



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**CIIDIR**  
OAXACA

---

---

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL OAXACA  
IPN-CIIDIR-OAXACA

MAESTRIA EN CIENCIAS EN CONSERVACION Y APROVECHAMIENTO DE  
RECURSOS NATURALES

**“EVALUACIÓN INTENSIVA DEL CULTIVO DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.)  
PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE ACEITE ESENCIAL”**

PRESENTA:

LENIN NICOLAS SANTANA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

DIRECTORES:

DR. GABINO ALBERTO MARTINEZ GUTIERREZ

DRA. YOLANDA DONAJI ORTIZ HERNANDEZ

SANTA CRUZ XOXOCOTLÁN, OAXACA, MÉXICO 2014



# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

## ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 28 del mes de Abril del 2014 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: "Evaluación intensiva del cultivo de Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) para mejorar el rendimiento y contenido de aceite esencial"

**Nicolás**  
Apellido paterno

**Santana**  
materno

**Lenin**  
nombre(s)

Con registro: 

A	1	2	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA Directores de tesis

\_\_\_\_\_  
Dr. Gabino Alberto Martínez Gutiérrez

\_\_\_\_\_  
Dra. Yolanda Donaji Ortiz Hernández

\_\_\_\_\_  
Dra. Luicita Lagunes Rivera

\_\_\_\_\_  
Dr. David Martínez Sánchez

\_\_\_\_\_  
Dra. Martha Angélica Bautista Cruz

### PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Rafael Pérez Pacheco

\_\_\_\_\_



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACION PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESION DE DERECHOS**

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 28 del mes de abril del año 2014, el (la) que suscribe Nicolás Santana Lenin alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro A120100, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de los Drs. Gabino Alberto Martínez Gutiérrez y Yolanda Donaji Ortiz Hernández y cede los derechos del trabajo titulado, "Evaluación intensiva del cultivo de Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) para mejorar el rendimiento y contenido de aceite esencial" al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: [posgradoax@ipn.mx](mailto:posgradoax@ipn.mx) ó [leninicolasantana@hotmail.com](mailto:leninicolasantana@hotmail.com) se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

  
Nicolás Santana Lenin



## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto nutrimental de té de compost (TC) de bagazo de maguey mezcalero (BM) y diferentes cubiertas de colores en la producción de albahaca. Por lo cual se llevaron a cabo dos experimentos de manera independiente. En ambos, se utilizó un arreglo experimental completamente al azar. En el primero se evaluaron té de compost del BM mezcalero en combinación con vinazas, urea y agua de coco, y como testigo una solución nutritiva inorgánica en cultivo sin suelo e invernadero. Los resultados muestran que al utilizar un TC de BM adicionado con vinazas se alcanzó un 40% del peso de hojas de lo producido con una solución Steiner, los TC no mejoraron el rendimiento de albahaca, sin embargo podrían ser una fuente alternativa para la producción orgánica de albahaca bajo condiciones de invernadero y en cultivo sin suelo al combinarse con fertilizantes inorgánicos. En segundo experimento, se analizaron seis mallas de colores (negro, azul, rojo, amarillo, blanco y gris) y un testigo sin cubierta, y su respuesta en el crecimiento y rendimiento de aceite esencial de albahaca. El color de cubierta modificó la temperatura y las variables fisiológicas analizadas. La malla negra disminuyó un 30% el rendimiento en peso fresco de hojas, y el rendimiento de los aceites no aumentó al utilizar cubiertas de colores. El uso de mallas de colores no mejora el rendimiento de biomasa y contenido de aceites en albahaca.

Palabras clave: *te de compost, bagazo, cubiertas de colores, biomasa, albahaca, aceite esencial.*

## ABSTRACT

The aim of this investigation was to evaluate the effect of nutrient compost teas (CT) mezcacal maguey bagasse (MB) and different colored covers in the production of basil. Hence it is conducted two experiments independently. In both, an experimental arrangement was used completely random. In the first compost teas were evaluated mezcacalero BM in combination with vinasse, urea and coconut water, and witness an inorganic nutrient solution in soilless culture and greenhouse. The results show that when using a TC of BM supplemented with vinasse 40% of the weight of the produce leaves with a Steiner solution is reached, the TC did not improve the performance of basil, however could be an alternative source for organic production basil under greenhouse and soilless culture in combination with inorganic fertilizers. In the second experiment, six mesh colors (black, blue, red, yellow, white and gray) and a control without cover, and their response on growth and yield of basil essential oil were analyzed. The color of the cover changed temperature and physiological variables. The black net fell 30 % performance in fresh weight of leaves, and the yield of oil did not increase when using colored covers. Using colored mesh does not improve biomass yield and oil content in basil.

**KEYWORDS:** *compost tea, bagasse, colors covers, biomass, basil, essential oil.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales.

Al CIIDIR – IPN Unidad Oaxaca, por mi formación académica.

A mis Directores de Tesis: Dr. Gabino Alberto Martínez Gutiérrez y Dra. Yolanda Donaji Ortiz por su apoyo, sugerencias y observaciones oportunas, para el logro del presente trabajo.

A mi comité revisor de tesis, los Doctores; Martha Angélica Bautista Cruz, David Martínez y Luicita Lagunés por sus acertadas observaciones y sugerencias en la conformación del presente documento.

A mis amigos del CIIDIR Oaxaca.

## DEDICATORIA

Por los momentos que nos aguardan en el presente y en el futuro quiero dedicar este trabajo a: ***mi familia.***

## CONTENIDO

	PÁGINA
<b>1.0 INTRODUCCION GENERAL</b>	1
<b>2.0 OBJETIVOS</b>	3
2.1 Objetivos generales	3
2.2 Objetivos específicos	3
<b>3.0 HIPOTESIS</b>	3
<b>4.0 REVISIÓN DE LITERATURA</b>	4
4.1 Importancia económica de la albahaca	4
4.2 Tés de compost como una alternativa ecológica para satisfacer la demanda nutrimental en los cultivos	6
4.3 Efecto de la luz en el crecimiento, rendimiento y contenido de aceites esenciales	9
<b>5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	13
<b>5.1 EXPERIMENTO 1: EFECTO DEL TÉ DE COMPOST DE BAGAZO DE MAGUEY MEZCALERO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN ALBAHACA (<i>Ocimum basilicum</i> L.)</b>	13
Resumen	13
Abstract	15
5.1.1 Introducción	16
5.1.2 Materiales y métodos	19
5.1.3 Resultados y discusión	21
5.1.4 Conclusiones	26
5.1.5 Literatura citada	27
<b>5.2 EXPERIMENTO 2: CRECIMIENTO Y CONTENIDO DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA (<i>Ocimum basilicum</i> L.) CULTIVADA BAJO DIFERENTES COLORES DE CUBIERTA (GROWTH AND ESSENTIAL OIL CONTENT OF BASIL (<i>Ocimum basilicum</i> L.) CULTIVATED UNDER DIFERENT COLORS NETTING)</b>	30
Resumen	30
Abstract	32
5.2.1 Introducción	33
5.2.2 Materiales y métodos	35
5.2.3 Resultados y discusión	38
5.2.4 Conclusiones	47
5.2.5 Literatura citada	48
<b>6.0 LITERATURA CITADA</b>	51
6.1 Literatura citada de la revisión de literatura	51

## ÍNDICE DE CUADROS

### EXPERIMENTO 1

PÁGINA

**Cuadro 1:** Contenido de elementos en la solución nutritiva convencional y en los téis del compost de bagazo de maguey mezcalero adicionado con materiales orgánicos y convencionales para su evaluación en la nutrición vegetal de albahaca. 23

**Cuadro 2:** Efecto de las diferentes fuentes de fertilización sobre la biomasa seca de *O. basilicum* cosechada a los 45 ddt. 25

### EXPERIMENTO 2

**Cuadro 1:** Respuesta fisiológica de *O. basilicum* L. cultivada en suelo y bajo diferentes colores de cubierta. 40

**Cuadro 2:** Caracteres morfológicos de *O. basilicum* a los 90 ddt, cultivada en suelo y bajo cubiertas de diferentes colores. 42

## ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
<b>EXPERIMENTO 1</b>	
<b>Figura 1:</b> Efecto de los téis de compost de bagazo de maguey en el diámetro de plantas de <i>Ocimum basilicum</i> L. evaluadas a los 45 ddt.	24
<b>Figura 2:</b> Efecto de los téis de compost de bagazo de maguey en la altura de plantas de <i>Ocimum basilicum</i> L. evaluadas a los 45 ddt.	24
<b>Figura 3:</b> Efecto de los téis de compost en el inicio de la floración de plantas de <i>Ocimum basilicum</i> L.	25
<b>EXPERIMENTO 2</b>	
<b>Figura 1:</b> Precipitación promedio mensual en la estación de producción de <i>Ocimum basilicum</i> . Fuente: CNA, estación 20329, Fortin, Oaxaca. Periodo histórico de 1951-2010.	35
<b>Figura 2:</b> Temperaturas en la estación de producción de <i>Ocimum basilicum</i> . Fuente: CNA, estación 20329, Fortin, Oaxaca. Periodo histórico de 1951-2010.	36
<b>Figura 3:</b> Temperaturas máximas semanales del interior de diferentes mallas de colores.	39
<b>Figura 4:</b> Efecto de los colores de cubiertas en el contenido y rendimiento de aceite esencial de plantas de <i>Ocimum basilicum</i> .	45

## 1.0 INTRODUCCIÓN GENERAL

La albahaca (*Ocimum basilicum*, Lamiaceae) es una planta aromática nativa de la India y la especie más cultivada del género *Ocimum* (Pushpangadan y Bradu, 1995). Aparte del uso culinario en fresco y seco de hojas y tallos (Chalchat y Özcan, 2008), el aceite esencial es utilizado para formular saborizantes, fragancias, fármacos y medicinas naturales (Zheljazkov *et al.*, 2006). La producción mundial de aceite esencial de *O. basilicum* supera las 43 t·año<sup>-1</sup> (Putievsky y Galambosi, 1999)). El valor comercial de varias hierbas aromáticas en donde se incluye a *O. basilicum* está en función del rendimiento en biomasa y calidad de sus aceites esenciales (Hälvä *et al.*, 1992, Hälvä *et al.*, 1993). En el estado de Oaxaca, México el cultivo de *O. basilicum* es de traspatio y se utiliza en la medicina herbolaria para curar dolores de estómago, vomito, cólicos, así como para rituales ceremoniales (Klimánková *et al.*, 2008). La producción de albahaca en Oaxaca para su venta en fresco, seca y en aceite esencial no ha sido estudiada, por esta razón existe un gran interés en esta hierba. Por otra parte, diversos factores como la temperatura (Hälvä *et al.*, 1993, Chang *et al.*, 2008), el fotoperiodo, la radiación y la nutrición pueden afectar el rendimiento en biomasa, calidad y cantidad de aceites esenciales en especies aromáticas (Hälvä *et al.*, 1993, Klimánková *et al.*, 2008). Con el manejo de la luz se puede aumentar los rendimientos en biomasa y componentes químicos de las plantas medicinales y aromáticas además de inducir la producción de metabolitos secundarios en los aceites esenciales de diferentes especies de plantas (Nishimura *et al.*, 2007, Mosaleeyanon *et al.*, 2005, Johnson *et al.*, 1999).

El uso de té de compost en la agricultura orgánica esta ganado popularidad debido a que mejora la fertilidad y la biología de los suelos (Hargreaves *et al.*, 2009). Ochoa-Martinez *et al.*, (2009), destacan las propiedades de un té de vermicomposta evaluados contra una solución nutritiva convencional en la producción de tomate, en el cual el rendimiento y el tamaño de fruto se vieron disminuidos, sin embargo el contenido de sólidos solubles (°Brix) aumentó. En albahaca cultivada en sistema hidropónico, al usar fertilizaciones orgánicas líquidas se produjeron rendimientos similares en peso fresco al de una solución nutritiva inorgánica (Sucop y Newman, 2004). De esta manera los TC podrían ser una opción viable para utilizarse como fuente de nutrientes orgánicos en la producción agrícola, además se reduciría el uso de fertilizantes convencionales (Rangel *et al.*, 2011). De acuerdo a lo anterior, en este trabajo se planteó como objetivos: 1) evaluar el té de compost de Bagazo de maguey mezcalero como fuente orgánica de nutrientes en el cultivo sin suelo de albahaca y conocer su efecto en el rendimiento en biomasa y 2) evaluar la fisiología, el rendimiento y contenido de aceite esencial de *Ocimum basilicum* L. cultivada bajo diferentes colores de cubierta.

## 2.0 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento de la albahaca cultivada bajo diferentes colores de cubierta y su nutrición orgánica para mejorar el rendimiento de biomasa y contenido de aceite esencial.

### 2.1 Objetivo específicos

Evaluar el efecto de diferentes colores de cubiertas en el rendimiento en biomasa y contenido de aceite esencial de plantas de *Ocimum basilicum* L.

Evaluar la respuesta de una fertilización a base de tés de compost de bagazo de maguey en el rendimiento en biomasa de *Ocimum basilicum* L.

## 3.0 HIPÓTESIS

El uso de cubiertas de colores genera cambios microclimáticos que afectan el comportamiento fisiológico y contenido de aceite en plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.).

La fertilización orgánica a base de tes de compost en plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) produce rendimientos en biomasa similares o superiores a los de una fertilización convencional.

