

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS DE APLICACIÓN DE COMPOST
PARA LA PRODUCCIÓN DE ROMERO (*Rosmarinus officinalis*) Y OREGANO (*Origanum
vulgare*) BAJO INVERNADERO**

**GLORIA J. GONZALEZ LOPEZ
DAISSY J. ROMERO ARIAS**



**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLOGIA APLICADA
2009**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS DE APLICACIÓN DE COMPOST
PARA LA PRODUCCIÓN DE ROMERO (*Rosmarinus officinalis*) Y OREGANO (*Origanum
vulgare*) BAJO INVERNADERO**

**GLORIA J. GONZALEZ LOPEZ
DAISSY J. ROMERO ARIAS**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE BIÓLOGO

**DIRECTORA
MARÍA MERCEDES PÉREZ
INGENIERA AGRÓNOMA**



**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLOGIA APLICADA
2009**

Agradecimientos

Damos gracias a todas las personas que aportaron su buena voluntad, especialmente a María Mercedes Pérez que nos aportó sus conocimientos y respaldo para poder desarrollar este documento. Agradecemos también a nuestros padres por el apoyo incondicional durante todo el desarrollo de nuestras carreras y que nos impulsaron para buscar nuestros sueños.

A la Universidad Militar Nueva Granada, en especial a la Facultad de Ciencias Básicas, por las instalaciones donde se efectuó este proyecto y por sus servicios así mismo al Ministerio de ambiente y desarrollo rural como entidad cofinanciadora del proyecto.

Finalmente a Dios que nos acompañó en todo este proceso y dispuso de estas y otras personas que alguna manera fueron importantes para nosotras.

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen	1
2. Introducción	2
3. Objetivos	3
3.1 General	3
3.2 Específicos	3
4. Revisión bibliográfica	3
4.1 Producción de plantas aromáticas en Colombia	3
4.2 Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	4
4.3 Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	5
4.4 Fertilización en plantas aromáticas	7
4.5 Fertilización orgánica	8
4.5.1 Compostaje	8
4.5.2 Concentración y disponibilidad de los nutrientes en el compost	9
4.5.3 Efectos de la aplicación de compost	10
4.5.3.1 Aspectos físicos	10
4.5.3.2 Aspectos químicos	11
4.5.3.3 Aspectos biológicos	12
4.5.4. Experiencias en fertilización orgánica en hortalizas	12
4.6 Normatividad sobre fertilización en cultivos orgánicos	14
5. Metodología	16
5.1 Localización	16
5.2 Caracterización química del compost	17
5.3 Descripción de las unidades experimentales	17
5.4 Determinación de las dosis y frecuencias de aplicación de compost a evaluar	18
5.5 Diseño experimental y tratamientos a evaluar	20
5.6 Medición de variables	21
5.7 Análisis estadístico	24
5.8 Análisis de la relación beneficio/costo	24
6. Resultados	25
6.1 Producción de romero	25
6.1.1 Peso fresco	25
6.1.2 Peso seco	27
6.2 Producción Orégano	30
6.2.1 Peso fresco	30
6.2.2 Peso seco	32
6.3 Relación beneficio/costo	35
6.3.1 Romero	37

6.3.2 Orégano	38
7. Discusión	39
8. Conclusiones	44
9. Recomendaciones	45
10. Bibliografía	46
10.1 Consultas virtuales	48
10.2 Comunicaciones personales	49
11. Anexos	50

1. Resumen

Este estudio se enmarca dentro del proyecto “Desarrollo de un esquema de fertilización orgánica para la producción de tomillo, orégano y romero en suelos de Zipaquirá, Cogua y Nemocón” 2007V6189-152, cofinanciado por el MADR, con el propósito de mejorar el nivel tecnológico de pequeños productores orgánicos mediante técnicas de manejo agronómico que permitan incrementar la producción con calidad de exportación en fresco y que se adapten a las condiciones locales. El objetivo fue establecer la dosificación y frecuencia de aplicación óptimas de un compost comercial, para obtener la mayor productividad y calidad del romero y orégano. Se evaluaron 16 tratamientos de abonamiento por especie, considerando tres momentos de aplicación (al transplante; al transplante y en la semana de cada corte y al transplante y quince días después de cada corte) y cinco dosis (una dosis base y cuatro dosis más de 25 y 50% por encima y por debajo de ésta); un control sin aplicación de compost. La dosis base de compost fue 137 g/planta para romero y 193,5 g/planta para orégano. Se emplearon tres plantas por tratamiento, dispuestas en materas bajo invernadero. Se realizaron cuatro cosechas para romero y orégano. Para la productividad se consideró el peso fresco de los tallos cosechados por planta y la longitud de cada tallo se utilizó como criterio de clasificación de calidad, en las categorías nacional y exportación. Con el tratamiento de la dosis base incrementada en un 50% pero fraccionándola al transplante y en la semana de cada corte, se obtuvo la mayor productividad para el orégano (162.25 g/planta) y la mayor cantidad de producto calidad exportación tanto para el orégano (105.45 g/planta) como para el romero (56,20 g/planta). La mayor productividad total del romero (90,33 g/planta), se obtuvo con el tratamiento del 25% adicional a la dosis base de compost, fraccionada en partes iguales aplicándola al momento del transplante y en la semana de cada corte. Se calculó la relación beneficio/costo (B/C), obteniendo que para el romero el tratamiento con la mayor relación fue en que se aplicó la dosis base de 137g solo al transplante En el orégano la mejor relación se presentó en el tratamiento en el que se aplicaron 290.25 g, fraccionados en el transplante y en la semana de cada corte. Los resultados obtenidos pueden servir como base para estudios futuros que evalúen los mejores tratamientos en condiciones de parcelas de campo.

Palabras clave Fertilización orgánica, Planta aromáticas, Orégano, Romero, Compost, Dosis, Frecuencia de abonamiento

2. Introducción

En la actualidad hay una creciente atención sobre la producción orgánica principalmente por la preocupación en disminuir el impacto de las prácticas de la agricultura convencional sobre el medio ambiente. En cuanto a la fertilización orgánica, a partir del empleo del compostaje, humus, estiércol y abonos verdes, se mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, contribuyendo a conseguir mayores rendimientos en los cultivos y de esta manera también obtener mayor calidad del producto (He *et al*, 2005). Adicionalmente, esta práctica en condiciones de producción certificada, contribuye a lograr el ingreso al mercado de exportación.

La vinculación de las plantas aromáticas en un esquema de fertilización orgánica está dado por la tendencia mundial creciente por el consumo de productos orgánicos, teniendo en cuenta que el mayor importador es la Unión Europea y no solo de producto en fresco, también deshidratado para la industria de alimentos como para la industria farmacéutica. Los principales países que exportan a la Unión Europea son Estados Unidos, China, India, Brasil, Irán, Turquía, Indonesia y Argentina y una participación en menor escala de otros países. Sin embargo durante el periodo entre 1997 y 2001 el valor de las importaciones de plantas aromáticas y sus derivados disminuyó notoriamente de países como Estados Unidos y China, tomando su lugar países como Brasil y Argentina, con lo cual se abre una oportunidad de participación en este mercado de países en desarrollo (CCI, 2004).

La producción en Colombia de plantas aromáticas en la actualidad es muy baja, se ha registrado un comportamiento variable del área sembrada y una disminución en la producción en la última década. En el año 2007 la producción alcanzó las 1200 ton en un área total de 421ha, pero el año en el que se registró la mayor producción fue en el 2001 con casi 5000 ton en un área de 400 ha (Agronet, 2009). Este comportamiento se puede atribuir a la crisis económica actual de los exportadores y a la falta de investigación y tecnología en el sector.

Con el fin de contribuir en la investigación para mejorar el nivel tecnológico de pequeños productores orgánicos mediante técnicas de manejo agronómico que permitan incrementar la producción con calidad de exportación en fresco y que se adapten a sus condiciones locales, se realizó este estudio que se enmarca dentro del proyecto “Desarrollo de un esquema de fertilización orgánica para la producción de tomillo, orégano y romero en suelos de Zipaquirá, Cogua y Nemocón” 2007V6189-152, cofinanciado por el MADR. Se propuso establecer la dosificación y frecuencia de aplicación mas adecuada de un compost comercial más adecuada para suplir los requerimientos de las plantas de romero y orégano y aumentar los índices actuales de cosecha de estas aromáticas, así como su calidad para el mercado de exportación en fresco. Una de las fases del proyecto macro y que es además el objetivo del presente proyecto, es la evaluación del efecto de un compost comercial mediante el establecimiento de

una dosificación y frecuencia de aplicación del mismo, con la que se suplan los requerimientos de las plantas de romero y orégano de tal manera que se aumenten los índices actuales de cosecha de éstas aromáticas, así como su calidad para el mercado de exportación en fresco.

3. Objetivos

3.1 General

Evaluar el efecto de un compost comercial para contribuir al mejoramiento de la fertilización de romero y orégano con fines de exportación.

2 Específicos

- Establecer la dosis de un compost comercial en romero y orégano, en la que se obtenga la máxima productividad del cultivo, calidad del producto cosechado y rentabilidad económica.
- Determinar la frecuencia de aplicación de un compost comercial, en romero y orégano en la que se obtenga la máxima productividad del cultivo, calidad del producto cosechado y rentabilidad económica.

4. Revisión bibliográfica

4.1 Producción de plantas aromáticas en Colombia

Las plantas aromáticas se caracterizan por concentrar ciertas sustancias químicas producto de su metabolismo secundario en diferentes tejidos y órganos. Estas propiedades han permitido que las plantas aromáticas sean utilizadas por el hombre de diversas formas entre las que se encuentran: culinaria, medicinal e industrial (Bareño y Clavijo, 2005). Estas características, además de la producción permanente durante todo el año, la diversidad climática que permite cultivar en campo abierto o bajo invernadero, los bajos costos de producción en comparación con otros países, han posicionado a las plantas aromáticas en la última década, ya que en Colombia su producción hasta el 2005 tuvo un incremento de 24% anual (Clavijo y Bareño, 2005). Sin embargo, a partir del 2006 la producción se ha reducido debido a la disminución de los rendimientos y del área cultivada (Figura 1).

La producción de plantas aromáticas en Colombia durante el 2007 alcanzó las 1200 toneladas en un área total de 421ha (Figura 1). Sin embargo, en el año 2004 el área alcanzó 484ha con una producción de 5000 toneladas. La producción se concentra en los departamentos de Cundinamarca (71.25%), Boyacá (2.61%), Risaralda (5.70%) y Valle del Cauca (20.42%) (Agronet, 2007) y se dirige al mercado externo para ser comercializadas en países como Estados Unidos (76% de la producción), Canadá (10%), Reino Unido (8%), Alemania, Holanda Bélgica (5%), entre otros (CCI, 2004).

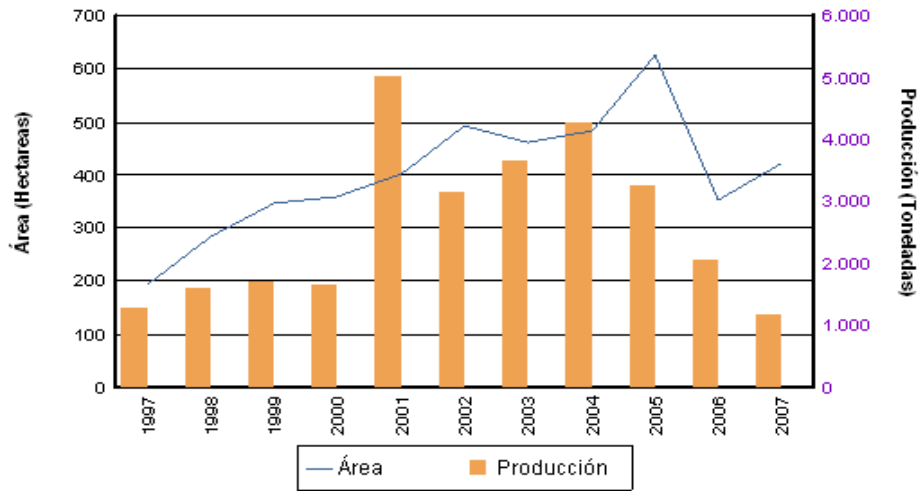


Figura 1. Área cosechada y producción de plantas aromáticas en Colombia durante los años 1997-2007 (Agronet, 2009).

4. 2 Romero (*Rosmarinus officinalis*)

El romero es una hierba aromática perenne, leñosa arbustiva perteneciente a la familia Lamiaceae. Se caracteriza por tener ramas pardas con hojas de 15 a 40 mm de longitud, opuestas, coriáceas, estrechas y lanceoladas, con bordes enteros y de color verde brillante (Muñoz, 1987). Las flores son de color azul a lila pálido agrupadas en racimos y el fruto es un tetraquenio (Bareño, 2006a).

El romero comercialmente está disponible como preservativo natural y como antioxidante, por sus componentes como son una lactona diterpénica llamada picrosalvina o carnosol y diterpenos antioxidativos como epinomarínol, rosmaridifenol, rosmariquinona y ácido rosmarínico. Los extractos y aceites esenciales pueden ser usados para estabilizar grasas, aceites y grasas contenidas en los alimentos. Sus aceites esenciales tienen propiedades antidepressivas, antiespasmódicas, antimicrobiales y es en la actualidad una fuente potencial de moléculas anticancerígenas; el aceite de romero estimula los folículos pilosos razón para ser empleado en tratamientos de alopecia. En el ámbito agroecológico el romero tiene propiedades antimicrobiales y es usado como repelente de insectos (Sasikumar, 2004).

Para propagar las plantas de romero se usan semillas y esquejes. Las semillas son muy pequeñas y de color negro y las plántulas que se obtienen pueden ser transplantadas entre 8 y 12 semanas después que las semillas son dispuestas en semilleros. En el caso de sembrar en monocultivo la distancia de siembra es de 45 x 45cm (Sasikumar, 2004) aunque Venté (2007)

recomienda una distancia de siembra de 40 x 40 cm y una densidad de 75.000 plantas/ha. La mejor forma de multiplicar el romero es por esquejes debido a que garantiza que la planta obtenida madure en menor tiempo, ya que la propagación con semillas es más costosa, lenta y el material es bastante heterogéneo (Bareño, 2006a). Los esquejes por lo general son de 10 a 15 cm de longitud y se seleccionan de la planta madre para que conserve sus características; se retiran las hojas bajas para luego colocarlos en suelo donde se hace indispensable un riego regular para un buen brote de los explantes hasta que puedan ser transplantados al sitio definitivo, lo cual toma cerca de 45 a 50 días (Sasikumar, 2004).

En cuanto a los requerimientos climáticos y edáficos, el romero se desarrolla adecuadamente en alturas entre 1500 y 2500 m.s.n.m., con temperaturas de 16 a 22°C, aunque según Bareño (2006a) puede cultivarse en alturas entre 0 y 3000 m.s.n.m. y sobre suelos calcáreos (Venté, 2007). Tiene un buen desarrollo en este tipo de suelos, con un pH de 6.5 -7.0 y bien drenados (Muñoz, 1987).

Las primeras producciones de romero se presentan generalmente 13 semanas después del trasplante (Bareño, 2006a), antes de la etapa de floración (Sasikumar, 2004). El cultivo de romero se establece fácilmente por ser una planta rústica, el ciclo o tiempo entre cosechas es de 4 semanas y si se quiere producir durante todo el año, es necesario escalonar las áreas de producción según los ciclos del cultivo (Bareño, 2006a)

Si el romero se cultiva para ser comercializado en fresco el corte de las plantas se realiza en la mañana cuando el producto está turgente y los estomas no han abierto totalmente; luego de cortar los tallos, se empacan verticalmente en canastillas plásticas, las cuales deben estar protegidas con películas de polietileno para disminuir la deshidratación; además las canastillas deben contener un máximo de 3.0 kilos para evitar daños mecánicos y altas temperaturas. Inmediatamente después se traslada el producto a un cuarto frío a 4°C de temperatura y humedad relativa del 80%, durante 12 horas; posteriormente el producto se clasifica y se empaca (Muñoz, 1987).

La productividad del romero se mide en gramos por metro cuadrado efectivo; en promedio se obtienen alrededor de 550gm⁻²cosecha. Sin embargo una vez clasificado y empacado, en un metro cuadrado se obtienen aproximadamente 500 gramos tipo exportación. Estos niveles se alcanzan 8 meses después de iniciarse el cultivo (Bareño, 2006a).

4.3 Orégano (*Origanum vulgare*)

El orégano es una planta perenne, vivaz, de rizoma rastrero, con tallos rectos, cubiertos de pelusa blanca, que a menudo adquieren una tonalidad rojiza. Se ramifican en la parte superior y tienden a deshojarse en las partes más inferiores. La planta alcanza una altura entre 30 a

80cm. Las hojas brotan de dos en dos en cada nudo y son opuestas, ovales, puntiagudas, vellosas por el envés, pecioladas y con bordes enteros. Las flores son pequeñas, de color blanco o rosa dispuestas en inflorescencias terminales, cubiertas por brácteas de color púrpura. El fruto característico del orégano es un tetraquenio (Muñoz, 1987).

El orégano es utilizado para propósitos culinarios como especia o condimento (De Mastro *et al*, 2004) y se conoce bajo el nombre de "rigani". El orégano griego es considerado el de más alta calidad, es rico en aceites esenciales y en carvacrol, el componente que da la característica de olor a aceite de orégano (Economakis y Fournaraki, 1993). El orégano es un efectivo antioxidante empleado para preservar la comida. En medicina tiene propiedades digestivas, calma dolores como cólicos, espasmos abdominales, dolores de cabeza, también es empleado en tratamientos para desordenes del tracto respiratorio, afecciones dermatológicas, infecciones virales, entre otros (Sasikumar, 2000).

La planta de orégano crece en el trópico en altitudes entre 1500 y 3000 m.s.n.m., con temperaturas de 15 a 20°C (Venté, 2007); por su parte, Bareño (2006b) reporta que es resistente a heladas. Se caracteriza por ser una hierba aromática de día largo por lo tanto el fotoperiodo no influencia el crecimiento de la planta y la diferenciación floral; las plantas que crecen bajo 12 horas de luz al día son mas vigorosas y con mayor área foliar que las que crecen con mayor disposición de luz (Marzi, 1996). Respecto a sus requerimiento edáficos, se reporta que crece adecuadamente en suelos con texturas arcillosas a francas, ricos en materia orgánica (Venté, 2007) y con pH entre 5 y 7 (Beytes, 1999).

