

Uso de biofertilizantes en la producción de Chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en condiciones protegidas.

Helbert A Mena Martin¹; Vicente Reyes Oregel ¹; Ingrid S, Toloza Narvaez¹; Jorge A Canul Matu¹

¹Tecnológico Nacional de México Campus Conkal helbert.mm@conkal.tecnm.mx

RESUMEN

Yucatán es uno de los estados con mayor producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) Hoy en día se buscan estrategias y alternativas sustentables para la agricultura encaminadas a disminuir la contaminación, el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de biofertilizantes obtenidos de residuos orgánicos en la productividad del chile habanero en condiciones protegidas, se evaluaron cuatro tratamientos: T1 agua residual de tilapia (*Oreochromis spp*), T2 lixiviado de lombriz (*Eisenia foetida*), T3 biol de cerdaza y como testigo un tratamiento químico T4 Polyfeet® (19-19-19); cada tratamiento con 12 repeticiones en un diseño experimental de bloques completamente al azar, la comparación de medias de los tratamientos se realizó mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% de probabilidad, Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro del tallo, rendimiento por planta, rendimiento total, diámetro de fruto, volumen radicular, peso radicular, temperatura máxima, mínima y humedad relativa. Los resultados más favorables se observaron en el T1 para las variables diámetro de tallo (14.16 mm), rendimiento (4107 g planta⁻¹) y diámetro de fruto (31.03 mm), encontrando diferencia significativa para las mismas variables con el T3 y T4 que mostraron similitud entre ellos, mientras que en las demás variables T1, aunque no fue el mejor mostro buenos resultados, así como la reutilización de 4224 l de agua por ciclo de cultivo.

Con respecto a las temperaturas la máxima se encontró entre 41 y 50 °C, la mínima registro un rango entre 15 y 38 °C y la humedad relativa promedio fue de 68.1 %, sin que esto representara problemas con la floración.

Los resultados indican que los biofertilizantes evaluados tienen la capacidad competir con los fertilizantes comerciales, reduciendo costos de producción y contaminación.

PALABRAS CLAVES: chile habanero, condiciones protegidas, biofertilizantes.

INTRODUCCIÓN.

Los costos de producción hortícola cada vez son más elevados comenzando con los insumos, así como problemas por el exceso de agroquímicos con el fin de generar más producción.

El uso masivo de fertilizantes químicos ha contaminado las aguas superficiales y subterráneas, ha provocado la eutrofización de ríos, lagos y mares, desequilibrado el ciclo global del nitrógeno y del fósforo y ha creado la lluvia ácida. Los principales problemas creados por el uso indiscriminado de productos fitosanitarios son la destrucción de la microfauna y microorganismos del humus, pérdida de nutrientes del suelo, contaminación de los suelos y del agua, daños a la fauna, pérdida de eficacia de los productos fitosanitarios por aparición de resistencias; contaminación de alimentos con residuos, daños a largo plazo a la salud animal y humana, pérdida de biodiversidad.

La agricultura ecológica es una alternativa que permite, además de sustituir los insumos tradicionales, mantener y mejorar la calidad del suelo, la producción de alimentos libre de trazabilidad no sostenible, dado que no incorpora en los sistemas de producción, agroquímicos que afectan los recursos agua, suelo y medio ambiente.

El uso de biofertilizantes permite el uso eficiente de nutrientes mediante prácticas de conservación y reducción de pérdidas en campo, el reciclaje de nutrientes orgánicos al aprovechar residuos de animales y vegetales y el acceso a fuentes alternas de nitrógeno que es el nutriente de mayor demanda en la agricultura.

Los biofertilizantes se obtienen de la transformación de residuos orgánicos, como estiércol y rastrojos, por la acción de bacterias, hongos, protozoarios, lombrices y otros microorganismos, incorporado al suelo ayuda a mejorar sus características. La elaboración y el uso de fuentes orgánicas para la nutrición de los cultivos, es una opción tecnológica que va en aumento por parte de productores que utilizan desechos orgánicos de su finca, estiércoles originados en sistemas de producción pecuaria estabulada o semiestabulada (Tejada de Hernández, 1992).

