Agricultura y Medio Ambiente, Inc. Santo Domingo, República Dominicana. 13 p

resultados obtenidos el mejor resultado se obtiene utilizando un distanciamiento de 0,9 m x 0,5 m; lo que hace una densidad de 18,518 plantas/ha combinado con una adecuada fertilización para la obtención de rendimientos adecuados. Según López⁵¹ la densidad de siembra está relacionada con los efectos que en la planta produce la competencia de otras plantas de su misma especie o de otras que se encuentren dentro de un espacio determinado.

La competencia en el chile cahabonero genera inconveniencias causadas por la proximidad de las plantas vecinas y que pueden ser: disminución de disponibilidad de luz, espacio, agua o nutrientes para cualquier planta individual, cuando su follaje o área radicular se traslapa con la de otro individuo. A medida que se incrementa la población de plantas por área, disminuye la producción media por planta, debido a la competencia por los recursos necesarios para su crecimiento. Entre los factores más importantes que deciden la densidad de siembra óptima para un cultivo, están las características morfológicas de las plantas, las cuales deben de tener condiciones ambientales para que puedan desarrollarse sin limitantes y expresar la capacidad genética.

6.8.3. Tecnificación de los sistemas de producción de chile cahabonero y su impacto en las diferentes localidades de producción

En la investigación efectuada, se dio prioridad a la aplicación de diversas prácticas de producción orgánica, que fue libre de plagas y enfermedades comunes y devastadoras que se habían estado frecuentando en el municipio. De igual forma, la implementación de camellones y siembra respetando curvas de nivel permitió a los agricultores conocer otra metodología de siembra distinta a la tradicional. Cabe mencionar que la metodología tradicional se realiza dispersando la semilla al azar y distribuida sobre el suelo.

Para tal investigación se estableció a partir de pilones para manejar oportunamente la densidad de siembra y la implementación de un sistema de riego con pocos recursos, que puedan ser aplicados por los productores/actores locales.

De igual forma se definió que pueden existir ciertas variaciones conforme a la localidad, por lo que se generó información sobre los rendimientos esperados de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas de cada una de las localidades evaluadas, con el sistema de densidades propuesto y dosis de fertilización con lombricompost.

7. Conclusiones

- Dado que hay homocedasticidad en la prueba de Hartley efectuada para todas las variables respuesta en la investigación, donde $F(\text{máx})$ calculada no superó la $F(\text{máx})$ indicada por tabla, por lo que se determinó que se puede evaluar el experimento en conjunto en un solo ANDEVA.

⁵¹ López, Jaime. 2013. Densidades de siembra. ANACAFÉ. Guatemala. Consultado 28 de noviembre de 2018. Disponible en: <https://www.anacafe.org/glifos/index.php/16TEC:Densidad-de-siembra>

