



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

CARRERA DE BIOLOGÍA

**INOCULACIÓN CON MICORRIZA ARBUSCULAR Y USO DE
VERMICOMPOSTA EN EL CULTIVO DE ALBAHACAR (*Ocimum basilicum* L.)
EN UNA AZOTEA NATURADA.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGO**

PRESENTA:

Yuvani Hernández Zarco

Directora de tesis

M en C. Patricia Rivera García

Asesora

Elvia García Santos

México, D.F.

Octubre, 2013

ÍNDICE

Resumen.....	1
Introducción.....	2-5
Capítulo 1: Áreas verdes, azoteas naturadas y plantas medicinales	
1.1.- Zonas urbanas.....	6-7
1.2.- Historia y actualidad de las azoteas naturadas.....	7-8
1.3.- Plantas medicinales y farmacias vivientes.....	8-11
1.4.- Descripción biológica y clasificación botánica del albahacar.....	11-12
1.5.- Usos del albahacar.....	13
Capítulo 2: Suelo	
2.1.- Relación suelo – plantas.....	14-16
2.2.- Sustratos.....	16-17
2.3.- Propiedades biológicas, físicas y químicas de los sustratos.....	17-18
2.4.- Sustratos y su naturaleza.....	28-20
Capítulo 3: Biofertilizantes	
3.1.- Agroquímicos y biofertilizantes.....	21
3.2.- Vermicomposta.....	22-23
3.3.- Hongos micorrizícos arbusculares (HMA).....	24-27
3.4.- Simbiosis micorrízica en cultivos e Inoculación con HMA.....	27-28

Objetivos	29
Justificación	30
Hipótesis	30
Material y métodos	
Etapa de gabinete.....	31
Etapa de campo (propagación del inóculo de MA y cultivo del albahacar.....	31
Diseño experimental para la propagación del inóculo de HMA.....	32
Diseño experimental del cultivo de albahacar.....	36-39
Etapa de laboratorio.....	39
Métodos para la determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo colectado en el izta popo.....	39-40
Técnicas para determinar la colonización de HMA en la planta trampa (<i>Zea mays</i>) y del albahacar.....	41-43
Resultados	44-54
Discusión de resultados	55-56
Conclusiones	57-58
Literatura citada	59-69

Índice de gráficas

Altura promedio entre los diferentes tratamientos en la cosecha del albahacar.....	50-51
Número de hojas promedio entre los diferentes tratamientos en la cosecha del albahacar.....	50-51
Peso húmedo foliar promedio entre los diferentes tratamientos en la cosecha del albahacar.....	50-51
Peso húmedo promedio de la raíz entre los diferentes tratamientos en la cosecha del albahacar.....	52
Volumen promedio de la raíz entre los diferentes tratamientos en la cosecha del albahacar.....	53-54

Índice de tablas

Propiedades físicas y químicas del suelo colectado en campo.....	44
Humedad del suelo colectado en campo en tres temporadas distintas.....	44
Porcentaje de colonización micorrizica arbuscular en la planta trampa.....	47
Porcentaje de colonización micorrizica arbuscular en el muestreo destrutivo.....	47
Porcentaje de colonización micorrizica arbuscular en la cosecha.....	47
Conteo de esporas de hongos micorrizicos arbusculares en el medio de cultivo del albahacar.....	48
Medias de las medidas agronómicas del albahacar cosechada.....	49

Índice de figuras

Imagen 1.- Planta medicinal con que se trabajó (albahacar).....	12
Imagen 2.- Zona de parcela en el Izta-Popo donde se colectó el suelo colonizado con esporas de HMA.....	32
Imagen 3.- Azotea naturada donde se realizó el experimento en la FES-Z.....	33
Imagen 4.- a) y b) Mezcla de tezontle con el suelo colectado en el Izta-Popo.....	33
Imagen 5.- a) Siembra con surcos, b) Después de emplear la técnica de voleo en la siembra de <i>Zea mays</i>	34
Imagen 6.- Cuidados a la planta trampa.....	34
Imagen 7.- Diferentes momentos de crecimiento de la planta trampa.....	35
Imagen 8.- Cosecha de la planta trampa para la obtención del Inóculo de raíz...	36
Imagen 9.- Acomodo de los 4 tratamientos en que se cultivó el albahacar en la azotea naturada.....	37
Imagen 10.- Mezcla de los sustratos y siembra del albahacar con los biofertilizantes.....	38
Imagen 11.- Crecimiento del albahacar, dos semanas después de haber germinado las semillas y su acomodo en las 7 unidades.....	38
Imagen 12.- Primeras floraciones del albahacar.....	39

Imagen 13.- Evaluación de germinación realizada a las semillas de albahacar....	40
Imagen 14.-Comparación del desarrollo radical y foliar del albahacar en los diferentes tratamientos.....	41
Imagen15.- (Resultados) Inóculo obtenido de la planta trampa.....	45
Imagen 16.- (Resultados) Evaluación de viabilidad realizada a las semillas de albahacar.....	45
Imagen 17.- (Resultados) Mezcla de agrolita y peat moss en que se cultivó el albahacar.....	46
Imagen 18.- (Resultados) Estructuras de las MA.....	48
Imagen 19.- Crecimiento radical en los diferentes tratamientos del albahacar cosechada.....	53

AGRADECIMIENTOS

M. EN C. MARÍA DE JESÚS SÁNCHEZ COLÍN POR TODO SU APOYO Y
CONOCIMIENTOS BRINDADOS A MI PERSONA.

A MI FAMILIA QUE ME APOYÓ A LO LARGO DE ESTE RECORRIDO PROFESIONAL,
ADEMÁS DE SUS CONSEJOS EN LA VIDA PERSONAL; NOEMÍ ZARCO PADRÓN,
LORENZO HERNÁNDEZ OCAMPO, NOEMÍ HERNÁNDEZ ZARCO, ADELINA
HERNÁNDEZ ZARCO Y SALVADOR HERNÁNDEZ ZARCO.

A TODAS LAS PERSONAS Y AMIGOS QUE CONOCÍ A LO LARGO DE ÉSTA GRAN
CARRERA DE BIOLOGÍA. MUCHAS GRACIAS POR SU APOYO Y AMISTAD.

A MI M. EN C. PATRICIA RÍVERA GARCÍA, AL M. EN C. ARMANDO CERVANTES
SANDOVAL Y A LA BIÓL. ELVIA GARCÍA SANTOS, POR TODA SU PACIENCIA Y
POR TODO EL APOYO BRINDADO PARA CONCLUIR MIS ESTUDIOS.

AL PAPIME PE204612 Y A LA SEP POR LA AYUDA ECONÓMICA PARA REALIZAR
ESTE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

RESUMEN

El uso desmedido de agroquímicos en zonas de cultivo, ha dañado la fertilidad de los suelos y ha causado un bajo rendimiento en la obtención de vegetales, además de que perjudican al medio ambiente. Estudios realizados por diferentes autores, proponen el uso de biofertilizantes, tales como la vermicomposta y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), estos últimos al formar asociación simbiótica con el sistema radical de la mayoría de plantas vasculares, generan un inóculo de micorriza arbuscular (MA), el cual sirve como una alternativa para sustituir el uso de agroquímicos, además de que estos fertilizantes naturales benefician el desarrollo de las plantas. Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el uso de MA y vermicomposta como biofertilizantes en el cultivo de *Ocimum basilicum* L. (albahacar) con el fin de sustituir el uso de agroquímicos y evaluar de qué manera ayudaron estos fertilizantes naturales al albahacar a superar las situaciones adversas de humedad, viento y temperatura presentes en una azotea, ya que a partir de la implementación de azoteas naturadas, se puede aprovechar la tercera dimensión de zonas edáficas para crear áreas verdes. Las mediciones agronómicas como altura, diámetro de tallo, número de hojas, longitud y peso de raíz tomadas a las plantas al cosechar, mostraron que las tratadas con inóculo de MA fueron las más beneficiadas a nivel de raíz y tallo, además de mostrar mayor vigor en su coloración. Las plantas tratadas con vermicomposta se beneficiaron más a nivel foliar. En contraparte, las plantas de albahacar del tratamiento testigo mostraron un bajo rendimiento radical y en la parte aérea. Al realizar las comparaciones entre los tratamientos de albahacar se encontraron diferencias significativas (un P-value < 0.5), a nivel de raíz y número de hojas de las plantas de albahacar entre los diferentes tratamientos. Por lo anterior se confirma que el uso de inóculo de MA y vermicomposta permiten una mejor aclimatación del albahacar a condiciones adversas tales como las que se presentan en una azotea naturada en una zona urbana.

INTRODUCCIÓN

Las zonas urbanas se han ido expandiendo cada vez más, y esto ha generado la desaparición de áreas verdes. El uso excesivo de agroquímicos en la agricultura ha provocado daños irreparables al medio ambiente. Dos opciones que actualmente se están tomando en cuenta en diferentes proyectos para contrarrestar estos daños, es la implementación de azoteas naturadas, también conocidas como azoteas verdes, así como el uso de biofertilizantes tales como hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y vermicomposta. Aparte de ser estéticas, las azoteas naturadas generan muchos beneficios ambientales como lo es la producción de oxígeno por parte de las plantas, que es indispensable para los seres vivos, además de que la creación de estos espacios verdes también evita el efecto invernadero. Las azoteas naturadas son una alternativa para la alimentación humana, ya que diversas especies vegetales comestibles y medicinales se pueden cultivar; también pueden funcionar como espacios verdes para la recreación de las familias (Urbieta, 2005: 5).

El suelo es un factor importante a considerar dentro la construcción de espacios verdes, ya que en él habitan pequeños animales y microorganismos que aumentan su fertilidad, lo que favorece al crecimiento de la vegetación. La fertilidad en el suelo de cultivo es fundamental para que los agricultores obtengan un buen rendimiento en los productos de su interés. Debido a esto se trata de buscar un modelo de agricultura sostenible que sea más eficiente con los recursos del suelo y no deteriore el medio ambiente. Cuando los suelos no son lo suficiente fértil por algunas de sus propiedades biológicas, físicas y/o químicas, se pueden utilizar sustratos o fertilizantes naturales para contrarrestar esto. Para ello, se debe de tomar en cuenta el tipo de planta a cultivar y sus necesidades, ya que estos sustratos y fertilizantes sirven como soporte para la vegetación y les aportan elementos nutritivos esenciales para su desarrollo. Los sustratos pueden ser o no inertes dependiendo de su naturaleza y pueden proveen de suficiente humedad y aireación al sistema radical de las plantas (Alvarado y col., 2002: 2 – 5).

México cuenta con una gran riqueza y diversidad vegetal, sus usos y aplicaciones a nivel de campo y en la ciudad están fuertemente asociados a las propiedades curativas de estos vegetales. La medicina tradicional es reconocida como un recurso fundamental para la salud humana y está asociada al uso de plantas medicinales. Se trata de un factor de cultura e identidad de numerosos pueblos del planeta (www.medicinatradicional.unam.mx). Sin embargo, debido a la alta demanda en el uso de plantas con propiedades curativas y de uso culinario, las personas encargadas de su propagación están implementando el uso de biofertilizantes para aumentar su producción. Los biofertilizantes son productos con base en microorganismos benéficos (bacterias y hongos), que viven asociados o en simbiosis con las plantas y les ayudan a su proceso natural de nutrición, además de ser regeneradores del suelo. Estos microorganismos se encuentran de forma natural en suelos que no han sido afectados por el uso excesivo de fertilizantes químicos u otros agroquímicos, que disminuyen o eliminan dichas poblaciones.

Los biofertilizantes o fertilizantes naturales son productos que no contaminan ni degradan la capacidad productiva del suelo, por el contrario, son regeneradores de la población microbiana; asimismo, estos productos tienen una función protectora del sistema radicular de la planta contra microorganismos patógenos (Cantarero y col., 2002: 15-17). Uno de los biofertilizantes más usados y que ha dado buenos resultados son los hongos micorrízicos arbusculares (MA). El término micorriza significa asociación hongo-raíz, que se da entre el sistema radical de una planta y el micelio del hongo micorrízico arbuscular en específico. Existen varios tipos de asociación micorrízica, siendo la más popular la que generan los hongos micorrízicos arbusculares (Camargo y col., 2012: 3 – 6).

Los (HMA) son simbioses obligados, esta relación se establece en alrededor de 5000 especies de hongos del orden Glomales y cerca del 90% de las especies de plantas vasculares (Serralde y col., 2004: 31), dando origen a las micorrizas (del griego “myces”, hongo y “rhiza”, raíz). Esta asociación tiene lugar

en la rizosfera del suelo a nivel de raíz de las plantas, y es benéfica tanto para el hongo que obtiene compuestos de carbono derivados de la fotosíntesis (Sánchez, 2005), como para la planta que es colonizada por el hongo en el interior de la raíz, ya que por medio de la red externa de hifas, sirve de puente para obtener nutrimentos minerales y agua que no están al alcance del sistema radical de la planta, mejorando así su desarrollo y crecimiento (Guzmán y col., 2005: 17).

Los suelos no fértiles o poco productivos, pueden ser inoculados con HMA o con alguna composta orgánica para aumentar su fertilidad. El concepto “inoculación” se conoció indirectamente cuando los primeros agricultores transferían grandes cantidades de suelo desde las áreas en donde cultivaban leguminosas a las áreas en donde los cultivos no se desarrollaban adecuadamente. En cierta forma estaban inoculando las bacterias formadoras de nódulos de un campo a otro (Salvador y col., 2009: 7 - 8), lo que genera fertilidad en los suelos ya que estas bacterias ponen a disposición nutrimentos como potasio, fósforo y nitrógeno indispensables para el crecimiento de las plantas.

La vermicomposta es un biofertilizante, se trata de una composta orgánica que aporta minerales a las plantas, con lo que se disminuye el uso de fertilizantes químicos. Gracias a esto, los agricultores pueden obtener mayor calidad y producción en sus cultivos. Algunas de las ventajas que se obtienen con la vermicomposta son las siguientes: evita enfermedades de las plantas, regenera los suelos, y pone a mayor disposición de las plantas los elementos nutritivos que requieren para su crecimiento y vigor (potasio, fósforo y nitrógeno), (<http://www.cosechandonatural.com.mx>).