La elaboración y utilización adecuada de fertilizantes orgánicos, proporciona ventajas de gran importancia ambiental y económica con la transformación de remanentes contaminantes en recursos para la nutrición, protección y desarrollo de las plantas y disminución de la dependencia del sistema de producción por recursos externos. (Martínez y Fuentes, 2008).

Usar fertilizantes como el estiércol de cerdo o de aves y la aplicación de humus sólidos y humus líquido al suelo en lugar de las aplicaciones de fertilizantes químicos disminuye el impacto negativo al ambiente. (Cruz y Medina, 2012).

La aplicación de fertilizantes orgánicos debe aplicarse conociendo las necesidades de acuerdo a la etapa de desarrollo del cultivo, por lo que se necesita seguir estudiando los biofertilizantes para comprobar que proporcionen resultados adecuados para las plantaciones, así como considerarlo una alternativa sustentable que pueda garantizar frutos de calidad y una disminución en costos de producción que a su vez garantice una interacción adecuada para la naturaleza, en el presente trabajo se llevó a cabo el aprovechamiento de residuos para generar biofertilizantes y evaluar su efecto en el comportamiento agronómico y la productividad del cultivo de chile habanero en condiciones protegidas y brindar a los productores una alternativa económica a la fertilización química.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto, se llevó a cabo en un invernadero de dos aguas de 12 m x 40 m en la unidad de producción e investigación agrícola y pecuaria (Posta) del TECNM campus Conkal (21°04'49.1"N .89°32'15.0"W) a una altura media de 9 msnm.

Semillero. Se utilizaron plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense. Jaq*), producidas en contenedor de poliestireno de 200 cavidades.

Acondicionamiento de la estructura. Se llevó a cabo previo al trasplante y consistió en eliminar todos los residuos del cultivo anterior y la limpieza en general del invernadero. Posteriormente se desinfectó del invernadero con una solución de cloro al 10%, Para el establecimiento de las plantas se utilizaron contenedores reciclados de agua purificada de 20 l.

El sustrato utilizado fue composta elaborada a partir de residuos orgánicos vegetales, adicionando el 5% de perlita para mejorar las propiedades físicas La desinfección del sustrato fue por el método de solarización, posteriormente se llenaron los contenedores y se dispusieron en el invernadero.

Sistema de riego. El sistema de riego utilizado fue por goteo; goteros tipo botón con un gasto de 2.0 l h⁻¹.

Trasplante. Se realizó a los 20 días después de la germinación, se establecieron un total de 136 plántulas.

Tratamientos. Se emplearon 4 tratamientos de fertilización a base de tres biofertilizantes y un fertilizante químico cada uno con 12 repeticiones (Cuadro 1). En total se realizaron 10 fertilizaciones.

Cuadro 1 *Tratamientos y Dosificación*

Tratamiento	Dosis
T1 Agua residual de Tilapia.	50% Agua + 50% Agua de tilapia

T2 Lixiviado de Lombriz	50% Agua + 50% Lixiviado de humus de Lombriz
T3 Biol de Cerdaza	50% Agua + 50% Biol de Cerdaza
T4 Fertilizante Químico. Polyfeed®	3gr . L ⁻¹ de Agua

Variables de crecimiento de la planta.

Altura de plántula (cm), Se evaluó una vez por semana a partir del establecimiento del cultivo, con un flexómetro, desde el cuello de planta hasta el dosel de la misma, diámetro de tallo (DT, mm), se obtuvo 3 cm arriba del nivel del sustrato con un vernier digital Truper® modelo CALDI-6MP; al inicio, al medio y al final del cultivo, El volumen radicular se midió por el desplazamiento de agua con una probeta graduada, se sacó una planta muestra de cada tratamiento, se lavó y se introdujo por completo la raíz fresca cortada a la altura del cuello radicular en una probeta de 2 litros y se midió por diferencia de volúmenes ($V_f - V_i$), siendo V_i el volumen inicial en la probeta (1 litro) y V_f el volumen final, alcanzado al introducir la raíz. Para el peso se utilizó una báscula digital Truper® modelo BASE-5EC.

la longitud con un flexómetro, ambas al final del cultivo. Volumen radicular. Se midió por el método de volumen desplazado.

