

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Crecimiento, calidad y rendimiento de *Cucumis sativus* bajo fertilización con vermicomposta.

POR

ABRAHAM GÁNDARA LANDERO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

TORREÓN, COAHUILA

ENERO DE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Crecimiento, calidad y rendimiento de *Cucumis sativus* bajo fertilización con vermicomposta.

POR

ABRAHAM GÁNDARA LANDERO

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR:

PRESIDENTE:



Ph.D. VICENTE DE PAUL ÁLVAREZ REYNA.

VOCAL:



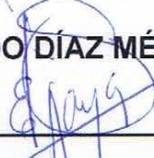
ING. MIGUEL SIFUENTES CABRERA.

VOCAL:



M.C. HÉCTOR ARMANDO DÍAZ MÉNDEZ.

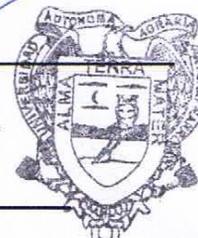
VOCAL SUPLENTE:



ING. ELISEO RAYGOZA SÁNCHEZ.



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

ENERO DE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**Crecimiento, calidad y rendimiento de *Cucumis sativus* bajo
fertilización con vermicomposta.**

POR

ABRAHAM GÁNDARA LANDERO

TESIS

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:



Ph.D. VICENTE DE PAUL ÁLVAREZ REYNA

ASESOR:



ING. MIGUEL SIFUENTES CABRERA

ASESOR:



M.C. HÉCTOR ARMANDO DÍAZ MÉNDEZ

ASESOR:



ING. ELISEO RAYGOZA SÁNCHEZ

M.E. VICTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

ENERO DE 2016

AGRADECIMIENTOS

A mis padres que me dieron la oportunidad de estudiar y apoyaron mi decisión de venir a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro a pesar del costo y la distancia que representaba.

A mis hermanas que sé que me apoyan y a quienes quiero mucho.

A toda mi familia a quienes hago un agradecimiento especial por haber venido desde tan lejos para estar conmigo en mi.

A mi amigo Héctor Mendoza Acosta que ha estado conmigo en las buenas y en las malas desde el día que llegué a Torreón y quien me adoptó como su hermano y me hizo miembro de su familia.

A la familia Mendoza Acosta que me han apoyado durante mi estancia en la comarca lagunera. Les agradezco todo lo que han hecho por mí, los quiero a todos.

A mi amigo José Israel Hernández Gómez a quien conozco desde hace poco pero me ayudó en el desarrollo en campo de mi tesis. Hubiera sido muy difícil hacerlo sin tu ayuda, gracias.

Al ingeniero José Guadalupe González Quirino quien es un maestro muy querido y quien me apoyó en el desarrollo de mi tesis y en mi formación profesionalista.

Al ingeniero Enrique Leopoldo Hernández Torres que me apoyó en la preparación del terreno para el desarrollo de mi tesis y quien fue muy buen maestro y es una excelente persona.

Al ingeniero Juan Manuel Nava Santos que me apoyó con material y un espacio en el invernadero para el desarrollo de plántulas para mi tesis.

A la técnico laboratorista Ma. Lourdes Ortiz Pérez del departamento de riego y drenaje que siempre me brindó su ayuda en el transcurso de mi formación profesionalista y en especial en el desarrollo en campo de mi tesis apoyándome con el material de trabajo.

A los técnicos laboratoristas Juan Carlos Mejía Cruz y Norma Lydia Rangel del departamento de suelos por su apoyo en las prácticas de laboratorio durante mi formación profesionalista y desarrollo de mi tesis.

A todos los maestros que tuvieron la paciencia para compartirme su conocimiento, y quiero dar un agradecimiento especial a todos los maestros del departamento de riego y drenaje, que son con quienes más conviví en el transcurso de mi formación profesionalista.

A mis asesores

PhD. Vicente De Paul Álvarez Reyna quien fue mi maestro en dos ocasiones y me apoyó como asesor de tesis con el espacio en el campo experimental, el material para llevar a cabo el experimento y la revisión de mi tesis.

Ing. Miguel Sifuentes Cabrera quien me ha compartido un poco de su conocimiento práctico en sistemas de riego y me apoyó durante el desarrollo en campo de mi tesis.

M.C. Héctor Armando Díaz Méndez quien me asesoró en el experimento en campo de mi tesis además me ayudó en la revisión y redacción de mi tesis.

Inge. Eliseo Raygoza Sánchez quien me apoyó en el desarrollo en campo de mi tesis con material y asesoramiento.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
RESUMEN	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen e importancia del pepino	4
Elementos esenciales, forma de asimilación y participación en las plantas.....	4
Fertilización.....	6
Impacto ambiental del uso de fertilizantes de origen químico y alternativas de fertilización	7
Vermicomposta	8
Monitoreo nutrimental de los cultivos	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
Descripción del área experimental.....	14
Preparación del terreno e incorporación de vermicomposta.....	14
Obtención de plántulas.....	15
Riego y fertilización	15
Manejo del cultivo.....	16
Variables evaluadas y análisis estadístico.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
Crecimiento y producción.....	18
Rendimiento.....	19
Peso de Fruto	20
Calidad del fruto	20
Longitud, diámetro ecuatorial y grados brix.....	20
Comportamiento de los nutrientes en peciolo	21
Nutrientes en peciolo	21

	Calcio (Ca).....	23
	Sodio (Na).....	24
V.	CONCLUSIÓN.....	26
VI.	LITERATURA CITADA	27

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Rangos óptimos de N en el extracto celular de peciolo (ECP) en las hojas de pepino. UAAAN-UL. 2015.....	13
Cuadro 2. Distribución de vermicomposta por tratamiento. UAAAN-UL. 2015.....	15
Cuadro 3. Crecimiento en plantas de pepino. UAAAN-UL. 2015.	18
Cuadro 4. Rendimiento y peso de fruto en la producción de pepino. UAAAN-UL. 2015.	19
Cuadro 5. Longitud de fruto, diámetro ecuatorial y sólidos solubles en el cultivo de pepino bajo fertilización con vermicomposta y fertilización química en campo abierto. UAAAN-UL. 2015.	21
Cuadro 6. Valores de contenido de N-NO ₃ en extracto celular de peciolo (ECP) en hojas de pepino. UAAAN-UL. 2015.	22
Cuadro 7. Valores de contenido de K en extracto celular de peciolo (ECP) en hojas de pepino. UAAAN-UL. 2015.....	22
Cuadro 8. Valores de contenido de Ca en extracto celular de peciolo (ECP) en hojas de pepino. UAAAN-UL. 2015.....	23
Cuadro 9. Valores de contenido de Na en extracto celular de peciolo (ECP) en hojas de pepino. UAAAN-UL. 2015.....	24

RESUMEN

El cultivo de pepino ocupa el quinto lugar en importancia entre las hortalizas cosechadas en México, es por ello que se debe llevar a cabo prácticas agrícolas que aseguren la calidad y alto rendimiento en éste cultivo. El riego y la fertilización son los factores de control más importantes que le permitirán al productor tener éxito en el cultivo. Actualmente, la forma más eficiente de suministrar elementos nutritivos a los cultivos es a través de fertilizantes de origen sintético, sin embargo el uso de este tipo de fertilizantes acarrea problemas de tipo ambiental por lo que se han buscado alternativas nutricionales al uso de fertilizantes químicos y entre ellas la vermicomposta ha resultado ser una opción viable ya que es una excelente alternativa para el reciclaje de residuos orgánicos y su uso mejora las propiedades del suelo y favorece el crecimiento y producción de los cultivos. Esta investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el crecimiento, producción y calidad de pepino fertilizado con vermicomposta, fertilizante sintético y combinación de vermicomposta con fertilizante sintético para el cual se establecieron seis tratamientos en el cultivo de pepino en campo abierto con diferentes dosis y combinaciones de fertilización química y orgánica, se evaluó el crecimiento y producción del cultivo, calidad de fruto y contenido nutricional en peciolo. Se encontró diferencia estadística entre tratamientos para altura de planta, rendimiento y contenido nutricional en peciolo pero no en sólidos solubles, longitud y diámetro de fruto, parámetros de calidad de fruto. El crecimiento en plantas de pepino es afectado por el tipo de fertilización ya sea orgánica, inorgánica o su combinación. No obstante la producción y calidad son similares al utilizar las diferentes fuentes de fertilización.

