



“Innovación tecnológica de sistemas de producción y comercialización de especies aromáticas y cultivos élite en agricultura orgánica protegida con energías alternativas de bajo costo”

Dosis de composta, lombricomposta y biofertilizantes para la producción de hierbas aromáticas en agricultura protegida

Reporte para productores



Alejandra Nieto-Garibay
Bernardo Murillo-Amador
Pedro Luna-García
Carmen Mercado-Guido
Saúl Briceño-Ruiz
Lidia Hirales-Lucero



Derechos Reservados ©

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Instituto Politécnico Nacional No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur. La Paz, Baja California Sur, México.

Primera edición en español 2012

Créditos de la edición: **Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.** Instituto Politécnico Nacional No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur. La Paz, Baja California Sur, México. Editor.

A efectos bibliográficos la obra debe citarse como sigue: Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Luna-García, P., Mercado-Guido, C., Briseño-Ruiz, S., Hirales-Lucero, L. 2012. Dosis de composta, lombricomposta y biofertilizantes para la producción de hierbas aromáticas en agricultura protegida. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. 29 p.

Las opiniones que se expresan en esta obra son responsabilidad de los autores y no necesariamente de los editores y/o editorial.

Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse, almacenarse en un sistema de recuperación o transmitirse en ninguna forma ni por ningún medio, sin la autorización previa y por escrito del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Las consultas relativas a la reproducción deben enviarse al Departamento de Permisos y Derechos al domicilio que se señala al inicio de esta página.



"Publicación de divulgación del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Su contenido es responsabilidad exclusiva del autor"

Diseño de portada: M.C. Margarito Rodríguez Álvarez

Impreso y hecho en México

Printed and made in México.

Directorio

Dr. Sergio Hernández Vázquez

Director General del CIBNOR

shernan04@cibnor.mx

Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota

Director de Gestión Institucional

dblluch@cibnor.mx

M. en A. María Elena Castro Núñez

Directora de Administración

mcastro@cibnor.mx

Dr. R. Jaime Holguín Peña

Coordinador del Programa de Agricultura en Zonas Áridas

jholguin04@cibnor.mx

Dr. Bernardo Murillo-Amador

bmurillo04@cibnor.mx

Responsable Técnico del Proyecto SAGARPA-CONACYT

Clave 126183

Información relacionada en la página electrónica

<http://www.cibnor.gob.mx>

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	I
ÍNDICE DE FIGURAS	III
AGRADECIMIENTOS	VI
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	2
METODOLOGÍA	2
SITIO DE ESTUDIO	2
<i>Diseño experimental</i>	2
Tratamientos	3
RESULTADOS	7
CULTIVO DE ORÉGANO	7
VARIABLES DE PRODUCCIÓN Y MORFOMETRÍA	7
Altura de la planta.....	7
Peso fresco total de la parte aérea de la planta.....	8
Área foliar total.....	9
Peso de hojas.....	10
Longitud de raíz.....	11
Peso fresco de raíz.....	12
Relación peso fresco de la raíz/ parte aérea de la planta.....	12
VARIABLES FISIOLÓGICAS	13
Radiación fotosintéticamente activa	13
Temperatura ambiental y de la hoja	14
Transpiración y conductividad estomática	15
Fotosíntesis	16
Humedad del suelo.....	16
RESUMEN	17
CULTIVO DE TOMILLO	18
VARIABLES DE PESO Y MORFOMÉTRICAS	18
Altura de la planta.....	18
Peso fresco total parte aérea.....	19
Área foliar y peso fresco de hojas.....	20
Longitud de raíz.....	21
Peso fresco de la raíz.....	21

Numero de tallos.....	22
Relación del peso fresco de la raíz/ parte aérea.....	23
<i>VARIABLES FISIOLÓGICAS</i>	24
Radiación Fotosintéticamente activa	24
Temperatura ambiente y temperatura de la hoja	24
Transpiración y conductividad estomática	25
Fotosíntesis	26
Humedad del suelo.....	27
RESUMEN	27
CONCLUSIONES	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los tratamientos en la parcela experimental dentro de la malla sombra para tomillo y orégano. Este mismo diseño se estableció en la parcela a cielo abierto.	3
Figura 2. Altura de plantas de orégano sembradas en estructura de malla sombra y plantas a cielo abierto. Las barras verticales representan el error estándar de la media.....	8
Figura 3 Peso fresco total (tallo y hojas) de la parte aérea de la planta de orégano sometidas a diferentes tratamientos de fertilización, composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) y composta. Las barras verticales muestran el error estándar de la media.	9
Figura 4. Área foliar total de plantas de orégano bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.....	10
Figura 5. Peso fresco del total de las hojas de plantas de orégano bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.	11
Figura 6. Longitud de raíz de plantas de orégano bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.	11
Figura 7. Peso fresco de raíz expresada en peso fresco de plantas de orégano bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.....	12
Figura 8. Relación del peso fresco de la parte aérea con respecto al peso fresco de la raíz de plantas de orégano bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.	13
Figura 9. Radiación fotosintéticamente activa en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).	14

Figura10. Temperatura del aire y temperatura de las hojas en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).....	15
Figura 11. Transpiración (TRP) y conductividad estomática (g) en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).	15
Figura 12. Fotosíntesis en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).....	16
Figura 13. Humedad del suelo en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).....	17
Figura 14. Altura (cm) de plantas de tomillo sembradas bajo estructura malla sombra y plantas a cielo abierto. Las barras verticales representan el error estándar de la media.....	19
Figura 15. Peso fresco total (tallo y hojas) de la parte aérea de la planta de tomillo sometidas a diferentes tratamientos de fertilización, composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) y composta. Las barras verticales muestran el error estándar de la media.	19
Figura 16. Área foliar total (cm ²) de plantas de tomillo bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.	20
Figura 17. Peso fresco de las hojas de plantas de tomillo bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.	20
Figura 18. Longitud de plantas de tomillo bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.....	21

Figura 19. Peso fresco de raíces de plantas de tomillo bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.22

Fig. 20. Numero de tallos de plantas de tomillo bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.22

Figura 21. Relación del peso fresco de raíz y parte aérea de la planta de plantas de tomillo bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.23

Figura 22. Radiación fotosintéticamente activa en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).24

Figura 23. Temperatura del aire y temperatura de las hojas en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).....25

Figura 24. Transpiración (TRP) y conductividad estomática (g) en plantas de tomillo desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).....26

Figura 25. Fotosíntesis de plantas de tomillo desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).....26

Figura 26. Humedad del suelo en plantas de tomillo desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).....27

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es posible gracias a la colaboración entusiasta y profesional de los Ing. Luis Emitterio Morales Prado, David Hernández Vázquez, Miguel Díaz Ramírez, Luis Antonio Gutiérrez Galicia, Ernesto Díaz Rivera, Rodolfo Alberto Sosa y Silva Carballo. A los productores cooperantes y sus familias, al Sr. Francisco Higuera, así como todo el apoyo secretarial y administrativo de parte de Silvia Virgen Silva y Dulce María Jara León, respectivamente.

INTRODUCCIÓN

Los requerimientos nutricionales de las hierbas aromáticas han sido escasamente estudiados a nivel mundial. Dentro de la agricultura orgánica los insumos que hacen la función de fuente de nutrientes deben ser productos de origen natural y cuya inocuidad sea garantizada. Dentro de estos fertilizantes naturales y abonos está la composta y lombricomposta. En el primer caso la composta es la transformación de los residuos orgánicos de provenientes de diferentes fuentes y cuya transformación involucra diferentes poblaciones de microorganismos aeróbicos que permiten el cambio de moléculas complejas a moléculas más simples y asimilables por la planta. Por otro lado, la lombricomposta es también la transformación de residuos orgánicos cuando sirven como alimento de las mismas y pasan por cambios bioquímicos a través de su organismo haciendo de las moléculas iniciales más complejas, moléculas más simples. El resultado de ambos procesos es un insumo natural con nutrientes asimilable fácilmente por la planta y con un alto contenido de materia orgánica. La importancia de ésta última radica no sólo en que representa la parte con nutrientes para las plantas, además, proporciona características físicas al suelo que permiten mejorar por ejemplo su estructura, la retención de humedad y porosidad. Adicionalmente, debido a que la composta y lombricomposta adecuadamente elaborada debe poseer un pH neutro, éstas pueden funcionar como amortiguadores mejorando la alcalinidad o acidez de un suelo. Los beneficios de este tipo de abonos naturales están comprobados para diferentes tipos de suelos y cultivos, sin embargo, escasamente estudiados para el cultivo de las hierbas aromáticas. Es muy importante determinar las dosis adecuadas con el fin de lograr los mejores rendimientos y hacer un uso óptimo de estos insumos. Bajo este contexto experimentos realizados con compostas, lombricompostas, abonos naturales, nos han arrojado resultados importantes para la fertilización de hierbas aromáticas como lo es el caso del cultivo romero y tomillo. Debido a la problemática de salinidad de suelos se optó por incluir en dos de las mezclas de composta yeso orgánico como mejorador. De tal manera que el presente experimento consistió en la prueba de compostas, una elaborada con diferentes residuos como macroalgas,

estiércoles y desechos de cosechas, otra composta elaborada principalmente de desechos de palma y estiércol y yeso orgánico y compararlas con el desarrollo de plantas sin fertilizante para conocer su desarrollo dentro de una estructura de malla sombra y fuera de ésta con el fin también de determinar el efecto de las condiciones de la malla sombra sobre el crecimiento de las plantas.

