“Está prohibida la reproducción total o parcial de esta obra y su tratamiento o transmisión por cualquier medio o método sin autorización de los autores”

EVALUACIÓN DEL USO DE ABONOS ORGÁNICOS COMERCIALES Y PREPARADOS LOCALMENTE EN TOMILLO (*Thymus vulgaris*) Y ORÉGANO (*Origanum vulgare*) EN CAJICÁ (CUNDINAMARCA, COLOMBIA)

PAOLA ANDREA DELGADO PÁEZ

SANDY CAROLINA PADILLA BÁEZ

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

PROGRAMA BIOLOGÍA APLICADA

BOGOTÁ D.C

2010

EVALUACIÓN DEL USO DE ABONOS ORGÁNICOS COMERCIALES Y PREPARADOS LOCALMENTE EN TOMILLO (*Thymus vulgaris*) Y ORÉGANO (*Origanum vulgare*) EN CAJICÁ (CUNDINAMARCA, COLOMBIA)

PAOLA ANDREA DELGADO PÁEZ

SANDY CAROLINA PADILLA BÁEZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de Biólogo

DIRECTOR

MARÍA MERCEDES PÉREZ

INGENIERA AGRÓNOMA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

DOCENTE FACULTAD DE CIENCIAS UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

PROGRAMA BIOLOGÍA APLICADA

BOGOTÁ D.C

2010

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____
Presidente

_____
Clemencia Gómez
Jurado

_____
Hugo Escobar
Jurado

Mayo 28 de 2010

A Dios por permitirnos culminar nuestras carreras, cumplir satisfactoriamente este logro y darnos la sabiduría y el entendimiento para poder realizar este trabajo.

A nuestros padres y familiares por su apoyo incondicional en este largo camino lleno de alegrías y tristezas ayudándonos con su paciencia y dedicación a superar todas las dificultades aún cuando sacrificamos su compañía para cumplir esta meta.

A nuestros amigos más cercanos por su apoyo y acompañamiento durante el desarrollo de este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por el financiamiento del proyecto de grado.

A la Universidad Militar Nueva Granada por contribuir a nuestra formación académica.

A María Mercedes Pérez, Ingeniera Agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia, Actualmente docente de la Universidad Militar Nueva Granada y Directora del presente proyecto de grado por su apoyo, aporte de conocimientos y dirección en el desarrollo del mismo.

A Alejandra Pedraza, Bióloga de la Universidad Militar Nueva Granada y Asistente de investigación del proyecto del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por su constante apoyo, dedicación, colaboración y aporte intelectual en la realización del proyecto de grado.

A Edgar Benítez, Ingeniero Agrónomo y Docente de la Universidad Nacional de Colombia por su colaboración en los análisis estadísticos realizados para la interpretación de los datos obtenidos.

A los Auxiliares de campo de la Universidad Militar Nueva Granada por su disponibilidad y ayuda en campo para realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. Justificación	1
2. Objetivos	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. Revisión bibliográfica	4
3.1. Importancia de las plantas aromáticas	4
3.1.1. Económica	4
3.1.2. Comercial	8
3.2. El cultivo del orégano y del tomillo	10
3.2.1. Descripción botánica	10
3.2.2. Características del cultivo	11
3.2.2.1. Requerimientos agroecológicos y nutricionales	11
3.2.3. Aspectos fitosanitarios	12
3.2.4. Cosecha y poscosecha	13
3.3. Agricultura orgánica	14
3.4. Fertilización orgánica	17
3.4.1. Compostaje	20
3.4.1.1. Abono orgánico fermentado tipo Bocashi	27
3.4.1.2. Lombricompostaje	28
3.4.2. Los caldos microbianos o biofertilizantes	31
3.4.3. Microorganismos eficientes (EM)	33
3.4.4. Usos de fertilizantes orgánicos en plantas aromáticas y medicinales	33
3.5. Importancia del nitrógeno en las plantas y su proceso de mineralización	35
4. Materiales y métodos	39

4.1. Localización 39
4.2. Unidades experimentales 41
4.3. Diseño experimental 42
4.4. Variables evaluadas y Análisis estadístico 45
4.5. Descripción de los abonos orgánicos evaluados 49
4.5.1. Abonos locales 49
4.5.2. Abonos comerciales 51
5. Resultados 53
5.1. Tomillo 53
5.1.1. Peso fresco total (PFT) 53
5.1.2. Peso fresco exportación (PFE) 53
5.1.3. Peso seco total (PST) 54
5.1.4. Longitud tallos calidad exportación (LTE) 54
5.2. Orégano 63
5.2.1. Peso fresco total (PFT) 63
5.2.2. Peso fresco exportación (PFE) 63
5.2.3. Peso seco total (PST) 64
5.2.4. Longitud tallos calidad exportación (LTE) 64
6. Discusión 73
6.1. Tomillo 73
6.2. Orégano 79
7. Conclusiones 84
8. Recomendaciones 85
9. Bibliografía 86
10. Anexos

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Área sembrada en Colombia con plantas aromáticas durante el periodo de 2004 al 2008.	5
Figura 2. Producción de plantas aromáticas en Colombia durante el periodo 2004 al 2008.	6
Figura 3. Rendimiento de plantas aromáticas en Colombia durante el periodo 2004 al 2008.	6
Figura 4. Exportaciones de Tomillo y laurel en Colombia durante el periodo de 1990 al 2009.	7
Figura 5. Exportaciones de orégano en Colombia durante el periodo de 1990 al 2009 y hasta Marzo de 2010.	7
Figura 6. Importaciones de orégano en Colombia durante el periodo de 1990 al 2009 y hasta Marzo de 2010**.**	8
Figura 7. Importaciones de Tomillo y laurel en Colombia durante el periodo de 1990 al 2010.	8
Figura 8. Agricultura orgánica a nivel mundial.	16
Figura 9. El proceso del compostaje.	21
Figura 10. Evolución de la temperatura (línea contínua) y pH (línea punteada) durante las diferentes etapas del compostaje.	23
Figura 11. Proceso del lombricompostaje.	29
Figura 12. Laboratorio de Horticultura (LH) del Campus Nueva Granada (CNG). Facultad de Ciencias UMNG.	39
Figura 13. Promedios quincenales de temperatura media, máxima y mínima en el Laboratorio de Horticultura durante el periodo de Marzo de 2009 a Enero de 2010 registrados con un Hobo U10 Temp/HR Datalogger.	40
Figura 14. Promedios quincenales de humedad relativa media, máxima y mínima en el Laboratorio de Horticultura durante el periodo de Marzo de 2009 a Enero de 2010 registrados con un Hobo U10 Temp/HR Datalogger.	40

Figura 15. Disposición al azar de las unidades experimentales bajo invernadero Tomillo y Orégano. 41

Figura 16. Detalle de las unidades experimentales de Tomillo (izq.) y Orégano (der). 42

Figura 17. Detalle de la instalación del tensiómetro a una unidad experimental de tomillo. 42

Figura 18. Unidad experimental una vez realizada la poda. 46

Figura 19. Medición de los tallos calidad exportación según longitud de tallos en Tomillo y Orégano. 47

Figura 20. Medición del peso de tallos cosechados. 47

Figura 21. Unidades experimentales de orégano afectadas. 48

Figura 22. Proceso de elaboración del caldo CIAO. Derecha a Izquierda: Inicio, mitad y finalización del proceso. 49

Figura 23. Preparación del Compost local Bocashi. 50

Figura 24. Peso fresco total (PFT) de los tallos cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para las tres cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. 55

Figura 25. Peso fresco total (PFT) de los tallos cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para cada tratamiento de abonamiento en las tres cosechas. 56

Figura 26. Peso fresco exportación (PFE) de los tallos cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para las tres cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. 57

Figura 27. Peso fresco exportación (PFE) de los tallos cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para cada tratamiento de abonamiento en las tres cosechas. 58

Figura 28. Peso seco total (PST) de los tallos cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para las tres cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. 59

Figura 29. Peso seco total (PST) de los tallos cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para cada tratamiento de abonamiento en las tres cosechas. 60

Figura 30. Longitud de tallos exportación (LTE) cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para las tres cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. 61

Figura 31. Longitud de tallos exportación (LTE) cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para cada tratamiento de abonamiento en las tres cosechas. 62

Figura 32. Peso fresco total (PFT) de los tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para las dos cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. 65

Figura 33. Peso fresco total (PFT) de los tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para cada tratamiento de abonamiento en las dos cosechas. 66

Figura 34. Peso fresco exportación (PFE) de los tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para las dos cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. 67

Figura 35. Peso fresco exportación (PFE) de los tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para cada tratamiento de abonamiento en las dos cosechas. 68

Figura 36. Peso seco total (PST) de los tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para las dos cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. 69

Figura 37. Peso seco total (PST) de los tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para cada tratamiento de abonamiento en las dos cosechas. 70

Figura 38. Longitud de tallos exportación (LTE) cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para las dos cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. 71

Figura 39. Longitud de tallos exportación (LTE) tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para cada tratamiento de abonamiento en las dos cosechas. 72

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Requerimientos nutricionales para el cultivo de Orégano y Tomillo.	12
Tabla 2. Contenido de nitrógeno de algunos residuos y recursos orgánicos.	18
Tabla 3. Contenido de fósforo y potasio de algunos residuos y recursos orgánicos.	19
Tabla 4. Condiciones preferidas para el compostaje.	24
Tabla 5. Tratamientos de fertilización y abonamiento evaluados sobre Tomillo (*Thymus vulgaris*) en g/planta.	44
Tabla 6. Tratamientos de fertilización y abonamiento evaluados sobre Orégano (*Origanum vulgare*) en g/planta.	45

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Fichas técnicas de los abonos comerciales y resultados de los análisis químicos de laboratorio de los abonos locales.

Anexo 2. Cálculos para la dosificación de los abonos comerciales y locales usados en el ensayo.

Anexo 3. Caldo microbiano CIAO.

Anexo 4. Abono tipo Bocashi.

Anexo 5. Preparación Solución nutritiva.

Anexo 6. Pruebas estadísticas.

Anexo 7. Análisis microbiológico.

Anexo 8. Análisis de suelo.

Anexo 9. Análisis de inhibición de la germinación.

Anexo 10. Aporte de nutrientes de los tratamientos para las tres dosificaciones de tomillo y orégano.

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo debido a la gran importancia económica y comercial del orégano y tomillo a nivel mundial, en Colombia y Cundinamarca, al auge de la producción orgánica y a la gran demanda de estos productos en el mercado internacional, y se enmarcó dentro del esquema del proyecto cofinanciado por el MADR "Desarrollo de un esquema de fertilización orgánica para la producción de tomillo, orégano y romero en suelos de los municipios de Zipaquirá, Cogua y Nemocón (Cundinamarca)" . Su objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de algunos abonos orgánicos de diferente composición y origen, en la producción de plantas de tomillo (*Thymus vulgaris*) y orégano (*Origanum vulgare*) en materas bajo invernadero. Se plantearon 15 tratamientos con abonos orgánicos solos y en combinación con dos tipos de inoculadores de microorganismos. Se aplicaron tres dosis para las cuales se obtuvieron tres cosechas para tomillo y dos para orégano. Las variables evaluadas fueron peso fresco total (PFT), peso seco total (PST), peso fresco exportación (PFE) y longitud de tallos calidad exportación (LTE). En tomillo los tratamientos orgánicos que tuvieron un efecto positivo y se destacaron sobre los demás produciendo más biomasa fresca y seca total y con calidad de exportación fueron los tratamientos con Gallinaza y Lombricompost comercial independiente de que se complemente o no con los caldos microbianos. Por su parte en el orégano los abonos orgánicos que se destacaron por obtener producciones de biomasa fresca y seca total y con calidad exportación mayores al Control absoluto fueron la Gallinaza, los tratamientos con compost comercial Soil-aid y los tratamientos locales solos y en combinación exceptuando el Bocashi, sin embargo para este caso particular, se debe anotar que las mayores producciones de los abonos locales se debieron a su alta dosificación inicial. En el tomillo todos los abonos y controles generaron la misma producción de tallos de longitud calidad exportación lo que indica que no hay ningún abono orgánico que se destaque frente a los demás. Mientras que para el orégano la aplicación de cualquier abono, sin importar su fuente, incrementa la producción de tallos con esta calidad siendo mayor a lo obtenido sin ningún tipo de abonamiento. Este comportamiento de los tratamientos fue igual en todas las cosechas.

Palabras clave: Orégano (*Origanum vulgare*), Tomillo (*Thymus vulgaris*), Abonamiento orgánico, Peso fresco total (PFT), Peso seco total (PST), Peso fresco exportación (PFE), Longitud de tallos calidad exportación (LTE).

ABSTRACT

Due to the major economic and commercial importance of oregano and thyme worldwide, in Colombia and Cundinamarca, the boom of organic production and the high demand for their products on the market, inside the scheme of the MADR project "Developing of a scheme of organic fertilization for production of thyme, oregano and rosemary in soils of the municipalities of Zipaquirá, Cogua and Nemocón (Cundinamarca)" was carried out the present study whose objective was to evaluate the effect of the application of some organic fertilizer of different composition and origin, in the production of thyme plants (*Thymus vulgaris*) and oregano (*Origanum vulgare*). Fifteen treatments were planned with organic fertilisers alone and in combination with two types of microorganisms inoculants. Three doses were applied in which three harvest for thyme and two for oregano were obtained. Evaluated variables were Total Fresh Weight (PFT)*, Total Dry Weight (PST)*, export fresh weight (PFE)* and length of stems of export quality (LTE)*. Organic treatments that had a positive effect on Thyme and stood out over the other producing more fresh, dry and export biomass were treatments with Poultry manure and Commercial vermicompost independently of supplementing it or not with the microbial broths. In oregano organic fertilizers that highlighted for fresh biomass and dry total and export production over absolute control were the Poultry manure, Soil-aid treatments and local treatments alone and in combination with the exception of the Bocashi (Having that these larger local fertilizer productions were due to its high initial dosage). In thyme all fertilisers and controls generated the same export quality length stems production which indicates that there is any organic fertilizer highlighting to others. While for oregano any fertilizer application, regardless of its source, increases production stems with this quality being greater than obtained without any kind of composting. This behavior of treatments was the same in all harvest.

***by its acronym in Spanish**.

Key words: Oregano (*Origanum vulgare*), Thyme (*Thymus vulgaris*), Organic fertilization, Total fresh weight (PFT), Total dry weight (PST), Export fresh weight (PFE), Export quality stems length (LTE).

1. JUSTIFICACION

Las plantas aromáticas son de gran importancia económica y comercial para el mundo. Particularmente para el tomillo (*Thymus vulgaris*) y el orégano (*Origanum vulgare*) la importancia comercial se debe principalmente a su demanda para uso culinario tanto en fresco como en seco o a la utilización de sus aceites esenciales en la industria (Acevedo *et al*., 2004). La importancia económica de las plantas aromáticas se debe a la generación de capital por su producción y mercado a nivel mundial y nacional (CCI *et al.*, 2007).

La producción total mundial de plantas aromáticas para el año 2006 generó 7.6 millones de toneladas siendo India su principal productor (Conpes, 2008). En Colombia, la producción de plantas aromáticas para el año 2006 generó 2253 toneladas de las cuales 553 t correspondieron al tomillo y 132 t al orégano (CCI *et al.*, 2007). Ambas especies juegan un papel importante dentro de las exportaciones del país, pues para el año 2006 el total de las exportaciones de plantas aromáticas generó US$ 5587 millones de los cuales US$ 1879 fueron de tomillo y laurel y US$ 578 millones correspondieron a la exportación de orégano (CCI *et al.*, 2007; Conpes, 2008). Sin embargo, según Agronet (2010) los últimos registros de exportaciones de tomillo y laurel son del 2006, mientras que para orégano aún se reportan exportaciones hasta el 2009 e incluso hay cifras para lo transcurrido del presente año. En nuestro país, la producción de aromáticas y especias culinarias se encuentra ubicada en las zonas frías y ligeramente templadas, sobresaliendo los departamentos de Antioquia, Cundinamarca y Valle del Cauca (Gobernación de Cundinamarca, 2006; MADR, 2009).

Durante el período del 2004 al 2008 Cundinamarca fue el departamento que presentó mayor área sembrada y producción de plantas aromáticas, alcanzando para este último año un área sembrada de 267 ha y una producción de 1156 t. Dentro de los municipios de este departamento que se destacan por su porcentaje de participación en la producción de aromáticas están Chipaque (93.1%), Cajicá (2.4%), Tocancipá (1.6%), Granada (1.2%) y Zipaquirá (0.9%) (MADR, 2009). El tomillo y el orégano hacen parte del Plan Hortícola Nacional (PHN) y de las plantas condimentarias

de la cadena productiva de plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines en Cundinamarca (Gobernación de Cundinamarca, 2006; CCI *et al.*, 2007)

La razón de trabajar con plantas aromáticas en un sistema de producción orgánica se debe a la importancia económica de este tipo de productos, los cuales son cada vez de mayor demanda en el mundo (Yussefi y Willer, 2007). Esta agricultura es un tipo de sistema de producción que se ha vuelto de gran interés desde los 80's (Kristiansen y Merfield, 2006). Según la FAO (1999) citado en Kristiansen y Merfield *(*2006), la agricultura orgánica es "un sistema global de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agroecosistema y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Hace énfasis en el empleo de prácticas de gestión sobre todo con respecto al empleo de insumos externos, teniendo en cuenta que las condiciones regionales requieren sistemas adaptados localmente. Esto es alcanzado, hasta donde sea posible, empleando métodos culturales, biológicos y mecánicos, en vez de hacer uso de materiales sintéticos, para cumplir cada función específica dentro del sistema". Los productos bajo este sistema de producción son de gran demanda en el mercado europeo con ventas que superan los US$ 12 mil millones. La venta de estos productos orgánicos en general crece a un ritmo de 20 a 50% anual según el producto sobre todo en este mercado (CCI *et al.*, 2007).

