



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

“Uso de lombricomposta en una planta piloto para la producción sustentable de microgreens.”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I O L O G O

PRESENTA

Meléndez Silva Omar

DIRECTOR DE TESIS

Biol. Víctor Manuel Esparza Martínez

Jardín Botánico Área Eco-técnicas.



LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MÉXICO, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A el Profe Vic por guiarme durante todo este camino y enseñarme que hay más allá después de las batas y los gabinetes, espero que este trabajo pueda representar su espíritu emprendedor.

A La Tía Pilar por apoyarme en todas las decisiones y enseñarme a perseverar y no rendirse (No le falla).

A El Abuelo Don Aurelio por mostrarme que la mente se sobrepone ante todos los retos físicos, materiales, o espirituales.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores Manuel Mandujano y LLarai Gaviria por enseñarme la estructura, rigor y objetividad que necesita la ciencia, por quedarse largas horas conmigo trabajando y no rendirse y seguir a mi lado.

A mis asesores Luis Antonio Hernandez y Teresa Ortiz por entrar a salvarme y acompañarme aun cuando no era su obligación.

A el profesor Humberto Macias por creer en el corazón y espíritu de este trabajo.

A mi mama por apoyarme con los retos que se presentaron.

K mé Iva, kterou miluju, děkuji, že jste mě podpořil na této dlouhé cestě.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	4
ÍNDICE DE CUADROS.....	7
ÍNDICE DE ANEXOS.....	8
GLOSARIO DE SIGLAS	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
1-INTRODUCCIÓN.....	12
1.2- SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	15
1.3-MICROGREENS (MG)	16
1.4-FERTILIZANTES.....	19
2-ANTECEDENTES.....	28
3-JUSTIFICACIÓN	34
3.2-OBJETIVO GENERAL	35
3.2.1-OBJETIVOS PARTICULARES.....	35

4-MATERIAL Y MÉTODOS	36
4.1-Sustrato	36
4.2-Semilla.....	38
4.3-Siembra	38
4.4-Tiempo de corte	39
4.4-Análisis de tejido vegetal	39
4.5-Análisis del sustrato	40
4.6-Análisis de datos	41
5-RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
5.1.0-Germinación.....	42
5.1.1-Desarrollo general en sustratos.....	46
5.1.2-Peso seco.....	46
5.1.3-Peso fresco	47
5.1.4-Tiempo de corte	48
5.1.6-Analisis químico de sustratos.....	50

6-CONCLUSIONES..... 54

BIBLIOGRAFÍA..... 55

ANEXOS..... 69

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1: Clasificación de Hortalizas., 11
- Cuadro 2: Importancia económica de la Horticultura Orgánica en México 1996-2008., 12
- Cuadro 3: Prevalencia de obesidad en México (2015)., 26
- Cuadro 4: Aporte nutritivo por cada 100 g de porción comestible: arugula (*Eruca sativa*)., 26
- Cuadro 5: Aporte nutritivo por cada 100 g de porción comestible: melón (*Cucumis melo*)., 27
- Cuadro 6: Aporte nutritivo por cada 100 g de porción comestible: maíz (*Zea mays*) *L. var. saccharata* K m., 27
- Cuadro 7: Aporte nutritivo por cada 100 g de porción comestible: rábano (*Raphanus sativus* L), 27
- Cuadro 8: Tiempo en días de germinación de semillas., 41
- Cuadro 9: Porcentajes de germinación., 42
- Cuadro 10: Porcentajes de germinación por MG y sustratos., 43
- Cuadro 11: Comparación de sustratos., 44
- Cuadro 12: Comparación de medias peso seco total., 44
- Cuadro 13: Comparación de medias del peso seco entre especies., 44
- Cuadro 14: Comparación de medias peso fresco., 81
- Cuadro 15: Comparación de medias peso fresco entre especies., 45
- Cuadro 16: Porcentaje de Humedad entre especies., 82
- Cuadro 17: Comparación de medias de tiempo de corte entre especies., 46
- Cuadro 18: Comparación de medias de la talla promedio., 47
- Cuadro 19: Comparación de medias de talla media entre especies., 48
- Cuadro 20: Comparación de medias de talla de corte de especies., 48
- Cuadro 21: Días tiempo de corte en talla comercial., 83

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1: Diseño de las instalaciones., 66
- Anexo 2: Máximos y Mínimos de temperatura en grados celsius (°C)., 100
- Anexo 3: Imágenes del proceso de siembra del maíz, el melón, el rábano y la arugula., 70
- Anexo 4: Crecimiento y alcance de la talla de corte., 71
- Anexo 5: Producción en etapa de corte de rábano y arugula., 72
- Anexo 6: Cosecha de rábano en los diferentes sustratos., 73
- Anexo 7 : Figuras de resultados., 75

GLOSARIO DE SIGLAS

AFNOR- Del francés *Association Française de Normalisation* traducido al español como Organización Nacional Francesa para la Estandarización.

AMCI- Asociación Mexicana de Cultivos en Invernaderos.

AVRDC- Del inglés *Asian Vegetable Reserch and Development Center* traducido al español Centro Mundial de Especies Vegetales.

CATIE- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

CDC- Centros Demostrativos de Capacitación.

CE-Conductividad Eléctrica

CIC-Capacidad de Intercambio Catiónico

CONEVAL-Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.

DEIS- Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio.

FDA-Del inglés *Federation of Drugs and Aliments* traducido al español como Administración de Alimentos y Medicamentos.

FAO- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FESI-Facultad de Estudios Superiores de Iztacala.

FIDA- Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola.

F-ODM- Fondo Para el Logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

FNDARFP- Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero.

IMC- Índice de Masa Corporal.

INCAP- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

INEGI- Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INVERSA-Nombre de una empresa española especializada en producción de compostaje y lombricultura.

MAP- Del inglés *Monoammonium Phosphate* traducido al español como Fosfato Monoamónico.

MG-Microgreens

OMS-Organización Mundial de la Salud.

OPS-Organización Panamericana de la Salud.

RUTA- Unidad Regional de Asistencia Técnica.

SIAP- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

SPSS-Del inglés *Statistical Package for the Social Sciences*, traducido al español como Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales.

USD-Del inglés *United States Dolars* traducido al español como dolares estadounidenses.

RESUMEN

La producción agrícola de un país conlleva el concepto de suficiencia alimentaria. Es desde la década de los 80 del pasado siglo cuando empezó a incrementarse sustancialmente la inversión en los sistemas de producción orgánica. Por lo que el objetivo de este trabajo fue: Comparar el crecimiento de MG de rábano (*Raphanus sativus*), arugula (*Eruca sativa*), maíz (*Zea mays*) y melón (*Cucumis melo*), en dos sustratos , suelo (S) y lombricomposta (L) en condiciones de invernadero. Se obtuvo germinación en un suelo y en lombricomposta , y fueron observadas las diferencias de brote en tiempo, , talla de corte, peso seco y fresco. la aparición de brote en días (d) fue: rábano (S) 5.25 d, rábano (L) 5 d, maíz (S) 3.75 d, maíz (L) 3.75 d, melón (S) 3.5 d, melón (L) 4.25 d y arugula (S) 5 d, arugula (L) 3.75 d. Mejoró el grado de la productividad en tiempos de corte, en condiciones protegidas. Para la obtención de la talla comercial solicitada se reportó: rábano (S) 10.25 d, rábano (L) 8.75 d, maíz (S) 24.25 d, maíz (L) 23 d, melón (S) 25 d, melón (L) 25.25 d y arugula (S) 11 d, arugula (L) 10.75 d. Fueron observadas diferencias significativas en el desarrollo de los cultivos; en donde cabe mencionar que la germinación y desarrollo a corte se llevó bajo las mismas condiciones. Este trabajo mostró las diferencias de rábano y arugula en el sustrato de lombricomposta, en tiempo de germinación y tiempo de corte, donde el sustrato lombricomposta presentó mejores tiempos de germinación en *Raphanus sativus* y *Eruca sativa*. Se observó una disminución del tiempo de corte para *Raphanus sativus* y *Eruca sativa* al crecer en lombricomposta. *Raphanus sativus* y *Eruca sativa* presentaron

peso fresco y seco mayor además de tiempos más cortos de germinación, de corte, y mayor talla al corte, *con respecto a Zea mays y Cucumis melo*.

Palabras clave: Hortalizas, intensivo, brotes, productividad orgánica.

ABSTRACT

The agricultural production of a country entails the concept of food sufficiency. It is since the 80s of the last century that investment in organic production systems began to increase substantially. Therefore, the objective of this work was: To compare the MG growth of radish (*Raphanus sativus*), arugula (*Eruca sativa*), corn (*Zea mays*) and melon (*Cucumis melo*), in two substrates, soil (S) and vermicompost (L) under greenhouse conditions. Germination was obtained in a soil and in vermicompost, and differences in shoot time, cut size, dry and fresh weight were observed. the appearance of outbreak in days (d) was: radish (S) 5.25 d, radish (L) 5 d, corn (S) 3.75 d, corn (L) 3.75 d, melon (S) 3.5 d, melon (L) 4.25 d and arugula (S) 5 d, arugula (L) 3.75 d. Improved the degree of productivity in cutting times, under protected conditions. To obtain the requested commercial size, the following was reported: radish (S) 10.25 d, radish (L) 8.75 d, corn (S) 24.25 d, corn (L) 23 d, melon (S) 25 d, melon (L) 25.25 d and arugula (S) 11 d, arugula (L) 10.75 d. Significant differences in the development of the crops were observed; where it is worth mentioning that germination and cutting development was carried out under the same conditions. This work showed the differences of radish and arugula in the substrate of vermicompost, in time of germination and time of cut, where the

substrate vermicompost presented better times of germination in *Raphanus sativus* and *Eruca sativa*. A decrease in the cutting time for *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* was observed when growing in vermicompost. *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* presented higher fresh and dry weight as well as shorter germination, cutting and larger cutting times, with respect to *Zea mays* and *Cucumis melo*.

Keywords: Vegetables, intensive, organic productivity

1-INTRODUCCIÓN

México es un abanico de regiones, ecosistemas y climas cuya ubicación geográfica le posibilita en el advenimiento e implementación de nuevas tecnologías en el sector agroindustrial. Se sitúa entre los principales productores y exportadores de hortalizas al ocupar el primer lugar dentro del continente y el cuarto a nivel mundial (Ayala *et al.*, 2012). Sus principales competidores son los Países Bajos, España, China, Francia, Bélgica y Canadá; todos ellos en conjunto suman alrededor del 70% de la producción mundial de vegetales. A pesar de participar con el 1.5 % de la superficie sembrada en el país, la producción hortícola orgánica contribuye con el 6 % de las exportaciones agrícolas y silvícolas, que representan 390,630 USD. Solo durante 2008, el sector creció en un 90.21 % anual, generando con ello 34,865 empleos nuevos cada año (FNDARFP, 2008).

En México se producen alrededor de 70 variedades de hortalizas que se clasifican en 9 grupos diferentes, semillas-granos, frutos, bulbos, coles, hojas, tallos tiernos, pepónidas, raíces y flores comestibles (Alcázar, 2010), el Cuadro 1 muestra

dicha clasificación. Esta versatilidad crea en el sector agroindustrial oportunidades que no deben soslayarse, entre 1990 y 1994 se cosecharon 5 millones 776 mil toneladas, mientras que en 2006 se obtuvieron 8 millones 678 mil toneladas de hortalizas, hecho que muestra un incremento mayor al 50 % de la producción hortícola del país (FAO, 2014).

Cuadro 1: Clasificación de Hortalizas.

Tipología	Variedades
Semillas-granos	Chícharo, haba, arveja, elote, ejote.
Frutos	Tomates, chiles en todas variedades, berenjena, pimientos, sandía, melón, chayote.
Bulbos	Ajo, cebolla, puerro, poro, chalota.
Coles	Repollo, brécol, coles de Bruselas.
Hojas	Espinaca, acelga, nabo, berro, pápalo, quelite.
Tallos tiernos	Achícora, borraja, cardo, endibias, escarola, espárrago, apio.
Pepónidas	Calabacín, calabaza, pepino, chilacayote.
Raíces	Zanahoria, rábano, remolacha de mesa, betabel, papas, papa nabo.

Fuente: Alcázar, 2010.

Para 2011 el incremento en la exportación de hortalizas alcanzó 10.7 millones de toneladas (Fernández, 2012), por ello se visualiza que la producción hortícola seguirá con tendencia al aumento. En 2006 se contaba con 6,639 hectáreas y para ese año se preveía llegar a las 21 mil hectáreas de cultivos protegidos; dicha producción de hortalizas frescas o refrigeradas en 2013, durante el periodo de enero a octubre llegó a 1 375 776 USD mientras que, en el periodo de enero a octubre del 2014 ascendió a 1,442,704 USD lo que reflejó una variación porcentual de 4.9 (INEGI, 2014). En el Cuadro 2 se muestra la creciente importancia en la economía nacional de la Horticultura Orgánica.

Cuadro 2: Importancia económica de la Horticultura Orgánica en México 1996-2008

Variable	1996	1998	2000	2005	2008
Superficie (ha)	18,331	46,942	88,616	265,233	326,436
Productores	12,784	27,084	32,588	80,701	125,031
Empleos directos	13,407	31,385	59,247	146,774	167,566
Divisas	33,984	71,352	138,150	268,069	390,603

Fuente: Gómez *et al.*, 2010

Nota: La superficie esta expresada en hectáreas, las divisas en (USD 1,00)

1.2- SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Actualmente, los modelos alternativos de productividad y desarrollo del sector agrícola más utilizados en el continente americano son: el modelo “cultivable” convencional (Tradicionalista), el modelo convencional empresarial, el modelo de biotecnología (Bioagricultura tecnificada) y el modelo de producción orgánica (FAO, 2014).

Estos sistemas de producción agrícola también cobijan bienestar social, económico, político, cultural y ecológico dentro de cada país o región donde se empleen. Cada uno de estos modelos difiere en su capacidad de producción para satisfacer las demandas del mercado (Lopes, 2005). Por tanto, en esto reside la trascendencia del sistema de producción que se elija, ya que ello, impacta la viabilidad de los proyectos. Es aquí donde la agricultura orgánica adquiere una dimensión considerable, la agricultura orgánica se define y coincide en la aplicación de métodos de producción agrarios biológicos y mecánicos en lugar de utilizar productos químico-sintéticos (Restrepo *et al.*, 2001 FIDA, RUTA, CATIE y FAO, 2003).

El implementar sistemas de producción orgánica es una respuesta a la ruptura de conexiones ecológicas vitales que son ignoradas dentro de la agricultura industrial, sin ecosistemas saludables la agricultura no puede mantenerse productiva a largo plazo (Solórzano, 2002). La agricultura orgánica antes de ser un instrumento de transformación tecnológica es un instrumento de transformación

social (Restrepo *et al.*, 2005). Por lo tanto, la importancia de la agricultura orgánica reside en constituirse como una alternativa viable para el desarrollo del campo. Sus sistemas de producción se rigen por normas específicas, precisas y tradicionales cuya finalidad es la generación de agroecosistemas que sean sostenibles desde el punto de vista social y económico, además de sustentables desde la óptica ecológico-agraria (Lopes, 2005).

1.3-MICROGREENS (MG)

Estudios recientes han demostrado que la producción moderna de alto rendimiento, el aspecto visual y la vida post corte, condujo a una disminución intencional en el sabor y el contenido de nutrientes esenciales en las verduras. El *World Vegetable Center* (AVRDC: Centro Mundial de Vegetales, Tainan, Taiwán) ha realizado estudios acerca de si los vegetales tradicionales son más nutritivos que las variedades modernas y si las primeras etapas de crecimiento de estas verduras ofrecen a los consumidores un mayor contenido de fitonutrientes.