OBJETIVO

El objetivo fue determinar los mejores fertilizantes para el cultivo de romero y tomillo en condiciones de agricultura protegida y compararlos con una parcela a cielo abierto.

METODOLOGÍA

SITIO DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Rancho Los Arados, B.C.S. El sitio se caracteriza por su lejanía de la zona urbana, no cuenta con vías de acceso pavimentada del kilómetro 128 de la carretera con dirección La Paz- Ciudad Constitución. El tramo de terracería es de 45 km hacia la Sierra de Comondú. No cuenta con señal de telefonía, si cuenta con luz gracias a una planta generadora con uso de energía solar a través de celdas solares. Cuentan con una olla de agua que capta la escasa cantidad de agua que cae al año, esta agua es bombeada para uso de las actividades diarias de los habitantes del lugar incluyendo la producción agrícola.

Diseño experimental

El diseño experimental que se muestra en la figura 1 se distribuyó en una parte dentro de la malla sombra y otra parte en la parcela a cielo abierto que se encuentra cercano a la malla sombra.

Tratamientos

Los tratamientos que se utilizaron consistieron en el uso de:

1. **Composta.** Composta a razón de 30 toneladas por hectárea
2. **C+Y.** Mezcla de composta y yeso orgánico a razón de 30 + 10 toneladas por hectárea
3. **AP.** Abono preparado 30 toneladas por hectárea
4. **Suelo.** Sin fertilizante

Los resultados se compararon con la siembra de plantas en suelo sin ningún tipo de fertilización. La composta utilizada tanto para el tratamiento 1 como para el dos consistió de una mezcla de residuos de macroalgas, estiércoles de chiva, pajas seca como residuos de cosechas. La diferencia de estas compostas con el abono preparado es que el abono está elaborado de la mezcla de yeso orgánico y residuos compostados con hojarasca de palmas.

		L I N E A D E R I E G O									
		TOMILLO				ORÉGANO					
2 m	Suelo	composta + yeso	AP	composta	suelo	AP	composta + yeso	composta		BLOQUE I	
0.33 m	ESPACIO DE SEPARACIÓN ENTRE BLOQUES										
2 m	composta	composta + yeso	AP	suelo	composta	composta + yeso	AP	suelo		BLOQUE II	
0.33 m	ESPACIO DE SEPARACIÓN ENTRE BLOQUES										
2 m	composta + yeso	composta	suelo	AP	composta + yeso	composta	suelo	AP		BLOQUE III	
0.33 m	ESPACIO DE SEPARACIÓN ENTRE BLOQUES										
2 m	AP	suelo	composta	composta + yeso	AP	suelo	composta	composta + yeso		BLOQUE IV	

Figura 1. Distribución de los tratamientos en la parcela experimental dentro de la malla sombra para tomillo y orégano. Este mismo diseño se estableció en la parcela a cielo abierto.

Imágenes de la incorporación de los tratamientos de fertilización dentro y fuera de la malla sombra.



Se realizaron mediciones de la altura de la planta de los diferentes tratamientos en tres fechas diferentes, donde se marcaron plantas de cada tratamiento y tanto de orégano como de tomillo para este fin.



Medición de altura de la planta de orégano y tomillo.

Se realizaron los mismos riegos para todos los casos de tratamientos y especies aromáticas y a todas las plantas incluyendo tratamientos una fertilización de auxilio con lixiviados de lombricomposta cada 15 días. Esto se hizo a todos los tratamientos para que no fuera un factor diferente.



Preparación de la dilución y aplicación de lixiviados de lombricomposta elaborado en el CIBNOR.

Al final del experimento se extrajeron plantas para realizar mediciones de completas en plantas etiquetadas previamente.



Plantas etiquetadas de orégano y tomillo.

Variables medidas al final del experimento de plantas extraídas:

VARIABLES DE PRODUCCIÓN Y MORFOMETRÍA

- Peso fresco total que incluye el peso del tallo y peso de las hojas
- Peso fresco de las hojas
- Altura de la planta
- Área foliar (se refiere al tamaño de las hojas)
- Peso fresco de la raíz
- Longitud de la raíz
- Relación entre el peso fresco de la raíz y la parte aérea

VARIABLES FISIOLÓGICAS

- Radiación fotosintéticamente activa (RFA) (la radiación efectiva para la planta)
- Fotosíntesis
- Transpiración (pérdida de agua por evaporación a través de las células y el orificio que forman en medio de ellas llamadas ostiolas) llamadas estomas.
- Conductividad estomática (la apertura de las células estomáticas y el ostiolo.
- Temperatura de la hoja

RESULTADOS

CULTIVO DE ORÉGANO

VARIABLES DE PRODUCCIÓN Y MORFOMETRÍA

Altura de la planta

En la variable de altura de la planta, se encontraron diferencias estadísticamente significativas a través de las fechas, lo cual es un resultado que se esperaba por el desarrollo ontogénico del cultivo. La última fecha de medición mostró la mayor altura de la planta independientemente de los tratamientos establecidos. Cuando se analizaron los tratamientos de abonos por fechas se encontró que el tratamiento de composta presentó un efecto positivo en la altura de la planta siendo las plantas más altas con respecto al resto de los tratamientos, esta respuesta se potencializó en plantas que se desarrollaron dentro de la malla sombra, es decir, siendo éstas más altas que las que se desarrollaron en la parcela a cielo abierto. En la segunda fecha de medición las plantas con una mayor altura correspondieron a las plantas que se desarrollaron dentro de la malla sombra y que se fertilizaron con composta. Es importante resaltar también que las plantas que se fertilizaron con el abono preparado (AP) que se encontraban dentro de la malla sombra también tuvieron una mayor altura que las que se encontraban en la parcela a cielo abierto. Sin duda, el efecto de la malla sombra en la altura de las plantas fue más evidente en la tercera medición, como se observa en la figura 2 la altura de estas plantas, correspondió en términos generales a un 57% más que las plantas que se encontraban en la parcela a cielo abierto. Entre los tratamientos de fertilización la composta siguió presentando las plantas con mayor altura tanto en las plantas que se encontraban bajo la malla sombra como en las plantas a cielo abierto.

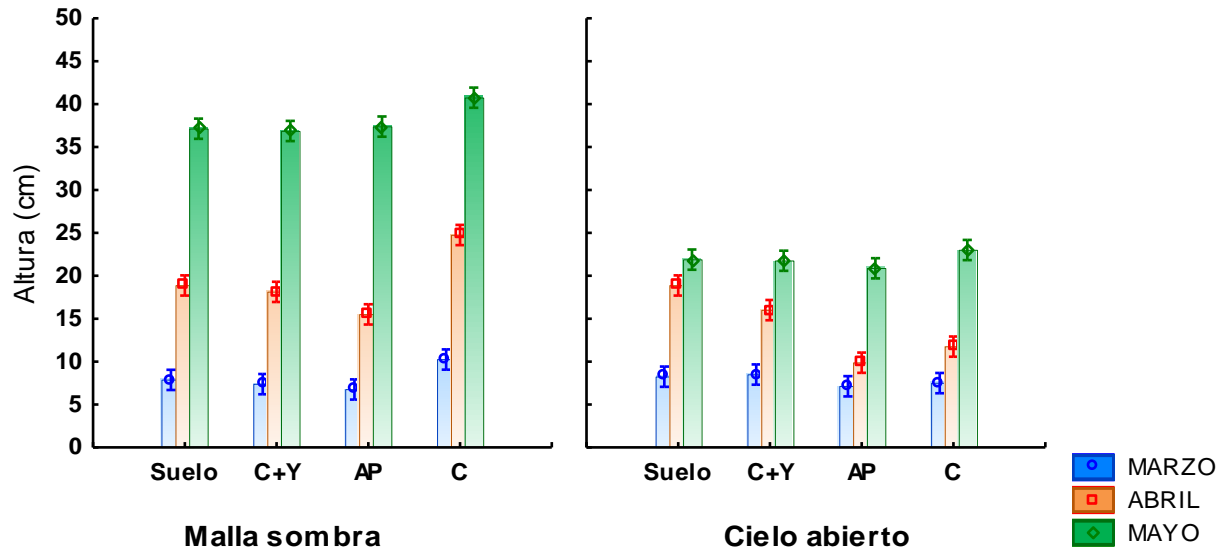


Figura 2. Altura de plantas de orégano sembradas en estructura de malla sombra y plantas a cielo abierto. Las barras verticales representan el error estándar de la media.

Peso fresco total de la parte aérea de la planta

El peso fresco total de la parte aérea es el peso que incluye tallos y hojas de la planta y es el que más interesa al productor ya que el orégano se comercializa fresco. Al igual que en el caso de la altura de la planta, el uso de malla sombra mostró su influencia en las plantas de orégano con un mayor desarrollo de peso fresco de la parte aérea de la planta. La diferencia entre los valores mayores fue el doble producido por plantas con composta bajo malla sombra que plantas con composta y yeso orgánico a cielo abierto (Fig. 3). Con respecto a los tratamientos de fertilización, el tratamiento de composta con yeso orgánico (C+Y) presentó la mayor producción de peso fresco en la parcela a cielo abierto, mientras que para las plantas de malla sombra fue el uso de composta.