Existen estudios en donde emplean a los HMA y/o a la vermicomposta para aumentar la producción de plantas en suelos fértiles. Actualmente además del uso de biofertilizantes para aumentar la fertilidad de suelos, se está implementado el uso de sustratos para beneficiar su producción. Este trabajo tuvo como fin comparar la eficiencia de dos tipos de biofertilizantes (inóculo de MA y

vermicomposta) en el cultivo de albahacar en una mezcla de dos tipos de sustratos; 1) inorgánico (agrolita), 2) orgánico (peat moss) en situaciones adversas de humedad, viento y temperatura presentes en una azotea naturada en la FES-Z.

El capitulado de éste trabajo de investigación de ordena de la siguiente manera:

En el capítulo 1, titulado **Áreas Verdes y Azoteas Naturadas**; se define qué es un área verde en zonas urbanas, tipos de azoteas verdes, su importancia desde el punto de vista biológico, la importancia de generar estas azoteas utilizando plantas medicinales.

En el capítulo 2, titulado **Relación Suelo-Planta**; se define que es el suelo, su relación con las plantas, cuáles son los elementos presentes en el suelo, la importancia de las propiedades químicas, físicas y biológicas en el suelo así como su fertilidad y se termina haciendo una descripción de los sustratos empleados.

En el capítulo 3, titulado **Biofertilizantes**; se define qué es un biofertilizantes, los tipos que existen, características y su relación con el suelo y plantas. También se definen a los HMA como biofertilizantes, se describe que es un micorriza, tipos de micorrizas que existen, tipos de colonización micorrízica, las estructuras, funciones y beneficios de la colonización y simbiosis micorrizica en cultivos, como se multiplica los HMA, se define que es un inóculo, sus modos de aplicación en los cultivos, se concluye este capítulo definiendo que es una vermicomposta, y su relación con la fertilidad del suelo.

Posteriormente se describen los **Materiales** el **Método** empleados en este trabajo; posteriormente se desglosan los **Resultados** obtenidos para los diferentes tratamientos; se desglosa la **Discusión de Resultados** y finalmente se termina enunciando las **Conclusiones** y la **Literatura Citada** en este trabajo.

1.- ÁREAS VERDES, AZOTEAS NATURADAS Y PLANTAS MEDICINALES

1.1.- Zonas urbanas

La expansión de zonas urbanas y la consecuente pérdida de áreas verdes por el incremento de áreas edificadas, han ocasionado problemas ambientales y sociales, así como una reducción en la capacidad del medio natural de la ciudad para limpiar el ambiente de los agentes contaminantes. Paralelo a esta situación, al disminuir las áreas verdes se ha disminuido la cantidad de absorción de rayos solares por la vegetación, ocurriendo un incremento en la temperatura y en la producción de CO₂.

Las ciudades tienen un ecosistema urbano que las caracteriza, su expansión daña directamente a la ecología. La construcción de edificios, fábricas y casas, tienen efectos ecológicamente negativos ya que se afecta el hábitat de la fauna y flora que utilizan estas áreas para vivir (Breuste y col., 1998: 4-5).

Para contrarrestar el problema de la reducción de espacios verdes en zonas urbanas, la creación de azoteas naturadas ha sido fundamental; consiste en sembrar plantas sobre la superficie de la azotea de algún edificio o casa. También se pueden utilizar macetas en donde se cultiven hortalizas, flores de ornato, plantas medicinales e inclusive árboles de tamaño pequeño; esto permite ir transformando espacios grises en espacios vivos y armónicos, además de utilizar los productos que se cosechen para la alimentación y salud humana (Diego, 2008: 12-13).

Una azotea naturada se puede establecer en el techo de algún edificio o casa cubriéndolo parcial o totalmente de vegetación, ya sea sobre su superficie o sobre maceta; en ambos casos con un medio de cultivo apropiado para el desarrollo de las plantas. Las azoteas naturadas posibilitan el aprovechamiento de

la “tercera dimensión”, esto es, de los espacios verticales de los edificios tales como: muros, paredes, bardas, techos, y terrazas. Se convierten en un refugio para la vida humana, flora y fauna, también ayudan a producir oxígeno y a regular la temperatura interior de las casas, manteniéndolas frescas en verano y bloqueando el frío en invierno. Además de que ayudan a contrarrestar el daño ambiental causado por la disminución de áreas verdes y el aumento de zonas urbanas.

Algunos beneficios que se generan con la implementación de azoteas naturadas son: Producen oxígeno, permiten el cultivo de hortalizas, flores y plantas medicinales, convirtiéndose en un espacio productivo. En las azoteas naturadas las personas pueden convivir con la naturaleza, estas también sirven de refugio para la vida humana, flora, fauna y dan la posibilidad de aprovechar la tercera dimensión de las construcciones en zonas urbanas; muros, paredes, bardas, techos y terrazas (Urbietta, 2005: 4).

1.2.- Historia y actualidad de las azoteas naturadas

La idea de la naturación urbana viene de siglos atrás, aproximadamente dos mil seiscientos años A.C., los egipcios solían integrar patios y huertos sobre sus construcciones dando una visión más paisajista a sus ciudades. El ejemplo más representativo son los jardines colgantes de Babilonia del siglo, VI A.C. (Briz, 1999: 13).

En países europeos se ha perfeccionado la implementación de azoteas naturadas sobre edificios y casas. En esos países a esta práctica se le da el nombre de “naturación de áreas edáficas” o “naturación de azoteas”. Se trata de proyectos que benefician al medio ambiente y que en México se están poniendo en práctica (SMA, 2004).

Existen dos tipos de azoteas naturadas, la directa y la indirecta. La azotea naturada directa consiste en un sistema compuesto por una membrana antiraíces

que se extiende en la superficie de la azotea junto con un sistema de drenado, sobre los cuales se pone una capa de composta que aporte los nutrimentos que requiere la vegetación. En cualquier tipo de techo se puede instalar una azotea verde, siempre y cuando pueda soportar una carga de aproximadamente 110 kilos por cada metro cuadrado.

En la azotea naturada indirecta se utilizan recipientes como charolas, llantas u otros materiales de rehúso, acondicionados como macetas para permitir un buen drenado del agua que se le proporcione a las plantas, y que puedan resistir el peso del sustrato para el cultivo de elección (Urbieto, 2005:4-5).

En México existen proyectos de implementación de azoteas naturadas sobre todo en hospitales, con el fin de ayudar a que los pacientes tengan contacto visual con la naturaleza y se acelere su tiempo de recuperación al respirar aire puro y al proporcionarles un ambiente para relajarse. Los trabajadores que ahí laboran pueden disfrutar también al convivir en estos espacios (Díaz, 2010:1-2).

En las ciudades, las personas ya también aprovechan la tercera dimensión de sus hogares para cultivar sus propias hortalizas, volviendo el techo común de su casa en un área natural, con lo que también ayudan a contrarrestar el daño causado al medio ambiente debido a la contaminación de fábricas, automóviles y la masiva construcción de edificios (Sanchez y col., 2008: 2).

1.3.- Plantas medicinales y farmacias vivientes

En México, la herbolaria medicinal ha ido disminuyendo sus prácticas, debido a una drástica baja en la riqueza florística provocada por el uso desmedido de este recurso natural por parte de empresarios nacionales y extranjeros. La Medicina Tradicional Mexicana es de gran importancia ya que ofrece opciones viables y eficaces en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades físicas, mentales y espirituales. Actualmente el aprovechamiento sustentable de los recursos vegetales medicinales se está dando bajo el concepto de "farmacia

viviente”, donde el respeto por las plantas es la base para una convivencia armónica con la naturaleza y para la conservación y recuperación de la salud humana. Establecer farmacias vivientes en hogares (azoteas), escuelas, parques y jardines de zonas rurales y urbanas, puede beneficiar la armonía entre las personas, acercarlos a la naturaleza y al mismo tiempo abastecerlos de una alternativa médica 100% natural y eficaz (Mendoza, 2009: 1-3).

Los vegetales que afectan la salud humana ya sea por ingestión absorción o contacto, así como por sus efectos, se clasifican en: 1) medicinales, 2) aromáticas, 3) venenosas, 4) narcóticas y 5) como condimento en los alimentos. Las plantas medicinales son especies vegetales cuya aplicación se deriva de un resultado previo, que corrige una patología presente en el ser humano. La milenaria experiencia sobre el uso de las plantas medicinales enseña que su efectividad, no solo depende de sus principios activos, sino también de su preparación y posibles combinaciones (Parra y col., 2012: 3-4).

El origen de las plantas medicinales ha formado parte importante de la historia y de la cultura de los pueblos indígenas. Sus usos y aplicaciones para el remedio de enfermedades, constituye un conocimiento que se transmite en forma oral de generación en generación. Algunas de las ventajas que se obtiene al cultivarlas en los traspatios son: 1) Se conserva la variedad de estas plantas con propiedades medicinales en México, 2) Se vuelven accesibles para su recolección y aplicación en tratamientos contra algunas patologías según sea el caso, 3) Se reducen los costos de adquisición de estas plantas para las personas y 4) El uso de plantas medicinales puede reducir algunos efectos secundario causados por algunos medicamentos con componentes químicos.

Antes de la llegada de los conquistadores existía en México una gran riqueza de medicina tradicional practicada por muchos grupos indígenas, que eran conocidos como “médicos verdaderos” y que tenían un amplio conocimiento sobre los vegetales y hierbas medicinales, así como también de la anatomía del cuerpo

humano. Lo que les permitía curar con certeza muchas de las enfermedades que se presentaban. Con la conquista española, estas prácticas fueron desapareciendo, debido a la creación de farmacias industriales y sus formas de curación como por ejemplo: el uso de la jeringa metálica, además de la incorporación de otras plantas para la obtención de sus aceites (la manzanilla, el romero, la sábila, el albahacar) hoy en día muy utilizadas por los pueblos indígenas (Cosme, 2008: 24).

El uso de plantas medicinales se debe hacer con responsabilidad, siguiendo las indicaciones correctamente, ya que al igual que los medicamentos pueden ser dañinas si se toman en dosis no recomendadas. Actualmente existen personas especializadas en la herbolaria que se dedican al estudio y uso de los vegetales con propiedades curativas (Narváez, y col., 2004: 2). El manejo terapéutico de las hierbas o plantas medicinales exige una cuidadosa administración y una relación estrecha entre el paciente y el formulador. Algunas maneras en que se aprovechan los principios activos de los vegetales son:

Tasina: Es la forma más segura y natural de adquirir los principios activos de las plantas, para su preparación se puede tomar como elemento principal la parte foliar de la planta, semillas blandas, flores, frutos, tallos pequeños y como disolvente agua caliente o fría. Algunas maneras de obtenerlos son por medio de infusiones o tés, decocciones o coccimiento y maceraciones.

Jugos: Este método permite aprovechar al máximo los principios activos de las plantas. Se obtienen a partir de la fruta del vegetal o de la parte de la planta que se necesite.

Polvos: Por este medio se aprovechan al máximo los principios activos de la planta y la dosificación es más exacta. La planta se tiene que dejar en desecación y luego triturar. Los polvos se obtienen de las hojas, corteza, frutos y de las raíces.

Sustancias grasas: Son preparados con contenido aceitoso o acuoso, su aplicación se ejerce sobre la superficie de la piel. Su función balsámica o calmante protege la zona en donde se aplique. Se puede obtener jabones, cremas, pomadas y ungüentos. Se usan las hojas y la parte del tallo partidos en pequeños trozos combinados con otros aceites como aceite de oliva o vaselina.

Alcoholes y aceites: En este método se emplea alcohol o aceites vegetales o minerales en el que se disuelven las plantas. Estas preparaciones se logran a partir de las flores, tallo, fruto y hojas de la planta (Urbieta, 2005: 11-16).

1.4.- Descripción biológica y clasificación botánica del albahacar

El albahacar (*Ocimum basilicum L.*) tiene una amplia distribución geográfica en las regiones de clima tropical y subtropical, es originaria de África, Asia e Islas del Pacífico. Este género está representado por más de 150 especies. Es una planta herbácea anual, cuyo tallo cuadrado alcanza una altura de poco más de medio metro. De hojas anchas, con formas diferentes según la especie, poseen color verde, con un tono mucho más vivo en la parte superior. Su follaje es muy aromático. Sus pequeñas flores, que salen agrupadas, de color blanco o lavanda, hacen su aparición en verano. Sus frutos son como pequeñas nueces (Colivet y col., 2011: 314).



Imagen 1.- Planta medicinal con que se trabajó (albahacar).

- *Reino: Plantae*
- *Clase: Magnoliopsida*
- *Orden: Lamiales*
- *Familia: Labiatae*
- *Género: Ocimum*
- *Nombre científico: Ocimum basilicum L.*

(www.medicinatradicional.unam.mx)

1.5.- Usos del albahacar

Ocimum basilicum es una planta con un gran valor para la industria alimentaria y farmacéutica, tiene acción farmacológica y se utiliza como antiinflamatoria, antiséptica, antiespasmódica y analgésica. Es utilizada en la medicina tradicional para tratar afecciones, respiratorias, gastrointestinales y reumatismo. Tópicamente se usa en baños para tratar afecciones de la piel y se ha comprobado que tiene actividad antimicótica *in vitro* (Colivet y col., 2011: 314). Algunas personas la utilizan como analgésico, colocando un pedazo de hoja en el oído por dolor, o machacado en las muelas.

El albahacar tiene usos culinarios, por su aroma y sabor se le puede agregar a las pastas, sopas y aderezos, es rica en vitaminas A y C. Al ingerirla en los alimentos ayuda a la buena digestión, se ingiere en la forma de té y funciona como un antiespasmódico. También su olor funciona como repelente de insectos (moscas, zancudos), además de ser muy vistosa en jardines (<http://www.todamedicinaalternativa.com>).

En México, la colecta de plantas silvestres con fines de estudios científicos, ha perjudicado la riqueza que anteriormente se tenía de éstas, por lo cual es de gran importancia crear programas para su recuperación. Existen pocos estudios que involucran el uso de HMA en la propagación de plantas medicinales, siendo estos de gran importancia, ya que la inoculación con HMA beneficia el desarrollo de las plantas a nivel de raíz, hojas y tallo que son las partes más usadas para aprovechar sus propiedades curativas (Sharma y col., 2008: 395-396).