Dentro del esquema de producción orgánica, las posibilidades de fertilización o abonamiento se centran en el empleo de abonos verdes, materiales compostados, insumos biológicos y productos de origen mineral (Restrepo, 2000; Ramírez, 2004; Picado y Añasco, 2005; García, 2006). Por esta razón, se decidió para este estudio escoger como fuentes de abonamiento el compost que corresponde al producto de la descomposición de materiales orgánicos por medio de la acción de los microorganismos en el proceso de compostaje; el lombricompost que son las excretas y exudados obtenidos cuando la lombriz de tierra ingiere residuos orgánicos sólidos y los caldos que son soluciones de agua con bovinaza fresca, elementos nutritivos mayores y/o menores y microorganismos dejados en proceso aeróbico lo que los hace importantes inoculadores de microorganismos (Dalzell *et al.*, 1991; Gómez, 2000; Arias *et al*., 2009). Cualquiera de las anteriores posibilidades no solo aportan materia orgánica y nutrientes al suelo sino también se aprovechan materiales que normalmente son destinados como desecho. Por lo tanto, la fertilización orgánica le trae beneficios al suelo, a las plantas cultivadas que toman los nutrientes de éste, al ambiente en general reduciendo los residuos que llegan a los vertederos de basura y a

los productores quienes pueden tener fácil acceso a este tipo de fertilizantes ya sea por su adquisición comercial en los mercados agropecuarios o por su producción local (Dalzell *et al.*, 1991).

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural está financiando el proyecto "Desarrollo de un esquema de fertilización orgánica para la producción de tomillo, orégano y romero en suelos de los municipios de Zipaquirá, Cogua y Nemocón (Cundinamarca)" ejecutado por la Universidad Militar Nueva Granada (Campus Nueva Granada, Cajicá) cuyo objetivo es proponer un esquema viable para la fertilización orgánica de estas tres especies de plantas aromáticas, desde el punto de vista de la productividad y rentabilidad para los pequeños productores.

Por todo lo nombrado y dentro del marco del anterior proyecto, es importante determinar el efecto que diferentes abonos orgánicos, de preparación local y comercial, tienen sobre la producción y calidad del orégano y tomillo. Del presente trabajo se obtendrán los mejores tratamientos para ser implementados en microparcelas en campo de estas dos especies y de esta forma obtener un soporte científico que permita hacer recomendaciones de su uso a los agricultores que las cultiven bajo el esquema de la producción orgánica y bajo sus condiciones particulares.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la aplicación de algunos abonos orgánicos de diferente composición y origen, en la producción de plantas de tomillo (*Thymus vulgaris*) y orégano (*Origanum vulgare*), en condiciones de matera bajo invernadero en la Sabana de Bogotá.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de diferentes tipos de abonos, tanto comerciales como de preparación local, sobre la productividad del tomillo y del orégano para comercialización en fresco y en seco.
- Valorar la influencia de la aplicación de abonos orgánicos comerciales y locales sobre la calidad de los tallos cosechados en tomillo y orégano, para comercialización en fresco con fines de exportación.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Importancia de las plantas aromáticas

3.1.1. Económica

La importancia de las plantas aromáticas a nivel mundial radica en su alto impacto económico en el mundo. En el año 2006, la producción mundial total de éstas fue de 7.6 millones de toneladas (Conpes, 2008), siendo el productor más importante India quien concentra el 83% de la producción mundial, seguido de China, Turquía, Bangladesh y Pakistán. Las importaciones mundiales para el año 2004 alcanzaron 1547 t que equivalen a US$ 2.97 billones siendo Estados Unidos el principal país importador con US$ 624 millones. Las exportaciones mundiales, para el año 2004 sumaron US$ 2973 millones siendo China el principal país exportador con US$ 392 millones (CCI *et al*., 2007).

En Colombia, las hierbas aromáticas constituyen un renglón con creciente importancia económica. Desde el año 2006 el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural reconoció el sector como cadena productiva de plantas aromáticas, medicinales, condimentarías y afines dentro de la cual el tomillo y el orégano de uso culinario del sector alimenticio hacen parte de la partida arancelaria 0910.99 y 1211.90.30 respectivamente (MADR *et al.,*2008; UNAL y CID, 2008). Para el año 2008 el área sembrada en Colombia con plantas aromáticas fue de 437 ha con una producción de 2860 t y un rendimiento de 56.06 $t \cdot ha^{-1}$ (MADR, 2009). Según las estadísticas anuales durante el periodo del 2004 al 2008 para Colombia, los años 2005 y 2006 presentaron las mayores áreas sembradas de aromáticas (Figura 1) (MADR, 2009). Así mismo, el año 2004 presentó la mayor producción del periodo con 4265 t y los años 2004 y 2008 fueron los que presentaron los mayores rendimientos como se ve en la Figura 2 y 3 respectivamente (MADR, 2009). Cundinamarca fue el departamento que durante este periodo presentó la mayor área sembrada y producción de plantas aromáticas. En el 2008 presentó un área de 267 ha equivalente al 61% del área total sembrada en Colombia para ese año y una producción de 1156 t representando el 40% de la producción total para el 2008 (MADR, 2009). Los datos más recientes por cultivo son del año 2006. Para este año, en tomillo hubo un área sembarada de 184 ha con una producción de 553 t. Para el orégano el área sembrada fue de 94 ha con una producción de 132 t (ENA, 2006 citado en CCI et al., 2007).

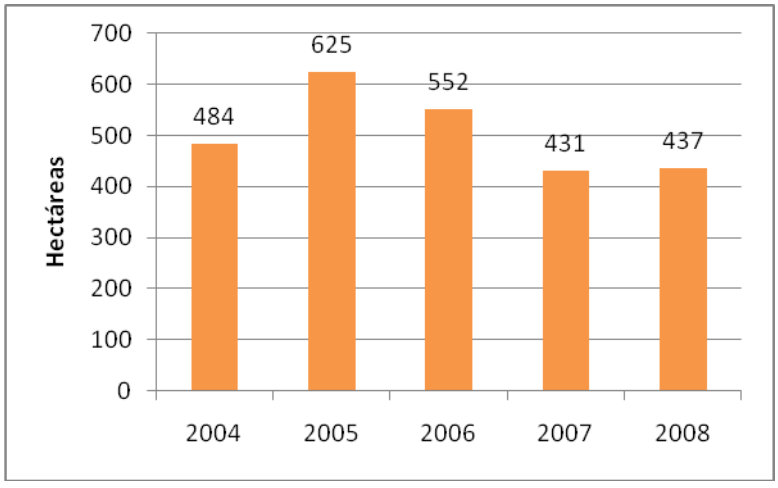


Figura 1. Área sembrada en Colombia con plantas aromáticas durante el periodo de 2004 al 2008. Modificado de: MADR., 2009.

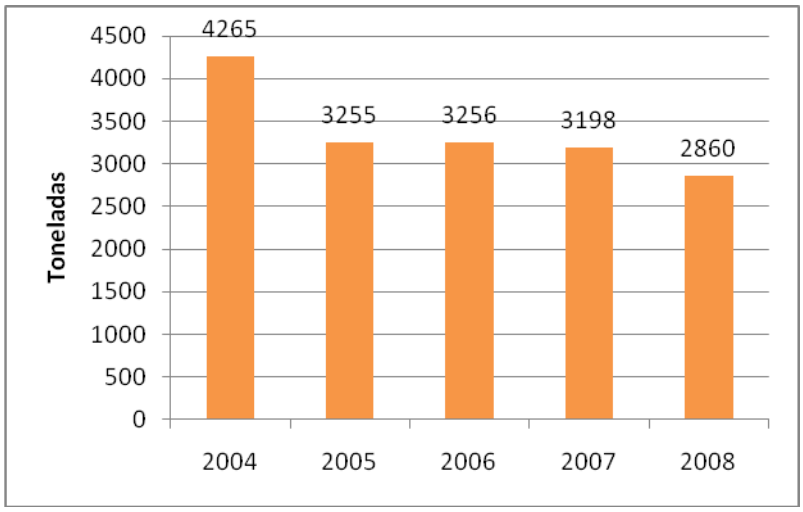


Figura 2. Producción de plantas aromáticas en Colombia durante el periodo 2004 al 2008.
Modificado de: MADR, 2009.

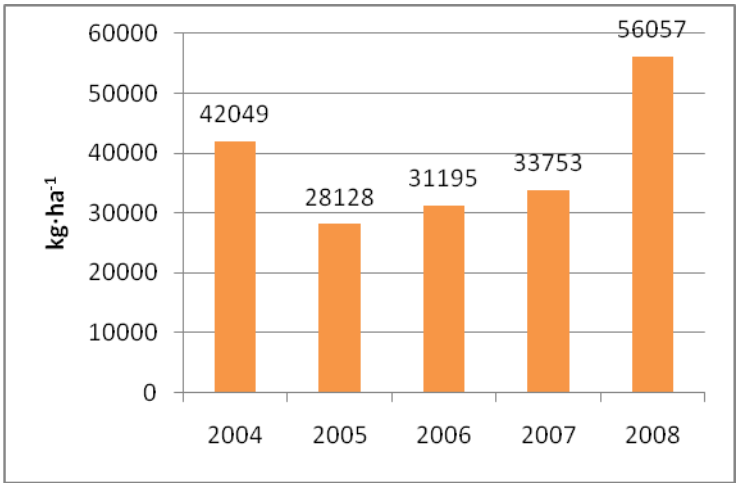


Figura 3. Rendimiento de plantas aromáticas en Colombia durante el periodo 2004 al 2008.
Modificado de: MADR, 2009.

Desde hace 10 años, Colombia ha incursionado en el mercado internacional de plantas aromáticas de uso culinario (UNAL y CID, 2008). Para el tomillo, las últimas exportaciones se registraron en el año 2006, por un valor de US$ 1879 millones en conjunto con el laurel y un volumen de 510.6 t, siendo Estados Unidos el principal país de destino con 424 t (US$ 1500 millones). Para el orégano, datos más recientes muestran que en el año 2009 las exportaciones de este producto desde Colombia alcanzaron los US$ 613.9 millones con un volumen de 252.3 t, igualmente siendo Estados Unidos el principal país de destino con 118.4 t (US$ 482.2 millones) (Agronet, 2010).

Durante el periodo de 1990 al 2009, se observa que las exportaciones de tomillo y laurel aumentaron de manera importante alcanzando para el año 2006 los mayores valores y volúmenes, sin embargo, en el periodo 2007 a 2009 no se registra ningún tipo de actividad para estas especies (Figura 4). Para el caso del orégano, tanto la producción como el valor de las exportaciones ha incrementado significativamente año tras año, registrándose las mayores cifras en el 2009 (Figura 5) (Agronet, 2010).

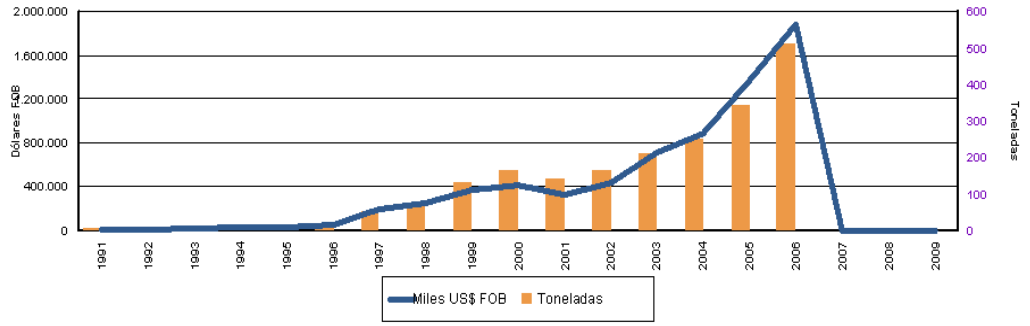


Figura 4. Exportaciones de Tomillo y laurel en Colombia durante el periodo de 1990 al 2009.
Tomado de: Agronet, 2010.

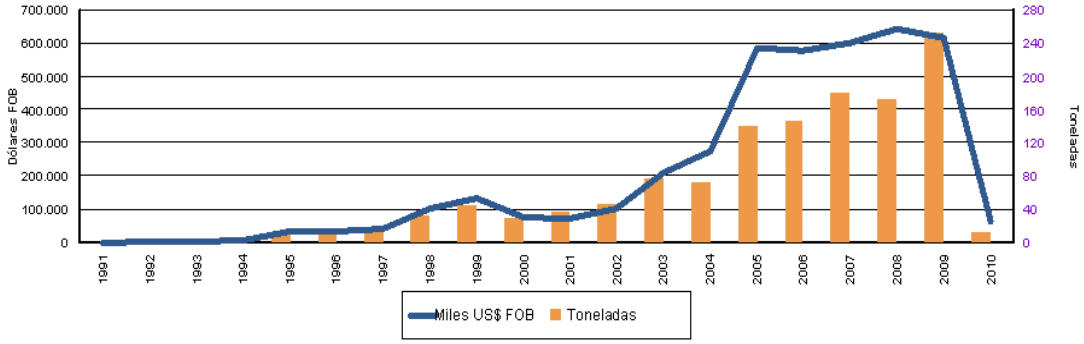


Figura 5. Exportaciones de orégano en Colombia durante el periodo de 1990 al 2009 y hasta Marzo de 2010. **Tomado de: Agronet, 2010.**

Según las estadísticas de las importaciones de hierbas aromáticas que realiza Colombia, los movimientos han sido fluctuantes durante los últimos 21 años. Los últimos registros para el orégano datan del 2009, siendo de US$ 78.4 millones correspondientes a 27 t, de las cuales Perú fue el principal país proveedor (Figura 6) (Agronet, 2010). Respecto a las importaciones de tomillo junto con laurel, los últimos registros corresponden al año 2006, por valor de US$ 48.9 millones

correspondientes a 16.7 t de las cuales Estados Unidos fue el principal país provisor (Figura 7) (Agronet, 2010).

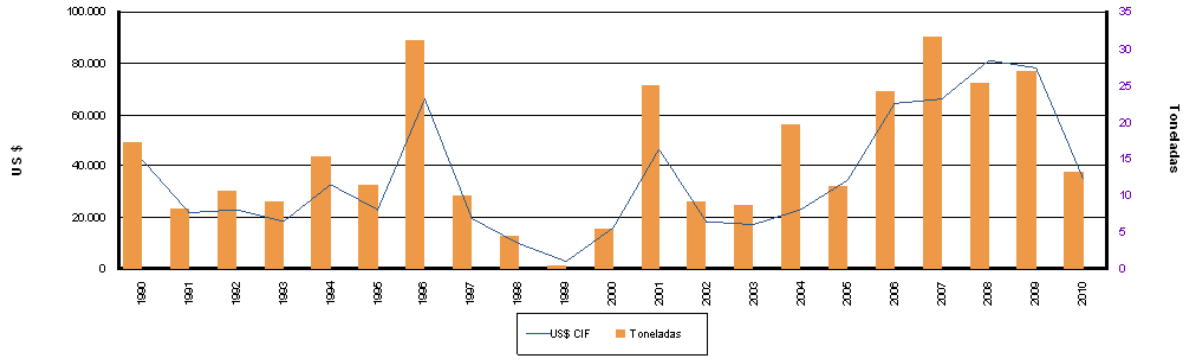


Figura 6. Importaciones de orégano en Colombia durante el periodo de 1990 al 2009 y hasta Marzo de 2010. Tomado de: Agronet, 2010.

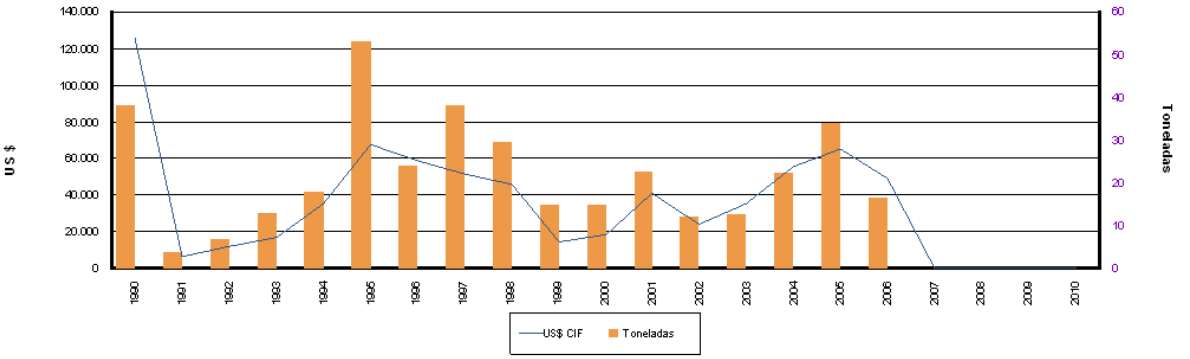


Figura 7. Importaciones de Tomillo y laurel en Colombia durante el periodo de 1990 al 2010. Tomado de: Agronet, 2010.

3.1.2. Comercial

La importancia comercial del orégano y del tomillo está dada por sus usos. Estas especies son ampliamente utilizadas en la culinaria. El tomillo se usa seco o fresco y es uno de los tres elementos aromáticos del "bouquet garni" clásico, por lo que está presente en la mayoría de los platos condimentados. Así mismo forma parte de las "hierbas de Provenza", se utiliza en cocción rápida en las parrilladas de carnes y pescados y se añade a ensaladas, sopas y algunos quesos. Favorece la conservación de los alimentos que se aliñan con él, gracias a las propiedades antimicrobianas y antioxidantes. En licorería se utiliza para la elaboración del licor *Chartreuse* y un

aguardiente italiano llamado grapa (Stahl y Venskutonis, 2004; López, 2006; Arvy y Gallouin, 2007) Por su parte el orégano es también usado freso o seco, triturado o entero en carnes, sopas, legumbres, como adición en pizzas, pescados, ensaladas, vinagretas, quesos y licores. Esta especie tiene gran demanda por darle un sabor picante a la pizza, razón por la que también es llamada "hierba de la pizza" (PPGA News, 1996; Beytes, 1999; Kintzios, 2004; Arvy y Gallouin, 2007).