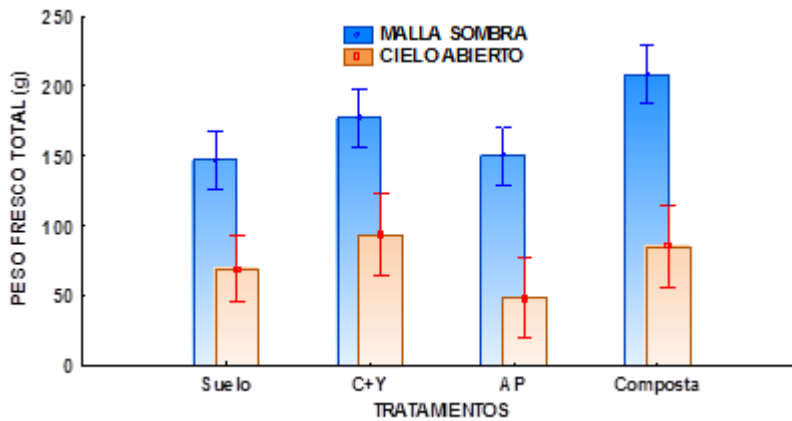


Figura 3 Peso fresco total (tallo y hojas) de la parte aérea de la planta de orégano sometidas a diferentes tratamientos de fertilización, composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) y composta. Las barras verticales muestran el error estándar de la media.

Área foliar total

El área foliar de plantas representa el tamaño de las hojas, lo cual es una característica importante para este tipo de hierbas aromáticas para su comercialización, además de ser importante para todo el desarrollo de las plantas, ya que representa el órgano de ésta que recibe la luz y a través de la cual la planta obtiene su "alimento" principal el dióxido de carbono (CO_2). Como se observa en la Fig. la diferencia más evidente en el desarrollo de este tamaño de hojas fue el de las plantas con fertilización de composta bajo malla sombra. También es interesante notar que todos los tratamientos de fertilización tuvieron un efecto positivo en esta área foliar comparadas con el suelo, aunque no se presentó así en las plantas de la parcela a cielo abierto.

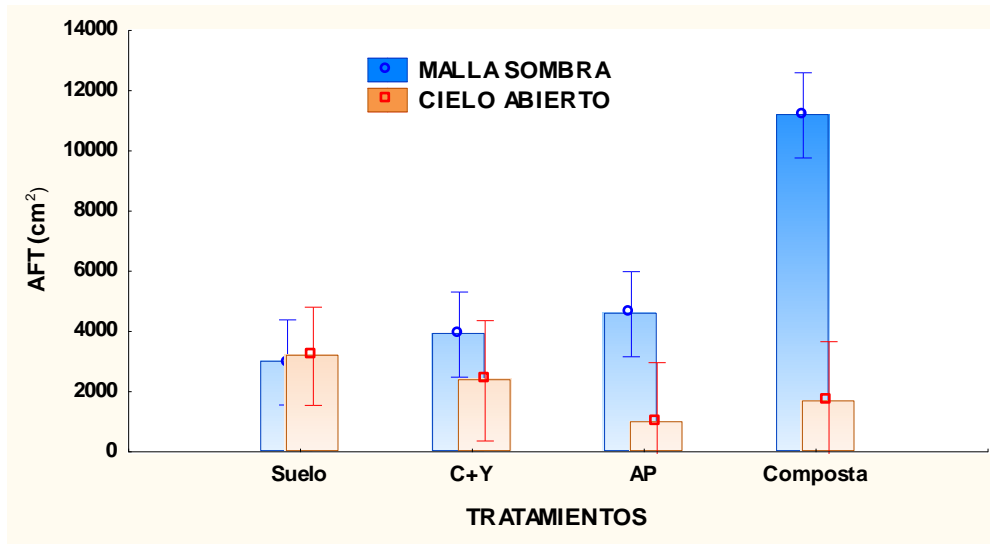


Figura 4. Área foliar total de plantas de orégano bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.

Peso de hojas

En el caso de que el interés del comercializador sea exclusivo o mayormente por las hojas, este dato del peso de las hojas indica la producción de las mismas. En este caso igual que en el del área foliar la fertilización con composta dentro de la malla sombra fue la que presentó un mayor valor. Algo interesante es notar que el peso de las hojas tanto dentro como fuera de la malla sombra muestra una mejoría con el tratamiento de la mezcla de composta y yeso orgánico (Fig. 5).

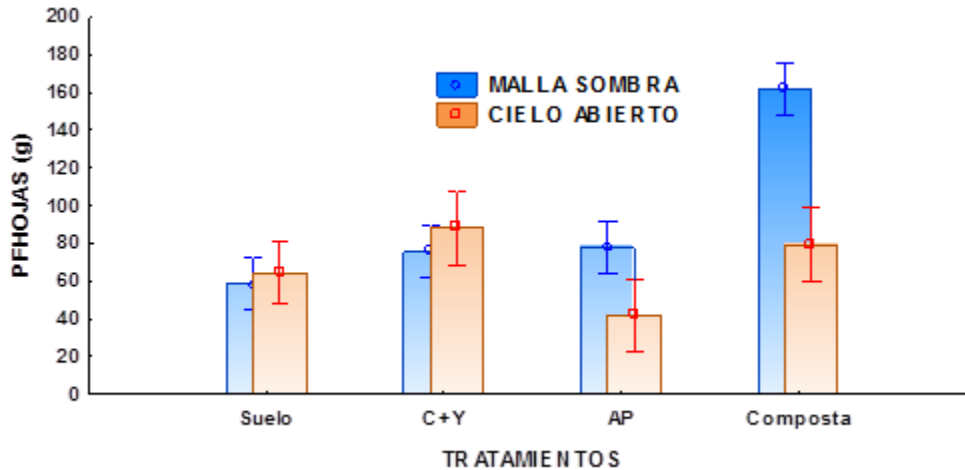


Figura 5. Peso fresco del total de las hojas de plantas de orégano bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.

Longitud de raíz

La longitud de la raíz fue la misma para plantas que se desarrollaron dentro y fuera de la malla sombra, y de los fertilizantes parece que fue ligeramente mayor utilizando el abono preparado (Fig. 6).

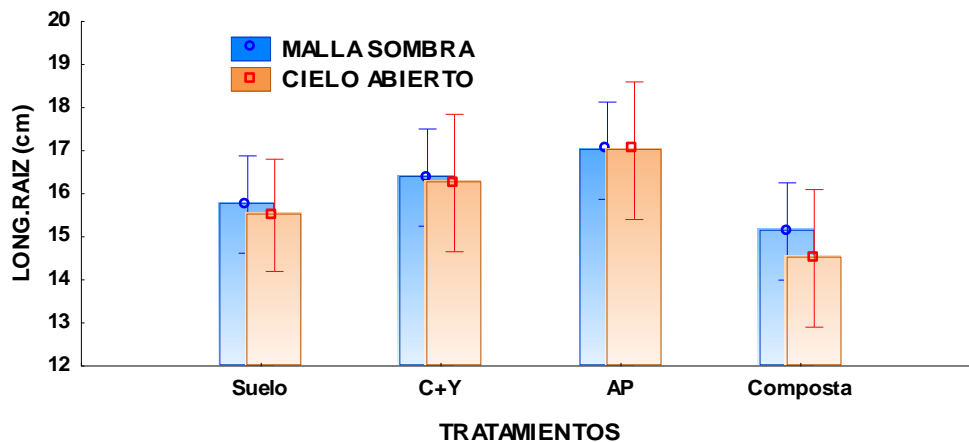


Figura 6. Longitud de raíz de plantas de orégano bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.

Peso fresco de raíz

El peso fresco de la raíz fue mayor en el tratamiento de composta con yeso (C+Y) en la parcela a cielo abierto y mayor con el uso de composta en plantas dentro de la malla sombra. El efecto de la malla sombra se observó de la misma manera que para las demás variables (Fig. 7).

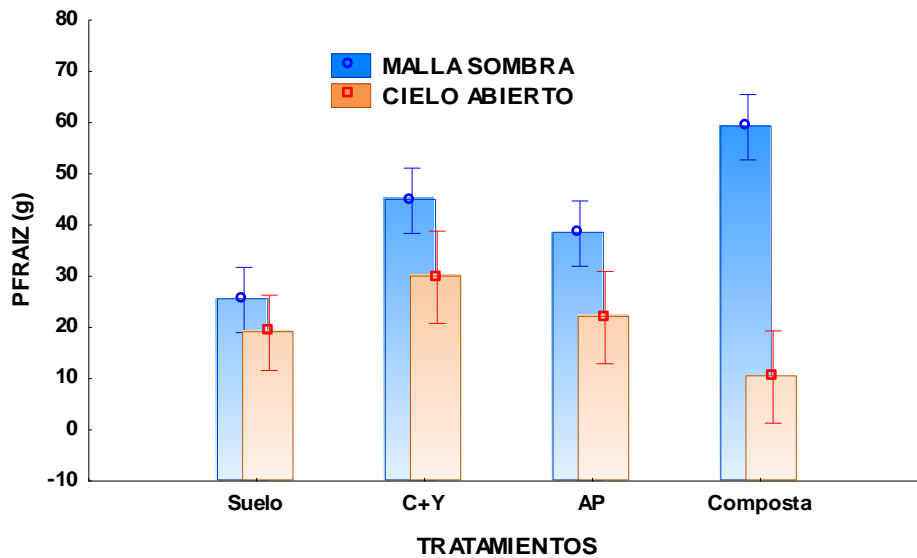


Figura 7. Peso fresco de raíz expresada en peso fresco de plantas de orégano bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.