Parámetros de Rendimiento.

El número de frutos, peso de fruto y rendimiento fruto por planta se determinó en tiempos de cosecha mediante el conteo y peso de los frutos producidos por tratamiento, considerando 4 cortes. El peso de fruto (PF) se registró en g y obtuvo del promedio de muestra con una báscula digital Truper® modelo BASE-5EC.

Parámetros Calidad del fruto.

Los frutos se cosecharon en verde para todas las repeticiones, se midieron las dimensiones del fruto en una muestra de 22 frutos de cada tratamiento tomadas a diferentes alturas, el diámetro ecuatorial (DE) se determinó en mm en la parte media del fruto y el diámetro polar (DP) se midió en mm desde la zona del pedúnculo hasta la zona apical con un vernier digital Truper® modelo CALDI-6MP.

Parámetros climáticos.

Con la finalidad de conocer si las variables climáticas tienen efecto sobre el comportamiento del cultivo se midió la temperatura y humedad relativa cuatro veces por semana, con un higrotermómetro marca Extech® modelo 445702.

Tutorado. El tutorado se realizó con el propósito de brindarle soporte a las plantas, se utilizó hilo de polipropileno (rafia) a lo largo de la fila, esta actividad se realizó a partir de los 20 días después del trasplante.

Floración. La fecundación floral fue monitoreada, por tratamiento, se utilizó el método de 50 % + uno, sin embargo, la primera flor de toda la plantación se observó a los 23 días después del trasplante y la floración uniforme a los 36 días después del trasplante.

Cosecha. La cosecha inicio a los 64 días después del trasplante, para ello se tomó en cuenta la coloración del fruto (verde vigoroso) así como la textura (dura), el corte se realizó con el pedúnculo para que el chile tuviera mayor vida de anaquel.

Los frutos cosechados se clasificaron por tamaño, se pesaron y les midió el diámetro polar y ecuatorial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables de importancia agrícola evaluadas fueron elegidas considerando que son de interés para el productor, así como para futuras investigaciones

Los resultados de altura no mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; las dinámicas de incremento en altura se presentan en la Figura 1.

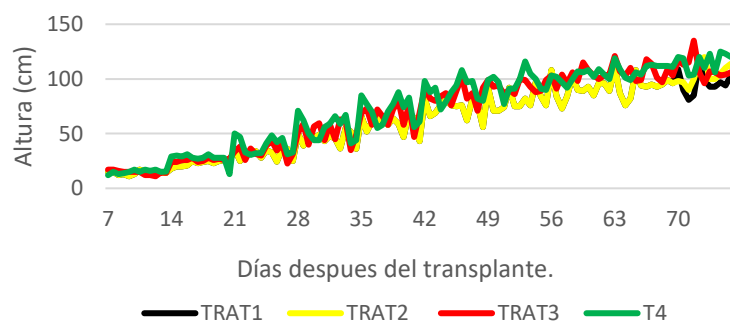


Figura 1. Altura de la planta.

El tratamiento a base de fertilizante químico tuvo la mayor altura con relación a los demás tratamientos. Al finalizar las evaluaciones el tratamiento 1 tuvo la menor altura, y el tratamiento 4 la mayor, con 98 y 119 cm respectivamente, sin encontrar diferencias estadísticas significativas (cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias de altura utilizando los rangos de Tukey

Tratamiento	Media	Prueba de Tukey
T1.	61	ABCD

T2	67	ABCD
T3	68	ABCD
T4	71	ABCD

Huerres y Caraballo, (1991) en el trabajo de Medina (2016) señalan que la aplicación de la infusión de estiércol y composta tienen un efecto positivo, los abonos orgánicos como la composta y la infusión de estiércol que con un mayor contenido de nitrógeno favorecen el crecimiento, dado el papel que juega el mismo en un gran número de compuestos orgánicos de importancia para las plantas. Gómez *et al.* (2008) con aplicaciones de abonos orgánicos (composta) se incrementó en 48% en la altura de la planta. Nieto Garibay *et al.*, (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.