Enfermedades relacionadas con la alimentación, como la obesidad, la diabetes, las enfermedades cardiovasculares, la hipertensión, los accidentes cerebrovasculares y el cáncer están aumentando en los países desarrollados y en desarrollo debido a los patrones de consumo de alimentos desequilibrados. Ellos se han convertido en una carga importante para el sector de la salud pública y los expertos en salud están convencidos de los múltiples beneficios que reporta

consumir frutas y verduras, así como también, de la urgente necesidad de tomar medidas preventivas para controlar las enfermedades relacionadas con la dieta.

La OMS recomienda que los consumidores coman al menos 400 gramos de frutas y verduras al día, mientras que el Fondo Mundial de Investigación del Cáncer sugiere situar este umbral en 600 gramos por día. Como las frutas y hortalizas, los vegetales especialmente tradicionales, son rica fuente de vitaminas, micronutrientes y antioxidantes. Por ello fomentar el consumo frecuente de estos cultivos es una buena estrategia para combatir la deficiencia de micronutrientes (Xiao *et al.*, 2013).

Los MG cuyo término no tiene una traducción definida en el idioma español, son pequeñas, diminutas hortalizas, tallos comestibles o finas hierbas de gran utilidad en el ámbito culinario. Un MG consta de un tallo central con 2 cotiledones totalmente desarrollados usualmente. Tiene un par de hojas verdaderas, las diferencias en el tamaño y configuración de la hoja se basan en las características particulares de cada especie y miden de 2.5 a 5 cm. La intensidad gustativa de los MG contrasta con su diminuto tamaño, sin embargo, su sabor no llega a ser tan fuerte como el de las hierbas adultas. Los MG cultivados con luminosidad, espacio considerable y buena ventilación, incrementan su vigor al obtener como resultado más color y sabor. Estos son plenos en vitaminas, minerales y antioxidantes.

Los MG están considerados dentro del grupo de los alimentos funcionales y su demanda ha crecido vertiginosamente en las últimas décadas. En ellos han sido identificados, altos niveles de concentración activa en compuestos ya descubiertos

en semillas y plantas maduras, tales como los macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Potasio).

Entre los MG y los brotes existen diferencias, mientras un brote es la primera etapa del desarrollo de una semilla (germinación) y se cultiva en la oscuridad, el MG al crecer en condiciones de alta humedad y temperatura constante, cuenta con un ciclo de crecimiento corto que va de 3 a 7 días desde la siembra hasta la cosecha además de consumirse en su totalidad semilla, raíz, tallo y hojas no desarrolladas (Xiao *et al.*, 2012). Los MG pueden producirse a partir de una amplia gama de semillas de cultivos durante todo el año. Estos tienen un ciclo de crecimiento corto que oscila de 7 a 14 días desde la siembra hasta la cosecha. Son producidos bajo la luz, ya sea en el suelo, en sustratos orgánicos o inorgánicos. Estas condiciones hacen que los MG sean menos propensos a la contaminación bacteriana que los brotes. De ellos se consumen tallo y hojas desarrolladas.

La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los Estados Unidos trata de regular a todas las empresas productoras de brotes vegetales. Ello debido a la cantidad de denuncias por envenenamiento con alimentos crudos. Las principales causas de enfermedad asociadas con brotes han sido *Salmonella* y *Escherichia coli* 0157:H7, que es una cepa enterohemorrágica de esta última bacteria, causante de intoxicación alimentaria debido a la producción de verotoxina (Karch *et al.*, 2005), una toxina asociada a comer alimentos crudos, carne contaminada y a nadar o beber en aguas contaminadas.

Por tanto, los procesadores comerciales de brotes deben seguir guías rigurosas establecidas por la FDA para la producción, mismas que incluyen múltiples pruebas de laboratorio para determinar la presencia de bacterias patógenas y ser capaces de minimizar el riesgo de enfermedades producidas por alimentos contaminados (Andrews, 2012). La mayoría de los sustratos que son utilizados para el cultivo de los MG son de origen orgánico. Un ejemplo de este sustrato es la llamada lombricomposta o vermicomposta. En algunos procesos y ocasiones se llegan a utilizar pequeñas dosis de fertilizantes químicos (Daga, 2011).

1.4-FERTILIZANTES

Dentro de los sistemas de producción de la agricultura es importante destacar el óptimo uso de los recursos disponibles a fin de elegir el proceso de fertilización adecuado, esta puede ser orgánica o inorgánica en su aplicación. La fertilización provee los nutrimentos necesarios para el crecimiento del cultivo. Si faltan nutrimentos el rendimiento y calidad del producto será pobre, en cambio la sobre fertilización incrementa el costo de producción y puede ocasionar toxicidad en los cultivos además de posibilitar la lixiviación de los nutrimentos y la contaminación de los mantos acuíferos (Gonzálves y Pomares, 2008; Martínez, 2009).

Por tanto, el uso controlado y eficiente del suelo es la mayor apuesta para la productividad del campo, que es actualmente responsable de 50% del suministro mundial de alimentos (SIAP, 2013).

Los tipos de fertilizantes son tres: los inorgánicos; sintetizados químicamente, los orgánicos, amigables al medio ambiente y los biofertilizantes; integrados por bacterias, hongos y otros organismos, convenientemente inoculados. Estos últimos, son considerados como una nueva etapa en la evolución de los fertilizantes agrícolas. Para el año 2050 la humanidad deberá producir 60 % más de alimentos (SIAP, 2013).

Dentro del método de fertilización existe gran diversidad de materiales fertilizantes sólidos y líquidos. La elección del fertilizante depende del clima, forma del nutrimento, pureza, salinidad, solubilidad en el agua y costo (Martínez, 2009). Dentro de los que se utilizan habitualmente están los fertilizantes minerales que contienen (N-P-K-Ca-Mg-S) como macroelementos y (Fe-Zn-Cu-Mn-Mo-B-Cl) como microelementos fundamentales para el ciclo de vida de la planta. Estos en su mayoría deben poseer solubilidad máxima en agua. También están los fertilizantes orgánicos provenientes de animales, humanos, restos vegetales de alimentos, restos de cultivos de hongos comestibles u otra fuente orgánica y natural (Ruiz, 1996; Heredia *et al.*, 2000; Herrán *et al.*, 2008; Martínez, 1999).

Hay fertilizantes orgánicos como son los de efecto lento (estiércol) o rápido (orina, cenizas) o que combinan los dos efectos como es el caso del compostaje o composta, que es un método que se define como la degradación de la fracción orgánica de los residuos sólidos, por la acción de diversas poblaciones biológicas bajo condiciones controladas, hasta un estado lo suficientemente estable que

permite su almacenamiento y utilización sin efectos nocivos (Díaz *et al.*, 1993). La fabricación de composta se ha presentado como uno de los procesos más apropiados para el tratamiento de los residuos sólidos, tanto los municipales como los generados en algunas fuentes específicas. Las matrices del compostaje y las compostas son fuentes de microorganismos de degradación xenobiótica que incluyen bacterias, actinomicetos y hongos lignolíticos, los cuales pueden degradar contaminantes (Semple *et al.*, 2001). La calidad de la composta está relacionada con los materiales que la originan y con el proceso de elaboración, esta variación será tanto en contenido de nutrimentos como de microorganismos y en base a estas variaciones se modificará el uso potencial de la composta madura.

El uso de este tipo de abonos mejora las condiciones físicas del suelo, en particular la estructura, considerada el factor principal que favorece la fertilidad y productividad de los suelos (Castellanos *et al.*, 2000). De igual manera reduce el uso de fertilizantes químicos al incrementar las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio (Hidalgo y Harkess, 2002). También estabiliza el pH e incrementa la capacidad de intercambio catiónico y degradación de residuos de plaguicidas (Soto y Muñoz, 2002). Por otro lado, estos abonos incrementan las poblaciones de microorganismos (Reyes *et al.*, 2000, Martínez, 2003, Heredia *et al.*, 2000). Favorecen así mismo la tasa de crecimiento de hojas y raíces y la formación de flores, frutos y semillas (Aranda, 2002) y también “acorta la estancia de plántulas en el vivero al obtenerse plántulas más vigorosas y desarrolladas” (Muñoz *et al.*, 2012).

Otro de los aspectos importantes de estos abonos orgánicos es que reducen algunas enfermedades inducidas por hongos fitopatógenos (Zavaleta, 2002) y aumentan el porcentaje de germinación y adaptación de las plántulas al trasplantarlas (Herrán *et al.*, 2008). Este tipo de sustrato tiene un proceso, donde la acción conjunta de microorganismos y lombrices para procesar material orgánico y obtener un producto comercializable, su manufactura permite la utilización de una amplia variedad de residuos orgánicos.

Samperio en 2003 y Gilsanz en 2007 plantean que el uso de la tecnología hidropónica como sistema de producción orgánica en la producción de forraje, adquiere importancia por la flexibilidad del sistema. Sus métodos son y pueden ser aplicados en variadas condiciones y en cultivos protegidos de invernadero.

Se ha comprobado que el uso de la lombricomposta fusiona las características del suelo como la fertilidad al incrementar la flora microbiana y fauna en los terrenos de cultivo, elementos nutritivos como N, P, K, Ca, y Mg, están disponibles para las plantas con valores de N 1.5-4 %, P 1-3 %, K 1-2.5 %, Ca 5-11 %, Mg 20-700 ppm, Fe 0.5-1.5 %, Cu de 150-400 ppm, Zinc de 350-1600 ppm su capacidad de almacenamiento de agua oscila de 30 a 40 %, la mineralización del N, P, y K mantiene valores de pH óptimos que van de 6.8 a 7.2 % para la agricultura y el cultivo protegido, evita cambios extremos en la temperatura y controla la erosión (Ferruzi, 1994, Martínez, 1996, 1999, INCA RURAL, 1998, Ruiz, 2011).

Sin embargo, es conveniente limitarla a desechos de origen vegetal y materia orgánica de un 40 a un 70 %. Conservar la humedad del sustrato mientras que los elementos químicos citados en el párrafo anterior en conjunto con S, Si, Cl, B, Na, Ní y Mo, constituyen el 100 % de los requerimientos minerales a fin de que las plantas cumplan su ciclo vital. Es así como, los minerales obtienen una elevada solubilización y rápida asimilación (Navarro *et al.*, 2013).

La producción orgánica de hortalizas es una de las formas de aplicación de la lombricomposta, al utilizarla estas se producen sin el uso de agroquímicos. Su manejo se realiza con el uso de abonos orgánicos, insecticidas naturales y diversidad de cultivos asociados. Por tanto, la producción de hortalizas orgánicas y el alimento es la suma de los nutrientes que provee el suelo, la semilla, los abonos y caldos orgánicos -sustancias o materias vivas- que se constituyen en base a los desechos de plantas, hojas, tallos, guano o estiércol de bovinos, ovinos, camélidos y cuyes (FAO, 2004).

La materia orgánica de la lombricomposta favorece propiedades fisicoquímicas como la densidad real, granulometría, densidad aparente, porosidad, retención de agua, aireación, conductividad hidráulica y temperatura. El sustrato elaborado podrá ser estable en el tiempo y en función de su reactividad química, puesto que el material que compone el sustrato puede reaccionar con la fase líquida, al liberar o al absorber elementos nutritivos o bien puede ser un material que no se descomponga ni deje salir elementos solubles.

Entre las propiedades químicas de importancia en sustratos existen la capacidad de intercambio catiónico, pH, capacidad tampón, contenido de sales. Las sales más frecuentemente encontradas son de los cloruros: NaCl, CaCl₂, MgCl₂ y KCl. De los sulfatos a: MgSO₄, Na₂SO₄, de los nitratos a: NaNO₃, KNO₃, de los carbonatos a: Na₂CO₃ y de los bicarbonatos a NaCO₃H, (conductividad eléctrica 1.6 y 2.0 dS/m, presión osmótica) y contenidos de elementos nutritivos totales o libres en la solución del sustrato o intercambiables (solubles o extractables). En algunos materiales también es importante conocer la presencia de elementos nocivos, por ejemplo: metales pesados y compuestos fitotóxicos en general (Burés, 1997).

La microflora nativa podrá o no tener efecto antagónico sobre patógenos del suelo, y además esta microflora continuará la degradación de la materia orgánica de la que se forma la pila o cama (Félix-Herrán *et al.*, 2008). Entre los usos no convencionales de la composta se encuentra, la biorremediación de sitios con suelos muy perturbados o contaminados y la biofiltración (Sauri y Castillo 2002). Se estima que en el planeta hay más de 8,500 especies de lombrices, entre las cuales, la más conocida es la de tierra (*Lumbricus terrestris*). Sin embargo, para el manejo de desechos orgánicos se utilizan lombrices especiales que reúnen ciertos requisitos tales como alta voracidad, alta capacidad reproductiva, fáciles de trabajar y con capacidad para adaptarse a condiciones adversas, desde los 0 hasta los 3,000 msnm.

Las especies más utilizadas en la lombricultura y que reúnen los requisitos citados son *Eisenia andrei* (coqueta roja) y *Eisenia foetida* (lombriz roja de California), empleadas ambas en el 80 % de los criaderos a escala mundial. Se habla de otras especies que pueden sobrevivir con altas concentraciones de desechos, sin embargo, presentan cierta preferencia hacia algunos residuos sólidos y líquidos. Ellas son: *Lumbricus rubellus*, *Perionyx excavatus*, *Bimastus sp* y *Eudrillus eugeniae* (Reinés *et al.*, 1998).

En la elaboración de lombricomposta o *humus* de lombriz, la lombriz de tierra es el elemento principal del proceso. Esta oxigena el suelo al diseñar un buen drenaje para el agua, sus deposiciones contienen gran cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio de liberación lenta o prolongada, así como minerales y micronutrientes (fertilizantes naturales). La lombriz de tierra se alimenta de materia orgánica y con esto, hace que las plantas sean resistentes a las sequías, enfermedades y plagas (Smil, 1999). La lombricomposta o *humus* de lombriz tiene un color que va de café oscuro a negro, existe en forma de gránulos y posee un olor a tierra húmeda, es rica en hormonas, auxinas, giberelinas y citocininas, esta última persiste en mayor concentración (Schuldt *et al.*, 2005, Ruíz, 2011).

La especie más apta para la obtención de lombricomposta es la *Eisenia foetida*, esta vive de 1 a 4 años en cautiverio y se reproduce una vez por semana mediante fecundación cruzada. De cada acoplamiento resultan 2 cocones o capullos (uno de cada consorte). Cada uno de estos contiene de 2 a 4 lombrices,

los cocones son abandonados dentro del medio de cultivo. Las lombrices se reproducen prácticamente durante todo el año, aunque se observa un incremento de dicha tasa en los meses de verano cuando la temperatura ambiente oscila entre 15 y 25 °C. En la adecuación del desarrollo de los juveniles el calor óptimo dentro de los cocos debe fluctuar entre 20 y 25°C, con una permanencia de 14 a 44 días (23 días de media).

Las lombrices son de desarrollo directo, nacen del cocón o capullo, los juveniles conservan los mismos hábitos alimentarios y similar dieta de sus progenitores. Estos juveniles, son transparentes y de pocos milímetros de longitud, pero, al cabo de 50-65 días ya miden de 2 a 3 cm. Alcanzan capacidad reproductiva cuando poseen clitelo (engrosamiento en el tercio anterior del cuerpo). Los animales crecen hasta los 6 o 7 cm de longitud y obtienen un peso entre 0,8 y 1,4 gramos (INVERSA, 2011).

La lombricomposta presenta una carga de microorganismos muy alta, de varios millones por gramo de material seco, lo que genera una alta carga enzimática y bacteriana, que ayuda en la solubilización de los nutrientes en el suelo. Esta se puede usar de la misma manera que la composta, sin embargo, es un abono de mayor calidad, la forma de distribución es igual y se puede utilizar en todos los cultivos. La lombricomposta tiene más nutrientes, humus y microorganismos por gramo seco que la composta, lo que la convierte en un excelente mejorador de suelos (Ruíz, 2011).