El aceite esencial de las plantas aromáticas es una mezcla de componentes volátiles producto del metabolismo secundario de las plantas compuesto generalmente de terpenos, que están asociados o no a otros compuestos y que generan en conjunto el olor característico de la planta (Bandoni *et al.*, 2000 citado en Biocomercio Sostenible, 2003). Los aceites esenciales de las plantas aromáticas tienen gran importancia por su uso en la industria de fármacos y cosméticos (Biocomercio sostenible, 2003). El aceite esencial de las hojas, tallos y flores del tomillo está constituido principalmente por fenoles monoterpénicos, como timol, carvacrol, p-cimeno, gammaterpineno, limoneno, borneol y linalol (López, 2006). Estos componentes le proporcionan al tomillo acciones farmacológicas como antiespasmódica, expectorante, antiséptica, diurética e incluso su uso externo es cicatrizante y antibacterial (Stahl y Venskutonis, 2004; López, 2006; Arvy y Gallouin, 2007). Entre los componentes del aceite esencial del orégano se encuentran los compuestos fenólicos como el carvacrol, timol, cimeno, limoneno, linalol, terpineol y geraniol, entre otros los cuales le conceden al orégano propiedades antiparasíticas, antioxidantes, antimicrobianas, antifúngicas, antiflatulentas y acción estrogénica (Arcila *et al.,* 2004; Kintzios, 2004; MPS, 2008).

Existen también aplicaciones en la agricultura como la reportada por Clemente *et al.* (2003) citado en Vásquez *et al.* (2007) del efecto insecticida de los aceites esenciales del tomillo y el orégano sobre pupas y adultos de *Tribolium castaneum* que ataca a cultivos de arroz. Se ha evaluado también la actividad antifúngica de los aceites esenciales de tomillo y limoncillo sobre *Colletotrichum acutatum* que ocasiona la antracnosis del tomate de árbol al inhibir el crecimiento micelial, la esporulación y la germinación de esporas (Alzate *et al.,* 2009). Así mismo, estudios reportan la actividad antifúngica de los aceites esenciales de tomillo, clavo y canela contra *Fusarium moniliforme* en semillas de sorgo y maíz y junto con el orégano, canela y clavo contra *Aspergillus flavus* (Bravo *et al.,* 1998 y Montes y Carvajal, 1999 citados en Montes *et al.,* 2000). La acción antibacterial de los compuestos de timol y carvacrol del aceite esencial del tomillo ha sido

bien estudiada igualmente, y según los reportes de Imelouane *et al.* (2009) las bacterias más sensibles a estos compuestos son las Gram-negativas como *Escherichia coli* y *Pantoa sp.*

3.2. El cultivo del orégano y del tomillo

3.2.1. Descripción botánica

Tanto el orégano (*O. vulgare*) como el tomillo (*T. vulgaris*) pertenecen a la familia Lamiaceae (Bernath, 1996 citado en Kintzios, 2004). El origen del orégano es de Europa y del centro y norte de Asia (Pierce, 1999 citado en Arcila *et al*, 2004), mientras que el tomillo es originario de los países de la cuenca mediterránea occidental (López, 2006).

El orégano se caracteriza por ser una planta perenne, con rizoma rastrero, de tallos erguidos, leñosos, opuestos y vellosos, generalmente ramificado en la parte superior, de color rojizo. Sus hojas son pecioladas de 1 a 4 cm, ovales, enteras, puntiagudas, lampiñas por el haz y vellosas por el envés. Las flores violáceas, están dispuestas en corimbos; sus brácteas son más largas que el cáliz, pero no duplican su longitud, siendo de 4 a 5 milímetros; presentan cáliz tubuloso, con los 5 sépalos casi iguales; su corola con tubo erguido, saliente, es de 4 a 7 mm de color generalmente rojizo, a veces blancas y bilabiada; de los cuatro estambres, son mayores los anteriores. El fruto es un tetraquenio, con cada parte ovoidea y lisa (Muñoz, 2002; Kintzios, 2004). El follaje está dotado con pequeñas glándulas que contienen los aceites volátiles o esenciales que le dan a la planta su sabor y aroma (Simon *et al*, 1984 citado en Kintzios, 2004).

El tomillo es una planta aromática vivaz, leñosa, polimorfa, de 10 a 45 cm de altura, con numerosas ramas, leñosas, erectas, compactas, parduzcas o blanco aterciopeladas. Las hojas, de 3-8 mm, son lineares, oblongas, sentadas o brevemente pediceladas, opuestas, tomentosas, sin cilios, con el pecíolo o sus márgenes revueltos hacia abajo y blanquecinas por su envés. Las flores son axilares, bilabiadas y están agrupadas en la extremidad de las ramas, formando una especie de capítulo terminal, a veces con inflorescencia interrumpida. Las brácteas son verde-grisáceas, el cáliz, algo giboso, con pelos duros, con tres sépalos en el labio superior, cortos, casi iguales y dos en el inferior, muy agudos, más largos, con pelos en sus bordes y de color rojizo. La corola, un poco más larga que el cáliz, con el labio superior erguido y el inferior trilobulado y de color

blanquecino o rosado. Los cuatro estambres sobresalen de la corola y el fruto es un tetraquenio, lampiño, de color marrón (Muñoz, 2002; Stahl y Venskutonis, 2004; López, 2006).

3.2.2. Características del cultivo

3.2.2.1. Requerimientos agroecológicos y nutricionales

El orégano es una planta herbácea que crece a una altitud de 0 a 3000 msnm en clima templado y de montaña. Para un crecimiento activo, la temperatura mínima en la noche debe ser de 7 °C y al medio día de 15 °C y a temperaturas mayores de 30 °C se puede retrasar su crecimiento. Un rango ideal es de 17.7 a 22.7 °C en el día y 15 a 17 °C en la noche. En cuanto a la humedad relativa ésta no debe exceder el 75% (Beytes, 1999). Crece bien en todo tipo de suelos ricos en materia orgánica, sueltos, areno arcillosos, arcillo arenosos, francos, calcáreos e incluso en lugares áridos (Muñoz, 2002). El orégano es usualmente propagado por semilla o por esquejes. Los esquejes bien enraizados o las plántulas se trasplantan en macetas o en el suelo a 30 centímetros de distancia (Bernath, 1996 citado en Kintzios, 2004). Los riegos son convenientes en el momento del trasplante y en tiempo de sequia (Muñoz, 2002). El número de plantas por hectárea es de 84000, sembradas a 20 por 20 centímetros entre plantas, para una densidad de 25 plantas por metro cuadrado (UNAL y CID, 2008).

Por su parte, el tomillo crece a una altitud de 0 a 2800 msnm en climas templados, templado-cálido y de montaña. Se ha reportado que resisten bien las heladas, las sequías y puede ser sembrado tanto en campo abierto como en condiciones protegidas bajo invernadero (Bareño, 2006; López, 2006). Crece en zonas que tengan temperaturas anuales de 7 a 20 °C y la acumulación de aceites esenciales depende directamente de la luz (Stahl y Venskutonis, 2004). La temperatura en el día debe estar entre 15 a 30 °C, y en la noche mayor a 1 °C (Assured Produce, 2009). Aunque prefiere los suelos ricos de aluvión y calcáreos, se adapta a los arcillosos y silíceos (Muñoz, 2002). Su propagación puede realizarse por semillas o vegetativamente, por división de pies o por esquejes (Muñoz, 2002). La siembra se hace en filas, las cuales se espacian entre 60 y 80 centímetros y los pies de cada fila entre 25 y 30 cm. El número de plantas por hectárea es de 150000 (UNAL y CID, 2008).

Para un rápido establecimiento del cultivo de hierbas aromáticas, es indispensable el suministro de una nutrición balanceada que permita el crecimiento y desarrollo adecuado de la raíz, así como la acumulación de materia seca. Los requerimientos nutricionales para las hierbas aromáticas culinarias varían entre otros factores, en función del tipo y características del sustrato de siembra, de la duración y etapas de desarrollo del cultivo, así como de la calidad deseada (Ramírez, 2006). Los requerimientos nutricionales para ambas especies se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales para el cultivo de Orégano y Tomillo.
Tomado de: Assured Produce, 2009.

Cultivo	N ($kg \cdot ha^{-1}$)	P_2O_5 ($kg \cdot ha^{-1}$)	K_2O ($kg \cdot ha^{-1}$)	N después del corte ($kg \cdot ha^{-1}$)
Orégano	180	125	125	180
Tomillo	125	125	125	60

Morales y Suárez (2009) y Vargas (2009) reportan que el elemento más crítico para estas dos especies es el nitrógeno pues en ausencia de éste se disminuye la productividad, crecimiento y la longitud de tallos. Para el orégano de igual forma es indispensable el fosforo y es conveniente suplir elementos como el calcio y zinc. Así mismo para el tomillo es favorable suplir el calcio, zinc y el manganeso.

3.2.3. Aspectos fitosanitarios

Las altas poblaciones por unidad de área, ciclos de producción cortos y una altura de la planta no mayor a 50 cm, se traducen en presencia de enfermedades, plagas y arvenses. De ahí que el manejo fitosanitario debe ser en lo posible preventivo, enmarcado dentro de un programa integrado, sostenible y rentable. Además, acompañado de prácticas culturales oportunas, nutrición adecuada, buen manejo del agua y conocimiento del ciclo de corte, entre otros (Muñoz, 2002; Bareño, 2006).

Los agentes causales de enfermedades más frecuentes son los hongos *Botrytis, Puccinia, Alternaria, Colletotrichum, Fusarium, Rhizoctonia, Septoria, Oidium, Erysiphe* spp., *Sclerotium cepa*, nematodos, virus y bacterias. El cultivo de estas plantas suculentas y aromáticas, atrae insectos que superan los umbrales de daño económico y entre las cuales se destacan las siguientes

especies: mosca blanca, áfidos, minadores, trips, larvas de lepidópteros, babosas, caracoles, hormigas, chinches y escamas (Bareño, 2006; Assured Produce, 2009).

El manejo de enfermedades y plagas debe realizarse mediante la identificación del organismo causal, conociéndose de antemano su ciclo de vida y el estado en el cual afecta la planta. El manejo que se haga, especialmente el de tipo químico, debe prever el tiempo de cosecha y la posible residualidad del producto ya sea biológico o de síntesis. El control de arvenses generalmente es manual y en algunos casos con herbicidas selectivos. Las coberturas plásticas tipo "mulch" ayudan a disminuir el problema en algunos cultivos (Gómez, 2000; Bareño, 2006; Assured Produce, 2009).

3.2.4. Cosecha y poscosecha

En promedio, el rendimiento anual del cultivo de orégano es de 36 $t \cdot ha^{-1}$ y la producción de aceites esenciales es de 0.5 a 1.5% del peso seco. Su ciclo productivo es de cinco a seis años y se hace una cosecha en el primer año y dos cosechas en los siguientes años cuando el fin del cultivo son los aceites esenciales (Bareño, 2003; Bernath, 1996 citado en Kintzios, 2004). Otras fuentes han reportado que el ciclo productivo de la planta puede durar hasta más de cinco años dependiendo de la especie, los cortes o cosechas que se efectúan y el fin último del cultivo, en promedio pueden ser de hasta cinco cortes por año (UNAL y CID, 2008). Mientras que el tomillo tiene un rendimiento de 20.8 $t \cdot ha^{-1}$ y su producción de aceites esenciales es de 1 a 2.5% del peso seco. Se reporta que alcanza a tener seis cortes por año (Bareño, 2003; Stahl y Venskutonis, 2004; UNAL y CID, 2008).

Las plantas aromáticas culinarias deben estar bien hidratadas al momento del corte, éste se realiza con herramientas desinfectadas libres de patógenos para así evitar la contaminación del cultivo, se debe evitar cortar a ras de piso y maltratar la planta, se realiza en horas de la mañana cuando la planta está más turgente y sus estomas no han abierto completamente y antes de empezar su floración (Bareño, 2006; Assured Produce, 2009).

Según productores y exportadores de hierbas aromáticas, lo que se exporta en fresco son terminales o cogollos en estado vegetativo, los cuales, en el caso del tomillo deben tener una

longitud mayor a 12 centímetros y para el orégano mayor a 8 centímetros (Montaño, 2008; Muñoz, 2008; Trujillo, 2008). El material debe estar sin daños ocasionados por ataque de plagas y enfermedades o por roces mecánicos, igualmente debe estar libre de insectos, hongos, malezas, tierra, cabellos, entre otros. La consistencia del tallo no debe ser leñosa y sea acepta un máximo de 3 cm de tallo hasta el primer nudo. Debe tener el aroma y el color característico de la variedad y sin restos de plaguicidas (Bareño, 2006; Assured Produce, 2009).

Para su comercialización, las hierbas pueden ser empacadas en paquetes grandes, en pequeños ramos o puestos directamente a granel en bolsas de polietileno o canastillas plásticas destinadas a mercados minoristas. Sin embargo, según Villamizar (2006) y Herrera (2006), para todas las hierbas es más favorable el producto suelto que en ramilletes, ya que en esta última presentación la intensidad respiratoria es ligeramente mayor debido quizás a pequeñas heridas ocasionadas por las bandas de caucho que inicia la pudrición en esta zona.

3.3. Agricultura orgánica

La agricultura orgánica se define como un sistema agrícola que promueve la producción ambiental, social y económicamente sostenible de alimentos, lo cual debe ocurrir sin la utilización de insumos de síntesis química y tomando la fertilidad del suelo como un elemento fundamental para la producción exitosa, respetando la capacidad natural de las plantas, los animales y los suelos para optimizar la calidad en todos los aspectos de la agricultura y el ambiente. Ésta se diferencia de la agricultura convencional ya que es un método de producción agropecuaria en el que se utilizan sustancias sintéticas total o parcialmente (MADR, 2006).

Según Restrepo (2000) los objetivos de la agricultura orgánica son:

1. Producir alimentos sanos, libres de venenos sin contaminar el medio ambiente, eliminando todos los insumos y prácticas que los perjudiquen.
2. Producir alimentos económicos, accesibles a la población y nutricionalmente equilibrados.
3. Disminuir la dependencia de insumos externos de los agricultores además de desarrollar y apropiarse de una tecnología adecuada a sus parcelas.

4. Promover la estabilidad de la producción de una forma energéticamente sostenible y económicamente viable.
5. Buscar la autosuficiencia económica de los productores y de las comunidades rurales (autogestión), reduciendo los costos de producción y preservando los recursos básicos que poseen.
6. Trabajar con la conservación, la biodiversidad genética y el comportamiento natural de los ecosistemas. En ningún momento trabajar contra ellos.
7. Trabajar la integralidad de los ciclos biogeoquímicos.
8. Recuperar, conservar y potencializar la fertilidad del suelo biogeoquímico y sus interrelaciones con el medio ambiente en todos los procesos de la producción y la nutrición de las plantas.
9. Trabajar con el reciclaje de nutrientes minerales y conservar la materia orgánica, pues en los trópicos es mucho más fácil la tarea de conservar la materia orgánica que se tiene, que tratar de reponer la materia orgánica que se pierde.
10. Buscar una mayor utilidad del potencial natural, productivo, biológico y genético de las plantas y de los animales.
11. Comprender y trabajar las unidades productivas de acuerdo a sus limitaciones y al potencial de su suelo, agua, clima y economía local logrando buscar el tamaño más eficiente de la unidad de producción de forma diversificada.
12. Asegurar la competitividad de la producción de alimentos en mercados locales, regionales, nacionales e internacionales acompañadas de los parámetros de cantidad y calidad.
13. Aprovechar todas las ventajas comparativas sociales, económicas, ecológicas y agrotecnológicas que ofrecen los sistemas orgánicos de producción frente a los constantes fracasos de la agricultura convencional, para construir un verdadero desarrollo sostenible centrado en las capacidades humanas en el medio rural.

En Colombia particularmente, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural establece varios requisitos de la producción agrícola orgánica, donde se encuentra el manejo fitosanitario y de arvenses, el uso de semillas provenientes de plantas orgánicas, manejo adecuado del agua cumpliendo con la legislación ambiental de su uso y manejo de vertimientos, manejo del suelo, entre otras. Dentro de los requisitos para el manejo del suelo, tanto la fertilidad como la actividad biológica debe ser mantenida o aumentada mediante prácticas dentro de las cuales se destacan la

incorporación al terreno de material orgánico compostado, la incorporación de fertilizantes orgánicos y el uso de preparaciones apropiadas a base de vegetales o microorganismos no patógenos para la activación del compost (MADR, 2006). Por lo anterior se puede decir, que para que un producto se defina como orgánico no solo debe hacer uso de la fertilización orgánica dentro de su sistema de producción sino también cumplir con una amplia variedad de requisitos para catalogarse como tal.

La importancia de la agricultura orgánica se basa en que sus productos conquistan cada vez más la estructuras de mercado de alimentos en el ámbito mundial (Gómez, 2004). Para el 2007, de las tierras cultivadas en el mundo, solo el 0.7% son manejadas orgánicamente lo que corresponde a aproximadamente 31 millones de hectáreas. En total Oceanía cubre el 39% de ésta, seguida por Europa (23%) y Latino América (19%). Los países con mayores áreas orgánicas son Australia, Argentina, China y Estados Unidos, como se muestra en la Figura 8 (Yussefi y Willer, 2007).