Diámetro de tallo. Relación generada por la variable del tallo de acuerdo con los diferentes tratamientos (figura 2).

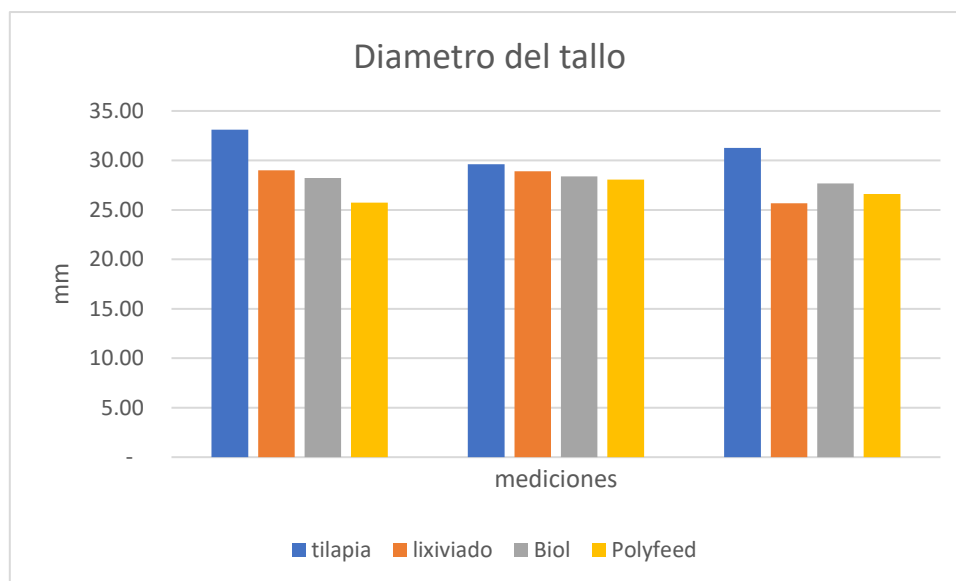


Figura 2. Diámetro de tallo.

La comparación de medias de Tukey indica que existen diferencias estadísticas significativa entre los tratamientos T1 y T4 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias de diámetro del tallo utilizando los rangos de Tukey.

Tratamiento	Media (mm)	Prueba de Tukey
T1.	31.33	ABC

T2	27.86	ABC
T3	28.09	ABC
T4	26.79	BCD

El tratamiento 1, tuvo el mayor diámetro 31.33 mm; el menor fue el tratamiento 4, 26.79 mm; mientras que el tratamiento 3 y 4 tuvieron 27.86 mm y 28.09 mm respectivamente.

González, *et al* (2021) comparando fertilización convencional en tomate uva encontraron diferencia significativa en el tallo del segundo al quinto mes después del trasplante; los tratamientos orgánicos presentaron un diámetro de tallo similar a una solución de Steiner.

Luna *et al* (2021) con fertilizante orgánico líquido tuvieron efecto significativo en variables de crecimiento. Altura, diámetro número de hojas y area foliar.

Los sustratos orgánicos son ricos en N, se han señalado efectos favorables al incrementar la relación NO₃⁻: aniones en la solución de Steiner para las variables altura de plántula y peso seco del vástago (Armenta, 1998).

Volumen y peso radicular. El tratamiento T3 obtuvo el mayor volumen radicular con 56 cm³, mientras que T1, T2 y T4 mostraron resultados similares con 52, 50 y 50 cm³, el mayor peso lo presentó T2 con 176 g seguido por T4 con 146 g, T3 y T1 tuvieron 124 y 120 g respectivamente. Los resultados de longitud y peso radicular se presentan en la figura 3.