El cultivo de orégano puede establecerse a partir de semillas o esquejes. Las semillas son de tamaño pequeño (0.20 a 0.25g/1000 semillas); la germinación ocurre a 85% de humedad relativa (Beytes, 1999), y a bajas temperaturas, con un óptimo de temperatura de 15 a 20°C (Kintzios, 2004), que permite obtener un porcentaje de germinación no mayor al 75% que declina rápidamente en el tiempo. Dicho proceso de germinación ocurre entre 7 a 14 días (Beytes, 1999). Las plantas se siembran en contenedores alveolares hasta obtener plántulas de 10cm de longitud para luego ser transplantadas a una distancia de siembra de 50x50cm y una densidad de 40.000 plantas/ha (Venté, 2007), Mientras que para Bareño (2006b) la densidad de siembra es de 145.000 plantas/ha. En caso de emplear esquejes para la propagación de orégano, éstos al igual que en el romero tienen la propiedad de formar raíces a partir del extremo cortado del tallo (Venté, 2007), características que permiten una propagación más rápida y económica (Bareño, 2006b). Los esquejes que tienen una longitud cercana a 30cm y hojas bien desarrolladas se transplantan a suelo para su posterior cosecha en estado de floración (Kintzios, 2004). Al segundo mes del trasplante de la planta en terreno preparado, se logra la primera cosecha, posteriormente se realizan cosechas mensuales (Muñoz, 1987).

4.4 Fertilización en plantas aromáticas

Son pocos los trabajos debidamente documentados que se pueden encontrar respecto a la fertilización y el abonamiento de las hierbas aromáticas, más aún en condiciones del trópico. Reportes como Assured Produce (2009), sugieren proveer a las plantas de romero y orégano una cantidad adecuada de los nutrientes empleando compuestos químicos, introduciendo principalmente los macronutrientes que estiman necesarios y que se muestran en la Tabla 1. La cantidad de fertilizantes empleada varía con el tipo de suelo.

Tabla 1. Cantidad de nutrientes aplicada en los cultivos de romero y orégano dada en Kg/ha (Assured Produce, 2009).

Cultivo	N	P	K
Orégano	180	125	125
Romero	125	125	125

Por su parte, Martinetti *et al* (2006), realizaron en romero un estudio en el que se utilizaron dos variedades de romero (Majorjka pink y Montfort form) y aplicaron tres dosis de N (0-100-200mg/planta), de P₂O₅ (0-40-80 mg/planta) y de K₂O (0-100-200mg/planta), cada 20 días con fertirrigación. En dos cosechas se observó un efecto positivo de la fertilización en el crecimiento de la planta en ambos cultivares, así mismo se estableció que la relación N: P: K fue de 2.5:1:3.2. Con respecto a la producción, la mejor combinación fue 200 mg/planta de N, 40 de P₂O₅, y 200 de K₂O.

Estudios realizados sobre la extracción de nutrientes en orégano, empleando plantas sembradas en canaletas, fertilizadas mediante las soluciones nutritivas AGROFEED AGRUNA. 02 Y AGROFEED AGRUNA. 03. aplicadas con fertirriego y en las que se realizaron 2 cortes, el primero de ellos 32 días después del primer corte y el segundo 40 días después, demostraron que el ciclo de crecimiento incrementa el nivel de extracción de los elementos analizados, siendo el N el elemento que presentó una mayor extracción en las hojas (Tabla 2) (Marentes y Clavijo, 2006).

Tabla 2. Resultados de análisis foliar (Marentes y Clavijo, 2006)

DDC	N	P	Ca	K	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	%					mg Kg ⁻¹				
30	0,76	0,11	0,74	0,15	0,19	9,5	1330	318	42	13,7
42	0,75	0,15	0,94	0,18	0,25	11,1	1952	378	52	28,2

4.5 Fertilización orgánica

Otra alternativa para la fertilización de las plantas aromáticas es la fertilización orgánica que tiene como propósito la protección del medio ambiente desde las prácticas de cultivo, el material vegetal a utilizar, el manejo del suelo, así como los productos empleados antes durante y después del cultivo hasta el manejo poscosecha del producto. En la fertilización orgánica se hace necesario el uso de productos naturales o materia orgánica, los cuales deben estar sujetos a normativas que comprenden parámetros del manejo de los recursos, procesamiento y aplicación.

Existen diversas formas en las que se puede realizar una fertilización orgánica, entre ellas se encuentran la fertilización con abonos verdes, con biofertilizantes, con estiércoles y compost. (Alexander, 2005). Las aplicaciones de compost influyen en la mejora de propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, contribuyendo a conseguir mayores rendimientos en los cultivos y calidad del producto (He *et al*, 2005).

Los productos de compost contienen una amplia variedad de macro y micronutrientes, considerándose como una buena fuente de N, P, K S, Ca y Mg, así como micronutrientes esenciales para el crecimiento de la planta. Puesto que el compost contiene fuentes relativamente estables de materia orgánica, estos nutrientes se suministran como fertilizantes de liberación lenta. El compost normalmente se aplica en proporciones mucho mayores que los fertilizantes inorgánicos, de este modo pueden tener un efecto acumulativo en la cantidad y disponibilidad de nutrientes (Alexander, 2005)

4.5.1 Compostaje

El compostaje es un proceso dinámico y bioxidativo, que resulta de la actividad combinada de una amplia sucesión de poblaciones mixtas de bacterias y hongos asociados a una serie de estados ambientales que se superponen unos a otros, emergiendo gradualmente cada población como resultado de los posibles cambios climáticos y del sustrato (López, 2002). Dichos microorganismos requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos para realizar una descomposición biológica aeróbica bajo condiciones controladas. De forma general el proceso implica el paso por una etapa termofílica y una producción natural de fitotoxinas, dando al final como productos de los procesos de degradación, dióxido de carbono, agua y minerales, así como una materia orgánica estabilizada, libre de fitotoxinas y dispuesta para su empleo en agricultura sin que provoque fenómenos adversos (Gómez, 2000).

Cuando se inicia el proceso de compostaje, las moléculas de azúcares, almidones y proteínas de rápido uso energético, sirven de sustrato inicial a los microorganismos mesófilos cuya

actividad y multiplicación van calentado los compostables. Hay liberación de CO_2 y H_2O , la cual reduce el contenido de carbono de los compostables y el porcentaje de la fracción mineral tiende a aumentar. En este arranque mesofílico hay abundancia de nitrógeno amoniacal (N-NH_4^+) que prima sobre nitrógeno nítrico (N-NO_3^-), dominan las bacterias mesófilas y los hongos (Gómez, 2000).

Al alcanzar la etapa termofílica ($>45^\circ\text{C}$), se inicia la degradación de moléculas de mas difícil descomposición como la holocelulosa y la lignina, así como ceras, grasas, aceites y resinas; como la actividad es máxima se alcanzan las máximas temperaturas, siendo también máxima la liberación de CO_2 y H_2O , lo cual reduce el contenido de carbono del compost en elaboración y hace mas elevado el porcentaje de minerales con respecto a la etapa anterior (Gómez, 2000).

En la etapa termofílica es preciso remarcar el carácter biooxidativo del proceso. La materia se utiliza para síntesis de los microorganismos y no es totalmente oxidada. El nitrógeno amoniacal N-NH_4^+ de la cadena proteína-aminoácido-aminas-amonio puede o no perderse hacia la atmósfera antes de pasar a la forma N-NO_3^- . Ello es función de la relación C/N de los compostables: se pierde N si la relación es baja y se puede llegar a pérdidas nulas con relaciones altas (Gómez, 2000).

En la etapa de enfriamiento, que se empieza a generar por una reducción de la población microbial que ya no encuentra suficiente sustrato alimenticio, continúa la descomposición de los materiales más resistentes y parte del sustrato lo constituye la necromasa microbial. Se acentúa la formación de nitratos que dominan sobre las formas amoniacales. Los nitratos y otras sales, así como la abundancia de K en solución, aumentan la salinidad. Empieza la degradación de las sustancias fitotóxicas. La población microbial es claramente dominada por bacterias mesofílicas. La formación de sustancias humitas, principalmente ácidos húmicos, se ve favorecida por la aireación y el pH es cercano a la neutralidad (Gómez, 2000).

En la etapa de maduración, los cambios son menores con el tiempo pero con tendencias de aumento en el porcentaje de fracción mineral y de los nitratos y de la disminución en el porcentaje de C, liberación de CO_2 y N-NH_4^+ . Se eleva la cantidad de actinomycetos, responsables del típico olor a tierra orgánica fresca y de gran parte de la antibiosis (Gómez, 2000).

4.5.2 Concentración y disponibilidad de los nutrientes en el compost

La mayoría de nitrógeno en compost estables y maduros está en forma orgánica y una pequeña proporción del N total que está como nitrógeno mineral, puede ser una mezcla de NH_4^+ y NO_3^- ; la proporción de cada uno depende del tiempo de maduración y en algunos

casos de la materia prima. La formación de nitrato es sensible a la temperatura y la forma de NO_3^- no estará presente en el compost hasta que las temperaturas sean cercanas a las del ambiente y el proceso de maduración haya terminado (Sikora y Szmidt, 2005).

El fósforo orgánico en el compost procedente de vegetales es fácilmente descompuesto para liberar un orto-fosfato disponible para las plantas; el fósforo del compost se encuentra disponible en un 20-40% mientras que el fósforo disponible en el suelo normalmente es del 1%. Por lo anterior, las aplicaciones de compost pueden aumentar el fósforo disponible para la planta en el suelo (He *et al*, 2005).

La disponibilidad de K para la planta en los compost puede ser mayor del 85% del contenido total de este elemento. La mayoría de los suelos agrícolas contienen concentraciones totales de K de 4 a 25 g kg^{-1} pero con menos del 1% del K total disponible para las plantas. Los compost pueden ser entonces una fuente alternativa de K para los cultivos. Los contenidos variables de K del compost se atribuyen a los diferentes orígenes del material de partida, sin embargo, el proceso de compostaje puede también tener una influencia sustancial en la disponibilidad de K debido a la alta solubilidad de este en el agua y las pérdidas por lixiviación que pueden producirse durante el compostaje o durante el proceso de mineralización si el compost se expone a la lluvia (He *et al*, 2005).

La disponibilidad de Ca en el compost depende del origen y la composición de la materia prima del mismo; las concentraciones de este elemento en el compost varían de 21 a 75 g*kg^{-1} . La mayoría de los suelos neutros a alcalinos contienen Ca suficiente disponible para el crecimiento de las plantas, sin embargo la deficiencia de Ca puede ser un problema para los suelos ácidos afectando la calidad del cultivo. En los suelos ácidos, especialmente los arenosos, el compost pueden aumentar la disponibilidad de Ca para el cultivo (He *et al*, 2005).

4.5.3 Efectos de la aplicación de compost

La materia orgánica desempeña un papel importante en la fertilidad del suelo aumentando la capacidad de absorción y retención de los elementos nutritivos. También puede activar la movilidad de ciertos elementos manteniéndolos en el suelo en forma asimilable para las plantas y hacer que sean más eficaces los abonos minerales. En definitiva, crea un ambiente más favorable para las raíces y prueba de esto es que las raíces exploran preferentemente las partes del suelo más ricas en materia orgánica (López, 2002).

4.5.3.1 Aspectos físicos

Cuando se utiliza en cantidades suficientes, la adición de compost tiene un impacto positivo inmediato y a largo plazo en las propiedades físicas del suelo. Quizá la más importante es que

mejora la estructura del mismo, sea la textura fina o gruesa. El humus liga partículas del suelo en agregados migajosos muy estables, los cuales no se rompen fácilmente por tanto, al mojarse resisten la erosión, especialmente en aquellos suelos de textura gruesa (Dalzell *et al*, 1991). La materia orgánica aumenta la porosidad del suelo incrementando el número y tamaño de los poros que permiten el paso del agua dentro del suelo, de esta manera que se absorbe más lluvia y se reduce la escorrentía. Como consecuencia, se mejora la permeabilidad, la capacidad de retención de agua y la aireación (López, 2002).

En suelos con texturas finas (arcillosos o francos), la adición de compost reduce la densidad aparente, mejora la maleabilidad, disminuye la compactación y aumenta la porosidad y la permeabilidad al gas y al agua. Sin embargo, puede ocasionar un exceso de humedad en suelos arcillosos. Puede contribuir a la reducción de la erosión y en los suelos de textura fina de la compactación (Alexander, 2005).

A pesar de que el compost suministra gradualmente los nutrientes a las plantas al mineralizarse, su importancia principal en ambientes tropicales y subtropicales es su habilidad para regular y mejorar el suministro de agua a los cultivos en crecimiento y estabilizar los suelos contra la erosión por agua y por viento (Dalzell *et al*, 1991).

4.5.3.2 Aspectos químicos

A diferencia de los fertilizantes solubles, en el compost los principales nutrientes que requieren las plantas no están inmediatamente disponibles para ser absorbidos. El nitrógeno está fuertemente ligado en la proteína de los cuerpos de los microorganismos y en el humus y solo es liberado en la mineralización. El fósforo y el potasio están ligados menos estrechamente y por tanto son más disponibles (Dalzell *et al*, 1991).

El aporte de compost aumentan en gran proporción la capacidad de intercambio catiónico del suelo, proporcionándole suelo la capacidad de retener, de forma más eficaz los nutrientes, mientras reduce las pérdidas por lixiviación (Alexander, 2005). Por ello, puede mejorar significativamente la absorción por las plantas de los nutrientes aportados mediante los fertilizantes minerales (Dalzell *et al*, 1991).

La aplicación de compost puede llegar a modificar el pH del suelo, aumentándolo o disminuyéndolo, lo que depende del pH del suelo original y del compost. La adición de un compost neutro o ligeramente alcalino a un suelo ácido incrementará el pH si se añade en cantidades apropiadas. Al respecto, se ha encontrado que el compost afecta el pH del suelo aunque se apliquen cantidades tan bajas como 10 a 20 toneladas (Alexander, 2005).

Al descomponerse el compost, liberando dióxido de carbono y agua, aumenta la concentración de dióxido de carbono en el suelo justo por encima de su superficie. Esto puede ayudar a incrementar la asimilación de carbono y se cree que explica en gran parte el aumento de las producciones cuando los cultivos son fuertemente abonados con compost (Dalzell *et al*, 1991).

4.5.3.3 Aspectos biológicos

Los micelos o hifas de los hongos y actinomicetos se adhieren a las partículas del suelo, de esta manera, partículas grandes de arena son mantenidas agrupadas en agregados, mientras se separan las pequeñas partículas de arcilla y limo para proporcionar canales para el movimiento del aire y del agua y el crecimiento de las raíces de las plantas (Dalzell *et al*, 1991).

Algunos hongos, como son las micorrizas, forman asociaciones con las raíces de ciertas plantas, convirtiéndose en puentes que son beneficiosos para la transferencia de nutrientes desde el suelo hasta la planta. Con la materia orgánica, también aumenta el número de lombrices de tierra que horadan a través del suelo; al formarse estos pasadizos descende la densidad aparente del suelo, mientras que aumenta la porosidad y por tanto, la permeabilidad que permite la circulación del agua y del aire (Dalzell *et al*, 1991).

Con el incremento de la materia orgánica aumenta significativamente una población muy activa de microorganismos de muchas especies diferentes, que pueden ayudar a controlar los organismos causantes de enfermedades que atacarían a las plantas. También pueden verse favorecidos algunos microorganismos patógenos de nematodos y artrópodos fitófagos de las plantas cultivadas (Alexander, 2005).

4.5.4. Experiencias en fertilización orgánica en hortalizas

La fertilización orgánica se ha probado en diferentes cultivos en Colombia y sus autores demuestran que se obtienen buenos resultados. En la Tabla 3, se presentan algunos casos para hortalizas en diferentes regiones del país, abonadas exclusivamente con materiales de origen orgánico.

Tabla 3. Dosis de abono orgánico utilizado en varias hortalizas orgánicas cultivadas en las distintas regiones de Colombia y la producción obtenida.

Hortaliza	Tipo fertilizante orgánico	Dosis fertilizante orgánico (ton/ha)	Producción	Sitio del ensayo	Autor
Zanahoria	Gallinaza	2,5	15,226 Kg/ha	Antioquia	Vargas, 1974
		5	19,547Kg/ha		
		10	71,7 ton/ha	Antioquia(vereda Marinilla)	Giraldo, 1979

		10	47,9 ton/ha	Antioquia(vereda Marinilla)	Tobón, 1980
		10	77,28 ton/ha	Boyacá (Santa Rosa de Viterbo)	
Remolacha	Gallinaza	10	56,4 ton/ha	Antioquia(vereda Marinilla)	
Repollo	Gallinaza	10	48,9 ton/ha	Antioquia(vereda Marinilla)	
Cebolla	Gallinaza	10	43,51 ton/ha	Choachi (Cundinamarca)	Giraldo, 1979
Lechuga	Compostagro animal	1,5	78.301 Kg/ha	Cajica (Cundinamarca)	Lora <i>et al</i> , 2006
		3	75.301 Kg/ha		
		4,5	75.647 Kg/ha		
		6	80.213 Kg/ha		
Cilantro	Gallinaza	1,0 Kg/m ²	374 g/m ²	Valle del Cauca (Palmira)	Micolta, 1993 en Gómez, 2000
	Lombrinaza	2,0Kg/m ²	675g/m ²		

En otros países también se ha empleado fertilización orgánica en distintos cultivos. Chile es un ejemplo de ello, Salinas *et al*, (2007), trabajaron con lechuga (*Lactuca sativa* cv. Desertgreen), probando diferentes fuentes y dosis de fertilizante orgánico. En este proyecto en particular se empleó compost proveniente de residuos de la cosecha de tomate y de estiércol de cabra, siendo la otra fuente, estiércol de cabra sin procesar. Se evaluaron tres diferentes dosis de materia orgánica: 0 ton ha⁻¹, 20 ton ha⁻¹ y 40 ton ha⁻¹; se empleó además una fertilizaron inorgánica como base en todos los tratamientos a excepción de aquel en el que se aplicaron 40 ton ha⁻¹ de compost. El tratamiento con el que se obtuvo un mayor rendimiento fue en el que se aplicaron 40 ton ha⁻¹ sin fertilización inorgánica inicial, siendo el rendimiento de este tratamiento de 92.329 Kg ha⁻¹; el segundo mejor tratamiento fue en el que se aplicaron 20 ton⁻¹ ha de estiércol con un rendimiento de 91.911Kg ha⁻¹.

Otros trabajos realizados en Costa Rica, establecieron dosificaciones de abono orgánico para diferentes hortalizas orgánicas, cuyos resultados son mostrados en la tabla 4.

Tabla 4. Dosis de abono orgánico utilizado para varias hortalizas orgánicas cultivadas en la zona de Alfaro Ruiz, Costa Rica (Rodríguez y Soto, 1999).