Palabras clave: vermicomposta, crecimiento, calidad, rendimiento y fertilización.

I. INTRODUCCIÓN

México figura entre los lugares más importantes en el comercio internacional de hortalizas a nivel mundial, en 2012 ocupó el tercer como exportador de legumbres y hortalizas, después de China y España. Entre las hortalizas más importantes se encuentra el pepino ocupando el quinto lugar, con un valor de lo exportado de 382,968 millones de dólares en el 2012 (SIAP, 2013). Entre otras cosas uno de los factores más importantes en la producción de éste cultivo y de las hortalizas es la fertilización, ya que de ello depende su calidad y rendimiento (Moreno *et al.*, 2015).

Actualmente la fertilización de cultivos agrícolas es un tema de interés debido al impacto ambiental que conlleva el uso de fertilizantes de origen sintético. Esta preocupación ha llevado a investigadores a la búsqueda de fuentes de fertilización alternativa, una de ellas es la vermicomposta (Villarreal-Romero *et al.*, 2010). La vermicomposta es materia orgánica que ha sido procesada bioquímica y microbiológicamente en el tracto digestivo de la lombriz dando lugar a un sustrato abundante en elementos nutritivos (Galindo *et al.*, 2014).

La vermicomposta, al ser un material con presencia de nitrato y fósforo como sustancias activas, potasio, calcio y magnesio como agregados solubles tiene un impacto favorable sobre el desarrollo de la planta y rendimiento de los cultivos (Roblero *et al.*, 2014). No obstante la concentración de dichas sustancias se considera baja en comparación con los fertilizantes de origen sintético por lo que muchas veces se cataloga a la vermicomposta como mejorador de suelo o enmienda orgánica (Durán-Umaña y Henríquez-Henríquez, 2010).

El aporte de vermicomposta al suelo mejora las propiedades físicas como estructura, capacidad de retención de agua, drenaje, formación y degradación de agregados (Domínguez *et al.*, 2010). Otro de los efectos importantes de la incorporación de vermicomposta es la notable disminución en la incidencia de

enfermedades causadas por fitopatógenos del suelo (Villa-Briones *et al.*, 2008). La vermicomposta, al ser materia orgánica, favorece la colonización micorrízica en la raíz. Lo que se traduce en mejor fertilidad del suelo (Villarreal-Romero *et al.*, 2010).

Existen trabajos donde se sugiere que el uso de sustratos de vermicomposta, como fuente alterna de fertilización, y arena en concentraciones de vermicomposta del 10 a 20% puede sostener la producción de hortalizas como el tomate con un rendimiento de 17.05 de $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ (Moreno *et al.*, 2008). Caso similar se ha reportado en pepino donde se obtuvo un rendimiento de 8.45 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ al combinar arena con vermicomposta en una proporción de 80:20 (Galindo *et al.*, 2014).

En cultivos en suelo hay trabajos donde también se ha notado el potencial productivo de la vermicomposta donde se observó en una acción conjunta entre la vermicomposta y *G. intraradix* en el aumento de absorción de fósforo, además de que el aporte de vermicomposta al suelo en una proporción de 10 $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ suministro el nitrógeno necesario para el desarrollo de la planta de tomate de cascara, lo cual incrementó el contenido de materia seca y rendimiento (Velasco *et al.*, 2001). La vermicomposta no solo favorece en rendimiento sino que al proporcionar los nutrientes necesarios, esto influye positivamente sobre el peso y tamaño de productos hortícolas (Roblero *et al.*, 2014).

Pese al potencial productivo de la vermicomposta, los cultivos intensivos consumen gran cantidad de elementos nutritivos por lo que sería en extremo difícil suplir las necesidades nutrimentales de los cultivos con solo aportar vermicomposta debido a las grandes cantidades que se requerirían por lo que una alternativa es la de complementar la vermicomposta con fertilización sintética (Álvarez-Solís *et al.*, 2009). Se han obtenido resultados positivos al probar esta alternativa en tomate, reduciendo la dosis de fertilización y complementándola con 4 $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de vermicomposta, labranza mínima y fijación biológica de nitrógeno con leguminosas superando la fertilización y labranza convencional (Villarreal-Romero *et al.*, 2010).

A pesar de las evidencias de los efectos benéficos de la vermicomposta, es importante generar más información sobre ésta fuente alterna de fertilización para que en un futuro ésta sea mayormente considerada en la producción de cultivos intensivos, principalmente hortícolas, ya que además de tener el potencial de reducir el impacto ambiental también tiene el potencial de reducir los costos de producción en lugares donde se tenga acceso a residuos orgánicos.

Objetivo

Evaluar el crecimiento, producción y calidad de pepino fertilizado con vermicomposta, fertilizante sintético y combinación de vermicomposta con fertilizante sintético.

Hipótesis

El crecimiento, calidad y producción de pepino es similar fertilizado orgánicamente e inorgánicamente.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e importancia del pepino

El pepino es una fruta, baya producida por la planta herbácea del mismo nombre y cuyo nombre científico es *Cucumis sativus L.* Al igual que la sandía, melón y calabaza pertenece a la familia de las cucurbitáceas (SIAP, 2015). El pepino proviene del sur de Asia y fue introducido por los romanos en Europa en el siglo IX para posteriormente introducirse en Norteamérica en el siglo XVI por los europeos (Castellanos *et al.*, 2004). El pepino es una hortaliza de importancia debido a la superficie dedicada a este cultivo y al capital que genera. En 2014 en México se ocupó una superficie de 15,195.06 ha de las que se obtuvo un rendimiento promedio de 44.83 ton·ha⁻¹, cuyo valor de la producción fue de 3,464, 324.11 millones de pesos (SIAP, 2015).

Pensando en el alto impacto económico que tiene el cultivo de pepino en México y en los empleos que genera, se deben emplear tecnologías modernas disponibles en la producción y manejo de este cultivo que aseguren calidad y alto rendimiento (Hernández-González *et al.*, 2014). La fertilización y riego son los factores de control más importantes que permitirán llevar al éxito el cultivo al productor (Martínez *et al.*, 2014). Por ello, es necesario tener bases teóricas sobre la nutrición del cultivo de pepino ya que ésta permitirá la máxima expresión genética de la variedad o genotipo mientras que una nutrición desproporcionada influirá desfavorablemente sobre el rendimiento y calidad de la cosecha (Suniaga *et al.*, 2008)

Elementos esenciales, forma de asimilación y participación en las plantas.

Los elementos nutritivos esenciales son aquellos que cumplen con los siguientes criterios: en ausencia del elemento nutritivo la planta es incapaz de completar su ciclo de vida, la función que realiza dicho elemento no puede ser

desempeñada por ningún otro mineral de reemplazo o sustitución y el elemento debe estar directamente implicado en el metabolismo, por ejemplo como componente de una molécula esencial de la planta, o ser necesario en una fase metabólica precisa (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

A excepción del hidrógeno, oxígeno y carbono, que son tomados del aire y agua, los elementos nutritivos se clasifican en macro y microelementos y a su vez los macroelementos se clasifican en elementos primarios, los cuales se conforman por nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) y elementos secundarios entre los que se encuentra el calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S); por otro lado los microelementos comprenden al hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B), molibdeno (Mo), cobalto (Co), cobre (Cu), cloro (Cl) y níquel (Ni) (Sequi, 2004). Para que las plantas puedan absorber los elementos nutritivos, estos deben encontrarse disueltos en la solución del suelo en su forma asimilable: N-NO_3^- , $\text{P-H}_2\text{PO}_4^-$, K-K^+ , Ca-Ca^{2+} , Mg-Mg^{2+} y S-SO_4^- (Fernández *et al.*, 2014) La participación de los elementos nutritivos en la planta es diversa, a continuación se describe la participación de los elementos más nombrados.