2.- SUELO

2.1.- Relación suelo – plantas

El suelo, además de funcionar como soporte de las plantas, también proporciona un medio adecuado para la germinación de semillas y el desarrollo de raíces, gracias a la dinámica de los microorganismos que ahí existen y a los elementos nutritivos que contiene: potasio (K), fósforo (P) y nitrógeno (N), entre otros. En el suelo existen poros comprendidos entre las partículas sólidas, estos espacios son ocupados por el agua; también permiten que el aire circule (Teuscher y col., 1985: 88). Por lo que el suelo también sirve como almacén o depósito de agua. Esta agua se absorbe por las raíces de las plantas, por lo que debe ser repuesta periódicamente. La capacidad de los suelos para almacenar o retener el agua es un factor que determina la frecuencia y cantidad de agua de riego que se debe suministrar a los cultivos, tomando en cuenta el tipo de plantas que se cultiven. Es importante tomar en cuenta que la cantidad de agua disponible para las plantas en el medio de cultivo, no depende de la cantidad presente, sino de la capacidad de las plantas para absorberla (Fuentes, 1999: 21, 35, 37).

La temperatura es un factor importante para que las plantas puedan aprovechar toda el agua contenida en el suelo, ya que si es muy elevada se evapora del suelo y el sistema radicular de las plantas no puede absorber el agua que necesita y se marchitan irreversiblemente (Fuentes, 1999: 45). Las variaciones de humedad en el suelo, las heladas y las altas temperaturas pueden tener efectos negativos sobre los cultivos, dependiendo de los requerimientos de las plantas que se estén cultivando.

La fertilidad de los suelos se define como la capacidad que tienen estos para propiciar en su entorno natural la producción vegetal. La calidad del suelo depende de una serie de características, entre las cuales se puede mencionar las siguientes: 1) Potencia; esta característica permite que las raíces alcancen el

crecimiento necesario y puedan captar los nutrimentos que requieren las plantas para su desarrollo, 2) La textura y estructura; son esenciales para el crecimiento de las raíces, la circulación del agua, almacenamiento y aireación, 3) Contenido y disponibilidad de las sustancias nutritivas; su existencia en los medios de cultivo es de vital importancia ya que son absorbidas por las plantas a través de las raíces, beneficiando su desarrollo, 4) Contenido y composición de materia orgánica; contribuye a la mejora de la estructura del suelo y sirve de alimento para los organismos vivos del suelo y 5) Contenido de sustancias nocivas; su presencia en los medios de cultivo afecta negativamente la fertilidad de estos al evitar el crecimiento de la vegetación (Fink, 1985: 9-10).

Los elementos nutritivos que hacen fértil a cualquier suelo o sustrato para que las plantas tengan un buen desarrollo, se dividen en macroelementos y microelementos. Estos elementos nutritivos son captados por las plantas a través de su sistema radicular y son indispensables para su buen desarrollo (Roca, 2007) Se dividen de la siguiente manera:

Macroelementos (Elementos principales): K, P, N, Ca, Mg, S. Están disponibles en mayor cantidad para las plantas.

Microelementos: Fe, Mn, Zn, Cu, Cl, B, Mo. Están disponibles en menor cantidad para las plantas.

Las funciones que desempeñan algunos de estos elementos nutritivos son:

Potasio (K): La deficiencia de este macroelemento reduce el rendimiento de los cultivos y se asocia a una disminución en la tolerancia de las plantas para resistir enfermedades (moho y raíz podrida entre otros).

Fósforo (P): Este elemento se asocia con la pronta madurez de los cultivos, y su carencia se refleja en una marcada reducción del crecimiento de las plantas.

Se le considera esencial en la formación de semilla y se encuentra en grandes cantidades en semillas y frutos de las plantas. Un buen crecimiento a nivel de raíz está ligado al alto contenido de fósforo.

Nitrógeno (N): Teniendo un adecuado contenido de nitrógeno, las plantas crecen vigorosamente con una intensa coloración verde, si hay un bajo contenido de este macroelemento puede retrasar la madurez y el crecimiento de las plantas.

Cada uno de los otros micro y macroelementos minerales no deja de ser importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas, y cuando están presentes en cantidades insuficientes, se ve reducido el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Tisdale y col., 1966: 78-94).

Cuando el suelo de cultivo no es suficientemente fértil, o sus características biológicas, físicas y químicas no son las adecuadas para el crecimiento de la vegetación, se pueden emplear biofertilizantes para contrarrestar tal situación.

2.2.- Sustratos

La mayoría de sustratos de cultivo a diferencia del suelo no poseen dinámica, solo sirven como soporte para las plantas, por lo que requieren el aporte de nutrimentos y riego. Los tipos de sustratos distintos al suelo como medio de cultivo son de dos tipos:

(http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm)

- 1) Sustratos sólidos: Por ejemplo, son sustratos sólidos los suelos naturales, las tierras de jardín y los sustratos de origen natural entre otros que sirve como soporte para las plantas y puede o no intervenir en el proceso de la nutrición mineral de las mismas.

2) **Sustratos líquidos:** Son sustratos que provienen de soluciones líquidas y se utilizan en ciertos cultivos, como es el caso de la hidroponía. Por medio de estas soluciones acuosas las plantas obtienen su nutrición mineral.

Según la interacción con las plantas, existen dos tipos de sustratos:

1) **Sustratos químicamente inertes (inorgánicos):** Estos sustratos actúan como soporte de las plantas, sin intervenir en el proceso de absorción y fijación de los nutrimentos, por lo que estos deben ser suministrados mediante alguna solución fertilizante.

2) **Sustratos químicamente activos (orgánicos):** Este tipo de sustratos sirven de soporte a las plantas y a su vez actúan como depósito de reserva de nutrimentos aportados mediante la fertilización, almacenándolos y cediéndolos según lo requieran las plantas.

La diferencia entre ambos sustratos viene determinada por sus propiedades físicas, químicas y a la capacidad que poseen de almacenar nutrimentos, lo que favorece el desarrollo y vigor de las plantas (<http://www.rregar.com>).

2.3.- Propiedades biológicas, físicas y químicas de los sustratos

El mejor sustrato como medio de cultivo depende de factores tales como el tipo de material vegetal con el que se trabaje (semillas, plantas, estacas, entre otros); la especie; las condiciones ambientales; la cantidad de agua proporcionada y la fertilización. Para obtener buenos resultados en la germinación, enraizamiento y crecimiento de las plantas, se requiere de ciertas propiedades biológicas, físicas y químicas en el medio de cultivo, que ayuden a que las plantas tengan disponibles los nutrimentos que necesitan para crecer. Algunas de estas propiedades son:

a) Propiedades biológicas; 1) No debe existir una alta actividad microbiana, ya que esto puede degradar los sustratos y crear competencia entre los microorganismos y las raíces de las plantas para obtener oxígeno y nutrientes y 2) Las condiciones ambientales extremas en las que se encuentre el sustrato pueden provocar deficiencia de oxígeno y nitrógeno así como la contracción del sustrato y evitar que las plantas se desarrollen.

b) Propiedades físicas de los sustratos; 1) Que posean elevada capacidad de retención de agua y una alta porosidad para el buen suministro de aire, 2) Presentar buen tamaño de las partículas para que se den las condiciones anteriores y 3) Ser de estructura estable para que impida la contracción.

c) Propiedades químicas de los sustratos; 1) Deben de tener baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico para que la vegetación pueda asimilar los nutrimentos según lo requiera y 2) Deben de ser estables para que se puedan desarrollar las plantas y sus componentes químicos no dañen a la vegetación (Despigares, 2006:19-27).

2.4.- Sustratos y su naturaleza

El lugar en donde se realice el cultivo, debe de favorecer las exigencias de las plantas. Después de elegir este lugar (azotea naturada, vivero, invernadero, campo), se debe de seleccionar el tipo de sustrato tomando en cuenta lo anteriormente descrito: Su naturaleza, propiedades biológicas, físicas, químicas y su degradación.

En el área biológica, los sustratos más utilizados para el cultivo de plantas en macetas son:

Turba: Es de origen orgánico. Se emplea como sustrato en la jardinería y viveros; debido a su acción como fertilizante, también se usa en la restauración de suelos.

Posee gran capacidad para absorber agua y provee de buena aireación a todo tipo de cultivo (Guerrero y col., 1990: 3-4).

Vermiculita: Es un sustrato de tipo arcilloso, ideal para proporcionar una buena aireación e hidratación a las raíces de las plantas. Es un material semi-artificial de origen mineral natural (Minnesota Department of Health, 2005: 1).

Fibra de coco: Este sustrato tiene un origen orgánico, se obtiene a partir de la corteza de coco. Tiene como función ayudar a las plantas en su desarrollo, lo que lo hace idóneo para la mayoría de cultivos (Grupo Projar Coir, 2011:4-6).

Compost: Este sustrato es inodoro, estable y parecido al humus, de origen orgánico. Es el resultado del proceso del compostaje de residuos biodegradables. Favorece al crecimiento de las plantas ya que su interacción microbiana pone a mayor disposición los nutrimentos que estas requieren (Wallström, 2000: 16).

Agrolita (perlita): Es un silicato de aluminio de origen volcánico, se expande hasta 20 veces su volumen inicial, puede ser de coloración blanca a grisácea. De todos los materiales utilizados para el cultivo sin suelo, la agrolita expandida es el más importante de todos, se trata de un sustrato semi-artificial (inorgánico) y químicamente inerte, de origen volcánico. Presenta la ventaja de poseer una buena capacidad de retención de humedad (aproximadamente el 63%, requerida por las gramíneas en general), además de proporcionar una buena aireación para que las plántulas puedan aumentar su número de raíces, y de evitar que se selle la superficie del sustrato debido al crecimiento de algas y musgo en las etapas iniciales del desarrollo de las plantas vasculares (Bonachela y col, 2008: 1-7).

Peat Moss: El *Peat Moss* es un sustrato de origen orgánico, posee características similares a la fibra de coco. Tiene excelente capacidad de retención de humedad del 48%, adecuado para lograr la germinación y un buen desarrollo de las

gramíneas (<http://www.hortalizas.com/articulo/30762/en-busca-del-sustrato-ideal>; 2012).

Tezontle o roca volcánica: Es un sustrato muy utilizado para los cultivos en macetas. Es un material rojizo, de origen volcánico, es ligero y con una apariencia esponjosa. Posee partículas muy pequeñas, las cuales tienen que ser eliminadas mediante lavados para evitar que se encharque el cultivo (Espinosa y col., 2007: 2). Los mejores tamaños se encuentran entre 5 y 15 mm, con lo cual la capacidad de retención de agua es del 49%, ideal para las gramíneas.

3.- BIOFERTILIZANTES

3.1.- Agroquímicos y biofertilizantes

Para aumentar el rendimiento en cualquier sustrato de, los agricultores utilizan una serie de insumos externos, tales como fertilizantes químicos y pesticidas para aumentar la producción y combatir algunos microorganismos patógenos respectivamente. Estos agroquímicos aplicados en forma incorrecta y excesiva pueden ocasionar la contaminación de los suelos, volverlos infértiles y con esto dejar de producir vegetación. Como respuesta a estos problemas, en la actualidad se investigan nuevas alternativas biológicas para aumentar la fertilidad del suelo y garantizar volúmenes de producción aceptables en cultivos de interés agrícola, a través de estrategias ecológicas. Entre las alternativas propuestas se incluye el uso de biofertilizantes basados en interacciones biológicas benéficas y procesos naturales (Rojas, 2007: 619).

Los biofertilizantes o fertilizantes naturales contienen principalmente potasio, fósforo y nitrógeno, que a través de microorganismos presentes en el suelo, se vuelven asimilables para las plantas lo cual favorece su desarrollo y rendimiento (Salvador y col., 2009: 7).

El uso de biofertilizantes en cultivos, ayuda a que las plantas soporten situaciones climatológicas adversas como la falta de agua, cambios bruscos de la temperatura, y también les proporciona o facilita la captación de nutrimentos que requieren para su crecimiento (Rojas, 2007: 699-700).

Los biofertilizantes más usados, actualmente son; compostas, abonos verdes y abonos líquidos. Su aplicación es sencilla, vuelven fértil a los medios de cultivo, no se daña a la salud humana al no contener químicos, las plantas se desarrollan vigorosamente y son de costo más accesibles que el de los fertilizantes químicos (Tellez, 2001: 2-3).

3.2.- Vermicomposta

Casi todos los nutrimentos que las plantas requieren, los toman del suelo por medio de las raíces. Las compostas se obtienen de manera natural por descomposición aeróbica de residuos orgánicos como restos vegetales y animales. Una de las formas de producir composta, es por medio del uso de excreciones de la lombriz de tierra, ya que esta se alimenta de residuos orgánicos que posteriormente los desecha en forma de un producto rico en nutrimentos y microbios, que se utilizan para fertilizar o enriquecer los suelos, con esto se evita el uso de agroquímicos y favorece a la agricultura orgánica sustentable (Alenga, 2000: 66-71). La vermicomposta es un tipo de composta que presenta gran actividad microbiana que favorece la fertilidad y regeneración de suelos. Esta se aplica directamente sobre el lugar en que se desee mejorar el rendimiento de los cultivos (SISACOP, 2007: 5).

La vermicomposta es un fertilizante bio-orgánico resultado de la digestión de sustancias orgánicas que son descompuestas por la lombriz de tierra. Tiene un aspecto terroso y una estructura granular que retiene la humedad, es suave, ligero e inodoro. Posee gran actividad de microorganismos que ponen a disposición de las plantas micro y macronutrientes que requieren para crecer, esto también aumenta el porcentaje de germinación de las semillas, la velocidad en el crecimiento y en la mejoría del estado vegetativo de las plantas. La presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo garantiza una correcta y rápida asimilación de estos elementos nutritivos. Se considera que el sustrato en donde se encuentra la lombriz tiene las mismas propiedades que los lixiviados (humus) (Uribe y col., 2009: 92-92).

La vermicomposta es un fertilizante natural que no contamina el medio ambiente y tiene mayores beneficios sobre el crecimiento de los cultivos con respecto a los fertilizantes químicos, debido a su aporte de elementos nutritivos y minerales. También propicia y acelera la germinación de las semillas, elimina el shock del trasplante y al estimular el crecimiento de la planta acorta los tiempos de

producción. Su aporte de elementos nutritivos y minerales es rico, balanceado y completo. Tiene buen contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Su pH debe fluctuar entre 6.5 y 8.0 (Gabriel y col., 2011:24-39).

La vermicomposta tiene una apariencia y olor similar a la tierra negra y fresca que se utiliza en forma comercial. Es limpia, suave al tacto y su gran contenido de microorganismos evita su fermentación o putrefacción. Las aplicaciones más importantes de la vermicomposta se encuentran en la germinación, preparación de suelos y producción de hortalizas y plantas ornamentales.