Hortalizas	Momento de aplicación	Número de plantas por Ha	Dosis abono orgánico (ton ha)	Producción estimada/ha
Brócoli (<i>Brassica oleraceae</i>)	Durante la preparación del terreno y 8 días después	40.000	30	22.100 Kg.
Culantro (<i>Coriandrum sativus</i>)	Siembra	20 Kg de semillas	46	10.400 Rollos
Lechuga americana (<i>Lactuca sativa</i>)	Durante la preparación del terreno y 8 días después	60.000	32	57.200 u

Lechuga criolla (<i>Lactuca sativa</i>)	Durante la preparación del terreno y 8 días después	94.000	23	90.000 u.
Perejil (<i>Petroselinum crispum</i>)	A la siembra, 0,5; 2,5;3,5 meses después del transplante		14	284.375 rollos
Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>)	Durante la preparación del terreno y 8 días después	80.000	53,3	75.800 u.
Repollo morado (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Capitata</i>)	Durante la preparación del terreno y 8 días después	35.000	50	32.500Kg
Repollo verde (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Capitata</i>)	Durante la preparación del terreno y 8 días después	48.000	42	39.600Kg
Vainica (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	A la siembra y 10 días después de la siembra	67 Kg. de semilla	6,3	10.720 Kg.
Zanahoria (<i>Daucus caroto</i>)	Durante la preparación del terreno	2,6 Kg. de semilla	3,8	27.600Kg

López *et al* (2003), en un estudio realizado en cebolla en México, en el que empleó compost en dosis de 5, 10, 15 y 20 ton ha⁻¹ y un tratamiento con fertilización química 100-60-00 (N, P, K) aplicado en dos momentos: el primero una semana antes de la siembra y la segunda un mes después de la siembra, concluyó que el tratamiento con el rendimiento más alto fue el de fertilización química con 37.1 ton ha⁻¹, seguido del tratamiento con 20 ton ha⁻¹ con 34.7 ton ha⁻¹. Demostró que al emplear una buena cantidad de compost se puede alcanzar rendimientos no superiores pero si cercanos a los que se logran con fertilizantes químicos.

Por su parte, Añez y Espinosa (2001), quisieron determinar la respuesta de la lechuga y el repollo a la fertilización orgánica con humus de lombriz y a la química, en Venezuela. Concluyeron que para la producción de estas especies era deseable en condiciones andinas, que se aplicara e incorporara al suelo 10 ton ha⁻¹ de estiércol, compost o humus de lombriz, un mes antes del transplante.

4.6 Normatividad sobre fertilización en cultivos orgánicos

El creciente aumento de la utilización de la agricultura orgánica para la producción de diferentes cultivos, ha hecho que se establezcan ciertas normas para regular el proceso y los insumos que se emplean. Diferentes organizaciones gubernamentales y de los mismos productores en Estados Unidos, la Unión Europea, Japón y en el caso de Colombia, el Ministerio de Agricultura han elaborado manuales en los que se establecen los requisitos necesarios para la producción orgánica.

En estos manuales se establecen ciertas recomendaciones para el manejo de suelo, el código de conducta del Utz Kapeh que es admitido internacionalmente incluye la utilización de compost, coberturas vegetales, plantas fijadoras de nitrógeno, rotaciones, labranza mínima. Así mismo, se exige conocer el tipo y estructura del suelo, si es posible se debe realizar un análisis de suelo para evitar sembrar plantas en lugares donde se presenten sustancias tóxicas

o no saludables, realizando un monitoreo de residuos, plaguicidas y metales pesados cuando el cultivo ya este establecido (Demarco *et al.*1999).

Uno de los factores más regulado es el de los compuestos utilizados para la fertilización de los cultivos debido a que pueden tener efectos desfavorables para el medio ambiente o dar origen a residuos no deseables. La Comunidad Económica Europea establece que se pueden usar excrementos líquidos de animales después de una fermentación controlada, residuos domésticos compostados o fermentados de origen vegetal y/o animal y producidos bajo un sistema cerrado y vigilado. Dentro de los productos que se pueden aplicar en el cultivo se encuentran: turba, arcilla, mantillo, deyecciones de lombrices, guano, harina de sangre, polvo de pezuña, cuerno y hueso, harina de pescado, carne y pluma. Las sustancias químicas aceptadas son: fosfato aluminocálcico, escorias de defosforación, sulfato de potasio, vinaza y extractos de vinaza, carbonato de calcio, carbonato de calcio y magnesio de origen natural, cal industrial procedente de la producción de azúcar, cloruro de sodio y polvo de roca. Las concentraciones máximas de metales pesados en mg/Kg de materia seca aceptadas por la comunidad europea son: cadmio: 0.7, cobre: 70, níquel: 25, plomo: 45, zinc: 200, mercurio: 0.4, y cromo (total): 70 (Comunidad Económica Europea, 2004). Las regulaciones también permiten el uso de fertilizantes o enmiendas tales como paja, estiércol, harina de hueso, sulfuro, roca fosfórica y sulfato de potasio de origen mineral (IFOAM, 1986; SAPYA, 1992; OCIA, 1995). Para Demarco *et al.*1999 los fertilizantes utilizados por los productores deben ser residuos bien compostados y solo deben ser usados antes o después del ciclo productivo; nunca se deben emplear residuos humanos y las dosis altas no son necesarias debido a que pueden llegar a afectar al consumidor.

La reglamentación JAS para productos orgánicos en Japón acepta como fertilizantes los materiales derivados de plantas y sus residuos, materiales derivados de excrementos fermentados, secos o incinerados de ganado y aves de corral, materiales derivados de productos alimenticios o de industria textil, productos animales procesados de mataderos o de a industria pesquera, derivados de desechos alimenticios fermentados (sin mezclarse), compost de madera, ceniza de vegetación, guano, algas secas, carbonato de calcio (pulverizado de mineral natural), fertilizante de conchas de fósiles, cloruro de potasio, sulfato de potasio, sulfato potásico, roca fosfórica, sulfato de magnesio, hidróxido de magnesio, sulfato de calcio, hidróxido de calcio, elementos menores como Mg, B, Fe, Cu, Zn, Mo, Cl, solo si el cultivo los necesita para su desarrollo, carbón vegetal, turba, perlita, zeolita, vermiculita, escoria de fuentes naturales, fosfato de magnesio, cloruro de sodio, fosfato de aluminocalcico, cloruro de calcio, emulsión extraída del crisantemo, emulsión de aceite de canola, aerosol, emulsión de petróleo, lecitina de soya, polvo de almidón y ácidos grasos.

La regulación del Ministerio de Agricultura de Colombia, permite la aplicación de estiércoles de animales compostados, guano, estiércol líquido u orina preferiblemente después de haber sido

compostados o diluidos adecuadamente, desechos domésticos orgánicos compostados, lombricompostos, algas marinas y sus derivados, cenizas de madera, aserrín, cortezas vegetales, residuos de madera, compostajes de sustratos (champiñonazas, abono tipo Bocashi, micorrizas, caldos microbiológicos, melaza, cachaza, vinaza, cales agrícolas, yeso, roca fosfórica, arcillas, rocas potasitas, azufre natural, fuentes naturales de microelementos, turba, carbón vegetal, leonarditas, subproductos del pescado, agroalimentarias y textiles. El empleo de algunos de estos productos tiene como condición hacer una consulta previa con el organismo certificador (Ministerio de Agricultura, 2002).

La norma USDA NOP además establece algunos parámetros para la producción del compost en las que se incluye que este se deberá realizar mediante un proceso que combine materia vegetal o animal con una proporción inicial de C: N entre 25:1 y 40:1, asimismo aquellos productores que utilicen un sistema de vasija o de montón de aireación estática deberán mantener la materia del compost a una temperatura entre 131°F y 170°F durante 3 días. Los productores que utilicen un sistema de gavilla deberán mantener la materia del compost a una temperatura entre los 131°F y 170°F durante 15 días, durante los cuales se deberá dar la vuelta a la materia un mínimo de cinco veces.

Es importante que los cultivos en los que se emplea la fertilización orgánica se cuente con un asesor técnico quien tenga la competencia de elegir el fertilizante, su cantidad y su tipo. El asesor debe demostrar su capacidad mediante grados, certificados de asistencia a cursos, etc. (Código de conducta de Utz Kapeh Foundation del 2006).

5. Metodología

5.1 Localización

Este proyecto se llevó a cabo en el laboratorio de Horticultura de la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar Nueva Granada (Figura 2), ubicada en la vereda Río Grande del municipio de Cajicá (Cundinamarca-Colombia), a 4°56,5'N, 74°0,5'W, con una elevación de 2580 m.s.n.m. Bajo el invernadero y durante el tiempo del ensayo, se registró un promedio de temperatura de 13°C.

En cuanto al tiempo de ejecución del proyecto, éste inició en octubre de 2007 y finalizó en octubre de 2008, período que comprendió la fase de campo.



Figura 2. Invernadero Laboratorio de Horticultura de la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar Nueva Granada Cajicá (Cundinamarca -Colombia).

5.2 Caracterización química del compost

El abono orgánico empleado fue el Soil-Aid®, un compost comercial de liberación lenta preparado a partir de residuos vegetales sólidos (80%), residuos animales sólidos (15%) y fuentes minerales naturales (5%). De acuerdo a su ficha técnica el contenido de macronutrientes que aporta es: carbono orgánico 18%, nitrógeno total 1,1%, nitrógeno orgánico 1,2%, fósforo total 2,0%, potasio total 2,4%, calcio 3,0%, magnesio 0,88% y silicio total 21%. En cuanto a micronutrientes aporta hierro 0,64%, manganeso 484 ppm, cobre 33ppm, zinc 184 ppm y boro 26 ppm.

Adicionalmente, Soil-Aid® aporta rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas, bacterias libres y simbióticas fijadoras de nitrógeno atmosférico, bacterias solubilizadoras de fósforo, bacterias descomponedoras que rompen la materia orgánica compleja convirtiéndola en humus, hongos estimulantes del desarrollo radicular y hongos entomopatógenos para mayor sanidad de las plantas (Geoambiente Ltda, 2008).

Soil-Aid® es un producto certificado por Biotrópico empresa colombiana que ha otorgado a este compost el sello de "autorizado para agricultura ecológica".

5.3 Descripción de las unidades experimentales

Las unidades experimentales del proyecto consistieron en plantas individuales de cada especie sembradas en materas plásticas de 3 kg de capacidad, ubicadas sobre mesones y bajo las condiciones del invernadero. El sustrato empleado fue una mezcla de suelo y cascarilla de

arroz en una proporción 2:1. En cada materia fue transplantado un esqueje de romero israelí y orégano inglés proveniente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, con 10 a 15 cm de longitud que fue previamente enraizado.

El suelo utilizado para el ensayo fue previamente enviado al Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales de la Universidad Jorge Tadeo Lozano con el fin de realizar un análisis químico para determinar pH, conductividad eléctrica y contenido de macronutrientes como nitrógeno mineral (N) y proveniente de las formas nítrica ($N-NO_3$) y amoniacal ($N-NH_4$), fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y micronutrientes como hierro, cobre, manganeso, zinc y boro (Anexo 1).

Se adecuaron 48 unidades experimentales para romero y 48 para orégano (Figura 3).



Figura 3. Distribución de las materas de las plantas de romero y orégano en los mesones.

Se controló la cantidad de agua suministrada a cada unidad experimental, a través del riego manual e individualizado, agregando semanalmente entre 500ml y 800 ml de agua proveniente del reservorio de la Estación Experimental.

5.4 Determinación de las dosis y frecuencias de aplicación de compost a evaluar

Se determinó una dosis base que fue tomada como punto de partida para proponer las demás dosificaciones a evaluar (Tabla 5). Para estimarla, el primer componente que se consideró fue la cantidad de macronutrientes extraídos en la biomasa de los tallos cosechados por planta de orégano y de romero. Los datos de biomasa fueron tomados de los trabajos de Bareño (2006b), que corresponden a 76g/planta/corte para romero y 38g/planta/corte para orégano. La cantidad de elementos presentes en dicha biomasa fue obtenida de los análisis de tejido foliar reportados para orégano por Henao (2006) y para romero por Wolf (1996 citado en Henao, 2006). El segundo aspecto que se consideró fue el contenido de elementos en el suelo

empleado, obtenido a través de los resultados de los análisis químicos del suelo, así como el rango de los niveles óptimos de cada uno en el mismo (Anexo 1). Finalmente, se tomó el contenido de nutrientes en el compost Soil Aid®.

Tabla 5. Datos de producción de romero y orégano reportados por Bareño(2005b). Extracción de N determinado por análisis foliar según Wolf, 1996 citado en Henao, 2006 (*) y Henao, 2006 (▲).

	Romero	Orégano
Densidad de siembra (plantas/Ha)	72.000	145.000
Densidad de siembra (plantas/m²)	7,2	14,5
(g peso fresco/m²/corte)	550	2200
(g peso fresco/planta/corte)	76	38
No. de cortes/planta	4	4
g peso fresco/planta	304	152
g peso seco/planta	60,8	30,4
g de N/100 g de materia seca	4,5*	3,18 [▲]
g N / planta	2,736	3,87
g N/ 100 g compost	2	2
g compost/planta	137	193,5

Al observar los resultados del análisis de suelo (Anexo 1), se hizo evidente que los elementos mayores deficientes en el suelo empleado son Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) con respecto al valor óptimo reportado en el mismo análisis, adicionalmente el pH del suelo se presentó en condición ácida, por lo tanto para nivelar la concentración de los elementos deficientes y neutralizar el ph se realizó una aplicación de 7.23g de cal dolomítica la cual aportaría Calcio y Magnesio y la misma cantidad de roca fosfórica que aportó Fósforo. Con los elementos menores deficientes, se hizo el aporte a partir del contenido de los mismos disponibles en el compost, finalmente para el caso del nitrógeno, se buscó aportarlo en su totalidad con el empleo del compost Soil Aid® para ambas especies, resultado ser de 137 g para romero y de 193,5 g para orégano; dichas cantidades fueron consideradas como las dosis base.

A partir de estas dosis base de compost se consideraron dosis con valores incrementados y reducidos en un 25 y 50%; adicionalmente, se evaluó un tratamiento control en el cual no se hizo aplicación del abono. En conjunto con las dosis, se evaluaron tres diferentes frecuencias de aplicación de compost, la primera frecuencia consistió en aplicar la totalidad del abono requerido para los cuatro cortes o cosechas, al momento del transplante de los esquejes. En las otras dos frecuencias evaluadas la cantidad del abono se fraccionó; para la segunda frecuencia se aplicó al momento del transplante y en la semana después de realizado cada corte o cosecha y para la tercera frecuencia se suministró en el transplante y 15 días después

de cada corte. Estas frecuencias se seleccionaron en correspondencia con el ciclo de cosecha de romero y orégano que según Bareño (2006b) es de cada 4 semanas.

5.4 Diseño experimental y tratamientos a evaluar

La investigación se realizó bajo el marco de un diseño experimental Completamente al Azar (DCA), para cada especie de planta aromática. Se evaluaron dieciséis tratamientos y se adecuaron tres réplicas o unidades experimentales por cada uno. Los tratamientos resultaron de la combinación de dos factores: dosis y frecuencia de aplicación. En cuanto a la dosis, se trabajaron cinco niveles y en cuanto a la frecuencia tres niveles; adicionalmente se evaluó un tratamiento control al cual no se le hizo ningún abonamiento con compost. Los tratamientos se presentan en las Tablas 6 y 7.

Tabla 6. Tratamientos evaluados en romero (D.B) = dosis base de compost

Trat	Dosis de compost	Dosis de Compost		Factor frecuencia de aplicación
		Dosis total por tratamiento	Dosis fragmentada según la frecuencia	
1	Sin compost	0g/planta	0g/planta	Ninguna
2	D.B. de compost	137g/planta o 12.33 ton ha ⁻¹	137g/planta	Al transplante
3	D.B. de compost		34,25g/planta	Al transplante y en la semana de cada corte
4	D.B. de compost		34,25g/planta	Al transplante y 15 días después cada corte
5	25% menos de D.B	102,75g/planta 9.25 ton ha ⁻¹	102,75g/planta	Al transplante
6	25% menos de D.B		25,68g/planta	Al transplante y en la semana de cada corte
7	25% menos de D.B		25,68g/planta	Al transplante y 15 días después cada corte
8	50% menos de D.B	68,5g/planta 6.16 ton ha ⁻¹	68,5g/planta	Al transplante
9	50% menos de D.B		17,12g/planta	Al transplante y en la semana de cada corte
10	50% menos de D.B		17,12g/planta	Al transplante y 15 días después cada corte
11	25% mas de D.B	171,25g/planta 15.41 ton ha ⁻¹	171,25g/planta	Al transplante
12	25% mas de D.B		42,81g/planta	Al transplante y en la semana de cada corte
13	25% mas de D.B		42,81g/planta	Al transplante y 15 días después cada corte
14	50% mas de D.B	205,5g/planta	205,5g/planta	Al transplante

15	50% mas de D.B	18.50 ton ha ⁻¹	51,37g/planta	Al transplante y en la semana de cada corte
16	50% mas de D.B		51,37g/planta	Al transplante y 15 días después cada corte

Tabla 7. Tratamientos evaluados en orégano. (D.B) = dosis base de compost

Trat	Dosis de compost	Dosis de Compost		Factor frecuencia de aplicación
		Dosis total por tratamiento	Dosis fragmentada según la frecuencia	
1	Sin compost	0g/planta	0g/planta	Ninguna
2	D.B. de compost	193,5g/planta 35.07 ton ha ⁻¹	193,5g/planta	Al transplante
3	D.B. de compost		48,37g/planta	Al transplante y en la semana de cada corte
4	D.B. de compost		48,37g/planta	Al transplante y 15 días después cada corte
5	25% menos de D.B	145,13g/planta 26.30 ton ha ⁻¹	145,13g/planta	Al transplante
6	25% menos de D.B		36,28g/planta	Al transplante y en la semana de cada corte
7	25% menos de D.B		36,28g/planta	Al transplante y 15 días después cada corte
8	50% menos de D.B	96,75g/planta 17.53 ton ha ⁻¹	96,75g/planta	Al transplante
9	50% menos de D.B		24,18g/planta	Al transplante y en la semana de cada corte
10	50% menos de D.B		24,18g/planta	Al transplante y 15 días después cada corte
11	25% mas de D.B	241,87g/planta 43.83 ton ha ⁻¹	241,87g/planta	Al transplante
12	25% mas de D.B		60,46g/planta	Al transplante y en la semana de cada corte
13	25% mas de D.B		60,46g/planta	Al transplante y 15 días después cada corte
14	50% mas de D.B	290,25g/planta 52.61 ton ha ⁻¹	290,25g/planta	Al transplante
15	50% mas de D.B		72,56g/planta	Al transplante y en la semana de cada corte
16	50% mas de D.B		72,56g/planta	Al transplante y 15 días después cada corte

5.6 Medición de variables

Las variables de respuesta fueron medidas en el momento de la cosecha de los tallos de ambas especies. En las plantas de romero las cosechas se realizaron en promedio a las 7

semanas y en orégano a las 10 semanas. Estas frecuencias, se ajustaron durante el desarrollo del ensayo buscando que la planta tuviera la mayoría de los tallos con una longitud similar o superior a la mínima requerida por las normas de calidad para su comercialización en fresco; así mismo, se consideró que los tallos no presentaran tejido leñoso en su base.