El nitrógeno está presente en los compuestos y complejos más importantes de la materia viva de las plantas así como en ácidos nucleicos, proteínas, aminos y amidas, incluso la clorofila es un compuesto a base de nitrógeno. El fósforo forma parte de moléculas orgánicas importantes en la planta como el ATP, coenzimas como el NADP, NAD y fosfolípidos. Además, al igual que el nitrógeno forma parte de ácidos nucleicos. La función del potasio es diversa en la vida de las plantas, no es parte de la composición de constituyentes importantes de las plantas pero se destaca por su movilidad y solubilidad dentro de los tejidos. El potasio regula el régimen hídrico al regular el movimiento de los estomas, influye en el intercambio de carbohidratos, participa en la actividad de múltiples enzimas y participa en la síntesis de proteínas (Hernández y Chailloux, 2001). El calcio forma parte de la protopectina, que actúa como agente cementante al mantener las células unidas, además favorece el crecimiento radicular al favorecer su multiplicación y crecimiento

celular, regula la absorción de nitrógeno, neutraliza ácidos orgánicos y activa enzimas como la amilasa y fosfolipasa (Navarro y Navarro, 2003). El Na es un elemento benéfico para las plantas superiores porque puede sustituir parcialmente al K^+ en funciones no específicas, contribuyendo a la generación de potencial osmótico y turgencia celular, cuando el suelo es pobre en este elemento (Malavolta et al., 1997).

Fertilización.

Los fertilizantes son sustancias que suministran elementos nutritivos a las plantas para completar sus necesidades de crecimiento y producción (Fernández *et al.*, 2014). El objetivo de la fertilización es lograr que el aporte de elementos nutritivos a la planta exprese el máximo potencial productivo de los cultivos, por ello, después del riego la fertilización es el segundo factor de producción más importante (Quesada-Roldan y Bertsch-Hernández, 2013). Debido a la importancia y potencial de la fertilización, el incremento en la inversión que representa y al impacto ambiental que puede generar, es importante la utilización prudente de este recurso, evitando una utilización excesiva (Ramos-Lara *et al.*, 2002).

Una de las prácticas a las que el productor puede recurrir para optimizar la fertilización es al fertirriego. La fertirrigación es una técnica donde los elementos nutritivos que requiere la planta son aplicados en el agua de riego. Esta técnica ofrece la posibilidad de optimizar el uso de dos de los recursos más importantes en la agricultura al aplicar el agua con los fertilizantes disueltos directamente sobre el bulbo de la raíz, y al mismo tiempo contribuye en la obtención de mayor rendimiento y mejor calidad de la cosecha (Martínez *et al.*, 2014).

En cuanto a las necesidades de fertilización, existen dos formas para establecer las necesidades de abonado: la primera implica buscar información en libros, artículos científicos, o cualquier fuente de información confiable, no obstante la información es muy variada pudiéndose incluso encontrar “recetas”

contradictorias dentro de una misma zona; otra forma más directa es a través del empleo de lisímetros de succión, comúnmente conocidos como chupatubos, con las cuales poder extraer y analizar la solución del suelo. En ésta última es necesario contar con el equipo necesario para medir la concentración de los macro y micronutrientes presentes en la solución del suelo así como pH y conductividad eléctrica (Castellanos *et al.*, 2004).

Impacto ambiental del uso de fertilizantes de origen químico y alternativas de fertilización

La agricultura moderna es considerada como una de las principales responsables de las enfermedades medioambientales debido a la producción y utilización desmedida de fertilizantes y productos de origen sintético (Cadahía *et al.*, 2004). Debido a que el nitrógeno es el elemento nutritivo más asociado al incremento de rendimiento en los cultivos, los agricultores de áreas tecnificadas aplican dosis elevadas de nitrógeno sin darse cuenta del daño que se ocasiona al medio ambiente, por un lado el exceso de nitrógeno en el suelo en forma de nitratos tiende a la lixiviación, contaminando los mantos acuíferos (Medina-Morales y Cano-Ríos, 2001). Por otro lado el empleo de fertilizantes nitrogenados es responsable de las emisiones de N_xO a la atmósfera contribuyendo a la intensificación del efecto invernadero y destrucción del ozono (Mora *et al.*, 2005). Además se sabe que el consumo de alimentos con residuos químicos puede causar cáncer (Medina-Morales y Cano-Ríos, 2001). Es por ello que los consumidores prefieren comprar alimentos que garantizan estar libres de productos químicos, inocuos y con alto valor nutricional, a los cultivados convencionalmente, en especial aquellos de consumo en fresco (Márquez *et al.*, 2008).

Debido a los problemas derivados del uso de fertilizantes químicos se ha buscado implementar alternativas encaminadas a una agricultura sustentable, reduciendo el uso de agroquímicos y aumentando el empleo de recursos amigables con el medio ambiente (Moreno *et al.*, 2008), uno de esos recursos son los abonos

orgánicos que han sido utilizados en diversos cultivos como sustitutos o complementos de los fertilizantes de origen químico. Además, estos abonos sirven como mejoradores del suelo debido al efecto positivo que tiene sobre algunas de sus propiedades, sin embargo los abonos orgánicos tienen una concentración menor de elementos nutritivos con respecto a los fertilizantes químicos por lo que las dosis aplicadas de abonos orgánicos al suelo son comparativamente más altas (Durán-Umaña y Henríquez-Henríquez, 2010). Dentro de los abonos orgánicos sobresale la composta y vermicomposta, ambos producto de una transformación microbiana de residuos orgánicos en condiciones controladas, con la diferencia de que en el proceso de elaboración de la vermicomposta participan diversas especies de lombrices (Olivares-Campos *et al.*, 2012). Se han hecho estudios comparativos entre ambos abonos y se ha observado mejor respuesta en el suelo y planta cuando se usa vermicomposta (Cruz-Lazaro *et al.*, 2009).

Vermicomposta

La vermicomposta es materia orgánica que ha sido procesado bioquímica y microbiológicamente en el tracto digestivo de la lombriz dando lugar a un abono rico en elementos nutritivos (Galindo *et al.*, 2014). Estos nutrientes son liberados de forma equilibrada a la planta, por lo que es un material utilizado como sustrato y fertilizante del suelo en la horticultura (Hernández *et al.*, 2008) pero a diferencia de los fertilizantes químicos, que liberan sus nutrientes con bastante rapidez. La vermicomposta trabaja como fuente de fertilización de liberación lenta (Am-Euras y Enviros, 2009).

La vermicomposta ha cobrado importancia en los últimos años debido a que es una alternativa de fertilización a los cultivos orgánicos, además resulta una alternativa viable para el reciclaje de residuos orgánicos de naturaleza animal, doméstica e incluso para lodos de aguas negras. Esta alternativa resulta conveniente para los agricultores pues además de que se reciclan los nutrientes presentes en los residuos orgánicos, el costo de este abono es significativamente

menor en comparación con los fertilizantes convencionales y abre nuevas oportunidades para el desarrollo y comercio de productos “ambientalmente responsables” (Anconca *et al.*, 2006). Este tipo de abonos orgánicos, cobran importancia al considerar que México ocupa el lugar 16 respecto a la superficie de cultivos orgánicos, el tercero con respecto al número de productores y es el país con mayor diversidad de cultivos producidos orgánicamente, con alrededor de 81 cultivos (Gómez *et al.*, 2010).

Está bien establecido que la vermicomposta tiene la capacidad de favorecer el crecimiento de las plantas y rendimiento de los cultivos debido a sus propiedades físicas químicas y biológicas (Arancon *et al.*, 2003). Desde el punto de vista biológico se ha demostrado que la vermicomposta posee una riqueza en flora bacteriana superior a la fuente orgánica de origen debido a que el proceso de vermicomposteo incrementa la actividad microbiana, lo que repercute en una mayor tasa de transformación de nutrientes a formas disponibles por las planta, supresión de enfermedades, producción de sustancias reguladoras de crecimiento e incremento en la producción de enzimas, importantes para la evolución de la materia orgánica una vez que la vermicomposta sea incorporado al suelo (Domínguez *et al.*, 2010). Mientras que desde el punto de vista físico la vermicomposta actúa como un acondicionador de suelo debido a su capacidad de retención de agua, drenaje, aireación, alta porosidad, densidad aparente, resistencia a la penetración y agregación. Además, se ha observado que su aplicación continua puede mejorar la calidad total del suelo, incluso en suelo degradado y sódico (Am-Euras y Enviros, 2009). Su uso continuo con una gestión adecuada puede aumentar el carbono orgánico del suelo y se ha demostrado que la vermicomposta tiene alto nivel de nitrógeno total y disponible, así como de fósforo, potasio y micronutrientes (Parthasarathi *et al.*, 2008).