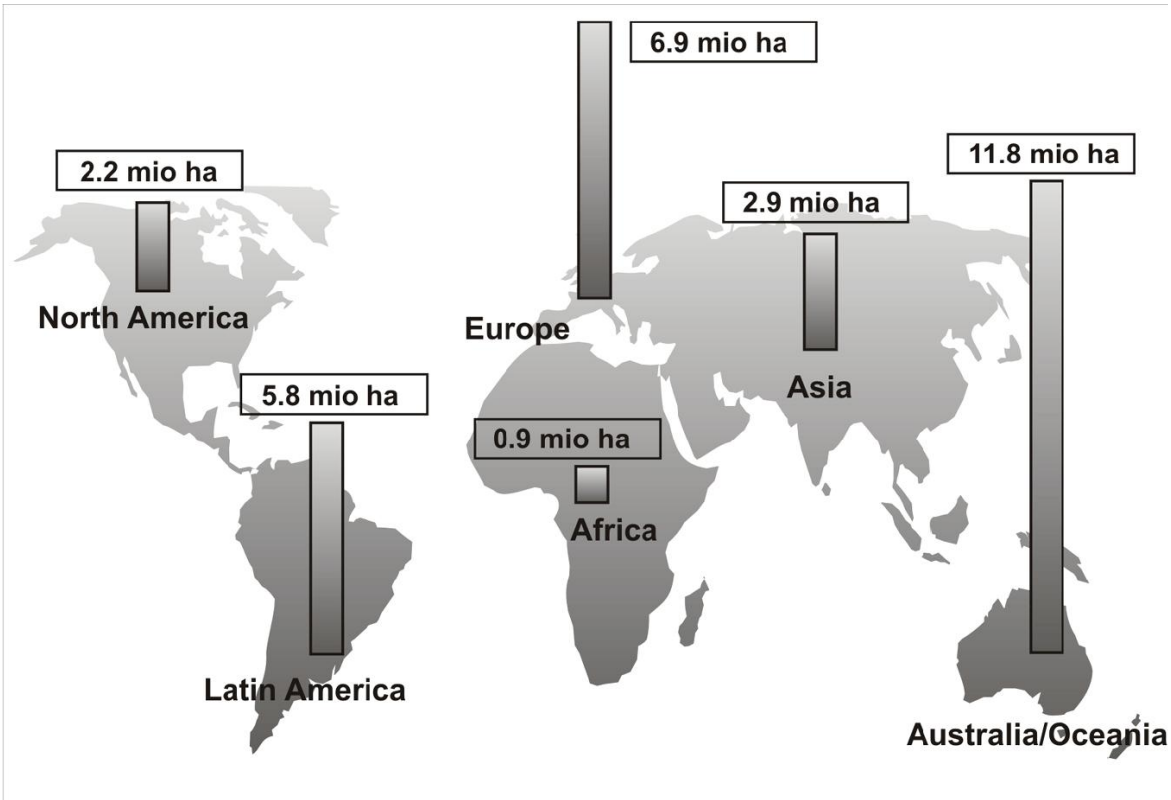


Figura 8. Agricultura orgánica a nivel mundial. Tomado de: Yussefi y Willer, 2007.

Las ventas globales de alimentos y bebidas orgánicas han incrementado en un 43%, desde US$ 23 billones en el 2002 y alcanzando para el 2005 ventas de US$ 33 billones. Aunque la agricultura orgánica está presente en la mayoría del mundo, la demanda de sus productos sigue concentrada en Europa y Norte América. Estas dos regiones están experimentando poca oferta de productos, pues la producción no satisface la demanda, por lo tanto grandes volúmenes de importaciones son requeridas desde otras regiones (Yussefi y Willer, 2007). Para el caso de Latino América, se reportan 5.8 millones de hectáreas de tierras orgánicas certificadas. La mayoría de países latino americanos tienen un sector orgánico aunque el nivel de desarrollo varía ampliamente. Los países con la mayor proporción de cultivos orgánicos son Uruguay, México y Argentina (Yussefi y Willer, 2007).

3.4. Fertilización orgánica

El suelo es la base de la producción agropecuaria y funciona como un organismo vivo que debe ser nutrido en forma adecuada, para que en él las plantas crezcan y se desarrollen dentro de un equilibrio nutritivo correcto y a su vez, para que no disminuya la actividad de los organismos beneficiosos que alberga. La mayoría de los problemas que se tienen se deben al desequilibrio químico (nutrientes) y biológico (microorganismos) del suelo. La práctica de la agricultura alternativa ha demostrado que las plantas sufren menos ataques de plagas y enfermedades cuando el suelo guarda equilibrio. En concordancia con este postulado en la agricultura orgánica el suelo se alimenta con el aporte de materia orgánica (MO), fundamentalmente en forma de diferentes tipos de compost y de abonos verdes, con el aporte de material mineral básicamente con diferentes preparados fertilizantes y la activación del trabajo vivo que se hace en él, mediante activadores microbianos (Tarafdar *et al.,* 2009).

La fertilización es una etapa del proceso productivo orgánico que busca devolver al suelo los elementos extraídos por las plantas y su desarrollo y es determinante en la calidad de los productos ecológicos, lo que la hace compleja desde el punto de vista del equilibrio natural del agroecosistema. Para ser eficientes en esta práctica se deben considerar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, el potencial productivo de la planta y su morfología, las fuentes y la época de fertilización así como también crear un ambiente favorable a los microorganismos del suelo (CCI, 1999).

En la fertilización orgánica son usados los abonos orgánicos (AO) que son productos debidamente compostados y estabilizados, los cuales al ser aplicados al suelo activan principalmente los procesos microbiales (fertilidad biológica), fomentando simultáneamente la fertilidad física como su estructura, aireación y capacidad de retención de humedad. Adicionalmente son capaces de proporcionar cantidades notables de nutrientes esenciales, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, al suelo o a las plantas. En estos se enumeran subproductos animales, estiércoles, residuos vegetales y lombricompuestos (Gómez, 2000; MADR, 2006).

El nitrógeno es el elemento más apreciado para valorar la calidad de un AO por su importancia en la construcción de la biomasa, por la complejidad de su dinámica química (nitrificación-denitrificación) y por las posibilidades de pérdida por lixiviación y volatilización. Este elemento se libera al ritmo que se descompone la materia orgánica del abono. El material de origen con más alto contenido de N, es la gallinaza. Alcanza valores de 4,5 y hasta 6% cuando está pura. Lo deseable para una buena calidad de un AO es que su contenido en este elemento sea del 2 - 3% y se encuentre estabilizado. La Tabla 2 ilustra el contenido en base seca del N de algunos materiales (Gómez, 2000).

Tabla 2. Contenido de nitrógeno de algunos residuos y recursos orgánicos. Tomado de: Gómez, 2000.

Material o Recurso	%N	Material o Recurso	%N
Gallinaza "pura"	4-6	Harina de sangre	12
Compost de cisco de café	3	Lombricompuesto de corte de prado	2-2.5
Compost residuos sólidos urbanos	0.5-2	Lombricompuesto de bovinaza	3-3.5
Porquinaza	3.3	Lombricompuesto de cachaza	2-2.5
Tallos de tabaco	1.96	Lombricompuesto de pulpa de café	
Hojas gastadas de té	4.41	Compost de lodo de aguas residuales (Ginebra, Valle)	1.57
Alga marina (*Ascophyllum*)	1	Compost de fábrica de jugos (La unión, Valle)	1.48
Harina de plumas de pollo	4.57	Compost de raquis de palma africana	1.66-1.86
Lombricompuesto de hojas de mango	1.23	Compost de microalga y virutas de madera	0.8

El fósforo y el potasio, le siguen en importancia de valoración al nitrógeno. En el caso del fósforo, debe establecerse que su liberación se encuentra vinculada a la descomposición del AO en el suelo, tal como ocurre con el nitrógeno y el azufre. Los vegetales tienen como norma general un bajo contenido de fósforo, alrededor de 0.5% o menos con base en materia seca. Valores por encima del 1% se consideran buenos y por encima de 2% excelentes. La disponibilidad inmediata del potasio está en valores del 70 al 90%, que si bien es una ventaja también representa un riesgo de pérdida por lixiviación, lo cual lleva a que si se deja el residuo o el recurso orgánico a la intemperie se empobrezca por acción de las lluvias (Gómez, 2000). En la Tabla 3 se muestran los porcentajes de fósforo y potasio en algunos materiales y residuos.

Tabla 3. Contenido de fósforo y potasio de algunos residuos y recursos orgánicos. Tomado de: Gómez 2000.

Material	%P	%K	Material	%P	%K
Gallinaza "pura"	1-2	2-3	**Lombricompuesto de pulpa de café**	0.5	3
Pulpa de café	0.5-0.7	3.5-4	**Lombricompuesto de cortes de prado**	0.4-0.7	0.95-1.4
Cachaza	1.1-1.3	0.7-0.9	**Lombricompuesto de bovinaza**	1.3	3.2
Conejaza	1.5-2.2	1.0-5	**Lombricompuesto de cachaza**	1.9	0.7
Cascarilla de arroz	0.05	0.45	**Compost de basuras**	1.0	0.5
Tallos de fríjol	0.17	2.30	**Compost de lodo de depuradora**	0.04	0.87
Hoja de fríjol	0.27	2.70	**Compost de planta de sacrificio**	0.15	0.14
Harinas de pescado	2.2-3.3	0.7-1	**Compost de fábrica de jugo**	0.03	0.47
Porquinaza	1-3	1-2	**Compost de raquis de palma afriacana**	0.11-0.42	0.24-0.28
Harina de sangre	0.1-0.5	0.3-0.6	**Compost de microalga y viruta de madera**	1.61	4.08
Hojas de plátano	0.15	2.9	**Compost de macroalga y viruta de madera**	2.30	5.64
Tallos de plátano	0.63	10.8	**Compost de cisco de café**	0.035	0.041-0.051
Hojas	0.29	0.24	**Harina de plumas**	0.38	0.23

gastadas té			**de pollo**
Alga marina (*Ascophyllum*)	0.6	13.5	

Los AO tienen un perfil de acción bastante diferente al de los fertilizantes solubles de síntesis química. Un primer aspecto es el de la lenta liberación de los nutrientes almacenados, los cuales a excepción del K pasan a la solución del suelo, a medida que el proceso de descomposición del abono avanza con el tiempo. Tienen todo el conjunto de los elementos esenciales y gran parte de los elementos menores y por esto puede decirse que son completos y no ocasionan a menudo desbalances en el suelo. Adicionalmente tienen la ventaja de tener costos de producción más bajos comparados con los químicos (Gómez, 2000).

Una de las características más importantes de la materia orgánica en los abonos orgánicos es la relación que existe entre el carbono y el nitrógeno que contiene. El carbono (C) es el elemento que define a la materia orgánica ya que es el principal componente de ella, también el nitrógeno (N) forma parte de la misma aunque en menor proporción. Si la materia orgánica contiene más carbono con respecto al nitrógeno, los microorganismos del suelo no serán capaces de crecer lo suficientemente rápido para descomponer el material eficientemente y deberán usar el nitrógeno ya disponible en el suelo. La aplicación de esta MO puede dar lugar a una disminución inicial en la disponibilidad del nitrógeno para los cultivos debido a los requerimientos de los microorganismos, lo que no debe suceder. La tasa de descomposición de varios materiales orgánicos, y por lo tanto la relación C:N, depende del oxígeno, contenido de humedad, temperatura, pH, especificidad del sustrato y disponibilidad de minerales. Es también influenciada por factores de manejo como la labranza y la aplicación de fertilizantes inorgánicos. La naturaleza de los materiales también afecta la tasa de descomposición (Clark *et al*., 1983, Janzen y Kucey, 1988 y Kowalenko *et al*., 1978 citados en Vandermeer, 1995; López, 2002).

3.4.1. Compostaje

Entre los métodos de fertilización orgánica utilizados está el compostaje, definido como el resultado de un proceso de humificación de la MO (restos de cosecha, excrementos de animales y otros residuos), bajo condiciones controladas y realizado por microorganismos y macroorganismos en presencia de aire (oxígeno y otros gases) (FHJC, 2004; Picado y Añasco, 2005; MADR, 2006).

Un esquema del proceso de compostaje se presenta en la figura 9. Los microorganismos capturan humedad, oxígeno del aire y alimento del material orgánico. Posteriormente emiten dióxido de carbono, agua y energía, se reproducen y finalmente mueren. Parte de la energía liberada se usa para el crecimiento y movimiento, el resto es emitida en forma de calor (Figura 9). Como resultado, una pila de material en compostaje pasa a través de una fase de calentamiento (mesofílica), un pico de temperatura (termófila), una fase de enfriamiento y una fase de maduración (Dalzell *et al*., 1991).

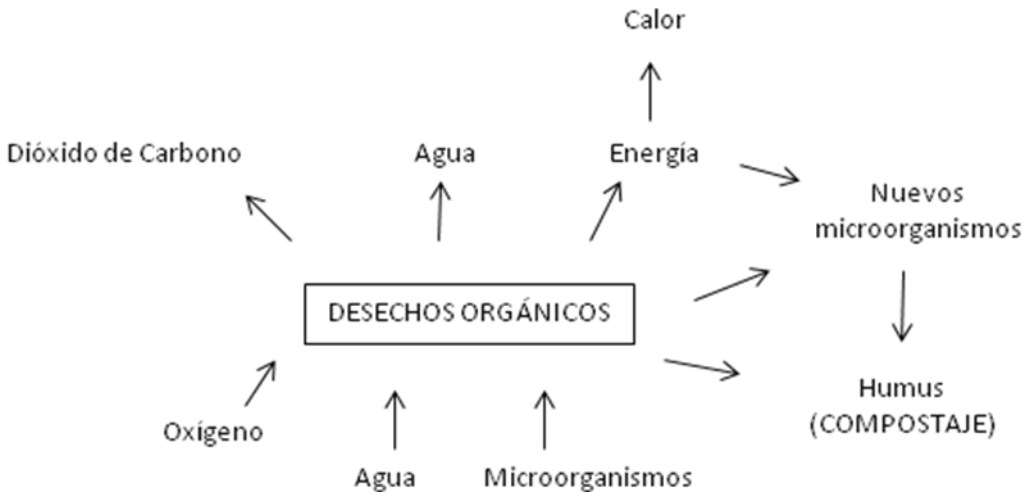


Figura 9. El proceso del compostaje. Tomado de: Dalzell *et al.*, 1991.

Según Picado y Añasco (2005) las propiedades del compost son:

- Mejora las propiedades físicas del suelo: la materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo y ayuda a reducir la erosión del suelo.

- Mejora las propiedades químicas: aumenta el contenido de micronutrientes y macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio. Además acrecienta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, que es la capacidad de retener y liberar nutrientes para las plantas.

- Mejora la actividad biológica del suelo: actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que éstos viven a expensas de la MO descompuesta que resulta de la acción de otros microorganismos y contribuyen a su mineralización.

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, así también, intervienen las condiciones ambientales, el tipo de residuo a tratar y la técnica de compostaje empleada. Entre los factores que participan en este proceso se tienen:

- Temperatura

La temperatura es el factor principal que influye en el incremento o disminución del proceso de descomposición de la MO, teniendo que a mayor temperatura se da mayor descomposición y mineralización. La primera manifestación de la actividad bacteriana sobre la masa de material que va a transformarse es el aumento de la temperatura de la misma, determinada por las condiciones ambientales y de la mezcla de los materiales. Si la mezcla es buena, a las 14 horas de preparado la temperatura debe subir. Una temperatura de 50 °C es un buen indicador. Si sube a más de 70 °C es demasiado y se debe enfriar volteando la mezcla amontonada con la pala, haciéndola más baja y más ancha o remojándola si no está muy húmeda (Tabla 4) pues a temperaturas muy altas, muchos microorganismos benéficos para el proceso mueren y otros no actúan. Los microorganismos presentes en un sistema de compostaje dependen de la temperatura y pueden ser de tres clases: criófilos y sicrófilos (0-25 °C), mesófilos (25-45 °C) y termófilos (>45 °C). Los criófilos se encuentran raramente en el compostaje, los organismos que predominan en el compostaje comercial son principalmente mesófilos y termófilos, cada uno de los cuales actúan en tiempos diferentes durante el ciclo. La alta temperatura se mantiene hasta la descomposición de la MO hidrocarbonatada, descendiendo a partir de este momento al declinar la actividad de las bacterias según se indica en la Figura 10 (Dallzell *et al*., 1991; López, 2002; Picado y Añasco, 2005; Ramírez, 2005).

- El pH

El nivel más conveniente para los microorganismos del suelo está entre 6 y 7.5 Los valores extremos inhiben la actividad microbial. Inicialmente en el proceso, durante la fase mesofílica, se presenta un periodo de acidificación sin embargo una vez iniciada la fase termofílica éste se regulariza y se mantiene dentro del rango óptimo. Una forma de regular el pH en las

preparaciones de compost es usar cal y ceniza pero se debe tener siempre el cuidado de no aplicar demasiada (Tabla 4 y Figura 10) (López, 2002; Picado y Añasco, 2005).