Relación peso fresco de la raíz/ parte aérea de la planta

El crecimiento de la raíz con respecto al desarrollo de la parte aérea de la planta fue mayor para las plantas que se encontraban en la parcela a cielo abierto, mostrando un mayor desarrollo plantas con fertilizante de abono preparado (AP). Saber esta relación ayuda a saber la estrategia que la planta utiliza para poder crecer de la mejor manera. Es importante notar que los fertilizantes mejoraron esta relación, es decir permitieron que el desarrollo fuera mayor para la raíz que para la parte aérea de la planta. Es importante porque la planta al mejorar el desarrollo de la raíz, permite que la planta pueda tomar más agua y nutrientes de suelo (Fig. 8).

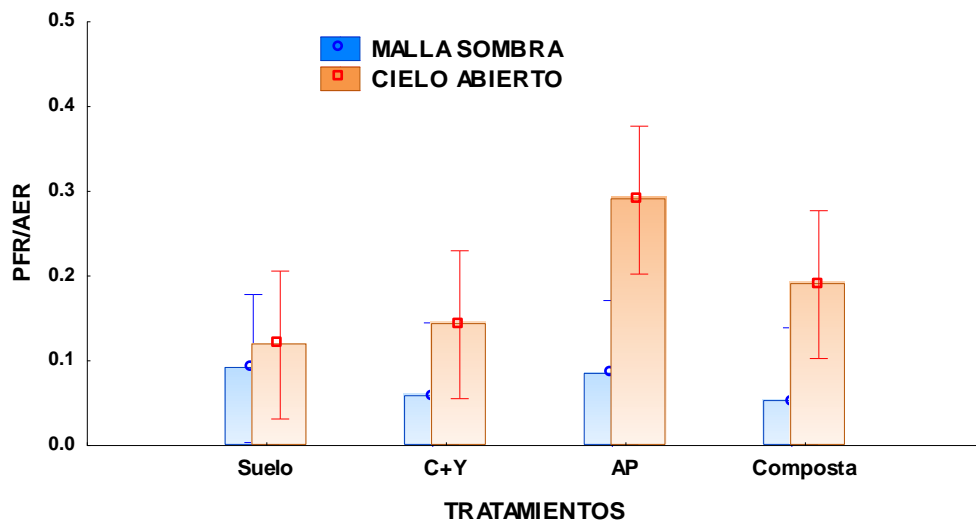


Figura 8. Relación del peso fresco de la parte aérea con respecto al peso fresco de la raíz de plantas de orégano bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.

VARIABLES FISIOLÓGICAS

Radiación fotosintéticamente activa

La radiación fotosintéticamente activa fue considerablemente mayor para la parcela a cielo abierto, donde el valor promedio total fue de 1453 ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), mientras que el valor total para dentro de la malla sombra fue de 714 ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), es decir la mitad del anterior. No se presentaron diferencias de esta variable entre los tratamientos de ninguna de las parcelas (Fig. 9).

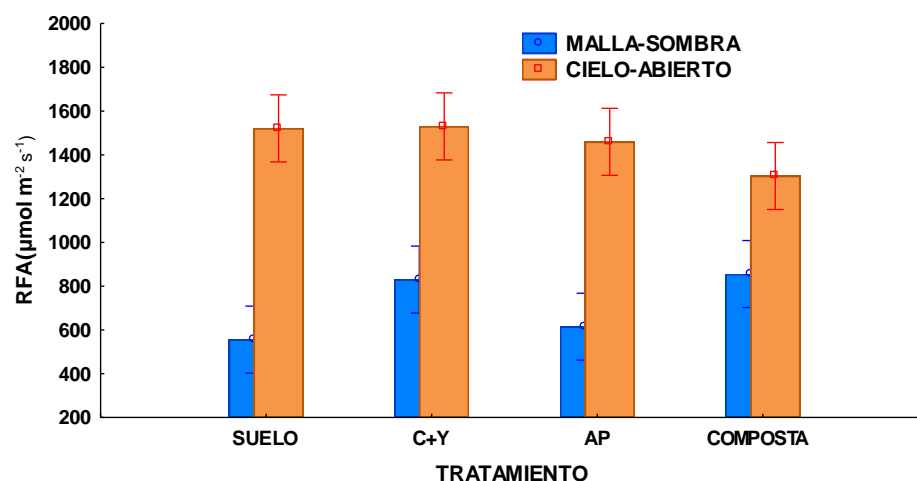


Figura 9. Radiación fotosintéticamente activa en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).

Temperatura ambiental y de la hoja

De acuerdo a los resultados mostrados en la figura 10, la temperatura de la hoja fue mayor para las plantas de la parcela a cielo abierto, así como la temperatura ambiental en comparación con la malla sombra. La diferencia de la temperatura de la hoja en grados fue de 4.27 °C fuera de la malla con respecto dentro de la misma, mientras que la diferencia de la temperatura ambiental fue de 2.5 °C. Las diferencias entre la temperatura de la hoja y la del ambiente fue mayor 1°C en la parcela a cielo abierto de acuerdo a lo que se muestra en la figura 10 y mínima en la malla sombra.

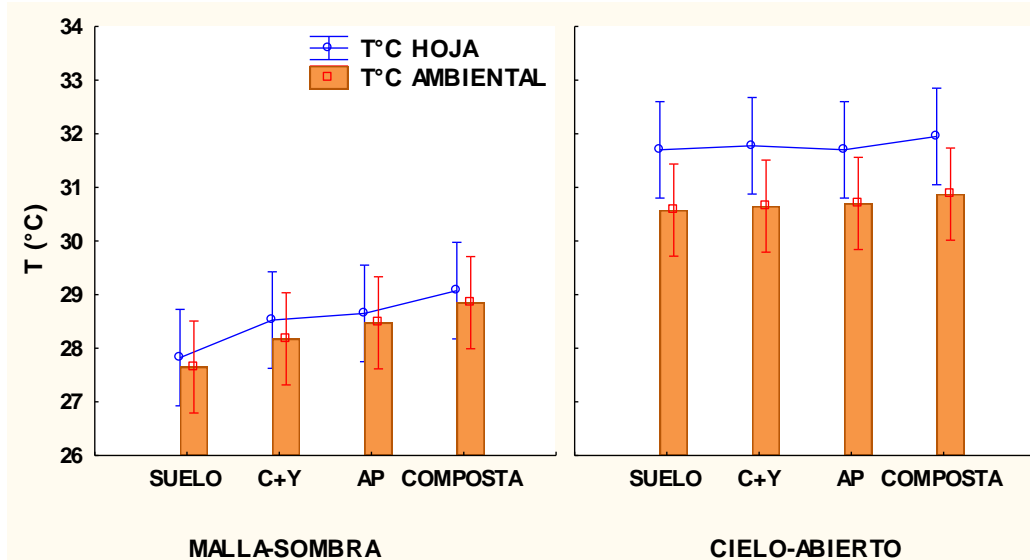


Figura 10. Temperatura del aire y temperatura de las hojas en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).

Transpiración y conductividad estomática

La pérdida de agua en transpiración no presentó diferencias significativas ni entre tratamientos ni entre las plantas que se encontraban dentro y fuera de la malla sombra. Esto se reflejó también en la apertura estomática (Fig. 11).

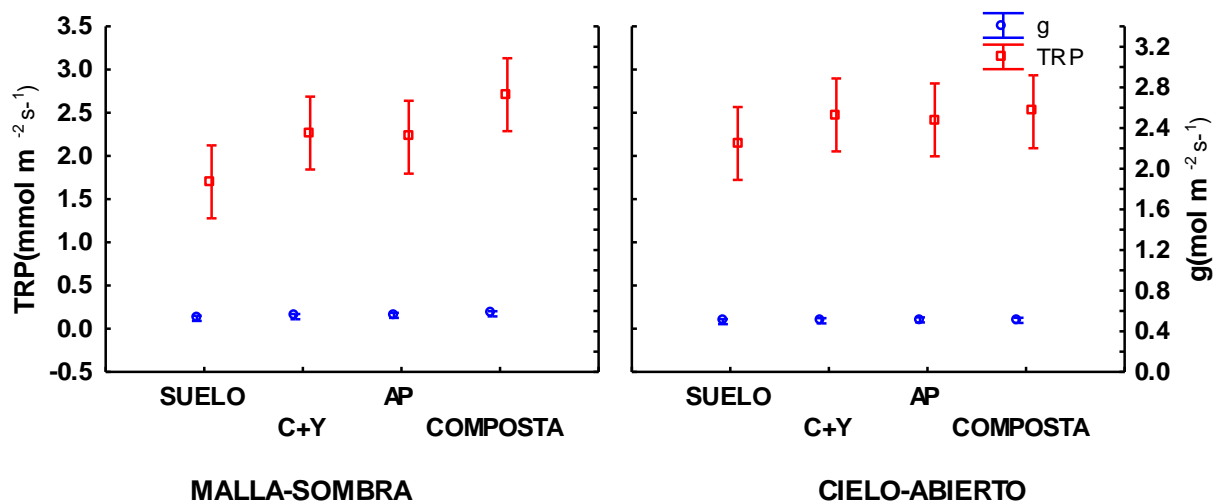


Figura 11. Transpiración (TRP) y conductividad estomática (g) en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).