## 4.0 REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Importancia económica de la albahaca

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) pertenece a la familia *Lamiaceae* y a la subfamilia *Nepetoideae*, y es la especie más cultivada de las 160 descritas por Pushpangadan y Bradu (1995). Es una hierba aromática nativa de la India, adaptada a África, así como a varios países del Mediterráneo (Adigüzel *et al.*, 2005) y regiones tropicales, y subtropicales (Makri y Kintzios, 2008). Es usada en fresco, seca y procesada, para formular saborizantes, fragancias, fármacos, medicinas naturales y como especia culinaria.

Las hojas de albahaca son utilizadas para aliviar problemas diuréticos y como estimulante, los aceites esenciales son útiles para aliviar la fatiga mental, tos, espasmos, rinitis (Martins *et al.* 1999 citado por Chalchat y Özcan, 2008). De igual manera los extractos tienen propiedades sedativas y anticonvulsionantes (Freire *et al.*, 2006). Adicionalmente poseen metabólicos secundarios que le confiere propiedades nematocidas, fungistáticas, antifúngicas, insecticida, antiviral, repelente de insectos y antioxidante (Koba *et al.*, 2009 citado por Hassanpouraghdam *et al.*, 2010). El alto valor económico de esta planta se debe a la presencia de fenilpropanoides, como eugenol, clavicol y sus derivados, así como terpenoides, como el monoterpeno, alcohol linalool, metilcinamato y limoneno (Sifola, 2006).

El aceite y oloresinas de albahaca son utilizados en la industria de alimentos con usos prácticos en confitería, panadería, cárnicos y licores (Putievsky y Galambosi, 1999). Su uso más destacado es en la medicina tradicional, perfumería, fármaceutica y medicinas naturales (Zheljazkov *et al.*, 2008). La producción mundial de aceite esencial de *O. basilicum* supera las 43 t·año<sup>-1</sup> (Putievsky y Galambosi, 1999) y sigue en aumento debido al número cada vez mayor de consumidores, las preferencias y el uso diversificado de los compuestos químicos presentes en los aceites (Sangwan *et al.*, 2001). Los países productores son: India, Bulgaria, Egipto, Pakistan, Comoros, Israel, Yugoslavia, Estados Unidos, Madagascar, Albania, Hungría y Argentina (Lawrence, 1993). Estados Unidos, Alemania, Francia, Reino Unido y Países Bajos son los consumidores más grandes de este aceite (Robbins y Greenhalg, 1979).

Los aceites esenciales en albahaca están depositados en tricomas glandulares, que son estructuras especializadas para la síntesis y almacén (Sangwan *et al.*, 2001). Estos tricomas son abundantes en las hojas, pero también están en tallos e inflorescencias. La presencia de aceite esencial y su composición química determinan el aroma y sabor específico de las plantas (Klimánková *et al.*, 2008). El tipo de variedad, las prácticas agronómicas, condiciones ambientales, y los estados fenológicos también afectan la calidad de los aceites esenciales (Zheljazkov *et al.*, 2008; Attokaran, 2011).

El rendimiento de aceite esencial de albahaca es menor al 1%. De las partes aéreas (hojas y tallos) se reporta un rendimiento que va del 0.1 al 0.25%, en las inflorescencias hasta 0.4 % (Attokaran, 2011). El aceite es complejo y de composición variable (Makri y

Kintzios, 2008). La albahaca de diferentes regiones tiene olores y sabores específicos, basados en la predominancia de diversos constituyentes químicos (Attokaran, 2011). Los principales son los monoterpenos y fenilpropanoides (Labra *et al.*, 2004). El 1,8 cineole, linalool, methylchavicol (estragole) y en menor grado el eugenol son los encargados de dar el olor característico a esta hierba.

#### **4.2 Tés de compost como una alternativa ecológica para satisfacer la demanda nutrimental en los cultivos.**

Diversos términos han sido empleados para describir los fermentados líquidos del compost: te de compost, te de compost aireado, te orgánico, extracto de compost, extracto acuoso de compost fermentado, enmiendas líquidas y “slurry” (Diver, 2001).

Un té de compost es un extracto acuoso, producto de sumergir una bolsa con aperturas con composta en agua por un tiempo determinado con el propósito de extraer los nutrientes y los microorganismos benéficos de la composta (Scheuerell y Mahaffee, 2003; Ingham, 2000).

La extracción de los TC se puede elaborar mediante dos formas: te de compost no aireado (TCNA) y te de compost aireado (TCA). El primero involucra un proceso “pasivo”, en el cual la oxigenación no es requerida, y es suficiente el poco oxígeno que se genera al momento del agitado (Scheuerell y Mahaffee, 2003), con lo cual se generan condiciones anaeróbicas, limitando el crecimiento a microorganismos aeróbicos (Kelley, 2004). En el TCA, involucra el aireamiento u oxigenación del

fermentado con el propósito de incrementar y propagar los diferentes grupos de microorganismos benéficos extraídos de la composta (Ingham, 2000). Durante el momento de producción del té en ambos métodos es posible adicionar fuentes de azúcares como alimento para aumentar las poblaciones de microorganismos, por lo regular se utiliza azúcar o molasas (Ingham, 2000).

Las condiciones ambientales como humedad, temperatura y evaporación influyen en la calidad de los TC. Las altas temperaturas volatilizan los nutrientes y la evaporación concentra las sales, en tanto que las bajas temperaturas frenan el crecimiento de las poblaciones microbianas, por lo que es recomendable realizar el proceso de extracción y almacenamiento de los TC en espacios cubiertos (Ingham, 2000).

El contenido nutrimental de los tés está relacionado con el origen de los materiales utilizados para la producción del compost (Ingham, 2000). Por ejemplo Ochoa-Martínez *et al.*, (2009) utilizaron un TC aireado de estiércol de ganado vacuno en el cultivo de tomate, el TC aportó (N, P, K , 219, 18 y 230 mgL<sup>-1</sup> respectivamente) los nutrimentos requeridos para el cultivo de tomate en invernadero, aunque el rendimiento y el tamaño de fruto se vieron limitados por la mayor salinidad que se generó en el ambiente radical, pero fue posible producir más de 18 kg·m<sup>-2</sup> de frutos con mayor cantidad de sólidos solubles (> 4 °Brix), con una menor cantidad de insumos para la fertilización. En otros estudios en tomate al utilizar fertilización orgánica mediante tés de compost, te de vermicompost y lixiviados de compost, los rendimientos en fruto (kg/planta) fueron inferiores a los de una solución Steiner, sin embargo la cantidad de ° Brix fue mayor al

utilizar fertilización orgánica (Rangel *et al.*, 2012). Rippy *et al.* (2004) utilizaron un fertilizante orgánico a base de TC de gallinaza, para producir tomate en invernadero, con resultados similares a los de una fertilización convencional. Son pocas las evidencias científicas relacionadas con el uso de TC en albahaca, Succop y Newman (2004) evaluaron el efecto de un TC de estiércol de gallinas con resultados estadísticamente similares en peso fresco a los de una fertilización convencional. Aunque la química y microbiología de los TC es compleja, tienen un efecto positivo en las plantas, esto es a que poseen minerales solubles, fitohormonas y reguladores del crecimiento, así como microorganismos y metabolitos microbianos que pueden estimular el crecimiento en las plantas (Diver, 2002).

Por otra parte, los TC son efectivos en el control de enfermedades, estudios han demostrado el efecto positivo de los TC disminuyendo la incidencia y severidad de enfermedades, provocadas por hongos y bacterias (Scheuerell, 2003). Al-Mughrabi *et al.*, (2008) reportan el uso de TC, logrando reducir el 80% de infestación de *Streptomyces scabiei* en papa comparado con un tratamiento sin aplicar. Los factores que influyen en la inhibición de enfermedades, se atribuye a que los microorganismos benéficos actúan como antagonistas de fitopatógenos, a través de su capacidad para competir por espacio y nutrientes (Al-Mughrabi *et al.*, 2008), además de segregar compuestos antimicrobianos que inducen resistencia sistémica en las plantas (Zhang, 1988).

### **4.3 Efecto de la luz en el crecimiento, rendimiento y contenido de aceites esenciales**

La luz es el principal factor que controla el crecimiento y desarrollo de las plantas en todas sus etapas fisiológicas (Chang *et al.*, 2008). Sin embargo, también induce la producción de metabolitos secundarios en los aceites esenciales (Nishimura *et al.*, 2007). Por lo cual el control de esta variable puede ser utilizada para producir hierbas medicinales con contenidos más altos en componentes químicos, bajo condiciones controladas Jhonson *et al.*, (1999) reportan que la luz suplementaria de UV-B mejora los niveles de componentes aromáticos volátiles en hojas de albahaca. Los compuestos fenólicos, flavonoles y flavonoides pueden ser estimulados con UV-B (Cuadra, 1997). Los UV-B también mejoran los niveles de compuestos volátiles como phenylpropanoides (eugenol y methileugenol) y terpenoides (linalool, 1-8-cineol y trans b-ocimeno) (Jhonson *et al.*, 1999). El ácido rosmarinico es un polifenol que depende del estado fisiológico de la planta, condiciones ambientales y especialmente de la luz (Shoji *et al.*, 2011). Estudios han reportado que la actividad antioxidante y el contenido total de fenoles se incrementa con radiación continua de luz blanca (Shiga *et al.*, 2009). La luz continua roja y blanca indujeron la acumulación de ácido rosmarinico en albahaca de  $6 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  peso fresco en 14 días, en comparación con la luz azul que produjo una acumulación de solo  $3 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  peso fresco en el mismo tiempo (Shiga *et al.*, 2009). Otro polifenol que es afectado por el tipo de luz, es el ácido cicorico. Shoji *et al.*, (2011) demostró que la mayor concentración ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  peso fresco) en albahaca se obtuvo en un tratamiento con luz blanca, seguido por luz azul y en último la luz roja. En el mismo

experimento fue evaluado el ácido cafeico el cual se incrementó por efecto de la luz, sin embargo no hubo diferencias significativas por efecto de la calidad de la luz de los tratamientos.

Las mallas de sombreo son utilizadas en la agricultura para disminuir los niveles de radiación, proteger a los cultivos de las condiciones ambientales (granizo, vientos fuertes) y plagas. (Shahak *et al.*, 2004; Pérez *et al.*, 2006). La reducción de la radiación con mallas afecta la temperatura del aire, planta y suelo, así como la humedad relativa (Stamps, 2009). Disminuyendo el estrés por calor (Shahak *et al.*, 2004), en tanto la humedad relativa es mayor al interior de las mallas debido al vapor de agua generado por la transpiración de las plantas (Elad *et al.*, 2007). De esta manera las mallas de colores representan un nuevo concepto agrotecnológico, que tienen como objetivo la protección física, junto con la filtración diferencial de la radiación solar para promover respuestas fisiológicas deseadas.

Diversos autores han reportado el efecto del sombreo en el crecimiento y en la fijación de compuestos químicos. Lee *et al.*, (1994) utilizaron tres mallas diferentes para evaluar el efecto de la radiación fotosintéticamente activa en el tamaño de planta, peso y contenido de aceite esencial en albahaca, las mallas evaluadas fueron “cheesecloth” blanco (21% sombra), “cheesecloth” negro (50% sombra) y “Gariso” negro (50% sombra) y un testigo control (sin sombra). El crecimiento fue generalmente mejor con la malla “cheesecloth” blanca y el testigo, con respecto a los demás tratamientos. La altura de la planta fue mejor en la cubierta “cheesecloth” negro, pero el área foliar fue mejor en la malla blanca. No hubo diferencias significativas en el peso fresco de los

tratamientos con respecto al testigo. El contenido de aceite esencial por planta fue mejor en el tratamiento con malla blanca que en el testigo. Esto sugiere que el sombreado es benéfico para la producción de aceite.

Chang *et al.*, (2008) evaluaron tres porcentajes de sombreado y estudiaron el efecto de la radiación en la altura, peso y contenido de compuestos químicos en el aceite esencial de albahaca, los porcentajes de sombreado fueron: 25, 50 y 75%, utilizaron malla verde “*Rokolene*” y sin sombreado (control). La altura y peso fue generalmente mejor en los tratamientos control y con 25% de sombreado. Las respuestas de las plantas a la luz incluye una variedad de adaptaciones fotosintéticas y bioquímicas que son reflejadas en el crecimiento y arquitectura de la planta (Peralta *et al.*, 2002). La composición de los aceites volátiles en el experimento realizado por Chang *et al.*, (2008) demuestra que la luz tiene efecto en la calidad de los aceites esenciales de albahaca. El contenido de compuestos como el metileugenol fue mejor en el tratamiento con 75% de sombreado, sin embargo la mayor cantidad de linalool fue observada en el tratamiento control, para eugenol no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. En este estudio no hubo diferencias en el contenido relativo - pinene,  $\beta$ -pinene, 3-carene and 1,8-cineole bajo diferentes porcentajes de sombreado. Con lo cual sugiere que muchos compuestos químicos mantienen su estabilidad bajo diferentes condiciones de temperatura, sombreado, radiación UV-B y luz azul. La albahaca incrementa su largo y ancho de hoja bajo mallas de color amarillo, en tanto el rendimiento ( $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ ) se ve favorecido al utilizar mallas aperladas y rojas, en comparación con los colores azul o blanco (Shahak, 2008).

Otros autores como Costa *et al.*, (2010) reportan que la mayor altura en albahaca se obtuvo al utilizar una malla roja y azul ChromatiNet®, no hubo diferencias significativas en grosor de tallos, sin embargo el peso seco total fue mejor en el tratamiento sin cubierta. En otros cultivos como en salvia (*Sage officinalis*) no existió diferencia significativa en las concentraciones de -linalool, limoneno, 1, 8 cineol a 100, 45, 27 y 15 % de luz solar, únicamente en (+)-Thujanone que fue mejor en el tratamiento con 45 % y Epimanol que mostro mayor contenido en 27% de luz solar, en tomillo (*Thymus vulgaris*) se obtuvieron mayores concentraciones de Thymol y  $\beta$ -mirceno con un 100% de luz solar (Li y Cracker, 1996).