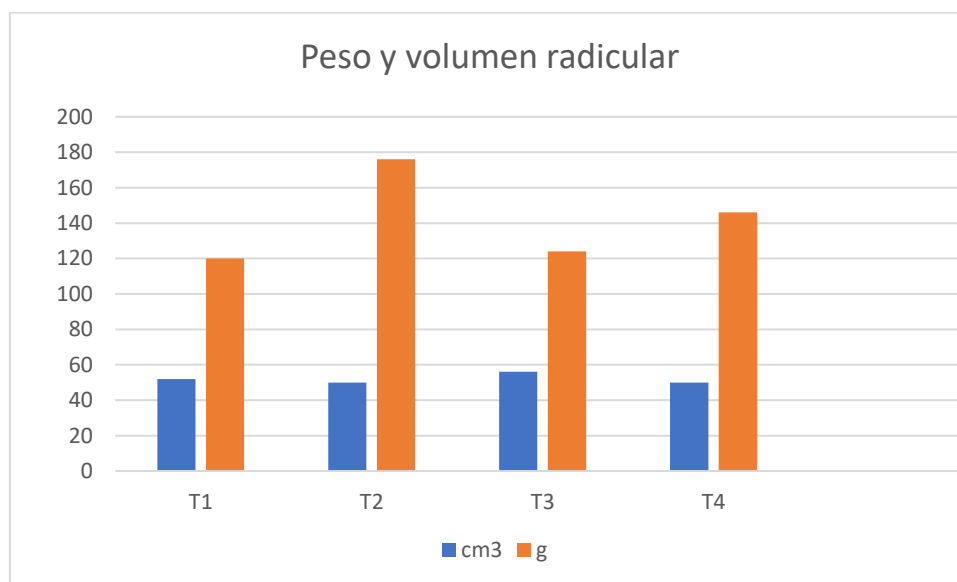


Figura 3. Volumen y peso radicular.

En longitud de raíz Preciado et al 2002 en la producción de plántulas con tratamientos de fertilización orgánica y química en volumen y peso seco de raíz, no encontró diferencias significativas, sin embargo, señalan que dosis altas de N inducen un mayor desarrollo del vástago, pero disminuyen el crecimiento de la raíz.

Numero de frutos.

Para la variable número de frutos no se encontraron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias de numero de frutos utilizando los rangos de Tukey.

Tratamiento	Media	Prueba de Tukey
T1.	5.42	ABCD
T2	5.56	ABCD
T3	4.48	ABCD
T4	4.88	ABCD

El mejor tratamiento fue T2 con una media de 16.67 frutos seguido de T1 con 16.25, T4 con 14.65 y T3 con 13.44 frutos respectivamente (Figura 4).

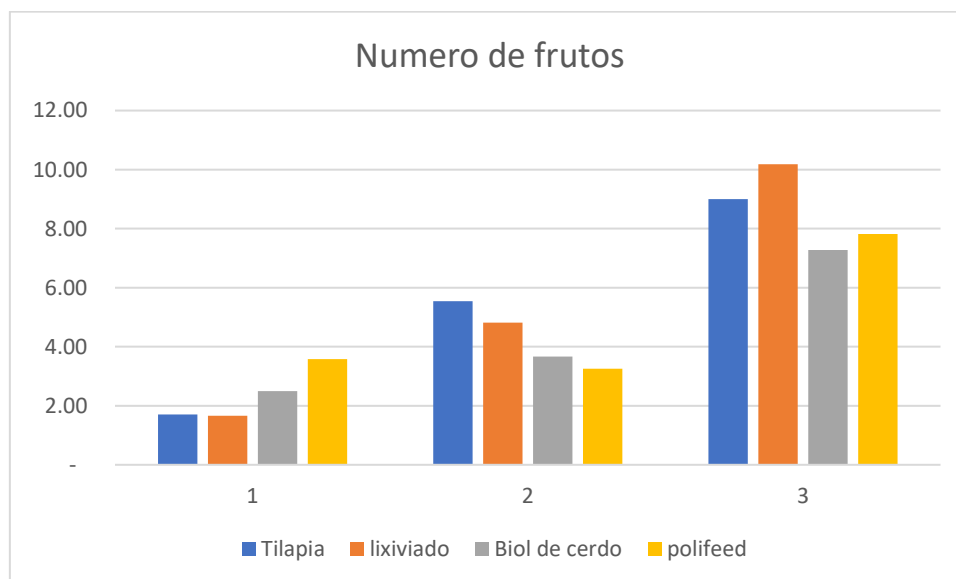


Figura 4. Numero de frutos.