Fotosíntesis

Dentro de los productos más importantes de las plantas para conocer su estado fisiológico es la fotosíntesis. El efecto de la malla sombra se reflejó en esta variable siendo mayor que las plantas que se desarrollaron en la parcela a cielo abierto. Las diferencias fueron más evidentes en las plantas con fertilización con composta dentro de la malla sombra (Fig.12).

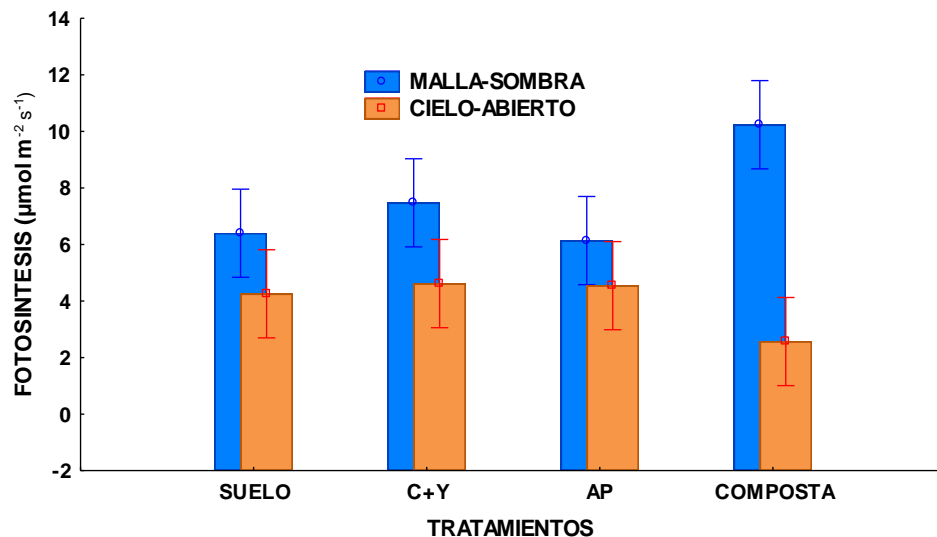


Figura 12. Fotosíntesis en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).

Humedad del suelo

Dentro de los factores más importantes para determinar la producción de biomasa fresca siendo esta la parte más importante para el productor, está la humedad del suelo. La mayor humedad registrada correspondió al tratamiento con composta tanto para la mala sombra como para la parcela a cielo abierto, siendo más evidente para el caso de la malla sombra (Fig. 13).

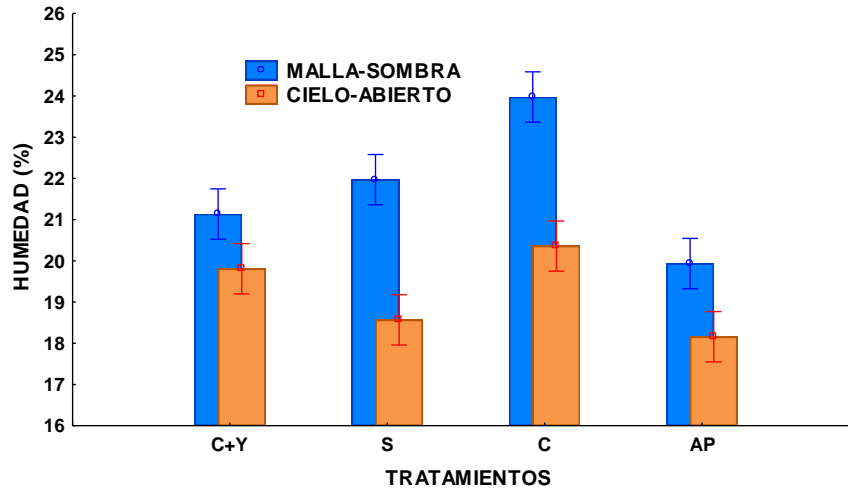


Figura 13. Humedad del suelo en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).

RESUMEN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo revelan que existe un efecto positivo de la malla sombra en el desarrollo de las plantas de orégano. Dentro de los aspectos que tienen una mayor relevancia para el productor agrícola se encuentra la producción de biomasa fresca de la parte aérea de la planta (tallo + hojas) y de manera particular la producción de hojas. En el caso del orégano, estas variables fueron evidentemente mejoradas con el uso de la malla sombra. En cuanto a los tratamientos de fertilización, estas mismas variables parecieron haber respondido mayormente al uso de Composta. Desde el punto de vista de la respuesta integral de la planta, es decir, la respuesta fisiológica y morfométrica. Los principales factores que están determinando el mejor desarrollo de las plantas es la temperatura, ésta disminuye gracias a la disminución de la radiación fotosintéticamente activa. Los resultados indican que la cantidad de radiación fotosintéticamente activa que llega a la planta en la malla sombra es la suficiente para permitir un mejor desarrollo de la planta. Esto se confirma cuando se observan los resultados de estas mismas variables en una parcela a cielo abierto, donde la RFA es el doble de la malla sombra y la producción del peso fresco de la parte aérea de la planta (tallo y hojas) es menor. Sin embargo, es importante considerar que

los resultados que se obtuvieron en cuanto a la fertilización con composta ya que permitieron una mayor retención de humedad en el suelo, lo que permitió un mayor desarrollo de raíces y fotosíntesis tanto en dentro de la malla sombra como en la parcela a cielo abierto, siendo más evidente en las plantas dentro de la malla sombra.

CULTIVO DE TOMILLO

VARIABLES DE PESO Y MORFOMÉTRICAS

Altura de la planta

Desarrollo de la altura de la planta dentro de la malla sombra fue mayor en las tres fechas de medición aunque menos evidente que para el orégano. También se observa una mayor altura de acuerdo al desarrollo de la planta alcanzando sus mayores alturas en la tercera fecha de medición. Una excepción se muestra en el caso de la parcela abierta en donde la altura de la planta alcanzó su máximo desde la primera fecha sin aumentar significativamente para la última medición. Con respecto a los tratamientos de fertilización, el fertilizante que mostró un efecto positivo en la altura de la planta fue el de composta en la segunda fecha de medición para las plantas de tomillo que se encontraban dentro de la malla sombra y en la primera etapa para plantas que se desarrollaban en la parcela abierta. Algo que llama la atención es que el tomillo parece ser una especie con baja demanda de fertilización ya que los resultados que se observan de acuerdo a la figura 14, muestran que la altura de la planta del suelo es igual o incluso mayor que con los tratamientos de fertilización. Sin embargo, menor en plantas desarrollándose dentro de malla sombra que fuera de esta. Aunque los resultados del presente experimento no hayan mostrado algún efecto mayor con respecto a la fertilización excepto para los casos del uso de composta que se mencionaron anteriormente, es importante considerar que la aplicación de este tipo de abonos naturales permite mejorar o mantener las condiciones adecuadas del suelo para soportar sostenidamente cultivos futuros. Lo anterior debido a la natural demanda aunque sea mínima de los nutrientes necesarios para el cultivo.

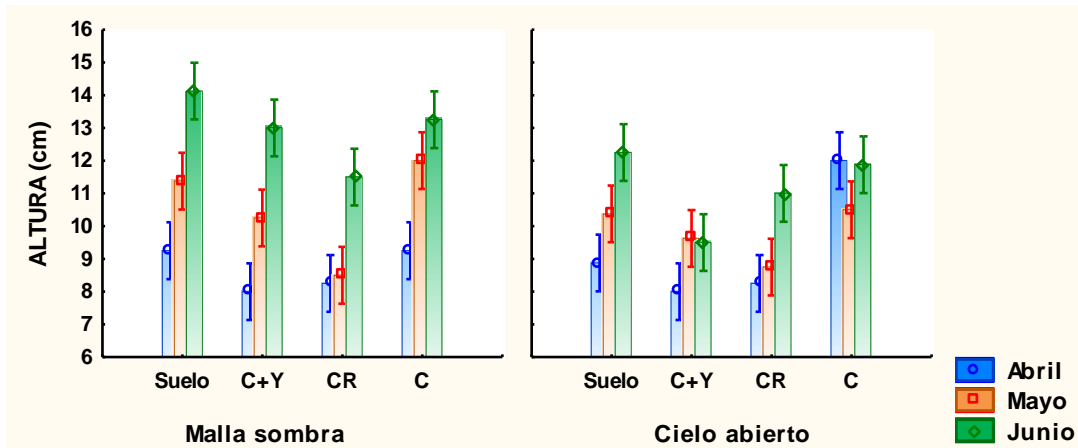


Figura 14. Altura (cm) de plantas de tomillo sembradas bajo estructura malla sombra y plantas a cielo abierto. Las barras verticales representan el error estándar de la media.

Peso fresco total parte aérea

El desarrollo de la parte aérea de la planta de tomillo dentro de la malla sombra también fue mejor en cuanto al peso fresco ya que fue cuatro veces mayor que el producido en la parcela a cielo abierto, como se muestra en la figura 15. La fertilización con los tres tipos de fertilizantes fue mejor también en la malla sombra con respecto a las plantas que no tuvieron fertilización (suelo) y ligeramente mayor con el uso del abono preparado (AP) aunque la diferencia con los otros dos fertilizantes no es significativa. A diferencia de la parcela del cielo abierto en donde no parece haber tenido gran efecto los fertilizantes.