Además, la materia orgánica puede albergar microorganismos patógenos, puede contener agentes supresivos de patógenos o de poblaciones fúngicas simbiotes de los vegetales y puede poseer actividad enzimática y reguladora del crecimiento. La presencia de materia orgánica en un sustrato actúa como un reservorio dosificador de nutrientes, no sólo en cuanto a su capacidad de intercambio catiónico elevada. También tiene la capacidad de transformar cationes metálicos en complejos metálicos solubles disponibles para las plantas, y así actuar como sumidero de metales pesados, al reducir los riesgos de fitotoxicidad causada por los mismos (Burés, 1997).

En la selección de sustratos es necesario tener en cuenta que un medio de cultivo puede dar resultados distintos según el tipo, forma y tamaño del contenedor, especie vegetal, técnicas culturales (riego, fertilización) o condiciones climáticas. Por ello la idoneidad de un sustrato estará supeditada al manejo de éste y no podrá ofrecer por si solo garantías del éxito de un cultivo. La caracterización definirá la posibilidad de que éstos puedan ser utilizados solos o en mezclas como componentes de medios de cultivo. De las características físicas y químicas del sustrato dependerá el manejo y, en consecuencia, el éxito del cultivo.

2-ANTECEDENTES

Los MG protegidos, cultivados y producidos con lombricomposta presentan el mismo comportamiento que las hortalizas en invernadero, ya que el abono orgánico “acorta la estancia de plántulas en el vivero al obtenerse plántulas más vigorosas y desarrolladas” (Muñoz *et al.*, 2012). Laruta en 2001, menciona que las hortalizas se producen para enriquecer la alimentación, estas tienen un alto valor nutritivo por su contenido en vitaminas, proteínas, minerales y carbohidratos. (FAO, 2000, 2000a, 2000b; Kraup y Moreira; 2003, 2003a; INCAP/OPS, 2007). A continuación, se muestran los aportes nutritivos por cada 100 g. de porción comestible de arugula, melón y algunos otros vegetales en los Cuadros 3, 4, 5 y 6:

Cuadro 3: Aporte nutritivo por cada 100 g de porción comestible: Arugula (*Eruca sativa*).

Componente	Fresca	Cocida	Unidad
Energía	16	27,87	Kcal.
Agua	92	89	%
Proteína	2,58	3,18	Gramos
Grasa	0,66 trazas	0.2 Trazas	Gramos
Azúcar (total)	3.65	2.4	Gramos
Otros CHO	0,2	5,56	Gramos
Vitamina A	2376	4.082,22	UI
Tiamina	0,04	0,12	Mg
Riboflavina	0,09	0,29	Mg
Niacina	0,4	0,49	Mg
Vitamina C	15	10	Mg
Ca	160	113,89	Mg
Fe	1,46	2,0	Mg
Mg	47	-----	Mg
P	46	40,97	Mg
K	369	909	Mg
Na	27	24	Mg

Fuente: FAO, 1995

Cuadro 4: Aporte nutritivo por cada 100 g de porción comestible: Melón (*Cucumis melo*)

Componente	Fresca	Cocida	Unidad
Energía	37	30	Kcal
Agua	87,7	91	%
Proteína	1,9	1,0	Gramos
Grasa	0,2	Trazas	Gramos
Azúcar (total)	5,9	Gramos
Otros CHO	0.4	7,0	Gramos
Vitamina A	-----	10.0	UI
Tiamina	0.01	0,03	Mg
Riboflavina	0,04	0,01	Mg
Niacina	0,02	0,30	Mg
Vitamina C	6,4	6,0	Mg
Ca	45	11	Mg
Fe	1,1	0,60	Mg
Mg	19	-----	Mg
P	45	31	Mg
K	198	312	Mg
Na	70	49	Mg

Fuente: FAO, 1995

Cuadro 5: Aporte nutritivo por cada 100 g de porción comestible: maíz (*Zea mays*) *L. var. saccharata* Körn

Componente	Cocida	Unidad
Energía	64	Kcal
Agua	81.34	%
Proteína	1.95	Gramos
Grasa total	0.50	Gramos
Azúcar (total)	15.41	Gramos
Vitamina B6	0.04	Gramos
Vitamina A	3	UI
Tiamina	0.03	Mg
Riboflavina	0.06	Mg
Niacina	0.94	Mg
Vitamina C	6	Mg
Ca	4	Mg
Fe	0.41	Mg
Mg	16	Mg
P	51	Mg
K	164	Mg
Na	213	Mg
Folato	38	Mcg
Zn	0.36	Mg

Fuente: INCAP/OPS, 2007

Cuadro 7: Aporte nutritivo por cada 100 g de porción comestible: Rábano (*Raphanus sativus* l)

Componente	Fresca	Unidad
Energía	20,32 27,78	Kcal
Agua	95	%
Proteína	0,8	Gramos
Grasa	0,1	Gramos
Azúcar (total)	2,5	Gramos
Otros CHO	5,56	Gramos
Vitamina A	Trazas	UI
Tiamina	Trazas	Mg
Riboflavina	0,06	Mg
Niacina	0,56	Mg
Vitamina C	22,22	Mg
Ca	22,22	Mg
Fe	0,56	Mg
Mg	22	Mg
P	16,67	Mg
K	233,33	Mg
Na	22,22	Mg

Fuente: Kraup y Moreira, 2003

Sobre los estudios de productividad realizados en agricultura orgánica y específicamente en el tópico referente a suelos compostados en el contexto mexicano actual, es importante hacer referencia a la investigación desarrollada en el año 2002 por Altamirano y Aparicio-Rentería, quienes valoraron el efecto que tuvo la lombricomposta como sustrato alternativo en la germinación y crecimiento inicial de las variedades de coníferas *Pinus oaxacana* Mirov. y *Pinus rudis* Endl. Esta investigación, desarrollada con un diseño experimental completamente al azar complejo permitió conocer que los mejores resultados se obtuvieron en el sustrato compuesto por 30% arena de mina, 20% suelo de bosque y 50% lombricomposta.

De igual modo el estudio desarrollado en 2009 por Uribe y colaboradores sobre la producción de pimiento morrón *Capsicum annum L.*, en un diseño experimental de 3 factores en donde uno era diferentes niveles de composta en esquemas variados de fertilización demostró que los mejores resultados incluían altas dosis de composta lográndose en la fertilización que la incluía mejores comportamientos en las variables de calidad del fruto que fueron medidas.

Posteriormente en territorio mexicano fue desarrollado un estudio sobre la producción de *Brassicas* en sustratos de peat moss, lombricomposta y tierra de mezquita. Hernández. 2011 evaluó la producción de plántulas de brócoli, coliflor y repollo en 3 tratamientos con iguales niveles de mezclas de composta. Con diferencias de la producción de plántulas de brócoli y para la coliflor no encontró diferencias significativas por las mezclas de composta utilizada.

De igual manera es importante el estudio desarrollado por Olivares-Campos y colaboradores en 2012 sobre el uso de la lombricomposta y la composta de estiércol de ganado vacuno como fertilizantes y mejoradores de suelo. Evaluó la aplicación de composta y lombricomposta obtenidos a partir de estiércol de ganado vacuno lechero después de un período de almacenamiento, en la asimilación de nutrientes por el cultivo de lechuga *Lactuca sativa L.*, para ello fueron establecidos 6 tratamientos: fertilización con lombricomposta, composta, urea, urea + lombricomposta, urea + composta y el testigo. De este estudio se obtuvo que el contenido nutricional de N foliar en plantas de lechuga tratadas con composta y

lombricomposta fue similar respecto a la aportación equivalente del fertilizante nitrogenado inorgánico. Se observaron diferencias en el contenido de Ca, Mg, Zn y Mn foliar en las diferentes técnicas de fertilización. De igual manera la investigación permitió conocer que las mejores condiciones de materia orgánica y macronutrientes se obtuvieron en los suelos con fertilización a base de lombricomposta y composta.

También Alonso y colaboradores en 2015 evaluaron la producción de jitomate, variedad *Lycopersicon esculentum Mill.* en lombricomposta y tezontle en invernaderos. Fueron evaluados 5 tratamientos y el 5to definido como tratamiento testigo fue el de suelo con lombricomposta donde no existieron diferencias significativas para las variables de rendimiento y altura entre los 5 tratamientos con la prueba de comparación de medias de Tukey con $\alpha = 0.05$.

La investigación desarrollada por García y Zanor en 2015. en 2 etapas con lombricomposta proveniente del lodo de un biodigestor y evaluaron las propiedades físicas y químicas de ambas etapas. En este estudio las investigadoras obtuvieron en la aplicación de la lombricomposta mejores resultados en las propiedades fisicoquímicas sobre todo en aspectos como la retención de la humedad (19.6%), valor óptimo de pH (7.72), disminución de la densidad (7.7%), aumento de la porosidad (7.9%) y la concentración de la materia orgánica (20.3% desde 4.52 a 5.44%) demostrando la viabilidad de la lombricomposta para la obtención de suelos más fértiles.

Otro estudio de importancia desarrollado en territorio mexicano es el realizado por Cruz-Koizumi en 2015, de tipo comparativo, investigó la calidad del suelo y la productividad en dos sistemas de cultivo de tomate verde. Auspiciado por el Colegio de la Frontera Sur, en Campeche se desarrollaron 4 tratamientos experimentales: a) Control, (sin fertilización); b) Aplicación de lombricomposta; c) Similar adicionado con lixiviado de lombricomposta y d) Aplicación de fertilizante de síntesis química. De esto se obtuvo como principal resultado que la fertilización orgánica con lombricomposta para el tomate verde, permitió obtener rendimientos similares que los alcanzados con la fertilización de síntesis química N-P (convencional), que fue aplicada a razón de 160 kg N ha⁻¹.

Weber en 2017 demostró que los brotes de brócoli tenían valor nutricional superior al vegetal maduro desde el punto de vista de los minerales examinados. En esta investigación independientemente del modo en que fueron cultivados los MG logrados tuvieron mayores cantidades de Mg, Mn, Cu y Zn que el vegetal maduro. En el caso de los cultivados bajo compostaje fueron obtenidas concentraciones más altas (LOQ limit of quantification), (MDL method detection limit) de P [MDL: 0.001% (0.0005–0.0031); LOQ: 0.003% (0.0012–0.0123)], K, [MDL: 0.001% (0.0005–0.0049); LOQ: 0.007% (0.0025–0.0245)], Mg, Mn [MDL: 0.652 mg kg⁻¹ (0.2478–2.4510); LOQ: 1.305 mg kg⁻¹ (0.4955–4.9020)], Zn [MDL: 0.652 mg kg⁻¹ (0.2480–2.4510); LOQ: 6.524 mg kg⁻¹ (2.4777–24.5098)], Fe [MDL: 0.652 mg kg⁻¹ (0.2480–2.4510); LOQ: 26.097 mg kg⁻¹ (9.9108–98.0392)], Ca Ca [MDL: 0.013% (0.005–0.049); LOQ: 0.033% (0.0124–0.0781)], Mg [MDL:

0.001% (0.0002–0.0016); LOQ: 0.003% (0.0010–0.0098)],, Na [MDL: 6.524 mg kg⁻¹(2.4777–24.5098); LOQ: 26.097 mg kg⁻¹ (9.9108–98.0392)].y Cu [MDL: 0.652 mg kg⁻¹ (0.2478–2.4510); LOQ: 1.957 mg kg⁻¹ (0.7440–7.3529)], que el vegetal . Este estudio demostró relativamente el alto valor nutricional de los MG de brócoli en comparación con el vegetal siendo consistente con estudios previos sobre el tema.

Pedroza en 2017, midió la fertilización con lombricomposta en *Leucaena leucocephala* var. *Cunningham*. Para ello fueron desarrollados 2 experimentos con un diseño completamente al azar. Este estudio permitió conocer la existencia de diferencias significativas en las tres variables de medición, longitud de la planta, numero de brotes y cobertura aérea y que la *L. leucocephala* que presentó mayor longitud, mayor número de brotes y mayor cobertura aérea fue la fertilizada con lombricomposta.

3-JUSTIFICACIÓN

El aumento poblacional incrementa la demanda de alimentos, esto, aunado al deterioro ambiental y el crecimiento de la mancha urbana ha conllevado a la generación de alternativas organizacionales en la producción de alimentos. Estas requieren de un enfoque social, ambiental y económico (NOM-037 1995) y dentro de las mismas una muy importante es la producción de hortalizas en parcelas o huertas familiares.

La estimación del potencial nutricional de los MG sobre los vegetales maduros es de 1,7 veces aproximadamente, en base a esto, la producción de 4.808 Kg de MG deberá proporcionar la misma cantidad de nutrición que un campo de brócoli de 4,046.856m² en el lugar antes mencionado.

3.2-OBJETIVO GENERAL

Comparar variables morfométricas de MG de rábano, *Raphanus sativus*, arugula, *Eruca sativa*, maíz, *Zea mays* y melón, *Cucumis melo* en dos sustratos diferentes, suelo y lombricomposta en condiciones de invernadero.

3.2.1-OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar los tiempo de germinación, época de corte, talla media al corte, peso fresco y peso seco de MG de rábano (*Raphanus sativus*), arugula (*Eruca sativa*), maíz (*Zea mays*) y melón (*Cucumis melo*), cultivado en lombricomposta y suelo.
2. Cuantificar los nutrimentos en los MG de rábano (*Raphanus sativus* arugula), arugula (*Eruca sativa*), maíz (*Zea mays*) y melón (*Cucumis melo*) (nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, zinc) de la lombricomposta y el suelo.
3. Describir las tallas de corte de los MG cosechados en la lombricomposta y el suelo.

4-MATERIAL Y MÉTODOS

En el desarrollo de la infraestructura, la metodología experimental para el cultivo y los parámetros a analizar en las unidades experimentales, se utilizó un diseño completamente al azar, con dos sustratos (lombricomposta y suelo), cuatro especies (rábano *Raphanus sativus* y arugula *Eruca sativa*, maíz *Zea mays* y melón *Cucumis melo*).

4.1-Sustrato

Fueron definidos 2 sustratos diferentes, en primer lugar, fue utilizado un sustrato denominado suelo de tierra negra de manejo comercial, rico en humus (del 3 al 13 %), con potasio, fósforo y microelementos. (Tomado de: www.renueva.mx/fichatecnicalombricomposta) Es uno de los más fértiles para la agricultura, puesto que no requiere fertilizantes.

El otro sustrato utilizado fue desarrollado en las instalaciones previamente construidas, mediante un proceso de lombricompostaje con las siguientes características:

- Cuatro tanques con capacidad de 3m³ de materia orgánica.
- Riego automatizado por aspersion con periodo de 3 veces por semana, duración de 15 min. y una descarga de 10 lts. por ciclo.
- Pie de cría *Eisenia foetida sav.* Con 16,000 individuos por m³.

- Los porcentajes de constitución del sustrato son:
 - 70% vegetal constituido por hojas de árboles, hojas de hortalizas, pasto, ramas y madera.
 - 20% residuos comestibles domésticos constituido por restos de granos, pastas, polvo y pelo.
 - 10% cárnicos constituidos por pollo, carne y pescados.

Para la preparación de la lombricomposta se utilizó un compostero preexistente de concreto armado con acabados impermeables, riego automatizado y recuperación de lixiviados; Esta estructura de compostaje tuvo 2.5 m de largo por 1.30 m de ancho y 1.30 m de altura. La temperatura dentro del compostero osciló entre 15-20°C, la excesiva acumulación de calor fue evitada con la aireación de los materiales, mientras se realizó la mezcla de los materiales esta fue aireada. La conservación de un ambiente húmedo entre 80 a 90 % fue importante con la finalidad de prevenir la deshidratación de la lombriz y así favorecer su desplazamiento en el sustrato. El mantenimiento del pH fue entre 6 y 9.