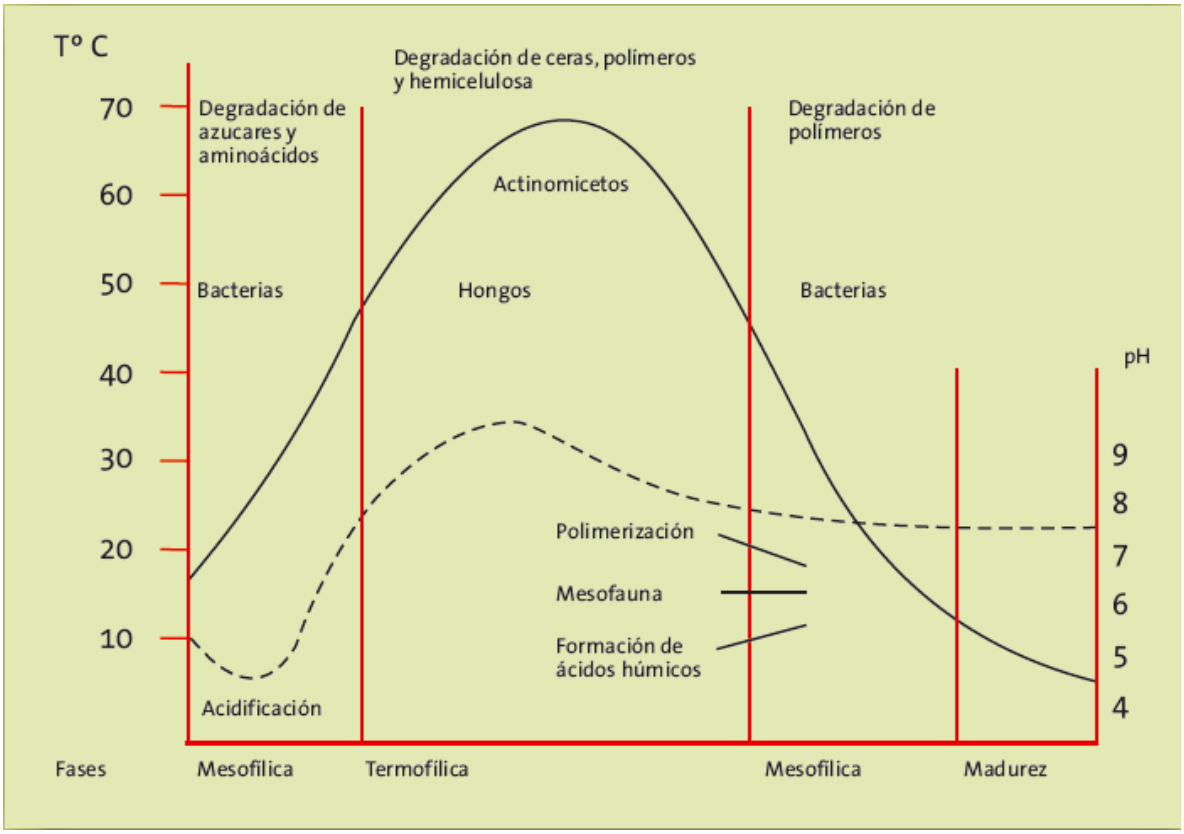


Figura 10. Evolución de la temperatura (línea contínua) y pH (línea punteada) durante las diferentes etapas del compostaje. Tomado de: Mustin, 1987 y Laos, 2003 citados en Álvarez, 2006.

- Humedad

La humedad óptima para el proceso del abono es de un 50% a un 60% (Tabla 4), en relación con el peso de la mezcla. Si está muy seco, la descomposición es muy lenta ya que disminuye la actividad de los microorganismos. Por ser un proceso aeróbico, el compostaje exige una relación entre la estructura de los materiales que van a transformarse y la humedad. La materia orgánica debe permanecer húmeda pero no encharcada, ya que si está muy húmeda falta oxígeno y puede ocasionar la pudrición de los materiales, pues el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico. El resultado de un mal proceso será una mezcla de mal olor y textura muy suave por el exceso de agua (Dalzell *et al*., 1991; Cogger y Kropf, 2001; López, 2002; Picado y Añasco, 2005; Ramírez, 2005).

- Relación Carbono : Nitrógeno (C:N)

El carbono y el nitrógeno son los dos componentes básicos de la materia orgánica, por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Esta relación depende del tipo de materiales que se usen y sus proporciones. Los que tienen tejido leñoso y son fibrosos y secos, se descomponen lentamente y son más ricos en carbono. Los verdes, frescos y los que se descomponen rápido son más ricos en nitrógeno. Los estiércoles contienen ambos elementos además de aportar otros más. Lo importante es no utilizar demasiado de un mismo material, sino mezclar residuos vegetales con animales. La relación debe mantenerse entre 25 a 35 partes de carbono por una parte de nitrógeno (Tabla 4). Si la relación C:N es muy elevada significa que existe gran proporción de C sobre N, por tanto hay un exceso de elementos energéticos (representados por el C) y un déficit de elementos necesarios para el crecimiento (representados por el N) lo cual disminuye la actividad biológica. Si por el contrario es muy baja significa que hay un exceso de N sobre C, por ende se utilizará todo el carbono y el exceso de N se convierte en amoniaco (NH_3) el cual está sujeto a pérdidas vía volatilización y lixiviación (Dalzell *et al.,* 1991; López, 2002; Picado y Añasco, 2005).

- Tamaño de las partículas

Entre más grandes sean los trozos de materiales usados, más tiempo van a tardar en descomponerse. Picar los materiales y organizarlos en capas intercaladas de diferentes clases, requiere un poco más de trabajo pero permite mejor calidad y más velocidad en el proceso de descomposición. Tampoco se deben picar demasiado los materiales porque se pueden compactar. El tamaño ideal de la partícula es de 3 – 13 mm de diámetro (Tabla 4) (Picado y Añasco, 2005; Cogger y Kropf, 2001).

Tabla 4. Condiciones preferidas para el compostaje. Tomado de: Rynk, 1992.

Condición	Rango razonable[z]	Rango preferido
Relación carbono: nitrógeno (C:N)	20:1 – 40:1	25:1 – 30:1
Contenido de humedad	40 – 65%[y]	50 – 60%
Concentraciones de O_2	Mayor que 5%	Mucho mayor que 5%
Tamaño de partícula (diámetro en mm)	3 - 13	Varía[y]
pH	5,5 – 9	6,5 – 8
Temperatura (°C)	43 – 66	54 – 60

[z] Recomendaciones para compostaje rápido. Las condiciones fuera de ese rango pueden también producir resultados satisfactorios.

[y] Depende de los materiales específicos, tamaño de la pila y condiciones meteorológicas.

- Aireación

El proceso de compostaje es aeróbico. La cantidad de oxígeno presente durante el mismo es un factor determinante en la calidad del producto obtenido y en la velocidad de descomposición de las materias primas. Al preparar la mezcla y dejarla en forma de pila, se debe tener cuidado de no compactar los materiales, deben estar sueltos ya que en medios bien aireados se produce una mineralización rápida de la MO fresca y se garantiza la formación de un elevado número de compuestos húmicos. Por el contrario, medios poco aireados o anaeróbicos retardan los procesos de mineralización y la humificación, lenta e incompleta, conduce a compuestos poco polimerizados, fácilmente dispersables y con frecuencia solubles. Si no hay buen aire en la pila, los microorganismos aeróbicos no pueden trabajar y sale un producto de mala calidad (Cogger y Kropf, 2001; López, 2002; Picado y Añasco, 2005; Ramírez, 2005).

- Población microbiana

Como se ha venido mencionando, el compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la MO, efectuado por poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos, es decir, microorganismos que son fundamentales para que el proceso se lleve a cabo de manera exitosa. La población bacteriana rara vez limita el compostaje, ya que siempre se hallan en gran abundancia, especialmente sobre residuos urbanos. Las bacterias sintetizan eficiente y rápidamente todas las enzimas necesarias para el desarrollo del proceso, los actinomicetos resultan capaces de degradar sustratos complejos como celulosa, lignina, quitina y parafinas y los hongos por su parte, participan considerablemente en la descomposición de residuos ya que colonizan el material vegetal explorándolo a plenitud, gracias a que poseen un efectivo complejo enzimático. Por otro lado, los constituyentes orgánicos de los residuos poseen todos los factores de crecimiento y vitaminas exigibles para el normal desarrollo de los microorganismos (Bonilla, 1996; Cogger y Kropf, 2001; López, 2002; Picado y Añasco, 2005).

- Control periódico

Este es un proceso que dura hasta tres meses, por lo que debe revisarse periódicamente para que todas las fases se lleven a cabo de la mejor manera y se obtenga un abono de buena calidad. Este control puede ser diario o cada dos ó tres días. De igual modo es importante cubrir el compost que

se encuentra en proceso, evitando el exceso de humedad en caso de lluvia y una deshidratación fuerte por el viento y el sol (Picado y Añasco, 2005; Ramírez, 2005).

En general, el procedimiento se usa para transformar materiales de desecho orgánicos en un producto útil. El material de desecho contendrá normalmente una variedad de microorganismos capaces de llevar a cabo el proceso. Cuando el material se expone al aire y el contenido de humedad se lleva a un nivel adecuado, los organismos comienzan su actividad. El compost final está formado por las partes más resistentes de la materia orgánica original, productos del proceso de descomposición, microorganismos muertos y algunos microorganismos vivos junto a productos de reacciones posteriores entre los materiales (Dalzell *et al*., 1991).

El compostaje actualmente es un gran negocio y muchas actividades públicas de compostaje son ahora aceptadas como la vía más conveniente, desde el punto de vista medioambiental, para manipular alrededor del 50% de los residuos destinados a los vertederos de basura. El crecimiento de un gran número de estas actividades de compostaje se ha sido estimulado gracias a las normativas gubernamentales que prohíben destinar residuos de estiércol u otros materiales biodegradables a los basureros (Dalzell *et al*., 1991).

Experiencias del uso de este tipo de abono orgánico en el maíz (*Zea mays*) recalcan los beneficios del uso complementario de fertilizantes orgánicos y minerales. Matheus (2004) evaluó un compost de residuos de la industria azucarera en donde ensayó dosis de 4, 6 y 8 $t \cdot ha^{-1}$ de compost y una mezcla de fertilizante químico junto con 2 $t \cdot ha^{-1}$ de compost, comparado con fertilización química de dosis de 159 $kg \cdot ha^{-1}$ de N, 90 $kg \cdot ha^{-1}$ de P_2O_5 y 90 $kg \cdot ha^{-1}$ K_2O. Obtuvo que las mayores respuestas en altura de la planta y diámetro del tallo correspondieron a los tratamientos de fertilización química, la mezcla biofertilizante – fertilizante químico y la dosis altas del compost. Encontró también que el mayor rendimiento en grano se obtuvo con la mezcla biofertilizante – fertilizante químico. Los mayores rendimientos reportados por la aplicación de dosis altas de compost también fueron obtenidas para romero (R*osmarinus officinalis*) y orégano (*Origanum vulgare*) en un estudio acerca de evaluación de diferentes dosis y frecuencias de aplicación de compost para su producción bajo invernadero (González y Romero, 2009).

3.4.1.1. Abono orgánico fermentado tipo Bocashi

Es un tipo de compostaje de descomposición aeróbica bajo condiciones controladas donde se incorporan al suelo macro y micro nutrientes básicos para las plantas y se obtienen en resultados a corto plazo. La producción de abono tipo Boscashi se logra mediante un proceso de transformación acelerada de cualquier fuente de materia orgánica a través de cepas biológicas y energizantes que funcionan reciclando y almacenando los nutrientes lixiviados en el proceso de la descomposición de los residuos que de otra forma serían fuentes de contaminación ambiental junto con muchos productos químicos y hormonales que también son consumidos por la alta actividad microbiana del proceso (Franco *et al*., 2002; Picado y Añasco, 2005).

En el proceso del Bocashi se obtiene la transformación rápida de las materias orgánicas de 20 a 30 días. Éste da como resultado un excelente abono orgánico compostado, la integración de minerales a la materia orgánica a través de los organismos del suelo y la inactivación de plagas y patógenos debido a las altas temperaturas que se dan por efecto de la descomposición y transformación de la materia orgánica. Por esta razón, se debe estar volteando la pila para que la temperatura no se eleve demasiado y el proceso de transformación transcurra normalmente.

Según Franco *et al*. (2002), Veloza *et al*. (2003) y Picado y Añasco (2005) para la preparación de un abono tipo Bocashi se debe mantener la pila en un lugar protegido del sol y la lluvia, ojalá sombreado donde se reúnen todos los materiales por separado y se realiza todo el proceso (Tabla 1D y 2D Anexo 4).

Se han reportado estudios en cebolla de bulbo (*Allium cepa*) del uso de Bocashi junto con otros fertilizantes orgánicos donde la evaluación de seis tratamientos reveló que estadísticamente la menor incidencia de enfermedades se presentó con tratamientos que constan de bocashi - bovinaza, caldo super cuatro y fertilizante triple 15 y tratamientos de bocashi - gallinaza, caldo super cuatro, caldo rizósfera y fertilizante triple 15. Encontraron también que en cuanto a las variables relacionadas con la producción como número, diámetro y peso total de bulbos los tratamientos que incluían bocashi, caldo rizósfera, caldo super cuatro y fertilizante químico se diferenciaron significativamente del testigo regional el cual consistía de plantas manejadas por el agricultor y la dosis de fertilizante tradicionalmente utilizada. Para este estudio las dosis de los

abonos orgánicos fueron de 340 kg·ha^{-1} y la dosis de fertilizante químico usadas por el agricultor fueron de 680 kg·ha^{-1} equivalente a 102 kg de N, 102 kg de P_2O_5 y 102 kg de K_2O por hectárea respectivamente (Méndez y Viteri, 2007).

Recomendaciones de dosis en diferentes cultivos también se reportan en la literatura, los cuales proponen que para cultivos perennes como el café, plátano y frutales la dosis de fertilizantes tipo bocashi son de 3 a 4 kg por planta y para hortalizas de 30 a 100 g por planta (Picado y Añasco, 2005). Para cultivos nuevos de mora se recomienda según Veloza *et al.* (2003) adicionar 2 kg por planta cada 3 meses, caldos mensualmente (magro al 7% foliar, rizósfera al 50% edáfico) y micorrizas comerciales a razón de 100 g por planta. Para el caso de cultivos establecidos se recomienda 1 kg de bocashi o compost cada 45 días junto con caldos quincenalmente (magro al 4% y rizósfera al 25%) ó 2 kg de compost cada tres meses más la aplicación de caldos mensualmente (magro al 7% y rizósfera al 50%) e inoculación con micorrizas comerciales.

3.4.1.2. Lombricompostaje

El lombricompostaje, crianza de lombrices o vermicompostaje, es una es una eco-tecnología productiva, sencilla y viable para la producción intensiva de abono orgánico que involucra varios procesos biológicos los cuales aceleran la transformación y mineralización de residuos orgánicos en descomposición. Por la calidad del producto que genera, se puede decir que el abono orgánico obtenido es de mejor calidad y cotización en el mercado (Mendoza, 2008; Mejía y Palencia, 2005).

El abono de las lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) no es sino el conjunto de las excretas o heces fecales de las lombrices que tiene la misma apariencia y olor de la tierra negra y fresca, es un sustrato estabilizado de gran uniformidad, con una excelente estructura física, porosidad, aireación, drenaje, capacidad de retención de humedad, contenido de macronutrientes y pequeñas cantidades de micronutrientes como boro, zinc, hierro, magnesio y cobre. La ventaja de este tipo de proceso es que se obtienen dos productos a la vez, por un lado el lombricompuesto como tal y por otro lado el aumento del volumen de la biomasa de lombriz (Figura 11) (Gómez, 2000; Rodríguez y Chacón, 2001; Mejía y Palencia, 2005; Mendoza, 2008).

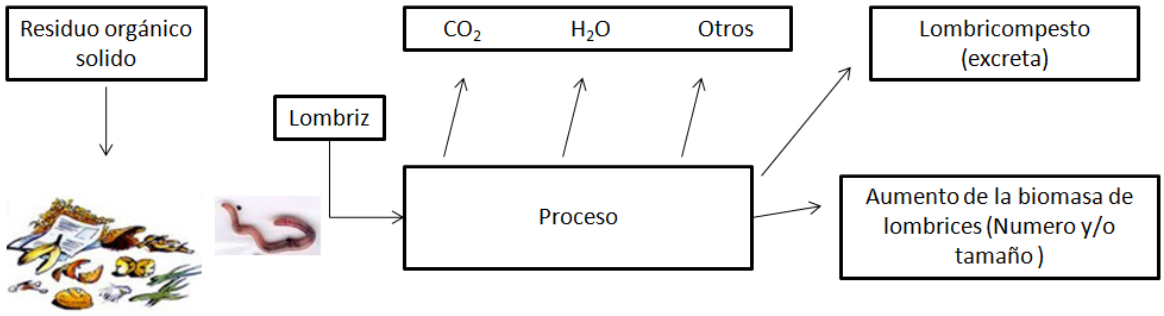


Figura 11. Proceso del lombricompostaje. Tomado de: Gómez, 2000.

Las lombrices consumen los residuos orgánicos que se encuentran encima del suelo, penetrando sólo uno o dos centímetros dentro del cuerpo edáfico. Tal especificación de ese grupo de lombrices se aprovecha para habilitar diversos residuos orgánicos y convertirlos en el lombricompuestos (Gómez, 2000). La lombriz de tierra no posee aparato masticador y debe entonces introducir a manera de succión los residuos al interior de su aparato digestivo, al comienzo del cual se encuentran las glándulas calcíferas cuya función es la de regular el calcio y el pH del material en proceso de digestión. Este proceso es realizado por los microorganismos que se encuentran en su aparato digestivo y podría decirse que la lombriz lo que hace es facilitar el espacio para la digestión. Al final, además de exudados de la piel del anélido se tiene la excreta que sale con pH cercano a 7 (Gómez, 2000).

El uso del lombricompost puede ayudar a mejorar las condiciones físicas del suelo, especialmente en suelos arcillosos, y favorecer un buen desarrollo de las raíces de las plantas. Además, contiene altas poblaciones de microorganismos que colaboran en los procesos de formación del suelo, solubilizan nutrientes para ponerlos a disposición de las plantas y previenen el desarrollo de altas poblaciones de fitopatógenos. Sin embargo, sus propiedades nutricionales dependen de factores como el tipo de desecho utilizado, sus proporciones, su estado de descomposición, las condiciones en las cuales se lleve a cabo el proceso y el tiempo de almacenamiento del producto (Rodríguez y Chacón, 2001).

Dentro de los factores que se deben tener en cuenta durante el proceso está la temperatura, la humedad, la aireación, el pH y la cantidad y presentación del alimento. La temperatura óptima para que la lombriz se desarrolle se encuentra alrededor de los 20 °C, a temperaturas menores a

10 °C y mayores a 30 °C las lombrices no pueden sobrevivir. La humedad promedio favorable es de 75 a 85%. Una buena aireación es necesaria para que el proceso se pueda llevar a cabo y evitar exageradas adiciones de alimento fresco que pueden provocar una falta de ventilación. El rango de pH apropiado para las lombrices es de 5 a 8. La alimentación debe estar lo suficientemente asimilable por lo que algunas veces debe trozarse, molerse y/o someterse a un precompostaje. Así mismo debe estar en función de la cantidad de organismos por superficie, por ejemplo, un kilo de lombrices consume un kilo de alimento al día. Por último, estos organismos tienen enemigos naturales como aves, hormigas, ratones, cerdos, sapos entre otros, por lo tanto se deben tener cuidados especiales para evitar su predación (Gómez, 2000; Picado y Añasco, 2005; Mendoza, 2008).