En el momento de la cosecha del romero, se cortaron los tallos empleando una tijera podadora haciendo los cortes a 2 cm del nudo más basal; cada tallo fue medido y clasificado según su longitud en calidad exportación o para el mercado nacional, teniendo en cuenta que en romero los tallos con una longitud mayor o igual a 15 cm pueden ser exportables (Figura 4a). En orégano los tallos con 8 cm o más de longitud eran clasificados como de exportación y los tallos de menos de 8 cm eran clasificados como nacionales (Figura 4b). Las longitudes mínimas de los tallos que se tomaron como principal criterio de clasificación de calidad, fueron consultadas directamente con productores y exportadores de hierbas aromáticas (Matthias Jäger Organic Herbs and Exotic Frutis, 2007; Montaña, 2008; Trujillo, 2008).

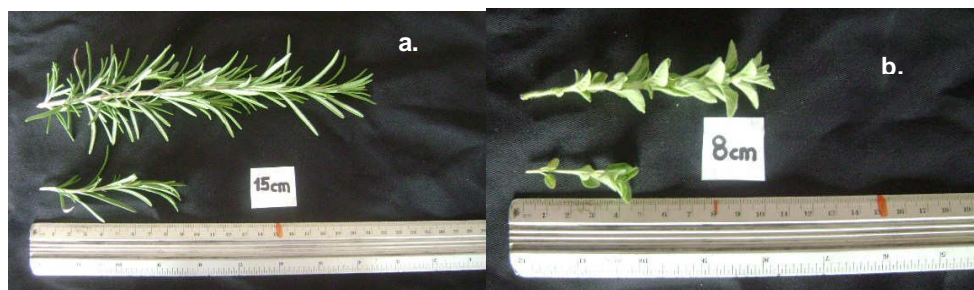


Figura 4. Tallos Cosechados. **a.** Romero (mayores o iguales a 15 cm para exportación y menores para nacional). **b.** Orégano (mayores o iguales a 8 cm para exportación y menores para nacional).

Antes de realizar la primera cosecha las plantas tuvieron una etapa de crecimiento, que en orégano se prolongó por 6 meses, mientras que en romero fue de 4 meses y medio. Se realizaron 4 cosechas por cada especie, en romero transcurrieron 6 semanas entre la primera y la segunda cosecha, 7 semanas entre la segunda y la tercera, la última cosecha se dio 10 semanas después de la tercera. En el caso del orégano, de la primera a la segunda cosecha pasaron 8 semanas, entre la segunda y la tercera fueron 10 semanas las transcurridas y para la cuarta cosecha se esperaron 12 semanas desde la tercera.

Después de realizar la clasificación de los tallos cosechados, se procedió a pesar en una balanza analítica la totalidad de los tallos por categoría de calidad, tratamiento y repetición, obteniendo el peso fresco. Se siguió el mismo procedimiento para ambas especies de aromáticas (Figura 5).



Figura 5.Medición del peso fresco de los tallos cosechados por tratamiento y repetición. **a.** romero **b.** orégano

Posteriormente, se introdujeron los tallos cosechados en bolsas de papel kraft debidamente marcadas y fueron colocadas en una estufa de secado Memmer durante 48 horas a 65°C, obteniendo de esta forma el peso seco (Figura 6).

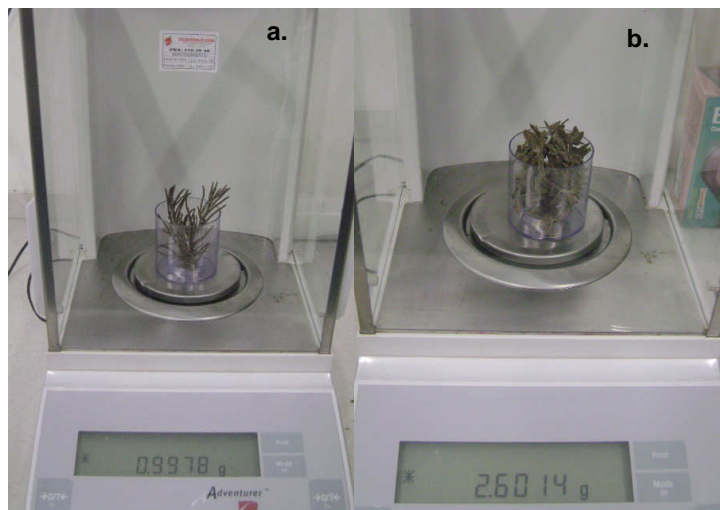


Figura 6.Medición del peso seco de los tallos cosechados por tratamiento y repetición. **a.** romero **b.** orégano.

Para el registro de datos del ensayo se empleo el formato mostrado en los anexos (Anexo 2).

5.7 Análisis estadístico

Los datos del peso fresco y seco de los tallos cosechados por especie de planta y clasificados en cada categoría de calidad, fueron obtenidos mediante un acumulado de las cuatro cosechas. Para cada variable se efectuó un análisis de varianza para comprobar diferencias entre tratamientos y a partir de éstas se realizó una prueba de comparación múltiple (prueba de Tukey), que permitió valorar las diferencias específicas entre los tratamientos. Las anteriores pruebas se realizaron con la ayuda del programa "R". Así mismo, se empleó la prueba de Scheffe (contrastes), que permitió ejecutar una comparación múltiple de medias de grupos de tratamientos (Zar, 1996).

5.8 Análisis de la relación beneficio/costo

En un análisis de beneficio-costo, el costo se refiere a la retribución que reciben los distintos factores usados en la generación del producto mientras que los beneficios surgen de los ingresos obtenidos al colocar el producto en el mercado (López, 2001). En el caso de este proyecto se calculó un costo básico que fue considerado constante para todas las plantas de todos los tratamientos de cada especie y que incluyó el costo del material de propagación (esquejes), uso del área de trabajo bajo invernadero, uso de las materas, la cascarilla de arroz y la mano de obra empleada para el mantenimiento de las plantas. Adicionalmente, se determinó el costo de la fertilización orgánica, considerando el costo de la cantidad de compost Soil Aid® utilizado por planta de acuerdo a las dosis evaluadas y el costo de la mano de obra empleada para su aplicación de acuerdo a las frecuencias de abonamiento propuestas. Los beneficios se calcularon con la multiplicación entre la producción acumulada de tallos tipo exportación de cada tratamiento y el precio de venta por gramo de los tallos de romero y orégano. El precio de venta se estableció a partir de un recorrido por diferentes supermercados de cadena del norte Bogotá (Tabla 8), siendo para romero de \$22,1 por gramo y para orégano de \$25,92 por gramo.

Tabla 8. Precios de distintas marcas de romero y orégano en diferentes supermercados ubicados en la zona norte de Bogotá, en el periodo comprendido entre el 15 de marzo al 31 de marzo del 2009.

Romero				
Centro comercial	Marca	Gramos	Precio(\$)	Precio/g (\$)
Carulla	Carulla®	80	2200	27,5
Carulla	Kiska ®	50	2130	42,6
Carrefour	Frescura ®	75	1800	24
Carrefour	Kiska ®	50	1400	28
Pomona	Sol de mi tierra®	50	1206	24,12

Pomona	Kiska ®	50	1980	39,6
Éxito	kiska ®	50	1760	35,2
Promedio precio/g				31,57
Precio neto/g (-30%)				22,1
Orégano				
Centro comercial	Marca	Gramos	Precio (\$)	Precio/g (\$)
Carulla	Carulla ®	80	2200	27,5
Carulla	Kiska ®	50	1980	39,6
Éxito	kiska ®	50	2200	44
Promedio precio/g				37,03
Precio neto/g (-30%)				25,91

6. Resultados

6.1 Producción de romero

6.1.1 Peso fresco

Se obtuvo una respuesta positiva en las plantas de romero, con la aplicación del compost Soil Aid ® ya que la producción, entendida como la biomasa fresca total de los tallos cosechados, aumentó de acuerdo a los incrementos en las dosis de abonamiento. Esta respuesta se observa en la producción acumulada de tallos de romero (Figura 1), donde la mayor biomasa de tallos cosechados, ya sea de la calidad tipo exportación o del total, se obtuvo en los tratamientos con dosificaciones mayores, mientras que en aquellos tratamientos con dosis más bajas la producción acumulada fue menor. El tratamiento control (T1) que no recibió ningún tipo de abonamiento, fue el que presentó las menores producciones. Soportando esta idea, con el análisis de varianza realizado como prueba estadística se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, para el peso fresco total ($p= 0.001201$) y con calidad exportación ($p= 0.01132$) (Anexos 4 y 6).

Según la producción acumulada de tallos para exportación, el tratamiento con el que se obtuvo la mayor biomasa fresca fue el 15, que correspondió a 205,5g de compost aplicados de manera fraccionada en 4 momentos (en el transplante y en la semana después de cada corte). Este aumento visto como una diferencia porcentual con respecto al tratamiento 1 en el que las plantas no recibieron ningún tipo de abonamiento fue del 625% (Anexo 28). Otro de los tratamientos con una alta producción de tallos de primera calidad fue el 2 con una dosis de 137g de compost aplicados en su totalidad al momento del transplante, registrando un incremento con respecto al testigo de 584%. Los tratamientos con aplicación de compost para los que se registró la menor producción fueron el 8, 9 y 10, los cuales correspondieron a la menor dosis del abono (68,5 g/planta); sin embargo, la producción de estos fue superior a la

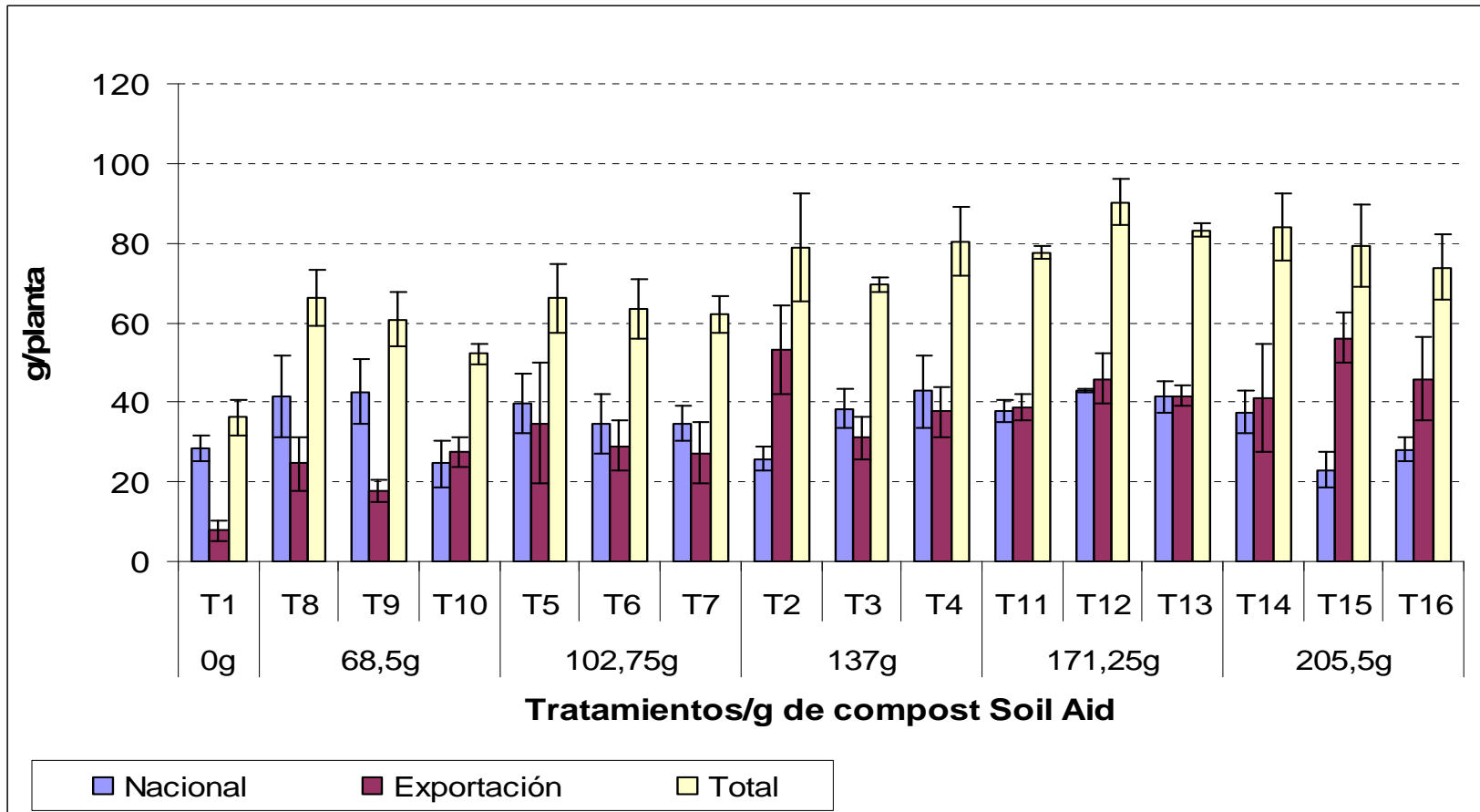


Figura 1. Producción de romero por planta, expresada como biomasa fresca cosechada durante 4 cortes.

obtenida con el testigo mostrando una diferencia porcentual del 218, 129 y 256% respectivamente.

En cuanto a la productividad total por planta, se observó una tendencia de incremento en la biomasa fresca cosechada por planta a partir del abonamiento con 137 gramos, el cual correspondió a la dosis base, la mayor biomasa fresca cosechada se obtuvo con el tratamiento 12 con una dosis de abonamiento de 171.25g aplicados en 4 momentos (al transplante y en la semana de corte), siendo un 149% superior al testigo. Este tratamiento fue seguido del 14 en el que se aplicaron 205.5g de compost solo en el transplante, resultando un 131% superior al control. Los tratamientos con los que se obtuvo la menor productividad total fueron el 9 y el 10, ambos con una dosificación de 68.5g de compost/planta, mostraron un incremento del 44 y 68% respectivamente frente al control (Anexo 28).

La prueba de Tukey mostró diferencias significativas de la mayoría de tratamientos al ser comparados con el tratamiento 1 en la producción total (Anexo 7). En cuanto a la producción para exportación, el tratamiento 1 difirió tan solo del tratamiento 2, 12 y 15 (Anexo 5). Las demás comparaciones entre todos los tratamientos mostraron que no existieron diferencias estadísticas.

Con respecto a los grupos por dosis que se establecieron para la prueba de contrastes (Scheffe), solo se presentaron diferencias para la producción total entre el grupo de tratamientos de 171,25 g de compost/planta (T11, 12 y 13) con respecto al control, independientemente de la frecuencia de abonamiento. Las comparaciones efectuadas entre los demás grupos no presentaron diferencias estadísticas (anexo 23).

Con la misma prueba de contrastes se compararon los grupos de frecuencias y no se obtuvieron diferencias significativas entre los distintos momentos de aplicación del compost, es decir que no se presentó un grupo de tratamientos pertenecientes a una misma dosificación o a una misma frecuencia de abonamiento, que fueran contundentemente diferentes de los demás.

6.1.2 Peso seco

La respuesta de producción de las plantas de romero al abonamiento con el compost Soil Aid® para el peso seco, fue similar a la obtenida para el peso fresco, ya que la producción acumulada fue mayor a medida que aumentó la dosificación del compost (Figura 2).

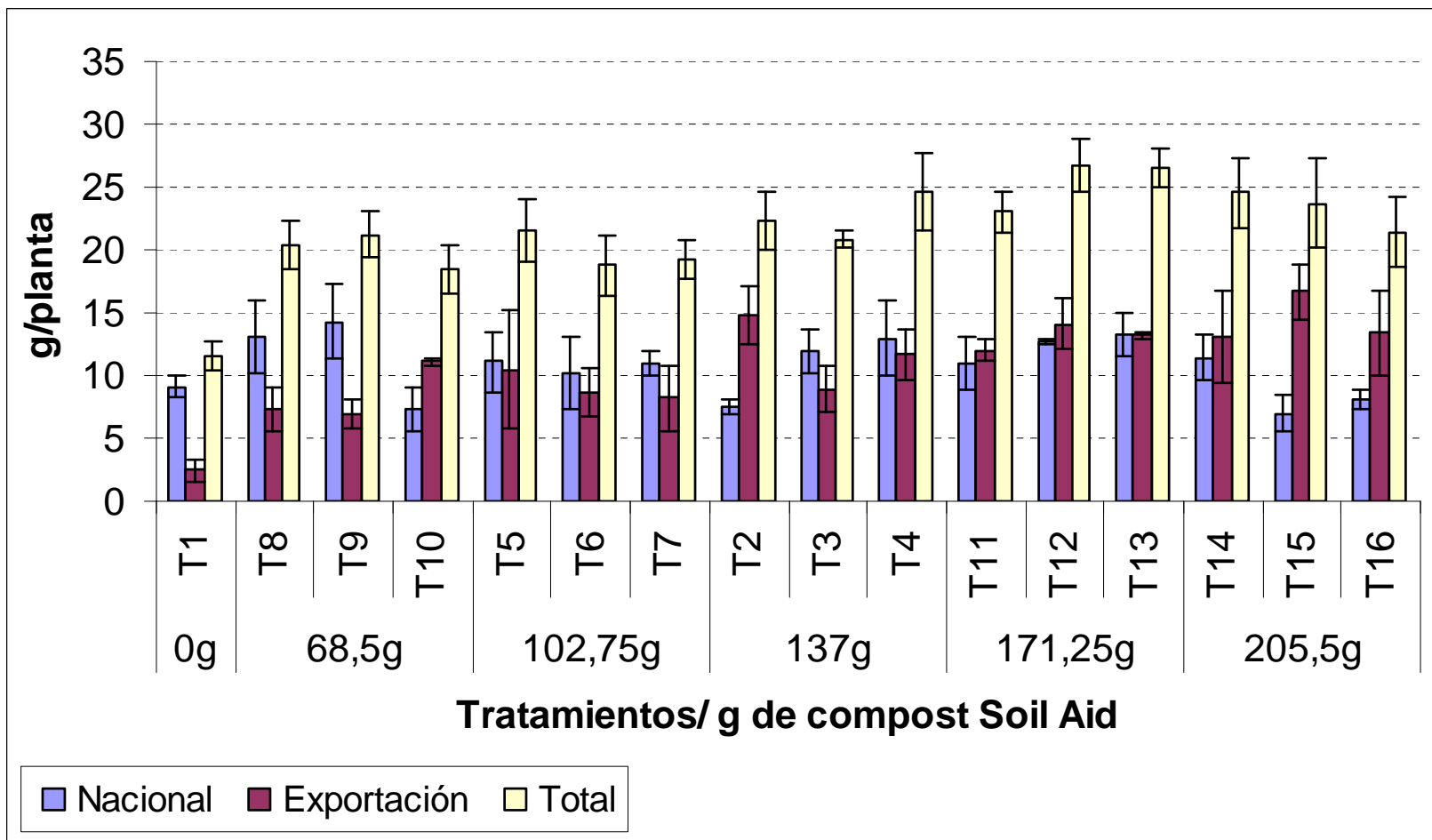


Figura 2. Producción de romero por planta, expresada como biomasa seca cosechada durante 4 cortes.