El beneficio del uso de vermicomposta no solo se limita a la mejora del suelo ya que este material tiene un efecto benéfico en el desarrollo de la raíz, aumenta el área foliar, promueve la germinación de semilla, estimulación de la floración con

el aumento del número y biomasa de flores producidas, aumento de rendimiento y calidad nutricional de algunos cultivos hortícolas, no obstante existen indicios de que estos efectos no son generales o constantes debido posiblemente al sistema de cultivo o de las propiedades del material utilizado (Lazcano y Domínguez, 2011).

Debido a que se puede generar vermicomposta a partir de diferentes desechos orgánicos el vermicompostaje ha resultado una excelente alternativa para el reciclaje de residuos orgánicos (Castillo *et al.*, 2000). Sin embargo las propiedades nutricionales de la vermicomposta pueden variar mucho entre sí debido a los tipos de desechos utilizados, proporción de cada uno, estado de descomposición de los materiales, condiciones en las cuales se lleve a cabo el vermicompostaje y el tiempo de almacenamiento (Durán y Henríquez, 2007). Se ha reportado que las fuentes de desechos animales en general contienen más elementos nutritivos que otros medios de cultivo, y muchos de estos nutrientes son transformados a sus formas asimilables por las plantas en el proceso (Arancon y Edwards, 2005). Por otro lado se sugiere que las fuentes orgánicas utilizadas se encuentren disponibles en la zona de producción (Hernández *et al.*, 2008), sin embargo es necesario caracterizar el material a utilizar como fuente de fertilización (Durán y Henríquez, 2007).

Experimentalmente se han probado dosis de 0.5 a 4 ton·ha⁻¹ de vermicomposta como fuente de fertilización en tomate y los resultados muestran que a dosis mayores de 4 ton·ha⁻¹ el número y tamaño del fruto por planta se incrementó, además los frutos tuvieron características deseables para el mercado nacional e internacional (Roblero *et al.*, 2014). En otras investigaciones se han utilizado dosis de 10 ton·ha⁻¹ de vermicomposta en tomate de cascara y se reporta que la adición de vermicomposta en esa dosis incrementó el contenido de materia seca y rendimiento (Velasco *et al.*, 2001). En otros estudios, en tomate, se observó un incremento en rendimiento y altura de planta conforme aumentaba la dosis de vermicomposta en 5, 10 y 15 ton·ha⁻¹ (Azarmi *et al.*, 2008). La vermicomposta además de ser utilizada como fuente de fertilización también se ha empleado como forma de control de nematodos en dosis de 7.5 y 12.5 ton·ha⁻¹ reduciendo el índice

de agallamiento y la necrosis radicular y al mismo tiempo aumentando el peso seco del follaje (Villa-Briones *et al.*, 2008).

Se ha propuesto que el manejo integrado de fertilizantes químicos y abonos orgánicos puede mejorar la producción, tal y como se observó en maíz, ya que al utilizar una cantidad de $6 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ de diferentes abonos orgánicos, entre ellos la vermicomposta, se incrementó el rendimiento en comparación con la utilización de únicamente fertilización química (Álvarez-Solís *et al.*, 2010). En otro estudio, en pepino, se observó que el número de hojas por planta, altura de planta, área foliar, contenido de clorofila y rendimiento fue significativamente mayor cuando la fertilización se complementó con vermicomposta y que estos mismos parámetros iban en incremento cuando el aporte de vermicomposta aumentaba, utilizándose proporciones de vermicomposta de 10 a $30 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, (Azarmi *et al.*, 2009). También se ha propuesto que al utilizar fertilizantes orgánicos se puede reducir la dosis de fertilizantes químicos como se demostró experimentalmente en tomate con dosis de vermicomposta de $4 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ y fertilización química reducida (Villarreal-Romero *et al.*, 2010).

Monitoreo nutrimental de los cultivos

El seguimiento nutrimental de los cultivos es indispensable en la obtención de calidad y alto rendimiento de fruto ya que las deficiencias nutrimentales pueden reducir en 50% el rendimiento y en 70% la calidad de fruto, por otro lado la fertilización excesiva puede ocasionar daños ambientales (Tapia-vargas *et al.*, 2010).

Existen diferentes estrategias de monitoreo nutrimental entre las que se menciona el análisis foliar, muestreo de peciolo para análisis de materia seca y el muestreo de peciolo fresco para análisis de extracto celular. El análisis foliar y el muestreo de peciolo fresco para análisis de extracto celular tienen el inconveniente de demorar mucho en laboratorio por lo que es difícil tener los resultados a tiempo

conforme a la dinámica de desarrollo del cultivo, por otro lado el muestreo de peciolo para análisis de extracto celular tienen la ventaja de un rápido análisis con la obtención de resultados inmediatos, lo que permite tomar decisiones en tiempo sobre la nutrición del cultivo (Castellanos, s.f).

El análisis de extracto celular de peciolo permite el monitoreo nutrimental desde las primeras etapas del cultivo, de esta manera es posible evitar alteraciones nutrimentales que puedan afectar el rendimiento del cultivo provocadas tanto por la relación planta suelo como por factores ambientales (Castro-Brindis *et al.*, 2000). Una de las limitantes de esta técnica es que mayormente se disponen niveles de referencia para nitrógeno y potasio mientras que el resto de los elementos nutritivos están lejos de tener niveles de referencia confiables, no obstante estos elementos resultan ser los más dinámicos y los que más a menudo afectan el rendimiento y calidad de los cultivos (Castellanos, 2009).

En la década de los noventa los medidores portátiles de $N-NO_3$ y de otros iones, comenzaron a cobrar importancia en la ejecución de pruebas rápidas en campo de extracto celular de peciolo, no obstante se ha cuestionado la veracidad de los datos obtenidos con esta herramienta, sin embargo diferentes investigadores han concluido que el monitoreo nutrimental mediante el análisis de extracto celular de peciolo con estos medidores es una técnica muy útil (Brizuela-Amador *et al.*, 2005).

Para llevar a cabo el análisis de extracto celular de peciolo se debe hacer un muestreo, cortando la hoja más recientemente madura de arriba hacia abajo y a ésta se le eliminará la lámina en caso de ser hoja simple o los folíolos si es una hoja compuesta, inmediatamente después, el peciolo deberá ser llevado a una prensa para obtener su extracto y ser depositado en el medidor de nutrientes (Castellanos, 2004). En cuanto a los valores de referencia, en Florida se reportaron los siguientes valores para pepino: NO_3-N de 800-1000 ppm en la primera floración, 600-800 ppm a comienzo de fructificación y 400-600 ppm en la primera cosecha mientras que

para K no hay valores de referencia registrados, sin embargo para otras cucurbitáceas como sandía y melón se reportan valores de K de 3000 a 5000 ppm durante su desarrollo (Olson *et al.*, 2012). Por otro lado en Guadalajara se reportan los valores mostrados en el cuadro 1.

Cuadro 1. Rangos óptimos de N en el extracto celular de peciolo (ECP) en las hojas de pepino. UAAAN-UL. 2015.

Etapa Fenológica	Concentración de en el ECP (mg/L) N-NO ₃
Etapa vegetativa	1000-1200
Inicio de floración	900-1000
Fructificación	700-900

(Sánchez, 2009)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área experimental.

El experimento se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna de julio a octubre de 2015.