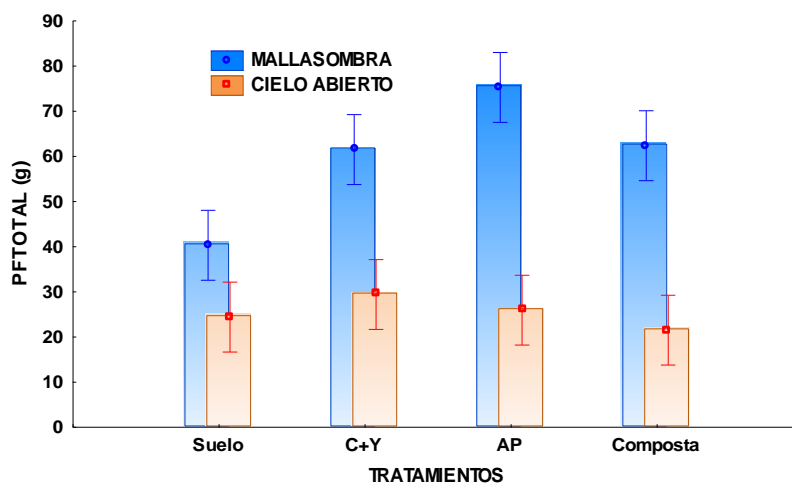


Figura 15. Peso fresco total (tallo y hojas) de la parte aérea de la planta de tomillo sometidas a diferentes tratamientos de fertilización, composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) y composta. Las barras verticales muestran el error estándar de la media.

Área foliar y peso fresco de hojas

El tamaño de las hojas o área foliar también fue mayor para las plantas que se encontraban dentro de la malla sombra y el tratamiento de la mezcla de composta con yeso (C+Y) parece haber tenido un mejor efecto sobre el tamaño de las hojas. El tamaño de las hojas fue cuatro veces menor que las de malla sombra y los fertilizantes parecen no haber tenido un efecto significativo (Fig. 16). El peso fresco de las mismas hojas tuvo la misma respuesta, fue mayor para las plantas que estaban bajo malla sombra y menor para las de cielo abierto. Y el fertilizante con mayor influencia en el peso fresco de las hojas fue el de la mezcla C+Y (Fig. 17).

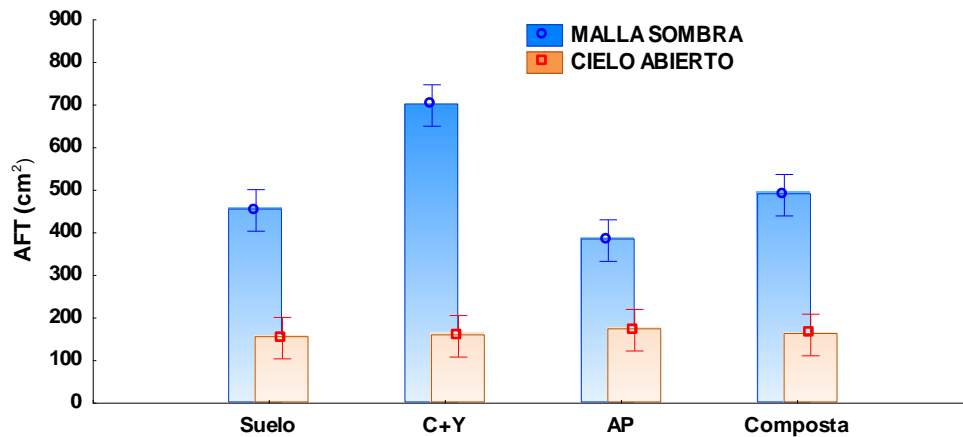


Figura 16. Área foliar total (cm²) de plantas de tomillo bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.

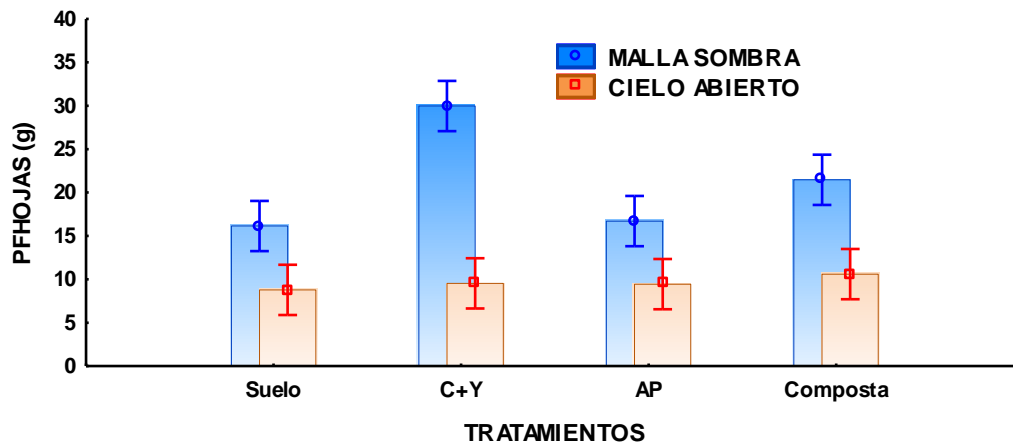


Figura 17. Peso fresco de las hojas de plantas de tomillo bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.

Longitud de raíz

La longitud de las raíces fue igual para las plantas que se encontraban dentro y fuera de la malla sombra, excepto por las plantas con fertilización del abono preparado (AP) en la malla sombra que fue mayor (Fig. 18).

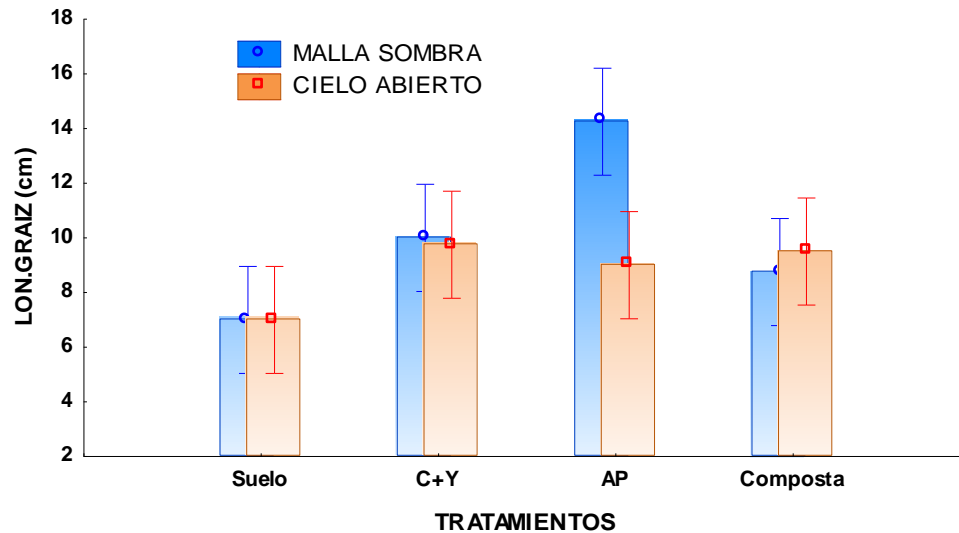


Figura 18. Longitud de plantas de tomillo bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.

Peso fresco de la raíz

El peso fresco de la raíz fue igual para plantas que se encontraban desarrollándose dentro de la malla sombra y en la parcela a cielo abierto, asimismo y en los dos casos, la fertilización pareció tener un efecto mayor en el peso fresco de la raíz utilizando fertilizantes que sin utilizarlos como se muestra en la figura 19 en las plantas en suelo sin fertilización.

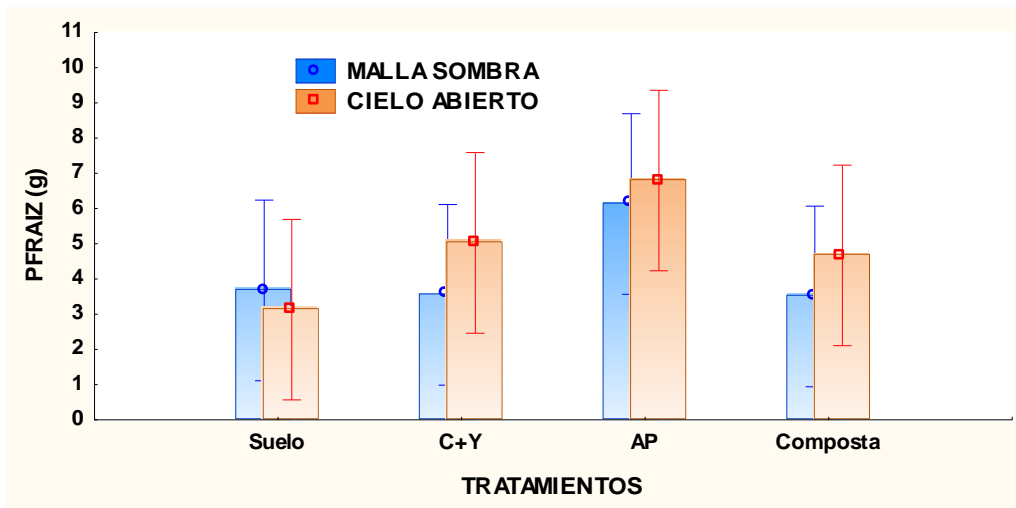


Figura 19. Peso fresco de raíces de plantas de tomillo bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.