La humedad fue , mayor a 90% para evitar las condiciones anaeróbicas no aptas para las lombrices, la aparición de olores desagradables, además de la producción de lixiviados. Para ello se mezclaron materiales húmedos con otros más secos lo cual es una práctica de control de humedad que reduce la producción de lixiviados. Durante todo este proceso se revolvió cuidadosamente el contenido con

un biello o pala con frecuencia semanal hasta que los materiales tuviesen un color café oscuro con olor similar al de la tierra húmeda, indicador de cosecha de la composta. Fueron utilizados como métodos de cosecha la separación a mano, el cribado exterior, el cribado interior, el método de migración horizontal, y el método de vertido en jardín con todo y lombriz (Castillo y López, 2010; Ruiz, 2011; FAO, 2013).

4.2-Semilla

La semilla utilizada fue de producción nacional y extranjero, la marca utilizada fue Horta flor de Distribuidora Rancho los Molinos, SA de CV. ubicada en Carretera Cuernavaca-Tepoztlán Km 16.5, Los Molinos. 62520 Tepoztlán, Morelos. Tuvo tratamiento Thiram preventivo para hongos aplicado por el fabricante y contó con un 91% de viabilidad.

4.3-Siembra

La siembra fue realizada en 60 charolas de germinación de 200 cavidades cada una (Anexo 1) con lombricomposta como sustrato. Se utilizaron 5 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue una charola con 200 g de lombricomposta y 200 semillas. Una vez germinado el 80% las semillas en un tiempo de 6 a 10 días, se procedió a la cosecha, las plantas fueron expuestas a un fotoperiodo de 10 /14horas de luz obscuridad.

4.4-Tiempo de corte

El tiempo de corte estuvo determinado por criterios comerciales del sector restaurantero mexicano. Se planteó para los MG, para un aprovechamiento de todo el potencial de la plántula un tiempo en el rango (entre 8 a 25 días). En este rango de tiempo supera la etapa de germinación e inicia el desarrollo de la radícula o raíz embrionaria, el hipocótilo o tallo embrionario y los cotiledones además de varias hojas por encima de los cotiledones. El criterio de germinación que se utilizó en el estudio fue el de ruptura de la testa de la plántula.

4.4-Análisis de tejido vegetal

Posteriormente se determinó la cantidad de materia fresca, pesando los MG directamente después de ser cosechados. A cada muestra se le determinó el contenido de materia seca (MS), las muestras se secaron durante 72 h a 70 °C, en el día siguiente de la cosecha en el jardín botánico de la FESI.

Se determinó el contenido de Nitrógeno total por el método Kjeldahl (Nt), cada muestra fue digerida con una mezcla diácida con ácido sulfúrico y perclórico 2:1 concentrado marca Baker obtenida por arrastre de vapor y titulada con H₂SO₄ al 0.083 N de el fósforo (P) y determinado por fotoclorometría reducido con molibdo-vanadato y el potasio (K) digerido con mezcla de diácido y determinado por espectrofotometría de emisión de flama. Así mismo fueron determinados el calcio, magnesio, cobre, zinc, manganeso (Ca, Mg, Cu, Zn y Mn) digerido con mezcla de

diacida ya descrita y determinado por espectrofotometría de absorción atómica y determinación de temperatura y humedad relativa por un higrómetro marca Extech modelo HTC, donde se presentan las variaciones entre temperatura y humedad. Para ello se utilizó la estadística descriptiva que permitió la caracterización de los valores. Estos reportaron pocas variaciones excepto en el caso del parámetro temperatura, que tuvo una diferencia entre sus promedios máximos y mínimos de 16.167 °C obtenido con un higrómetro ya descrito como se puede observar en el Anexo 2, con ligeras desviaciones estándar para ambas temperaturas máximos y mínimos. El promedio de las temperaturas entre máximas y mínimas fue de 23.459 °C y casi no sufrió variaciones el rango. Para las pruebas de tejido se recurrió a los servicios del laboratorio central de la Universidad Autónoma de Chapingo, DEIS en Suelos.

4.5-Análisis del sustrato

Se utilizó la lombricomposta después de un ciclo de producción de 120 días, desde el punto de vista físico-químico se analizó: materia orgánica (MO) Walkley Black, nitrógeno total (Nt) determinado por arrastre de vapor de Kjeldahl, fósforo total (Pt) Bray P-1 Olsen, potasio (K) extraído con acetato de amonio y determinado por espectrofotometría de emisión de flama, calcio y magnesio (Ca, Mg) extraído con acetato de amonio y determinado por espectrofotometría de absorción atómica, relación carbono/nitrógeno (C/N), pH potenciómetro en relación suelo-agua 1:2 y temperatura (T).

De igual modo fue triturado 1 kg de muestra sólida de lombricomposta y suelo en el homogeneizador Waring, para evaluar el pH se realizó una suspensión en agua destilada de 0,2 g ml⁻¹., mientras el resto de la muestra triturada se empleó sin otro procesamiento para la determinación de peso seco, fósforo y nitrógeno total.

Durante el procesamiento de la muestra de lombricomposta y suelo para análisis químico, se pesaron 10 g de la muestra, que posteriormente, fueron triturados en un homogeneizador cerámico. Se suspendieron 4 g de materia fresca triturada en 40 ml de agua destilada estéril, a fin de obtener una dilución de 1:10 ambos elementos se mezclaron durante 2 o 3 minutos para ello fue utilizado un agitador magnético hasta completar la suspensión.

En la preparación de las diluciones decimales se transfirió asépticamente 1 ml de la solución madre en 9 ml de agua destilada estéril, esto dio como resultado una dilución de 1:10, posteriormente, se homogeneizó, mediante agitador magnético de tubo y se transfirió 1 ml de esta dilución en 9 ml de agua destilada estéril, se homogeneizó y se obtuvieron diluciones de 1:10. Las pruebas de análisis de sustrato fueron realizadas en el Laboratorio Central Universitario, Universidad Autónoma Chapingo, DEIS en Suelos (González y Peñalosa, 2000).

4.6-Análisis de datos

Para la recopilación de los datos fue desarrollada una base de datos en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Se obtuvieron las frecuencias, porcentajes,

media aritmética, desviación estándar, rango y varianza. También fueron utilizados índices que permitieron calcular la eficiencia de la germinación y algunos elementos químicos. Se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias LSD ($\alpha = 0.05$) para las variables de talla y tiempo mediante el uso del software estadístico SAS® versión 9.0.

5-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema de riego ayudó a la distribución homogénea del agua, logrando completa hidratación de las unidades experimentales. El sustrato fue colocado de manera homogénea y suficiente dentro de las charolas de germinación tal y como se muestra en las imágenes que se pueden ver en el anexo 3. Todo ello, para el crecimiento de las distintas hortalizas dentro de las unidades experimentales.

5.1.0-Germinación.

Los promedios de tiempo de germinación variaron en días, pero los valores inferiores en tiempo de germinación se registraron en lombricomposta, La mayoría de las semillas germinaron entre los 3.5 y los 6 días como se evidencia en las figuras del Anexo 4. La talla de corte para el rábano se alcanzó aproximadamente en 10 días por condiciones propias de la semilla no medidas en este trabajo. Como se puede observar en el Cuadro 8 y en la figura 1, excepto en el caso del rábano germinado en el sustrato suelo en todos los casos el tiempo de germinación fue inferior a los 5 días.

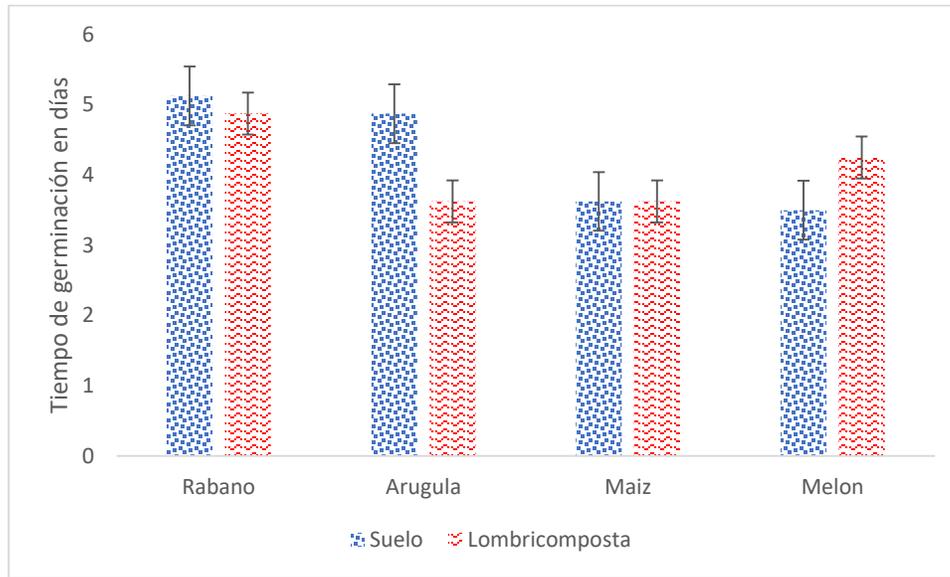


Figura 1: Tiempo de germinación de semillas.

Nota: El promedio corresponde a las lecturas en el momento de germinación $n = 60$, Los resultados son expresados como media, ± 0.1 . La columna azul representa los cultivos en suelo y la columna roja representa los cultivos en lombricomposta.

Cuadro 8: Tiempo en días de germinación de semillas.

Tratamiento (Hortaliza y sustrato)	Promedio (días)
Rábano suelo	5,125
Rábano lombricomposta	4,875
Arugula suelo	4,825
Arugula lombricomposta	3,625
Maíz suelo	4,875
Maíz lombricomposta	3,625
Melón suelo	3,625
Melón lombricomposta	4,250

Nota: Con una n = 64, Muestra la variación de germinación entre los sustratos suelo y lombricomposta. CV (%) 15.55

Para arugula y maíz en los dos sustratos presentaron los menores tiempos de germinación, en todos los casos por debajo de los 4 días como se observa en la Figura 1. La viabilidad de la semilla estuvo en el 90% aproximadamente, según lo reportado por el proveedor Rancho Los Molinos y como se puede observar en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Porcentajes de germinación

MG		% Germinación	Origen
Rábano Crimson Giant	<i>(Raphanus sativus)</i>	96	Francia
Arugula	<i>(Eruca sativa)</i>	90	México
Maíz Dulce	<i>(Zea mays)</i>	90	Francia
Melón	<i>(Cucumis melo)</i>	91	Estados Unidos

Nota: Tratamiento de las semillas con Thiam y procedencia de las diferentes especies utilizadas.

No observaron diferencias significativas en los tratamientos de rábano, maíz, melón en semillas de la misma especie colocadas en suelo o lombricomposta. Sin embargo, en lombricomposta la arugula presentó menor tiempo de germinación 3.62 días, en tanto que entre las especies presentaron diferencias en los tiempos de germinación. El melón presentó el menor tiempo de germinación con un promedio de 3.5 días. para los sustratos, los porcentajes de germinación por especie mostraron valores similares entre las variedades usadas en este trabajo, el rábano y la arugula obtuvieron un punto porcentual de diferencia en la lombricomposta respecto al suelo, en el caso del maíz y el melón.

Cuadro 10: Porcentajes de germinación por especie y sustratos

MG	Porcentajes de germinación	
	Sustrato Suelo	Sustrato lombricomposta
Rábano Crimson Giant	95	96
Arugula	90	91
Maíz Dulce	90	90
Melón	91	91

Los promedios de porcentajes de germinación presentados en el Cuadro 10, realizados en una prueba no estadística fueron superiores a 90%. Sin embargo, el tiempo de germinación entre sustratos presentó variaciones para rábano y arugula.

Como se observa en el Cuadro 8 existen diferencias en los tiempos de germinación entre el suelo y la lombricomposta para *Raphanus sativus* (4.8 días en lombricomposta y 5.1 días en suelo) y *Eruca sativa* (3.5 días en lombricomposta y 3.6 días en suelo) en tiempos de germinación. Sin embargo, la lombricomposta puede ser utilizada en la producción agrícola con buenos resultados. los procesos de germinación se ven afectados por una alta conductividad eléctrica, la cual propicia la imbibición más rápida por parte de las semillas y desencadena las fases de germinación (Nielsen, 2015). se observó una diferencia de un día en la germinación realizada en la lombricomposta para rábano (*Raphanus sativus*) y arugula (*Eruca sativa*).

5.1.1-Desarrollo general en sustratos

No se observaron diferencias significativas en peso seco y fresco entre el suelo y la lombricomposta. De igual manera para las variables tiempo de corte y talla media no presentaron diferencias significativas (Cuadro 11).

Cuadro 11: Variables de respuesta: peso seco, fresco, Comparación de sustratos

Sustratos	Peso Seco (g)	Peso Fresco (g)	Tiempo de Corte (d)	Talla Media (cm)	Talla de Corte (cm)
S.S.	20.306 a	104.359 a	17.59375	4.40938	9.3750
S.L.	20.063 a	103.610 a	16.90625	4.35938	7.9688
CV(%)	56.48	35.38	2.085	2.16	38.95
DMS	11.42	35.87	0.2548	0.067	3.297

Nota: S.S representa el sustrato suelo y S.L. representa el sustrato de lombricomposta. La t de Fisher (LSD), α 0.05, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

5.1.2-Peso seco

La variable peso seco en los sustratos presentó un coeficiente de variación de 55.67% por lo que no es confiable para definir un efecto claro de los tratamientos, sin embargo la combinación mostro diferencias significativas entre la arugula y el melón (Cuadro 13) y el anexo 7 figura 2. En el caso de la primera se logró mayor peso seco en el sustrato lombricomposta mientras que el melón el mayor peso seco fue obtenido en el sustrato suelo. En los casos del rábano y el maíz las diferencias no fueron significativas.

Cuadro 13: Comparación de medias del peso seco entre especies.

Sustrato	Especies	Peso Seco (g)
Suelo	Rábano	32.38 a
	Arugula	27.01 a
	Maíz	6.55 b
	Melón	15.27 b
Lombricomposta	Rábano	31.46 a
	Arugula	30.51 a
	Maíz	8.21 b
	Melón	10.06 b

Nota: La t Fisher (LSD) para Y se realizó con una n = 64 y α 0.05, DMS = 11.42 para cada especie. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. CV (%) 56.48.

5.1.3-Peso fresco

Otra variable medida en el estudio fue el peso fresco. Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre rábano y arugula con maíz y melón en las combinaciones. También se observaron diferencias significativas entre arugula y rábano con melón y maíz como se observa en el Cuadro 15 y el anexo 7 figura 3. Tampoco entre los sustratos fueron halladas diferencias en el peso fresco de las plantas. Se puede observar que no se halló ninguna diferencia significativa entre los sustratos suelo y lombricomposta en cuanto a peso del tejido vegetal fresco.

Cuadro 15: Comparación de medias peso fresco entre especies.

Sustrato	Especies	Peso Fresco (g)
Suelo	Rábano	178.38 a
	Arugula	155.00 a
	Maíz	43.59 b
	Melón	46.00 b
Lombricomposta	Rábano	176.50 a
	Arugula	151.11 a
	Maíz	38.95 b
	Melón	42.35 b

Nota: La t Fisher (LSD) para Y, α 0.05. DMS = 36.857, con una n = 64 Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. CV (%) 35.38.