La disminución del rendimiento de aceites esenciales bajo diferentes niveles de reducción de radiación solar ha sido reportadas en algunas especies aromáticas como *Ocimum basilicum* (Chang *et al.*, 2008), *Salvia sclarea* (Kumar *et al.*, 2013), *Thymus vulgaris* (Li *et al.*, 2000), *Matricaria chamomilla* (Saleh, 1973) y *Mentha piperita* (Clark y Menary, 1980).

## 5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo se llevaron a cabo dos experimentos; los cuales a continuación se describen por separado.

### 5.1 EXPERIMENTO 1.

#### EFFECTO DEL TÉ DE COMPOST DE BAGAZO DE MAGUEY MEZCALERO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.).

Lenin Nicolás-Santana<sup>1</sup>, Gabino Martínez-Gutiérrez<sup>1</sup>, Yolanda D. Ortiz-Hernández<sup>1</sup>, Luicita Lagunes Rivera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR-Unidad Oaxaca. Hornos 1003. Santa Cruz Xoxocotlán, 71230. Oaxaca, México. [leninicolasantana@hotmail.com](mailto:leninicolasantana@hotmail.com)

#### Resumen

Los productos de desecho resultantes de la producción del mezcal (*Agave* spp.) son el bagazo y las vinazas, y de la industria de la copra (*Cocus nuccifera* L.) el agua de coco (AC), que pueden representar una aporte de nutrientes para los cultivos hortícolas. En esta investigación se evaluaron los tratamientos: 1) TC con vinaza, 2) TC con urea, 3) TC con agua de coco, 4) TC solo y 5) testigo (solución Steiner), en plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en cultivo sin suelo bajo área protegida. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue una planta por bolsa de 8 L de capacidad. Las variables evaluadas fueron: a) diámetro de tallos, b) peso seco de hojas, y tallos y d) días a la floración. No hubo

efectos significativos con los téis de compost con respecto al testigo en todas las variables evaluadas. Solamente se observó un adelantó en la floración de tres días. Por lo tanto se recomienda probar el uso de los TC con la solución Steiner.

**Palabras clave:** *agua de coco, vinazas, bagazo de maguey, solución nutritiva*

## Abstract

The waste products from the production of mezcal (*Agave* spp.) are bagasse and vinasses, and copra industry (*Cocos nucifera* L.) coconut water (CW), which may represent a nutrient for horticultural crops. In this research the treatments were evaluated : 1 ) TC with vinasse , 2 ) TC with urea, 3) TC with coconut water , 4 ) TC alone and 5) control ( Steiner solution) , plant basil ( *Ocimum basilicum* L. ) in soilless cultivation under protected area. A completely randomized design with four replicates per treatment was used. The experimental unit was one plant per bag 8 L capacity. The variables evaluated were: a) diameter stems, b) dry weight of leaves, stems and d) days to flowering. There were no significant effects of compost teas compared to the control for all variables evaluated. Only observed a bloom ahead in three days. Therefore it is recommended to test the use of CT with Steiner solution.

KEYWORDS: coconut water, vinasses, bagasse maguey nutrient solution

### 5.1.1 Introducción

En Oaxaca, México se produce el 65% del total de mezcal que se genera en el país (Robles-González *et al.*, 2012). Las cabezas del maguey o “piñas” fueron la materia prima para la producción en el 2011 de 1.6 millones de litros de mezcal (COMERCAM, 2012). Durante el proceso de producción del mezcal se obtiene el “bagazo” de maguey (BM), que es el residuo fibroso que queda después de que las cabezas cocidas de agave son despedazadas, enjuagadas y exprimidas para extraer los jugos fermentables. Para producir un litro de mezcal se requieren entre 15 y 33 kg de agave (Chávez-Guerrero *et al.*, 2010), el cual dependiendo del proceso de molienda se estima que entre 14 y 20 % es bagazo (Gutiérrez *et al.*, 2012). Otro residuo de la industria mezcalera son los destilados de desecho comúnmente llamados “vinazas”, de la cual se generan entre 8 y 15 L por cada litro de mezcal producido (Robles-González *et al.*, 2012). De esta manera la agroindustria mezcalera en Oaxaca produce residuos que son subutilizados. Para el caso del BM, se emplea como combustible en hornos para el cocimiento de ladrillos sin embargo es mayormente incinerado para reducir su volumen y en menor medida es composteado para su aprovechamiento como abono en la agricultura. En cuanto a las vinazas no se les da ninguna utilidad, razón por la cual son vertidas en arroyos, ríos y predios cercanos a las fábricas ocasionando un peligro importante de contaminación ambiental (Chávez-Guerrero *et al.*, 2010). Por otra parte, en Oaxaca se siembran más de 12 mil hectáreas con palma de coco (*Cocus nuccifera* L.), lo cual representa el 9% de la superficie sembrada en México (SIAP, 2012) (<http://www.siap.gob.mx/>). En la industria coprera la parte principal aprovechable es el endospermo para extraer aceite y ralladura (copra). Los subproductos obtenidos son el

mesocarpio o “cascara” que se transforma en cuerdas, alfombras, geotextiles y sustratos para los cultivos, y el endocarpio en carbón activado (Prades *et al.*, 2012). El agua de coco descrita como “bebida deportiva” es utilizada como producto medicinal, biocatalizador, y como medio de cultivo para microorganismos, sin embargo su uso en la horticultura es prácticamente nulo, no obstante se ha demostrado que induce la división de células maduras y que la adición a medios de cultivo aumenta significativamente el crecimiento de callos, la capacidad de regeneración de brotes y crecimiento de brotes en hojas de espinaca cultivadas en discos (Al-Khayri *et al.*, 1992). Los hallazgos científicos relacionados con el aprovechamiento del BM y VM, en la agricultura son escasos. Martínez *et al.*, (2012) encontraron que mezclas de 25 % (v/v) de BM más 75 % (v/v) de vermiculita pueden ser utilizadas como sustrato en cultivo sin suelo para la producción de melón (*Cucumis melo*). Iñiguez *et al.*, (2010) señalan que compostear las VM y BM reduce el contenido de sustancias fitotóxicas siendo útiles de esta manera en la agricultura. Al compostarse el BM y las VM se puede disminuir su efecto nocivo en el ambiente, además de proporcionar nutrientes a las plantas, razón por la cual pueden ser utilizados en la preparación de fertilizantes orgánicos en forma de té de compost (TC). El uso de té de compost en la agricultura orgánica esta ganado popularidad debido a que mejora la fertilidad y la biología de los suelos (Hargreaves *et al.*, 2009). Ochoa-Martinez *et al.*, (2009), destacan las propiedades de un té de vermicomposta evaluados contra una solución nutritiva convencional en la producción de tomate, en el cual el rendimiento y el tamaño de fruto se vieron disminuidos, sin embargo el contenido de sólidos solubles (°Brix) aumentó. En albahaca cultivada en sistema hidropónico, al usar fertilizaciones orgánicas líquidas se

produjeron rendimientos similares en peso fresco al de una solución nutritiva inorgánica (Sucop y Newman, 2004). De esta manera los TC podrían ser una opción viable para utilizarse como fuente de nutrientes orgánicos en la producción agrícola, además se reduciría el uso de fertilizantes convencionales (Rangel *et al.*, 2011). Aunque la química y microbiología de los TC es compleja, tienen un efecto positivo en las plantas, esto es a que poseen minerales solubles, fitohormonas y reguladores del crecimiento (Arancon *et al.*, 2007) así como microorganismos y metabolitos microbianos que pueden estimular el crecimiento en las plantas (Diver, 2002). Además los TC son efectivos en el control de enfermedades provocadas por hongos y bacterias (Scheuerell, 2003). De acuerdo a lo anterior, en este trabajo se planteó como objetivo: evaluar el Té de compost de Bagazo de maguey mezcalero como fuente orgánica de nutrientes en el cultivo sin suelo de albahaca y conocer su efecto en el rendimiento en biomasa.

### 5.1.2 Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en un invernadero tipo túnel con cubierta de polipropileno blanco de 300 m<sup>2</sup>, durante los meses de agosto a septiembre del 2012, en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR) ubicado en el municipio de Santa Cruz Xococotlan, Oax. (17° 01´ 43” N; 96° 43´ 14”O) a 1535 msnm. Los tratamientos consistieron en la aplicación de cuatro fuentes de fertilización en forma de té de compost: 1) Té de bagazo de maguey adicionado con Urea (BM urea), 2) Té de Bagazo de maguey adicionado con Vinazas (BM vinazas), 3) Té de Bagazo de maguey adicionado con agua de coco (BM coco), 4) Té de bagazo (BM) solo, y una solución nutritiva (Steiner, 1984), los tratamientos se distribuyeron en un arreglo completamente al azar con cuatro repeticiones. Para la preparación de los té se utilizó bagazo de maguey (BM) mezcalero (*A. agustifolia* Haw.) con seis meses de apilado a la intemperie, proveniente de una empresa productora de mezcal artesanal del municipio de San Carlos Yautepec, Oaxaca. Se construyeron cuatro camas metálicas de 3.5 x1.5 x 0.30 m sobre las cuales se depositaron 0.2 m<sup>3</sup> de BM, adicionalmente se incorporó a cada cama 50 L de vinazas, 50 L agua de coco, 2 kg de urea (46 % N) y se dejó una cama sin aplicarle nada (únicamente bagazo de maguey). Las camas se protegieron del sol y la lluvia bajo un techo metálico a una temperatura mínima de 15±3 °C y máxima de 27±4°C a la sombra. Cada 5 días las pilas de BM se voltearon manualmente y se regaron con 30 L de agua de pozo, los lixiviados del compost se reincorporaron al apilado, el tiempo de compostaje duro 180 días. Los TC se obtuvieron de acuerdo al método propuesto por Ingham (2005) modificado, para lo cual se colocaron 50 L de BM (de cada cama de

composteo) en bolsas de yute, posteriormente se introdujeron en tinacos con 200 L de agua de pozo. Por un periodo de 51 horas la bolsa con compost se aireó. El filtrado de los téis se hizo por decantación y por filtrado en tamiz de 53 micrones (270 mesh por pulgada), se almacenaron en bidones de 60 L y se colocaron en un cuarto a la sombra hasta el momento de su uso. Las diferentes fuentes de fertilización fueron evaluadas en plantas de albahaca cv. Nufar F1 cultivadas en bolsas con perlita. La siembra de semillas se hizo en charolas de 200 alveolos usando como sustrato turba rubia y perlita en una relación de 2:1 respectivamente. Las plántulas se trasplantaron a los 35 d después de la siembra cuando las plántulas presentaron de 4 a 5 pares de hojas verdaderas en bolsas de plástico negras (8 litros) con perlita. Se sembró una plántula por bolsa y en total se establecieron 24 bolsas por tratamiento. El pH en los TC se ajustó a 6.5 con ácido cítrico (Capulín *et al.*, 2007). Las fuentes de fertilización se depositaron en tinacos de 200 L y mediante bombeo se realizó el riego por goteo, el volumen de riego tanto en las soluciones nutritivas orgánica e inorgánica varió de acuerdo a la etapa fenológica, se aplicaron 600 ml del día uno al día 15 ddt y 1200 ml, del día 16 al término del experimento (45 ddt). Los datos morfológicos en plantas de albahaca fueron obtenidos a los 45 ddt en la etapa de flor abierta (cuando apareció la corola labiada y los labios superior e inferior divergieron el uno del otro) (Szabó y J. Bernáth, 2002), la hora del corte fue entre las 10- 12 am (Carvalho Filho *et al.*, 2006), tres rasgos cuantitativos se determinaron fresco: diámetro de tallos, altura de plantas y días a la floración. Las hojas y tallos de albahaca se secaron a 60°C hasta peso constante y se determinó el peso seco (Siddiqui *et al.*, 2011). Los datos obtenidos se sometieron al procedimiento de análisis de varianza (ANOVA) usando el software

estadístico SAS, y las medias fueron comparadas utilizando una prueba de Tukey's (P 0.05).

### 5.1.3 Resultados y discusión

En el cuadro 1, se observa que la adición de residuos orgánicos (agua de coco, vinazas) y urea a las pilas de composteo de bagazo de maguey aumento el contenido de elementos en los tés de compost en comparación con el tratamiento que únicamente se composteo el BM. La mayor concentración de N se determinó en el TC de BM adicionado con urea ( $160 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), sin embargo las cantidades de P y K no aumentaron como sucedió cuando se agregó vinazas y agua de coco a las pilas de compostaje (Cuadro 1). La adición de agua de coco al compost de BM aumento las cantidades de P, K, Ca y Mg, con respecto al TC de BM, sin embargo las cantidades de N no aumentaron considerablemente, al respecto Santoso *et al.*, (1996) reportan en la composición mineral del agua de *Cocos nucifera* la presencia de P, K, Ca y Mg en valores de 12.6, 255, 31.3 y  $9.3 \text{ mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$  respectivamente, no a si la presencia de N. El contenido de P, en los TC con vinazas de maguey, agua de coco, y urea aumento en 51, 76 y 12 % con respecto al TC que únicamente se composteo el BM. En el TC de BM con vinazas las cantidades de K fueron 69% más altas con respecto al TC de BM solo. Las vinazas de acuerdo a Robles-González *et al.*, (2012) poseen contenidos elevados de solidos disueltos, entre los cuales destacan el nitrógeno, fosfatos y sulfatos. El bajo contenido de N en los TC se debe a que el bagazo de *Agave spp.*, es considerado un residuo lignocelulósico y como tal tienen poco contenido de nitrógeno (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2013).