En general a nivel de suelo, la vermicomposta ayuda a obtener un mayor rendimiento en cualquier medio de cultivo, mejora el desarrollo de las plantas, favorece la formación de microorganismos benéficos del suelo como las micorrizas, brinda grandes ventajas al acelerar el desarrollo radical de las plantas volviéndolas más vigorosas y resistentes a las plagas y agentes patógenos (Tríptico: "Vermicompost", Lombricultura Mexicana S.A. de C.V., Granja Lombrícola. México), permite que los nutrimentos sean asimilados por las plantas, su pH neutro la hace sumamente confiable para ser aplicado en plantas delicadas, protege al suelo de la erosión y aumenta la aireación de los suelos. Es un biofertilizante que aporta gran cantidad de elementos nutritivos que son liberados lentamente según los requiera el cultivo, los cuales son captados por las plantas por medio su sistema radicular. La vermicomposta se aplica directamente sobre el medio de cultivo sin importar cuál sea el lugar en donde se esté llevando este y se mezclan muy bien. Es idónea para cualquier cultivo de plantas, ya que ayuda a mejorar la fijación de las raíces, así como a un mejor desarrollo de las plantas, además de acelerar el proceso de germinación debido a los nutrimentos que aporta (Pedrero y col., 2011: 5).

3.3.- Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)

Actualmente se está implementando el uso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) como biofertilizantes para conseguir mayor rendimiento en los cultivos sin dañar el medio ambiente. Se trata de asociaciones mutualistas altamente evolucionadas que presentan las raíces de las plantas y algunos hongos del suelo. Esta asociación micorrízica arbuscular está constituida por numerosos hongos (Basidiomycetes, Ascomycetes, Glomeromycetes y Zigomycetes) y cerca del 90 % de las plantas vasculares (Serralde, O.; Ramírez, G.; 2004: 31-40). En esta asociación micorrízica interactúan tres factores: 1) la planta hospedera, 2) el hongo mutualista 3) el suelo o sustrato. Los HMA juegan un papel importante en las plantas, ya que inciden favorablemente en su desarrollo al actuar a nivel de raíz y con esto las plantas pueden captar mejor los nutrimentos que requieren (Rojas, 2007: 619).

Los hongos micorrízicos arbusculares se caracterizan por presentar un crecimiento intra e intercelular en la corteza de la raíz y por formar las siguientes estructuras:

Arbúsculos: Son hifas ramificadas que se forman en el córtex de la raíz a los 2 días de haber sido penetrada, presentan periodos de vida cortos. Es el sitio de mayor interacción entre el hongo y el hospedero.

Vesículas: Son estructuras globosas que se forman en la punta de las hifas, almacenan lípidos y citoplasma (Los géneros *Gigaspora* y *Scutellospora* no producen vesículas).

Esporas: Se forman como hinchazón sobre una o más hifas sustentoras en el suelo o en las raíces la planta a la que se asocien. Pueden funcionar como propágulos.

Hifas: Cuando se ramifican varias, se le llama **micelio**, las más gruesas tienen como función la conducción y las ramificaciones más finas absorben los nutrimentos del suelo (Sánchez, 2005: 45, 49-51).

Las hifas externas pueden ser de tres tipos según su morfología y las funciones que llevan a cabo: 1) Hifas infectivas, son las que inician los puntos de Colonización en una o varias raíces, 2) Hifas absorbentes son las que se encargan de explorar el suelo para la extracción de nutrimentos y 3) Hifas fértiles son las que llevan las esporas (Silvia, 2009: 125 – 126).

El volumen de suelo sobre el que puede actuar un sistema radical micorrizado de las plantas es mucho mayor que si no lo está. Una raíz micorrizada puede ampliar hasta 100 veces más su área de exploración en el suelo para absorber los elementos nutritivos que ahí se encuentren, esto es por las expansiones del micelio del hongo. Se recomienda el uso de plantas micorrizadas para reforestar medios de cultivo degradados, ya que tienen mayor resistencia al trasplante y las estructuras de las MA (micelos, arbusculos, hifas) favorece a que las plantas tengan más disponibles los minerales (Fuentes, 1999: 96-98).

En la bibliografía, actualmente se reportan siete diferentes tipos de asociaciones micorrízicas; 1) Las Endomicorrizas, 2) Las Ectomicorrizas, 3) La Asociación Micorrízica Arbutoide, 4) La Asociación Micorrízica Monotropide, 5) Las Micorrizas de las Orquídeas y 6) Las Micorrizas Ericoides. En todas estas se involucran diferentes tipos de hongos y plantas hospederas, formando micorrizas con distintos diseños morfológicos. En general se dividen en dos grandes grupos; las Ectomicorrizas y las Endomicorrizas, en esta última se encuentra las Micorrizas Arbusculares (Sánchez, 2005: 13-27, 46-48).

Los HMA colonizan briotróficamente la corteza de la raíz, sin causar daño a la planta, llegando a ser, fisiológica y morfológicamente, parte de ella. Las micorrizas también desarrollan un micelio externo que, a modo de sistema radical

complementario y altamente efectivo, coloniza el suelo que rodea a la raíz y ayuda a la planta a adquirir nutrimentos y agua. De hecho, esta simbiosis se considera la parte metabólicamente más activa de los órganos de absorción de nutrientes de las plantas. A su vez, la planta hospedera proporciona al hongo simbionte (heterótrofo), compuestos carbonados procedentes de la fotosíntesis, así como un nicho ecológico protegido. Se sabe que los HMA juegan un papel clave en el desarrollo de las plantas y en el ciclado de nutrimentos en el ecosistema. Se les encuentra prácticamente en todos los suelos y climas de la tierra y sólo en unas pocas familias botánicas hay especies que no forman HMA. Los ejemplos más significativos de familias con especies no micorrizables son las crucíferas, quenopodiáceas y ciperáceas (Krishna, 2005: 1-45).

Los HMA son simbiontes obligados, incapaces de crecer y reproducirse por separado de la planta hospedera, esta restricción se debe a que se asocian a un grupo grande de plantas hospederas, teniendo oportunidad de dispersarse hacia nuevos individuos. En la simbiosis de HMA se involucra a los hongos que pertenecen al grupo de los Glomales y las raíces de un amplio y diverso grupo de plantas vasculares. Esta Simbiosis se forma cuando la raíz del hospedero y el hongo son compatibles en condiciones favorables dentro del suelo. La simbiosis se inicia cuando germina una espora o por fragmentos de raíz con hifas y en muchos casos se tiene una red de hifas que preexistieron en el suelo (hifas extraradicales o externas) siendo las responsables de la adquisición de nutrimentos, de la propagación, de la asociación con la planta y de la formación de esporas, entre otras. Cuando una planta en su hábitat natural está colonizada por una sola especie de HMA se le llama colonización “monoespecífica o monocepa natural” y cuando está colonizada por dos o más especies se le llama “multicepa natural” (Sánchez, 2005; 45-46).

El crecimiento del hongo tiene un momento asimbiótico que se da entre una o dos semanas hasta que hace contacto con la raíz del hospedero, volviéndose simbiótico y formando una estructura llamada apresorio por donde penetran las

hifas a las células corticales de la raíz, para formar los arbusculos e incrementar el área de contacto entre la raíz de la planta y el hongo.

3.4.- Simbiosis micorrízica en cultivos e inoculación con HMA

La simbiosis que forman los HMA con la mayoría de las plantas vasculares, les ayuda a incrementar el suministro de nutrimentos de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo (calcio, cobre, magnesio, manganeso y zinc entre otros) importantes para que las plantas se desarrollen. Esto se debe a que las raíces micorrizadas tienen un área de exploración mayor que cuando no lo están. Esta asociación evita la acción de microorganismos patógenos en la raíz, dañinos para las plantas, además ayuda a las plantas a soportar condiciones de estrés; como disminución de agua y temperaturas extremas, que influyen en su crecimiento (Silvia, 2009: 123 -125).

La aplicación de HMA se recomienda en suelos o sustratos en donde la colonización micorrízica sea baja o no exista, para evitar la competencia entre ellos y a su vez que esto provoque un bajo rendimiento en el desarrollo de los cultivos. Los HMA se aplican mediante un inóculo de los mismos, este inóculo se puede aplicar en cualquier época del año; sobre la raíz de las plantas que se deseen colonizar, ya que es donde se da la asociación de los HMA para formar las micorrizas, también directamente sobre el sustrato para colonizarlo de esporas, o bien al momento de sembrar las semillas lo cual acelera el proceso de germinación. Entre más rápido y en mayor cantidad estén colonizadas las plantas, se tendrán mejores beneficios de la simbiosis de HMA (Cuenca y col., 2007).

Según Vázquez (2007), como inoculante se entiende cualquier producto biológico que ayuda a la introducción de microorganismos en el sistema radicular de las plantas vasculares y que con diversa actividad fisiológica favorecen a la adquisición de nutrimentos que estas requieren para su crecimiento y desarrollo. El inoculante puede ser líquido o sólido, en los que se utilizan acarreadores como la turba, el carbón activado, aceites, alginatos y otros soportes orgánicos e

inorgánicos. En el caso de los HMA el inoculante puede ser suelo que contenga esporas, hifas y raíces colonizadas o también puede ser algún sistema de raíz sano que contenga hifas y esporas de HMA (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 1999).

La inoculación con HMA incrementa la absorción de nutrimentos como; sodio, fósforo, potasio, calcio, cobre, magnesio, manganeso y zinc por parte de las plantas (debido al incremento del área de exploración de su sistema radical), a través de la extensión de sus hifas en el suelo. Con esto se logra mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas bajo situaciones climatológicas adversas como temperatura y humedad (Pedraza y col., 2001: 150).

Para la multiplicación de HMA es indispensable el uso de plantas trampa, las cuales crean esta asociación simbiótica micorrízica arbuscular en su sistema radical, tal es el caso de las gramíneas, las cuales presentan raíces fibrosas que son susceptibles a ser colonizadas por los HMA. Además de que también crecen rápidamente y desarrollan abundante raíz en donde se da la colonización MA (Dávila y col., 2009: 51).

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la inoculación con micorriza arbuscular y vermicomposta para mejorar la eficiencia en el rendimiento total del albahacar (*Ocimum basilicum L.*) cultivada en una azotea naturada en la FES-Zaragoza.

Objetivos Particulares

- Obtener un inóculo de MA en una azotea naturada de la FES-Zaragoza mediante el uso de una planta trampa, el cual se aplicará en el cultivo de albahacar (*Ocimum basilicum L.*).
- Realizar el conteo de esporas y colonización micorrízica arbuscular de la planta trampa; maíz (*Zea mays*).
- Medir las características agronómicas y con base en estas, calcular el rendimiento del albahacar (*Ocimum basilicum L.*) cultivada en una azotea naturada de la FES-Zaragoza, en particular la altura, número de hojas, diámetro del tallo, peso y longitud de raíces en los diferentes tratamientos con HMA y vermicomposta.
- Determinar el porcentaje de colonización micorrízica arbuscular en los diferentes tratamientos del albahacar (*Ocimum basilicum L.*).

JUSTIFICACIÓN

Es de gran importancia reducir el uso de agroquímicos en cultivos de plantas tanto en el campo como en zonas urbanas naturadas, por lo cual una alternativa es sustituirlos por biofertilizantes; aunado a esto, la construcción de zonas naturadas en zonas urbanas puede contrarrestar el daño causado al ambiente debido a la pérdida de áreas verdes. Con la realización en este trabajo que consistió en evaluar en qué proporción beneficia el uso de MA y vermicomposta al desarrollo y rendimiento del albahacar (*Ocimum basilicum L.*) cultivada en una azotea naturada, se da una alternativa para generar estos espacios utilizando biofertilizantes en zonas urbanas como una alternativa que es amigable con el medio ambiente y que favorece el incremento de áreas verdes en las ciudades.

HIPÓTESIS

Si se inocula un cultivo de albahacar (*Ocimum basilicum L.*) con biofertilizantes (MA y vermicomposta), entonces se mejorará el desarrollo y rendimiento de esta planta y se favorecerá su capacidad de aclimatación a condiciones ambientales adversas en una azotea naturada.

MATERIAL Y MÉTODOS

La realización de este trabajo se dividió en tres etapas: 1) gabinete, 2) campo y 3) laboratorio.

En la primera etapa se compiló, organizó, depuró y sistematizó información útil, referente a tipos de cultivos, sustratos, suelos, biofertilizantes, HMA, azoteas naturadas, plantas medicinales y energía renovable. Se consultaron libros y artículos especializados, además de buscar técnicas que fueran de ayuda en la etapa de campo y de laboratorio.

En la segunda etapa se muestreó en campo para la obtención del inóculo de HMA; en una parcela de maíz (*Zea mays*) ubicada en una zona aledaña al Parque Nacional Izta-Popo; se obtuvieron 8 muestras de suelo, aproximadamente de 20 kg cada una. El inóculo se propagó en una azotea naturada en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II (FES-Z), para su posterior uso en el cultivo de albahacar.

En la etapa de laboratorio se determinó las especies de HMA presentes en el suelo colectado en campo y en donde se cultivo el albahacar, además de determinar el porcentaje de HMA en las raíces, tanto de la planta trampa como del albahacar.

En el suelo recolectado en el Izta-Popo, Perez (2013) reporta la existencia de 3 especies de HMA asociados al suelo (*Acaulospora laevis*, *Funneliformis mosseae* y *Gigaspora margarita*). El muestreo se hizo en puntos específicos para no dañar el cultivo a una profundidad de 30-40 cm (imagen 2, a y b).



Imagen 2.- a) y b) Zona de parcela en el Izta-Popo donde se colectó el suelo colonizado con esporas de HMA.

DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA PROPAGACIÓN DEL INÓCULO DE MA

El inóculo de MA (multicepa natural) se propagó dentro de contenedores acondicionados como macetas en la azotea naturada del gimnasio de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II (FES-Z), la cual está localizada en la zona oriente de la Ciudad de México, cuenta con una superficie de 25 ha., está rodeada de unidades y edificios habitacionales, encontrándose en ellos algunos árboles dispersos y áreas verdes (que son escasas en la zona) (INEGI, 2012). Se utilizó al maíz (*Zea mays*) como planta trampa, ya que presenta raíces fibrosas y delgadas, lo que facilita la colonización micorrízica arbuscular. También se tomó en cuenta que este suelo contiene nutrimentos necesarios para el desarrollo radical del maíz. La propagación del inóculo de raíz de MA se hizo de la siguiente manera; Dentro de dos contenedores acondicionados como macetas con las siguientes características; 72 cm de largo por 40 cm de ancho y 35 cm de alto cada uno, se agregó una mezcla de tres cuartas partes la capacidad de estos contenedores con muestras del suelo recolectado, más 10 kg de tezontle (imagen 3). La siembra de la planta trampa (maíz) se realizó haciendo surcos y utilizando la técnica de “voleo” (imagen 4 y 5, a y b).