5.1.4-Tiempo de corte

El tiempo de corte mostro diferencias significativas en las combinaciones de tipo de sustrato, rábano, arugula, maíz y melón de acuerdo con la prueba de comparación de medias (Cuadro 17), el cual mostro claramente dos grupos. El primero formado por arugula y rábano con tiempos menores a 11 días y un segundo grupo con maíz y melón con tiempos mayores a los 22 días. Él rábano presentó los tiempos más cortos para la cosecha (Cuadro 17). La influencia de los sustratos se reflejó principalmente en rábano y arugula tratados con lombricomposta, con tiempos más cortos. De igual manera otro resultado fue la diferencia entre rábano, arugula con respectos al maíz y melón anexo 7 figura 5 a continuación.

Cuadro 17: Comparación de medias de tiempo de corte entre especies

Tratamientos		Tiempo de Corte (d)
Suelo	Rábano	10.25 f
	Arugula	11.00 d
	Maíz	25.25 a
	Melón	24.12 b
Lombricomposta	Rábano	8.75 g
	Arugula	10.62 e
	Maíz	25.00 a
	Melón	23.00 c

Nota: La t Fisher (LSD) para Y; α 0.05, DMS = 0.3604, con una n=64. CV (%) 2.085.

Los días de tiempo de corte en talla comercial no excedieron los 26 días y el tiempo más corto fue de 8 días para todas las especies estudiadas. Hay que destacar que fueron halladas diferencias significativas entre rábano, arugula, maíz y melón. Sin embargo, se encontró una coincidencia de medias arugula en lombricomposta, maíz en lombricomposta y melón en suelo tal y como se muestra a continuación en el Cuadro 18.

Cuadro 18: promedio de días al tiempo de corte en para alcanzar talla comercial

Tratamiento Hortaliza	Promedio (días)	
Rábano Suelo	10,25	a
Rábano Lombricomposta	8,75	a
Maíz Lombricomposta	23	b
Arugula Lombricomposta	10,625	b
Arugula Suelo	11	bc
Maíz Suelo	24,125	c
Melón Suelo	25	bd
Melón Lombricomposta	25,25	d

Nota: La t Fisher (LSD) para Y, α 0.05, DMS = 3.297, con una n=64. Muestra la variación tiempo de corte. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. CV (%) 2.085.

En el caso de *Raphanus sativus* y *Euruca sativa* el sustrato experimental Lombricomposta no presentó diferencias significativas en los días de desarrollo antes del corte con el sustrato suelo, en peso fresco y seco de todas las hortalizas a prueba. Por otra parte, para *Zea mays* y *Cucumis melo* fueron mejor en suelo. Ello probablemente por la mejor capacidad de retención de agua (Schrader, 2000).

La talla y tiempos de corte fueron determinados por criterios comerciales, el cual fue diferencial con cortes sobre el nivel de sustrato, en cada una de las especies, *Raphanus sativus*, y *Euruca sativa*, a 5 cm, *Zea* a 10 cm, *Cucumis melo* a 15 cm. determinando así una talla específica por especie estudiada.

5.1.6-Análisis químico de sustratos.

Se determinó el valor de pH, la materia orgánica y los elementos: N, P, K, Ca y Mg, en suelo y lombricomposta como se muestra en el Cuadro 19. También el tejido vegetal de los MG se sometió al análisis químico como se observa en el Cuadro 20.

Cuadro 19: Determinación de los valores de parámetros fisicoquímicos de los sustratos.

Grupo	pH	MO (%)	N tot (%)	P mgKg ⁻¹	K mgKg ⁻¹	Ca mgKg ⁻¹	Mg mgKg ⁻¹
Suelo	5.19	9.46	0.62	7.38	318	603	54
Lombricomposta	6.92	15.46	0.48	231.75	3200	6847	824

Cuadro 20: Valores de parámetros fisicoquímicos en tejido vegetal de los tratamientos.

Tratamiento	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe mgKg ⁻¹	Cu mgKg ⁻¹	Zn mgKg ⁻¹	Ma mgKg ⁻¹	B mgKg ⁻¹
Rábano Suelo	1.58	0.26	0.53	0.82	0.23	9935.9	28.6	109.09	270.23	85.59
Rábano Lombricomposta	1.42	0.29	0.69	1.02	0.5	12161	26.6	133.29	440.13	103.86
Arugula Suelo	1.6	0.35	1.12	0.96	0.27	10172.6	24.11	89	391.97	80.1
Arugula Lombricomposta	1.62	0.39	1.23	1.24	0.28	13841.01	29.42	139.84	271.99	93.37
Maíz Suelo	1.49	0.35	0.28	0.93	0.32	10346.7	29.98	111.03	341.57	89.29
Maíz Lombricomposta	1.43	0.36	0.39	1.08	0.26	10875.5	32.2	127.14	299.38	91.2
Melón Suelo	1.72	0.31	0.69	0.96	0.42	10026.6	29.67	95.51	339.39	88.18
Melón Lombricomposta	1.66	0.4	0.78	1.11	0.32	114252.5	35.87	184.39	282.09	88.89

Los análisis realizados mostraron diferencia entre los sustratos. El nitrógeno total el suelo tuvo cantidades superiores a la lombricomposta. Pero en el resto de los parámetros analizados la lombricomposta presenta valores más altos. Un dato relevante es la cantidad de fósforo (30 veces más en lombricomposta), macronutriente que participa en los procesos fotosintéticos y potasio (10.06 veces más en lombricomposta) que ayuda en la transportación de CO₂.

Como se puede observar en el anexo 7 figura 9 los valores nutrimentales no presentaron variaciones entre los sustratos suelo y lombricomposta. Esto es atribuido a la capacidad máxima de absorción de nutrientes, la cual es independiente del medio que sea utilizado para el proceso productivo de los MG, ya que ocuparon las mismas cantidades de nutrientes para su desarrollo. Sin embargo los tratamientos que incluyeron lombricomposta presentaron la mayor concentración de nutrientes.

Sobre el desarrollo del sistema de cultivo intensivo de MG, en todos los casos las plantas se desarrollaron favorablemente, como reporta Kaiser y Ernest (2018).

La evaluación del contenido de minerales en los MG de rábano *Raphanus sativus*, arugula *Eruca sativa*, maíz *Zea mays* y melón *Cucumis melo*, producidos en lombricomposta parece ser similar con el sistema producido en suelo, aunque no se pueden inferir diferencias significativas puesto que faltaron repeticiones para realizar un análisis estadístico. Sin embargo, el sistema de cultivo producidos en lombricomposta mostró mayor crecimiento y velocidad en el desarrollo de los cultivos; esto es atribuido a su pH neutro 6.92 y la mayor cantidad de macro y micronutrientes como fósforo 231 mgKg⁻¹ (Miligramos por Kilogramo), potasio 3200 mgKg⁻¹ y calcio 6847 mgKg⁻¹, como reporta BR Global (2016) para el género *Raphanus*.

Es probable que un pH más ácido de alrededor de 5.19 (Pava 2011), tenga una capacidad superior para retención hídrica, además de una mayor cantidad de nitrógeno total del suelo. Lo que pudo haber producido que *Zea mays* y *Cucumis melo* presentasen mejor desarrollo, a diferencia de lo expresado por Abad (2001) quien con un mejor drenaje logró un desarrollo superior, se recomienda realizar una investigación específica sobre los valores de pH y la retención hídrica de los sustratos.

Existió una pequeña diferencia en nutrientes como fósforo, potasio y calcio por parte de las hortalizas cultivadas en la lombricomposta en relación al suelo. No obstante, de esta diferencia se observó que las plantas tuvieron una capacidad máxima de absorción de nutrientes misma que no pudo ser excedida como se muestra en la Figura 9 Anexo 7, por mejor que fuese el sustrato al igual que lo demostró Lazcano-Ferrat (1999). Se recomienda la evaluación para determinar si existe o no una influencia en la absorción de los nutrimentos.

Cada m² logró una producción promedio de 1.2 Kg. por dos charolas de germinación, así se fomentó homogeneidad en los cultivos; cabe resaltar que no se reporta en la literatura datos suficientes para la comparación de la producción de MG bajo el sistema de este estudio. Únicamente en el estudio de Schwentesius y Gómez (1999) que reportan sistemas chinos u holandeses en estanterías que tienen producciones mayores de hasta 9 kg en sistemas hidropónicos de Forraje Verde.

El suelo como sustrato funcionó de manera similar a la lombricomposta en las especies probadas en este trabajo, sin embargo, la lombricomposta implica diversos beneficios ambientales; como abono para plantas, jardines, cultivos y áreas verdes. También evitar la erosión de zonas silvestres, reciclar materia y residuos orgánicos de manera rápida por lo tanto no se genera metano que tiene un efecto sobre la atmósfera al menos dos veces mayor que el CO₂ (Ramanujan, 2007). Otros beneficios son la reproducción de bacterias, hongos y otros microorganismos útiles para los ecosistemas, el fomento del desarrollo económico

del mercado y las mejoras sociales para el nicho de mercado. Es importante evaluar diferentes sustratos que estén disponibles en cada región, ya que es factible obtener lombricomposta de una gran variedad de materiales orgánicos.

6-CONCLUSIONES

1. El sustrato lombricomposta presentó mejores tiempos de germinación en *Raphanus sativus* y *Euruca sativa*.
2. Se observó una disminución del tiempo de corte para *Raphanus sativus* y *Euruca sativa* al crecer en lombricomposta.
3. *Raphanus sativus* y *Euruca sativa* presentaron peso fresco, peso seco mayor y tiempos más cortos de germinación, y de corte, talla al corte, *con respecto a Zea mays* y *Cucumis melo*.
4. La producción alcanzó un nivel estándar de crecimiento con 1.2 Kg/m².

BIBLIOGRAFÍA

Abad, M., Noguera, P. Bures, S. (2001) Nacional inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production. Case of study in Spain. *Bioresour.Technol.* 77, 197-200.

Alcázar, J. (2010). Manual Básico "Producción de hortalizas". *Ministerio Agropecuario y Forestal*. 4-6 pp. San Salvador. El Salvador. Recuperado de: http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2593/MANUAL_HORTALIZAS_PESA_CHIAPAS_2010.pdf

Alonso, A; López, C; Barois, I; Palafox, A; Quiñones, E. (2015). Evaluación de lombricomposta y tezontle en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, ISSN 2007-0934, Vol. 6, Nº. 5, 2015, págs. 967-975. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México

Altamirano, M. y Aparicio-Rentería A. (2002). EFECTO DE LA LOMBRICOMPOSTA COMO SUSTRATO ALTERNO EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DE *Pinus oaxacana*. y *Pinus rudis*. *Foresta Veracruzana*. Universidad Veracruzana. Instituto de Genética Forestal U.V. Parque Ecológico El Haya, Xalapa, Ver. México.

Andrews, J. (2012). Kroger to Stop Selling Sprouts.. Recuperado de: <http://www.foodsafetynews.com/2012/10/kroger-to-stop-selling-sprouts/#.VZPJorBFCM8>

Aranda, D. (2002). Usos y aplicaciones de las lombricompostas en México. *Lombricultura y abonos orgánicos. Memorias del II Simposium Internacional y Reunión Nacional*, 22-35.

Ayala Garay, A. V.; Schwentesius-Rindermann, R. y Carrera, Ch. B. 2012. Hortalizas en México: competitividad frente a EE.UU. y oportunidades de desarrollo. Georgetown University- Universia. *Rev. Globalización Competitividad y Gobernabilidad*. 6:70-88.

BR Global. (2016) LLC. IMPORTANCIA DE LOS MICRONUTRIENTES, P.O. Box 8164 Rocky Mount, NC 27804 EUA. www.BRGLimited.com

Burés S. (1997). *Sustratos*. Madrid: *Ediciones Agrotécnicas*, 342 pp.

Castellanos, J., Uvalle, J. y Aguilar, A. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas agrícolas, plantas y ECP. Chapingo, Edo. de México: *Instituto de capacitación para la productividad agrícola*.

Castillo, E. y López G. (2010). Análisis de lombricomposteo. Planta de lombricomposteo "Beneficio de mejora de suelo en zona de trabajo ejidal". México: *UAM*. 150 pp.

Cruz-Koizumi, Y. (2015) Análisis comparativo de calidad suelo y productividad en dos sistemas de cultivo de tomate verde (*Physalis ixocarpa*) en Calakmul, Campeche. El Colegio de la Frontera Sur Unidad Campeche. Calakmul, Campeche. México.

Daga, W. (2011). Situación Actual y Mercado Nacional e Internacional Perspectivas del Cultivo del Palto en el Perú. *Fertilización*. INIA. Recuperado de: http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/videoconferencias/2012/situacion_actual_palto.pdf

Díaz, L. F., Savage, G. M., & Eggerth, L. L. (1993) Composting and recycling municipal solid waste. CalRecovery, Inc., USA.

FAO (1995). Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo, Departamento de Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/W0073S/w0073s1x.htm>

FAO (1991). Manejo del suelo producción y uso del compostaje en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín 56:180*. Roma, Italia. 178 pp.

FAO (2000). Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. Manual de capacitación para trabajadores de campo en América Latina y el Caribe. Roma. Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/v5290s/v5290s21.htm>

FAO (2000a). Mejorando la nutrición a través de huertos familiares. Hoja de información 10. Cría de cuyes. Roma. Disponible en: www.fao.org/docrep/v5290s/v5290s00.HTM

FAO (2000b). Prevención de la E. coli en los alimentos. Disponible en: <http://www.fao.org/fileadmin/>

FAO. (2004). Aquastat. (Informe). ONU. Recuperado de: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>

FAO (2013). Opinión de la FAO al respecto de los MG. Disponible en línea:
www.fao.org/docrep/019/i352s69pdf

FAO (2013). Manual de compostaje del agricultor Experiencias en América Latina.
Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. ISBN 978-
92-5-307844-8

FAO (2014). Anuario estadístico de la FAO. 2014. *La Alimentación y la Agricultura
en América Latina y el Caribe*. Recuperado de: [http://www.fao.org/3/a-
i3592s.pdf](http://www.fao.org/3/a-i3592s.pdf)

FAO (2015). Concepto de materia orgánica. Disponible en: [http://www.fao.org/soils-
portal/about/definiciones/es/](http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/)

FNDARFP, Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y
Pesquero (2008). La producción de hortalizas en México: mayo 2008. México:
1^{er} informe de autoevaluación. *Dirección General Adjunta de Fomento y
Promoción de Negocios Dirección Ejecutiva de Diseño de Programas y
Productos*. <https://www.gob.mx/fnd>

Félix–Herrán, J; Sañudo – Torres, R; Rojo – Martínez, B; Martínez – Ruiz, R; Olalde
– Portugal, V; (2008) IMPORTANCIA DE LOS ABONOS ORGÁNICOS
IMPORTANCE OF ORGANIC MANURES, *Ra Ximhai* 4 (1): 57-67. Programa
de Ingeniería Forestal e Ingeniería en Desarrollo Sustentable de la Universidad
Autónoma Indígena de México. Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. Departamento
de Biotecnología y Bioquímica del CINVESTAV-IPN. Sinaloa, México.

Fernández, E., Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2012). *COMUNICADO DE PRENSA NUM.481/12*. México, D.F.

Ferruzzi, C. (1994). Manual de lombricultura. (3ra reimpresión). *Editorial Mundo-Prensa*. Madrid-España.

FIDA, RUTA, CATIE y FAO, (2003). La adopción de la agricultura orgánica por parte de los pequeños agricultores de América Latina y el Caribe Evaluación Temática. Documento del Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola. *Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza*. Informe No. 1337 Turrialba, Costa Rica 10 pp.