González *et al*, 2021 en tomate, obtuvo el menor rendimiento total tratamientos orgánicos con la obtención de frutos de menor peso fresco y al menor número y tamaño de fruto por planta, lo que concuerda con lo reportado por (Bilalis *et al.*, 2018); los cuales señalan que el número de frutos por planta fue influenciado de manera significativa por los diferentes regímenes de fertilización,

donde la aplicación de la fertilización inorgánica resultó en un mayor número de frutos por planta con respecto a la fertilización orgánica.

Diámetro de fruto.

EL diámetro del fruto es de mucha consideración en los mercados y para este estudio el tratamiento 1, presentó los frutos con un el mayor diámetro (31.01mm) y el tratamiento 2, los frutos con menor diámetro, 26.94 mm (Figura 5).

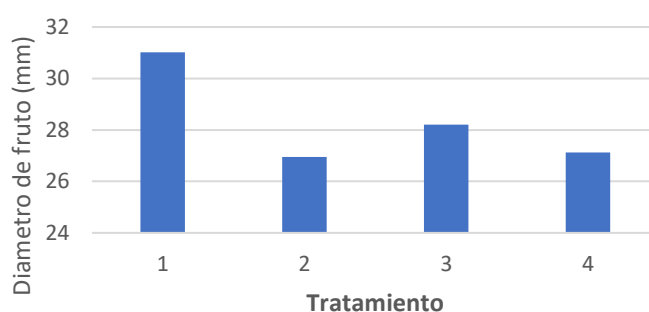


Figura 5. Diámetro de Fruto.

Rendimiento.

El tratamiento 1, (agua residual de tilapia) tuvo el mayor rendimiento, 4107 gr. planta⁻¹. Los tratamientos T2 y T3 mostraron un rendimiento similar, mientras que el tratamiento 2 correspondiente a la fertilización basada en lixiviado de humus de lombriz presento el rendimiento más bajo, con 1546 gr. planta⁻¹ (figura 6).

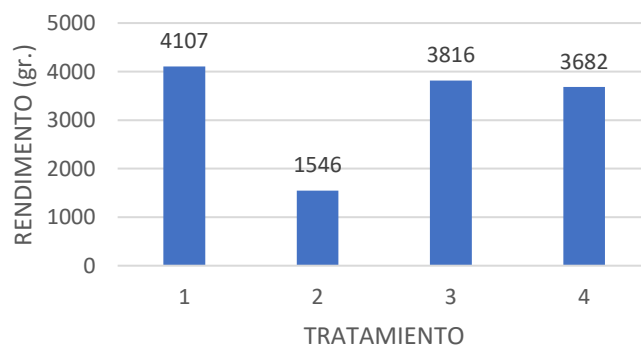


Figura 6. Rendimiento en gramos por planta⁻¹

La evolución de la producción mostro un comportamiento uniforme hasta el tercer corte. Posteriormente un marcado descenso en el tratamiento 4.

La respuesta del agua de tilapia corresponde con los resultados de Correa *et al* 2021 con niveles de agua residual de tilapia en el crecimiento y desarrollo del maíz (*Zea mays*, L.), encontrando diferencias significativas en la altura de la planta, í como en la longitud de la mazorca y al número de granos.

Alemán y Vallejo (2016) en la evaluación de tres biofertilizantes biomineral, biol, purina de lombriz y agua residual de tilapia sobre el crecimiento y rendimiento del tomate encontró diferencias significativas en las variables: altura de plantas, diámetro de tallo, frutos cosechados por planta, diámetro polar y ecuatorial del fruto, volumen, grados brix y rendimiento (kg ha^{-1}). El mejor rendimiento se obtuvo fue el agua residual de la crianza de peces ($29\,003.15\text{ kg ha}^{-1}$).