- El uso de lombricompost como fertilizante orgánico permite la obtención de un mejor desarrollo, lo cual se observa en el diámetro de tallo, número de ramificaciones, altura de planta y diámetro de área foliar.
- La localidad Sactá presentó las mejores características de altura de planta, variable diámetro de tallo y número de ramificaciones en relación a las demás localidades (Sexoy, Chinajuc y Santo Domingo Sector II) por lo que se generaron mejores condiciones para el desarrollo del material genético evaluado y una mejor asimilación del fertilizante orgánico lombricompost.
- El tratamiento 5 correspondiente a la aplicación de fertilizante orgánico lombricompost a una dosis de 1 lb/planta y densidad de siembra de 18,518 plantas/Ha se obtienen las mejores características en las variables diámetro de área foliar, diámetro de tallo y número de ramificaciones. Las mayores alturas de planta se obtuvieron con el tratamiento 6, con 1.5 lb/planta de lombricompost y densidad de 18,518 plantas/Ha.
- Los mejores rendimientos en fresco se obtuvieron, respecto a la localidad el mejor es Sactá con 3 quintales/cuerda de 441 m². Mientras que los mejores tratamientos son el No. 5 (densidad de 18,518 y 1 lb/planta) con un rendimiento de 3.14 quintales/cuerda; seguido del tratamiento 2 con 3.05 qq/cuerda que estadísticamente ambos son iguales (respecto al tratamiento anterior la variación es principalmente la densidad de siembra con 22,222 plantas/Ha). Por lo que cualquiera de estos tratamientos es recomendable para la obtención de chile en fresco.
- Respecto a rendimientos en seco, estadísticamente son 3 los mejores tratamientos (grupo A) de acuerdo a Scott-Knott son T5, correspondiente a densidad de siembra 18,518 plantas/Ha y 1 lb/planta de lombricompost con 0.5 quintales/cuerda de 441 m²; T2 (densidad de siembra de 22,222 plantas/Ha y 1 lb/planta de lombricompost con 0.91 quintales/cuerda, y T3 con la misma densidad que la última, pero con dosis de 1.5 lb/lombricompost por planta con una producción de 0.85 quintales/cuerda. Lo que confirma que un aumento de fertilizante orgánico a 1.5 lb/planta no representa resultados significativos, debiendo usar 1 lb/planta, sin importar la densidad utilizada.
- El costo fijo de producción/Ha es de Q29,627.09; mientras que el costo variable más bajo es de Q6,481.30 correspondiente al tratamiento 4 (lombricompost 0.5 lb/planta y densidad de 18,518 plantas/Ha), y el más alto es Q16,666.50 correspondiente al T3 (1.5 lb/planta y densidad de 22,222 plantas/Ha. La mejor tasa marginal se obtuvo en el tratamiento 5 con 88.57% seguido del T2 (72.18%). La tasa marginal más baja se obtuvo en el T6 con pérdidas que alcanzan un -12.15%.
- La utilización del abono lombricompost presenta la ventaja que, aparte que mejora las condiciones del suelo, eleva los rendimientos en el cultivo de chile cahabonero, sino que también los ácidos húmicos pueden ser utilizados como un fertilizante foliar rico en micro

elementos; por otra parte, el pie de cría de coqueta roja *Eisenia foetida* puede ser vendido para seguir generando ingresos y obtener más beneficios en cuanto a su producción y utilización.

8. Recomendaciones

- Producir el cultivo de chile a una densidad de siembra de 18,518 plantas/Ha y con el uso de abono tipo lombricompost a 1 lb/planta, dado que presenta la mejor tasa marginal y rentabilidad. Por otro lado, en esa densidad requiere menos plantas y esfuerzo en su siembra por hectárea.
- Evaluar el efecto de las épocas de siembra con la densidad de 18,518 plantas/Ha y 1 libra/planta de fertilizante lombricompost.
- Continuar con investigaciones que generen información técnica del cultivo a productores, actores locales y promotores de las regiones productoras de chile cahabonero.
- Evaluar otras variables edáficas y climáticas que influyan en el desarrollo del cultivo y su correlación con el desarrollo de la planta y rendimientos.
- Continuar con el uso de productos orgánicos para beneficio de los agricultores y sus familias, en armonía con el medio ambiente, para mejorar la seguridad alimentaria de los agricultores de chile cahabonero en la región.
- Realizar un análisis del agua que se utilizará para realizar las aplicaciones fitosanitarias con el fin de determinar pH y dureza, para realizar las enmiendas necesarias y facilitar mayor absorción de los productos en la planta.
- Mantener la plantación y su alrededor libre de malezas para evitar ataque de plagas insectiles, roedores y enfermedades; y promover la siembra de plantas nectaríferas y promotoras del establecimiento de insectos benéficos (plantas con flores, como las asteráceas)

9. Referencias bibliográficas

- Acevedo, I. C y R. Pire. (2004). *Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (Carica papaya L.)*. Interciencia 29: 274-279.
- Ayala, H. (2003). *LE IK, Los chiles en Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala Guatemala: Facultad de Agronomía.
- Azurdia, C. y Martínez, A (1983). *Propuesta para la conservación y evaluación de los recursos fitogenéticos de Guatemala*. Guatemala: Tikalia.
- Azurdia, C. (1984). *Consideraciones preliminares sobre la distribución y variabilidad del género Capsicum en el norte, oriente y centro de Guatemala*. Guatemala: TIKALIA.
- Benzing, A. (2001). *Agricultura Orgánica. Fundamentos para la región andina*. Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen, Alemania. 682 p.