García, M., y Zanor, G. (2015). Producción de abonos orgánicos enriquecidos para el mejoramiento de suelos de uso agrícola. *Jóvenes en la Ciencia*. 1(2), 1799-1803. Recuperado de: <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/download/170/pdf1>

Gilsanz, C. (2007). Hidroponía. *Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología*. Uruguay. 6-9 pp. Recuperado de: <http://www.inia.org.uy/online/site/index.php>

Gómez, M. Schwentesius, R. Ortigoza, J. Gómez L. (2012). Situación y desafíos del sector orgánico de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 1(4), 593-608. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v1n4/v1n4a11.pdf>

González, S. y Peñalosa, I. (2000). Biomoléculas Métodos de análisis. Universidad Nacional Autónoma de México Campus Iztacala. EdoMex. México.

González, V. y Pomares, F. (2008). La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Sociedad española de agricultura ecológica, Catarroja (Valencia). Recuperado de: <https://www.agroecologia.net/recursos/documentos/manuales/manual-fertilizacion-fpomares.pdf>

Heredia, C., Losuamo, G., D' Acosta, G., Lorente, E., y Cuesta, A. (2000). Nuevo Biofertilizante de uso foliar para la Agricultura. 2da. Convención Internacional de Educación Superior. Cuba: *Editorial Félix Varela. Universidad Agraria de La Habana.* 36 pp.

Herrán, J., Torres, R., Martínez, G., y Portugal, V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 4(1), 57-68. Recuperado de: [www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-10articulosPDF/Art \[1\]%](http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-10articulosPDF/Art%204%20Abonos.pdf)

Hernández, G. (2011). PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE BRASSICAS CON SUSTRATO DE PEAT MOSS, LOMBRICOMPOSTA Y TIERRA DE MEZQUITE. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ, FACULTAD DE AGRONOMÍA. Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. México.

Hidalgo, P. y Harkess, R. (2002). Memorias del II Simposium Internacional y Reunión Nacional. Junio. Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM. 108 pp.

INCA RURAL (1998). SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACION. Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural Manual de lombricultura. México.

INCAP/OPS. (2007). Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. 3a reimpresión. Guatemala: Editores Menchú, MT y Méndez, H. 2012 128 pp.

INEGI (2014). Boletín de información oportuna del sector alimentario. Número 347, octubre 2014. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México., p. 104. Recuperado de: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sectorial/

INVERSA. (2011). Ciclo biológico y desarrollo de Eisenia foetida (Lombriz Roja) México: *Inversanet*. Recuperado de: <https://inversanet.wordpress.com/2011/09/07/ciclo-biologico-y-desarrollo-de-eisenia-foetida-lombriz-roja/>

Kaiser, C. and M. Ernst. (2018). Microgreens. CCD-CP-104. Lexington, KY: Center for Crop Diversification, University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment. Recuperado de: <http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu/ccd/files/microgreens>

Karch, H., Tarr, P. y Bielaszewska, M. (2005). Enterohaemorrhagic *Escherichia coli* in human medicine. *Int J Med Microbiol*, 295 (6-7): pp. 405–18.

Kraup, C.; Moreira I. (2003). Hortalizas de Estación Fría. Disponible en: www7.uc.cl/sw_educ/hort0498/

Kraup, C.; Moreira I. (2003a). Hortalizas de Estación Calurosa. Disponible en: www7.uc.cl/sw_educ/hortalizas/html/

Laruta, C. (2001). Producción de Hortalizas Orgánicas. La Paz, Bolivia: *Publicación del Centro de Investigación y Promoción del Campesinado Director de CIPCA*. 1-18 pp.

Lazcano-Ferrat, I; Salazar-Garcia, S. (1999). Diagnóstico nutrimental del aguacate "Hass" bajo condiciones de temporal. Proc. World Avocado Congr. IV, Uruapan, Mich., México. Oct. 17- 22, 1999. Revista Chapingo serie Horticultura 5 (número especial): 173-184

Lopes, C. (2005). Tratado de las ONGS. Sobre Agricultura Sustentable. Recuperado de: <http://www.eurosur.org/NGONET/tr9242.htm>

Martínez, C. (1996). Potencial de la lombricultura. Elementos básicos para su desarrollo. *Técnica Mexicana*. Texcoco, Edo. de México., México.

Martínez, C. (1999). Potencial de la lombricultura. Elementos básicos para su desarrollo. 11a. Edición. *Técnica Mexicana*. Texcoco, Edo. de México.

Martínez, M. (2003). Estructura de costos, para la producción de hortalizas en invernaderos de la cuenca del Río Reventazón, Turrialba, Costa Rica. (Tesis de maestría). CATIE. Escuela de posgrado. Recuperado de: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0128e/A0128e.pdf>

Martínez, J. (2009). Fertilización en Hortalizas. Capítulo 4. Facultad De Agronomía, México: UANL. 19 pp. Disponible en: www.agronuevoleon.gob.mx/oeidrus/hortalizas/4fertilizacion.pdf

Muñoz, J., Velásquez, A., Osuna, M., Macías, H. (2012) EL USO DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. CENID-RASPA. INIFAP, Gómez Palacio, Durango. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. MÉXICO

Navarro, G., Velázquez, C. y Candelaria, M. (2013). Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana. Estudios Agrarios. *Universidad Nacional de Colombia*. 217 - 235 pp.

Nielsen, R. L. 2015. Requirements for Uniform Germination and Emergence of Corn. Purdue University. EE. UU. Recuperado de; <https://www.intagri.com/articulos/cereales/procesos-de-germinacion-y-emergencia-en-el-cultivo-de-maiz>

Olivares-Campos, M; Hernández-Rodríguez, H; Vences-Contreras, C; Jáquez-Balderrama, J; Ojeda-Barrios, D. (2012). LOMBRICOMPOSTA Y COMPOSTA DE ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO LECHERO COMO FERTILIZANTES Y MEJORADORES DE SUELO. Worm compost and dairy cattle manure compost as fertilisers and in soil improvement. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chihuahua, México.

Pava, I. (2011). Degradación del suelo: problemática mundial y local. (Informe). CESPCA - Centro de Estudios Políticos y Socioculturales del Caribe. Recuperado de: http://www.cepsca.org/cariboost_files/Degradacion_Suelos.pdf

Pedroza, P. (2017). Efecto de la fertilización con lombricomposta en el desarrollo de *Leucaena leucocephala* var. *cunningham* en un sistema silvopastoril en el sur del estado de México. UAEM. Rancho del Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Edo. Mex. México. URI: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/69316>

Ramanujan, K. (2007). Methane's Impacts on Climate Change May Be Twice Previous Estimates. Goddard Space Flight Center. NASA. EUA. Recuperado de: <https://www.nasa.gov/vision/earth/lookingatearth/methane.html>

Restrepo, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencia con agricultores en Mesoamérica y Brasil. San José, US, IICA. 155 p.

Restrepo J., ÁNGEL, D., y PRAGER, M. (2005). Agroecología. CEDAF. Santo Domingo, República Dominicana: 134 pp.

Reinés, A. (1998). Lombricultura, Alternativa para el desarrollo sustentable. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México.

Reyes, H., Manes, S., y Gessa, G. (2000). Efecto de la aplicación del residuo sólido del despulpe del café sobre las propiedades de un suelo. 2da. Convención Internacional de Educación Superior. Editorial "Félix Varela. Universidad Agraria de La Habana, Cuba. P, 8.

Ruiz, F. (1996). Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánica. Primer Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México, DF, 23-47.

Ruiz; M. (2011). Taller de elaboración de lombricomposta. Porque tener lombrices nos beneficia a todos, Universidad Iberoamericana. Departamento de Ingenierías. Primera edición electrónica: ISBN: 978-607-417-141-9

Sauri, R., y Castillo, E. (2002). Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes, *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, Sistema de Información Científica*, Revista: Ingeniería 2002 6(3). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46760305>

Samperio, R. G. 2003. Forraje Verde Hidropónico. Forraje Verde, conservado e Hidropónico. Asociación Hidropónica Mexicana, A. C. Querétaro, México.

Semple, K., Reid, B. y Fermor, T. (2001). Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. *Environmental pollution*, 112(2), 269-283. Recuperado de: <http://dzumenvis.nic.in/Microbes%20and%20Metals%20Interaction/pdf/Impact%20of%20composting%20strategies.pdf>

Schuldt, M., Rumi, A. y Gutiérrez, D. (2005). Determinación de “edades” en poblaciones de lombrices: implicancias reprobológicas. 13ras. Jornadas Nacionales de Lombricultura (Gral. Cabrera, Arg., octubre 2004). *Rev. Mus. La Plata ns zool*, 17(170), 1-10.

Schrader, W. (2000) El uso de almácigos en la producción de hortalizas. Centro de Información e Investigación de hortalizas. División of agricultural and Natural resources. Universidad de California.

Schwentenius, R; Gómez, M. (1999). Frutas Exóticas; Perspectivas para México en el Cauce Globalizado del Comercio; Reporte de Investigación #44. CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo, México.

Smil, V. (1999). Long-Range Perspectives on Inorganic Fertilizers in Global Agriculture. 1999 *Travis P. Hignett Lecture*. Alabama, USA. Recuperado de: <http://vaclavsmil.com/wp-content/uploads/docs/smil-article-1999-hignett-lecture.pdf>

Solórzano, G. (2002). Aportación de gases de invernadero en el manejo de residuos sólidos en México: caso del metano. *In Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, 28 (pp. 1-8). FEMISCA.

Soto, G. y Muñoz, C. (2002). Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. (Costa Rica) No. 65 p. CATIE, Turrialba (Costa Rica)

SIAP, (2013). SIAP INFORMA, UNA MIRADA AL PANORAMA AGROALIMENTARIO DE MEXICO Y EL MUNDO, Número 18. México, Hortalizas, legumbres y frutosen las exportaciones mexicanas.

Uribe, J., Naranjo, N., Herrera, J., Almaraz, N. y González, L. (2009). Evaluación de la producción de pimiento morrón (*Capsicum annum L.*) con aplicación de composta, lixiviado de lombricomposta y fertilización mineral bajo invernadero en Durango. (Informe técnico final). *Instituto Politécnico Nacional. Durango.*

México. Recuperado de:
http://sappi.ipn.mx/cgpi/archivos_anexo/20080625_6544.pdf

Weber, C. (2017). Broccoli Microgreens: A Mineral-Rich Crop That Can Diversify Food Systems. Pub Med. Front Nutr. National Center for Biotechnology Information. National Library of Medicine, Rockville Pike Bethesda, MD, USA.

Xiao, Z., Lester, G. E., Luo, Y., y Wang, Q. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, 60(31), 7644-7651. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/profile/Gene_Lester/publication/229425323_Assessment_of_Vitamin_and_Carotenoid_Concentrations_of_Emerging_Food_Products_Edible_Microgreens/links/59e494b4a6fdcc7154e121db/Assessment-of-Vitamin-and-Carotenoid-Concentrations-of-Emerging-Food-Products-Edible-Microgreens.pdf

Xiao Z. y Lester G. (2013). *Las esperanzas puestas en ODS. Revista Rural 21*. Vol. 49 Número 2/2015. Taiwán: AVRDC - El Centro Mundial de Vegetales.

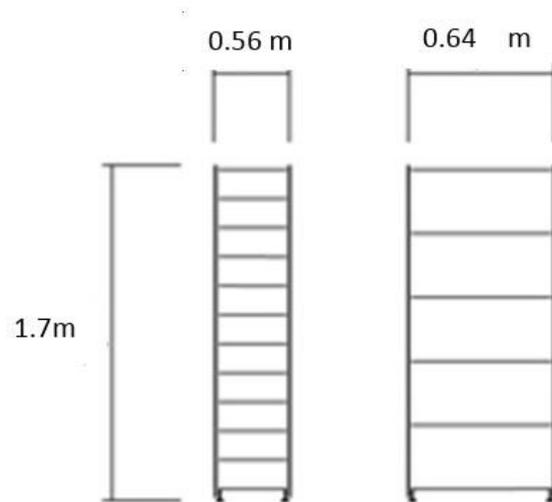
Zavaleta, M. (2002). Memorias del II Simposium Internacional y Reunión Nacional. Junio. Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM. 38-45 pp.

ANEXOS

Anexo 1: Diseño de las instalaciones

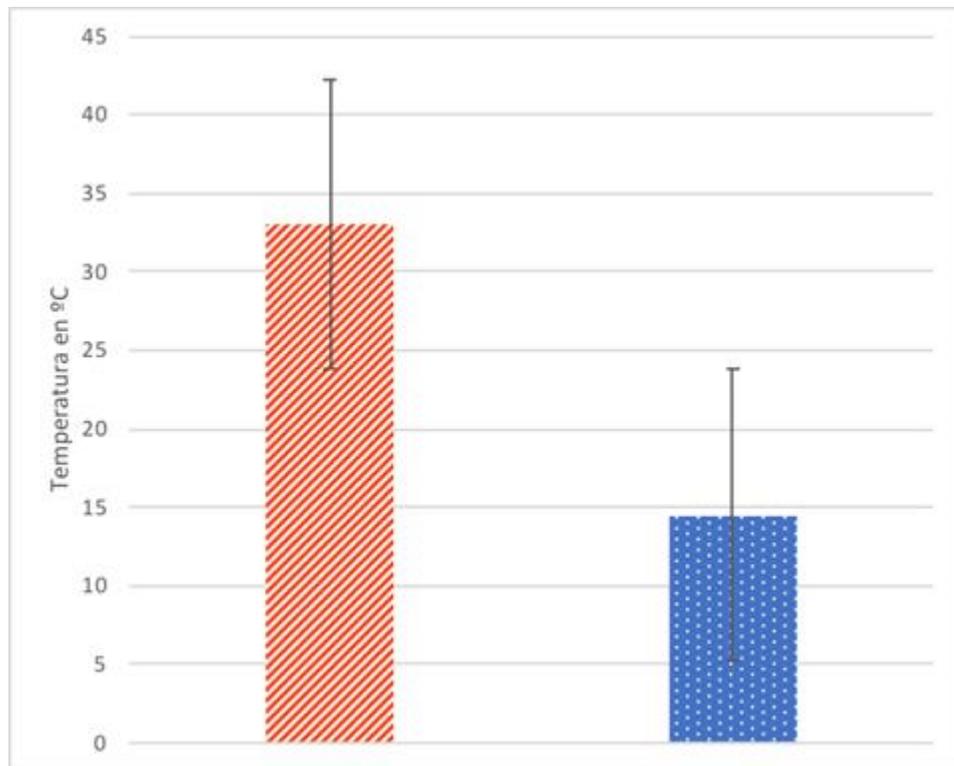
El diseño de la infraestructura se llevó a cabo en el predio de 200 m², en donde se fabricaron y ubicaron sesenta soportes con tubular de acero calibre 18 de ½" de 0.56 m de largo por 0.28 m de ancho. Dentro de cuatro anaqueles de tubular en acero calibre 12 de ¾" de 1.70 m de alto, por 0.64 m de largo y 0.56 m de ancho, también fabricados al interior del predio en condiciones urbanas como se muestra en la Figura No 1: Esquema estructural de anaqueles.

Esto constituyó dos anaqueles de tubular de acero calibre 12, 1.5" de 3.5 m de alto por 1.00 m de largo y 0.4 m de ancho. Cada anaquel estuvo subdividido con 7 estanterías a 90°, con capacidad de 200 g de lombricomposta para cada espacio dejando libre 10 cm entre uno y otro. Respecto del sistema de riego se instaló una bomba de ¾ hp (caballos de fuerza) marca Rotoplas, con poliducto cedula 40 de ½", donde la automatización fue realizada por un temporizador marca Torck análogo. La dispersión del agua fue por pulverización con diámetro de apertura 0.5 m, durante 15 min con un volumen de 25 L/h. La fabricación e instalación el sistema de riego por pulverización estuvo constituido por 25 m de poliducto cedula 40, una bomba de ¾ hp. Rotoplas, un temporizador Torck análogo, una llave de paso y treinta pulverizadores Tornado.



Esquema de diseño estructural de anaqueles.

Anexo 2: Máximos y Mínimos de temperatura en grados celsius (°C).