Imagen 3.- Azotea naturada donde se realizó el experimento en la FES-Z.



Imagen 4.- a) y b) Mezcla de tezontle con el suelo colectado en el Izta-Popo.



Imagen 5.- a) Siembra con surcos, b) Después de emplear la técnica de voleo en la siembra de *Zea mays*.

Los cuidados al cultivo de la planta trampa (maíz) en ambos contenedores se realizaron cada dos días durante 3 ½ meses antes de someterla a estrés hídrico, que fue cuando las plantas de maíz tuvieron aproximadamente 40 cm de altura (imagen 7. a, b, c y d). Estos cuidados consistieron en cubrir los contenedores con papel estraza para evitar la pérdida de semillas por parte de depredadores naturales e hidratar las semillas y plantas con un litro de agua captada de lluvia (imagen 6). A los dos meses de edad, antes de someterlas al estrés hídrico, se les dejó de tapar con papel estraza para evitar detener su crecimiento.



Imagen 6.- Manera en que se le proporcionó agua captada de lluvia a la planta trampa y al albahacar.



Imagen 7.- a), b), c) y d) Diferentes momentos de crecimiento de la planta trampa.

Posterior al estrés hídrico, a las plantas de maíz cosechadas, se les extrajeron las raíces (imagen 8, a, b, c y d). Algunas de estas raíces se cortaron en pequeños fragmentos de 5 cm aproximadamente, para realizarles la prueba de colonización micorrízica arbuscular mediante las técnicas de Phillips y Hayman (1970). Todas las demás raíces se cortaron en pequeños fragmentos de 1 cm para usarlas como inóculo de MA y emplearlas como fertilizante natural en otros cultivos.



Imagen 8.- a), b) y c) Cosecha de *Zea mays* para la obtención del Inóculo de raíz.

DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL CULTIVO DE ALBAHACAR

Para el cultivo de albahacar se manejó un diseño experimental que constó de 4 tratamientos (imagen 9) instalados en la azotea naturada del gimnasio ubicado en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II (FES-Z) (imagen 9):

- 1) Inóculo de MA multiceps + sustrato = MA
- 2) Inóculo de MA multiceps + vermicomposta (V) + sustrato (S) = MA + V
- 3) Testigo (T) = T
- 4) Vermicomposta = V



Imagen 9.- Acomodo de los 4 tratamientos en que se cultivó el albahacar en la azotea naturada. De frente y de izquierda a derecha; Testigo, MA+V, MA y el tratado con V de frente a los tres.

En todos los casos el sustrato contuvo una mezcla de agrolita y *peat moss* en proporción 1:1. El inóculo de HMA utilizado fue la raíz obtenida a partir de la planta trampa. Tanto la agrolita como el *peat moss* se esterilizaron previamente. Cada tratamiento se colocó en un contenedor de 7 cm de largo, 40 cm de ancho y 35 cm de alto, se manejaron 7 unidades circulares de 10 cm de profundidad en cada tratamiento (imagen 10). Se sembraron 5 semillas de albahacar en cada unidad de los cuatro tratamientos con un colchón de raíz colonizada por HMA y vermicomposta (según el tratamiento). Sólo se les regó cada dos días con 1 litro de agua captada de la lluvia.



Imagen 10.- Mezcla de los sustratos y siembra del albahacar con los biofertilizantes.

Una vez que germinaron las semillas se llevó un control de registro cada 3 días por semana (imagen 11); las variables agronómicas tomadas fueron: diámetro de tallo, número de hojas y altura de la planta, peso húmedo de la parte aérea, peso seco de la parte aérea, peso húmedo de la raíz, peso seco de la raíz, longitud de la raíz y volumen de la raíz.



Imagen 11.- Crecimiento del albahacar, dos semanas después de haber germinado las semillas y su acomodo en las 7 unidades.

A los 3 meses se realizó un muestreo destructivo; en cada tratamiento de albahacar se eligió una unidad, la que tuviera un crecimiento regular comparado con las demás unidades del mismo contenedor, esto para realizarles las pruebas de colonización micorrizica arbuscular.

Una vez que las plantas llegaron a su madurez (primera floración) se realizó la cosecha (imagen 12).



Imagen 12.- Crecimiento del albahacar, al momento de mostrar las primeras floraciones.

En la etapa de laboratorio se determinaron las propiedades físicas y químicas del suelo (tabla 1 y 2).

Parámetro	Método	Referencia
Densidad real	Método del picnómetro AS-04	NOM 021-RECNAT-2000
Densidad aparente	Método de la probeta	Gandoy, 1991
Textura	Método de Bouyoucos	NOM 021-RECNAT-2000

Tabla 1.- Propiedades físicas determinadas del suelo colectado en el Izta-Popo.

Parámetro	Método	Referencia
pH (real)	AS-02	NOM 021-RECNAT-2000
Materia orgánica	Método de Walkley y Black AS-07	NOM 021-RECNAT-2000
Fósforo extraíble	Bray y Kurtz. AS-11	NOM 021-RECNAT-2000
Nitrógeno	Semimicro –kjeldahl	Etchevers, 2001

Tabla 2.- Propiedades químicas determinadas del suelo colectado en el Izta-Popo.

Para conocer que tan eficiente fue el uso de *Zea mays* como planta trampa, se comprobó el peso total de raíz obtenido (imagen 13), y se procedió a calcular el % de colonización MA en el inóculo y el conteo de esporas de HMA en el suelo donde se cultivó, tomando en cuenta las descripciones propuestas por la International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi, INVAM (2005), la AMF Phylogeny SchüBler (2011) y Blaskowski J. (2003).

Previo a la siembra, se evaluó la viabilidad a las semillas de albahacar (imagen 14); en una caja petri se tomó su tiempo de germinación y se calculó el porcentaje de germinación y la confiabilidad de las semillas mediante la siguiente formula: **número de semillas germinadas/número de semillas totales (100)**. Las semillas que se sembraron en los contenedores se desinfectaron previamente con cloro al 10%.



Imagen 13.- Evaluación de germinación realizada a las semillas de albahacar.

De las plantas de albahacar elegidas para el muestreo destructivo, se obtuvo el porcentaje de colonización micorrizica arbuscular usando el método modificado de Phillips y Hayman (1970). En el sustrato se realizó un conteo de esporas mediante la técnica de tamizado y decantación en húmedo (Gendermann y Nicolson, 1963).

Después de la cosecha del albahacar, las plantas se separaron justo por encima de la corona de las raíces y en cada una se determinó la altura de la parte aérea, también se realizó un conteo del número de hojas, se midió el diámetro del tallo, se obtuvo el peso húmedo y seco foliar. A las raíces se les midió el largo, volumen y de igual manera se estableció su peso húmedo y seco.

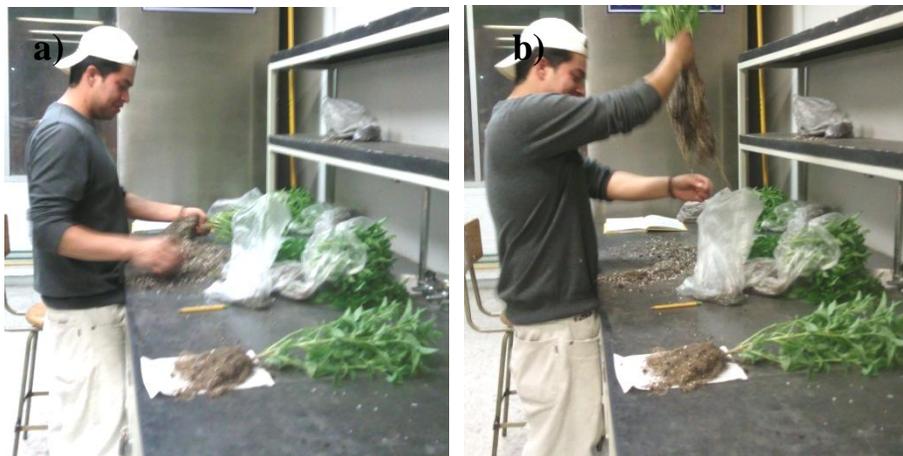


Imagen 14.- Comparación del desarrollo radical y foliar del albahacar en los diferentes tratamientos.

Para confirmar la colonización MA en las raíces del albahacar y el número de esporas en el sustrato donde se cultivó, se emplearon respectivamente las mismas técnicas que en el muestreo destructivo. Esto también sirvió para conocer en qué edad de la planta se dio más esta asociación simbiótica (imagen 15, a y b).

Al momento de realizar el conteo de esporas, también se hizo una determinación taxonómica para determinar qué especies de HMA colonizaron al albahacar.

Técnicas para determinar la colonización de HMA en la planta trampa (*Zea mays*) y del albahacar:

Para la extracción de esporas de hongos micorrízicos arbusculares en los diferentes tratamientos, se utilizó la técnica de tamizado y decantación en húmedo (Genderman y Nicolson reportado en Ferrera-Cerrato y col. (1993) llevando a cabo una suspensión con 10 gramos de suelo y 1000 ml de agua, agitando por cinco minutos y dejando reposar un tiempo de 3 minutos para dejar sedimentar las partículas grandes. La suspensión se pasó por una serie de tamices de 0.35 mm, 0.125 mm y 0.250 mm, lavando con abundante agua en cada uno, se repitió este proceso dos veces más. Las fracciones obtenidas en cada tamiz se vaciaron en una caja petri con un cuadrículado para la cuantificación de las esporas.

Para determinar el porcentaje de colonización de hongos micorrizicos arbusculares en las raíces del albahacar cosechada en los cuatro tratamientos, se empleó el método modificado de Phillips y Hayman (1970) para el cual previamente se llevó a cabo la tinción de las raíces mediante un tratamiento con hidróxido de potasio al 10% (clareo), posteriormente se calentaron en un horno de microondas por tres minutos. Se retiró el KOH y se enjuagaron las raíces con agua destilada, luego se agregó agua oxigenada al 10% por tres minutos, enjuagando nuevamente con agua destilada (blanqueo). Las raíces se cubrieron con ácido clorhídrico al 10% por tres minutos y se retiró el ácido sin enjuagar. Para llevar a cabo la tinción se cubrieron las raíces con una solución colorante de azul de tripano 0.05% en lactoglicerol y se calentaron por tres minutos. Se eliminó el exceso de colorante y se procedió a montar en portaobjetos 20 segmentos de raíces de aproximadamente un centímetro de manera paralela unas a otros, adicionando sobre las raíces gotas de lactoglicerol. Por último se eliminaron las burbujas que quedaron al trasponer el portaobjetos y el cubreobjetos, luego se

observaron al microscopio, efectuando tres pasajes equidistantes por laminilla. El cálculo de la Colonización total de MA se realizó mediante la siguiente fórmula (Ferrera- Cerrato R. 1993):

$$\% \text{ COLONIZACIÓN } = \left(\frac{\text{SEGMENTOS COLONIZADOS}}{\# \text{ SEGMENTOS LOCALES}} \right) * 100$$

El análisis estadístico de las medidas agronómicas del albahacar entre los diferentes tratamientos, se realizó mediante el software estadístico STATGRAPHICS versión 20 centurion, utilizando un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación múltiple de medias de Tuckey. Este paquete estadístico muestra si es que existieron diferencias entre las plantas de albahacar cultivada en los diferentes tratamientos con un P-value < ó > a 0.05.

RESULTADOS

Propiedades físicas y químicas del suelo colectado en campo:

Con respecto a las propiedades físicas y químicas del suelo colectado en el Izta-popo se obtuvo lo siguiente:

Muestra	Propiedades físicas					Propiedades químicas			
	Parcela	Textura %	D.R.	D.A.	E.P.	PH (real)	M.O.	P	N
de maíz	Arena Limo Arcilla	g/cm ³	g/cm ³	%	H ₂ O	%	P(mg/kg ⁻¹)	%	
2766 msnm	88.04 10.16 1.8	2.55	1.39	45.49	5.75	4.12	1.5	0.09	
	Areno-migajón								

Tabla 3.- Propiedades físicas y químicas del suelo colectado en el Izta-Popo; D.R= densidad real; D.A= densidad aparente; E.P= espacio poroso; M.O.= materia orgánica; P= fosforo; N= nitrógeno.

Muestra	% humedad (lluvia)	% humedad (invierno)	% humedad (secas)
Parcela de maíz 2766 msnm	13.76	13.76	0.05

Tabla 4.- Humedad del suelo colectado en el Izta-Popo en tres temporadas distintas; msnm= metros sobre el nivel del mar.

Con respecto a la determinación taxonómica de esporas presentes en el suelo colectado en campo y en donde se cultivó la planta trampa; se identificaron

tres especies de HMA (*Acaulospora laevis*, *Funneliformis mosseae* y *Gigaspora margarita*) lo cual coincide con lo reportado por Perez (2013) para este mismo tipo de suelo.

Planta trampa (inóculo de MA):

Con respecto al inóculo de MA a partir del cultivo de maíz como planta trampa, se obtuvo 500 g de inóculo de raíz de HMA multicepa natural (imagen 16, a y b).

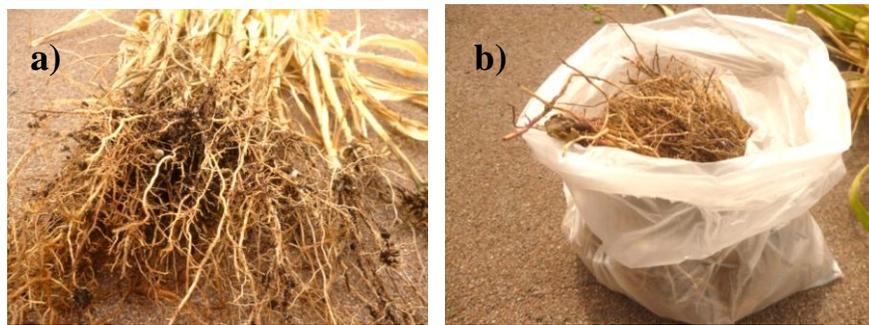


Imagen 15.- Inóculo obtenido de la planta trampa.

ALBAHACAR

Con respecto a la evaluación de viabilidad de las semillas de albahacar sembradas, se obtuvo 80% de confiabilidad en su germinación (imagen 17, a y b).