- Brechelt, A. (2006). *Manual práctico para la lombricultura*. Fundación Agricultura y Medio Ambiente, Inc. Santo Domingo, República Dominicana. 13 p
- Biodiversity Internacional (2007). *Guidelines for the development of crop descriptor lists*. Rome, Italy: Bioversity Technical Bulletin Series of Biodiversity Internacional.
- Bosland, P.W. (1995). *Capsicums: Innovative uses of and ancient crop*. Estados Unidos: journal Janick (ed), progress in new crop.
- Bosland, P. W.; Votava, E. J (2012). *Peppers: vegetable and spice capsicums*. http://books.google.com.mx/books?id=5AWTPZeFL8QC&printsec=frontcover&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (21 de Agosto de 2020)
- Cabalceta E., Perez, E. (2015). *Caracterización Morfológica De 15 Genotipos De Pimiento (Capsicum Annuum) Cultivados Bajo Invernadero En Costa Rica*. Costa Rica: Universidad Nacional, Heredia.
- Cantero, José. (2015). *Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena Solanum melongena L*. Revista de Ciencias Agrícolas. Colombia. Volumen 32(2):56 – 67
- De la Cruz, E., Estrada, M. A., Tobledo, V., Osorio, R., Márquez, C. & Sánchez, R. (2009). *Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato*. Universidad y Ciencia 25 (1), pp. 59-67.
- Fundación Fray Domingo de Vico. (2014) *Antecedentes, contexto y justificación*. Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala.
- Gómez, A. R.; J. G. Lázaro y N. A. A. León. 2008. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y Rábano (*Rhabanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. Universidad Científica. 24: 11-20.
- González, M. y Azurdia, C. (1985) *Los recursos genéticos de algunos cultivos tradicionales de Guatemala*. Guatemala: Unidad de Comunicación Social del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.
- Huerres, C. y N. Caraballo. 1991: Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba, 193 p.
- Infoagro (2004). *La Lombricultura*. España. Consultado el 25 de agosto de 2020. Disponible en: <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura2.htm>
- International Plant Genetic Resources Institute, Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación Relativos a los Vegetales y Centro Agronómico Tropical de Investigación Y Enseñanza (IPGRI, AVRDC, CATIE) (1995). *Descriptor para Capsicum (Capsicum spp.)*. Roma, Italia. IPGRI

- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) (1983) *Genetic Resources of Capsicum*. Roma: IBPGR.
- Inzunza I., M. A., S. F. Mendoza M., E. A. Catalán V, M. M. Villa C., I. Sánchez C. y A. Román L. (2007). Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. *Rev. Fitotec. Mex.* 30: 429-436.
- Jayanthi L, Sekar J, Ameer Basha S, Parthasarathi K .2014. Influencia del vermifertilizante en la calidad del suelo, el rendimiento y la calidad del chile, *Capsicum annum* . *Online Int Interdiscip J* 4: 206–218
- Jeavons, J. (2002). *Cultivo biointensivo de alimentos*. Ecology actions of the Midpeninsula. Estados Unidos. 261 p.
- Long-Solis, J. (1986) *Capsicum y cultura. La historia del chilli*. México: Fondo de Cultura Económico.
- López, L. P. S.; Castro, G. F. H. (1999) *Al rescate de la diversidad del chile (Capsicum spp) en Oaxaca*. México: Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. INIFAP, Oaxaca. México.
- Maraña Santacruz, M. A., E. Castellanos Pérez, C. Vázquez Vázquez, J. J. Martínez Ríos, H. I. Trejo Escareño, M. Á. Gallegos Robles e I. Orona Castillo. (2018). *Rendimiento de chile jalapeño con lixiviado de lombriz con dos métodos de riego*. *Terra Latinoamericana* 36: 345-354.
- Márquez, C., Cano, P., Figueroa, U., Ávila, J. A., Rodríguez, N. & García, J. L. (2013). *Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero*. *Φyton* 82 (1), pp. 55-61.
- Martinez Marulanda, Adriana (2015). *Requerimientos nutricionales del ají Capsicum annum L. y su relación con rendimiento bajo condiciones ambientales de Palmira, Valle del Cauca*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. Palmira: Colombia.
- Medina, Maria (2016). Fertilización orgánico-mineral en cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en suelo Aak´alche´ (Vertisol pélico) bajo condiciones de invernadero. Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Quintana Roo: Mexico.
- Mendoza M., S. F., M. A. Inzunza I., E. A. Catalán V., M. M. Villa C. y A. Román L. (2006). *Rendimiento de brócoli con acolchado plástico y criterios de riego por cintilla*. *Revista AGROFAZ* 6: 205-210.
- Mendoza M., S. F., M. A. Inzunza I., R. Morán M., I. Sánchez C., E. A. Catalán V. y M. M. Villa C. (2005). *Respuesta de la sandía al acolchado plástico, fertilización, siembra directa y trasplante*. *Rev. Fitotec. Mex.* 28: 351-357.