Los tratamientos que favorecieron una mayor materia seca de los tallos con la calidad tipo exportación fueron el tratamiento 15 al que se le aplicaron 205.5g de compost fraccionado (en el transplante y en la semana de cada corte), siendo un 593% superior al tratamiento control y el tratamiento 2 en el que la producción fue mayor en un 513%, aplicándose 137g de compost únicamente en el transplante. Los tratamientos de menor productividad de romero para exportación fueron el 8 y el 9 que correspondieron a aquellos con la menor dosis de compost, 68.5g/planta (Figura 2), sin embargo, su producción fue 205% y 187% superior a la obtenida con el control (Anexo 29).

En términos de calidad es importante resaltar que se presentó una tendencia en la que los tratamientos con menor dosificación de compost (0, 68,5; 102,75 y 137 g) presentaron una mayor cantidad de biomasa fresca y seca con calidad nacional sobre la de exportación; mientras que en los tratamientos de mayor aporte de compost (171,25 y 205,5 g) predominó la cantidad de biomasa con calidad exportación sobre la nacional.

En cuanto a la productividad total, los tratamientos más eficientes para el romero fueron el 12 seguido por el tratamiento 13, ambos con la misma dosificación de compost (171,25 g/planta). Estos mostraron diferencias porcentuales del 132 y 130% respectivamente con respecto al tratamiento control. La menor producción total se dio en los tratamientos 10 (6.85 g de compost en el transplante y 15 días después de cada corte) y 6 (102.7g de compost en el transplante y en la semana de cada corte), en los que también se presentó la menor diferencia porcentual con 60% y 63% (Anexo 29).

El análisis de varianza confirmó que existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, para las variables de biomasa total cosechada ($p=0.008773$) (Anexo 11) y con calidad de exportación ($p=0.01684$) (Anexo 9). Las correspondientes pruebas demostraron diferencias específicas de algunos tratamientos con respecto al tratamiento control (Anexos 10 y 12), lo que indica que la aplicación de compost tuvo un efecto favorable en la producción de tallos en las plantas, en especial en aquellas en donde se aplicaron cantidades superiores a la dosis base.

Las pruebas de contrastes efectuadas para las diferentes variables de producción del romero, no mostraron diferencias con ninguna de las agrupaciones de dosificaciones ni de frecuencias de aplicación (Anexos 24 y 25).

6.2 Producción Orégano

6.2.1 Peso fresco

La producción acumulada de tallos que se obtuvo demostró el efecto positivo del abonamiento con compost en las plantas de orégano, ya que con el incremento en la cantidad de abono se logró una mayor cantidad de biomasa cosechada por planta (Figura 3). En general, las plantas de orégano abonadas con las menores dosis de compost Soil Aid® (-25 y -50%), presentaron las menores cantidades de biomasa cosechada a diferencia de aquellas tratadas con mayores dosis de abono (dosis base, +25 y +50%).

Las diferencias encontradas entre los tratamientos fueron corroboradas con las pruebas estadísticas. Los análisis de varianza mostraron diferencias altamente significativas para las variables de biomasa total cosechada ($p=0.001201$) (Anexo 16) y de biomasa con calidad de exportación ($p= 0.01132$) (Anexo 14).

Respecto a la biomasa total cosechada, los mayores valores se dieron en el tratamiento 15 que corresponde a una dosis de 290,5g de compost aplicados de manera fraccionada en el transplante y en la semana de cada corte, el cual fue estadísticamente diferente de la mayoría de los tratamientos evaluados (Anexos 17 y 15). Este tratamiento fue superior al testigo en un 127%. Se destacaron también los tratamientos 3 y 4 en los que se aplicaron 193,5g de compost/planta, los cuales correspondieron a la dosis base (Figura 3). Las dosis que mostraron menores eficiencias en cuando a la producción total fueron aquellas donde la dosis base se redujo entre un 25 y 50%; los tratamientos menos productivos fueron el 7 y el 9 en los que se aplicaron 145,7g y 96,75 de compost/planta respectivamente. El tratamiento 7 tuvo un incremento tan solo del 3% con respecto al control mientras que en el tratamiento 9 el incremento fue del 13% (Anexo 30).

En el caso de la producción de tallos con calidad de exportación, las plantas de orégano que produjeron la mayor biomasa fueron aquellas bajo el tratamiento 15, en el que se aplicó una dosis de 290,5g de compost fraccionada en cuatro momentos (en el transplante y en la semana de cada corte) (Figura 3); este tratamiento produjo un 284% más de lo obtenido con el testigo (Anexo 30). Otro de los tratamientos que produjo mayor biomasa de primera calidad fue el tratamiento 3 con una dosis de 193,5g que corresponde a la dosis base aplicada en el transplante y en la semana de cada corte, resultando un 164% superior al testigo. El tratamiento que mostró ser menos eficiente para la obtención de tallos tipo exportación fue el 10 en el que se aplicó una dosis de 96,75g de compost aplicados en el transplante y 15 días después de cada cosecha; esta producción resultó ser tan solo un 2% superior a la obtenida con el control.

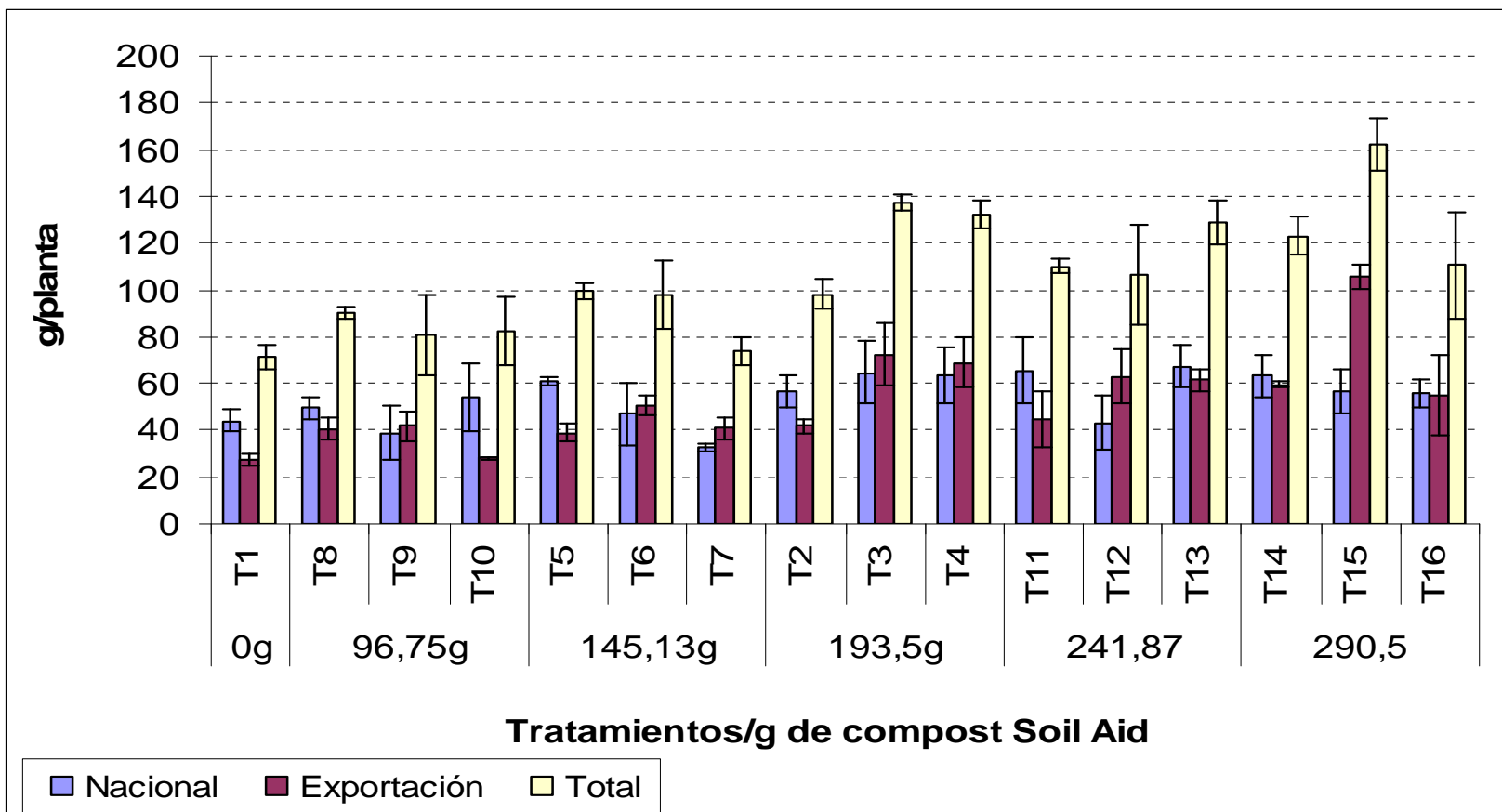


Figura 3. Producción de orégano por planta, expresada como biomasa fresca cosechada durante 4 cortes.

Para esta especie las frecuencias de abonamiento si tuvieron efecto sobre la producción. Para el caso de los tallos tipo exportación, en todos los grupos de dosis, la frecuencia de abonamiento que más se destacó fue aquella donde el compost fue fraccionado al transplante y en la semana de cada corte (Figura 3). Sin embargo los valores de las frecuencias obtenidos en la prueba de comparación múltiple no eran lo suficientemente diferentes en términos estadísticos a las otras frecuencias y por lo tanto la prueba de contraste efectuada no eligió una frecuencia que predominara sobre las otras. (Anexos 26 y 27).

El tratamiento 15 en que se aplicó una dosis de 50% más de la dosis base, en el transplante y en la semana después de cada corte, fue el tratamiento donde se evidenció una mayor diferencia entre la cantidad de tallos con calidad exportación y nacional, predominando ampliamente los primeros.

6.2.2 Peso seco

La biomasa seca de los tallos cosechados por planta de orégano (Figura 4), tuvo un comportamiento similar al fresco, ya que a medida que se incrementaba la dosis de compost también incrementaba el crecimiento de la planta. Con los análisis de varianza se estableció que existieron diferencias estadísticas en la producción de tallos con calidad exportación ($p=0.01684$) (Anexo 19) y en el total ($p= 0.008773$) (Anexo 21).

El tratamiento con el que se alcanzó la mayor biomasa de tallos de orégano con calidad de exportación fue el T15, en el que se aplicaron 290.5g de compost fraccionados en el transplante y en la semana de cada corte. Este tratamiento mostró diferencias estadísticas importantes con respecto al resto de los evaluados (Anexo 20). También se muestra que las plantas de tratamientos como el T3 y el T4 igualmente presentaron un mayor crecimiento por efecto del abonamiento (Figura 4). Las diferencias de producción con respecto al testigo el tratamiento 15 fue el que mostró un mayor incremento con un 247%, seguido del tratamiento 3 con un 92%. (Anexo 31).

Considerando las frecuencias de aplicación, se observó que en la mayoría de los grupos de dosis, la mayor biomasa seca de tallos de primera calidad se presentó en aquellas plantas donde el compost fue suministrado en el momento del transplante y en la semana de cada corte; sin embargo, al igual que lo obtenido con la biomasa fresca, los resultados de las pruebas de contrastes no mostraron diferencias significativas (Anexos 26 y 27).

El peso seco total acumulado por planta también fue superior y estadísticamente diferente en el tratamiento 15 (Anexo 22), seguido por el tratamiento 3, estos tratamientos también presentaron las mayores diferencias porcentuales con el testigo, el tratamiento 15 con un 124%

y el 3 con 9%. La menor producción total se dio en el tratamiento 7 con una dosis de 145.13g de compost, siendo inferior al testigo en un 11.23%.

Las pruebas de contrastes no revelaron diferencias entre los grupos de dosis ni entre los grupos de frecuencias de abonamiento (Anexos 26 y 27). Esto confirma que existieron tratamientos que favorecieron una mayor producción de orégano al combinar una dosis con una frecuencia de aplicación en particular y que no se presentaron grupos de dosis ni de frecuencias que independientemente del otro factor hubieran generado la misma tendencia sobre la producción de las plantas.

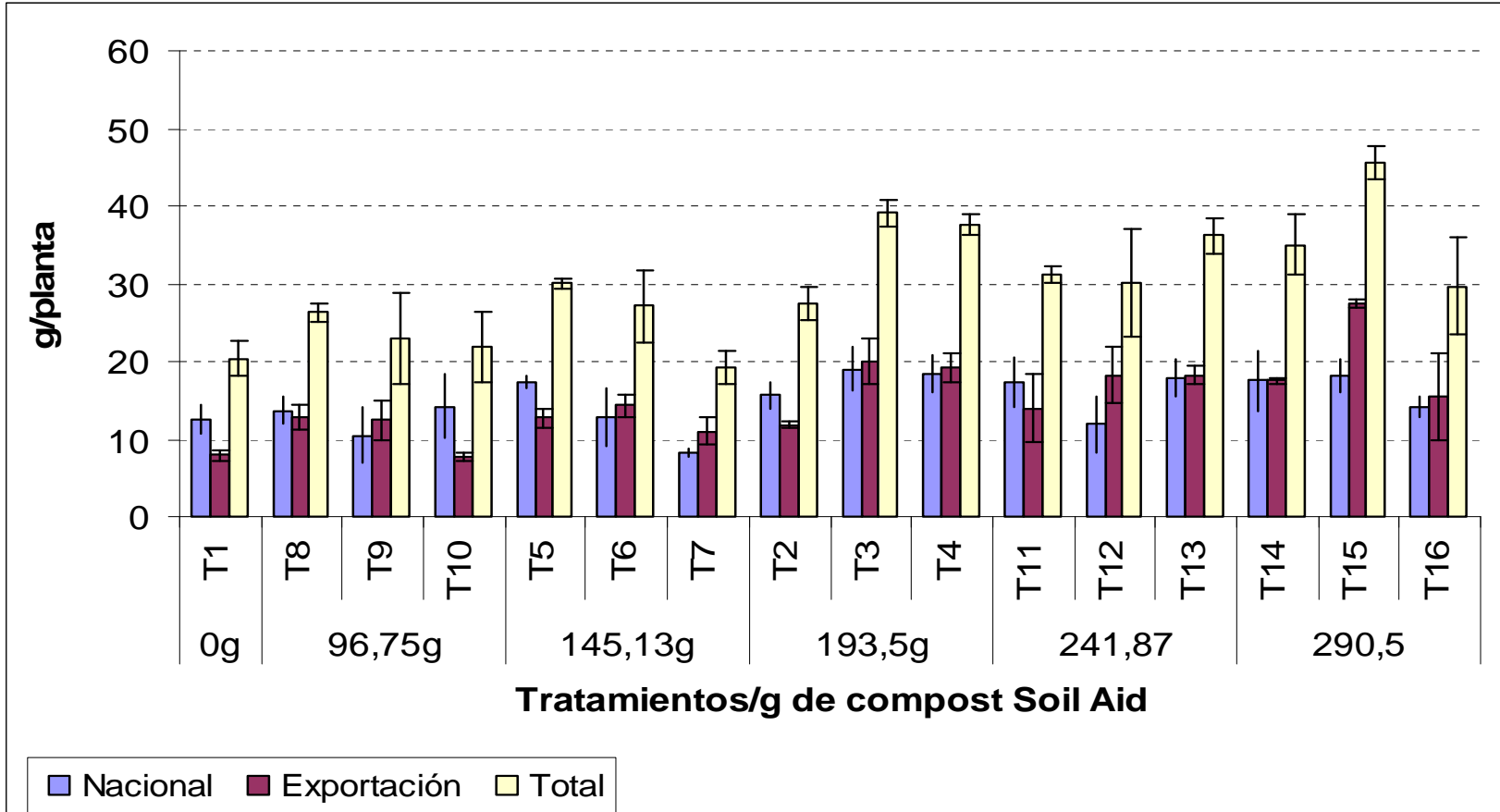


Figura 4. Producción de orégano por planta, expresada como biomasa seca cosechada durante 4 cortes.

6.3 Relación beneficio/costo

El análisis de la relación beneficio/costo se realizó con el propósito de complementar la información obtenida con las variables productivas. Esta relación fue escogida como indicador del óptimo económico. Aunque los costos y los beneficios calculados solo se pueden aplicar para las condiciones particulares del presente ensayo y no reflejan la realidad de la producción en los cultivos de campo, sus resultados podrían servir de base para orientar a futuro, cuáles de los tratamientos evaluados sería interesante probar en condiciones de parcelas de campo, combinando las condiciones del productor con las dosis y frecuencias de abonamiento orgánico propuestas con el compost comercial.

Para el cálculo de los costos, primero se estimó un costo básico por planta y para ambas especies, que incluyó el uso del área bajo invernadero, la utilización de la matera, el costo de los esquejes enraizados, el costo de la cascarilla de arroz empleada y la mano de obra de un operario para el mantenimiento de la planta (riego y poda), considerando el periodo de 9 meses que duró el ensayo. Este costo básico resultó ser de \$1.970 por planta y sus componentes son discriminados en la Tabla 6.

Tabla 6. Costos básicos calculados por planta para el romero y el orégano del ensayo en un periodo de 9 meses.

Items	Costo (\$) para 9 meses
Uso del área bajo invernadero	20
Uso de la matera	600
Esqueje enraizado	300
Cascarilla de arroz	50
Mano de obra para el mantenimiento de la planta	1000
Total	1970

Para determinar los costos del abonamiento orgánico por planta y para cada tratamiento, se consideró el valor de la mano de obra empleada para realizar la labor y el costo del compost Soil Aid®. La mano de obra se calculó tomando como base el valor de un jornal de trabajo y el tiempo que emplearía por planta un operario para realizar una sola aplicación del abono; se consideró un valor de \$25.000= por jornal de trabajo de 8 horas y un tiempo de 1 minuto por planta para la aplicación del compost. De acuerdo a lo anterior, el costo de la mano de obra por planta para una aplicación del compost sería de \$52,1. En cuanto al costo del compost, este fue calculado tomando como base el precio de venta al detal que es de \$23.000por bulto de 50 Kg, luego el costo calculado por gramo sería de \$0,46. El costo del compost varío de acuerdo a la dosificación evaluada; el costo de la mano de obra para el abonamiento difirió para cada

tratamiento de acuerdo a la frecuencia de aplicación del compost, siendo de 52.1 pesos para los tratamientos donde solo se hizo un abonamiento al momento del transplante y de 208.4 pesos para aquellos donde se fraccionó en 4 aplicaciones.