Las fertilizaciones orgánicas a base TC de BM mostraron diferencias significativas en las variables de crecimiento analizadas en albahaca con respecto a la solución Steiner. De los tratamientos orgánicos los TC de vinazas y agua de coco presentaron el mayor grosor de plantas, sin embargo no fueron superiores a las plantas fertilizadas con solución Steiner (Figura 1). Las plantas fertilizadas orgánicamente mostraron la menor altura y menor diámetro de tallos (Figuras 2 y 3) y el menor rendimiento en biomasa seca de hojas y tallos (Cuadro 2). El TC de BM con vinazas, presentó la menor diferencia en peso seco de hojas y tallos (61.8 y 71.9 %) con respecto a la solución nutritiva de Steiner (Cuadro 2). Pant *et al.*, (2009) indican que el crecimiento y producción de biomasa en plantas de *Brassica rapa* fertilizadas con te de compost y vermicompost se debe principalmente a que los nutrientes se encuentran en forma iónica y por lo tanto disponibles para las plantas. Sin embargo, los resultados en albahaca pudieron deberse a que las plantas obtienen los nutrientes más eficientemente cuando se emplea una solución balanceada (Steiner, 1984) y en las formas iónicas que las plantas puedan aprovechar (Ikeda *et al.*, 2002; Ramos *et al.*, 2002), además que la dilución del compost de bagazo de maguey en agua, para la elaboración de tes disminuyó la concentración de nutrientes como el N (García-Gómez *et al.*, 2008), el cual es elemento necesario para el crecimiento vegetativo, fotosíntesis y síntesis de carbohidratos, de lo cual depende el rendimiento en biomasa. Un factor importante que afecta la cantidad y calidad del rendimiento de albahaca son los niveles de fertilización con N (Sifola y Barbery, 2006). A pesar del mayor rendimiento obtenido en la fertilización inorgánica, la relación beneficio-costó podría ser menor al utilizar TC de BM, debido a los altos costos que implica el uso de fertilizantes de síntesis (Gómez,

*et al.*, 1999) y al bajo costo que representa la fertilización orgánica en comparación con la fertilización tradicional (Márquez- Hernández, 2004).

El inicio de la floración en plantas fertilizadas con té de compost se adelantó con respecto a la solución nutritiva. Con fertilización inorgánica la floración se inició a los 34.2 ddt, el tratamiento que inicio más rápido la floración (28 ddt) fue el té de compost de BM solo. Una deficiencia nutricional en las plantas puede ser considerada como un factor de estrés por lo que puede inducir la floración temprana, este mecanismo asegura la descendencia de la especie (Wada y Takeno, 2010).

Cuadro 1. Contenido de elementos en la solución nutritiva convencional y en los té de compost de bagazo de maguey mezcalero adicionado con materiales orgánicos y convencionales para su evaluación en la nutrición vegetal de albahaca.

Elemento	SN	BM	BM	BM	BM
			Vinazas	Coco	Urea
mg-L-1					
N	168	37.9	62.2	39	160
P	31	4.97	7.51	8.78	5.6
K	273	121	205	157	128
Ca	180	186	328	249	280
Mg	48	51.4	59.1	59.6	66
S	336	341	360	290	226
Fe	3.78	0.26	0.3	0.25	0.25
Cu	0.78	0.12	0.16	0.11	0.11
B	0.26	0.26	0.64	0.71	0.46
Zn	2.66	1.59	1.39	1.52	2.33
Mn	0.8	0.08	0.38	0.26	0.13
Na	ND*	93	127	103	97.7

ND\*: No Disponible

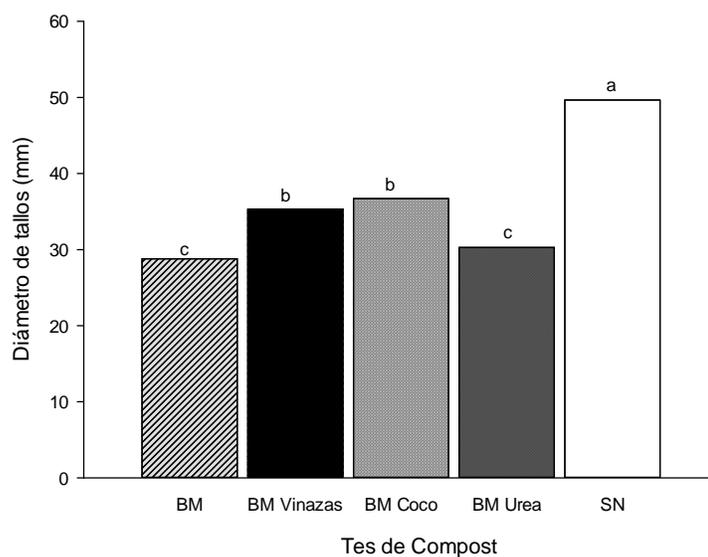


Figura 1: Efecto de los tés de compost de bagazo de maguey en el diámetro de plantas de *Ocimum basilicum* a los 45 ddt.

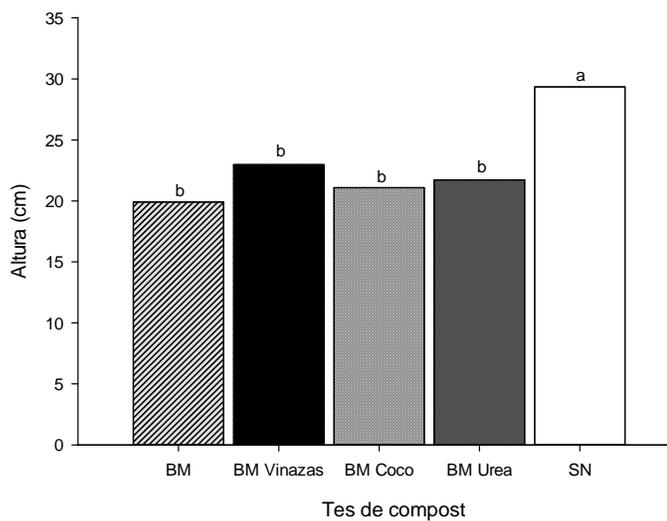


Figura 2. Efecto de los tés de compost de bagazo de maguey en la altura de plantas de *Ocimum basilicum* L. evaluadas a los 45 ddt

Cuadro 2: Efecto de las diferentes fuentes de fertilización sobre la biomasa seca de *O. basilicum* cosechada a los 45 ddt.

Tratamiento	peso seco (gplanta <sup>-1</sup> )	
	hojas	tallos
BM*	7.14 b <sup>1</sup>	2.58 b
BM Vinazas	10.80 b	3.85 b
BM Coco	8.15 b	2.93 b
BM Urea	7.50 b	2.93 b
SN**	28.33 a	13.70 a

\* BM: Bagazo de Maguey

\*\* SN: Solución Nutritiva

<sup>1</sup>Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas (Tukey, 0.05).

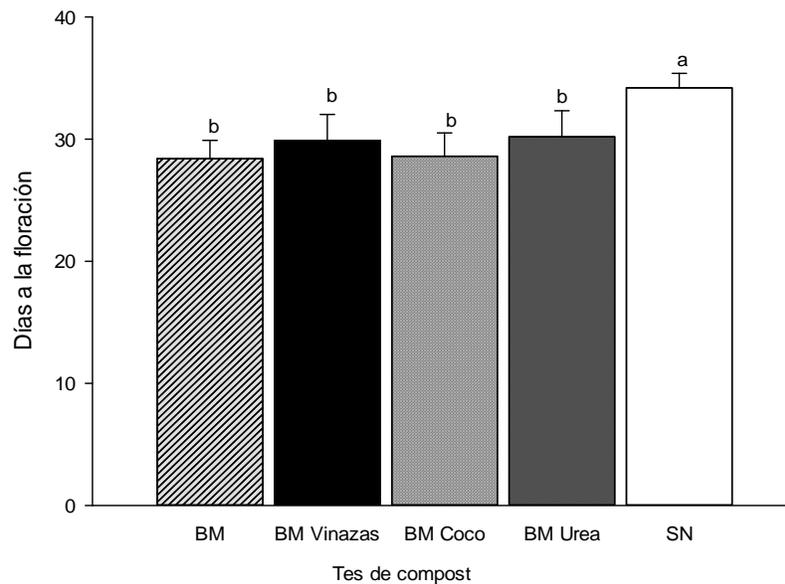


Figura 3: Efecto de los téis de compost en el inicio de la floración de plantas de *Ocimum basilicum* L.

#### **5.1.4 Conclusiones**

La fertilización con el uso de téis de compost mostró menores rendimientos en peso seco de hojas y tallos así como en la altura y diámetro de tallos. Los TC aportaron nutrientes al cultivo de albahaca, pero no en la cantidad y concentración al de una solución inorgánica, lo que resultó en una menor biomasa. Sin embargo fue posible producir 40% de lo producido con una solución Steiner al utilizar el TC con vinazas, esto con una menor cantidad de insumos y aprovechando subproductos que por sí solos generan riesgos de contaminación ambiental. Por lo que los TC de BM pueden ser una opción viable para ser utilizada como fuente de nutrimentos en la producción de albahaca en cultivo sin suelo e invernadero.

### 5.1.5 Literatura citada

- ARANCON, N. Q., EDWARDS, C. A., DICK, R. & DICK, L. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle*, 48, 51.
- CAPULÍN-GRANDE, J., AGUILAR-ACUÑA, J., NÚÑEZ-ESCOBAR, R., ESTRADA-BOTELLO, M., SÁNCHEZ-GARCÍA, P. & MATEO-SÁNCHEZ, J. 2007. Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 13, 5-11.
- CARVALHO FILHO, J. L. S., BLANK, A. F., ALVES, P. B., EHLERT, P. A., MELO, A. S., CAVALCANTI, S. C., ARRIGONI-BLANK, M. D. F. & SILVA-MANN, R. 2006. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16, 24-30.
- CHÁVEZ-GUERRERO, L., FLORES, J. & KHARISSOV, B. 2010. Recycling of ash from mezcal industry: A renewable source of lime. *Chemosphere*, 81, 633-638.
- DIVER, S. 2001. Notes on Compost Teas: A 2001 supplement to the ATTRA publication: Compost Teas for Plant Disease Control. *ATTRA publication, Fayetteville, Arkansas*.
- GARCIA-GOMEZ, C. R., DENDOOVEN, L. & GUTIERREZ-MICELI, A. F. 2008. Vermicomposting leachate (worm tea) as liquid fertilizer for maize (*Zea mays* L.) forage production. *Asian Journal of Plant Sciences*, 7.
- GÓMEZ, T., GÓMEZ, C. & SCHWENTESIUS, R. Year. La Producción y Comercialización de Hortalizas Orgánicas de México. *In: Il Congreso Nacional Agropecuario y Forestal: Por un Desarrollo Rural Sustentable. Programa General y Resúmenes. Universidad Autónoma Chapingo. Congreso Agrario Permanente. México, 1997. 69.*
- GUTIÉRREZ, G. A. M., ALTAMIRANO, G. Z. & URRESTARAZU, M. 2012. Maguey bagasse waste as sustainable substrate in soilless culture by melon and tomato crop. *Journal of Plant Nutrition*, 35, 2135-2144.
- GUTIÉRREZ, G. A. M., COVARRUBIAS, G. Í., ORTIZ-HERNÁNDEZ, Y. D., LÓPEZ, J. Y. & BAUTISTA, M. A. 2013. Tiempos de apilado del bagazo del maguey mezcalero y su efecto en las propiedades del compost para sustrato de tomate. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 209-216.
- HARGREAVES, J. C., ADL, M. & WARMAN, P. R. 2009. Are compost teas an effective nutrient amendment in the cultivation of strawberries? Soil and plant tissue effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 390-397.
- IKEDA, H., KOOHAKAN, P. & JAENAKSORN, T. Year. Problems and countermeasures in the re-use of the nutrient solution in soilless production. *In: International Symposium on Design and Environmental Control of Tropical and Subtropical Greenhouses 578, 2001. 213-219.*
- INGHAM, E. R. 2000. *The compost tea brewing manual*, Unisun Communications Corvallis, Oregon,, USA.
- ÍÑIGUEZ, G., ACOSTA, N., MARTÍNEZ, L., PARRA, J. & GONZÁLEZ, O. 2010. Utilización de subproductos de la industria tequilera. Parte 7. compostaje de