- Montaño, et al. (2009). *Respuesta de tres cultivares de berenjena (Solanum melogena L.) a diferentes combinaciones de fertilizante orgánico y fertilizante químico*. Revista UDO Agrícola 9 (4): 807-815.
- Mueller, S., Wamser, A.F., Suzuki, A. y Becker W.F. (2013). *Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais*. Horticultura Brasileira. 31:860 – 92
- Najar, I. A. And Khan, A. B. (2013). Effect of vermicompos on growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum*) under field conditions. Acta Biologica Malaysiana, 2(1): 12-21.
- Nicholls, C. Y Altieri, M. (2012). *Modelos Ecológicos Y Resilientes De Producción Agrícola Para El Siglo XXI*. Agroecología. 6:28 - 37.
- Nieto Garibay, A.; A. B. Murillo, D. E. Troyo, M . J. A. Larrinaga y H. J. L. García. (2002). *El uso de composta como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (Capsicum annum L.) en zonas áridas*. Interciencia 27 (8): 417-421.
- Nuez, F.; Gil, R.; Costa, J. *El Cultivo de los Pimientos, Chiles y Ajies*. México: Ediciones Mindiprensa, 1996.
- Paneque, V. M. y J. M. Calaña. (2004). *Abonos orgánicos: Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación*. Folleto Técnico. Asociación Cubana de técnicos Agrícolas y forestales. La Habana, Cuba. 54 pp.
- Pire, Arteaga, y Viloría. (1998). Desarrollo radical del pimentón (*Capsicum annum L.*) bajo tres distancias de siembra y su relación con el peso de los frutos. Bioagro. Venezuela
- Rangel Campos, Luis (2016). Crecimiento De Chile Habanero (*Capsicum Chinense Jacq.*) Bajo Diferente Espaciamiento Entre Hileras En La Comarca Lagunera. México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Restrepo, J. (1998). *La idea y el arte de fabricar los abonos orgánicos fermentados, aportes y recomendaciones*. Colección Agricultura orgánica para principiantes, Nicaragua. SIMAS. 150 p.
- Rippy, J. F. M., M. M. Peet, F. J. Louws, P. V. Nelson, D. B. Orr, and K. A. Sorensen. (2004). *Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems*. Hortscience 39: 223-229.
- Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Favelachávez, E., Figueroa-Viramontes, U., Álvarez, V., Palomo-Gil, A., Márquez-Hernández, C. y Moreno-Reséndez, A. (2007). *Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero*. Revista Chapingo Serie Horticultura. 13 (2):185 - 192.

- Rodríguez, N., Cano, P., Figueroa, U., Palomo, A., Favela, E., Álvarez, V., Márquez, C. & Moreno, A. (2008). *Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato*. Revista Fitotecnia Mexicana 31 (3), pp. 265-272
- Soto, M. G. (2003). *Abonos orgánicos: definiciones y procesos*. In: *Abonos orgánicos: Principios, aplicaciones e impactos en la agricultura*. G. Meléndez (Ed.). San José, Costa Rica. p. 20-49.
- Souza, J.L., Guimarães G.P. Y Favarato L.F. (2015). *Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sobniveis de N*. Horticultura Brasileira. 33:019 – 026.
- Velazco, J.; R. Ferrera Cerrato y J. Almaraz Suarez. (2001). *Vermicomposta, micorriza arbuscular y Azospirillum brasilense en tomate de cáscara*. Terra. 19: 241-248.
- Viloria, A. 1991. Respuesta de las variables de crecimiento vegetativo y reproductivo del pimentón (*Capsicum annum* L.) a la presión poblacional. Trabajo de Ascenso. Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado". Decanato de Agronomía. Barquisimeto. Venezuela. 75 p.
- Viloria, A., Arteaga L. y Rodríguez. H. A. 1998. *Efecto de la distancia de siembra en las estructuras de la planta del pimentón*. Agronomía Tropical 48(4): 413-423
- Zevada, Karla. (2005). *Aplicación de Nitrógeno y magnesio para estimular el contenido de clorofila y los parámetros de crecimiento en chile jalapeño (Capsicum annum), bajo condiciones de invernadero*. Tesis de Ingeniero Biotecnólogo. México: Instituto Tecnológico de Sonora.