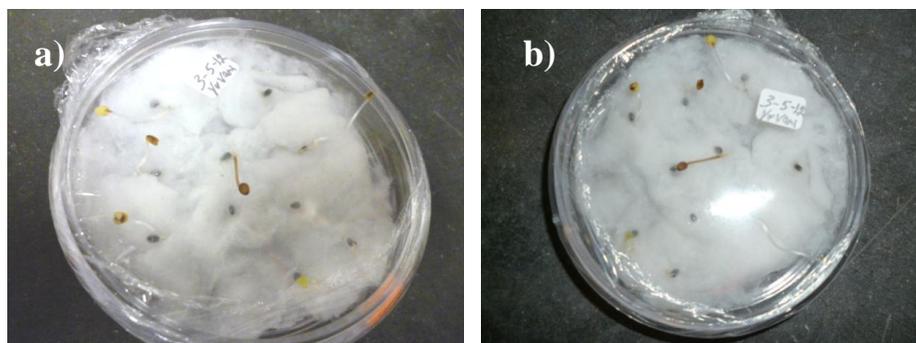


Imagen 16.- Evaluación de viabilidad realizada a las semillas de albahacar 3 (días después de su siembra).

Con respecto al sustrato en que se cultivo el albahacar; mezcla de agrolita y peat moss (1:1). Permitió el desarrollo radical de las plantas (imagen 20).



Imagen 17.- Mezcla de agrolita y peat moss en que se cultivó el albahacar.

Colonización MA

Con respecto al porcentaje de colonización micorrízica arbuscular y al conteo de esporas (Tabla 10 y 11), fueron buenos, ya que favorecieron al desarrollo del albahacar, además de que las estructuras (hifas, vesículas y arbusculos) de las tres especies de MA encontradas en la obtención del inóculo, también beneficiaron a las plantas tratadas con este biofertilizante, debido al incremento que tuvieron en la captación de nutrimentos.

PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN MICORRÍZICA ARBUSCULAR EN EL INÓCULO DE RAÍZ DE LA PLANTA TRAMPA (MAÍZ)

Inóculo	Hifas %	Vesículas %	Arbúsculos %
MA	58	32.3	6

Tabla 5.- Porcentaje de colonización MA obtenido en la planta trampa.

PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN MICORRÍZICA ARBUSCULAR EN EL MUESTREO DESTRUCTIVO

Tratamientos	Hifas %	Vesículas %	Arbúsculos %
MA	43.3	22.6	4
MA + V	30	21.3	3
T	0	0	0
V	0	0	0

Tabla 6.- Porcentaje de colonización MA encontrado en el muestreo destructivo del albahacar.

PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN MICORRÍZICA ARBUSCULAR EN LA COSECHA

Tratamientos	Hifas %	Vesículas %	Arbúsculos %
MA	36	17.33	1
MA + V	25	18.33	3.67
T	0	0	0
V	0	0	0

Tabla 7- Porcentaje de colonización MA encontrado después de realizar la cosecha en las raíces del albahacar.

CONTEO DE ESPORAS DE HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES EN EL MEDIO DE CULTIVO DEL ALBAHACAR

Tratamientos	Repeticiones	Número de esporas		
		Tamíz a	Tamíz b	Tamíz c
MA	1	0	54	17
	2	0	24	38
MA + V	1	0	8	24
	2	0	208	44

Tabla 8.- Número de esporas de HMA encontrado en el sustrato después de realizar la cosecha del albahacar.

Taxonómicamente se determinaron tres especies de HMA que se asociaron al albahacar y al sustrato en donde se cultivo (*Acaulospora laevis*, *Funneliformis mosseae* y *Gigaspora margarita*). Cada una de sus estructuras fue observada e identificada detenidamente (imagen 22; a y b).

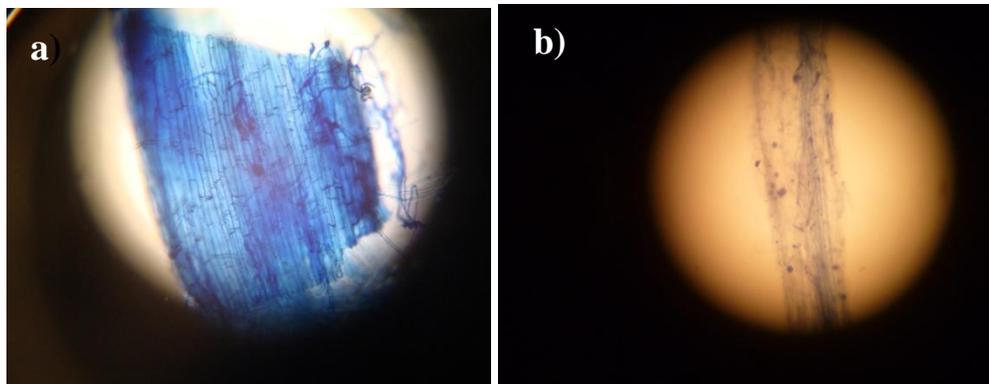


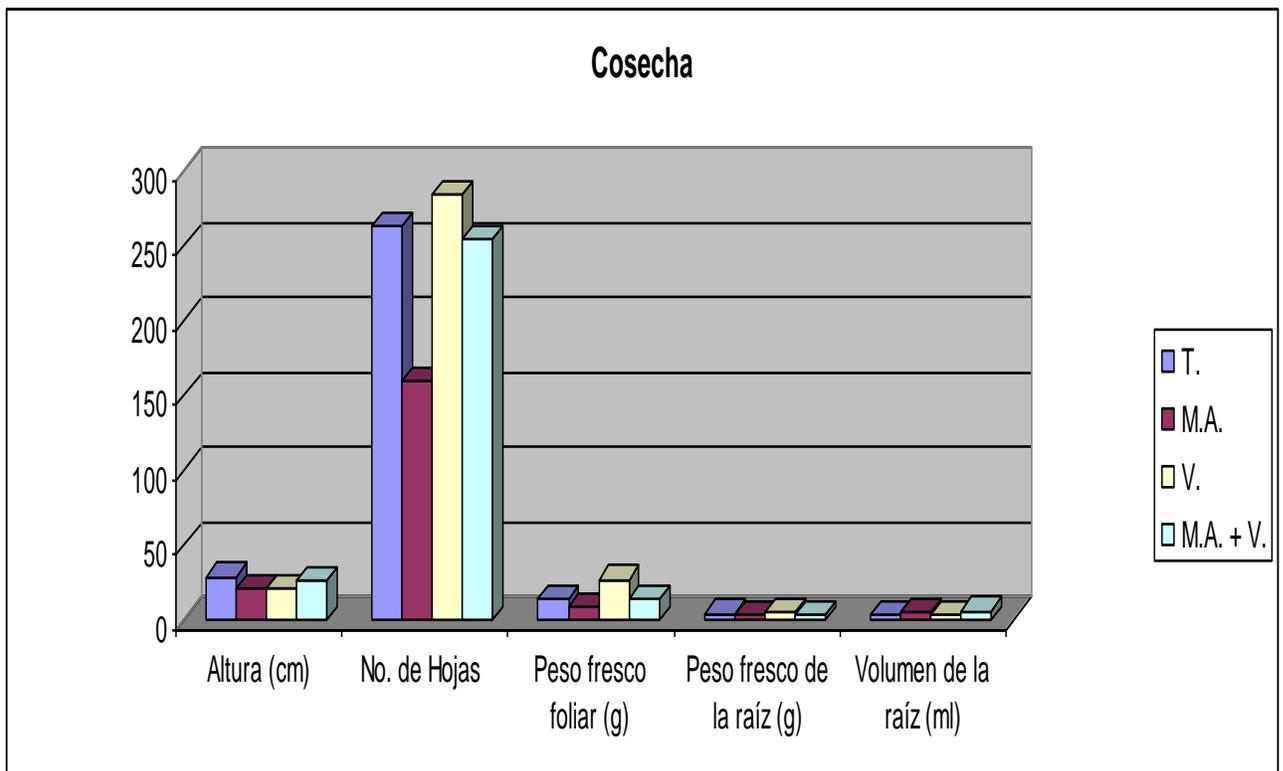
Imagen 18.- a) y b) estructuras que formaron las MA al colonizar el córtex de una raíz del albahacar; observada en un microscopio.

MEDIAS AGRONÓMICAS DEL ALBAHACAR COSECHADA

A partir de las medidas agronómicas determinadas a las plantas de albahacar cultivadas y cosechadas según el diseño experimental planteado en una azotea naturada, se obtuvieron los siguientes datos que son importantes para apreciar las diferencias existentes en cada uno de los tratamientos:

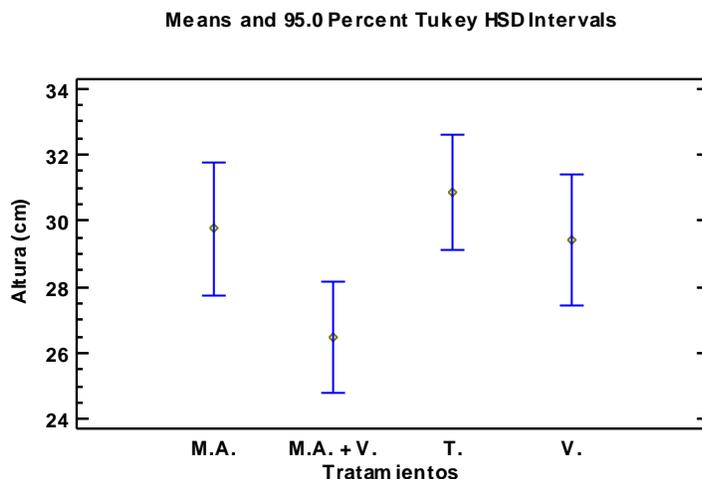
	Altura (cm)	No. de Hojas	Peso fresco foliar (g)	Peso fresco de la raíz (g)	Volumen de la raíz (ml)
T.	29,05	262,94	13,58	4,49	3,82
M.A.	21	159,88	9,16	3,73	5,76
V.	20,76	283,52	27,1	4,96	4,05
M.A. + V.	26,48	254,52	14,74	3,44	6,11

Tabla 9.- medias totales de las medidas agronómicas del Albahaca.



Gráfica 1.- comparación de las diferencias en las medidas agronómicas en la cosecha del albahacar.

El uso conjunto de MA + V mostró una diferencia significativa en la altura (P-value < 0.05) (grafica 2; tabla 10) con respecto a los otros tres tratamientos. El mejor crecimiento de las plantas de albahacar se dio en el tratamiento testigo, lo que es un probable indicador de que el uso de MA y V no beneficia en gran medida al crecimiento de las plantas.



GRAFICA 2.- Altura promedio entre los diferentes tratamientos en la cosecha del albahacar.

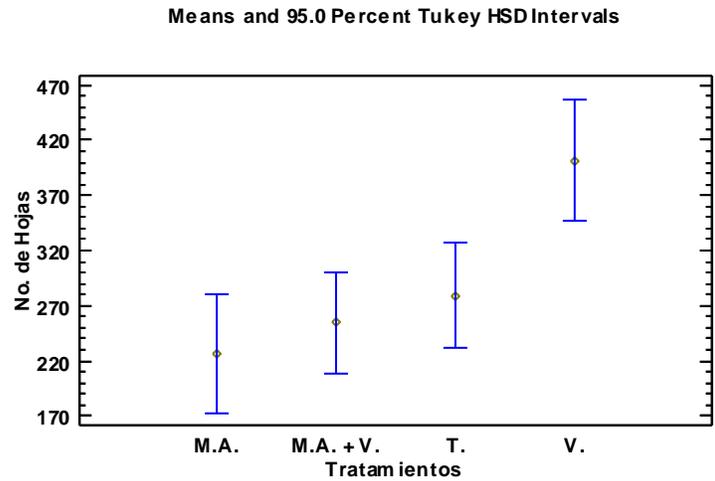
a) Method: 95.0 percent Tukey HSD

Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
M.A. + V.	17	26.4824	X
V.	12	29.4167	XX
M.A.	12	29.75	XX
T.	16	30.875	X

Tabla 10.- Homogeneidad entre los tratamientos.

El mayor beneficio en el número de hojas y peso húmedo foliar se obtuvo en las plantas tratadas únicamente con vermicomposta, ya que todos los nutrimentos que las plantas logran captar K, P, N, los aprovecha para desarrollar su parte aérea. Los demás tratamientos tuvieron un desarrollo similar entre sí. De los cuatro tratamientos, existe una diferencia significativa (P-value < 0.05) del tratamiento con vermicomposta y los otros tres tratamientos (MA+V, MA y T), lo que sugiere que existe una mejor captación de nutrimentos (entre otros K, P, N) por parte del sistema radical de las plantas debido a la actividad microbiana. Esto

se puede corroborar en la gráfica 3, tabla 11; gráfica 3, tabla 12; imagen 18, a, b, c y d

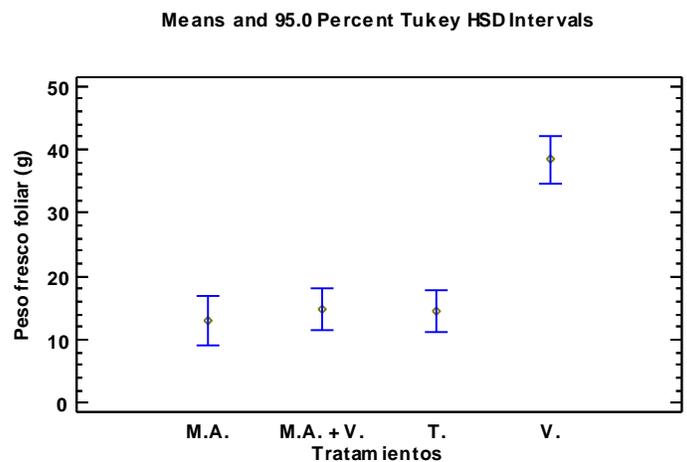


GRAFICA 3.- Número de hojas promedio entre los diferentes tratamientos en la cosecha del albahacar.

Method: 95.0 percent Tukey HSD

Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
M.A.	12	226.5	X
M.A. + V.	17	254.529	X
T.	16	279.375	X
V.	12	401.667	X

Tabla 11.- Homogeneidad entre los tratamientos.



GRAFICA 4.- Peso humedo foliar promedio entre los diferentes tratamientos en la cosecha del albahacar.