- bagazo de agave y vinazas tequileras. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 21, 37-50.
- MÁRQUEZ-HERNÁNDEZ, C., CANO-RÍOS, P., CHEW-MADINAVEITIA, Y., MORENO-RESÉNDEZ, A. & RODRÍGUEZ-DIMAS, N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12, 183-189.
- OCHOA-MARTÍNEZ, E., FIGUEROA-VIRAMONTES, U., CANO-RÍOS, P., PRECIADO-RANGEL, P., MORENO-RESÉNDEZ, A. & RODRÍGUEZ-DIMAS, N. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Rev. Chapingo Serie-Horticultura*, 15, 245-250.
- PANT, A. P., RADOVICH, T. J., HUE, N. V., TALCOTT, S. T. & KRENEK, K. A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 2383-2392.
- PRADES, A., DORNIER, M., DIOP, N. & PAIN, J.-P. 2012. Coconut water uses, composition and properties: a review. *Fruits*, 67, 87-107.
- RAMOS-LARA, C., ALCÁNTAR-GONZÁLEZ, G., GALVIS-SPINOLA, A., PEÑA-LOMELÍ, A. & MARTÍNEZ-GARZA, A. 2002. Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cáscara en Fertirriego. *Terra*, 20, 465-469.
- RANGEL, P. P., HERNÁNDEZ, M. F., GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L., PUENTE, E. R., RIVERA, J. R. E., HERRERA, A. L., CASTRUITA, M. Á. S. & VIDAL, J. O. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia*, 36, 689-693.
- ROBLES-GONZÁLEZ, V., GALÍNDEZ-MAYER, J., RINDERKNECHT-SEIJAS, N. & POGGI-VARALDO, H. M. 2012. Treatment of mezcal vinasses: A review. *Journal of Biotechnology*, 157, 524-546.
- SANTOSO, U., KUBO, K., OTA, T., TADOKORO, T. & MAEKAWA, A. 1996. Nutrient composition of *kopyor* coconuts (*Cocos nucifera* L.). *Food Chemistry*, 57, 299-304.
- SCHEUERELL, S. & MAHAFFEE, W. 2002. Compost Tea: Principles and Prospects. *Compost Science & Utilization*, 31, 3.
- SIDDIQUI, Y., ISLAM, T. M., NAIDU, Y. & MEON, S. 2011. The conjunctive use of compost tea and inorganic fertiliser on the growth, yield and terpenoid content of *Centella asiatica*(L.) urban. *Scientia Horticulturae*, 130, 289-295.
- SIFOLA, M. I. & BARBIERI, G. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. *Scientia Horticulturae*, 108, 408-413.
- STEINER, A. Year. The universal nutrient solution. *In: 6. International Congress on Soilless Culture*, Lunteren (Netherlands), 29 Apr-5 May 1984, 1984. ISOSC.
- SUCCOP, C. E. & NEWMAN, S. E. 2004. Organic fertilization of fresh market sweet basil in a greenhouse. *HortTechnology*, 14, 235-239.
- SZABO, K. & BERNATH, J. Year. Investigations of flowering dynamics of the basil (*Ocimum basilicum* L.) and its production consequences. *In: International Conference on Medicinal and Aromatic Plants. Possibilities and Limitations of Medicinal and Aromatic Plant* 576, 2001. 105-112.

WADA, K. C. & TAKENO, K. 2010. Stress-induced flowering. *Plant signaling & behavior*, 5, 944-947.

## 5.2 EXPERIMENTO 2

### CRECIMIENTO Y CONTENIDO DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.) CULTIVADA BAJO DIFERENTES COLORES DE CUBIERTA.

Lenin Nicolás-Santana<sup>1</sup>, Gabino Martínez-Gutiérrez<sup>1</sup>, Yolanda D. Ortiz-Hernández<sup>1</sup>,  
Luicita Lagunes Rivera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR-Unidad Oaxaca. Hornos 1003. Santa Cruz Xoxocotlán, 71230. Oaxaca, México. [leninicolasantana@hotmail.com](mailto:leninicolasantana@hotmail.com)

#### Resumen

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una planta aromática nativa de la India, es utilizada ampliamente en el arte culinario y en la industria farmacéutica. Los factores ambientales pueden afectar el rendimiento en biomasa, calidad y cantidad de aceites esenciales en especies aromáticas y el efecto de la luz, no ha sido completamente investigado. En el presente estudio se investigó el efecto de seis colores de cubiertas de polietileno (negra, amarilla, roja, gris, azul y blanca) y un testigo sin cubierta en la producción de biomasa y contenido de aceite esencial de plantas de albahaca cultivadas en suelo. La distribución de los tratamientos se realizó mediante un diseño completamente al azar. Las plantas que se desarrollaron a pleno sol, fueron superiores en número de inflorescencias, brotes y diámetro de tallos. La mayor altura de plantas se presentó bajo la cubierta negra pero produjo menor biomasa seca de hojas, tallos e inflorescencias. Los mayores rendimientos de aceite se obtuvieron en la cubierta roja y

en el testigo sin cubierta. Para futuras investigaciones se recomienda evaluar la combinación de cubiertas de colores y soluciones nutritivas.

Palabras clave: *biomasa, cubiertas de polietileno, aceite, albahaca*

## Abstract

Basil (*Ocimum basilicum* L.) is an aromatic plant native of India, is widely used in the culinary arts and the pharmaceutical industry. Environmental factors can affect the biomass yield, quality and quantity of essential oils in aromatic species and the effect of light, has not been fully investigated. In the present study the effect of six colors of polyethylene covers (black, yellow, red, gray, blue and white) and a control without cover on biomass production was investigated and essential oil content of basil plants grown in soil. The distribution of treatments was performed using a completely randomized design. The plants were grown in full sun, were superior in number of inflorescences, buds and stem diameter. The tallest plant was presented under the black cover but produced less dry biomass of leaves, stems and inflorescences. The highest oil yields were obtained in the red cover and the control without cover. For future research it is recommended to evaluate the combination of colors and covers nutritional solutions.

Keywords: biomas, polyethylene covers, oil, basil

### 5.2.1 Introducción

La albahaca (*Ocimum basilicum*, Lamiaceae) es una planta aromática nativa de la India y la especie más cultivada del género *Ocimum* (Pushpangadan y Bradu, 1995), mundialmente es conocida como la “reina de las hierbas” (Makri and Kintzios, 2008). Aparte del uso culinario en fresco y seco de hojas y tallos (Chalchat y Özcan, 2008), el aceite esencial es utilizado para formular saborizantes, fragancias, fármacos y medicinas naturales (Zheljazkov *et al.*, 2006). La producción mundial de aceite esencial de *O. basilicum* supera las 43 t·año<sup>-1</sup> (Putievsky y Galambosi, 1999) y sigue en aumento debido al número cada vez mayor de consumidores, las preferencias y el uso diversificado de los compuestos químicos presentes en los aceites (Sangwan *et al.*, 2001). El valor comercial de varias hierbas aromáticas en donde se incluye a *O. basilicum* está en función del rendimiento en biomasa y calidad de sus aceites esenciales (Hälvä *et al.*, 1992, Hälvä *et al.*, 1993), la presencia de compuestos en los aceites esenciales como el eugenol, clavigol, alcohol linalool, metil cinamato y limoneno determinan su valor económico en el mercado de esencias (Sifola y Barbieri, 2006). En México se cultivan 500 hectáreas con albahaca (SIAP, 2011) ([www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx)), Baja California Sur y Nayarit son los estados con mayor superficie cultivada. En el estado de Oaxaca, México el cultivo de *O. basilicum* es de traspatio y se utiliza en la medicina herbolaria para curar dolores de estómago, vomito, cólicos, así como para rituales ceremoniales (Klimánková *et al.*, 2008). La producción de albahaca en Oaxaca para su venta en fresco, seca y en aceite esencial no ha sido estudiada, por esta razón existe un gran interés en esta hierba. Por otra parte, los factores ambientales como la temperatura (Hälvä *et al.*, 1993, Chang *et al.*, 2008), el fotoperiodo y la radiación solar

pueden afectar el rendimiento en biomasa, calidad y cantidad de aceites esenciales en especies aromáticas (Hälvä *et al.*, 1993, Klimánková *et al.*, 2008), el efecto de la luz, no ha sido completamente investigado (Loughrin y Kasperbauer, 2003, Costa *et al.*, 2010a, Amaki *et al.*, 2011). La luz es la fuente primaria de energía para las plantas (Stuefer y Huber, 1998), alteraciones en el espectro e incidencia de la radiación electromagnética son los principales factores que interviene en la morfología y fisiología de las plantas (Chang *et al.*, 2008) además influyen en el rendimiento y composición de los aceites esenciales (Costa *et al.*, 2010a, Amaki *et al.*, 2011). La síntesis de precursores químicos para terpenoides y polipropanoides está conectada con procesos que favorecen la acumulación de fotosintatos y aumentos en la fotosíntesis mejoran la formación de tales compuestos (Hälvä *et al.*, 1992). Los altos niveles de radiación en albahaca pueden incrementar el contenido relativo de linalool y eugenol, sin embargo bajos niveles de radiación incrementan significativamente el contenido de metileugenol. Con el manejo de la luz se puede aumentar los rendimientos en biomasa y componentes químicos de las plantas medicinales y aromáticas además de inducir la producción de metabolitos secundarios en los aceites esenciales de diferentes especies de plantas (Nishimura *et al.*, 2007, Mosaleeyanon *et al.*, 2005, Johnson *et al.*, 1999). De acuerdo a lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la fisiología, el rendimiento y contenido de aceite esencial de *Ocimum basilicum* L. cultivada bajo diferentes colores de cubierta.

### 5.2.2 Materiales y métodos

El presente estudio se realizó del 20 de febrero al 21 de mayo 2013 en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México (1530 msnm, 17° 1' 31" LN y 96° 43' 11" LO). Los meses con mayores precipitaciones son Junio, Julio, Agosto y Septiembre con precipitaciones superiores a los 100 mm mensuales (Figura 1). El periodo más caluroso con temperatura superior de 30 °C se presenta de marzo a mayo. Las temperaturas más bajas se registran en los meses de noviembre a enero (Figura 2).

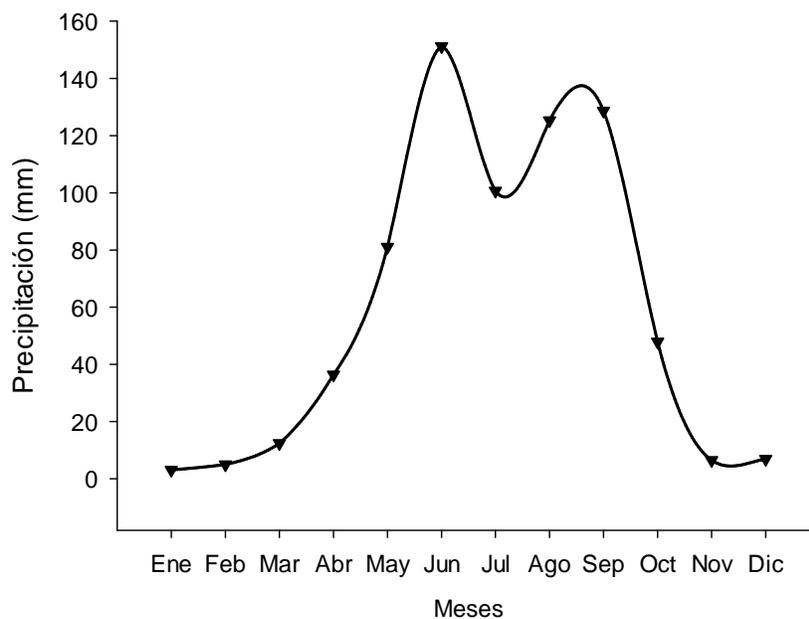


Figura 1: Precipitación promedio mensual en la estación de producción de *Ocimum basilicum*. Fuente: CNA, estación 20329, Fortin, Oaxaca. Periodo histórico de 1951-2010.

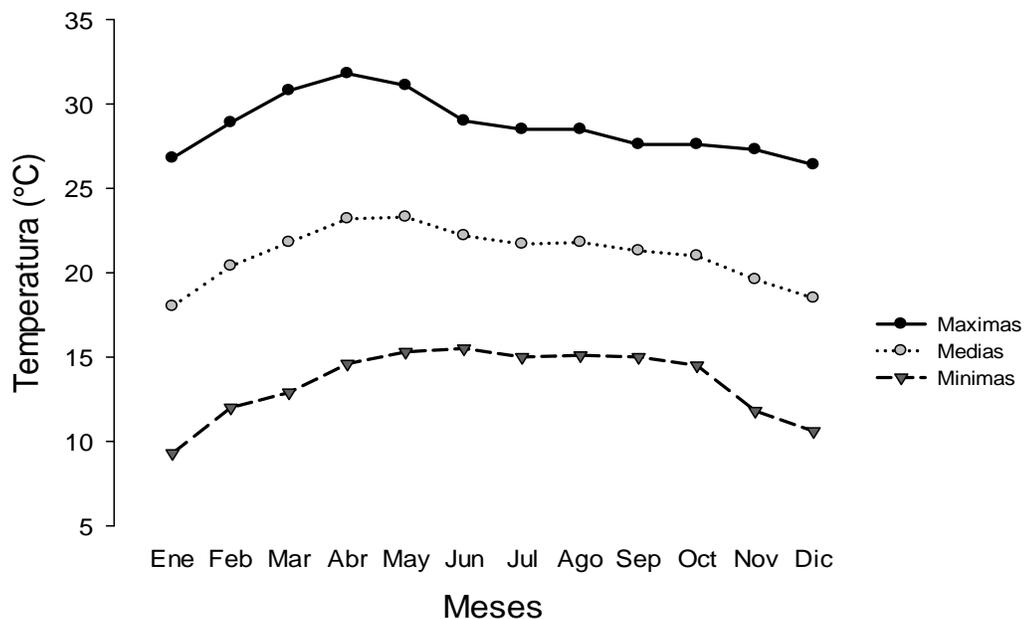


Figura 2. Temperaturas en la estación de producción de *Ocimum basilicum*.

Fuente: CNA, estación 20329, Fortín, Oaxaca. Periodo histórico de 1951-2010.