Tabla 36

Valores críticos de la prueba de F máxima de Hartley para homogeneidad de varianzas

ν_1	α	Número de grupos (p)										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	0.05	39.0	87.5	142	202	266	333	403	475	550	626	704
	0.01	199	448	729	1036	1362	1705	2063	2432	2813	3204	3605
3	0.05	15.4	27.8	39.2	50.7	62.0	72.9	83.5	93.9	104	114	124
	0.01	47.5	85	120	151	184	216	249	281	310	337	361
4	0.05	9.60	15.5	20.6	25.2	29.5	33.6	37.5	41.1	44.6	48.0	51.4
	0.01	23.2	37	49	59	69	79	89	97	106	113	120
5	0.05	7.15	10.8	13.7	16.3	18.7	20.8	22.9	24.7	26.5	28.2	29.9
	0.01	14.9	22	28	33	38	42	46	50	54	57	60
6	0.05	5.82	8.38	10.4	12.1	13.7	15.0	16.3	17.5	18.6	19.7	20.7
	0.01	11.1	15.5	19.1	22	25	27	30	32	34	36	37
7	0.05	4.99	6.94	8.44	9.70	10.8	11.8	12.7	13.5	14.3	15.1	15.8
	0.01	8.89	12.1	14.5	16.5	18.4	20	22	23	24	26	27
8	0.05	4.43	6.00	7.18	8.12	9.03	9.78	10.5	11.1	11.7	12.2	12.7
	0.01	7.50	9.90	11.7	13.2	14.5	15.8	16.9	17.9	18.9	19.8	21
9	0.05	4.03	5.34	6.31	7.11	7.80	8.41	8.95	9.45	9.91	10.3	10.7
	0.01	6.54	8.5	9.9	11.1	12.1	13.1	13.9	14.7	15.3	16.0	16.6
10	0.05	3.72	4.85	5.67	6.34	6.92	7.42	7.87	8.28	8.66	9.01	9.34
	0.01	5.85	7.4	8.6	9.6	10.4	11.1	11.8	12.4	12.9	13.4	13.9
12	0.05	3.28	4.16	4.79	5.30	5.72	6.09	6.42	6.72	7.00	7.25	7.48
	0.01	4.91	6.1	6.9	7.6	8.2	8.7	9.1	9.5	9.9	10.2	10.6
15	0.05	2.86	3.54	4.01	4.37	4.68	4.95	5.19	5.40	5.59	5.77	5.93
	0.01	4.07	4.9	5.5	6.0	6.4	6.7	7.1	7.3	7.5	7.8	8.0
20	0.05	2.46	2.95	3.29	3.54	3.76	3.94	4.10	4.24	4.37	4.49	4.59
	0.01	3.32	3.8	4.3	4.6	4.9	5.1	5.3	5.5	5.6	5.8	5.9
30	0.05	2.07	2.40	2.61	2.78	2.91	3.02	3.12	3.21	3.29	3.36	3.39
	0.01	2.63	3.0	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2
60	0.05	1.67	1.85	1.96	2.04	2.11	2.17	2.22	2.26	2.30	2.33	2.36
	0.01	1.96	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7
∞	0.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Análisis y diseño de experimentos, López, E. 2018