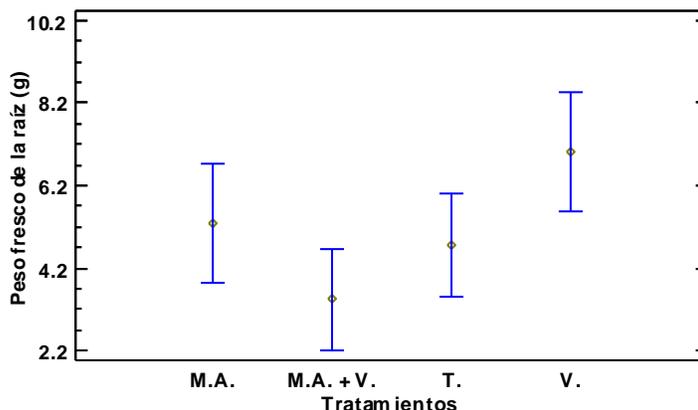
Method: 95.0 percent Tukey HSD

Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
M.A.	12	12.99	X
T.	16	14.4344	X
M.A. + V.	17	14.7488	X
V.	12	38.3925	X

Tabla 12.- Homogeneidad entre los tratamiento

Con respecto al peso húmedo de la raíz, el tratamiento con vermicomposta también presento una diferencia significativa (P-value < a 0.05) (gráfica 5, tabla 13) con respecto a los otros tres tratamientos, lo que puede sugerir que el uso de la V también beneficia al desarrollo radical de las plantas, debido a que éstas absorben mayor cantidad de agua y nutrimentos, lo que favorece a su desarrollo de la parte aérea y también las beneficia en su desarrollo radical.

Means and 95.0 Percent Tukey HSD Intervals



GRAFICA 5.- Peso húmedo promedio de la raíz entre los diferentes tratamientos en la cosecha del albahacar.

a) Method: 95.0 percent Tukey HSD

Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
M.A. + V.	17	3.44059	X
T.	16	4.7775	XX
M.A.	12	5.28833	XX
V.	12	7.03	X

Tabla 13.- Homogeneidad entre los tratamientos.

En el volumen de raíz obtenido; las plantas tratadas únicamente con MA mostraron diferencia significativa (P - value < 0.05) (gráfica 6, tabla 14, imagen 19.), en donde se aprecia que al asociarse la MA con el sistema radical de las plantas, se genera mayor cantidad de raíz en comparación a los demás tratamientos, esto se debe a que las estructuras que se forman aumentan el área de exploración en el sustrato generando mayor captación de nutrientes.

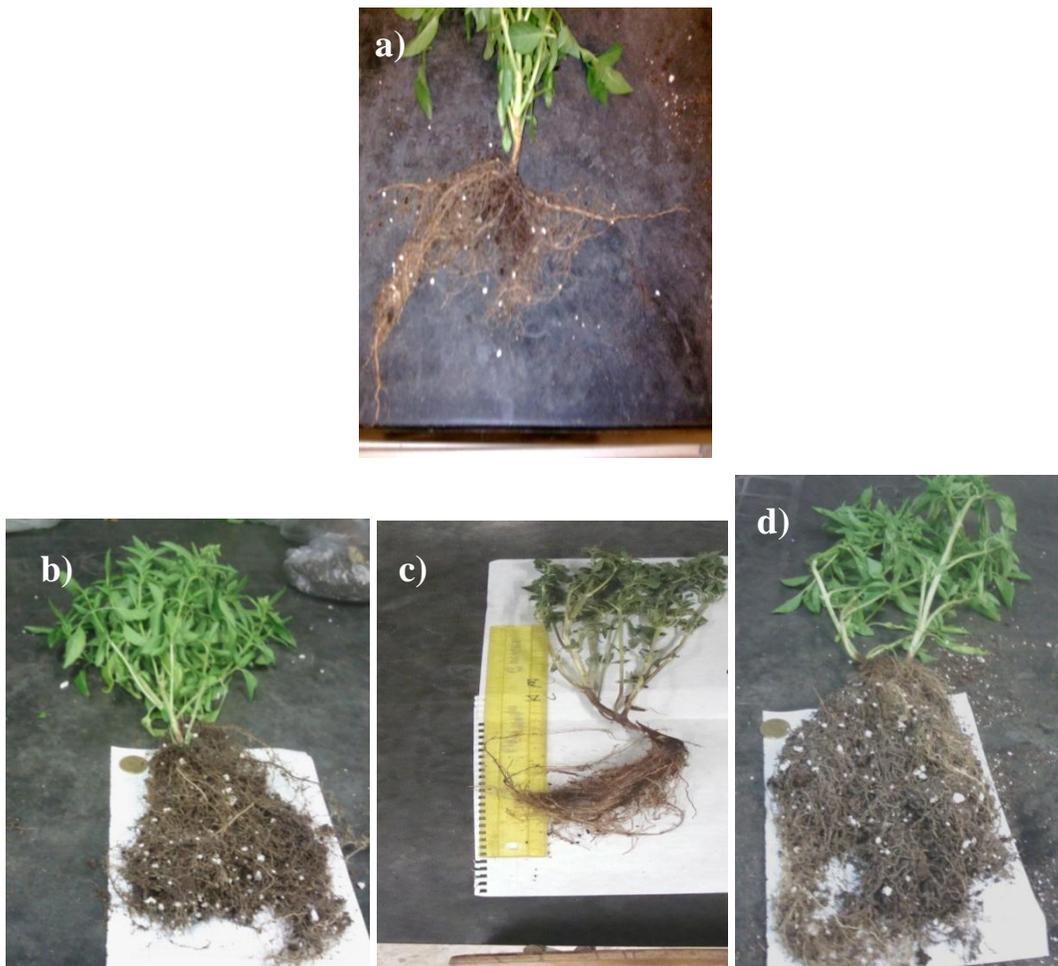
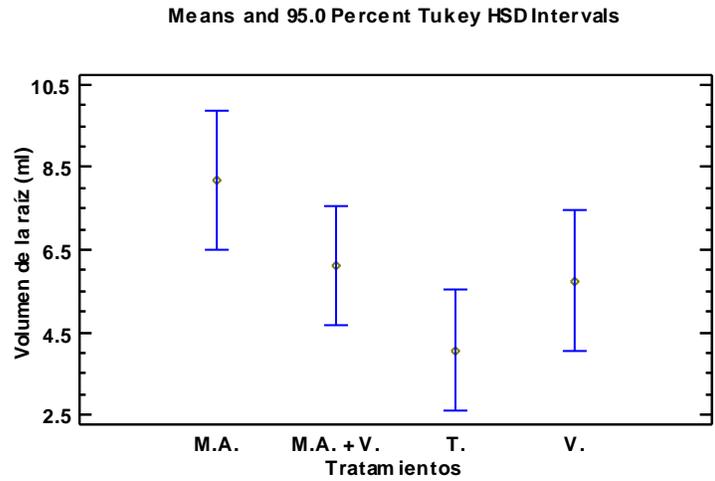


Imagen 19.- Crecimiento radical en los diferentes tratamientos del albahacar cosechados: a) testigo, b) MA + V, c) vermicomposta, d) MA .



GRAFICA 6.- Volumen promedio de la raíz entre los diferentes tratamientos en la cosecha del albahacar.

Method: 95.0 percent Tukey HSD

Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
T.	16	4.0625	X
V.	12	5.75	XX
M.A. + V.	17	6.11765	XX
M.A.	12	8.16667	X

Tabla 14.- Homogeneidad entre los tratamientos

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la obtención de un inóculo de MA natural es importante conocer a que tipo de planta se asocia mejor éste, debido a que cada especie de HMA tiende a colonizar diferentes especies de plantas. De igual forma es importante conocer el tipo de suelo a partir del cual se pretende masificar el inóculo, ya que sus características biológicas, físicas y químicas repercuten en una alta o baja colonización micorrízica arbuscular (<http://www.hydroenv.com.mx>).

Las estructuras de las MA como son las hifas, vesículas y arbusculos tienden a colonizar plantas que presentan raíces fibrosas, por lo que la especie *Zea mays* (maíz) fue la adecuada como planta trampa, ayudando a obtener mayor cantidad de inóculo de raíz.

Un buen inóculo de raíz, es aquel que presenta una alta colonización micorrízica arbuscular, este fue el caso del inóculo trabajado, lo que nos permitió usarlo como un buen biofertilizante en el cultivo de albahaca ya que beneficio a la planta en el desarrollo de su raíz y a la vez facilitó la captación de nutrientes al aumentar su área de exploración radical además de proporcionarle mayor soporte y captación de agua (Escobar y col., 2006: 1-6).

Con respecto al uso de vermicomposta, se considera un buen biofertilizante ya que la actividad microbiana que genera en los medios de cultivo, pone a mayor disposición de las plantas los elementos necesarios (K,P,N) que requieren para su crecimiento, lo cual se ve reflejado en el incremento de su biomasa aérea y radical (<http://ptaprojectorjo-cecadej-1.vermicomposta>).

En este trabajo se comprobó que el uso conjunto de HMA y vermicomposta puede reducir el desarrollo de la raíz y de la parte aérea de las plantas, esto se debe a una posible competencia por parte de estos dos biofertilizantes, lo que hace que las plantas disminuyan en cierta medida su asociación con HMA para

incrementar su área de exploración radical y poder captar los nutrientes presentes en su medio de cultivo, ya que éstos son captados en una zona más cercana dentro del área de cultivo debido a la actividad microbiana que genera la vermicomposta. Por otra parte, los nutrimentos que la actividad microbiana de la vermicomposta pone a disposición de las plantas, no son totalmente aprovechados por estas, ya que su sistema radical el cuál también está colonizado por MA intenta captar los nutrientes presentes en una zona más alejada dentro del área de cultivo. Todo lo anterior repercute en el desarrollo radical y aéreo de las plantas, debido que estas no aprovechan al 100% los nutrimentos disponibles ya sea en un área alejada o cercana dentro de su medio de cultivo.

Este estudio logró probar que el uso de biofertilizantes como las MA y vermicomposta, ayudan a mejorar la aclimatación de plantas cultivadas en azoteas naturadas, esto es de gran importancia, ya que se logra aprovechar los espacios de tercera dimensión en zonas edáficas, tal es el caso de las azotes en algunos edificios y hogares, entre otros. A su vez esto también contribuye a la creación de áreas verdes, contrarrestando el daño causado por la urbanización, ya que las plantas tratadas con estos biofertilizantes además de obtener los nutrimentos que necesitan, también obtienen mayor resistencia a situaciones adversas climatológicas como el viento, temperatura y humedad presentes en una azotea naturada logrando así un buen desarrollo.

CONCLUSIONES

El tipo de suelo areno-migajón colectado en campo, las propiedades físicas y químicas que presentó, fueron fundamentales para la propagación del inóculo de MA, ya que permitió el desarrollo radical de la planta trampa.

Para propagar un inóculo de MA multicepa natural de buena calidad en una azotea naturada, se recomienda usar a *Zea mays* como planta trampa, ya que sus raíces fibrosas favorecen a esta asociación, generando un mayor número de hifas, arbusculos y esporas en su sistema radical, lo cual también favorece al crecimiento de esta planta. Al momento de propagar al inóculo de MA, se recomienda realizar la siembra de la planta trampa mediante las técnicas de surco y voleo.

Los tiempos de germinación de las semillas de albahacar sembradas en el modelo experimental en la azotea naturada de la FES-Z, se acortaron en las tratadas con MA y vermicomposta, también el número de plantas fue mayor al tratamiento no biofertilizado. Con lo anterior también se confirmó la resistencia a posibles patógenos que hayan existido en los cultivos de las plantas de albahacar biofertilizadas.

La mezcla de sustratos de agrolita y *peat moss* (1:1) en contenedores acondicionados como macetas, ayudan a crear las condiciones biológicas, físicas y químicas adecuadas para el cultivo de albahacar en una azotea naturada.

El mayor porcentaje de colonización de micorrízica arbuscular encontrado en el muestreo destructivo del albahacar en comparación con el encontrado en la cosecha final, estuvo determinado por la edad de las plantas. Por otra parte es posible que el ciclo de vida de las esporas de HMA se ve retardado cuando se encuentra presente la vermicomposta.

Las MA, ayudan a las plantas de abahacar a tener mejor desarrollo radical y a alcanzar su madurez más rápidamente, aunque en algunos casos su altura puede no verse tan beneficiada. La coloración, grosor y resistencia de su tallo también se ven favorecidos. Por esta razón se considera a las MA como un buen biofertilizantes a utilizar en el cultivo de plantas en azoteas naturadas.

La asociación de MA y vericomposta en el cultivo de albahacar en una azotea naturada beneficia a la colonización micorrízica arbuscular en el sistema radical de esta planta, así como al número de esporas en la mezcla de agrolita y peat moss (1:1) en los contenedores en que se cultivó. El uso separado de estos dos biofertilizantes ayudó al desarrollo de las plantas en determinadas partes

En el presente trabajo se comprobó que el uso de biofertilizantes como es el caso de la MA y vermicomposta, ayudan a la adaptación del cultivo de albahacar en una azotea naturada, ambos actúan a diferente nivel de la planta: las MA favorecen el desarrollo radical de la planta y por consecuencia una mejor absorción de agua y nutrimentos necesarios para un buen crecimiento de la planta; mientras que el uso de vermicomposta favorece el mejor desarrollo de la parte aérea de la planta como es el número de hojas, el peso humedo foliar y el peso húmedo de la raíz.

Las medidas agronómicas como el diámetro del tallo, longitud de la raíz, peso seco foliar y radical no se benefician con el uso de MA y V como biofertilizantes.

LITERATURA CITADA

- Acuña, N. O, 2012, “El uso de biofertilizantes en la agricultura”, Laboratorio de Bioquímica de Procesos Orgánicos, *Centro de Investigaciones Agronómicas No 2511-3062*, 39 págs.
- Alarcón, A; Ferrera, C.R; Chávez, G; Villagas, M.A, 2000, “Hongos micorrízicos arbusculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas de fresa CV. Fern obtenidas por cultivo In Vitro”, *TERRA Latinoamericana*, Universidad Autónoma de Chapingo, julio-septiembre, Vol. 18, Núm. 003, México, pp. 210-218.
- Alenga, 2000, “Los nutrientes de las plantas” 66 – 71 págs.
- Alvarado, V. M. A; Solano, S. J. A; 2002, “Producción de sustratos para viveros”, VIFINEX, Costa Rica, pp. 47.
- Aulas Fiber Glass, 2009, “Cubiertas verdes”, *FiberGlass Colombia S.A.*, Colombia, 13 págs.
- Bashan, Y; Bashan, E.L; Pablo H.J; Puente, E; Bacilio, M; Leyba, A.L, 2008, “La biofertilización como tecnología sostenible; Inoculantes microbianos sintéticos: ¿son el futuro?”, Grupo de Microbiología Ambiental, *Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste*, La Paz, México, pp. 167-186.
- Berkowitz, R.A; Nilson, H.C; Holweg, S.K; 2003, “Understanding urban ecosystem”, *Springer*, E.U., 523 págs.
- Bonachela C. S; Acuña L. R.A; Magán C, J. J; 2008, “Sustratos inertes. caracterización física. oxigenación de los sustratos”, España, 10 págs.