Se considera que el proceso de lombricompostaje se ha terminado por examen visual cuando no se distingue el material de origen y sólo se observan los lombricompuestos. Si se deja pasar de ese punto, las lombrices se adelgazan y las excretas obtenidas son más pequeñas. Una vez terminado el proceso se dispone a recolectarlo, para esto es necesario separar las lombrices mediante tres principales métodos: se coloca sobre la cama un cedazo grueso (1 cm) al cual se le ha puesto material fresco encima. Después de tres semanas se retira el marco y se repite el proceso hasta que la mayoría de las lombrices hayan salido del producto, también se puede realizar moviendo el material de los extremos hacia el centro de la cama y rellenando los extremos con material fresco, se deja alrededor de 22 días para que las lombrices se pasen y se retire el producto del centro y por último, si se tiene camas libres sobre el suelo se construye a la par una cama nueva con material fresco, una vez las lombrices se hayan pasado a la cama nueva se recoge el producto en la primera cama (Rodríguez y Chacón, 2001). Hay un equívoco al confundir el lombricompuesto con el humus. En el proceso hay una pequeña fracción que en el mejor de los casos se puede considerar humificado, el resto o mayoría del material orgánico está en proceso de descomposición todavía (Gómez, 2000).

Se han reportado fertilizaciones con lombricompost para papaya (*Carica papaya* L.). Acevedo y Pire (2004) aplicaron lombricompost en proporciones de 0, 5, 10, 15, 20 y 25% y lombricompost combinado con fertilizante nitrogenado a un sustrato de cascarilla de arroz, aserrín de coco y arena fina en partes iguales. Las mejores respuestas de crecimiento vegetativo en cuanto a área foliar, altura, diámetro del tallo y materia seca total, se obtuvieron en los sustratos con las

mayores proporciones de lombricompost sin fertilizante nitrogenado y en las dosis medias (cerca a 15%) de la combinación lombricompost – fertilizante.

3.4.2. Los caldos microbianos o biofertilizantes

Se definen como mezclas fermentadas de diferentes materiales tales como estiércol vacuno, melaza, restos vegetales y sulfatos de elementos menores e incluso en algunos casos se les adiciona cepas de determinados microorganismos con el fin de lograr su multiplicación y enriquecimiento. Dichos organismos especialmente bacterias, constituyen un complemento de la nutrición de las plantas cultivadas, favorecen tanto la descomposición de la materia orgánica presente en el suelo, como la solubilización de elementos de la fracción mineral del mismo y mejoran su nivel de asimilación por la planta incrementando la productividad de los cultivos (ANUC, 1999; Duicela *et al.,* 2003; Amezquita, 1994 citado en Espinosa y Rodríguez, 2003). Estos caldos utilizados correctamente sirven para mejorar la calidad de los productos agrícolas y reducir los costos en la producción de la cosecha (Carrizosa *et al.,* 2004).

Pueden ser aeróbicos o anaeróbicos y su aplicación podría hacerse directamente sobre las plantas o sobre los suelos con cobertura o sobre aboneras o pilas de compostaje (Mejía y Palencia, 2005; Picado y Añasco, 2005). En este estudio son de interés los caldos aeróbicos dentro de los cuales se destacan el caldo supermagro, el caldo de lombricompost, el caldo revitalizador del suelo, el caldo microbiano de rizósfera, el fermentado de abono vacuno y el caldo CIAO, entre otros (CIAO, 1996 citado en Espinosa y Rodríguez, 2003; Carrizosa *et al.,* 2004; FHJC, 2004; Picado y Añasco, 2005; Salas, 2006; Fundases, 2009).

El caldo supermagro originario de Porto Alegre (Brasil) es un compuesto que usa estiércol fresco de ganado bovino, melaza, cal viva, sulfato de cobre, sulfato de magnesio, sulfato de zinc, sulfato de manganeso, sulfato de hierro, bórax, leche o suero y sal mineralizada. Éste aporta elementos menores como boro, cobre, calcio, hierro, magnesio, manganeso y zinc. Esto trae como consecuencia mejor funcionamiento microbiano y por tanto, mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo lo cual conlleva a una nutrición más balanceada para los cultivos, dando como resultado plantas más sanas, mejor desarrolladas, más resistentes a las condiciones

ambientales y productoras de cosechas mejores en calidad y cantidad. Además, su elaboración es sencilla y puede aplicarse de forma foliar o directamente al suelo. (FHJC, 2004; Salas, 2006).

Otra manera de emplear el lombricompost es con el caldo de lombricompost, que usa como materia prima melaza y lombricompost el cual por su riqueza microbiana básica para la relación suelo-planta, ayuda a neutralizar el pH del suelo y hace que los elementos nutritivos se solubilicen. El nitrógeno y el fósforo están siete veces más disponibles, mientras que el potasio once veces, el calcio dos veces y el magnesio seis veces en este caldo que en la materia prima (FHJC, 2004; Picado y Añasco, 2005).

En el caldo revitalizador se emplean materiales como estiércol fresco de res, tierra micorrizada, mantillo de bosque, compost, pre-mezcla mineral, roca fosfórica, melaza, ortiga, guamo, plantas medicinales, suero o leche y vinagre. Se usa para recuperar el suelo, restableciendo y diversificando la población de microorganismos y activando las funciones biológicas (Salas, 2006). El caldo microbiano de rizósfera es un líquido que contiene plantas de borraja, ortiga y limoncillo libres de enfermedades y no florecidas, yogurt natural, melaza o miel, harina de soya, oxigeno C-250 y microorganismos normales presentes en la rizósfera de plantas sanas, los cuales mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo y aumentan su fertilidad. Esta se manifiesta en una mejor retención de agua lo que significa mayor aprovechamiento de las lluvias y ahorro de riego, dándole al suelo una mejor porosidad con lo cual las raíces se extienden más, aumentando su respiración y la del sustrato (Carrizosa *et al.,* 2004).

Otro de los fertilizantes líquidos a base de estiércol fresco de vaca que mejora la actividad biológica del suelo, es el fermentado de abono vacuno el cual genera una mayor resistencia y producción de las plantas debido a un funcionamiento más equilibrado. Este preparado actúa también como hormona vegetal (fitohormona), que al ser aplicada aumenta el número y calidad de las raíces de muchas plantas, mejorando e incrementando su capacidad de nutrición y su resistencia a las condiciones del medio. Estas propiedades, se deben a la riqueza en microorganismos y sustancias naturales que contiene el estiércol (Carrizosa *et al.,* 2004; Salas, 2006).

Por último y entre otros más, de gran interés para este estudio, se encuentra el caldo CIAO el cual es uno de los biopreparados que han sido recomendados por el Centro Internacional de Agricultura Orgánica. Lo que se busca con este tipo de biopreparados no es proporcionar los nutrientes de la manera como estarían presentes en la preparación, sino brindar un medio de reproducción propicio para microorganismos benéficos (especialmente bacterias), los cuales dentro de la dinámica misma de su multiplicación, colaboran con la mineralización de los nutrientes requeridos por las plantas, a la vez que liberan sustancias antibióticas que favorecen la sanidad de los cultivos (CIAO, 1996 citado en Espinosa y Rodríguez, 2003).

3.4.3. Microorganismos eficientes (EM)

Los microorganismos eficientes (EM) fueron desarrollados por el Dr. Teruo Higa PhD. profesor de Horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, como una opción viable y sostenible para la producción agrícola dentro de los parámetros orgánicos y biológicos, que procuran un manejo razonable de los recursos para no afectar el medio ambiente así como para lograr productos de alta calidad a un bajo costo (Fundases, 2009).

El Agroplux es un cultivo de microorganismos eficientes (EM) compuesto por diversas especies de bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos producidos mediante fermentación, todos ellos clasificados por la Organización Mundial de la Salud en el Nivel de Bioseguridad I. En aplicaciones radiculares mejora la estructura y estabilidad de los agregados del suelo, acondiciona el pH del suelo, disminuye los niveles de fertilización mineral, solubiliza nutrientes, balancea la relación Calcio-Magnesio/Potasio, aporta sustancias útiles para el desarrollo vigoroso de los cultivos y disminuye la presión de los microorganismos patógenos. Esto ayuda a mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno, trayendo efectos positivos sobre la salud y bienestar del ecosistema (Fundases, 2009).

3.4.4. Usos de fertilizantes orgánicos en plantas aromáticas y medicinales

Se han realizado estudios en algunas plantas aromáticas como mejorana, orégano, menta, comino, albahaca entre otras, sobre el efecto de la incorporación de estiércol compostado. La cantidad de nitrógeno adicionado en la fertilización fue entre 0.4 kg por 100 m^2 y 1.0 kg por 100 m^2

dependiendo de la especie. Se obtuvo en el estudio que para el orégano, el comino y la mejorana se obtuvieron mayores rendimientos cuando se fertiliza con estiércol compostado, mientras que para la albahaca y la menta los rendimientos fueron mayores con fertilizantes químicos. Los porcentajes de materia seca (1.1 – 8.6%) y aceites esenciales (0.07 – 0.64%) fueron mayores para todas las especies en los tratamientos en los que se adicionó estiércol compostado (Aflatuni, 1992).

Evaluaciones de dosificación y frecuencias de aplicación también han sido estudiadas en aromáticas. González y Romero (2009) evaluaron 16 tratamientos de abonamiento de compost comercial Soil-aid® y tres momentos de aplicación para orégano y romero con el fin de establecer la dosificación y la frecuencia de aplicación optimas para obtener la mayor productividad y calidad de estas dos especies. La mayor productividad para el orégano (162.25 g/planta) y la mayor cantidad de producto calidad exportación tanto para orégano (105.45 g/planta) como para el romero (56.20 g/planta) se obtuvieron con un tratamiento de dosis base (137 g/planta para romero y 193.5 g/planta para orégano) incrementada en un 50% pero fraccionando la aplicación en el momento del trasplante y en la semana de cada cosecha. La mayor productividad total del romero (90.33 g/planta) se alcanzo mediante el tratamiento del 25% adicional a la dosis base de compost fraccionada en partes iguales al momento del trasplante y en la semana de cada cosecha.

Ensayos en cilantro (*Coriandrum sativus*) en Costa Rica demostraron que usando una dosis de 46 $t \cdot ha^{-1}$ de compost en el momento de la siembra se obtienen producciones de 10400 rollos (Rodríguez y Soto, 1999). En esta especie también se han reportado estudios en el Valle del Cauca (Colombia) del uso de gallinaza con dosis de 10 $t \cdot ha^{-1}$ con las cuales se obtienen producciones de 374 $g \cdot m^{-2}$ y usando 20 $t \cdot ha^{-1}$ de lombricompost como fertilizante se obtienen producciones de 675 $g \cdot m^{-2}$ (Micolta, 1993 citado en Gómez 2000).

La literatura reporta que el uso de estiércol produce un incremento en el rendimiento de algunas aromáticas y sus aceites esenciales y adicionalmente mejora su calidad. En la menta (*Mentha spicata*) por ejemplo una aplicación de 20 $t \cdot ha^{-1}$ produce un incremento del 37.7% en el rendimiento del cultivo. Así mismo, cultivos de "Davana" (*Artemisia pallens*) y "Jamrosa"

(*Cymbopogon khasans*) con dosis de estiércol de 30 y 24 $t \cdot ha^{-1}$ se produjeron incrementos en el rendimiento de 36.7% y 22.8% respectivamente (Aishwath y Tarafdar, 2009).

Dentro de los estudios en plantas medicinales se encuentran ensayos sobre la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en sábila (*Aloe* vera) realizados en India en los cuales se encontró que los fertilizantes de N y K incrementan significativamente los rendimientos de gel, la altura de la planta, el número de hojas por planta y el contenido de clorofila en comparación a los tratamientos no fertilizados. Sin embargo, el uso de lombricompost en combinación con caldo de lombricompost en dosis de 3.175 $t \cdot ha^{-1}$ + 307 $m^3 \cdot ha^{-1}$ produjo respuestas semejantes a las producidas por las fuentes inorgánicas para las anteriores variables (Saha *et al.,* 2005 citado en Aishwath y Tarafdar, 2009). En *Ocimum gratissimum* también se han realizado estudios sobre la aplicación de fertilizantes orgánicos a base de estiércol de oveja para determinar el incremento de la biomasa y el rendimiento y calidad de los aceites esenciales. Biasi *et al.* (2009) reportan que las plantas abonadas con 80 $t \cdot ha^{-1}$ presentan la mayor cantidad de flores y biomasa fresca y seca total comparada con los tratamientos control sin abonamiento. Adicionalmente se observó que la composición de aceites esenciales fue similar para todas las dosis de fertilización orgánica (40, 80 y 120 $t \cdot ha^{-1}$).

3.5. Importancia del nitrógeno en las plantas y su proceso de mineralización.

La dinámica de los nutrientes minerales es una de las funciones fundamentales del metabolismo vegetal y determina en gran medida la productividad y las respuestas de las plantas a los cambios en los factores ambientales. En condiciones naturales la cantidad de nutrientes disponibles es siempre limitada, por lo que las plantas deben tratar de reciclar, reducir las pérdidas y maximizar la eficiencia de su uso para así conseguir una máxima producción de biomasa (Escudero y Mediavilla, 2003).

En el caso de algunos nutrientes la asimilación, además de la costosa inversión en raíces, implica un gasto energético directo, de modo que se pueden esperar mayores interacciones entre estos nutrientes y el carbono. Puede decirse, entonces, que las plantas tienen que utilizar los nutrientes para fijar más carbono y emplear luego el carbono para adquirir más nutrientes (Chapin et al., 1987). El nitrógeno es uno de los elementos más importes para la planta cuya asimilación implica

normalmente un gasto energético asociado a su reducción. Este juega un papel importante, ya sea directa o indirectamente, en procesos como el crecimiento y senescencia foliares y la determinación de los componentes del rendimiento, los que se definen en diferentes etapas del ciclo del cultivo. Sus deficiencias puntuales durante los estadios críticos de estos procesos podrían afectar de manera diferencial el crecimiento y rendimiento. (Merrien, 1992 citado en Sosa *et al*., 1999).

El nitrógeno total está compuesto del nitrógeno mineral y el nitrógeno orgánico. Las formas de nitrógeno que pueden ser absorbidas por las raíces son el nitrógeno amoniacal y en forma nítrica los cuales componen el nitrógeno mineral. La mineralización de N es la conversión de compuestos orgánicos nitrogenados a formas minerales inorgánicas de N a través de la respiración aeróbica o anaeróbica de los microorganismos (*Porta et al.,* 1994). Este proceso tiene 3 fases: aminificación, amonificación y nitrificación. En la primera fase, los microorganismos transforman las aminas y aminoácidos. En la amonificación, los microorganismos transforman las aminas y aminoácidos en compuestos amoniacales. Si las condiciones son anaeróbicas, el nitrógeno permanece en la forma de amonio (NH_4^+) pero si las condiciones son aeróbicas, la fase de nitrificación convierte ese NH_4^+ en nitrato (NO_3^-) proceso que es llevado a cabo principalmente por las bacterias quimio-autótrofas de género Nitrosomonas y Nitrobacter (Cerrato *et al.*, 2007).

Existen diversas condiciones particulares que afectan al proceso de mineralización. Huffman *et al*., (1996) citado en Cerrato *et al*. (2007) indican que la actividad microbiana, principal causante de la mineralización en los suelos, está controlada por la relación C:N del material, el contenido y disponibilidad de agua, el intercambio gaseoso de O_2 y de C O_2 y los efectos físicos de la textura del suelo. La relación C:N es un factor muy importante dentro de la mineralización, ya que los contenidos de C y N son esenciales para la vida y la reproducción de los miroorganismos. Si la relación excede 25, los microorganismos degradarán la materia orgánica si hay suficiente N disponible en el medio, causando una inmovilización temporal de ese N. Si la relación C:N es muy alta (100 o más), la degradación de la materia orgánica puede llegar a detenerse. Cuando la relación se encuentra entre 20 y 25 ambos procesos, mineralización e inmovilización (paso de N inorgánico a orgánico) estarán ocurriendo, donde finalmente liberarán N al llegar a un equilibrio determinado (Brady y Weil, 1999 citados en Cerrato, 2007).

Por otro lado la nitrificación la tasa de nitrificación en los suelos es fuertemente dependiente de la temperatura, el contenido de agua, el pH y el potencial osmóticos del suelo (Cabrera, 2007). El pH del suelo tiene un efecto fuerte en esta tasa, pues esta se detiene una vez que los valores de pH caen debajo de 4.5 o se incrementan arriba de 9 (Anthonisen *et al*., 1976 citado en Cabrera, 2007).

La mineralización y la nitrificación en el suelo a veces son procesos lentos, por lo que suelen predominar las formas orgánicas y reducidas, disminuyendo la abundancia en el suelo en el sentido: N orgánico soluble > amonio > nitrato. Por tanto, la capacidad para absorber N orgánico puede ser muy importante para la nutrición de las plantas (Aerts y Chapin, 2000 citados en Escudero y Mediavilla, 2003). La forma de absorción tiene una gran influencia en los costes de asimilación. El costo de la incorporación del nitrógeno a las moléculas orgánicas se reduce en el sentido N orgánico < amonio < nitrato. El costo de asimilación del nitrato es especialmente elevado, pudiendo representar hasta el 15% del presupuesto energético total de la planta (Chapin et al., 1987). Sin embargo, cuando la luz no es limitante, puede utilizarse parte del exceso de poder reductor para reducir el nitrato en los cloroplastos, de modo que si la asimilación se lleva a cabo en los órganos fotosintéticos, el coste puede llegar a ser prácticamente despreciable (Poorter, 1994 citado en Escudero y Mediavilla, 2003). En cambio, el amonio, por su carácter tóxico, debe asimilarse forzosamente en la raíz, por lo que no se puede aprovechar para su asimilación el exceso de poder reductor generado en las hojas. De todas formas, la reducción del nitrato parece que también se hace muy a menudo en la raíz, sobre todo en plantas leñosas (Gojon et al., 1994 citado en Escudero y Mediavilla, 2003), de modo que probablemente su asimilación es casi siempre costosa en términos energéticos.