El análisis de agua presentado por Correa *et al* 2021, demuestra que las aguas residuales provenientes de piscina de tilapia aportan gran cantidad de nutriente altos porcentajes de Ca con 29.0, Na 19.2, Mg 11.4, K 1.3 y Na 25.80 %. Un pH de 7.7 los cuales son útiles para la agricultura y el suelo.

Variables climáticas.

Con respecto a las temperaturas la máxima se encontró entre 41 y 50 °C, la mínima registro un rango entre 15 y 38 °C y la humedad relativa promedio fue de 68.1 %, sin que esto representara problemas con la floración (Figura 7).

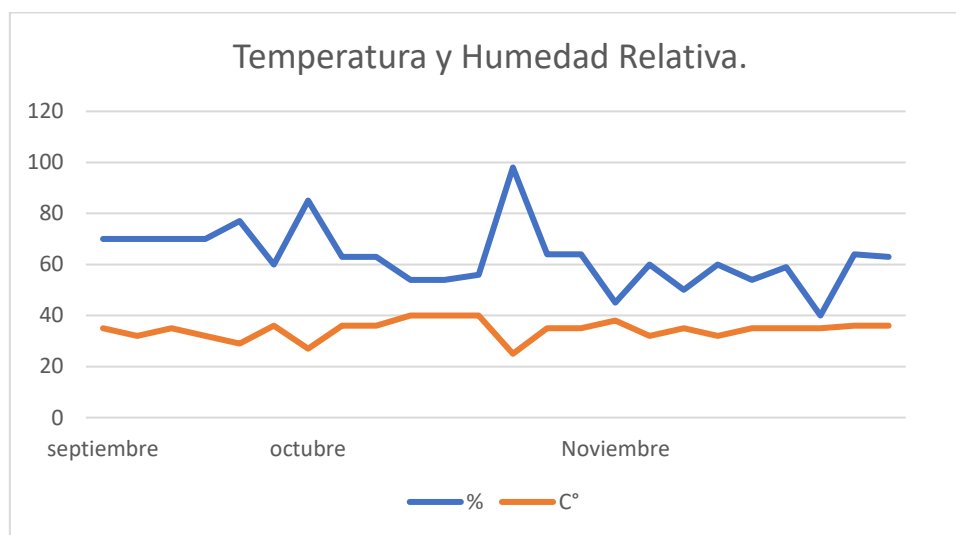


Figura 7. Temperatura y Humedad relativa.

Macías *et al* 2013 en condiciones de invernadero, determinaron que las condiciones ideales de temperatura y humedad relativa (HR) para la producción de habanero bajo condiciones de invernadero son respectivamente de 33 °C y de 80 %. Rodríguez *et al* (2020) reportan un alto índice de aborto floral con temperaturas por arriba de 40°C durante el día bajo condiciones de invernadero.

Evapotranspiración.

La evapotranspiración promedio para el cultivo fue de 3.52 mm lo que representa un volumen de agua utilizado de 8448l por tratamiento, si se considera que el tratamiento 1 utiliza en su requerimiento de riego 50 % de agua residual e tilapia se consigue una reutilización de 4224 l de agua por ciclo de cultivo. Este volumen de agua utilizado se podría reducir al estimar el riego con el 80% de la evapotranspiración potencial medida en un tanque clase “A”, se genera una tensión de humedad del suelo favorable para la transpiración y la conductancia estomática de la hoja de chile habanero, se incrementa el rendimiento y se mejora el uso del agua. Pérez *et al* (2008).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, es posible obtener rendimientos satisfactorios de chile habanero bajo condiciones protegidas.

El uso de fertilizantes orgánicos puede reducir considerablemente el uso de fertilizantes químicos (inorgánicos) y obtener frutos comerciables de buena calidad.

El uso de agua residual de tilapia obtuvo los valores más altos en la mayoría de las variables evaluadas, por lo que representa una opción con alto potencial en la nutrición de cultivos hortícolas. La utilización de excretas porcinas también mostró buenos resultados con lo que se podría reducir la cantidad de estos que se vierten directamente al suelo, reduciendo la contaminación del medio ambiente.