Se construyeron estructuras de madera con dimensiones de 2.5 x 1.5 x 1.0 m (largo x ancho x alto) y se cubrieron totalmente con mallas de distinto color. Se utilizaron seis colores de mallas de polietileno: negro, amarillo, rojo, gris, azul y blanco con 50, 70, 70, 65, 68 y 78 % de trasmittancia de RFA (Radiación Fotosintéticamente Activa, 400-700 nm), respectivamente (correspondiente a 50, 30, 30, 35, 32 y 22 % de sombreo, respectivamente y un tratamiento sin cubierta (testigo). El material vegetal usado en este experimento fueron plantas de *O. basilicum* cv. Nufar F1. Las semillas fueron sembradas en charolas de poliestireno de 200 cavidades en una mezcla de sustrato de bagazo de maguey (compostado y seco): perlita (2:1 vol/vol). El semillero se regó diariamente con una solución nutritiva al 50% de la señalada por Urrestarazu (2004). El trasplante se realizó bajo cada cubierta a una densidad de 6.5 plantas·m<sup>-2</sup> a los 25 días

cuando las plantas presentaron cinco pares de hojas verdaderas y 12 cm de altura, la fertilización se realizó vía fertirrigación con solución nutritiva al 100% (Urrestarazu, 2004), se monitoreo el pH y la conductividad eléctrica en goteros ajustándose en los rangos de 5.9 a 7.1 (pH) y entre 2 y 2.6  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  (CE). Los tratamientos se distribuyeron completamente al azar con 3 repeticiones. En cada tratamiento, se determinó la RFA, tasa fotosintética y conductancia estomática a las 12:00 horas utilizando un equipo LI6400 (LICOR, USA). La temperatura del aire al interior de cada cubierta se obtuvo midió con sensores digitales modelo H08-007-02 (Onset, USA). Se realizaron dos cortes en plantas de albahaca, el primero para uniformizar el cultivo a los 45 días después del trasplante (ddt), a 10 cm (en el tallo principal) por encima de la superficie del suelo, dejando las yemas vegetativas de ramas secundarias de donde emitieron nuevos brotes vegetativos que fueron cortados nuevamente a los 45 días. Las variables respuesta analizadas en el segundo corte fueron: altura de planta, grosor de tallos, número de brotes en el tallo principal, peso seco de tallos, hojas e inflorescencias y número de inflorescencias. Las hojas de albahaca cosechadas en el segundo corte (90 ddt) se les eliminó el exceso de agua con aire caliente ( $40\pm 5$  °C) a presión durante 30 minutos, posteriormente se secaron de manera natural a la sombra en un cuarto con temperaturas entre  $25\pm 5$  °C en un tiempo de 60 días y se determinó el peso seco. El aceite esencial se obtuvo de muestras de 100 g de hojas secas mediante hidrodestilación en un aparato tipo Clevenger adaptado a un horno de microondas de 1300 W (modelo mw1235wb, Samsung, Korea) (Wang *et al.*, 2010). Los aceites esenciales extraídos se secaron sobre anhídrido sodio sulfato y se almacenaron en refrigeración en frascos de vidrio ámbar a 4 °C, hasta su análisis (Hussain *et al.*, 2008).

Los datos obtenidos se sometieron al procedimiento de análisis de varianza (ANOVA) usando el software estadístico SAS, y las medias fueron comparadas utilizando una prueba de Tukey's (P 0.05).

### 5.2.3 Resultados y discusión

Al interior de las seis cubiertas de colores la temperatura fue menor que en el tratamiento sin cubierta (testigo). Durante las doce semanas que duro el cultivo de albahaca (*O. basilicum* L.) la cubierta negra ocasionó la disminución de la temperatura, en promedio 3.1°C, también la cubierta amarilla y blanca la disminuyeron, pero únicamente en 1.6°C en comparación al tratamiento sin cubierta. Resultados similares fueron encontrados por Song *et al.*, (2012) en cultivo protegido de *Benincasa hispida* (*Cucurbitaceae*) en donde las cubiertas de color azul y negra disminuyeron la temperatura en 15 y 16 % respectivamente, en comparación con la temperatura del cultivo sin cubierta. Contrariamente, al utilizar mallas de colores como cubiertas en *Pittosporum variegatum* (*Pittosporaceae*) no se encontraron diferencias significativas para la temperatura ambiental, probablemente por la buena ventilación del sitio donde se efectuó el experimento (Oren-Shamir *et al.*, 2001). La disminución de la temperaturas se debe al bloqueo de la RFA (Stamps, 2009, Chang *et al.*, 2008) y a la intensidad del sombreado provocado por las cubiertas de colores (Smith, 1982, Iglesias y Alegre, 2006). La diferencia de temperaturas entre las cubiertas se atribuye a que las cubiertas claras presentan hilos parcialmente transparentes por lo que se necesitan un mayor número de hilos para crear el mismo factor de sombra que con hilos negros en

cubiertas oscuras, lo que resulta en agujeros más pequeños y zonas menos abiertas, las diferencias en el tamaño de orificio tienen impacto directo en la disminución de la temperatura (Arthurs *et al.*, 2013).

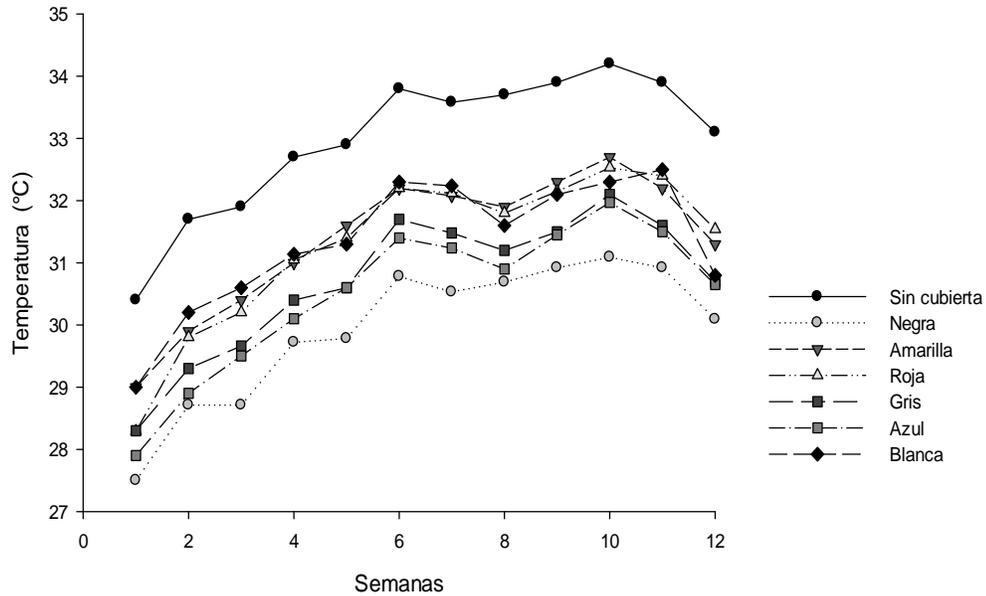


Figura 3: Temperaturas máximas semanales del interior de las diferentes cubiertas de colores.

La fotosíntesis a excepción de la cubierta roja fue significativamente reducida por las mallas de colores, la asimilación de CO<sub>2</sub> se dio en un rango de 23.17 (sin cubierta) a 16.94  $\mu\text{molesm}^{-2}\text{s}^{-1}$  (cubierta negra) (Cuadro 1). Probablemente el aumento de la fotosíntesis en la cubierta roja se debió a que los picos de espectro de transmitancia de luz solar (superiores a 600 nm) en mallas rojas son más elevados que en mallas azules, negras y aperladas (Arthurs *et al.*, 2013). La conductancia estomática al igual

que la fotosíntesis se vio reducida al utilizar cubiertas, al respecto Kumar *et al.*, (2013) indican que la fotosíntesis y la conductancia estomática son directamente proporcionales a la RFA. El sombreado en los cultivos modifica el microclima local, estos cambios en el microclima modifican la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> y consecuentemente el desarrollo y crecimiento de las plantas. De acuerdo a Chang *et al.*, (2005) al disminuir la temperatura se disminuye la conductancia estomática y la tasa fotosintética en albahaca.

Cuadro 1: Respuesta fisiológica de *O. basilicum* L. cultivada en suelo y bajo diferentes colores de cubierta.

Color de cubierta	Tasa Fotosintética $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Tasa de Transpiración $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Conductancia Estomática $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
Sin cubierta	23.17 a <sup>1</sup>	8.30 a	0.80 a
Negra	16.94 b	7.92 a	0.47 c
Amarilla	17.81 b	7.39 a	0.50 c
Roja	22.44 a	7.79 a	0.75 ab
Gris	17.15 b	7.74 a	0.49 c
Azul	18.10 b	8.11 a	0.67 b
Blanca	18.82 b	7.53 a	0.44 c

<sup>1</sup>Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas (Tukey, 0.05).

A excepción de la cubierta negra, las plantas que crecieron en las cubiertas de colores fueron estadísticamente similares en altura al testigo (Cuadro 2). Las planta bajo la cubierta negra, se vieron estimuladas, aumentando 12.7 % la altura con respecto al testigo, esto coincide con lo señalado por Moniruzzaman *et al.*, (2009) los cuales

indican que las plantas cultivadas en bajos niveles de luz muestran mayor dominancia apical que las cultivadas a altos niveles dando como respuesta plantas superiores en altura. Así también mientras mayor es la tasa de fluencia (irradiación) más débil es la dominancia apical (Cline, 1991). Las especies de sol tienen estrategias para evitar el sombreado mediante la movilización de todos los carbohidratos disponibles (altas tasas de respiración) y el incremento en la elongación del tallo a expensas del desarrollo de las hojas (Smith, 1982; Corré, 1984). El engrosamiento del tallo principal no fue estadísticamente significativo entre las cubiertas blanca, azul y gris con respecto al testigo a pleno sol, sin embargo los colores amarillo y negro mostraron el menor diámetro de tallos (0.66 cm, en ambas cubiertas) (Cuadro, 2). En estudios realizados en *Ocimum selloi*, el efecto de cubiertas azules y rojas con 50 % de sombreado no mostraron diferencias significativas en el diámetro de tallos con respecto al testigo sin cubierta (Costa *et al.*, 2010a), otros estudios muestran que las cubiertas azules y plateadas aumentan el grosor en tallos en *Benincasa hispida*, mientras que las cubiertas negras y rojas no fueron significativamente diferentes en comparación con el testigo a cielo abierto (Song *et al.*, 2012).

Cuadro 2: Caracteres morfológicos de *O. basilicum* a los 90 ddt, cultivada en suelo y bajo cubiertas de diferentes colores.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)	brotes-planta <sup>-1</sup>	inflorescencias-planta <sup>-1</sup>	Peso seco (g)		
					Hojas	Tallos	Inflorescencias
Sin cubierta	68.34 b <sup>1</sup>	0.73 ab	36.25 a	53.42 a	53.42 a	74.53 ab	19.57 a
Negro	80.61 a	0.66 c	30.08 b	13.42 b	37.17 b	55.78 b	4.80 b
Amarillo	71.81 b	0.66 c	33.50 ab	33.42 ab	47.54 ab	66.49 ab	11.01 ab
Rojo	73.19 b	0.70 b	35.01 a	28.42 ab	51.67 ab	86.42 a	9.25 ab
Gris	71.48 b	0.74 ab	33.17 ab	29.92 ab	43.31 ab	60.79 ab	9.32 ab
Azul	71.48 b	0.75 a	32.66 ab	31.42 ab	45.90 ab	64.64 ab	11.29 ab
Blanco	73.29 b	0.76 a	35.83 a	28.75 ab	43.74 ab	62.24 ab	8.62 ab

<sup>1</sup>Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas (Tukey, 0.05).