Numero de tallos

El número de tallos es una parte importante dentro de la producción de tomillo ya que se comercializa y usa con todo y tallos debido a sus hojas tan pequeñas. El número de tallos producidos fue mayor en plantas que se encontraban bajo la malla sombra y con fertilizantes, que las que se desarrollaban en la parcela a cielo abierto como se muestra en la figura 20.

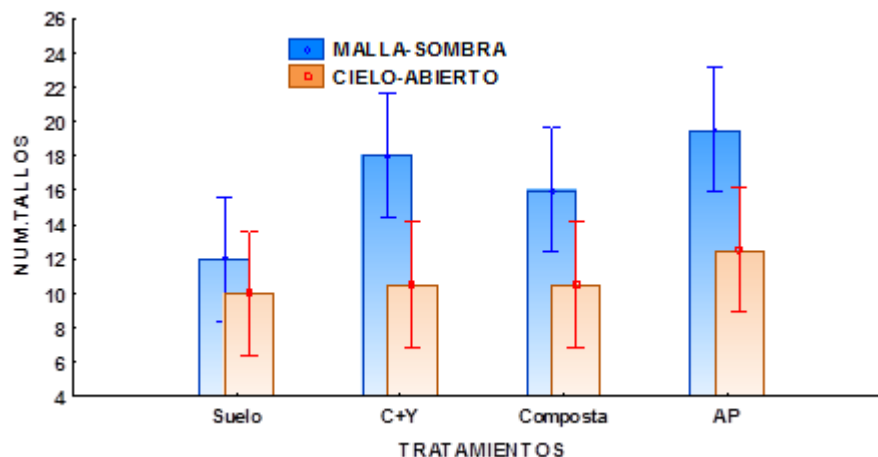


Fig. 20. Numero de tallos de plantas de tomillo bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.

Relación del peso fresco de la raíz/ parte aérea

Esta relación nos indica si la energía de la planta es mayormente concentrada en la producción de la raíz o la parte aérea de la planta (tallos y hojas). En el caso del tomillo la relación que se presenta en la figura 21 muestra que las plantas que se desarrollaron en la parcela a cielo abierto concentraron mayormente su energía en desarrollar una mayor raíz. Lo anterior puede indicar que estas plantas se encontraban bajo un mayor estrés de agua, de acuerdo a los resultados de la humedad registrada en el suelo, donde en la parcela a cielo abierto fue menor que en la malla sombra. Si una planta tiene más raíces puede explorar más volumen de suelo y captar más agua para subsistir, mientras que en el caso de plantas de malla sombra no tenían esta necesidad y se concentraron en una mayor producción de hojas y tallos (peso fresco de la parte aérea).

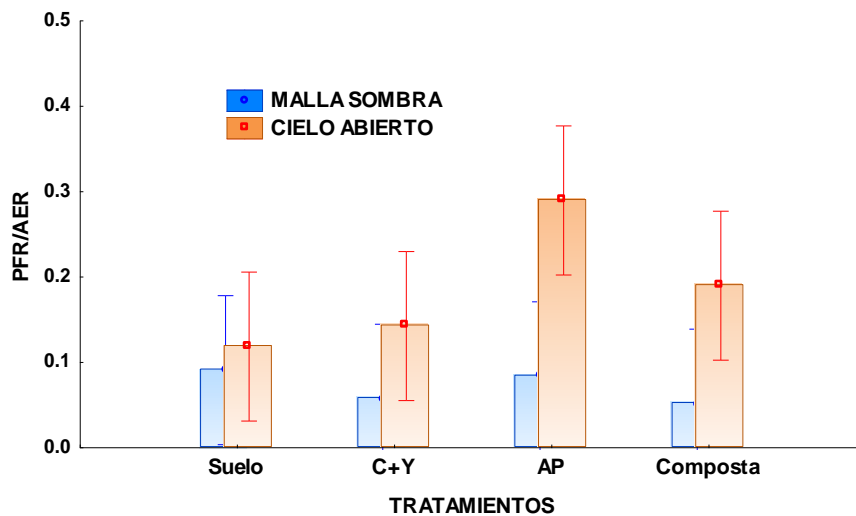


Figura 21. Relación del peso fresco de raíz y parte aérea de la planta de plantas de tomillo bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo). Las plantas se desarrollaron dentro de malla sombra y en parcela a cielo abierto.

VARIABLES FISIOLÓGICAS

Radiación Fotosintéticamente activa

La radiación que se midió junto con las demás mediciones realizadas fue mayor como era de esperarse para la parcela de cielo abierto, la diferencia fue de 400 unidades más (Fig. 22).

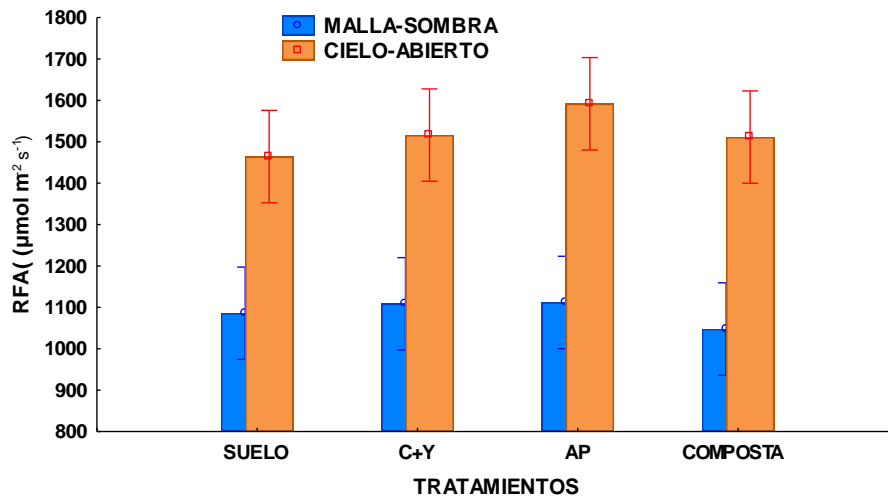


Figura 22. Radiación fotosintéticamente activa en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).

Temperatura ambiente y temperatura de la hoja

La temperatura ambiente fue 2.5°C más alta dentro de la malla que fuera de ésta. La temperatura de las hojas de plantas que se encontraban dentro de la malla fue de 0.5°C mayor que las temperatura dentro de la malla sombra, mientras que la temperatura de las hojas de las plantas a cielo abierto fue de 1°C más que la ambiental. No se encontraron diferencias entre el uso de los diferentes fertilizantes ni dentro ni fuera de la malla sombra (Fig. 23).

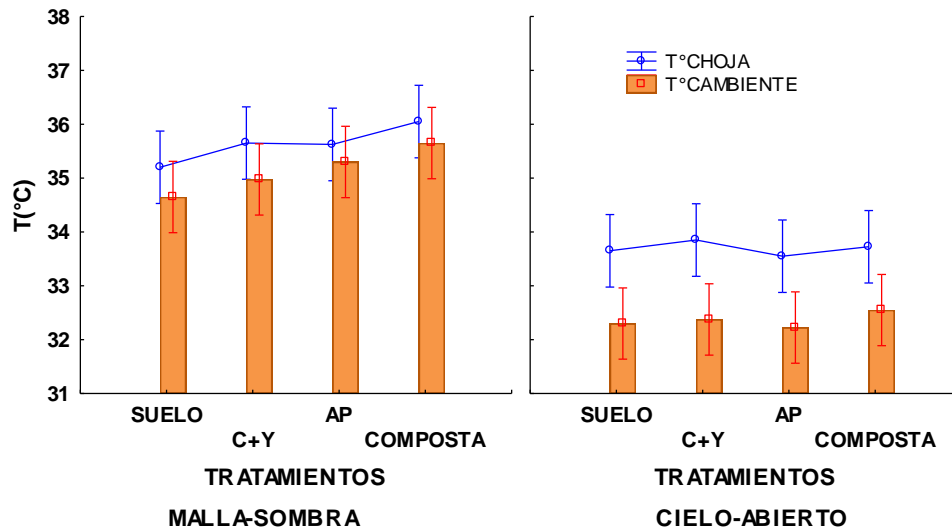


Figura 23. Temperatura del aire y temperatura de las hojas en plantas de orégano desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).

Transpiración y conductividad estomática

La pérdida de agua en forma de vapor o transpiración (TRP) fue mayor en plantas que se encontraban en la malla sombra comparadas con las de cielo abierto. La pérdida de esta agua se realiza a través de un orificio que se encuentra entre dos células llamado ostiolo, la apertura de este ostiolo se puede medir mediante la conductividad estomática. Esta apertura fue mayor para las plantas bajo malla sombra, lo cual provocó una mayor pérdida de agua que se reflejó en la TRP. Aunque pareciera haber diferencia entre los tratamientos de fertilización no se encontraron diferencias significativas, sin embargo se refleja una tendencia en donde los tratamientos con abono preparado (AP) y composta parecen tener los estomas más abiertos y perder más agua (Fig. 24).