El experimento consistió en evaluar el crecimiento, producción y calidad del pepino bajo tres dosis de vermicomposta, fertilización inorgánica con combinación. Los tratamientos fueron establecidas de la siguiente manera: 2 ton·ha⁻¹ de vermicomposta (T1: V2), 6 ton·ha⁻¹ de vermicomposta (T2: V6), 10 ton·ha⁻¹ de vermicomposta (T3: V10), 2 ton·ha⁻¹ de vermicomposta más fertilización sintética (T4: V2+FQ), 6 ton·ha⁻¹ de vermicomposta más fertilización sintética (T5: V6+FQ), 10 ton·ha⁻¹ de vermicomposta más fertilización sintética (T6: V10+FQ) y testigo (fertilización sintética) (T7: FQ). Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela experimental fue de 240 m², se trazaron 9 camas meloneras con separación de 1.5 m y 20 m de largo, donde la unidad experimental fue de 5 metros lineales y la parcela útil constó de 1.2 metros lineales del centro de cada unidad experimental. A cada unidad experimental se le incorporó vermicomposta en forma manual según el tratamiento asignado

Preparación del terreno e incorporación de vermicomposta.

La preparación del terreno se realizó en el mes de julio de 2015 mediante un barbecho con rastra sencilla y posteriormente se levantaron las camas que se utilizaron como medio de desarrollo del cultivo de pepino con distanciamiento de siembra a 0.30 m entre plantas.

El cálculo de la cantidad de vermicomposta a distribuir por unidad experimental se determinó en relación a 100 metros lineales, con separación de 1.5 metros entre camas, cubriendo un total de 67 camas., por lo que se dividió la cantidad de vermicomposta por hectárea entre 67; el resultado se divide entre 20 y

se tiene la cantidad de vermicomposta a aplicar en los 5 metros lineales de la unidad experimental. El aporte de vermicompost por metro lineal según los tratamientos se detalla en el cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución de vermicomposta por tratamiento. UAAAN-UL. 2015.

Tratamiento	Dosis de vermicompost (kg/m)	Distribución de vermicomposta por unidad experimental (kg)
T1 y T4	0.30	1.49
T2 y T5	0.90	4.48
T3 y T6	1.49	7.46

Obtención de plántulas.

Para la obtención de plántulas se realizó siembra en charolas de 200 cavidades, utilizando la variedad Poinsett 76 SW-0662 de la casa comercial Western Seed y posteriormente se realizó el trasplante una vez que la plántula tenía entre 2 y 3 hojas verdaderas.

Riego y fertilización

En la aplicación de agua al cultivo de pepino se utilizó riego por goteo, utilizando cintilla de 16 mm de diámetro con espaciamiento de goteros de 20 cm y un gasto por emisor de 1 litro por hora, a una presión de manejo a 11 psi. Los requerimientos de la lámina de riego aplicar se determinó en base a la evapotranspiración de referencia determinada por el método del tanque evaporímetro tipo A.

La fertilización se efectuó a través de la inyección de la solución nutrimental preparada previamente por medio de sistema de Venturi a través del sistema de riego. Para llevar a cabo la fertilización por unidad experimental, fueron separadas con líneas secundarias independiente a cada lote con el fin de evitar mezclas de la fertilización.

La programación de la metodología de fertilización, se realizó mediante una determinación de análisis inicial de fertilidad del suelo realizando un muestreo tipo compuesto, método zigzag a una profundidad de 0-30 cm. Posteriormente se llevaron al laboratorio de suelo de la UAAAN-UL, para su análisis determinándose: NO_3^- , PO_4^{3-} , K^+ y Ca^{2+} obtenidos a partir por extracto de pasta saturada así; como también se realizó el análisis de agua determinando su pH y CE.

La fertilización se llevó a cabo semanalmente de acuerdo a los niveles de extractos de solución del suelo (NO_3^- , PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+} , y Na^+) extraídas a partir del uso de un lisímetro de succión (chupatubos), realizados tres veces por semana. Posteriormente los extractos fueron obtenidas las lecturas de su concentración de solutos, con el apoyo de un medidor portátil Horiba Laqua Twin, con los siguientes extractos NO_3^- , K^+ , Ca^{2+} , y Na^+ y el Medidor de Fosfatos Hanna HI713 para PO_4^{3-} conjuntamente para determinar los niveles de pH y conductividad eléctrica. En base a estos resultados se determinó la aportación nutrimental de la planta necesaria para cubrir su demanda de absorción nutrimental a partir de los niveles óptimos de fertilidad.

Manejo del cultivo.

El cultivo se manejó a un solo tallo, suprimiendo los brotes laterales conforme fueron apareciendo, las plantas fueron sujetas con hilo de rafia polipropileno, transversal de un alambre de guía. Para el control de plagas y enfermedades se utilizó control químico aplicando los siguientes productos: Spiromesifen (0.5 l/ha), Cipermetrina (100 ml/ha) y Malation (1 l/ha).

Variables evaluadas y análisis estadístico.

Las variables evaluadas fueron: altura de planta en tres muestreos a partir de la superficie del suelo, hasta el punto del ápice con una cinta métrica, se contabilizaron los pesos de fruto, para la obtención de su rendimiento total, así mismo se cuantificó la calidad del fruto obtenido a partir de la medición de la longitud

(regla), diámetro de fruto, con el apoyo de un vernier, sólidos solubles (refractómetro) y se realizó la cualificación de extracto de savia a nivel peciolo de NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} , en tres fases: vegetativa, Inicio de floración y fructificación.

Se utilizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias por medio de Tukey, con el programa SAS versión. 9.4.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento y producción

Los resultados indican que la fertilización química suplementada con nutrición orgánica, aplicados en el experimento, provocaron que las plantas de pepino mostraran diferencia en crecimiento (Cuadro 2). La mayor altura final registrada de planta se encontró en las combinaciones de vermicompost + químico (V+ FQ), seguidas por el testigo (FQ) sin combinación, fue adecuada para suministrar y promover mayor crecimiento en las tres fases del muestreo fenológico en la planta de pepino (Cuadro 3). Similar al obtenido por Azarmi et al., (2009).

Cuadro 3. Crecimiento en plantas de pepino. UAAAN-UL. 2015.

Tratamiento	Altura de planta (cm)		
	28 ddt	40 ddt	56 ddt
V2	23.3d	73.85c	149.15ab
V6	36.5bc	99.6ab	163.8ab
V10	31.5dc	84.55bc	146.7b
V2+FQ	46.85ab	104.3 ^a	162.3ab
V6+FQ	49.25 ^a	106.15 ^a	163.85ab
V10+FQ	48.95 ^a	113.95 ^a	181.75 ^a
FQ (Testigo)	46.65ab	106.875 ^a	164.53ab

V2 = T1: 2 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V6 = T2: 6 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V10 = T3: 10 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V2+FQ = T4: 2 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, V6+FQ = T5: 6 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, V10+FQ = T6: 10 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, FQ = T7: Fertilización química (Testigo).

*Valores iguales en la misma columna son estadísticamente iguales Tukey al 0.05.

Mientras en las plantas desarrolladas sin suplemento de fertilizantes inorgánicos, exclusivamente con las aportaciones de las propiedades químicas y biológicas de vermicompost (V) con dosis tratada de 2, 6 y 10 t.ha⁻¹ presentaron una dinámica de crecimiento menor en su desarrollo de altura durante su ciclo de producción.

Resultado similar al reportado por Azarmi et al., (2009), que no encontraron incrementos en desarrollo de altura en plantas de pepino al utilizar dosis menores de vermicompost (0 a 10 tha⁻¹). Esta diferencia en respuesta podría decirse que

depende de la tecnología de producción utilizada durante el compostaje, así como la proporción de nutrientes y tasa de liberación de sustancias de promoción de crecimiento que no siempre coincide con la necesidad de la planta debido a la velocidad de absorción y transformación de nutrientes asimilables hacia las plantas, cuando son orgánicos (Mahmoud et al., 2009; Tringovska y Dintcheva, 2012). Otro factor a que pudiera deberse es la salinidad liberada por los sustratos utilizados, que incrementa la salinidad del medio radical, y disminuye la absorción de agua, nutrimentos, afectando el metabolismo de la planta (Maathius, 2009; Antal et al., 2010). Debido a esto se debe tener cuidado con las dosis de vermicompost a utilizar, ya que la salinidad es un limitante para su utilización (Chon, 2005)

Rendimiento

El número de frutos por planta y peso promedio por fruto es el más importante componente de los rendimientos en el cultivo de pepino. El análisis estadístico detectó diferencia entre tratamientos (Cuadro 4). El tratamiento testigo presentó el mayor rendimiento con 10.31 tha^{-1} superando en 23.3% al resto de los tratamientos.