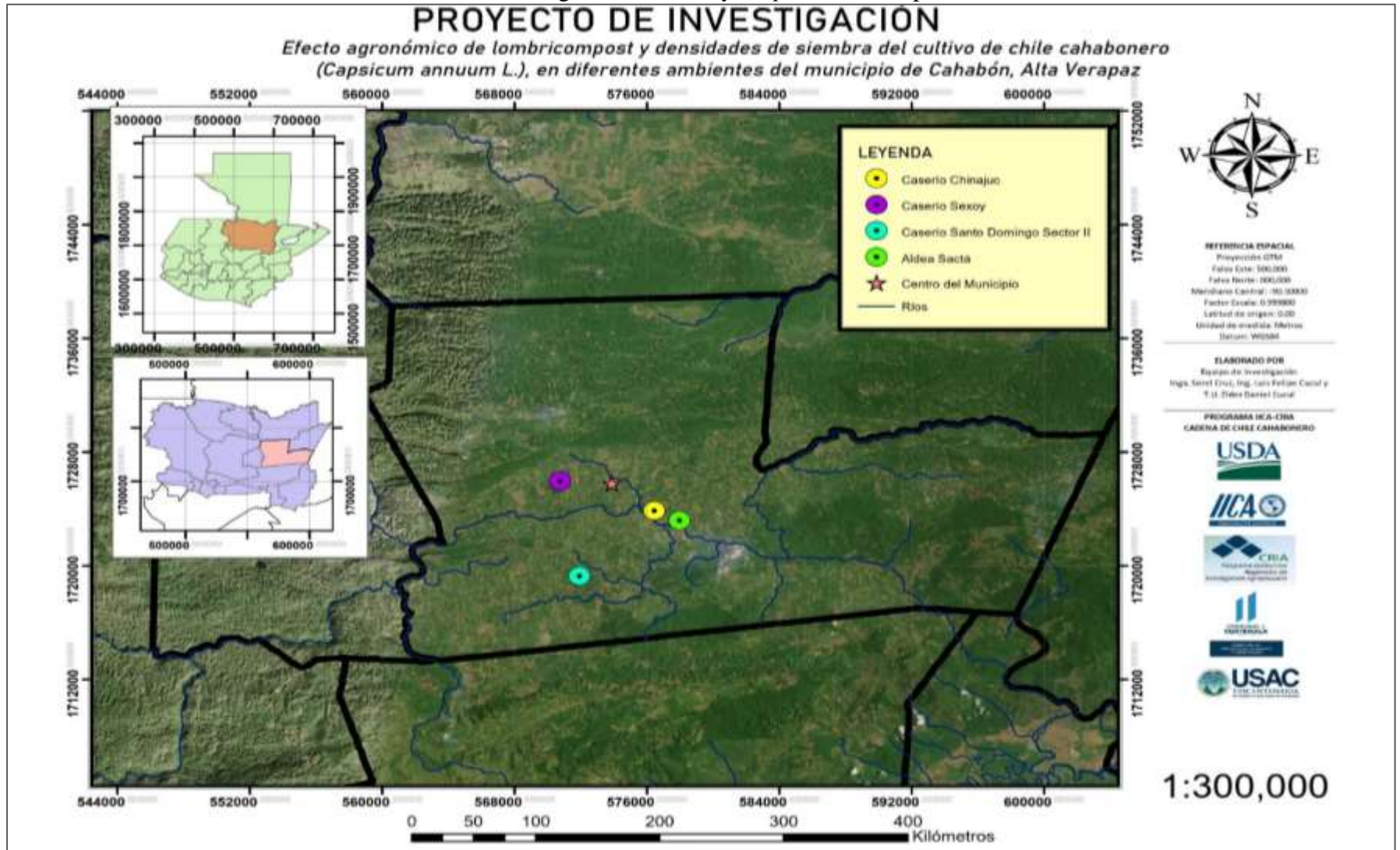
Tabla 37

Manejo del plan fitosanitario utilizado durante el tiempo de establecido el cultivo

Semana	Fungicida orgánico	Insecticida orgánico
Semana 1	Nombre comercial: Bioreach Ingrediente: <i>Trichoderma harziahum</i> Dosis: 50 cc/bomba 16 litros	Nombre comercial: Biomix Ingrediente: <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> Dosis: 50 cc/bomba 16 litros
Semana 2	Nombre comercial: Fange Ingrediente: <i>Bacillus</i> Dosis: 40 cc/bomba 16 litros	Nombre comercial: Biobass Ingrediente: <i>Beauveria bassiana</i> Dosis: 50 cc/bomba 16 litros
Semana 3	Nombre comercial: Serenade Ingrediente: <i>Bacillus subtilis</i> Dosis: 25 cc/bomba 16 litros	Nombre comercial: Omicron Ingrediente: Extracto neem Dosis: 50 cc/bomba 16 litros
Semana 4	Nombre comercial: Bioreach Ingrediente: <i>Trichoderma harziahum</i> Dosis: 50 cc/bomba 16 litros	Nombre comercial: Biomix Ingrediente: <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> Dosis: 50 cc/bomba 16 litros

Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 1: Mapa de Santa María Cahabón con la ubicación de las diferentes parcelas de investigación del proyecto, elaboradas con ArcGIS 10.3, ortofotos de Bing Satellite 2020 y *shapes* de municipios del IGN, 2020



Fuente: Elaboración propia, 2020