Para establecer los beneficios, se consideró para cada especie y cada tratamiento la productividad por planta, así como el precio de venta del producto en fresco. La productividad se calculó de acuerdo con el peso fresco de los tallos de primera calidad cosechados por planta durante los cuatro cortes. Para establecer el precio de venta, se realizó un recorrido por diferentes supermercados ubicados en el norte de Bogotá y se recolectó información sobre el tipo de presentación para la comercialización en fresco y el precio de venta al detal de las dos especies de hierbas culinarias (Tabla 5). De acuerdo a lo anterior, se determinó un precio promedio por gramo de los tallos de romero y orégano en fresco de \$22,1 y \$25,92 respectivamente, descontando un 30% correspondiente a empaque, almacenamiento, transporte y margen de ganancia del supermercado.

Tabla 5. Precios de distintas marcas de romero y orégano en diferentes supermercados ubicados en la zona norte de Bogotá, en el periodo comprendido entre el 15 de marzo al 31 de marzo del 2009.

Romero				
Centro comercial	Marca	Gramos	Precio(\$)	Precio/g (\$)
Carulla	Carulla®	80	2200	27,5
Carulla	Kiska ®	50	2130	42,6
Carrefour	Frescura ®	75	1800	24
Carrefour	Kiska ®	50	1400	28
Pomona	Sol de mi tierra®	50	1206	24,12
Pomona	Kiska ®	50	1980	39,6
Éxito	Kiska ®	50	1760	35,2
Promedio precio/g				31,57
Precio neto/g (-30%)				22,1
Orégano				
Centro comercial	Marca	Gramos	Precio (\$)	Precio/g (\$)
Carulla	Carulla ®	80	2200	27,5
Carulla	Kiska ®	50	1980	39,6
Éxito	Kiska ®	50	2200	44
Promedio precio/g				37,03
Precio neto/g (-30%)				25,91

6.3.1 Romero

Tabla 6. Cálculo de la relación beneficio/costo del romero.

Tratamiento	Costo básico	Costo de la Fertilización/planta Romero		Costo total	Beneficio	B/C
		Compost	Mano de obra			
T1	1970	0	0	1970	171,42	0,09
T8	1970	31,51	52,1	2053,61	544,91	0,27
T9	1970	31,51	208,4	2209,91	392,92	0,18
T10	1970	31,51	208,4	2209,91	609,43	0,28
T5	1970	47,26	52,1	2069,36	767,12	0,37
T6	1970	47,26	208,4	2225,66	640,19	0,29
T7	1970	47,26	208,4	2225,66	602,83	0,27
T2	1970	63,02	52,1	2085,12	1173,13	0,56
T3	1970	63,02	208,4	2241,42	686,99	0,31
T4	1970	63,02	208,4	2241,42	833,64	0,37
T11	1970	78,77	52,1	2100,87	852,75	0,41
T12	1970	78,77	208,4	2257,17	1013,27	0,45
T13	1970	78,77	208,4	2257,17	923,49	0,41
T14	1970	94,53	52,1	2116,63	908,83	0,43
T15	1970	94,53	208,4	2272,93	1241,98	0,55
T16	1970	94,53	208,4	2272,93	1012,31	0,45

El tratamiento T1 o testigo fue el que presentó la relación beneficio/costo más baja (0.087). En este tratamiento no se realizó ningún tipo de abonamiento, lo cual tuvo efecto en la producción de tallos de primera calidad (Figura 1), siendo su relación la más baja del experimento, a pesar de no contemplar costos en el abonamiento.

El tratamiento de abonamiento orgánico para el que se obtuvo la mayor relación beneficio/costo fue el tratamiento T2 con 0,563, que correspondió a aquel en el que solo se realizó una aplicación de compost (en el momento del transplante) y se utilizaron 137g de compost (dosis base). Le siguió el T15 con 0,546, en el se aplicó la dosis base incrementada en un 50% (205.5g de compost) y aplicada de manera fraccionada en el transplante y en la semana después de cada corte (Tabla 6) (Anexo 32).

El T9 fue el tratamiento con abonamiento orgánico que presentó la relación más baja (0.178). Este perteneció al grupo de tratamientos con la menor dosis de compost aplicando solo 68.5g de compost, fraccionada al transplante y en la semana después de cada corte (Tabla 6) lo que indica que los resultados de las variables productivas coincidieron con los de la relación beneficio/costo, esto quizás quiere decir que los costos del abonamiento representaron un bajo porcentaje de los costos totales y que lo que determinó la relación fue la productividad.

Al observar los resultados y analizarlos por grupos de dosis, encontramos que los tratamientos que presentaron una relación beneficio/costo más alta corresponden a aquellos en los que se aplicaron mayores cantidades de compost, es decir las dosis mas altas. Con respecto a las frecuencias, no se presento una frecuencia en particular que sobresaliera por tener una relación beneficio/costo mayor, sino que se encontró que dependiendo de la combinación dosis-frecuencia existió una mayor o menor relación.

6.3.2 Orégano

Tabla 7. Cálculo de la relación beneficio/costo del orégano

Tratamiento	Costo básico	Costo de la Fertilización/planta orégano		Costo total	Beneficio	B/C
		Compost	Mano de obra			
T1	1970,00	0,00	0,00	1970,00	711,05	0,36
T8	1970,00	44,50	52,10	2066,60	1051,43	0,51
T9	1970,00	44,50	208,40	2222,90	1083,65	0,49
T10	1970,00	44,50	208,40	2222,90	728,51	0,33
T5	1970,00	66,75	52,10	2088,85	1007,72	0,48
T6	1970,00	66,75	208,40	2245,15	1320,31	0,59
T7	1970,00	66,75	208,40	2245,15	1059,38	0,47
T2	1970,00	89,01	52,10	2111,11	1082,31	0,51
T3	1970,00	89,01	208,40	2267,41	1879,28	0,83
T4	1970,00	89,01	208,40	2267,41	1789,41	0,79
T11	1970,00	111,26	52,10	2133,36	1154,86	0,54
T12	1970,00	111,26	208,40	2289,66	1631,27	0,71
T13	1970,00	111,26	208,40	2289,66	1595,47	0,70
T14	1970,00	133,51	52,10	2155,61	1544,75	0,72
T15	1970,00	133,51	208,40	2311,91	2733,23	1,18
T16	1970,00	133,51	208,40	2311,91	1418,79	0,61

La mayor relación beneficio/costo obtenida para el orégano se presentó para el tratamiento 15, siendo de 1,18; el segundo mejor tratamiento fue el 3 con 0,83. A su vez, estos tratamientos correspondieron a los de mayor productividad de tallos de primera calidad. Los tratamientos con los que se obtuvo un menor beneficio fueron el T10 y el T7 a los cuales se les aplicó compost en el transplante y a los 15 días de cada cosecha y pertenecieron a los grupos de dosis más bajas. Incluso la relación obtenida para el T10 resultó ser menor que la obtenida con el tratamiento testigo en el que no se empleó compost (Tabla 7) (Anexo 33).

El grupo de dosis que presentó una mayor relación beneficio/costo fue en el que se empleó un 50% más de la dosis base, seguida por los tratamientos en los que se aplicó un 25% de la dosis base. Por otra parte, la frecuencia que mostró ser la mejor para obtener una relación beneficio/costo alta independiente de la dosis, correspondió consistentemente al fraccionamiento en el transplante y en la semana de cada corte.

7. Discusión

Con base en los resultados de la producción de tallos tanto en orégano como en romero, se comprobó que el compost evaluado contribuyó al aumento en biomasa de las plantas, representada en el peso fresco y seco, que presentaron consistentemente la misma tendencia para cada especie en todas las variables. Esto se demostró teniendo como base el tratamiento control, al que no se le aplicó compost, resultando en una producción más baja con respecto a los tratamientos en los que se aplicaron las diferentes dosis del abono.

A partir de la producción obtenida en ambas especies cuando fueron tratadas con la dosis base, se hizo evidente que al disminuir esta cantidad de compost la productividad y el crecimiento de las plantas disminuyó notoriamente. Por el contrario, las plantas de romero y orégano abonadas con mayores dosificaciones de compost produjeron tallos de una calidad superior medida en longitud, biomasa y vigor. Esto sugiere que dosis de compost Soil Aid® inferiores a los 193.5g/planta/4 cortes para el orégano y a los 137g/planta/4 cortes para el romero, aplicada en suelos con características similares al empleado, quizás no proveen la cantidad suficiente de nutrientes requeridos por cada especie para un adecuado crecimiento vegetativo.

La respuesta obtenida en ambas especies ante el abonamiento orgánico puede explicarse en parte por los bajos niveles de algunos de los macro y micronutrientes esenciales en el suelo empleado, como es el caso de fósforo, calcio, magnesio, manganeso, zinc y boro. El nitrógeno es el elemento más crítico para el crecimiento del romero y orégano, ya que según el estudio realizado por Suárez y Morales (2009), limita marcadamente la emisión de tallos, su tasa de crecimiento y su longitud. A pesar que el suelo empleado en el ensayo presentó niveles excesivos de nitrógeno mineral, al realizar el balance de nutrientes se consideró suplir mediante el abonamiento los requerimientos de ambas especies de aromáticas con el establecimiento de la dosis base. Sin embargo, es necesario considerar que todo el nitrógeno presente en el abono (2%), no está totalmente disponible para la planta, ya que una parte es N orgánico que debe completar su proceso de mineralización en el suelo y otra parte es N mineral que estaría disponible en las formas nítrica y amoniacal (Gómez, 2000). Esto podría explicar la respuesta positiva de las plantas ante dosis mayores de compost, lo que va en correspondencia con un mayor aporte de nitrógeno mineral. Los bajos niveles de macronutrientes disponibles que poseen los compost si son comparados con los fertilizantes químicos completos, sumado a su lenta mineralización especialmente en climas fríos, hacen que sea necesario emplear grandes cantidades de estos abonos para satisfacer los requerimientos de N, P, K (Sokora y Azad, 2003 citados en Gómez 2000).

Al igual que sucede con el nitrógeno, al aplicar una mayor cantidad de abono orgánico se está aplicando una mayor cantidad de fósforo y potasio ya que la disponibilidad es del 20-40% (He

et al, 2005) y del 70-90% (Gómez, 2000), respectivamente, en los compost. Estos elementos son macronutrientes esenciales que contribuyen al crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo que mayores dosis hacen que se obtenga una mayor calidad y productividad en las condiciones particulares del suelo empleado que mostró muy bajos contenidos especialmente de fósforo y que trataron de incrementarse con la utilización al inicio de la roca fosfórica. En el caso del potasio, este elemento se encontró en exceso en el suelo, que sumado su alto contenido y disponibilidad en el compost podría causar efectos negativos en el crecimiento y desarrollo de las plantas en dosis superiores a las evaluadas.

El compost también aportó elementos menores, en especial aquellos como magnesio cobre, zinc y boro que según el análisis de suelo se encontraban deficientes, al emplear una mayor dosis del compost al igual que para el caso de los macronutrientes se aportó una mayor cantidad de estos elementos. Se aportó una mayor cantidad de estos elementos que en conjunto permiten un adecuado crecimiento vegetativo. Es importante resaltar que el compost Soil Aid ® tiene una alta concentración de estos elementos, que para otros cultivos serían considerados como fitotóxicos.

El efecto de la utilización de compost ha reportado beneficios en hortalizas como la lechuga en la que se incrementó la producción en un 403.1% con respecto al control empleando 6 ton ha⁻¹ de compost agro animal (Lora *et al*, 2006). Así mismo, en zanahoria se obtuvo un 8.5% más de productividad al aplicar 10 ton ha⁻¹ de gallinaza con respecto al tratamiento control (Giraldo, 1979); por su parte, en cebolla el incremento fue del 100.4% al emplear 10 ton ha⁻¹ de gallinaza y en repollo se produjo un aumento del 23% aplicando 25 ton ha⁻¹ de estiércol de establo (Giraldo, 1979). Orozco (1973), reportó que en cilantro se logró una productividad superior en un 510.23% empleando 1,0Kg m⁻² de gallinaza y en un 920.87% empleando 2,0 Kg m⁻² de lombrinaza. En correspondencia con los anteriores casos de especies de hortalizas como grupo más cercano a las hierbas aromáticas, en el presente trabajo se obtuvieron importantes incrementos en la productividad total de las plantas con respecto al control, que para romero fue del 131% y para orégano del 127%. Estos incrementos se alcanzaron utilizando cantidades del compost comercial equivalentes a 18,4Ton/ha/año (1,84 Kg m⁻² /año) en romero y a 52,29 ton/ha/año (5,23 Kg m⁻² /año) en orégano, cantidades de abono orgánico que para el romero se encuentran dentro de los rangos que se ha utilizado con éxito en otros cultivos cercanos como las hortalizas en ensayos realizados en Colombia y en Costa Rica (Tabla 4) (Rodríguez y Soto, 1999), mientras que en el orégano la cantidad de abono orgánico empleado sobrepasó las dosis trabajadas en los cultivos ya mencionados.

En orégano y romero el mayor efecto de la aplicación del compost se vio reflejado en el aumento de la calidad del producto cosechado, debido a que el incremento en la cantidad de producto de primera calidad, es decir de los tallos tipo exportación, fue del 284% para el

orégano y del 625% para romero, ambos con respecto al tratamiento al que no se aplicó compost.

La frecuencia de aplicación de compost, demostró no ser un factor determinante para la producción de las especies empleadas, debido a que no hubo una frecuencia específica que determinara un óptimo productivo para todos los criterios y variables evaluadas. Es decir que dependiendo de las características que desee obtener el productor, ya sea en productividad, calidad y desde la relación beneficio/costo, hay una combinación particular (dosis-frecuencia) que favoreció una mayor producción, que para romero y orégano fue la dosis de 50% mas de la dosis base fraccionada en el transplante y en la semana de cada corte.

Un aspecto que probablemente influyó en que no se presentaran diferencias entre las dos frecuencias de abonamiento fraccionado, fue lo cercanas que estuvieron, con tan solo una semana de diferencia. En la metodología planteada inicialmente se consideró la frecuencia de corte reportada por Bareño (2006b) y Muñoz (1987) que es de cada 4 semanas, por ello las frecuencias seleccionadas correspondieron a la semana del corte y 15 días después. Sin embargo, durante el desarrollo del ensayo los cortes se prolongaron hasta 7 semanas en romero y 10 en orégano. Por lo tanto, se sugiere que en trabajos futuros se reevalúen las frecuencias utilizadas, siendo para romero, al transplante, 8 días después del corte y 28 días después de cada corte, y para orégano al transplante, 8 días después del corte y 35 días después de cada corte.

La aplicación del compost en el transplante y en la semana después de cada corte, fue la frecuencia que para la productividad en fresco de tallos de orégano de primera calidad funcionó mejor en todos los grupos de dosis evaluados. Según Alexander (2005), el compost se considera como un fertilizante que libera su contenido total de N de manera fraccionada, siendo así más adecuada su aplicación en varios momentos durante el cultivo. Sin embargo, para el romero la aplicación de compost en el transplante parecer ser la mejor alternativa. Gómez (2000), plantea que los abonos orgánicos presentan liberación lenta de nutrientes y a medida que pasa el tiempo avanza el proceso de descomposición y mineralización; cita un trabajo de Pratt *et al* (1976) en suelos con riego del suroeste de California, en donde se menciona que los estiércoles con un 1.6-2.2% de N, parecen descomponerse a una tasa de 40-50% en el año siguiente a la aplicación. Considerando lo anterior, podría pensarse que las aplicaciones de altas dosis al momento del transplante permitirían aumentar el tiempo que el abono está en contacto con el suelo continuando su proceso de descomposición y que las plantas podrían aprovechar más oportunamente los elementos que se vayan haciendo disponibles en la mineralización del compost.

En cuanto a los resultados obtenidos en la relación beneficio/costo, es prudente considerar que fueron calculados para la producción de plantas en condiciones de materia, sistema productivo

que normalmente no es empleado por los productores de hierbas aromáticas quienes trabajan en camas en suelo. Aún así, estos resultados podrían orientar sobre que tratamientos serían potencialmente interesantes para ser probados en condiciones de parcelas de campo logrando mejores producciones. Además estos se hicieron considerando únicamente la cantidad de producto de primera calidad sin tener en cuenta que queda otra biomasa cosechada que aunque no cumple con los requisitos de longitud de tallos para ser comercializada en fresco, si puede aprovecharse o transformarse ya sea para deshidratar, moler o extraer aceites esenciales.

Aunque en ninguno de los tratamientos de abonamiento en romero la relación B/C fue superior a 1, la mejor relación se obtuvo en el tratamiento en el que se aplicó la dosis base solo al momento del transplante (137g), generando que el productor invierta menos en la cantidad del fertilizante y en la mano de obra empleada para su aplicación. La aplicación fraccionada de compost en romero implicaría para los productores un costo adicional por el uso de mano de obra para la aplicación del abono después de cada cosecha y no se vería reflejado en un mejoramiento de la cantidad y calidad del producto cosechado, por lo que para el caso de esta especie puede ser recomendable evaluar no fraccionarlo o aplicarlo por ejemplo cada dos cortes.

Los tratamientos con mayores dosis de compost fueron los que presentaron una mayor relación beneficio/costo, por lo que se infiere que con mayores dosis se presenta una mayor producción que podría compensar mejor los costos y esto hace que la relación B/C sea mayor, así el productor podría aplicar cantidades que van desde la dosis base hasta un 50%.

En orégano, la relación beneficio/costo fue mayor en el tratamiento en el que se aplicó una dosis de +50% de la dosis base fraccionada en el transplante y en la semana de corte, solo en este caso el beneficio supero la inversión compensando los costos. Lo que indica que el orégano responde al fraccionamiento y las dosis altas de abono orgánicos y aunque esto implica un costo mayor en mano de obra y compost, la producción que se obtiene es tan superior en cantidad y calidad que compensa los costos e incluso hay una ganancia del 18%, con esta ganancia el productor podría arriesgarse a asumir un gasto adicional en mano de obra pero sacando al mercado un producto con mayor calidad asegurando el comprador y posiblemente con un mayor precio en el mercado.

Es importante resaltar que la aplicación de altas cantidades de compost en suelos muy húmedos puede producir que algunos elementos, en especial el nitrógeno se lixivien antes de ser asimilados por la planta, generando no solo una pérdida de nutrientes sino también contaminación de fuentes de agua subterránea.