Por otro lado el nitrógeno atmosférico, que es su mayoría se encuentra como N_2, puede ser fijado en el suelo mediante reacciones que permiten la transformación de esta forma de N en amoniaco (NH_3) o nitrato (NO_3^-). Este proceso es llevado por bacterias presentes en el suelo en donde algunas de ellas forman asociaciones simbióticas en los nódulos las raíces de plantas generalmente leguminosas. Las bacterias que forman este tipo de asociaciones son del género *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Photorhizobium, Rhizobium*, y *Sinorhizobium.* La fijación del N por esta vía es entonces otra forma de obtener N mineral en el suelo disponible para la planta (Taiz y Zeiger, 2006). Sin embargo, el costo energético de este mecanismo es aún más elevado que el de

la reducción del nitrato, pudiendo representar del orden del 25 al 40% del rendimiento energético de la fotosíntesis (Chapin et al., 1987).

La vía por la que el N es devuelto a la atmósfera es el proceso de denitrificación llevado a cabo por las bacterias denitrificantes las cuales tienen la capacidad reducir el nitrato o nitrito a N_2O o N_2 en ausencia de oxígeno. Esto hace que el nitrógeno mineral disponible para la absorción de las plantas sea emitido de nuevo a la atmósfera y por consiguiente perdido en términos de su solubilidad en el suelo (Rich *et al.,* 2003).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Localización

Este trabajo se realizó desde Marzo de 2009 a Enero de 2010 (10 meses) en el Campus Nueva Granada de la Universidad Militar Nueva Granada, donde se ubica la Facultad de Ciencias (Figura 12). Localizada en Cajicá (Cundinamarca), a 39 km de Bogotá, en el kilómetro 3 de la vía Cajicá-Zipaquirá de la carretera 45A. El Campus se encuentra a una longitud de 74° 00.552´O, una latitud de 4° 56.543´ N y una altura de 2580 msnm; una temperatura media de 13 °C, humedad relativa promedio de 82% y una precipitación anual de 627 mm para el año 2009.

Figura 12. Laboratorio de Horticultura (LH) del Campus Nueva Granada (CNG). Facultad de Ciencias UMNG. Tomado de UMNG, 2010.

Este trabajo fue realizado en el Laboratorio de Horticultura (bajo invernadero) y durante el mismo la temperatura media fue de 17 °C, una temperatura máxima promedio de 39 °C y una mínima promedio de 6 °C (Figura 13). En promedio la humedad relativa media fue de 68%, la HR máxima promedio de 93% y una HR mínima promedio de 24% (Figura 14).

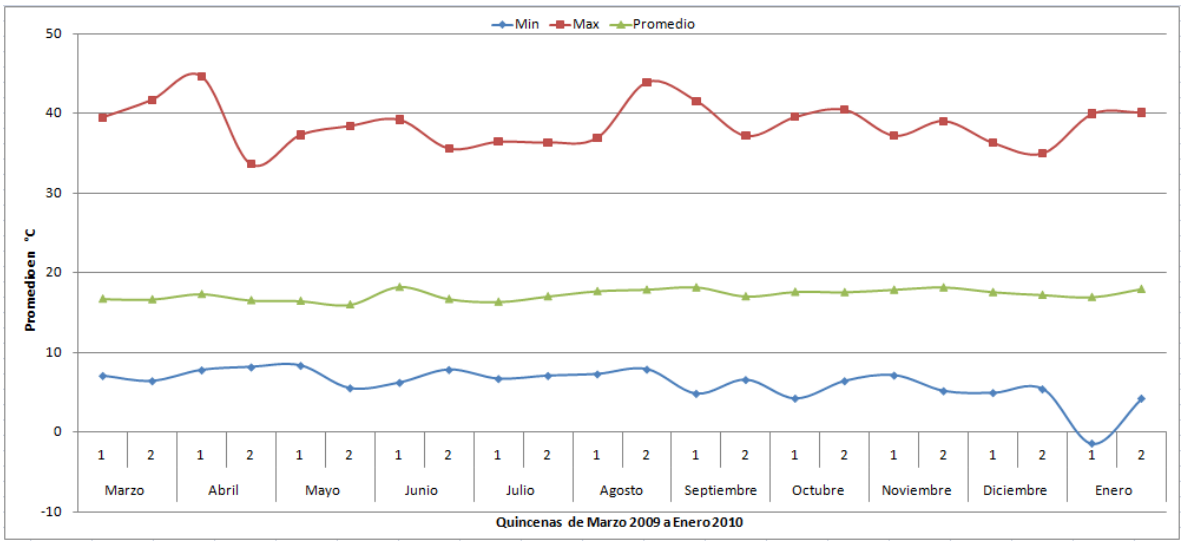


Figura 13. Promedios quincenales de temperatura media, máxima y mínima en el Laboratorio de Horticultura durante el periodo de Marzo de 2009 a Enero de 2010 registrados con un Hobo U10 Temp/HR Datalogger.

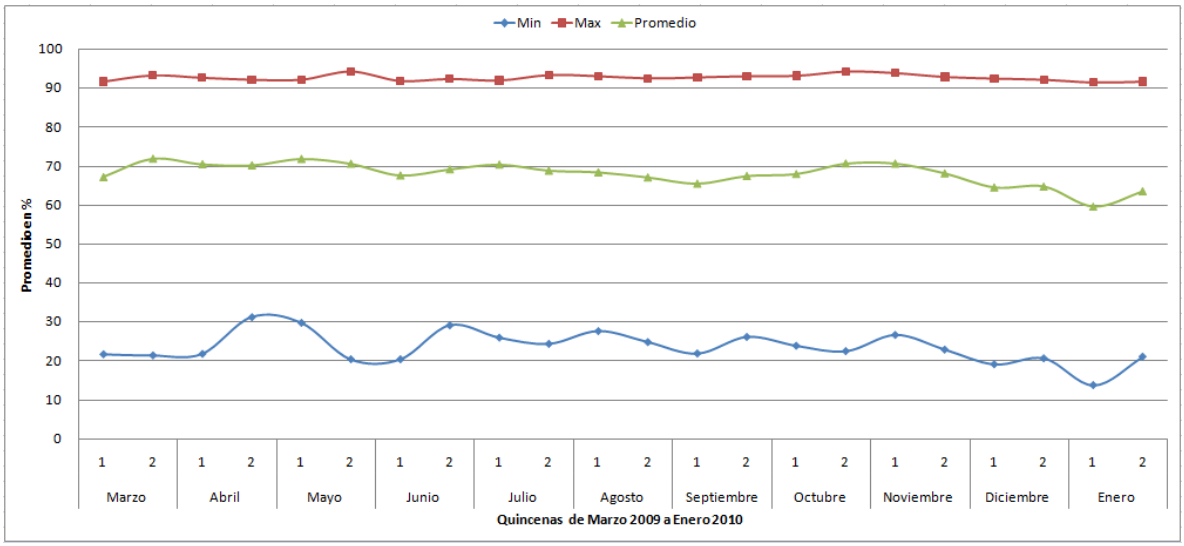


Figura 14. Promedios quincenales de humedad relativa media, máxima y mínima en el Laboratorio de Horticultura durante el periodo de Marzo de 2009 a Enero de 2010 registrados con un Hobo U10 Temp/HR Datalogger.

4.2. Unidades Experimentales

Cada unidad experimental constó de una matera de 3 kg con una plántula de orégano o tomillo. Se utilizaron 60 plantas de Tomillo variedad De Castilla propagadas por la Asociación de Productores de Plantas Aromáticas de Zipaquirá (ASOPRAZ) y 60 plantas de Orégano variedad Inglés propagadas por el método de división de plantas de un año de edad (Hartmann *et al.,* 2002). El sustrato empleado en las materas correspondió a suelo del primer horizonte de una finca ubicada en la vereda Río Frío Zipaquirá (Cundinamarca) (Tabla 1H Y 2H Anexo 8) y cascarilla de arroz en una relación 1:1. Las unidades experimentales fueron dispuestas al azar en dos filas por especie en una nave del invernadero de Horticultura (Figura 15). Seis meses después del inicio del ensayo las plantas fueron trasplantadas a materas de 5 kg (Figura 16).

A una unidad experimental por especie se le instaló un tensiómetro Irrometer modelo R de 6" y 12" para el tomillo y orégano respectivamente para monitorear la tensión con la que el agua está retenida en el suelo y así establecer la cantidad y frecuencia de riego (Figura 17) (Goyal *et al.,* 2007). Por semana en promedio se realizaron dos riegos dependiendo de la lectura del tensiómetro (≥ 30 cb) y el tiempo atmosférico. Una vez establecidas las plantas se dejaron en un periodo de establecimiento de cuatro meses, se realizó una poda de uniformización y se aplicó en dos ocasiones una solución nutritiva estándar a todos los tratamientos de las dos especies antes de la primera aplicación de los fertilizantes orgánicos.

Figura 15. Disposición al azar de las unidades experimentales bajo invernadero de Tomillo y Orégano. Tomado por: Delgado y Padilla, 2009.

Figura 16. Detalle de las unidades experimentales de Tomillo (izq.) y Orégano (der.).
Tomada por: Delgado y Padilla, 2009.

Figura 17. Detalle de la instalación del tensiómetro en una unidad experimental de tomillo.
Tomada por: Delgado y Padilla, 2009.

4.3. Diseño Experimental

Se establecieron 15 tratamientos cada uno con cuatro repeticiones o unidades experimentales. Dos correspondieron a los Controles absoluto y relativo y en los trece restantes se realizó

abonamiento orgánico. El Control absoluto tuvo únicamente la aplicación del agua de riego sin ningún tipo de abonamiento adicional. Por su parte el Control relativo se basó en la aplicación de la Solución No 2 de Arnon y Hoagland usada como control químico para un volumen de 200 L con la adición de 100 g de TIMSEN ^{TM} para evitar la proliferación de algas (Biologics Products S.A. de C.V., 2010) (Tabla 1E Anexo 5). Para los tratamientos de abonamiento orgánico se utilizaron abonos de preparación local y comercial, solos y en combinación con inoculación de caldos microbianos. Los abonos locales empleados fueron bocashi y lombricompost local, preparados en el Campus Nueva Granada (CNG) y en la Finca Campo de Animas de Zipaquirá respectivamente, y los abonos comerciales compost Soil-Aid® y lombricompost San Rafael® fueron adquiridos en distribuidores de agroinsumos de la región. Los inoculantes de microorganismos usados fueron el caldo comercial Agroplux (EM)® distribuidos por Fundases y el caldo de preparación local CIAO, el cual fue elaborado en el CNG. Una descripción y caracterización de los abonos empleados se presenta en el siguiente numeral.

Dado que el orégano y el tomillo son especies que extraen altas cantidades de nitrógeno del suelo por la abundante biomasa que se cosecha de ellas y por la frecuencia de las cosechas (Pérez y Pedraza, 2010), y que este es el elemento cuya carencia limita el crecimiento y la productividad de estas plantas (Morales y Suárez, 2009; Vargas, 2009), para la dosificación de todos los abonos empleados en los diferentes tratamientos se consideró su contenido. Ya que según Gómez (2000), la gallinaza es considerada como el abono orgánico con mayor aporte de nitrógeno, todos los tratamientos de abonamiento orgánico se complementaron con Gallinaza Extra Abonavi ®(Tabla 1A Anexo 1). Los caldos microbianos fueron incluidos en los diferentes tratamientos como complemento a la fertilización de fondo procedente de los abonos sólidos según lo sugerido por Arias *et al.* (2009).

Los tratamientos fueron aplicados directamente al sustrato de cada planta. Para el caso de los abonos orgánicos la frecuencia de abonamiento fue cada dos meses, efectuándose dos semanas después de cada corte o cosecha (González y Romero, 2009). Para el Control relativo (T2), la frecuencia de fertilización fue semanal ajustando la cantidad de solución nutritiva de acuerdo a los requerimientos de las plantas (Pérez y Pedraza, 2010). En el caso del Control absoluto (T1) únicamente se aplicó el agua de riego dependiendo la lectura del tensiómetro.

Para cada tratamiento de abonamiento orgánico se evaluaron tres dosis. La primera dosis probada se estableció calculando la cantidad de cada abono necesaria para compensar la extracción de nitrógeno de cada planta. Para los abonos de preparación local se consideró el nitrógeno disponible reportado en los análisis de laboratorio y para los abonos comerciales se tomó el nitrógeno total obtenido de su ficha técnica (Anexo 1). Para la segunda dosis se consideró el contenido de nitrógeno total tanto para los abonos locales como para los comerciales y para la tercera dosis se decidió incrementar la cantidad de abono en todos los tratamientos orgánicos triplicando la segunda dosis. Los cálculos de las dosificaciones se encuentran en el Anexo 2.

En las Tablas 5 y 6 se presentan los diferentes tratamientos evaluados para tomillo y orégano y se indican las tres dosis aplicadas para cada especie. Los aportes de macro y micronutrientes de los tratamientos evaluados en cada dosis se encuentran en el Anexo 10.

Tabla 5. Tratamientos de fertilización y abonamiento evaluados sobre Tomillo (*Thymus vulgaris*) en g/planta.

	TRATAMIENTO	DOSIS 1	DOSIS 2	DOSIS 3
1	Control Absoluto (Sin abono)	0	0	0
2	Control Relativo (Químico)	120 mL	120 mL	120 mL
3	Gallinaza	27.66	27.66	82.98
4	Gallinaza + Bocashi	13.83 + 528.48	13.83 + 14.49	41.49 + 43.47
5	Gallinaza + Lombricompost	13.83 + 542.45	13.83 + 16.42	41.49 + 49.26
6	Gallinaza + Soil aid	13.83 + 13.68	13.83 + 13.68	41.49 + 41.04
7	Gallinaza + San Rafael	13.83 + 20.53	13.83 + 20.53	41.49 + 61.59
8	Gallinaza + Bocashi + EM	13.83 + 528.48	13.83 + 14.49	41.49 + 61.59
9	Gallinaza + Lombricompost + EM	13.83 + 542.45	13.83 + 16.42	41.49 + 61.59
10	Gallinaza + Soil aid + EM	13.83 + 13.68	13.83 + 13.68	41.49 + 61.59
11	Gallinaza + San Rafael + EM	13.83 + 20.53	13.83 + 20.53	41.49 + 61.59
12	Gallinaza + Bocashi + CIAO	13.83 + 528.48	13.83 + 14.49	41.49 + 61.59
13	Gallinaza + Lombricompost + CIAO	13.83 + 542.45	13.83 + 16.42	41.49 + 61.59
14	Gallinaza + Soil aid + CIAO	13.83 + 13.68	13.83 + 13.68	41.49 + 61.59
15	Gallinaza + San Rafael + CIAO	13.83 + 20.53	13.83 + 20.53	41.49 + 61.59

Tratamientos con EM se les adicionó 1 mL/planta y Tratamientos con caldo CIAO 0.4 mL/planta.

Tabla 6. Tratamientos de fertilización y abonamiento evaluados sobre Orégano (*Origanum vulgare*) en g/planta.

	TRATAMIENTO	DOSIS 1	DOSIS 2	DOSIS 3
1	Control Absoluto (Sin abono)	0	0	0
2	Control Relativo (Químico)	500 mL	500 mL	500 mL
3	Gallinaza	101	101	303
4	Gallinaza + Bocashi	50.5 + 1930	50.5 + 52.9	151.5 + 158.7
5	Gallinaza + Lombricompost	50.5 + 1981.1	50.5 + 60	151.5 + 180
6	Gallinaza + Soil aid	50.5 + 50	50.5 + 50	151.5 + 150
7	Gallinaza + San Rafael	50.5 + 75	50.5 + 75	151.5 + 225
8	Gallinaza + Bocashi + EM	50.5 + 1930	50.5 + 52.9	151.5 + 158.7
9	Gallinaza + Lombricompost + EM	50.5 + 1981.1	50.5 + 60	151.5 + 180
10	Gallinaza + Soil aid + EM	50.5 + 50	50.5 + 50	151.5 + 150
11	Gallinaza + San Rafael + EM	50.5 + 75	50.5 + 75	151.5 + 225
12	Gallinaza + Bocashi + CIAO	50.5 + 1930	50.5 + 52.9	151.5 + 158.7
13	Gallinaza + Lombricompost + CIAO	50.5 + 1981.1	50.5 + 60	151.5 + 180
14	Gallinaza + Soil aid + CIAO	50.5 + 50	50.5 + 50	151.5 + 150
15	Gallinaza + San Rafael + CIAO	50.5 + 75	50.5 + 75	151.5 + 225

Tratamientos con EM se les adicionó 1 mL/planta y Tratamientos con caldo CIAO 0.4 mL/planta.

4.4. Variables evaluadas y Análisis estadístico

Para la valoración del efecto de cada uno de los tratamientos de abonamiento y sus respectivas dosis, se efectuó un corte o cosecha. Estas se realizaron cada 9 semanas siendo la primera en Septiembre, la segunda en Noviembre y la tercera en Enero. Las cosechas se efectuaron en horas de la mañana cuando las plantas se encontraban turgentes y se emplearon tijeras de podar manuales debidamente desinfectadas. La cosecha correspondió a la poda del material vegetativo de cada planta a la altura de 5 cm evitando que el corte fuera a ras de piso (Bareño, 2006; Assured Produce, 2009). En la Figura 18 se muestra una unidad experimental después de la poda.