Nota: El promedio corresponde a las lecturas diarias durante 31 días, Los resultados son expresados como media, ± 0.1 . La columna roja representa el máximo de temperatura y la columna azul representa el mínimo de temperatura.

Anexo 3: Imágenes del proceso de siembra del maíz, el melón, el rábano y la arugula.



**Proceso de la siembra: a- Charolas de germinación con composta, b-Siembra de semilla de maíz, c-Germinación de semillas de rábano y d-Germinación de semillas de arugula.
Fuente: Fotos del autor**

Anexo 4: Crecimiento y alcance de la talla de corte.



a-Crecimiento de arugula, b-Arugula con talla de corte en anaquel individual
Fuente: Fotos del autor

Anexo 5: Producción en etapa de corte de rábano y arugula.



Anexo 6: Cosecha de rábano en los diferentes sustratos.



**a-Cosecha de rábano, b-Cultivo en Lombricomposta, c-Cultivo en suelo de rábano.
Fuente: Fotos del autor.**

Anexo 7: Figuras de resultados.

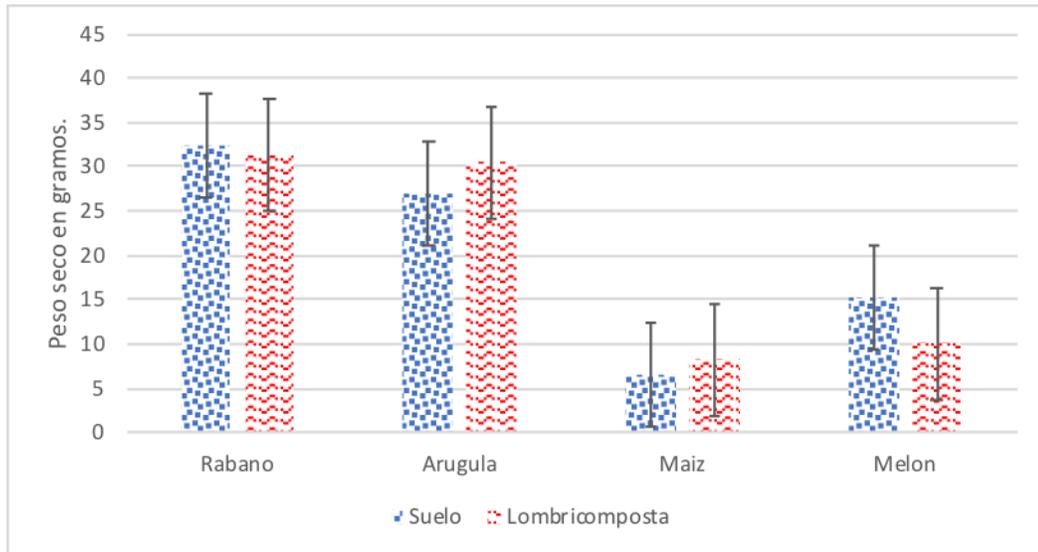


Figura 2: Peso seco tejido vegetal en talla comercial.

Nota: El promedio corresponde a las lecturas de peso seco del tejido vegetal, $n = 8$, Los resultados son expresados como media, ± 0.1 . La columna azul representa los cultivos en suelo y la columna roja representa los cultivos en lombricomposta.

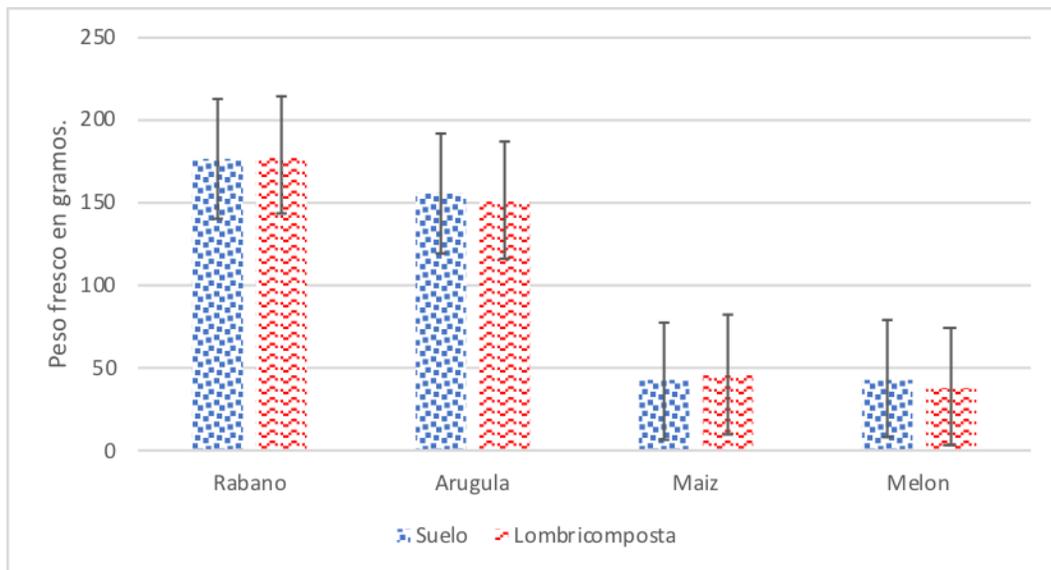


Figura 3: Peso fresco tejido vegetal con talla comercial.

Nota: El promedio corresponde a las lecturas de peso fresco del tejido vegetal, $n = 8$, Los resultados son expresados como media, ± 0.1 . La columna azul representa los cultivos en suelo y la columna roja representa los cultivos en lombricomposta.

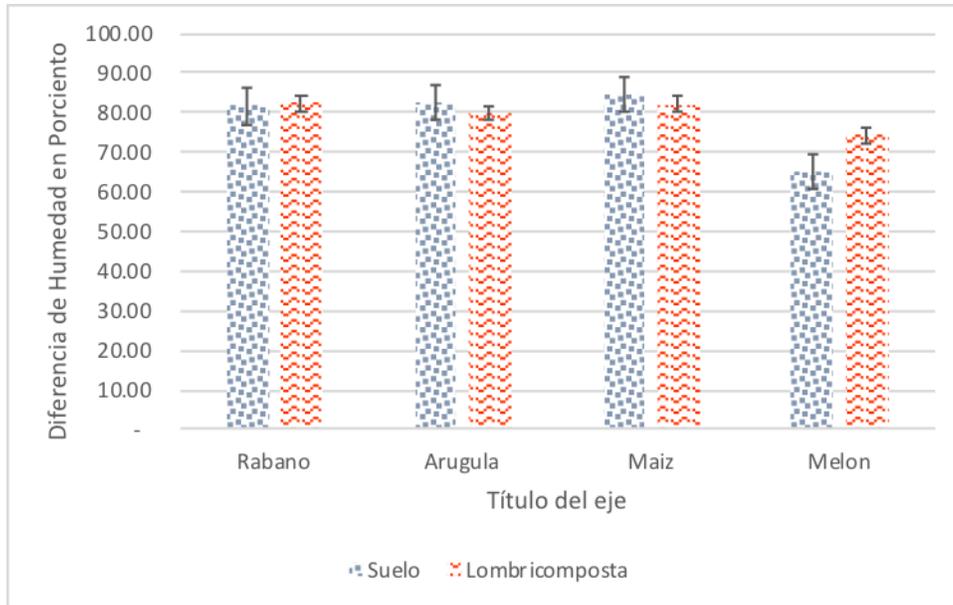


Figura 4: Porcentaje de Humedad por especie en sustratos.

Nota: Diferencia entre peso fresco y peso seco, Los resultados son expresados en porcentaje. ± 0.1 . La columna azul representa los cultivos en suelo y la columna roja representa los cultivos en lombricomposta.

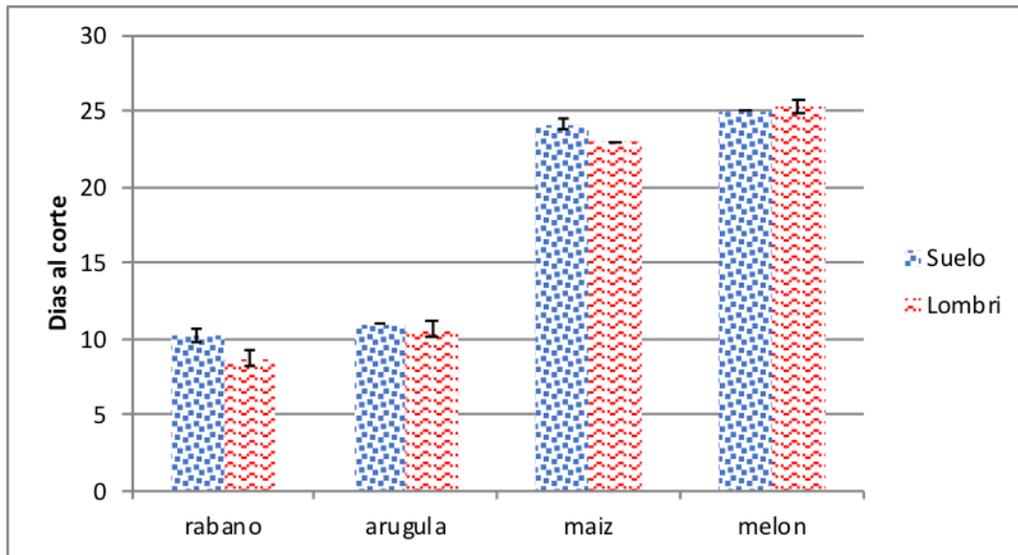


Figura 5: Tiempo de corte de talla comercial.

Nota: El corte corresponde a los días transcurridos para llegar a la talla comercial, $n = 8$, Los resultados son expresados como media, ± 0.1 . La columna azul representa los cultivos en suelo y la columna roja representa los cultivos en lombricomposta.

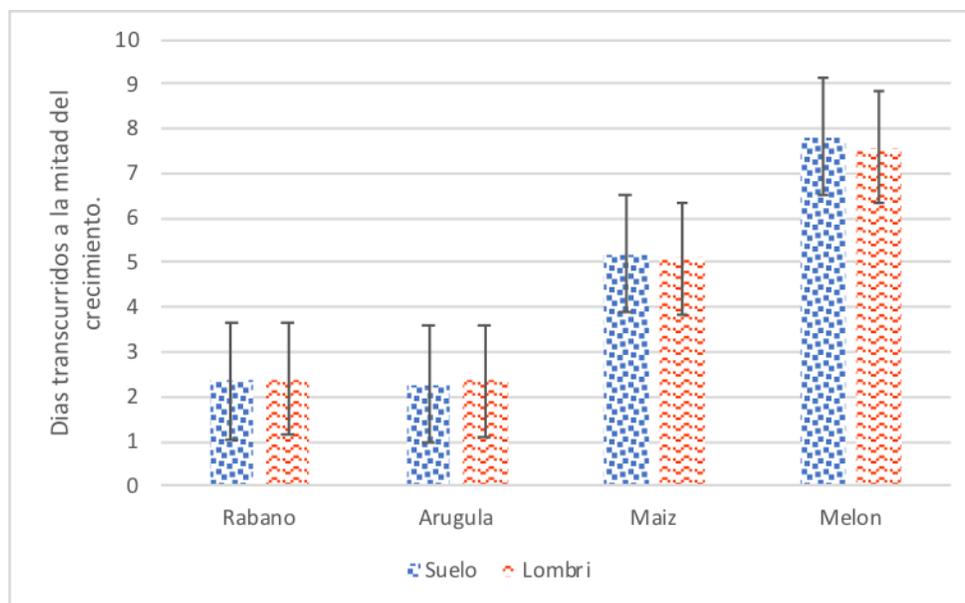


Figura 6: Talla media de crecimiento.

Nota: El promedio corresponde a las lecturas de días transcurridos a la mitad del crecimiento de los cultivos, $n = 8$, Los resultados son expresados como media, ± 0.1 . La columna azul representa los cultivos en suelo y la columna roja representa los cultivos en lombricomposta.

La variable peso seco mostro diferencias significativas entre el rábano respecto al melón y maíz, también de arugula fue diferente con melón y maíz. Por el contrario, no existieron diferencias significativas entre rábano y arugula ni tampoco de melón y maíz como se puede observar a continuación en el Cuadro 12.

Cuadro 12: Comparación de medias peso seco total.

Especies	Peso Seco
Rábano	31.925 a
Arugula	28.763 a
Melón	12.669 b
Maíz	7.382 b

Nota: La t Fisher (LSD) para Y, $\alpha 0.05$, DMS = 8.075. con una $n = 64$ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

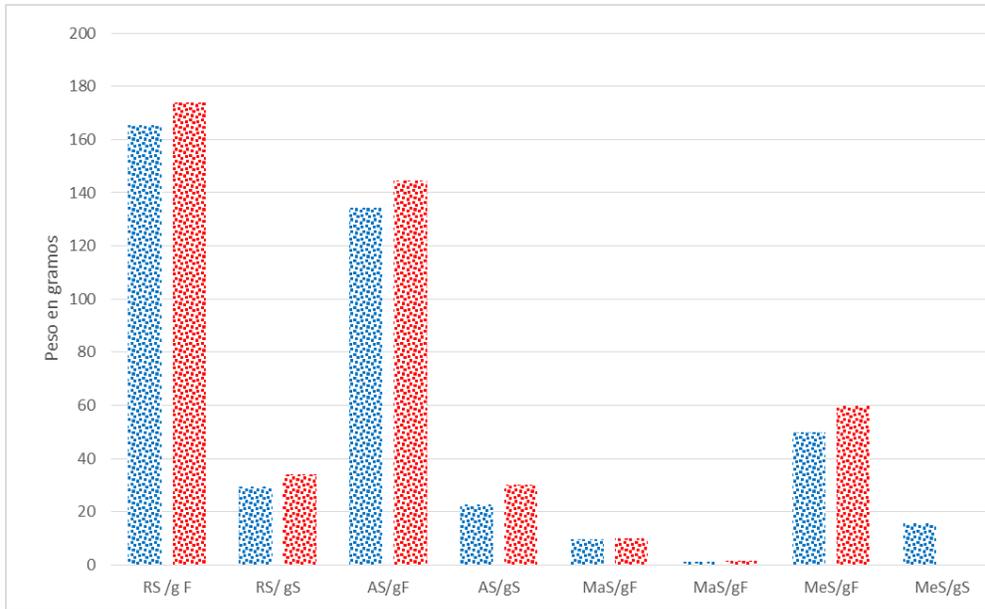


Figura 7: Peso seco y fresco de los MG Cosechados.

Nota: Promedio de peso Seco y Peso fresco en los dos sustratos utilizados para: (RS) rábano suelo (RL) rábano lombricomposta. (AS) arugula suelo (AL) arugula lombricomposta. (MaS) maíz suelo (MaL) maíz Lombricomposta. (MeS) melón suelo (MeL) melón lombricomposta. La columna azul representa el sustrato suelo y la columna roja representa el sustrato lombricomposta.