Cuadro 4. Rendimiento y peso de fruto en la producción de pepino. UAAAN-UL. 2015.

Tratamiento	Peso de fruto (g)	Rendimiento (tha^{-1})
V2	346.67*	9.68ab
V6	316.86	8.85b
V10	329.66	9.20b
V2+FQ	318.94	8.90b
V6+FQ	343.23	9.09b
V10+FQ	348.02	9.72b
FQ (Testigo)	369.32	10.31a

V2 = T1: $2 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de vermicomposta, V6 = T2: $6 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de vermicomposta, V10 = T3: $10 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de vermicomposta, V2+FQ = T4: $2 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de vermicomposta + fertilización química, V6+FQ = T5: $6 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de vermicomposta + fertilización química, V10+FQ = T6: $10 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de vermicomposta + fertilización química, FQ = T7: Fertilización química (Testigo).

*Valores iguales en la misma columna son estadísticamente iguales.

Resultado similar fue obtenido por Azarmi et al., (2009) al encontrar un rendimiento óptimo al utilizar una relación adecuada de fertilización química + suplemento orgánico. Los cuales son similares a los obtenidos en diversas investigaciones que señalan que la adición pequeña de vermicompost en el medio de crecimiento estimula el crecimiento de las plantas debido a la presencia de hormonas naturales como bioestimuladores, reguladores de crecimiento y ácidos húmicos, generados por microorganismos capaces de producir auxinas, citoquininas y giberelinas favoreciendo el crecimiento y productividad en los cultivos (Arancon et al., 2005; Azarmi et al., 2008; Mahmoud et al., 2009).

Peso de Fruto

En peso de fruto se registró el peso de un fruto representativo en cada tratamiento. En peso del fruto no se encontró diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo, se observa una tendencia del peso de fruto del tratamiento FQ (testigo) ser mayor que el peso de fruto del tratamiento Vermicomposta (6 t ha^{-1}). Similar a la respuesta encontrado por Azarmi et al., (2009) al aplicar una dosis en 30 t ha^{-1} de vermicompost.

Calidad del fruto

Longitud, diámetro ecuatorial y grados brix.

Los frutos de pepino cosechados antes de alcanzar su madurez fisiológica cambian su peso rápidamente de un día a otro (Staub et al., 2009). En longitud de fruto, diámetro ecuatorial y sólidos solubles totales, no se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$), lo que coincide con lo obtenido con otro estudio con pepino y sustratos orgánicos donde no se encontró diferencia entre tratamientos observando una longitud media de 18.0 cm aunque la longitud de fruto puede cambiar de acuerdo al híbrido o genotipo utilizado (López et al., 2011). Los pepinos son frutos no climatéricos que se caracterizan por presentar valores bajos de sólidos solubles

totales, no se encontró diferencia entre tratamientos (Suslow y Cantwell, 1997; Azarmi et al., 2008).

Cuadro 5. Longitud de fruto, diámetro ecuatorial y sólidos solubles en el cultivo de pepino bajo fertilización con vermicomposta y fertilización química en campo abierto. UAAAN-UL. 2015.

Tratamiento	Longitud de fruto (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Sólidos solubles (° brix)
V2	18.82*	5.47*	4.42*
V6	17.81	5.34	4.7
V10	17.785	5.455	4.575
V2+FQ	17.92	5.515	4.55
V6+FQ	17.86	5.63	4.55
V10+FQ	17.625	5.59	4.615
FQ (Testigo)	18.69	5.805	4.48

V2 = T1: 2 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V6 = T2: 6 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V10 = T3: 10 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V2+FQ = T4: 2 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, V6+FQ = T5: 6 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, V10+FQ = T6: 10 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, FQ = T7: Fertilización química (Testigo). *Valores iguales en la misma columna son estadísticamente iguales.

Comportamiento de los nutrientes en peciolo

Nutrientes en peciolo

Los diferentes tratamientos de fertilización orgánica e inorgánica provocaron diferencia en los valores de N-NO₃⁻ en el extracto celular de peciolo (P≤0,05).

Los mayores valores fueron obtenidos al aplicar las combinaciones de vermicompost + químico (V2, V6, V10 + FQ) al igual que el testigo (cuadro 6), valores considerados adecuados para el cultivo de pepino, seguido por el tratamiento de vermicompost (V10) de 10 tha⁻¹, mientras que el resto de los tratamientos presentaron deficiencia en la etapa vegetativa de acuerdo a Olson et al., 2012.

Al considerar los estudios de ECP al inicio de floración y fructificación estadísticamente no presentaron diferencia significativa en las dos etapas del muestreo. Pero al observar los niveles de concentración de $N-NO_3^-$ en la etapa de floración comienza a disminuir su concentración hasta obtener niveles bajos en etapa de fructificación.

Cuadro 6. Valores de contenido de $N-NO_3$ en extracto celular de peciolo (ECP) en hojas de pepino. UAAAN-UL. 2015.

Tratamiento	N-NO ₃		
	Etapas vegetativa	Floración	Fructificación
V2	973.9bc	1449.7*	465.9*
V6	929.6c	1350.1	335.3
V10	1217.3abc	1538.2	377.4
V2+FQ	1449.7a	1305.8	372.9
V6+FQ	1350.1ab	1128.8	343.1
V10+FQ	1339.0ab	1261.6	350.8
FQ (Testigo)	1361.2ab	1139.9	266.7

V2 = T1: 2 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V6 = T2: 6 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V10 = T3: 10 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V2+FQ = T4: 2 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, V6+FQ = T5: 6 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, V10+FQ = T6: 10 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, FQ = T7: Fertilización química (Testigo). *Valores iguales en la misma columna son estadísticamente iguales.

En el contenido de potasio en extracto de peciolo como estimador de predicción de grados brix no se encontró diferencia estadística en los tres periodos evaluados (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valores de contenido de K en extracto celular de peciolo (ECP) en hojas de pepino. UAAAN-UL. 2015.

Tratamiento	K		
	Etapas vegetativa	Floración	Fructificación
V2	662.53*	460.76*	490.87*
V6	716.74	499.91	505.93
V10	692.65	463.77	478.83
V2+FQ	668.55	484.85	358.07
V6+FQ	704.69	496.90	451.73
V10+FQ	738.81	475.82	369.81
FQ (Testigo)	599.29	478.83	478.83

V2 = T1: 2 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V6 = T2: 6 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V10 = T3: 10 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V2+FQ = T4: 2 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, V6+FQ = T5: 6 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, V10+FQ = T6: 10 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, FQ = T7: Fertilización química (Testigo). *Valores iguales en la misma columna son estadísticamente iguales.

Como indica Mahmoud et al., (2009), la proporción y liberación de nutrientes no siempre coincide con la necesidad de la plantas debido a la velocidad de absorción y transformación. Lo anterior implica que las anteriores suplementos de vermicompost + químico fueron capaces de satisfacer la demanda nutrimental del cultivo y están dentro del óptimo para pepino, en etapa vegetativa (1000-1200 mgL⁻¹ y fructificación (900-1000 mgL⁻¹ N-NO₃⁻) (Sánchez, 2009); mientras en K⁺, no se tiene reporte para rangos óptimos.

Calcio (Ca)

La bondad de las combinaciones de los fertilizantes utilizados mostro diferencia entre tratamientos (P≤0.05). Se encontró mayor respuesta en etapa vegetativa con el tratamiento de vermicompost seguido con la combinación de vermicompost + químico con dosis de 2 tha⁻¹. Mientras en etapas de floración y fructificación no presentaron diferencia entre los distintos tratamientos.