El número de brotes axilares en el tallo principal en albahaca a excepción de la cubierta negra fue estadísticamente similar entre las cubiertas claras y el testigo sin cubierta (Cuadro 2), al respecto Cline (1991) indica que el sombreado y plantaciones juntas suprime los brotes laterales y la ramificación. El aparente incremento de brotes en el testigo pudo haber sido a consecuencia de la eliminación de dominancia apical debido a la disminución de la concentración de ácido indol acético en el ápice del tallo principal. La cubierta negra fue estadísticamente inferior a las demás cubiertas en el número de inflorescencias, al interior de la cubierta amarilla se produjeron 33.42 inflorescencias-planta<sup>-1</sup>, y supero en 40% a la cubierta negra. El peso de flores parece estar en función del número de flores por tratamiento (Cuadro 2). De acuerdo con Shahak (2008) el color de las cubiertas de sombreado afecta el tiempo de antesis y la calidad de corte de las flores en *Lisianthus*. El mayor peso seco de hojas bajo los tratamientos de colores se obtuvo en la cubierta roja (51.67 g), sin embargo no hubo diferencias significativas entre cubiertas, la única diferencia estadística se apreció

entre el testigo y la cubierta negra, reduciéndose por efecto de sombreado en 30.42% el peso seco de hojas (Cuadro 2). La disminución del peso seco de tallos, hojas e inflorescencias en la cubierta negra estuvo relacionada con una disminución en la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> (Cuadro 1). La relación R/RL (rojo/rojo-lejano, 600 a 700/ 700 a 800) en cubiertas de colores con 50 % de sombreado, fue reportada por Arthurs *et al.*, (2013), en donde el tratamiento sin cubierta tuvo una relación cercana a 1, en tanto que las cubierta azul y roja fueron consistentemente menores en R/RL con 0.8 y 0.9 respectivamente. Mientras que la relación R/RL de la cubierta negra nunca fue diferente al testigo a pleno sol. Altas relaciones de R/RL inducen respuestas benéficas en las plantas, específicamente reducen la elongación del tallo y aumentan la compacidad en las plantas, en contraste bajas relaciones provocan elongaciones del tallos, aumento en la dominancia apical y la disminución de ramas (Arthurs *et al.*, 2013). Sin embargo la relación R/RL en acolchados en el suelo no presentan el mismo patrón de modificación de la calidad de la luz que en cubiertas aéreas, los plásticos rojos aumentan la relación R/RL (1.2) con respecto a las cubiertas comunes negras incidiendo directamente en el aumento en el área foliar y peso fresco, sin embargo las plantas que se desarrollaron en cubiertas blancas (R/RL=1) presentaron menor área foliar, similar peso fresco, y significativamente mayor peso seco con respecto al acolchado rojo (Loughrin y Kasperbauer, 2001). Las disminución en la radiación provocan una reducción en la tasa fotosintética y por ende en el crecimiento (Corré, 1984, Kumar *et al.*, 2013) lo que el sombreado es uno de los principales factores que regulan la tasa fotosintética (Moniruzzaman *et al.*, 2009). El crecimiento y la producción de biomasa están influenciados por la intensidad de la luz, mientras el desarrollo y la

morfogénesis están influenciados por las alteraciones en la composición de la luz (Stuefer y Huber, 1998). Es probable que bajo las cubiertas de colores la radiación ultravioleta (UV) UV-A y la UV-B disminuyeran con respecto al tratamiento sin cubierta. Arthurs *et al.*, (2013) encontraron que las mallas negra, aperlada, azul y rojo con 50 % de sombreado, reducen la intensidad de la radiación UV-B y UV-A (280 a 320 nm y 350 a 400 nm) comparada con un tratamiento sin cubierta. La luz UV-B suplementaria en *O. basilicum* cv. Genovese redujo la elongación de tallo principal en albahaca, resultando en plantas más compactas, con mayor número de brotes y de materia seca (Chang *et al.*, 2009). En otros estudios en albahaca cv. Cinnamon la luz suplementaria UV-B incremento la biomasa seca y fresca después de siete días de tratamiento (Sakalauskait *et al.*, 2012). Lo antes mencionado, sigue que la albahaca se desarrolla mejor bajo ambientes soleados (Putievsky y Galambosi, 1999) y que puede tolerar sombreados ligeros (Chang *et al.*, 2008). Al disminuir la temperatura se disminuye la conductancia estomática y la tasa fotosintética, inhibiendo con ello el crecimiento (Chang *et al.*, 2005). Las mallas de colores disminuyen la temperatura mediante la restricción de la RFA, pero pueden limitar la entrada de luz la cual es importante en el proceso de la fotosíntesis.

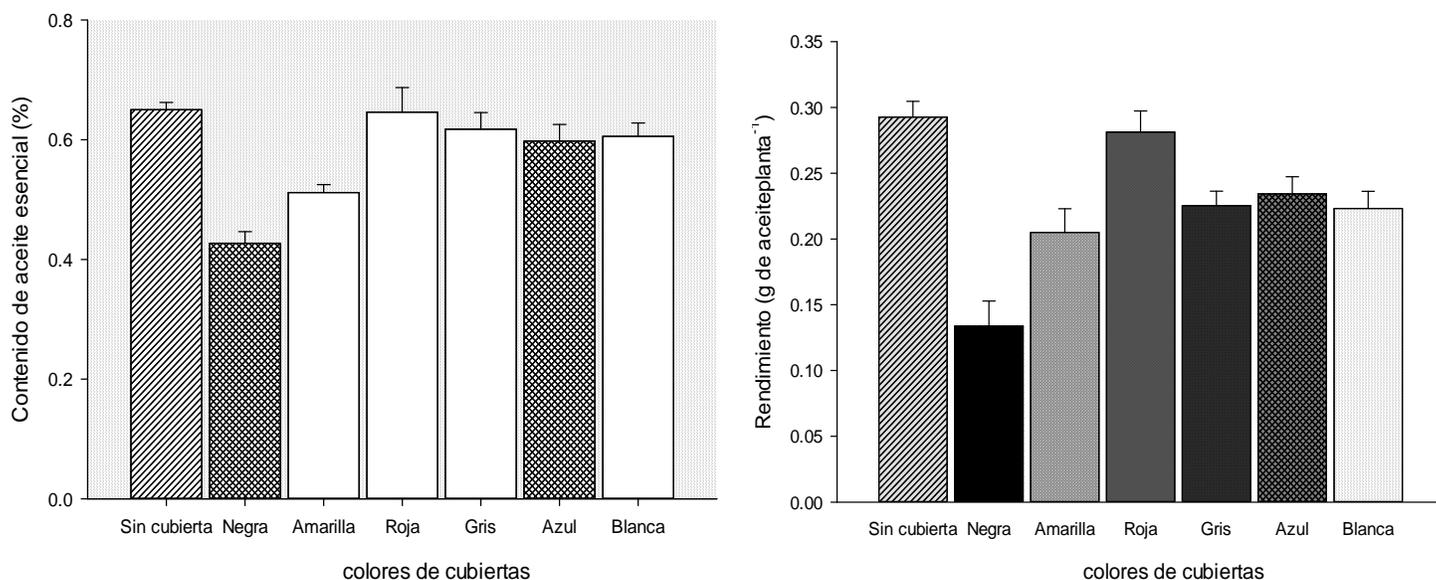


Figura 4. Efecto de los colores de cubiertas en el contenido y rendimiento de aceite esencial de plantas de *Ocimum basilicum*.

El contenido de aceite esencial fue más alto en condiciones soleadas y bajo las cubiertas roja, gris, azul y blanca. Las cubiertas negra y amarilla mostraron el menor contenido de aceite esencial al disminuir 34.4 y 21.3% respectivamente en comparación con el testigo sin cubierta. Correa *et al.*, (2010) reportan disminuciones del 12 y 21% en el aceite esencial de *Ocimum selloi* con el uso de cubiertas rojas y azules respectivamente, en comparación con el tratamiento sin cubierta. La disminución del rendimiento de aceites esenciales bajo diferentes niveles de reducción de radiación solar ha sido reportadas en algunas especies aromáticas como *Ocimum basilicum* (Chang *et al.*, 2008), *Salvia sclarea* (Kumar *et al.*, 2013), *Thymus vulgaris* (Li *et al.*, 2000), *Matricaria chamomilla* (Saleh, 1973) y *Mentha piperita* (Clark y Menary, 1980).

La reducción en los niveles de radiación solar disminuyen el contenido de aceites esenciales, esto se debe a que la síntesis de precursores para aceites esenciales está relacionado con la acumulación de fotosintatos, los cuales son más elevados en niveles altos de radiación (Hälvä *et al.*, 1992). Por lo tanto, existe una relación estrecha entre la fotosíntesis (Samgwan *et al.*, 2001; Siddiqui *et al.*, 2011) y la fotorespiración con la síntesis de aceites esenciales. La mayor cantidad de biomasa seca de hojas se obtuvo en el testigo sin cubierta (Cuadro 2), por lo que el rendimiento de aceite esencial fue superior al de las plantas que crecieron bajo las cubiertas (Figura 4). El rendimiento de aceite esencial depende de la concentración de aceite en los tejidos y también de la biomasa de la planta (Costa *et al.*, 2010b). En general las plantas de albahaca que crecieron bajo buena iluminación mostraron un aumento en el rendimiento de aceite esencial que las cultivadas bajo cierto nivel de sombreado provocado por las cubiertas de colores. La reducción en la biomasa seca de hojas cultivadas bajo cubiertas es ocasionada por la reducción en la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> (Oyaert *et al.*, 1999). En la cubierta negra la tasa fotosintética se disminuyó en 27% con respecto al tratamiento a pleno sol, lo cual provocó la disminución del contenido y rendimiento de aceite esencial. El CO<sub>2</sub> y la sacarosa han demostrado ser los precursores para la biosíntesis de aceites esenciales (Croteau *et al.*, 1972). La influencia de la entrada de carbono en *Thymus vulgaris* tiene influencia en la acumulación y calidad de sus aceites esenciales (Letchamo *et al.*, 1995)

#### **5.2.4 Conclusión**

Las cubiertas de colores reducen la intensidad de la radiación solar, la temperatura y la tasa fotosintética en albahaca. La albahaca se desarrolló mejor en el tratamiento sin cubierta, sin embargo tolera sombreados ligeros. El uso de cubiertas rojas con diferentes porcentajes de sombreado podría ser estudiado para analizar la capacidad de estas sobre otras plantas aromáticas y medicinales. Las mallas de colores no aumentan el rendimiento en biomasa en albahaca ni el contenido y rendimiento de aceites esenciales, por lo cual su utilidad en esta planta aromática no es indispensable.

### 5.2.5 Literatura citada

- AMAKI, W., YAMAZAKI, N., ICHIMURA, M. & WATANABE, H. Year. Effects of Light Quality on the Growth and Essential Oil Content in Sweet Basil. *In: VI International Symposium on Light in Horticulture* 907, 2011. 91-94.
- ARTHURS, S. P., STAMPS, R. H. & GIGLIA, F. F. 2013. Environmental Modification Inside Photosensitive Shadehouses. *HortScience*, 48, 975-979.
- CLARK, R. & MENARY, R. 1980. Environmental effects on peppermint (*Mentha piperita* L.). I. Effect of daylength, photon flux density, night temperature and day temperature on the yield and composition of peppermint oil. *Functional Plant Biology*, 7, 685-692.
- CLINE, M. G. 1991. Apical dominance. *The Botanical Review*, 57, 318-358.
- CORRÉ, W. J. 1984. *Growth and morphogenesis of sun and shade plants*, Landbouwhogeschool te Wageningen.
- COSTA, L. C., PINTO, J. E., CASTRO, E. M., ALVES, E., ROSAL, L. F., BERTOLUCCI, S. K., ALVES, P. B. & EVANGELINO, T. S. 2010a. Yield and composition of the essential oil of *Ocimum selloi* Benth. cultivated under colored netting. *Journal of Essential Oil Research*, 22, 34-39.
- COSTA, L. C. B., PINTO, J. E. B. P., CASTRO, E. M., ALVES, E., ROSAL, L. F., BERTOLUCCI, S. K. V., ALVES, P. B. & EVANGELINO, T. S. 2010b. Yield and Composition of the Essential Oil of *Ocimum selloi* Benth. Cultivated Under Colored Netting. *Journal of Essential Oil Research*, 22, 34-39.
- CROTEAU, R., BURBOTT, A. J. & LOOMIS, W. D. 1972. Biosynthesis of mono- and sesqui-terpenes in peppermint from glucose-<sup>14</sup>C and <sup>14</sup>CO<sub>2</sub><sup>1</sup>. *Phytochemistry*, 11, 2459-2467.
- CHALCHAT, J.-C. & ÖZCAN, M. M. 2008. Comparative essential oil composition of flowers, leaves and stems of basil (*Ocimum basilicum* L.) used as herb. *Food Chemistry*, 110, 501-503.
- CHANG, X., ALDERSON, P. G. & WRIGHT, C. J. 2005. Effect of temperature integration on the growth and volatile oil content of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Horticultural science and Biotechnology*, 80, 593.
- CHANG, X., ALDERSON, P. G. & WRIGHT, C. J. 2008. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. *Environmental and Experimental Botany*, 63, 216-223.
- CHANG, X., ALDERSON, P. G. & WRIGHT, C. J. 2009. Enhanced UV-B radiation alters basil (*Ocimum basilicum* L.) growth and stimulates the synthesis of volatile oils. *J Horticult For*, 1, 027-031.
- HÄLVÄ, S., CRAKER, L., SIMON, J. & CHARLES, D. 1992. Light levels, growth, and essential oil in dill (*Anethum graveolens* L.). *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 1, 47-58.
- HÄLVÄ, S., CRAKER, L., SIMON, J. & CHARLES, D. 1993. Growth and essential oil in dill, *Anethum graveolens* L., in response to temperature and photoperiod. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 1, 47-56.
- HUSSAIN, A. I., ANWAR, F., HUSSAIN SHERAZI, S. T. & PRZYBYLSKI, R. 2008. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum*

- basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chemistry*, 108, 986-995.
- IGLESIAS, I. & ALEGRE, S. 2006. The effect of anti-hail nets on fruit protection, radiation, temperature, quality and profitability of 'Mondial Gala' apples. *Journal of Applied Horticulture*, 8, 91-100.
- JOHNSON, C. B., KIRBY, J., NAXAKIS, G. & PEARSON, S. 1999. Substantial UV-B-mediated induction of essential oils in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Phytochemistry*, 51, 507-510.
- KLIMÁNKOVÁ, E., HOLADOVÁ, K., HAJŠLOVÁ, J., AJKA, T., POUSTKA, J. & KOUDELA, M. 2008. Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. *Food Chemistry*, 107, 464-472.
- KUMAR, R., SHARMA, S. & PATHANIA, V. 2013. Effect of shading and plant density on growth, yield and oil composition of clary sage (*Salvia sclarea* L.) in north western Himalaya. *Journal of Essential Oil Research*, 25, 23-32.
- LETCAMO, W., XU, H. & GOSELIN, A. 1995. Variations in photosynthesis and essential oil in thyme. *Journal of plant physiology*, 147, 29-37.
- LI, S., RAJAPAKSE, N. C., YOUNG, R. E. & OI, R. 2000. Growth responses of chrysanthemum and bell pepper transplants to photoselective plastic films. *Scientia Horticulturae*, 84, 215-225.
- LOUGHRIN, J. H. & KASPERBAUER, M. J. 2001. Light reflected from colored mulches affects aroma and phenol content of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 1331-1335.
- LOUGHRIN, J. H. & KASPERBAUER, M. J. 2003. Aroma content of fresh basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves is affected by light reflected from colored mulches. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51, 2272-2276.
- MAKRI, O. & KINTZIOS, S. 2008. *Ocimum* sp.(basil): Botany, cultivation, pharmaceutical properties, and biotechnology. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 13, 123-150.
- MONIRUZZAMAN, M., ISLAM, M., HOSSAIN, M., HOSSAIN, T. & MIAH, M. 2009. Effects of shade and nitrogen levels on quality *Bangladeshonia* production. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 34, 205-213.
- MOSALEEYANON, K., ZOBAYED, S., AFREEN, F. & KOZAI, T. 2005. Relationships between net photosynthetic rate and secondary metabolite contents in St. John's wort. *Plant Science*, 169, 523-531.
- NISHIMURA, T., ZOBAYED, S. M., KOZAI, T. & GOTO, E. 2007. Medicinally important secondary metabolites and growth of *Hypericum perforatum* L. plants as affected by light quality and intensity. *Environment Control in Biology*, 45, 113-120.
- OREN-SHAMIR, M., GUSSAKOVSKY, E. E., SHPIEGEL, E., NISSIM-LEVI, A., RATNER, K., OVADIA, R., GILLER, Y. E. & SHAHAK, Y. 2001. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76, 353-361.
- OYAERT, E., VOLCKAERT, E. & DEBERGH, P. 1999. Growth of chrysanthemum under coloured plastic films with different light qualities and quantities. *Scientia Horticulturae*, 79, 195-205.