Al comparar los resultados en producción de peso fresco total de este proyecto con los reportes de literatura en los que se empleó un manejo convencional, se encontró que los gramos por planta producidos en cada uno de los tratamientos de romero no superaron a los 304 gramos/planta/4 cortes obtenidos por Bareño (2005), en el mejor de los casos el tratamiento con mayor productividad fue de 90.33g/planta/4cortes lo que corresponde a un 30% de lo reportado. En contraste, para orégano el tratamiento que tuvo una mayor producción acumulada en 4 cortes en orégano fue el que produjo 162.25g/planta/4cortes representado en un 6.74% adicional a lo obtenido en el trabajo de Bareño (2006b). La respuesta productiva del romero, considerando su hábito de crecimiento arbustivo, pudo estar influenciada por una parte por las condiciones de materia que limitan el crecimiento de la planta, ya que un cultivo sembrado directamente en suelo, como el que reporta Bareño (2006b), tiene un mayor volumen para el crecimiento de sus raíces. Por otra parte, los datos de biomasa obtenidos de la literatura corresponden a cultivos donde se maneja una fertilización convencional empleado fertilizantes de síntesis química. Para el caso del orégano, pueden considerarse con muy buenas perspectivas de aplicación en condiciones de parcelas de campo las dosificaciones y frecuencias de aplicación sugeridas, ya que aún en condiciones de confinamiento en materia, las plantas productivamente fueron superiores a lo reportado en la literatura para cultivos de esta especie con manejo convencional.

Un aspecto de gran importancia ambiental en los cultivos en los que se emplea cualquier tipo de fertilización orgánica es la cantidad de nitrógeno adicionada en el cultivo mediante el abonamiento, cantidad que debe ser adecuada para evitar que la lixiviación del nitrógeno llegue a contaminar el agua subterránea. De acuerdo a IFOAM (2006 citado por Khristiansen *et al*, 2006), en los cultivos orgánicos deben emplearse entre 140y 170 Kg de N/Ha/año y según los datos del Ministerio de Agricultura de Inglaterra (2000) no debe superar los 250 Kg de N/ha/año. En este trabajo, el tratamiento de abonamiento en romero con el que se obtuvo la mayor productividad, calidad y relación beneficio/costo, fue el T2 donde la cantidad de nitrógeno aportado correspondería a los 368 Kg de N/Ha/año. El tratamiento bajo el que las plantas de orégano fueron más productivas y para el que se obtuvo la mejor relación económica, fue el T15, cuyo aporte de nitrógeno total sería del orden de 1045,8 Kg/Ha/año.

Si bien las dosis evaluadas superaron los niveles establecidos por IFOAM (2006) citado por Khristiansen *et al* (2006), es necesario considerar que las cantidades propuestas corresponden al primer año de los cultivos y que debido a la naturaleza del abono empleado, probablemente los contenidos de los elementos en el suelo y especialmente del nitrógeno aumentarán con el tiempo debido a la mineralización, por lo que se propone que en los años siguientes se realicen análisis de suelo para verificar el nivel de los elementos a fin de ajustar las dosis de compost.

8. Conclusiones

- La aplicación de compost comercial en plantas de orégano y romero mostró ser favorable para su crecimiento; la aplicación de la dosis base o concentraciones mayores presenta una tendencia a aumentar la productividad y los productos calidad exportación mientras que en las concentraciones menores la producción total y la de exportación presentan valores más bajos.
- La mayor producción total acumulada en peso fresco del romero para cuatro cortes fue de 90.3 g/planta/año y se obtuvo con 102.75g/planta/año de compost (25% adicional a la dosis base de compost) aplicada en el momento del trasplante y durante la semana después de cada corte; la mayor cantidad de producto calidad exportación se obtuvo en el tratamiento con una dosis de 205.5 (50% mas de la dosis base), aplicada en el trasplante y en la semana de cada corte (56,20 g/planta/año).
- La mayor producción total (26. 7g/planta/año) en peso seco de romero se da con una dosis de 171.25g de compost (25% mas de la dosis base) aplicada al trasplante y en la semana de corte y la mayor cantidad de producto calidad exportación (16.7g/planta/año) se obtuvo con una dosis de compost de 205.5g (dosis base) aplicados al trasplante y en la semana de corte.
- La mayor producción total en peso fresco de orégano se logró con la dosis base incrementada en un 50% fraccionándola al trasplante y en la semana de cada corte, con este tratamiento también se logro la mayor cantidad de producto calidad exportación 105.45g/planta/año).
- En orégano la mayor productividad en peso seco tanto para producción total (45.64g/planta/año) como para producto de exportación 27.43g/planta/año se dio en el tratamiento 15 que contiene 50% más de la dosis base aplicada en el trasplante y en la semana de corte.
- La relación beneficio/costo en romero no mostró compensación entre la inversión hecha durante el proyecto y los beneficios obtenidos mientras que para orégano se obtuvo que con el tratamiento 15 hubo una compensación entre los costos y el beneficio.
- Con base en lo resultados estadísticos se determino que la frecuencia de aplicación no es un factor determinante para la producción de romero y orégano, pero si se combina con una dosis específica se obtiene un mayor rendimiento.

- El tratamiento empleado para las plantas de orégano y romero puede ser elegido de acuerdo al mercado de interés para el productor (nacional y/o exportación, fresco o seco) o si el objetivo del productor es usarlo como materia prima para otros productos con un valor agregado.

9. Recomendaciones

- Los datos obtenidos en este proyecto puede orientar estudios posteriores donde se empleen las dosis que mostraron una mejor respuesta para ser evaluadas en campo.
- Con el fin de evaluar el comportamiento del compost en el suelo, especialmente su mineralización se aconseja registrar valores de humedad, temperatura del suelo y pH Debido a que estos factores afectan la mineralización del nitrógeno en el compost.
- Se sugiere que en estudios posteriores se revisen las frecuencias de aplicación de compost para que correspondan con los ciclos de cosecha de las especies evaluadas de acuerdo con lo encontrado en este proyecto llevado a cabo bajo condiciones de invernadero.
- Se recomienda emplear el tratamiento con un 50% adicional de la dosis base de compost aplicada en el transplante y en la semana cada corte para orégano.
- Para romero se recomienda valorar los tratamientos con un 50% mas de la dosis base aplicado en le transplante y en la semana de corte, y en el que se utilizo la dosis base en el transplante, ya que presentaron producciones similares, su elección dependería del criterio del productor.
- Para disminuir los costos de la fertilización orgánica se sugiere a los productores emplear otro compost que sea mas económico o recurrir a los desechos orgánicos de sus fincas para elaborar un compost, siempre y cuando los costos de su producción no sean muy elevados, también es importante emplear la menor cantidad posible de mano de obra.

10. Bibliografía

- Alexander R. 2005. Utilización de compost en la arquitectura del paisaje. En: Stoffella, P. & Khan, B. Utilización del compost en los sistemas de cultivo hortícola, pp. 154-159. Ediciones mundi-Prensa. España.
- Añez, B. & Espinoza, W. 2001. Respuesta de la lechuga y el repollo a la fertilización química y orgánica. Revista Forest. 47(2): 73-82.
- Bareño, P. 2006a. El cultivo de Romero (*Rosmarinus officinalis*). En: Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Memorias Curso de Extensión, pp. 102,103. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá.
- Bareño, P. 2006b. Manejo agronómico, producción y costos. En: Hierbas aromáticas para exportación en fresco. Curso de Extensión, pp. 9,10. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá.
- Bareño, P & Clavijo, J. 2005. Hierbas aromáticas para exportación en fresco. En: Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Curso de Extensión. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá.
- Beytes, C. 1999. Spice up your herb with Orégano. Culture notes. Pp. 69,74
- Clavijo, J. 2005. Fisiología de la producción de hierbas aromáticas. En: Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Curso de Extensión. pp. 3-5. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá.
- Dalzell, H. Biddlestone, J. Gray, R. Thurai Rajan, K. 1991. Manejo del suelo: producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Boletín de Suelos de la FAO, No. 56. Servicio de recursos y conservación del suelo. Dirección de fomento de tierras y aguas. Pp. 117
- Demarco, F. Sarruggieri, H. López, A. 1999. Good agricultural practices for the organic production of medicinal plants. Acta Hort. (ISHS) 502:21-28.
- De Mastro, G. Ruta, C. Marzi, V. 2004. Agronomic and Technological Assessment of oregano (*Origanum vulgare* ssp.) Biotypes. Acta Hort. (ISHS) 629:355-363.
- Economakis, C. Fournaraki, E. 1993. Growth and nutrient uptake of *Origanum vulgare* ssp. hirtum in solution culture. Acta Hort. (ISHS) 331:345-350
- Giraldo, J. 1979. Programa nacional de suelos. Informe de progreso. Corpoica Tibaitatá.
- Geoambiente Ltda, 2008. Ficha técnica Compost Soil Aid®.
- Gómez, J. 2000. Abonos orgánicos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.
- He, Z. Yang, X. Kahn, B. Stoffella, P. Calvert D. 2005. Ventajas que supone la utilización de compost para la nutrición fosfórica, potásica, cálcica, magnésica y de micronutrientes. En: Stoffella, P. & Khan, B. Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola, pp.307-316. Ediciones Mundi Prensa. España.
- Henao, M. C. 2006. El análisis foliar como una herramienta de diagnóstico nutricional en los cultivos de hierbas aromáticas. En: Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para

exportación en fresco. Curso de Extensión. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. p. 57-60.

- Khristiansen, P. Taji, A. Reganold, J. 2006. Organic Agriculture. A Global Perspective. Cornell University Press. UK.
- JAS, 2005. Japanese Agricultural Standard for Organic Plants. Notification No. 1605 of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of October 27, 2005.
- Kintzios, S. 2004. Orégano. En: Meter, K. Handbook of Herbs and Species, pp. 215,-221. Woodhead Publishing. Nueva York
- López, J.D. Rubín, E. M. Valdez, R. 2003. Evaluación de compost en propiedades físicas del suelo y rendimiento de cebolla. *Agrofaz*. 3(2): 309-314
- López, P. 2002. Compostaje de residuos orgánicos. Universidad del Valle. Facultad de Ingenierías. Cali.
- Lora, R. Pulido, I. Méndez, A. Peña, F. 2006. Efecto de la fertilización orgánica y mineral en rendimiento de lechuga *Lactuca sativa L.* en un suelo Typic hapludalfs de mediana fertilidad. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA). Facultad de Ingeniería Agronómica. Bogotá
- Marentes, F. & J. Clavijo. 2006. Análisis de la extracción de nutrientes en orégano (*Origanum vulgare*). En: Curso de Extensión “Últimas tendencias en hierbas aromáticas para exportación”, p.201. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Martinetti, L. Quarttrini, E. Bononi, M. Tateo, F. 2006. Effect of the mineral fertilization on the yield and the oil content of two cultivars of rosemary. *Acta Hort.* (ISHS) 723:399-404.
- Marzi, V. 1996. Agricultural practices of oregano Istituto di Produzioni e Preparazioni e Alimentari, University of Bari, Sede di Foggia, Italia.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 2000. Fertiliser recommendations for Agricultural and Horticultural crops (RB209). UK
- Ministerio de Agricultura de Colombia, 2002. Resolución número 00074 del 4 de abril del 2002. Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaqueo, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos.
- Muñoz F. 1987. Plantas medicinales y aromáticas: estudio, cultivo y procesado. Madrid ediciones Mundi- Prensa. España. Pp. 40,41, 265, 266.
- Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. 2004. Texto consolidado producido por el sistema CONSLEG de la Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Parlamento Europeo.
- Orozo, L. 1973. Repuesta agroeconómica del repollo *Brassica oleracea var capitata L.* a la fertilización en suelos derivados de cenizas volcánicas. Universidad de Caldas. Facultad de agronomía. Manizales.
- Rodríguez, G. & Soto, G. 1999. Fertilización de hortalizas orgánicas. XI Congreso Nacional Agronómico. Costa Rica.

- Salinas, R. Rojas. L. Sierra, C. Segura, L. Lao, M. T. 2007. Evaluación del efecto de dos fuentes y tres dosis de materia orgánica en un cultivo de lechuga, manejado bajo producción integrada en Chile. Actas de Horticultura. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. 48: 558-561.
- Sasikumar, B. 2004. Rosemary. En: Meter, K. Handbook of Herbs and Species, pp. 243-245. Woodhead publishing limits. Nueva York.
- Sikora, L. y R, Szmidt. 2005. Los compost como fuentes de nitrógeno, aportado a la mineralización y ventajas para la nutrición nitrogenada de las plantas. En: Stoffella, P.; B. Kahn. Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícolas. pp287-294. Editorial mundi-prensa. España.
- López N. 2001. Proyectos agropecuarios teoría y casos prácticos. Produmedios, Bogotá.
- Suárez, D. & Morales, L. 2009. Evaluación de la fertilidad de un andisol para el cultivo de tomillo, orégano y romero en Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo. Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá. Trabajo en preparación.
- Tobón, J. 1980. Fertilización química y orgánica de monocultivos y cultivos asociados en el clima frío de Antioquia. Suelos y fertilización de cultivos. Corpoica. Rionegro, Antioquia.
- Vargas, G. Velásquez, A. 1974. Respuesta de algunas hortalizas a la aplicación de distintos niveles y combinación de fertilizantes y materia orgánica. Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía. Manizales.
- Vente, H. 2007. Producción orgánica de plantas aromáticas. En: Memorias II Curso Teórico de producción orgánica de plantas aromáticas. Agroeventos. Sena. Bogotá.
- Zar, J. 1996. Bioestadistical análisis. Prentice Hall. Cuarta edición. Estados Unidos.

11. Consultas virtuales

- 📄 Agronet. 2009. Producción nacional por producto. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <http://www.agronet.gov.co/agronetweb/AnalisisEstadisticas/tabid/73/Default.aspx>. Consultada el 22 de julio del 2009.
- 📄 Assured Produce. 2009. Crop Specific Protocol- Herbs (Culinary). [http://www.assuredproduce.co.uk/resources/000/255/262/Herbs_\(culinary\)1.pdf](http://www.assuredproduce.co.uk/resources/000/255/262/Herbs_(culinary)1.pdf). Consultada el 5 de mayo del 2009.
- 📄 Corporación Colombina Internacional (CCI), 2007. Guía de Productos. Hierbas Aromáticas. Exportaciones Colombianas. www.cci.org.co. Consultada el 17 Febrero 2007.
- 📄 Utz Kapeh Foundation, 2006. Código de Conducta. www.utzkapeh.org. Pp 13-36.

12. Comunicaciones personales

- Montaña, Juan Pablo. Administrador Finca “Aroma Orgánico”, vereda Checua, Nemocón (Cundinamarca). Fecha: 31 de marzo del 2008.
- Trujillo Gilberto, Propietario Finca “El Paraíso”, vereda Checua, Nemocón (Cundinamarca). Fecha: 31 de Marzo de 2008.
- Matthias Jäger Organic Herbs and Exotic Fruits, 2007. Condiciones y observaciones para la exportación de romero orgánico. Liliana Angarita, Secretaría de Desarrollo Económico, Alcaldía de Zipaquirá, Diciembre de 2007.

10. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de fertilidad del suelo empleado en el proyecto

LABORATORIO DE SUELOS ANÁLISIS FERTILIDAD EN SUELOS																		
Muestra				Cliente						Finca								
No. Muestra: 002452 Identificación: Muestra general Orden de Trabajo No.: 001493 Factura No.: 000000 Fecha de Solicitud: 02-Oct-07 Fecha de Impresión: 29-Oct-07 Cultivo: Oregano				Nombre: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA Dirección: Municipio: BOGOTA Teléfono: 2757300 Fax: E-Mail:						Nombre: Rio Grande Municipio: CAJICA Departamento: Cundinamarca Teléfonos:								
Solicitante: Gloria Gonzalez																		
Elementos Mayores (mg * Kg ⁻¹ ó ppm)													Elementos Menores (mg * Kg ⁻¹ ó ppm)					
ELEMENTO ANALIZADO	pH	C.E. ds/m	N-NH4 Amonio	N-NO3 Nitrato	N-Min. Nitrógeno	P Fósforo	K Potasio	Ca Calcio	Mg Magnesio	Na Sodio	Al Acidez Int	S Azufre	Cl Cloruro	Fe Hierro	Mn Manganeso	Cu Cobre	Zn Zinc	B Boro
RESULTADO DEL ANALISIS	5,3	0,77	9,3	44,2	53,5	1	832	1394	221	118		10,4	N.A	42,1	1,1	0,0	0,7	0,17
Resultado en cmol ^h Kg ⁻¹							2,13	6,95	1,82	0,51	0,31							
INTERPRETACION	Bajo	Optimo			Exceso	Deficiente	Exceso	Deficiente	Deficiente	Exceso	Optimo	Bajo	N.A.	Exceso	Deficiente	Deficiente	Deficiente	Deficiente
BAJO	6	0,55			20	150	231	2999	277			12		15,0	11,3	1,1	3,4	0,34
OPTIMO	6,25	0,73			25	200	323	4152	329			15		20,0	15,0	1,5	4,5	0,45
ALTO	6,5	0,91			30	250	415	5305	381	92	1	18	106,5	25,0	18,8	1,9	5,6	0,56
Metodología:			Otros Análisis y Parámetros de la Muestra								Relaciones Cationicas (cmol ⁺ Kg ⁻¹)							
pH en agua (1:1); CIC y bases de intercambio en acetato de amonio (1:20); elementos menores en DTPA (1:2); boro y C.E extracto de saturación. Acidez intercambiable solo cuando el pH < 5.5; S por turbidimetría. N-mineral en KCl (1N)			Pw %		Pe %		CIC		CICe		Ca/Mg		Ca/K		Mg/K		(Ca+Mg)/K	
			20,5		94,8		48,1		11,7		3,82		3,27		0,98		4,12	
Metodo Fósforo (P): Lactato			Interpretación						Valores Optimos									
			Optimo		Deficiente		Deficiente		Deficiente		3 - 5		12 - 18		4 - 6		12 - 20	

I.A. M.Sc.. Amparo Medina Torres
Directora Lab. de Suelos CIAA

Quim. Adriana Mireya Zamudio S.
Jefe Lab. de Suelos CIAA

Anexo 2. Formato para la recolección de datos

<i>Oreganum vulgare</i>			
Tratamiento	Repetición	Peso fresco	Peso seco
T1	R1		
T1	R2		
T1	R3		
T2	R1		
T2	R2		
T2	R3		

Anexo 3. Análisis de varianza (ANOVA) del peso fresco de los tallos de romero tipo nacional acumulados en 4 cosechas.