Cuadro 8. Valores de contenido de Ca en extracto celular de peciolo (ECP) en hojas de pepino. UAAAN-UL. 2015.

Tratamiento	Ca		
	Etapa vegetativa	Floración	Fructificación
V2	51.77a	60.55*	70.35*
V6	19.25b	58.10	98.35
V10	42ab	59.85	79.10
V2+FQ	56a	44.80	86.45
V6+FQ	34.65ab	60.90	120.75
V10+FQ	36.4ab	49.70	98.35
FQ (Testigo)	29.4ab	44.45	110.60

V2 = T1: 2 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V6 = T2: 6 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V10 = T3: 10 ton · ha⁻¹ de vermicomposta, V2+FQ = T4: 2 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, V6+FQ = T5: 6 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, V10+FQ = T6: 10 ton · ha⁻¹ de vermicomposta + fertilización química, FQ = T7: Fertilización química (Testigo). *Valores iguales en la misma columna son estadísticamente iguales.

En la concentración de Ca en peciolo en el periodo vegetativo, es posible que la relación de su concentración en el periodo inicial es por la integridad de demanda para el desarrollo y estabilidad de rigidez en los tejidos tales como tallos y peciolos (Mathuis, 2009); mientras la neutralidad o estabilidad de nutrientes en etapa de floración y fructificación, es posible como lo señala Albion, (2000) en respuesta encontrada en la fruta de melón con la concentración de Ca se estabiliza en tejido de la frutas dando mejor firmeza y resistencia al ablandamiento.

Sodio (Na)

En este estudio se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.005$) entre tratamientos, presentando el nivel de Na más bajo el tratamiento testigo (FQ), mientras que en el vermicompost puro (V2) con dosis 2 tha^{-1} se incrementó gradualmente siendo mayor, al igual que en las combinaciones (orgánicas e inorgánicas). En las etapas intermedias (floración) y fructificación su comportamiento de concentración a nivel peciolo fue incrementando en todo los tratamientos. Siendo que el pepino es sensible a alta concentración de Na, porque afecta indirectamente la actividad fotosintética (Berova et al., 2010). Para el caso de Na elemento esencial, para *Atriplex vesicaria* (familia Chenopodiaceae) (Maathuis, 2009).

Cuadro 9. Valores de contenido de Na en extracto celular de peciolo (ECP) en hojas de pepino. UAAAN-UL. 2015.

Tratamiento	Na		
	Etapas vegetativa	Floración	Fructificación
V2	3.915 ^a	1.605*	4.1975*
V6	2.7325ab	1.5475	4.6575
V10	2.9275ab	1.5100	4.6000
V2+FQ	2.99ab	1.8275	4.6575
V6+FQ	3.035ab	1.7675	4.4275
V10+FQ	2.68ab	1.7250	4.6000
FQ (Testigo)	2.385b	1.7775	4.3125

V2 = T1: $2 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de vermicomposta, V6 = T2: $6 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de vermicomposta, V10 = T3: $10 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de vermicomposta, V2+FQ = T4: $2 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de vermicomposta + fertilización química, V6+FQ = T5: $6 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de vermicomposta + fertilización química, V10+FQ = T6: $10 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de

vermicomposta + fertilización química, FQ = T7: Fertilización química (Testigo). *Valores iguales en la misma columna son estadísticamente iguales.

V. CONCLUSIÓN

El crecimiento y producción del cultivo de pepino se vio afectado por la dosis y tipo de fertilización aplicada.

La floración, fructificación, calidad de fruto y contenido de K no fueron afectados por la dosis y tipo de fertilización.

El contenido de N-NO₃, Ca y Na en peciolo se vio afectado por la dosis y tipo de fertilización en la etapa de crecimiento vegetativo.

VI. LITERATURA CITADA

- Albion Laboratorios. 2000. Calcium deficiencies and metalosate Calcium. Metalosate Plant Nutrition News. 1(3): 1-4. <http://www.agnet.org> Álvarez-Solís, J. D.,
- Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci. 2009. Earthworms vermicompost: a powerful crop nutrient over the conventional compost & protective soil conditioner against the destructive chemical fertilizers for food safety and security. Sci 5(S): 01-55.
- Ancona, M. L., Pech, M. V., Flores, N. A. 2006. Perfil del mercado de la vermicomposta como abono para jardín en la ciudad de Mérida, Yucatan, México. Revista mexicana de agronegocios. 19(1): 1-15.
- Antal, T. H., Mattila, M., Hakala-Yatkin, T., Tyystjarvi, E. (2010). Acclimation of photosynthesis to nitrogen deficiency in *Phaseolus vulgaris*. Planta: 232: 887-898.
- Arancon, N., Edwards, C. Q., Bierman, P. A, Welch, C., Metzger, J. D. (2005). influence of vermicompost on field strawberries effects on growth yields. Bioresour.Technol.93:145-153.
- Arancon, Q. N., Edwards, C. A. 2005. Effects of vermicompost son plant growth. Paper presented during the International Symposium Workshop on Vermi Technologies for Developing Countries (ISWVT 2005), Los Banos, Philippines November 16-18.
- Arancon, Q. N., Lee, S., Edwards, C. A., Atiyeh, R. 2003. Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. Pedobiologia 47, 741–744.

- Azarmi, R., Sharifi, Z. P., Reza, S. M. 2008. Effect of vermicompost on growth, yield and nutrition status of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Pakistan Journal of Biological Sciences. 11(14): 1797-1802.
- Azarmi, R., Torabi, G. M., Hajiehrari, B. 2009. The effect of sheep-manure vermicompost on quantitative and qualitative properties of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in the greenhouse. African Journal of Biotechnology. 8 (19), 4953-4957
- Azcon-Bieto, J., Talón, M. 2013. Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda edición. McGraw-Hill Interamericana. Moncada, Valencia. p. 104.
- Berova, M., Karanatsidis, G., Sapundzhieva, K., Nikolova, V. 2010. Effect of organic fertilization on growth and yield of pepper plants (*capsicum annum* L.) folia horticulture. 22(1):3-7.
- Brizuela-Amador, P. B., Alcántar-González, G., Sánchez-García, P., Tijerina-Chávez, L., Castellanos-Ramos, J. Z., Maldonado-Torres, R. 2005 Nitratos en soluciones nutritivas en el extracto celular de peciolo de chile. Terra Latinoamericana 23: 469-476.
- Carlos Cadahía, et al. 2004. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Tercera edición. Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona y México. p. 44-45.
- Castellanos, Z. J. (s.f). Nutrición de cultivos bajo sistemas de fertigación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Informaciones agronómicas No. 35.
- Castellanos, Z. J. 2004. Manual de Producción Hortícola en Invernadero. Segunda edición. Intagri. Guanajuato, México. p. 282, 287, 288.

- Castellanos, Z. J. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Primera edición. Intagri, S.C. Guanajuato, México. p. 203-204.
- Castillo, A. E., Quarín, S. H., Iglesias, M. C. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura técnica (Chile)* 60 (1): 74 - 79.
- Castro-Brindis, R., Sánchez-García, P., Peña-Lomelí, A., Alcantar-González, G., Baca-Castillo, G., López-Romero, M. R. 2000. Niveles críticos, de suficiencia y toxicidad de N-NO₃ en el extracto celular de peciolo de tomate de cascara. *Terra* 18(2): 141-145.
- Chong, C. 2005. Experiences with wastes and composts in nursery substrates. *HortTechnology* 15:739-747.
- Cierre de la producción agrícola por cultivo (2014). Recuperado el 13 de noviembre de 2015, de <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- Cruz-Lázaro, E., Estrada-Botello, M., Robledo-Torres, V., Osorio-Osorio, R., Márquez-Hernández, C. Sánchez-Hernández, R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* 25(1): 59-67.
- Domínguez, J., Lazcano, C., Gómez-Brandón, M. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta zoológica mexicana*, 26: 359-371.
- Duran, L., Henríquez, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1): 41-51.