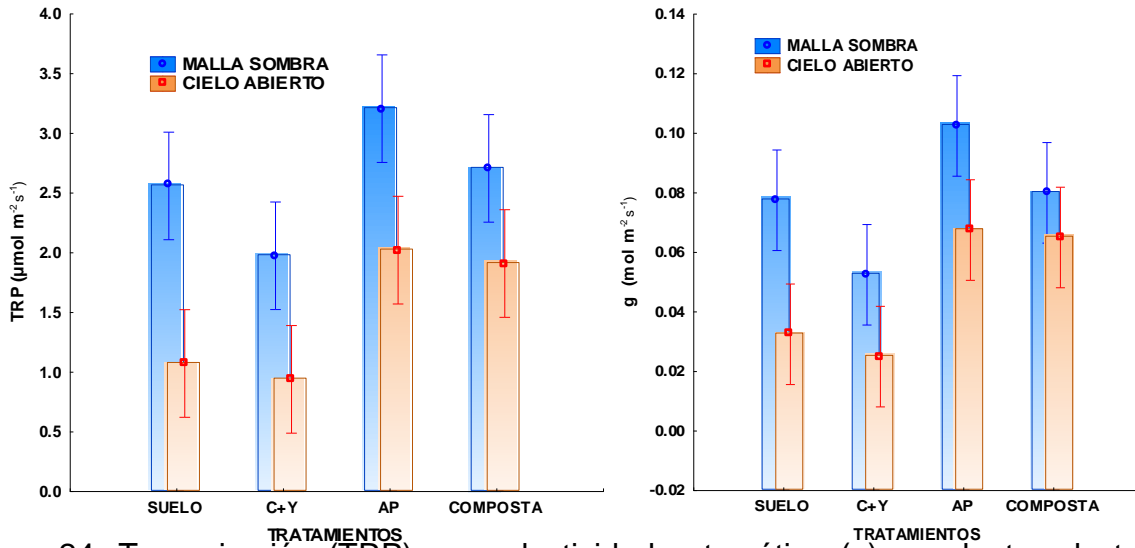


Figura 24. Transpiración (TRP) y conductividad estomática (g) en plantas de tomillo desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).

Fotosíntesis

La fotosíntesis fue mayor para plantas que se encontraron bajo la malla sombra que en la parcela a cielo abierto y los tratamientos de fertilización tuvieron un mayor efecto en las plantas a cielo abierto con respecto a las plantas sin fertilización (suelo) (Fig. 25).

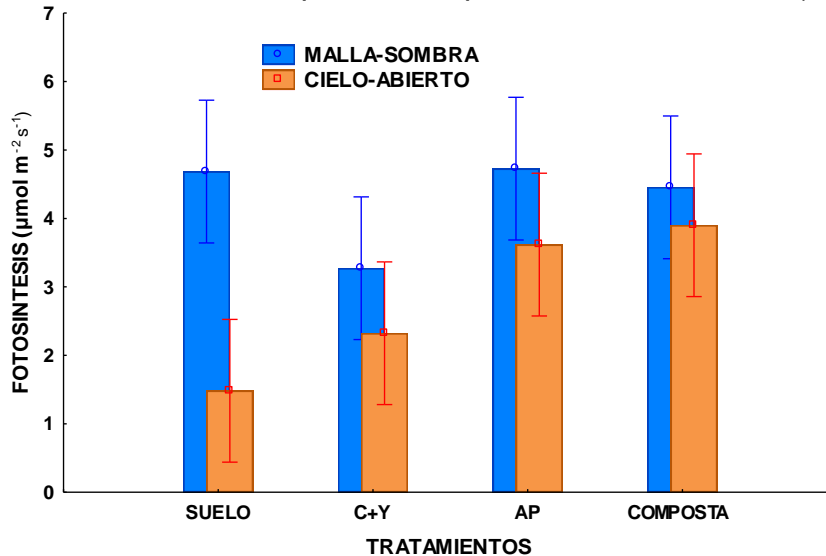


Figura 25. Fotosíntesis de plantas de tomillo desarrolladas en malla sombra y en una parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).

Humedad del suelo

La humedad del suelo fue mayor bajo la malla sombra que en la parcela a cielo abierto y el suelo fertilizado con composta guardó la mayor humedad (Fig. 26).

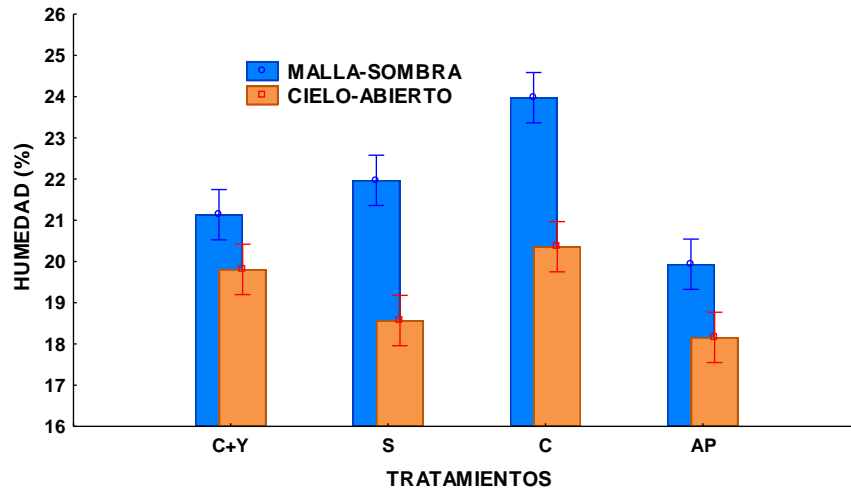


Figura 26. Humedad del suelo en plantas de tomillo desarrolladas en malla sombra y en una **¡Error! Marcador no definido.** parcela a cielo abierto bajo tratamientos de fertilización de composta con yeso orgánico (C+Y), abono preparado (AP) composta comparadas con plantas sin fertilización (suelo).

RESUMEN

La malla sombra ofreció una mejor condición para el desarrollo de variables importantes en la producción y comercialización del tomillo. El peso fresco total de la planta que incluyó el de tallos y hojas, así como el peso de las hojas solas y el tamaño de las mismas o área foliar y el número de tallos fue siempre mayor para plantas bajo malla sombra. Al parecer para lograr esto las plantas dentro de la malla sombra guardaron una mayor humedad en el suelo, misma que les permitió una mejor condición para producir más. Adicionalmente, permitió que la planta mantuviera sus estomas más abiertos lo que le permitió una mayor entrada de dióxido de carbono (CO₂) que es el principal alimento de la planta, con esto logró una mayor fotosíntesis que permite el mayor desarrollo de hojas y tallos. Todo esto aun a pesar de haber tenido una mayor temperatura ambiental y de la hoja dentro de la malla sombra que en la parcela a cielo abierto. En cuanto a los tratamientos de fertilización el peso fresco total de la planta

(tallos y hojas) mejoró con los tres tratamientos de fertilización en comparación de las plantas sin tratamiento. El peso fresco solo de las hojas y su tamaño mejoró más con el tratamiento de la mezcla de composta y yeso orgánico, mientras que el número de tallos fue mejor con todos los tratamientos de fertilización.

CONCLUSIONES

- La malla sombra ejerció un efecto positivo en el desarrollo de las plantas de orégano y tomillo, permitiendo un mayor crecimiento y por lo tanto una mayor obtención de peso fresco incluyendo tallos y hojas, que son la parte que más interesa para su comercialización.
- El uso de fertilizantes fue efectivo más marcadamente en plantas que se desarrollaron bajo malla sombra, aunque también se encontraron resultados positivos en plantas de la parcela a cielo abierto no fue tan contundente como las plantas bajo malla sombra.
- El cultivo de orégano parece ser más demandante de fertilización ya que fue notoria su mejora de producción con el uso de fertilizantes cuando se comparan con plantas a las que no se les aplicó fertilizante (suelo). La composta representó la mejor opción de fertilización
- El tomillo pareció ser menos demandante de fertilización, lo cual se reflejó en muchos de los resultados donde las plantas bajo fertilización no tuvieron diferencia con respecto a plantas no fertilizadas (suelo). En Tomillo todos los fertilizantes fueron mejoradores de las variables de peso y morfometría con una mayor tendencia para el abono preparado (AP) y Composta + yeso orgánico.

CONSIDERACIONES FINALES

Es importante considerar los resultados del presente reporte con reserva debido a que faltan algunos resultados como los pesos secos de cada parte de la planta (tallos, hojas, raíz) que pueden aportar información complementaria. Asimismo, muestras de suelo del final de experimento se encuentran en análisis con el fin de conocer los cambios que el suelo sufrió con la aplicación de los diferentes fertilizantes y entender de forma más certera la forma en que mejoran las condiciones del suelo. Esto arrojará información que sirva para poder realizar recomendaciones más precisas para la fertilización del orégano y tomillo.

LA OBRA DE DIVULGACIÓN

Dosis de composta, lombricomposta y biofertilizantes para la producción de hierbas aromáticas en agricultura protegida

Es una edición del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Se terminó de imprimir en La Paz, B.C.S., en el mes de julio de 2012. En su composición se usó tipografías Cambria y Arial de tamaños diferentes. El cuidado electrónico y la edición final estuvieron a cargo del Dr. Bernardo Murillo Amador. Su tiraje fue de 10 ejemplares. La obra corresponde a los productos esperados y comprometidos del megaproyecto SAGARPA-CONACYT (2009-II, clave 126183) intitulado "INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ESPECIES AROMÁTICAS Y CULTIVOS ÉLITE EN AGRICULTURA ORGÁNICA PROTEGIDA CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS DE BAJO COSTO".