	Df	Suma Sq	Mean Sq	F value	Pr(<F)
Trat	15	2018.1	134.5	1.327	0.2433
Residuals	32	3244.2	101.4		

Anexo 4. Análisis de varianza (ANOVA) del peso fresco de los tallos de romero tipo exportación acumulados en 4 cosechas.

	Df	Suma Sq	Mean Sq	F value	Pr(<F)
Trat	15	7280.8	485.4	2.6029	0.01132 *
Residuals	32	5967.3	186.5		

Anexo 5. Prueba de Tukey (Tratamientos que presentaron diferencias estadísticas) para el peso fresco de los tallos de romero tipo exportación.

Tratamientos	diff	lwr	upr	p adj
T15-T1	4.844.166.667	7.097.062	89.786.272	0.0102098
T16-T1	3.804.900.000	-3.295.605	79.393.605	0.0976891
T2-T1	4.532.600.000	3.981.395	86.670.605	0.0209256

Anexo 6. Análisis de varianza (ANOVA) del peso fresco del total de los tallos (nacional y exportación) de romero acumulados en 4 cosechas.

	Df	Suma Sq	Mean Sq	F value	Pr(<F)
Trat	15	8246.6	549.8	3.5777	0.001201 **
Residuals	32	4917.3	153.7		

Anexo 7. Prueba de Tukey (Tratamientos que presentaron diferencias estadísticas) para el peso fresco total de los tallos (nacional y exportación) de romero.

Tratamientos	diff	lwr	upr	p adj
T12-T1	523.670.000	148.356.921	89.898.308	0.0010804
T13-T1	469.236.667	93.923.588	84.454.975	0.0047109
T14-T1	422.673.333	47.360.255	79.798.641	0.0157933
T15-T1	431.770.000	56.456.921	80.708.308	0.0125309
T16-T1	376.983.333	0.1670255	75.229.641	0.0480927
T2-T1	426.580.000	51.266.921	80.189.308	0.0143041
T4-T1	442.130.000	66.816.921	81.744.308	0.0095973
T12-T10	378.756.667	0.3443588	75.406.975	0.0461400

Anexo 8. Análisis de varianza (ANOVA) del peso seco de los tallos de romero tipo nacional acumulados en 4 cosechas.

	Df	Suma Sq	Mean Sq	F value	Pr(<F)
Trat	15	245.70	16.3	1.3984	0.2071
Residuals	32	374.83	11.71		

Anexo 9. Análisis de varianza (ANOVA) del peso seco de los tallos de romero tipo exportación acumulados en 4 cosechas.

	Df	Suma Sq	Mean Sq	F value	Pr(<F)
Trat	15	474.04	31.60	2.0884 0	0.01684 *
Residuals	32	484.24	15.13		

Anexo 10. Prueba de Tukey (Tratamientos que presentaron diferencias estadísticas) para el peso seco de los tallos de romero tipo exportación.

Tratamientos	diff	lwr	upr	p adj
T15-T1	142.996.667	22.143.811	26.384.952	0.0091239
T2-T1	123.640.000	0.2787144	24.449.286	0.0408102

Anexo 11. Análisis de varianza (ANOVA) del peso seco del total de los tallos (nacional y exportación) de romero acumulados en 4 cosechas.

	Df	Suma Sq	Mean Sq	F value	Pr(<F)
Trat	15	606.74	40.45	2.7096	0.008773 **
Residuals	32	477.71	14.93		

Anexo 12. Prueba de Tukey (Tratamientos que presentaron diferencias estadísticas) para el peso seco total de los tallos (nacional y exportación) de romero.

Tratamientos	diff	lwr	upr	p adj
T12-T1	1.523.900.000	35.410.561	26.936.944	0.0027810
T13-T1	1.496.166.667	32.637.227	26.659.611	0.0035323
T14-T1	1.298.466.667	12.867.227	24.682.611	0.0184045
T15-T1	1.215.033.333	0.4523894	23.848.277	0.0354942
T4-T1	1.307.000.000	13.720.561	24.767.944	0.0171814

Anexo 13. Análisis de varianza (ANOVA) del peso fresco de los tallos de orégano tipo nacional acumulados en 4 cosechas.

	Df	Suma Sq	Mean Sq	F value	Pr(<F)
Trat	15	4869.1	324.6	1.1202	0.3787
Residuals	32	7859.9	289.8		

Anexo 14. Análisis de varianza (ANOVA) del peso fresco de los tallos de orégano tipo exportación acumulados en 4 cosechas.

	Df	Suma Sq	Mean Sq	F value	Pr(<F)
Trat	15	17116.1	1141.1	5.7293	1.751e-05 ***
Residuals	32	6373.2	199.2		

Anexo 15. Prueba de Tukey (Tratamientos que presentaron diferencias estadísticas) para el peso fresco de los tallos de orégano tipo exportación.

Tratamientos	diff	lwr	upr	p adj
T15-T1	780.163.333	352.886.388	120.744.028	0.0000123
T3-T1	450.706.667	23.429.722	87.798.361	0.0306672
T15-T10	773.426.667	346.149.722	120.070.361	0.0000144
T3-T10	443.970.000	16.693.055	87.124.694	0.0353680
T15-T11	608.940.000	181.663.055	103.621.694	0.0007938
T15-T13	438.950.000	11.673.055	86.622.694	0.0392924
T15-T14	458.516.667	31.239.722	88.579.361	0.0259436
T16-T15	-507.113.333	-934.390.278	-7.983.639	0.0088075
T2-T15	-636.930.000	-1.064.206.945	-20.965.306	0.0004024
T5-T15	-665.706.667	-1.092.983.612	-23.842.972	0.0001995
T6-T15	-545.106.667	-972.383.612	-11.782.972	0.0036489
T7-T15	-645.776.667	-1.073.053.612	-21.849.972	0.0003244
T8-T15	-648.843.333	-1.076.120.278	-22.156.639	0.0003011
T9-T15	-636.410.000	-1.063.686.945	20.913.306	0.0004075

Anexo 16. Análisis de varianza (ANOVA) del peso fresco del total de los tallos (nacional y exportación) de orégano acumulados en 4 cosechas.

	Df	Suma Sq	Mean Sq	F value	Pr(<F)
Trat	15	28563.3	1904.2	4.6971	0.0001182 ***
Residuals	32	12973.0	405.4		

Anexo 17. Prueba de Tukey (Tratamientos que presentaron diferencias estadísticas) para el peso fresco total de los tallos (nacional y exportación) de orégano.

Tratamientos	diff	lwr	upr	p adj
T15-T1	907.370.000	2.977.644.787	151.697.552	0.0004118
T3-T1	656.753.333	471.478.120	126.635.885	0.0249520
T15-T10	798.676.667	1.890.711.454	140.828.219	0.0025791
T2-T15	-639.786.667	-12.493.921.880	-3.018.115	0.0321863
T5-T15	-624.433.333	-12.340.388.546	-1.482.781	0.0403550
T6-T15	-643.480.000	-12.530.855.213	-3.387.448	0.0304634
T7-T15	-885.216.667	-14.948.221.880	-27.561.115	0.0006006
T8-T15	-722.763.333	-13.323.688.546	-11.315.781	0.0089134
T9-T15	-815.333.333	-14.249.388.546	-20.572.781	0.0019536
T7-T3	-634.600.000	-12.442.055.213	-2.499.448	0.0347581

Anexo 18. Análisis de varianza (ANOVA) del peso seco del total de los tallos (nacional y exportación) de orégano acumulados en 4 cosechas.

	Df	Suma Sq	Mean Sq	F value	Pr(<F)
Trat	15	464.70	30.98	1.3853	0.2133
Residuals	32	715.61	22.36		

Anexo 19. Análisis de varianza (ANOVA) del peso seco de los tallos de orégano tipo exportación acumulados en 4 cosechas.

	Df	Suma Sq	Mean Sq	F value	Pr(<F)
Trat	15	1122.16	74.81	4.249	0.0002894 ***
Residuals	32	563.41	17.61		

Anexo 20. Prueba de Tukey (Tratamientos que presentaron diferencias estadísticas) para el peso seco de los tallos de orégano tipo exportación.

Tratamientos	diff	lwr	upr	p adj
T15-T1	1.951.700.000	68.129.756	322.210.244	0.0002503
T15-T10	1.974.566.667	70.416.422	324.496.911	0.0002074
T15-T11	1.352.666.667	0.8226422	262.306.911	0.0280130
T2-T15	-1.559.400.000	-282.980.244	-28.899.756	0.0059071
T5-T15	-1.467.033.333	-273.743.578	-19.663.089	0.0120175
T6-T15	-1.310.166.667	-258.056.911	-0.3976422	0.0379201
T7-T15	-1.642.866.667	-291.326.911	-37.246.422	0.0030619
T8-T15	-1.475.433.333	-274.583.578	-20.503.089	0.0112757
T9-T15	-1.502.966.667	-277.336.911	-23.256.422	0.0091386

Anexo 21. Análisis de varianza (ANOVA) del peso seco del total de los tallos (nacional y exportación) de romero acumulados en 4 cosechas.

	Df	Suma Sq	Mean Sq	F value	Pr(<F)
Trat	15	2410.68	160.71	4.1056	0.000389 ***
Residuals	32	1252.64	39.14		

Anexo 22. Prueba de Tukey (Tratamientos que presentaron diferencias estadísticas) para el peso seco total de los tallos (nacional y exportación) de orégano.

Tratamientos	diff	lwr	upr	p adj
T15-T1	252.923.333	63.496.402	442.350.264	0.0019995
T15-T10	236.993.333	47.566.402	426.420.264	0.0046709
T7-T15	-264.583.333	-454.010.264	-75.156.402	0.0010642
T8-T15	-192.470.000	-381.896.931	-0.3043069	0.0434214
T9-T15	-227.163.333	-416.590.264	-37.736.402	0.0078045
T7-T3	-199.560.000	-388.986.931	-10.133.069	0.0310435

Anexo 23. Prueba de Scheffe (contrastes), entre las diferentes dosificaciones de compost para los datos de peso fresco del romero.

Peso fresco romero Total			
Contraste	SE	S	Conclusión
-50 control	8,26	5,175	Acepta Ho
-50 vs -25	5,841	0,706	Acepta Ho
-50 vs 100	5,841	2,837	Acepta Ho
-50 vs +25	5,841	4,108	Acepta Ho
-50 vs +50	5,841	2,295	Acepta Ho
-25 vs control	8,26	3,337	Acepta Ho
-25 vs +25	5,841	3,403	Acepta Ho
-25 vs +50	5,841	2,599	Acepta Ho
-25 vs 100	5,841	2,131	Acepta Ho
100 vs control	8,26	4,844	Acepta Ho
100 vs +25	5,841	2,131	Acepta Ho
100 vs +50	5,841	0,468	Acepta Ho
+25 vs control	8,26	5,743	Rechaza Ho
+25 vs+50	5,841	0,803	Acepta Ho
+50 vs control	8,26	5,175	Acepta Ho

Anexo 24. Prueba de Scheffe (contrastes), entre las diferentes dosificaciones de compost para los datos de peso seco del romero.

Peso seco Romero Total			
Contraste	SE	S	Conclusión
-50 control	2,574	3,293	Acepta Ho
-50 vs -25	1,82	0,093	Acepta Ho
-50 vs 100	1,82	1,401	Acepta Ho
-50 vs +25	1,82	0,969	Acepta Ho
-50 vs +50	1,82	1,751	Acepta Ho
-25 vs control	2,574	3,228	Acepta Ho
-25 vs +25	1,82	2,951	Acepta Ho
-25 vs +50	1,82	3,062	Acepta Ho
-25 vs 100	1,82	1,414	Acepta Ho
100 vs control	2,574	4,285	Acepta Ho
100 vs +25	1,82	1,567	Acepta Ho
100 vs +50	1,82	0,349	Acepta Ho
+25 vs control	2,574	5,393	Acepta Ho
+25 vs+50	1,82	1,218	Acepta Ho
+50 vs control	2,574	4,531	Acepta Ho

Anexo 25. Prueba de Scheffe (contrastes), entre las diferentes frecuencias de aplicación de compost (Trans= transplante, SC= transplante y en la semana de corte, 15 ddc=en el transplante y 15 días después de cada corte) para los datos de peso fresco y seco del romero.

Peso seco romero Total				Peso fresco romero Total			
Contraste	SE	S	Conclusión	Contraste	SE	S	Conclusión
Trans -control	2,44	4,426	Acepta Ho	Trans -control	7,831	4,886	Acepta Ho
Trans-SC	1,409	0,146	Acepta Ho	Trans-SC	4,521	0,413	Acepta Ho
Trans+15 ddc	1,409	0,22	Acepta Ho	Trans+15 ddc	4,521	0,925	Acepta Ho
SC vs Control	2,44	4,511	Acepta Ho	SC vs Control	7,831	4,647	Acepta Ho
SC vs 15 ddc	1,409	0,366	Acepta Ho	SC vs 15 ddc	4,521	0,512	Acepta Ho
15 ddc vs Control	2,44	4,299	Acepta Ho	15 ddc vs Control	7,831	4,351	Acepta Ho

Anexo 26. Prueba de Scheffe (contrastes), entre las diferentes dosificaciones de compost para los datos de peso fresco (izquierda) y peso seco (derecha) de orégano.

Peso fresco Orégano Total				Peso seco Orégano Total			
Contraste	SE	S	Conclusión	Contraste	SE	S	Conclusión
-50 control	13,416	0,957	Acepta Ho	-50 control	4,168	0,817	Acepta Ho
-50 vs -25	9,486	0,645	Acepta Ho	-50 vs -25	2,947	0,580	Acepta Ho
-50 vs 100	9,486	4,034	Acepta Ho	-50 vs 100	2,947	3,735	Acepta Ho
-50 vs +25	9,486	3,230	Acepta Ho	-50 vs +25	2,947	2,964	Acepta Ho
-50 vs +50	9,486	5,021	Acepta Ho	-50 vs +50	2,947	4,427	Acepta Ho
-25 vs control	13,416	1,414	Acepta Ho	-25 vs control	4,168	1,227	Acepta Ho
-25 vs +25	9,486	2,584	Acepta Ho	-25 vs +25	2,947	2,384	Acepta Ho
-25 vs +50	9,486	4,376	Acepta Ho	-25 vs +50	2,947	3,847	Acepta Ho
-25 vs 100	9,486	3,389	Acepta Ho	-25 vs 100	2,947	0,771	Acepta Ho
100 vs control	13,416	3,810	Acepta Ho	100 vs control	4,168	3,458	Acepta Ho
100 vs +25	9,486	0,805	Acepta Ho	100 vs +25	2,947	0,771	Acepta Ho
100 vs +50	9,486	0,987	Acepta Ho	100 vs +50	2,947	0,692	Acepta Ho
+25 vs control	13,416	3,241	Acepta Ho	+25 vs control	4,168	2,913	Acepta Ho
+25 vs+50	9,486	1,792	Acepta Ho	+25 vs+50	2,947	1,463	Acepta Ho
+50 vs control	13,416	4,508	Acepta Ho	+50 vs control	4,168	3,947	Acepta Ho
+50 vs 100	9,486	0,987	Acepta Ho	+50 vs 100	2,947	0,692	Acepta Ho

Anexo 27. Prueba de Scheffe (contrastes), entre las diferentes frecuencias de aplicación de compost (Trans= transplante, SC= transplante y en la semana de corte, 15 ddc=en el transplante y 15 días después de cada corte) para los datos de peso fresco (izquierda) y seco (derecha) de orégano.

Peso fresco Orégano Total				Peso seco Orégano Total			
Contraste	SE	S	Conclusión	Contraste	SE	S	Conclusión
Trans -control	12,718	2,574	Acepta Ho	Trans -control	3,951	2,457	Acepta Ho
Trans-SC	7,342	1,716	Acepta Ho	Trans-SC	2,281	1,283	Acepta Ho
Trans+15 ddc	7,342	0,181	Acepta Ho	Trans+15 ddc	2,281	0,499	Acepta Ho
SC vs Control	12,718	3,564	Acepta Ho	SC vs Control	3,951	3,198	Acepta Ho
SC vs 15 ddc	7,342	1,535	Acepta Ho	SC vs 15 ddc	2,281	1,782	Acepta Ho
15 ddc vs Control	12,718	2,678	Acepta Ho	15 ddc vs Control	3,951	2,169	Acepta Ho

Anexo 28. Diferencias en la producción de peso fresco de tallos de romero para cada tratamiento de aplicación de compost soil Aid con respecto al tratamiento control. (+): % de aumento. (-): % de disminución.

Diferencias porcentuales			
Tratamientos	producción nacional	producción exportación	producción total
T8	46	218	82
T9	49	129	68
T10	-14	256	44
T5	40	348	82
T6	21	273	75
T7	22	252	71
T2	-9	584	118
T3	35	301	91
T4	50	386	122
T11	33	397	114
T12	50	491	149
T13	45	439	129
T14	31	430	131
T15	-19	625	118
T16	-1	491	104

Anexo 29. Diferencias en la producción de peso seco de tallos de romero para cada tratamiento de aplicación de compost soil Aid con respecto al tratamiento control. (+): % de aumento. (-): % de disminución.

Diferencias porcentuales			
Tratamientos	producción nacional	producción exportación	producción total
T8	43	205	77
T9	57	187	84
T10	-20	361	60
T5	22	333	87
T6	11	257	63
T7	21	240	66
T2	-18	513	93
T3	31	271	81
T4	42	384	113
T11	20	398	99
T12	39	484	132
T13	45	450	130
T14	25	444	112
T15	-24	593	105
T16	-12	455	85

Anexo 30. Diferencias en la producción de peso fresco de tallos de orégano para cada tratamiento de aplicación de compost soil Aid con respecto al tratamiento control. (+): % de aumento. (-): % de disminución.

Tratamientos	Diferencias porcentuales		
	producción nacional	producción exportación	producción total
T8	12	48	26
T9	-12	52	13
T10	23	2	15
T5	38	42	40
T6	7	86	37
T7	-25	49	3
T2	28	52	37
T3	47	164	92
T4	44	152	85
T11	49	62	54
T12	-2	129	48
T13	52	124	80
T14	44	117	72
T15	29	284	127
T16	26	100	55

Anexo 31. Diferencias en la producción de peso seco de tallos de orégano para cada tratamiento de aplicación de compost soil Aid con respecto al tratamiento control. (+): % de aumento. (-): % de disminución.

Tratamientos	Diferencias porcentuales		
	Producción nacional	Producción exportación	Producción total
T8	10	60	30
T9	-15	57	13
T10	15	-3	8
T5	39	61	48
T6	3	81	33
T7	-34	39	-6
T2	26	50	35
T3	53	154	92
T4	48	143	85
T11	40	76	54
T12	-4	130	48
T13	44	130	78
T14	41	121	72
T15	46	247	124
T16	14	97	46