- Breuste, J; Feldmann, H; Uhlmann, O; 1998, "Urban ecology", *Springer*, Alemania, 714 págs.
- Briz, J., 1999, "Naturación urbana; cubiertas ecológicas y mejora medioambiental", Grupo Mundi-Prensa, España, pp. 390.
- 2004, "Naturación urbana: cubiertas ecológicas y mejora medioambiental", Grupo Mundi-Prensa, 2da edición. España, pp. 183.
- Camargo, R.S.L; Manuel, M.N; De la Rosa, M.C.J; Montañó, A. S.A; 2012, "Micorrizas: una gran unión debajo del suelo", *Revista Digital Universitaria UNAM*, julio, Vol. 13, Núm. 7, México, pp. 1-19.
- Cantarero H. R. J; Martínez T. O. A; 2002, "Evaluación de tres tipos de fertiizantes (gallinaza, estiércol vacuno, y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Variedad NB-6", Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Nicaragua, 62 págs.
- Colivet, J; Marcano, G; Bellosos, G; Brito, D; Gómez, E; 2011, "Efecto antimicrobiano de extractos etanólicos de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sobre el crecimiento de *Staphylococcus aureus*", *Rev. Venez. Cienc. Technol. Aliment.* Vol. 2, Venezuela, pp. 315-320.
- Cosme, P. I., 2008, "El uso de las plantas medicinales", *Revista Intercultural*, México, pp. 23-26.
- Cuenca, U. G; Cáceres, A; Oirdobro, G; Hasmy, Z; Urdaneta, C; 2007, "Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en areas tropicales", *INCI*, Vol.32, Núm.1, Venezuela.

- Dávila, R. L; Ramos, F.C.L; Rosales, M.C.M, 2009, “Multiplicación de Hongos Micorrizicos Arbusculares nativos de cultivo de Cacao (*Theobroma cacao*) en maiz (*Zea mays*) bajo distintos tratamientos agronómicos”, Universidad Popular del CESAR, Colombia. 97 págs.
- Díaz, F. V., 2010. “La terapia de las azoteas verdes”. IPS (Inter Press Service) e IFEJ (Federación Internacional de Periodistas Ambientales) Alianza de Comunicadores para el Desarrollo Sostenible. México, 4 págs.
- Despigares, 2006, “Sustratos”, Compendios de horticultura, 22 págs.
- Dibut, A. B, 2006, “Biofertilizantes como insumos en agricultura sostenible”. *Instituto De Investigaciones Fundamentales En Agricultura Tropical*, Alejandro de Humboldt (INIFAT), México, 157 págs.
- Diego, M., 2008, “Azoteas verdes”, *EMEEQUIS*, 08 de septiembre de 2008, México, pp. 12-13.
- Escobar, A.C.J; Zuluaga, P.J.J; Colorado, G.G; Paez, D; 2006, “Micorriza vesicula arbuscular MVA, Recurso microbiológico para desarrollar una agricultura sostenible”, Produmedios, Bogotá, pp. 1-6.
- Espinosa, R. P; Espinosa, M.L.M; 2007, “Hidroponia rústica”, *Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación; SAGARPA*, México, 11 págs.
- FAO, 1984, “Los niveles de producción agrícola y el empleo de fertilizantes”, *Boletín FAO: Fertilizantes y Nutrición Vegetal*, Italia, 66 págs.

- Ferlini, M. H. A, 2008, "Inoculación de semillas, una técnica también para gramíneas" Santa Clara de Saguier, *Producir*, Vol. XXI, 16 No 197, pp.16-20.
- Ferrera-Cerrato, R.; Gonzales, M.C.A.; Rodríguez, M.M.N. 1993, "Manual de Agromicrobiología", Trillas, México, pp. 142.
- Ferrera, C. R; López J. A; Pérez, M. J, 2002, "Producción y control de calidad de inoculantes agrícolas y forestales". (COMIAF, IRENAT). México, 107 págs.
- Fink, A, 1985, "Fertilizantes y fertilización", Edit. Reverte, S.A., España, 439 págs.
- Fuentes, Y .J. L., 1999, "El suelo y los fertilizantes", Ediciones Mundi-Prensa, 5ª edición, España, 352 págs.
- Gabriel, P; Loza, M. M; Mamani, F; Sainz, M. H, 2011, "Efecto De La Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo En Predios De La Estación Experimental De La Unidad Académica Campesina Carmen Pampa" *Selva Andina Res Soc.* Universidad Católica Boliviana San Pablo-UCB, Unidad Académica Campesina Carmen Pampa-UAC-CP, Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia, pp. 23-39.
- Grupo Projar coir, 2011,"Sustratos de coco; propiedades de la fibra de coco", Comercial Projar S.A. group of companies, España, 6 págs.
- Guerrero, F; Polo, A; 1990, "Usos, aplicaciones y evaluación de turbas", *Ecología*, Núm. 4, España, pp. 3-13.
- Guzmán, G. S; Farías, L. J, 2005, "Biología y regulación molecular de la Micorriza Arbuscular", *Red de revistas científicas REDALYC*, Mayo-agosto, Vol. 9, Núm. 002, Univeridad de Colíma, Investigación Agropecuaria, México, pp. 17-31.

- Hall, R.V; Rocha, P.M; Rodriaguez, V.E; 2002, "Plantas medicinales", *Centro Nacional de Información de Medicamentos, CIMED*, Mayo, Vol.2, Universidad De Costa Rica, pp. 1-130.
- Krishna, R.K., 2005, "Mycorrhizas, A Molecular Analisis", Science Publishers, Inc. E.U., pp. 1-45.
- Mega, V., 2005, "Sustainable development energy and the city", *Springer*, E.U., 280 págs.
- Mendoza, C. G., 2009, "La Farmacia Viviente en Chapingo", Universidad Autónoma Chapingo; *Programa Universitario de Medicina Tradicional y Terapéutica Naturista*, México, 17 págs.
- Minnesota Department of Health, 2005, "Vermiculita y su uso en jardines", Información sobre salud ambiental, Minnesota, 1 págs.
- Montaña, M. N. J; Simosa, M. J. A; Perdomo, G. A. J; 2009, "Respuesta de tres cultivares de berenjena (*Solanum Melogena* L.) a diferentes combinaciones de fertilizante orgánico y fertilizante químico". Escuela de Ingeniería Agronómica, *Revista UDO Agrícola*, Vol. 9 Núm. 4 pp. 807-815.
- Montiel R. E. J; Alcántara, A; 2012, "Manual de plantas medicinales". Universidad Nacional Experimental Sur Del Lago Jesús María Semprum, 24 págs.
- Narváez, P; Martínez, P; 2004, "Taller plantas medicinales". Proyecto De Fortalecimiento Del Conocimiento De Los Pequeños Productores De San Rafael Del Sur, Asociación *Berlín Kreuzberg*; Centro de Desarrollo Rural, Alemania, 13 págs.

- Navarro, C; Ortega, T; García, B. D; 2008. "Plantas medicinales para el insomnio", Centro De Investigación Sobre Fitoterapia. Edit. Complutense, S.A. España, 111 págs.
- Núñez, A., 2009, "Turba y zeolita como soportes de inoculantes microbianos con acción fertilizante ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar", vol. XLIII, núm. 3, Septiembre-Diciembre, *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Ciudad de La Habana, Cuba*, pp. 21-27.
- Pedraza, S.M; Jean C. D; Gutiérrez, E. A; Colinas, L. T, López, P. C; 2001, "Crecimiento y nutrición de microplantas de gerbera inoculadas con Hongos Micorrízicos Arbusculares", *Agrociencias*, marzo-abril, Vol. 35, núm. 002, Colegio de Postgraduados. Texcoco, México, pp. 149-158.
- Pedrero, A.H; Zuart, M.J.L; Ramírez, M.A; Amaya, B.F.E; Graham, A.H; Espinosa, V.S; García, H.V.M; 2011, "Manual de lombricultura", *Fundación; produce Chiapas, a.c.*, Enlace Innovación y Progreso, México, 10 págs.
- Perez, P.P.J, 2013, "Diversidad de Hongos Micorrízicos Arbusculares en un gradiente altitudinal en el Parque Nacional Izta-Popo. UNAM, México D.F., 54 págs.
- Ramiro, S.R, 2002, "Efecto de la Micorriza Arbuscular y Vermicomposta sobre el desarrollo en vivero y campo ce *Caricia Papaya L.*" Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas Y Agropecuarias. Colima, 107 págs.
- Roca, F.A.I., 2007, "Elementos del suelo esenciales para las plantas", Departamento de producción animal centro de investigaciones agrarias de Mabegondo, España, pp. S.N.

- Rojas, R. K; Ortuño, N; 2007, "Evaluación de Micorrizas Arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto De Cochabamba, Bolivia", *Acta Nova*, Vol. 3, N° 4, junio, pp. 697-719.
- Rossatto; Héctor; Meyer; Maia; Laureda; Daniel; Barrera; Daniel; Gamboa; Paula; Bargiela; Martha; Miranda; María; Pérez; Damián; Quantienne, E; Friedrich; Martina; 2010, "Cubiertas naturadas, ¿una alternativa viable para la disminución de la escorrentía superficial en cuencas urbanas?", Proyecto *UBACYT*, Argentina, 12 págs.
- Salvador, F. M; Gutiérrez M. F. A; 2009. "Experiencias con biofertilizantes en cultivos de importancia para el estado de Chiapas". Universidad Autónoma de Chiapas, México, 137 págs.
- Sanchez, Colín M.J, 2005, "Mirorrizas Aspectos Generales", UNAM, México, pp. 13-27, 46-48.
- Sanchez, L.L.F; Fresno, T.E; Hoogland, N; 2008. "Pequeño manual de cultivo en azoteas". *Ecologistas en acción*. España, 23 págs.
- Serralde, O.A.M; Ramírez G.M.M; 2004, "Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (*Zea mays*) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos" *Revista Corpoica*, Vol. 5 Núm.1, Octubre, Colombia, pp. 31 - 40.
- Sharma, D; Kapoor, R; Bhatnagar, A.K; 2008, "Arbuscular mycorrhizal (AM) technology for the conservation of *Curculigo orchoides* Gaertn: an endangered medicinal herb", *World J Microbiol Biotechnol*, Vol. 24, India, pp. 395 - 400.

- Silvia, E. B, 2009, “El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura”, *Facultad de ciencias agropecuarias*, Vol. 7, Núm. 1, Colombia, 122-132 págs.
- SISACOP, 2007, “lombricultura”, *Secretaria de agricultura, ganaderia, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA)*; Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural, México, 8 págs.
- Sistemas de riego: Regar, 2013, “Tipos de sustratos de cultivo”, México.
- SMA, 2004, “Plan verde, Ciudad de México”, Secretaría del Medio Ambiente (SMA); Dirección General de la Unidad de Bosques Urbanos y Educación Ambiental, México.
- Soriano, R.R, 2005, “Agricultura urbana en México: situación y perspectivas”, *División de Ciencias Biológicas y de la Salud, UAM Iztapalapa*, México, 10 págs.
- Tellez, V., 2001, “Abonos orgánicos en uso”, *DESMI, A.C.*, México, 6 págs.
- Teuscher, H; Adler, R; Seaton, P.J; 1985, “El suelo y su fertilidad”, Edit. Continental, S.A de C.V., México, 510 págs.
- Tisdale, L. S; Nelson, L.W; 1984, “Fertilidad de los suelos y fertilizantes”, UTEHA; Hispano Americana, S.A. de C.V., México, 760 págs.
- Triptico : “Vermicompost”, *Lombricultura mexicana s.a. de c.v.*, Granja lombricola. México.

- Trujillo, C. A, 2009, “Uso de biofertilizantes para mejorar la rentabilidad del cultivo de maíz, bajo condiciones de temporal, en el estado de morelos”, México, 559 págs.
- Urbietta, U. M. P, 2005, “Plantas Medicinales Manual Para Azoteas Verdes”. Coinversión Social Indesol. México, 22 págs.
- Uribe, L; Felipe, A. L; Mata, M; Meneses, G; Castro, L; 2009, “Efecto del vermicompostaje sobre las poblaciones de *Colletotrichum acutatum* y *Pectobacterium carotovorum* presentes en residuos de plantas”. *Centro de Investigación en Protección de Cultivos, Agronomía Costarricense, Vol, 33, Núm. 1, Costa Rica, pp 91-101.*
- Wallström, M., 2000, “Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos”, Dirección General de Medio Ambiente, European Commission, Bélgica, 68 págs.

WEBGRAFÍA

<http://ptaprojectorojo-cecadej-1.blogspot.mx/2011/05/que-es-la-vermicompostado.html>. Marzo, 2012.

<http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/suelos>. Marzo, 2012.

http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=31. Abril, 2012.

<http://www.hortalizas.com/articulo/30762/en-busca-del-sustrato-ideal>. Abril, 2012.

http://www.botanical-online.com/fitoterapia_beneficios.htm. Abril, 2012.

intervencionsocial.terra.com.mx. Junio, 2012.

<http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=26&id=180>. Junio, 2012.

<http://www.rregar.com/index.php?/invernaderos/tipos-de-sustratos-de-cultivo.html>. Julio, 2012.

<http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/ran/v3n4/v3n4a05.pdf>. Julio, 2012.

http://www.infoagro.com/abonos/elementos_suelo_esenciales_plantas.htm. Octubre, 2012.

<http://www.inegi.org.mx/>. Octubre, 2012.

<http://www.health.state.mn.us/>. Octubre, 2012.

<http://www.tierramor.org>. Noviembre, 2012.

<http://www.todamedicinaalternativa.com/hierbas-medicinales/albahaca-medicinal.html>. Noviembre, 2012.

[www. Projarcoir.com](http://www.Projarcoir.com). Febrero, 2013.

<http://www.complusalliance.org> Falta fecha de consulta. Febrero, 2013.

<http://www.m-x.com.mx/xml/pdf/136/10.pdf>. Mayo, 2013.

www.medicinatradicional.unam.mx. Septiembre, 2013.