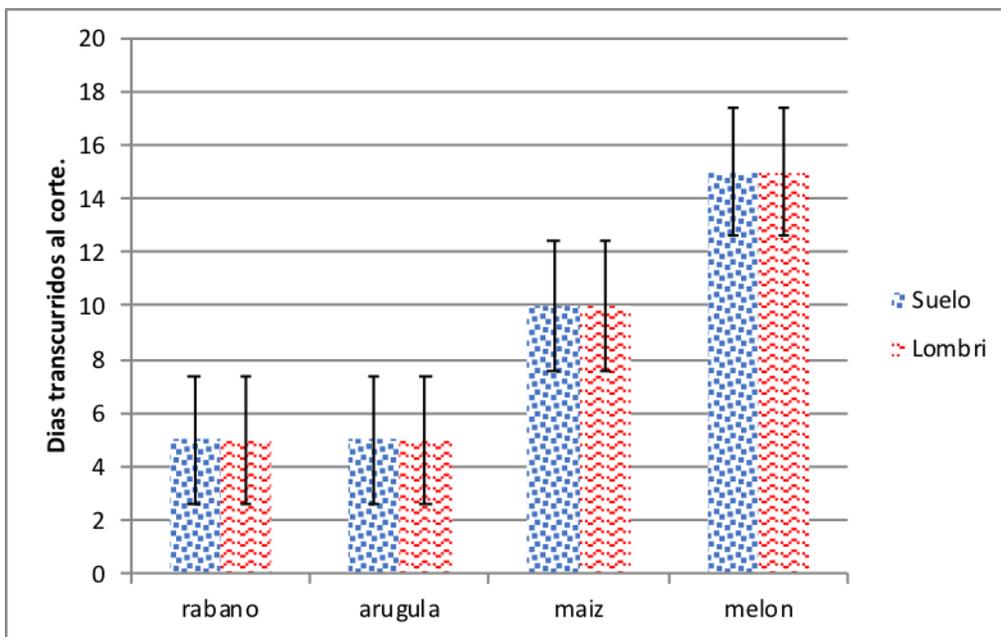


Figura 8: Tiempo de corte en talla comercial.

Nota: El promedio corresponde a las lecturas de días transcurridos al corte de los cultivos, $n = 8$, Los res los son expresados como media, ± 0.1 La columna azul representa los cultivos en suelo y la columna roja representa los cultivos en lombricomposta.

Cuadro 14: Comparación de medias peso fresco.

Especies	Peso Fresco
Rábano	177.44 a
Arugula	153.06 a
Melón	44.18 b
Maíz	41.27 b

Nota: La t Fisher (LSD) para Y, α 0.05, DMS = 26.062, con una n = 64, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

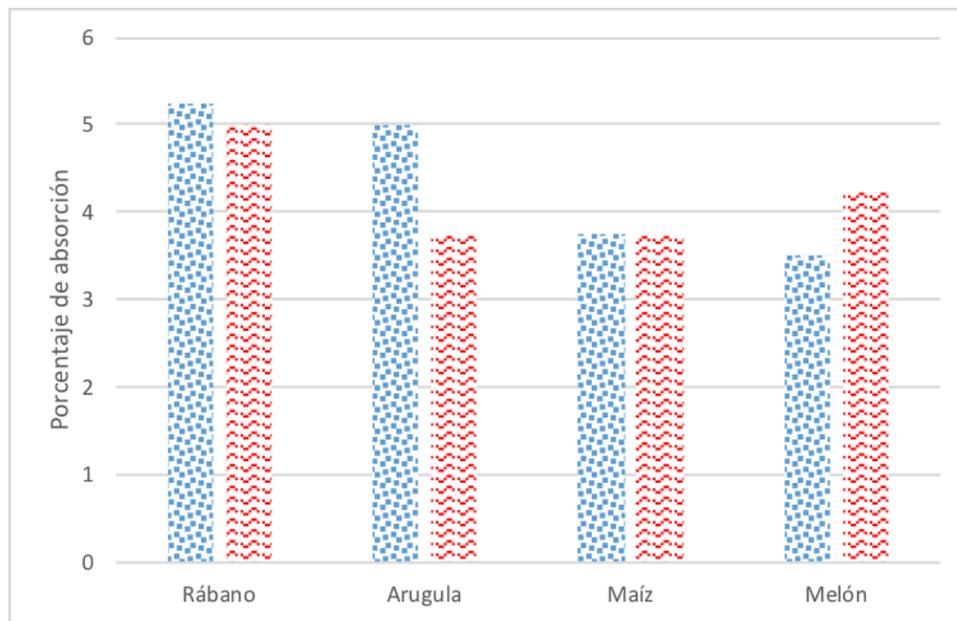


Figura 9: Absorción de Nutrientes por planta.

Nota: La columna azul  representa el sustrato suelo y la columna roja  representa el sustrato lombricomposta

Cuadro 21: Absorción de nutrientes por planta

Rábano	Rábano	Arugula	Arugula	Maíz	Maíz	Melón	Melón
Suelo %	Lombri %						
5.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	3.50	4.25

Sobre el desarrollo del sistema de cultivo intensivo de MG, en todos los casos las plantas se desarrollaron favorablemente, como reporta Kaiser (2018).

. Anexo 8. Estudio de caso de mercado.

De manera paralela, este trabajo llevo a cabo un análisis de caso para revisar la viabilidad de los MG como modelo de negocio.

- **Público Objetivo:** Restaurantes y negocios de tipo Gourmet, nivel de renta alto y medio alto A, B+. Segmentación de mercado demográfica (Ingresos Altos y medio altos), geográfica (Ciudad de México, Zona Poniente, Santa Fe, Polanco, Roma-Condesa), Características de comportamiento (Estatus del usuario), a los que pertenece el público.
- **Volumen del público objetivo:** 4,780 restaurantes en la Ciudad de Mexico. El consumo está definido entre Alfa vid- Orgánicos, La Huerta del Sol, Comalca Gourmet, que son los diferentes competidores y productores de Micro Greens, pero el mercado está dominado por Alfa vid y La huerta del Sol son los más exitosos en este mercado, puesto que proveen de MG al 75% de la demanda nacional.

La producción tiene una demografía básica en la Ciudad de México, en las Delegaciones de Milpa Alta y Xochimilco. Dentro de la República Mexicana la mayor producción se encuentra en Baja California, Nayarit, Jalisco y Puebla (INEGI 2014).

- **Interacción con el público objetivo:**

¿Cuál es el grado de satisfacción de dicho público objetivo? Medianamente satisfecho con los actuales suministradores de MG.

¿Cuál es la percepción del precio que consideran equivalente? \$2 pesos por gramo.

¿Cuál es el coste de cambio de suministrador? En términos conceptuales o psicológicos, de cambio de hábitos, de tiempo y practicidad por la frescura del producto.

¿Cuál es el principal reto en relación al mercado?

Falta de la integración productor consumidor, promoción, análisis de validez del producto, el nicho es muy selectivo.

- **Necesidades del público objetivo:**

Necesidades pueden ser cubiertas por los productos en este mercado, el consumo orgánico y saludable, satisfacción personal con estilo de vida del consumidor.

Concepto:

¿Qué expectativas tienen los clientes? Son altas buscan calidad y frescura.

Pruebas de envase:

¿Es atractivo? Si son charolas de germinación en cajas de madera.
¿Cómodo? Si, el cliente cosecha directo al plato del comensal. ¿práctico? Si, se garantiza un periodo de vida en anaquel más largo. ¿de fácil manejo? No, es necesario hacer una capacitación breve para el manejo, riego y cosecha de las plantulas. ¿de fácil transporte? No, llega a ser pesado con más de 6 charolas.
¿moderno? Si, no hay nada igual en el mercado.

Dimensión del mercado:

La dimensión del mercado provee de expectativas para generar espacio a la competitividad del mercado, existe capacidad para crecer en este mercado; al proveer de un producto de misma calidad, pero con mayor frescura. Al ser un

mercado en vías de crecimiento dentro de México, las posibilidades de desarrollo son muy grandes.

Pruebas de concepto:

¿Tiene el concepto un atractivo lo suficientemente amplio? Este producto se diferencia de la competencia por su frescura y la accesibilidad que proporciona al consumidor al adquirir MG recién cosechados. ¿A qué segmentos del mercado, atrae más? Jóvenes Chefs. ¿Cuáles de los beneficios que proporciona para los compradores? Cosecha fresca en vivo.

Investigación de publicidad:

¿Cuál es la estrategia elegida para lanzar el producto? Redes sociales y recomendación de boca en boca. ¿Cuáles son los medios de difusión oportunos? Ferias agrícolas y contactos con dueños y chefs. ¿Qué concepto general pretendemos difundir? La modernidad, la frescura y la calidad del producto.

Esto se plantea en base a 36 encuestas y la definición de Kotler y Armstrong (2012), donde mencionan que el mercado es el conjunto de todos los compradores reales y potenciales de un producto o servicio. Tales compradores comparten una necesidad o un deseo en particular, el cual puede satisfacerse mediante relaciones de intercambio.

	Fortalezas	Debilidades
Análisis Interno	Producción en invernadero. Producción con Lombricomposta. Entrega de Microgreens vivos.	Afección por cambio de clima en la temporada invernal.
	Oportunidades	Amenazas
Análisis Externo	Mejora de instalaciones en incubadoras. Al superar la etapa invernal sigue la producción de MG vivos. Restaurantes Gourmet.	Plagas de roedores en el almacenamiento de semillas.

Cuadro 28. Síntesis de Análisis FODA.

8.1 Alcances de este mercado

- La competencia logra tener estos alcances debido al tiempo que ha permanecido en el mercado y su búsqueda constante de clientes.
- El mercadeo de contacto directo o de boca en boca es una manera efectiva de mercadeo, pero existen modos alternos para alcanzar ese mercado; como la incursión en redes sociales; para lograr la aceptación del público en

general; posterior a esto se emprende una búsqueda de consumidores directos a fin de presentar el producto.

Los modelos de negocio de los competidores en este mercado se basan en una forma híbrida entre el modelo mercantil y el productor; lo cual hace muy efectivo este patrón para llegar al cliente con la menor repercusión de intermediarios, probablemente esta sea la mejor manera de realizarlo.

Los clientes esperan que los MG sean frescos, de bajo costo y saludables para sus comensales.

La ventaja competitiva reside en mantener un precio bajo de \$2.00/g, y máxima frescura ya que el cliente (chef), cosecha de acuerdo con sus necesidades diarias; de esto obtiene un producto de alta calidad más la suma de peculiaridades como aroma, textura e imagen que requiere ofrecer a sus clientes.

Costos de Producción:

Infraestructura, (Estructural, Sistema de Riego, Invernadero, Sustrato, Semilla, Charolas de Germinación, Mano de Obra) \$1,871/m²

Anexo 9 Amortización de Inversión

Inversiones por m2.

INVERSION INICIAL

Cuadro 29
inversión por m²

Concepto	Año 0
Activos	
Terreno	\$200.000
Edificios	\$302.684
Maquinaria y herramienta	\$25.000
Mobiliario	\$10.000
Vehículos	\$150.000
Equipo de cómputo	\$10.000
Gastos de Operación	
Comunicación	3.600,00 \$
Transporte	60.000,00 \$
Mantenimiento	24.000,00 \$
Nomina	60.000,00 \$
Papelería	18.000,00 \$
Otros	12.000,00 \$
Legal	
Constitución	9.200,00 \$
Registro de Marca	2.500,00 \$
TOTAL	886.984,00 \$

Concepto	Año 0
Flujo de Efectivo	\$ (886.984,00)

Tasa de Descuento	20%
VPN	\$4.457.714
TIR	21,80%

Cuadro 29. inversión por m² para la producción de MG.

9.1 Retorno de Inversión

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 21.8% esto quiere decir que el tiempo estimado de retorno de inversión es de 7 años, a partir del año 8 habrá un 15% de utilidad, incrementándose al doble cada año hasta el año 10, donde se prospecta la adquisición de estabilidad en la ganancia de utilidades.

El Plan de Negocios basado en un híbrido entre mercadeo y producción como lo hace la competencia ha mostrado buenos resultados; puesto que se obtienen ventas por \$1,600.00 pesos mensuales en un pedido inicial para tres distintos clientes.

Los Micro Greens son un producto de consumo limitado, pero la propuesta de valor demuestra que el producto tendrá éxito, puesto que el concepto de manejo

fresco con cosecha en restaurantes aumenta su durabilidad y tiempo de vida en anaquel. Cumple las expectativas de los clientes, gusta por el manejo, calidad y frescura. También se fomentó una alianza con los restaurantes clientes donde una vez a la semana se publican fotos e ingredientes de un platillo que lleve MG y así generar publicidad positiva para ambos; La búsqueda de difusión por medio de redes sociales como Twitter, Facebook e Instagram también ha rendido dividendos al generar interés dentro del nicho del mercado, siguiendo los principios de Merodio (2015).

La producción alcanzó un nivel estándar de crecimiento con 1.2kg. por unidad experimental. El modelo de negocio híbrido es exitoso al lograr ventas y producción simultánea.

Como ya se mencionó la TIR es de 21.8% esto quiere decir que el tiempo estimado de retorno de inversión es de 7 años. Aunado a estas expectativas de retorno de inversión, la utilización de lombricomposta tiene un ahorro considerable en días de germinación durante un año, lo cual se traduce a 3.6 cultivos más para rábano y 25.8 más para arugula, esto puesto en un parámetro económico significa \$11,788 pesos más de ganancia solo por la germinación, si a esto se le aumenta el tiempo ahorrado al corte de los Micro Greens al año arroja una utilidad extra de \$3,206 pesos. Esto da un total de \$14,994 pesos de incremento en las utilidades con respecto de la siembra realizada en lombricomposta a comparación de la siembra realizada en suelo.

9.2 Planeación Financiera

PROYECCION DE VENTAS ANUALES							
Unidades							
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total	
MG	48	58	69	104	187	465	
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
Total	48	58	69	104	187	465	
Moneda							
MG	\$19.200	\$23.040	\$27.648	\$41.472	\$74.650	186.010	
0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0
0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0
Subtotal	\$19.200	\$23.040	\$27.648	\$41.472	\$74.650	186.010	
Descuentos	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0
Comisiones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0
Ventas netas	\$19.200	\$23.040	\$27.648	\$41.472	\$74.650	186.010	

PROYECCION DE EGRESOS ANUALES

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
-						
Costo de lo vendido	\$5.760	\$6.912	\$8.294	\$12.442	\$22.395	\$55.803
Sueldos de directivos y gerentes	\$12.000	\$14.400	\$17.280	\$20.736	\$24.883	\$89.299
Sueldos de personal operativo	\$60.000	\$72.000	\$86.400	\$103.680	\$124.416	\$446.496
Insumos de oficina	\$3.600	\$4.320	\$5.184	\$6.221	\$7.465	\$26.790
Telecomunicación (Teléfono, internet)	\$3.600	\$4.320	\$5.184	\$6.221	\$7.465	\$26.790
Transporte, entregas, gasolina	\$60.000	\$72.000	\$86.400	\$103.680	\$124.416	\$446.496
Rentas	\$12.000	\$14.400	\$17.280	\$20.736	\$24.883	\$89.299
Mantenimiento	\$24.000	\$28.800	\$34.560	\$41.472	\$49.766	\$178.598
Agua	\$1.200	\$1.440	\$1.728	\$2.074	\$2.488	\$8.930
Electricidad	\$1.200	\$1.440	\$1.728	\$2.074	\$2.488	\$8.930
Seguros	\$18.000	\$21.600	\$25.920	\$31.104	\$37.325	\$133.949
Infraestructura	\$104.640	\$125.568	\$150.682	\$180.818	\$216.982	\$778.689
Otros 2	\$12.000	\$14.400	\$17.280	\$20.736	\$24.883	\$89.299
Depreciación de Edificios	\$25.800	\$30.960	\$37.152	\$44.582	\$53.499	\$191.993
Depreciación de maquinaria y herramienta	\$36.132	\$43.358	\$52.030	\$62.436	\$74.923	\$268.880
Depreciación de mobiliario	\$2.100	\$2.520	\$3.024	\$3.629	\$4.355	\$15.627
Depreciación de vehículos	\$38.160	\$45.792	\$54.950	\$65.940	\$79.129	\$283.971
Depreciación de equipo de cómputo	\$2.232	\$2.678	\$3.214	\$3.857	\$4.628	\$16.610
Pago de préstamos (abono a capital)	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Pago de intereses por préstamos	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Totales	\$422.424	\$506.909	\$608.291	\$732.437	\$886.389	\$3.156.450