Se recomienda hacer evaluaciones para determinar la dosis optima, probar diferentes niveles de evapotranspiración, así como los costos de producción con el uso de estas fertilizaciones orgánicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Alemán. C. M.L y Vallejo, B. T.A (2017) *Estudio de tres biofertilizantes y agua residual de crianza de tilapia (Oreochromis niloticus L.) sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (solanum lycopersicum L.) Cv. SHANTY, Managua, 2016*. Ingeniería thesis, Universidad Nacional Agraria.
- Armenta, B. A.D. 1998. Relaciones óptimas de aniones y cationes en la solución nutritiva en riego por goteo para la producción de tomate. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Bilalis, D., Krokida, M., Roussis, I., Papastylianou, P., Travlos, I., Cheimona, N., & Dede, A. (2018). Efectos de los productos orgánicos y Fertilización inorgánica en el rendimiento y la calidad del procesamiento tomate (*Lycopersicon esculentum* Molino). *Folia Horticulturae*, 30(2), 321-332. <https://doi.org/10.2478/fhort-2018-0027>

- Borges, G. L.; Cervantes, C.L.; Ruiz, N.J.; Soria F.M.; Reyes, O.V.; y Villanueva, C.E.; (2010). Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Terra Latinoamericana*. 28:35-41
- Correa C, G. I., Fajardo E, P. G., Flores, C, C. A., & Navarrete C., A. A. (2021). Incidencia del agua de criaderos de tilapia en el riego del cultivo de maíz (*Zea mays*, L.) en El Triunfo, Guayas. *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, 5(40), 11-18. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol5iss40.2021pp11-18>
- Cruz C., J. M., J. L. Medina A. (2012). Efecto de aspersiones del dimetilsulfóxido en la productividad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Rev. Mex. Ciencias Agríc.* 4 1: 785-788.
- González, F, J. A; Lozano, C. J; Preciado, R. P; Troyo, D. E.; Rojas, D. A. y Rodríguez, O, J. C. (2021). Fertilización orgánica contra convencional en el rendimiento, atributos morfológicos y calidad de fruto de tomate uva en un sistema de subirrigación no recirculante. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-16. E897. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.897>
- Huerres, C. y Caraballo, N. 1991: *Horticultura*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba, 193 p.
- Luna, F, J. A., Cruz, C, E; Can, C. A; Chan, C, W; Luna, E.G, García, P, J. D; & Mancilla, V, O. R. (2021). Production of habanero pepper seedlings with organic and biological fertilization. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.988>
- Macías, R, H; Villalobos, J. A. M.; Valle, M. A. V.; Talavera, M. D. C. P.; y Castorena, M. M. V. (2013). Chile habanero: descripción de su cultivo en la península de Yucatán. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 12(2), 37-43.
- Martínez H., E. y J. P. Fuentes E. (2008). Propiedades del suelo. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 8 (1): 68-96.
- Medina G, M.T (2016) Fertilización orgánico-mineral en cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en suelo Aak'alche' (Vertisol pélico) bajo condiciones de invernadero, Reporte Preliminar de Residencia Profesional, TECNM, Instituto Tecnológico de la Zona Maya
- Nieto, G, A.; Murillo A. B; Troyo D. E; Larrinaga M. J. A. y García. H. J. L. 2002. El uso de composta como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27 (8): 417-421.

- Pérez, G. A. (2008). Niveles de evapotranspiración potencial en la producción de chile habanero. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 26(1), 53–59. Recuperado a partir de <https://terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/1372>
- Preciado R, P.; Baca, C, G. A., Tirado, T, J. L., Kohashi, S, J., Tijerina, Ch, L., & Martínez G, A. (2002). Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra Latinoamericana*, 20(3), 267-276. ISSN: . Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57320305>
- Rodríguez B, I.M; Ramírez, S M.O y Ramírez, R E.J (2020) Metabolómica y cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) de la Península de Yucatán. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. CIATEJ, México. Primera edición, 30 de junio de 2020 326 páginas. ISBN: 978-607-8734-09-2
- Tejada de Hernández. (1992). Control de calidad y análisis de alimentos para animales. Ed. Sistema de Educación Continúa en Producción Animal, A.C. México, D.F.