- Durán-Umaña, L., Henríquez-Henríquez, C. 2010. El vermicompost. Su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1) 85-93.
- Fernández, F. M. M. 2014. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Quinta edición. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Sevilla, España. p. 26, 31, 44.
- Galindo, P. F. V., Fortis, H. M., Preciado, R. P., Trejo, V. R., Segura, C. M. A., Orozco V. J. A. 2014. Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(7) 1219-1232.
- Gómez, C. M. A., Schwentesius, R. R., Ortigoza, R. J., Gómez, T. L. 2010. Situación y desafíos del sector orgánico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1(4): 593-608.
- Gómez-Velasco, D. A., León-Martínez, N. S., Gutiérrez-Miceli, F. A. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*, 44(5), 575-586.
- Hernández, A. J. A., Guerrero, L. F., Mármol, C. L. E., Bárcenas, B. J. M., Salas, E. 2008. Caracterización física según granulometría de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Interciencia*, 33(9), 668-671.
- Hernández, D. M. I., Chailloux, L. M. 2001. La nutrición mineral y la biofertilización en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Temas de ciencia*, 5(13), 11-27.
- Hernández-González, Z., Sahagún-Castellanos, J., Espinosa-Robles, P., Colinas-León, M. T., Rodríguez-Pérez, J. E. 2014. Efecto del patrón en el

rendimiento y tamaño de fruto en pepino injertado. *Rev. Fitotec. Mex.* 37(1): 41 – 47.

Hortalizas, legumbres y frutos en las exportaciones mexicanas. (Octubre 21, 2013) recuperado el 13 de noviembre de 2015, de <http://www.campomexicano.gob.mx/boletinsiap/018-e.html>.

Lazcano, C. Domínguez, J. 2011. The use of vermicompost in sustainable agricultura: impact plant growth and soil fertility. Nova Science Publishers, Inc. 10: 1-23.

López-Elías, J., Rodríguez, C. J., Huez, L. M. A., Garza, O. S., Jiménez, L. J., Leyva, E. I. (2011). Producción y calidad de pepino (*Cucumis Sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *Idesia (Arica)* 29(2):21–27.

Maathuis, F. J. (2009). Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology* 12: 250-258.

Mahmoud, E. N., Kader, E.A., Robin, N.P., Akkal, C., El- Rahman, L. A. (2009). Effects of Different Organic and Inorganic Fertilizers on Cucumber Yield and Some Soil Properties. *Word Journal of Agricultural Sciences*. 5: 408-414.

Márquez, H. C., Cano, R. P., Rodríguez, D. N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agricultura Técnica en México*, 34(1), 69-74.

Martínez, G. M. Á., Jasso, C. C., Osuna, C. E. S., Reyes, M. L., Huerta, D. J., Figueroa, S. B. 2014. Efecto del fertirriego y labranza de conservación en propiedades del suelo y el rendimiento de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(6), 937-949.

- Medina-Morales, M. C., Cano-Ríos, P. 2001. Contaminación por nitratos en agua, suelo y cultivos en la comarca lagunera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 2(1):9-14
- Mora, R. A. G. Sandoval, V. M., Gavi, R. F., Sánchez, G. P. Emisión de N₂O con fertilización nitrogenada en fertirriego y fertilización convencional. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 21 (1) 23-29.
- Moreno, R. A., Gómez, F. L., Cano, R. P., Martínez, C. V., Reyes, C. J. L., Puente, M. J. L., Rodríguez, D. N. 2008. Genotipos de tomate en mezclas de vermicompost. Arena en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 26(2) 103-109.
- Moreno, V. D., Hernández, H. B. N., Barrios, D. J. M., Ibáñez, M. A., Cruz, R. W., Berdeja A. R. 2015. Calidad poscosecha de frutos de pepino cultivados con diferente solución nutritiva. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(3), 637-643.
- Navarro, B. S., Navarro, G. G. 2003. *Química agrícola*. Segunda edición. Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona y México. p. 296-298.
- Olivares-Campos, M. A., Hernández-Rodríguez, A., Vencenes-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J. L., Ojedas-Barrios, D. 2012. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo*. 28(1):27-37.
- Olson, S.M., Dittmar, P. J., Roberts, P. D., Webb, S. E., Smith, S. A. 2012. Cucurbit production in Florida. *Horticultural Sciences Dept. UF/IFAS, Fla*: 87 -110.
- Parthasarathi, K., Balamurugan, M., Ranganathan, L. S. 2008. Influence of vermicompost on the physico-chemical and biological properties in

different types of soil along with yield and quality of the pulse crop-blackgram. Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng. 5(1): 51-58.

Pepino (*Cucumis sativus*) (s.f). Recuperado el 13 de noviembre de 2015, de <http://www.siap.gob.mx/pepino/>.

Peterson, T.A., Reinsel, M.D., Krizek, D.T. 2003. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv. „Better Bush“) plant response to root restriction. I. Alteration of plant morphology. J. Exp. Bot. 42: 1233-1240

Quesada-Roldán, G., Bertsch-Hernández, F. 2012. Fertirriego en el rendimiento de híbridos de tomate producidos en invernadero. *Agronomía Mesoamericana*, 23(1) 117-128.

Quesada-Roldán, G., Bertsch-Hernández, F. 2013. Obtención de la curva de extracción nutrimental del híbrido de tomate FB-17. *Terra Latinoamericana*, 31(1).

Ramos, C., Alcántar, G., Galvis, A., Peña, A., Martínez, A. 2002. Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cáscara en fertirriego. *Terra Latinoamericana*, 20(4) 465-469.

Roblero, R. H. R., Nava, P. E., Valenzuela, Q. W., Camacho, B. J. R., Rodríguez-Quiroz, G. 2014. Evaluación de cinco dosis de vermicomposta en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (8) 1495-1500.

Sánchez, G. P. 2009. Manejo integral de la nutrición en el cultivo de cucurbitáceas. <http://www.itson.mx/micrositios/nch/Documents/cucurbitaceas.pdf>. (26 noviembre de 2013).

- Sequi, P. 2004. Los microelementos en la nutrición vegetal. Primera edición. Valagro SpA. Italia. p. 10.
- Singh, R., Sarma, R., Satyendra, K., Gupta, R., Patil, R. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* (Duch.). *Biorecour. Technol* 99: 8502-8511.
- Staub, J., Robbins, M. E. D., Wehner, T. C. (2009). Cucumber. Cucurbit Breeding. Horticultural Science. North Carolina State University. p.43. Disponible en <http://cuke.hort.ncsu.edu/cucurbit/wehner/articles/book15.pdf>. (2 agosto de 2015).
- Suniaga, Q. J., Rodríguez, A., Rázuri, R. L., Romero, E., Montilla, E. 2008. Fertilización, mediante fertirriego, durante diferentes etapas del ciclo del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de bosque premontano. *Agricultura Andina*. 15(1): 56-65.
- Suslow, T., Cantwell, M. (1997). Cucumber. Produce facts. Perishables Handling No. 90. University of California, Davis. USA. pp. 21-22.
- Tapia-Vargas, L. M., Rico-Ponce, H. R., Larios-Guzmán, A., Vidales-Fernández, I., Pedraza-Santos, M. E. 2010. Manejo nutrimental en relación con calidad de fruto y estado nutricional de melón cantaloupe. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(1): 49-55.
- Theunissen, J., Ndakidemi, P. A., Laubscher, C. P. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 5(13), pp. 1964-1973.

- Tringovska, I., Dintcheva, T. (2012). Vermicompost as Substrate Amendment for Tomato Transplant Production. *Sustainable Agriculture Research* 1: 115-122.
- Velasco, V. J., Ferrera, C. R., Almaraz Suárez, J. J. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. *Terra Latinoamericana*, 19(3) 241-248.
- Villa-Briones, A., Zavaleta-Mejía, E., Vargas-Hernández, M., Gómez-Rodríguez, O., Ramírez-Alarcón, S. 2008. Incorporación de vermicomposta para el manejo de *Nacobbus aberrans* en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 14(3), 249-255.
- Villarreal-Romero, M., Parra-Terraza, S., Sánchez-Peña, P. Hernández-Verdugo, S., Osuna-Enciso, T., Basilio Heredia, J. 2010. Cobertura vegetal, vermicompost y actividad microbiana del suelo en la producción de tomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(2), 217-231.