- PUSHPANGADAN, P. & BRADU, B. L. 1995. Basil. In: CHADHA, K. L. & GUPTA, R. (eds.) *Advances in Horticulture Vol. 11, Medicinal and Aromatic Plants*. ed. New Delhi: Malhotra Publishing House.
- PUTIEVSKY, E. & GALAMBOSI, B. 1999. 2. Production systems of sweet basil. *Basil: the genus Ocimum*, 39.
- SAKALAUSKAITĖ, J., VISKELIS, P., DAMBRAUSKIENĖ, E., SAKALAUSKIENĖ, S., SAMUOLIENĖ, G., BRAZAITYTĖ, A., DUCHOVSKIS, P. & URBONAVIČIENĖ, D. 2012. The effects of different UV-B radiation intensities on morphological and biochemical characteristics in *Ocimum basilicum* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- SALEH, M. 1973. Effects of light upon quantity and quality of *Matricaria chamomilla* oil. *Planta medica*, 24, 337-340.
- SANGWAN, N., FAROOQI, A., SHABIH, F. & SANGWAN, R. 2001. Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34, 3-21.
- SHAHAK, Y., GAL, E., OFFIR, Y. & BEN-YAKIR, D. 2008. Photosensitive shade netting integrated with greenhouse technologies for improved performance of vegetable and ornamental crops. In: International Workshop on Greenhouse Environmental Control and Crop Production in Semi-Arid Regions 797, 2008. 75-80.
- SIDDIQUI, Y., ISLAM, T. M., NAIDU, Y. & MEON, S. 2011. The conjunctive use of compost tea and inorganic fertiliser on the growth, yield and terpenoid content of *Centella asiatica*(L.) urban. *Scientia Horticulturae*, 130, 289-295.
- SIFOLA, M. I. & BARBIERI, G. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. *Scientia Horticulturae*, 108, 408-413.
- SMITH, H. 1982. Light quality, photoperception, and plant strategy. *Annual review of plant physiology*, 33, 481-518.
- SONG, S. W., YI, L. Y., LIU, H. C., SUN, G. W. & CHEN, R. Y. 2012. Effect of color shading-nets on the growth and physiological characteristics of chieh-qua seedling. *Advanced Materials Research*, 366, 197-201.
- STAMPS, R. H. 2009. Use of colored shade netting in horticulture. *HortScience*, 44, 239-241.
- STUEFER, J. F. & HUBER, H. 1998. Differential effects of light quantity and spectral light quality on growth, morphology and development of two stoloniferous *Potentilla* species. *Oecologia*, 117, 1-8.
- URRESTARAZU, G. M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. *Ediciones Mundi-Prensa*.
- WANG, H.-W., LIU, Y.-Q., WEI, S.-L., YAN, Z.-J. & LU, K. 2010. Comparison of microwave-assisted and conventional hydrodistillation in the extraction of essential oils from mango (*Mangifera indica* L.) flowers. *Molecules*, 15, 7715-7723.
- ZHELJAZKOV, V. D., CRAKER, L. E. & XING, B. 2006. Effects of Cd, Pb, and Cu on growth and essential oil contents in dill, peppermint, and basil. *Environmental and Experimental Botany*, 58, 9-16.

## 6.0 LITERATURA CITADA

### 6.1 Literatura citada de la Revisión de literatura

- ADIGÜZEL, A., GÜLLÜCE, M., SENGÜL, M., OGÜTCÜ, H., SAHIN, F. & KARAMAN, I. 2005. Antimicrobial effects of *Ocimum basilicum* (*Labiatae*) extract. *Turk. J. Biol*, 29, 155-160.
- AL-MUGHRABI, K., BERTHELEME, C., LIVINGSTON, T., BURGOYNE, A., PORIER, R. & VIKRAM, A. 2008. Aerobic Compost Tea, Compost and a Combination of Both Reduce the Severity of Common Scab (*Streptomyces scabiei*) on Potato Tubers. *Journal of Plant Sciences*, 3.
- ATTOKARAN, M. 2011. *Natural food flavors and colorants*, Wiley. com.
- CLARK, R. & MENARY, R. 1980. Environmental effects on peppermint (*Mentha piperita* L.). I. Effect of daylength, photon flux density, night temperature and day temperature on the yield and composition of peppermint oil. *Functional Plant Biology*, 7, 685-692.
- COSTA, L., PINTO, J. E. B. P., DE CASTRO, E. M., ALVES, E., BERTOLUCCI, S. K. V. & ROSAL, L. F. 2010. Effects of coloured shade netting on the vegetative development and leaf structure of *Ocimum selloi*. *Bragantia*, 69, 349-359.
- CUADRA, P., HARBORNE, J. B. & WATERMAN, P. G. 1997. Increases in surface flavonols and photosynthetic pigments in *Gnaphalium luteo-album* in response to UV-B radiation. *Phytochemistry*, 45, 1377-1383.
- CHALCHAT, J.-C. & ÖZCAN, M. M. 2008. Comparative essential oil composition of flowers, leaves and stems of basil (*Ocimum basilicum* L.) used as herb. *Food Chemistry*, 110, 501-503.
- CHANG, X., ALDERSON, P. G. & WRIGHT, C. J. 2008. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. *Environmental and Experimental Botany*, 63, 216-223.
- DIVER, S. 2001. Notes on Compost Teas: A 2001 supplement to the ATTRA publication: Compost Teas for Plant Disease Control. *ATTRA publication, Fayetteville, Arkansas*.
- ELAD, Y., MESSIKA, Y., BRAND, M., DAVID, D. R. & SZTEJNBERG, A. 2007. Effect of colored shade nets on pepper powdery mildew (*Leveillula taurica*). *Phytoparasitica*, 35, 285-299.
- FREIRE, C. M. M., MARQUES, M. O. M. & COSTA, M. 2006. Effects of seasonal variation on the central nervous system activity of *Ocimum gratissimum* L. essential oil. *Journal of ethnopharmacology*, 105, 161-166.
- HASSANPOURAGHDAM, M. B., GOHARI, G. R., TABATABAEI, S. J. & DADPOUR, M. R. 2010. Inflorescence and leaves essential oil composition of hydroponically grown *Ocimum basilicum* L. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 75, 1361-1368.
- INGHAM, E. R. 2000. *The compost tea brewing manual*, Unisun Communications Corvallis, Oregon,, USA.
- JOHNSON, C. B., KIRBY, J., NAXAKIS, G. & PEARSON, S. 1999. Substantial UV-B-mediated induction of essential oils in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Phytochemistry*, 51, 507-510.

- KELLEY, S. 2004. Building a knowledge base for compost tea. *BioCycle*, 45, 32-34.
- KLIMÁNKOVÁ, E., HOLADOVÁ, K., HAJŠLOVÁ, J., AJKA, T., POUSTKA, J. & KOUDELA, M. 2008. Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. *Food Chemistry*, 107, 464-472.
- KUMAR, R., SHARMA, S. & PATHANIA, V. 2013. Effect of shading and plant density on growth, yield and oil composition of clary sage (*Salvia sclarea* L.) in north western Himalaya. *Journal of Essential Oil Research*, 25, 23-32.
- LABRA, M., MIELE, M., LEDDA, B., GRASSI, F., MAZZEI, M. & SALA, F. 2004. Morphological characterization, essential oil composition and DNA genotyping of *Ocimum basilicum* L. cultivars. *Plant Science*, 167, 725-731.
- LAWRENCE, B. M. 1993. A planning scheme to evaluate new aromatic plants for the flavor and fragrance industries. *New crops*. New York: Wiley, 620-627.
- LEE, B. S., SEO, B. S. & CHUNG, S. J. 1994. Shading effects on growth and essential oil content of hydroponically grown sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Kor. Soc. Hortic. Sci*, 35, 95-102.
- LI, S., RAJAPAKSE, N. C., YOUNG, R. E. & OI, R. 2000. Growth responses of chrysanthemum and bell pepper transplants to photoselective plastic films. *Scientia Horticulturae*, 84, 215-225.
- LI, Y.-L., CRAKER, L. E. & POTTER, T. Year. Effect of light level on essential oil production of sage (*Salvia officinalis*) and thyme (*Thymus vulgaris*). In: International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants 426, 1996. 419-426.
- MAKRI, O. & KINTZIOS, S. 2008. *Ocimum* sp.(basil): Botany, cultivation, pharmaceutical properties, and biotechnology. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 13, 123-150.
- NISHIMURA, T., ZOBAYED, S. M., KOZAI, T. & GOTO, E. 2007. Medicinally important secondary metabolites and growth of *Hypericum perforatum* L. plants as affected by light quality and intensity. *Environment Control in Biology*, 45, 113-120.
- OCHOA-MARTÍNEZ, E., FIGUEROA-VIRAMONTES, U., CANO-RÍOS, P., PRECIADO-RANGEL, P., MORENO-RESÉNDEZ, A. & RODRÍGUEZ-DIMAS, N. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Rev. Chapingo Serie-Horticultura*, 15, 245-250.
- PERALTA, G., PÉREZ-LLORÉNS, J., HERNÁNDEZ, I. & VERGARA, J. 2002. Effects of light availability on growth, architecture and nutrient content of the seagrass *Zostera noltii* Hornem. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 269, 9-26.
- PÉREZ, M., PLAZA, B., JIMÉNEZ, S., LAO, M., BARBERO, J. & BOSCH, J. Year. The radiation spectrum through ornamental net houses and its impact on the climate generated. In: International Symposium on Greenhouse Cooling 719, 2006. 631-636.
- PUSHPANGADAN, P. & BRADU, B. 1995. Basil. *Advances in Horticulture, Medicinal and Aromatic Plants*, 11, 627-657.
- PUTIEVSKY, E. & GALAMBOSI, B. 1999. 2.Production systems of sweet basil. *Basil: the genus Ocimum*, 39.

- RIPPY, J. F., PEET, M. M., LOUWS, F. J., NELSON, P. V., ORR, D. B. & SORENSEN, K. A. 2004. Plant development and harvest yields of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *HortScience*, 39, 223-229.
- ROBBINS, S. R. J. & GREENHALGH, P. 1979. *The markets for selected herbaceous essential oils*.
- SALEH, M. 1973. Effects of light upon quantity and quality of *Matricaria chamomilla* oil. *Planta medica*, 24, 337-340.
- SANGWAN, N., FAROOQI, A., SHABIH, F. & SANGWAN, R. 2001. Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34, 3-21.
- SHAHAK, Y., GUSSAKOVSKY, E. E., GAL, E. & GANELEVIN, R. Year. ColorNets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. *In: VII International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Production, Pest Management and Global Competition* 659, 2004. 143-151.
- SHIGA, T., SHOJI, K., SHIMADA, H., HASHIDA, S.-N., GOTO, F. & YOSHIHARA, T. 2009. Effect of light quality on rosmarinic acid content and antioxidant activity of sweet basil, *Ocimum basilicum* L. *Plant biotechnology*, 26, 255-259.
- SHOJI, K., GOTO, E., HASHIDA, S., GOTO, F. & YOSHIHARA, T. Year. Effect of light quality on the polyphenol content and antioxidant activity of Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *In: VI International Symposium on Light in Horticulture* 907, 2009. 95-99.
- SIFOLA, M. I. & BARBIERI, G. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. *Scientia Horticulturae*, 108, 408-413.
- STAMPS, R. H. 2009. Use of colored shade netting in horticulture. *HortScience*, 44, 239-241.
- SUCCOP, C. E. & NEWMAN, S. E. 2004. Organic fertilization of fresh market sweet basil in a greenhouse. *HortTechnology*, 14, 235-239.
- ZHANG, W., HAN, D., DICK, W., DAVIS, K. & HOITINK, H. 1998. Compost and compost water extract-induced systemic acquired resistance in cucumber and *Arabidopsis*. *Phytopathology*, 88, 450-455.
- ZHELJAZKOV, V. D., CRAKER, L. E. & XING, B. 2006. Effects of Cd, Pb, and Cu on growth and essential oil contents in dill, peppermint, and basil. *Environmental and Experimental Botany*, 58, 9-16.