Figura 18. Unidad experimental una vez realizada la poda. Tomada por: Delgado y Padilla, 2009

Se inspeccionaron todos los tallos cortados en la cosecha de cada unidad experimental y fueron clasificados en dos categorías según su longitud: los tallos de orégano mayores a 8 cm y los de tomillo mayores a 12 cm se clasificaron como calidad exportación, mientras que los inferiores a estas longitudes se consideraron como calidad nacional (Figura 19) (Montaño, 2008; Muñoz, 2008; Trujillo, 2008). Una vez clasificados todos los tallos se tomó el peso fresco para cada categoría de calidad empleando una balanza Precisa modelo CUT4060 (Figura 20). Posteriormente, se midió la longitud de aquellos tallos de calidad exportación para las dos especies. Finalmente, tanto los tallos de calidad nacional como los de calidad exportación, fueron secados en una estufa universal Memmert UNE-400 durante 72 horas a 70 °C para así obtener el peso seco de las muestras.

Para el caso del tomillo se ensayaron las tres dosis propuestas, mientras que para el orégano solo se pudieron evaluar dos. La tercera cosecha del orégano no fue posible obtenerla debido a que aproximadamente la mitad de la unidades experimentales no rebrotaron o se vieron severamente afectadas por marchitamiento a causa, probablemente, de un incremento substancial tanto en la salinidad del agua de riego como en la temperatura media (Figura 21).

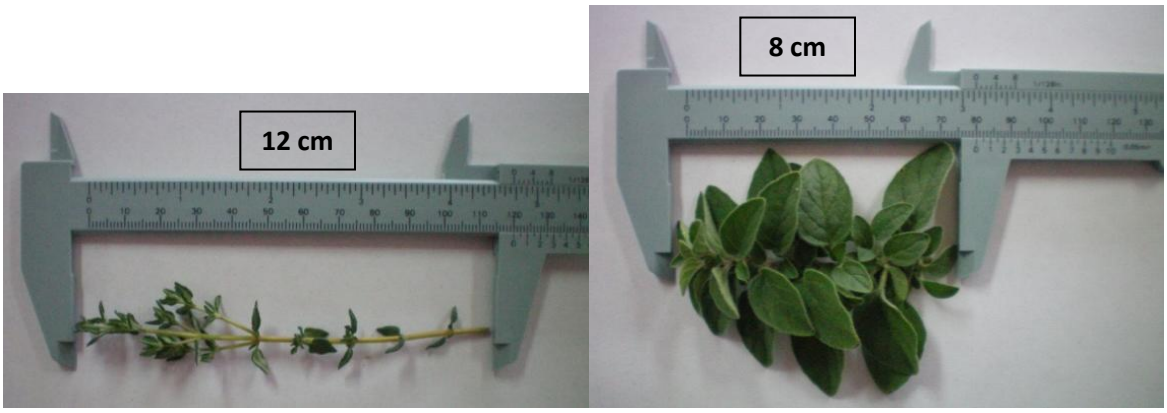


Figura 19. Medición de los tallos calidad exportación según longitud de tallos en Tomillo y Orégano. Tomada por: Delgado y Padilla, 2009.

Figura 20. Medición del peso de tallos cosechados. Tomada por: Delgado y Padilla, 2009.

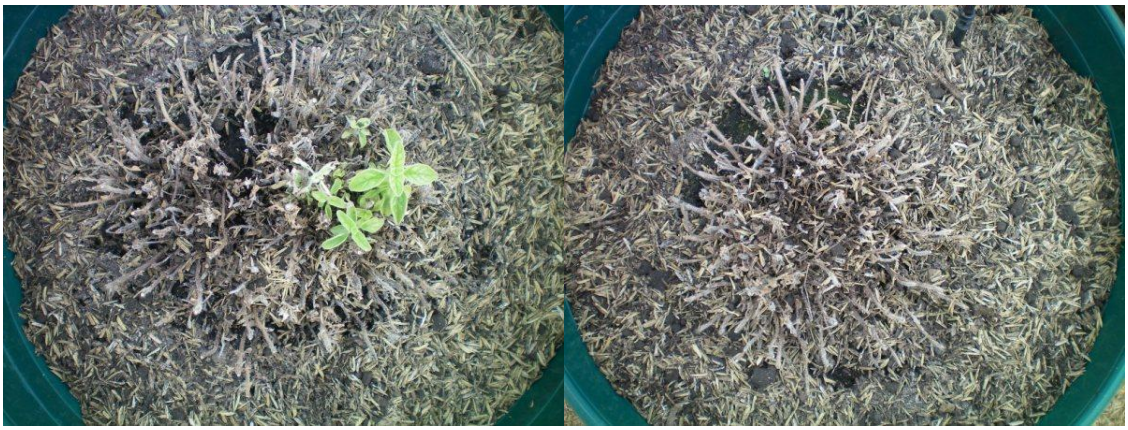


Figura 21. Unidades experimentales de orégano afectadas. Tomada por: Delgado y Padilla, 2009.

Las variables sobre las que se realizó el análisis estadístico para ambas especies fueron: peso fresco total, peso fresco exportación, peso seco total y longitud de los tallos calidad exportación. Se realizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo, que evaluó el efecto de los tratamientos, las cosechas y la interacción entre los tratamientos para cada cosecha. En los casos donde la interacción tratamiento/cosecha fue significativa, se procedió a utilizar la opción sliced del programa SAS 9.2 para identificar el comportamiento de esta significancia y hacer pruebas de comparación de T entre tratamientos para cada cosecha. Para los casos donde no hubo interacción se utilizó la prueba de comparación múltiple Student-Newman-Keuls (SNK) para la comparación de promedios de los tratamientos y la prueba de T protegida por Fisher para los promedios de cosecha. Para la variable peso fresco exportable en tomillo fue necesario realizar la transformación de raíz cuadrada ($\sqrt{\text{peso} + 0.05}$), con el objetivo de que los residuales tuvieran un comportamiento bajo la distribución normal.

Los mejores tratamientos se determinaron comparándolos estadísticamente con respecto a los tratamientos Control absoluto (sin abonamiento) y Control relativo (con fertilización química) (T1 y T2 respectivamente). Así, los promedios de los tratamientos significativamente mayores a T1 y que tuvieron un efecto positivo en los promedios de cada variable evaluada, permiten inferir y/o asumir que hay una respuesta por parte de la planta a la fertilización dada por estos. Aquellos significativamente iguales a T2 fueron considerados los mejores, pues al tener como referente el tratamiento que más produce, aquel que no presentó diferencias estadísticas con este pudo considerarse como un buen tratamiento en función a la respuesta de la planta.

4.5. Descripción de los abonos orgánicos evaluados

4.5.1 Abonos Locales

El Caldo CIAO y el Compost local se prepararon en el CNG, Cajicá de la Universidad Militar Nueva Granada. Todos los insumos o materias primas utilizadas en la elaboración del Caldo CIAO y el Bocashi están incluidas en la normatividad Japanese Agricultural Standard of Organic Agricultural Products (JAS), la norma del Programa Nacional Orgánico del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA – NOP), la de la Unión Europea y la norma Colombiana Resolución No. 00074 de 2002 (MADR, 2002; USDA, 2007).

El caldo CIAO se realizó modificando la preparación propuesta por Espinosa y Rodríguez (2003), ya que Restrepo (2000) establece que se pueden llevar a cabo transformaciones de las fórmulas originales con el fin de obtener diferentes resultados bajo combinaciones que no se han desarrollado para las condiciones y necesidades del productor. En el caldo CIAO no fueron adicionados los sulfatos de elementos menores pues estaban en exceso tóxico (Arias *et al.,* 2009). Para este estudio, se realizaron dos lotes del caldo CIAO, el primero para Mayo de 2009 el cual se usó para el primer y segundo abonamiento, y el segundo para Octubre del mismo año usado en la tercera aplicación. Aproximadamente cada tres días se le adicionaron los materiales según el procedimiento diario y se revolvía para obtener una mezcla uniforme, con lo cual a los 37 días de iniciadas las adiciones de los materiales, el caldo se encontraba listo para ser usado (Figura 22). Para más detalles de la preparación ver Tablas 1C y 2C Anexo 3.

Figura 22. Proceso de elaboración del caldo CIAO. Derecha a Izquierda: Inicio, mitad y finalización del proceso. Tomado por: Pedraza, 2009.

Para el Compost local se prepararon dos lotes la primera en Mayo y la segunda en Octubre de 2009. El primer lote fue usado para la primer y segunda aplicación y el segundo lote para la tercera. La receta usada se construyó a partir de recomendaciones de varios autores: Cogger y Kropf, 2001; Franco *et al.,* 2002; López, 2002; Bongcam, 2003; Carrizosa *et al.,* 2004; FHJC, 2004; Picado y Añasco, 2005 y Ramírez, 2005. En la sección de compostaje se ubicaron los materiales usados para la preparación del Bocashi en las cantidades que se muestran en la Tabla 1D Anexo 4. A la preparación no se le adicionó ceniza porque fue un material de difícil consecución en el momento de la preparación. No se le agregó sulfato de potasio pues según el análisis del suelo utilizado en las unidades experimentales las relaciones iónicas indican que el suelo no presenta deficiencias de potasio (González *et al.,* 2008) (Tablas 1H y 2H Anexo 8). Aunque el análisis de suelo indica que el fosforo esta en bajas cantidades, solo se adicionó la mitad de la cantidad propuesta de roca fosfórica debido a que dentro de los insumos utilizados en la preparación hay otras fuentes que lo aportan y también a que este elemento a pH ácidos y en suelos arcillosos tienden a formar fosfatos de hierro, aluminio y calcio los cuales son insolubles y de esta manera no son disponibles para la planta (Fassbender y Bornemisza, 1987; González *et al.*, 2008) (Tabla 1H Anexo 8).

Se realizó el procedimiento de preparación durante el cual la pila se mantuvo protegida con un plástico y lonas. Durante el proceso las temperaturas de las pilas tuvieron un promedio de 32 y 34 °C, una temperatura máxima 53 y 58 °C, y una mínima de 16 y 22 °C respectivamente para cada una de las fechas de preparación. Después de 30 días se obtuvo una pila que fue tamizada, donde la fracción más fina se empacó en costales y fue usada posteriormente (Figura 23) (Tabla 2D Anexo 4).

Figura 23. Preparación del Compost local Bocashi. Tomada por: Pedraza, 2009.

El lombricompost local fue producido en la Finca Campo de Animas de Zipaquirá ubicada en el Sector Puyón de la Vereda San Jorge, cuya propietaria es la Ing. Maribel Muñoz, productora de ASOPRAZ. El abono usado fue el producto tamizado de los exudados y excretas de lombrices rojas californianas alimentadas con desechos de cocina, excretas animales y residuos de cosecha sin ningún proceso previo a su preparación. Igualmente se emplearon dos lotes de este, el primero para la primera y segunda aplicación y el segundo para la tercera.

4.5.2. Abonos comerciales

Los abonos comerciales empleados en los tratamientos fueron la Gallinaza Extra Abonavi®, Compost Comercial Soil-aid®, Abono Orgánico de Lombriz San Rafael y el Agroplux. Durante el ensayo solo se usó un lote de cada uno, exceptuando el Agroplux que fue comprado para cada aplicación.

La gallinaza Abonavi, usa como fuente una mezcla física de gallinaza de jaula compostada y carbonato de calcio. Está compuesto 100% de gallinaza de Jaula. Esta materia prima ha tenido un tiempo de maduración de ocho meses para iniciar el proceso y obtener el producto final. Es una gallinaza deshidratada, cernida y molida facilitando su uso, con carbonato de calcio para estabilizar su pH. Este abono cuenta con registro ICA No.2198 garantizando un proceso estandarizado en la elaboración del producto. Su ficha técnica se muestra en la Tabla 1A Anexo 1 (Ganavi, 2009).

El compost comercial Soil-aid®, es un fertilizante y acondicionador orgánico de lenta liberación, en presentación de agregados y formulado para aplicaciones generales en agricultura orgánica o convencional. Al incorporar Soil-aid® se aportan todos los nutrientes y micronutrientes esenciales derivados de fuentes orgánicas y naturales al suelo que se liberan a las raíces sin evaporarse ni lixiviarse. Incluye bacterias benéficas de la rizosfera, hongos benéficos y hongos entomopatógenos, para estimular e incrementar la fertilidad biológica del suelo, ayudar a solubilizar nutrientes que normalmente están presentes en el suelo de forma insoluble y a restaurar el sistema productivo de las raíces. Este producto está autorizado para la agricultura orgánica por Biotrópico y cuenta con registro ICA No 4232 (Geoambiente Ltda., 2008). Su ficha técnica se encuentra en la Tabla 2A Anexo 1.

El Abono Orgánico de Lombriz o lombricompost San Rafael es un producto obtenido mediante un riguroso proceso de producción, que garantiza su sanidad y calidad, puede ser usado en Agricultura orgánica y en Agricultura convencional, mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo, aportando además de sustancias húmicas, microorganismos benéficos al suelo. Se desarrolla mediante un proceso denominado de doble ciclo (Humus de Lombriz San Rafael, 2009). Las características de este producto y su composición química se encuentran en el Tabla 3A Anexo 1.

Por último, el Agroplux es un cultivo líquido de microorganismos compuesto de diversas especies de bacterias, hongos y levaduras, actinomicetos nativos de Colombia, producidos mediante fermentación con el fin de devolver el componente biótico a los suelos. Dentro de su composición biológica se encuentran bacterias mesófilas aerobias, bacterias ácido lácticas, bacterias fijadoras de nitrógeno, hongos y levaduras (Fundases, 2009). Su composición química se puede ver en la Tabla 4A Anexo 1.

Antes del uso de cada uno de los abonos locales y comerciales, se les realizó un análisis de laboratorio para determinar su composición química y microbiológica. Los resultados de estos análisis se pueden ver en el Tabla 5A Anexo 1 y Tabla 1G Anexo 7.

5. RESULTADOS

5.1. Tomillo

5.1.1. Peso Fresco Total (PFT)

En la primera cosecha los tratamientos no presentaron diferencias significativas en el PFT ($P>0.05$). Para la segunda cosecha el control relativo (T2) y el lombricompost comercial+CIAO (T15) presentaron los mayores promedios siendo diferentes al control absoluto (T1) ($P<0.05$). Aunque el T15 fue menor al tratamiento T2 ($P<0.05$), para esta cosecha estos dos tratamientos fueron considerados como los mejores para esta variable. Por otra parte, el lombricompost local+EM (T9) obtuvo el menor promedio respecto al T1 ($P<0.05$). Los demás tratamientos fueron estadísticamente menores al T2 e iguales al T1 ($P<0.05$ y $P>0.05$ respectivamente). En la tercera cosecha hubo diferencias significativas entre T1 y el T2 ($P<0.05$), siendo este último mayor. El PFT de la gallinaza (T3) y todos los tratamientos de lombricompost comercial (T7, T11, T15) fueron estadísticamente iguales al T2 ($P>0.05$) considerándolos como los mejores tratamientos, teniendo en cuenta que el T11 fue significativamente mayor al T1 pero menor al T2. Por otro lado, el lombricompost local (T5) y el lombricompost local+CIAO (T13) tuvieron PFT menores al T1 ($P<0.05$). Los demás tratamientos presentaron valores iguales al T1 ($P>0.05$) (Figura 24).

Respecto a las cosechas, los tratamientos que presentaron diferencias significativas, siendo la cosecha tres la que obtuvo mayor PFT, fueron el T2, T3, T7, T11 y el T15 ($P<0.05$). Por su parte el T5 y el T13 demostraron un PFT significativamente mayor en la primera cosecha ($P<0.05$). Los tratamientos restantes no presentaron diferencias entre las cosechas ($P>0.05$) (Figura 25).

5.1.2. Peso Fresco Exportación (PFE)

Frente a esta variable, no se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos para la primera cosecha ($P>0.05$). Para la segunda cosecha, los PFE estadísticamente menores a T2 y al mismo tiempo mayores al T1 fueron los T3, T11, T15 y soil-aid (T6) siendo tratamientos que se destacan para esta variable. Los demás tratamientos tuvieron valores iguales al T1 ($P>0.05$). Para la tercera cosecha el T2 tuvo el PFE significativamente mayor al T1 ($P<0.05$). El T3 y T11

presentaron valores iguales al T2 (P>0.05) siendo estos los mejores tratamientos para este caso. Sin embargo el T7, T15, soil-aid+EM (T10) y el soil-aid+CIAO (T14) tuvieron PFE mayores a T1 pero menores a T2, por lo que también se destacan para esta variable. Los otros tratamientos fueron estadísticamente similares al T1 (Figura 26).

En cuanto a las cosechas, ninguno de los tratamientos exceptuando la gallinaza (T3) tuvo diferencias significativas. Este tratamiento fue el que presentó el mayor PFE en la segunda y tercera cosecha (Figura 27).

5.1.3. Peso Seco Total (PST)

Para esta variable, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de la primera cosecha (P>0.05). En la segunda cosecha el T2 tuvo valores de PST mayores al T1 (P<0.05). Los resultados de T3 y T15 fueron mayores al T1 pero menores al T2, siendo éstos aquellos que tuvieron un efecto positivo en esta variable. El T9 mostró valores de PST por debajo del T1 (P<0.05). Los tratamientos restantes obtuvieron PST semejantes al T1 (P>0.05). Para la tercera cosecha el T2 fue mayor al T1 (P<0.05). El T3, T7, T11 y T15 fueron estadísticamente iguales al control relativo siendo estos los mejores tratamientos (P>0.05). Para esta última cosecha se observaron tratamientos que obtuvieron valores significativamente menores al T1 que fueron el T5, T13 y el bocashi+EM (T8) (Figura 28).

Por otro lado, se observaron tratamientos que mostraron diferencias entre cosechas siendo la tercera cosecha en la que presentaron los mayores PST, estos fueron el T2, T3, T7, T11, T14 y T15 (P<0.05). Los tratamientos restantes no presentaron diferencias significativas entre las cosechas (P>0.05) (Figura 29).

5.1.3. Longitud Tallos Calidad Exportación (LTE)

No se presentaron diferencias estadísticas para esta variable ni entre tratamientos ni en la interacción tratamiento-cosecha (Figura 30) (P>0.05). Las diferencias para la LTE se presentaron únicamente entre cosechas siendo similares la primera y la segunda y superiores a lo obtenido en la tercera (Figura 31).

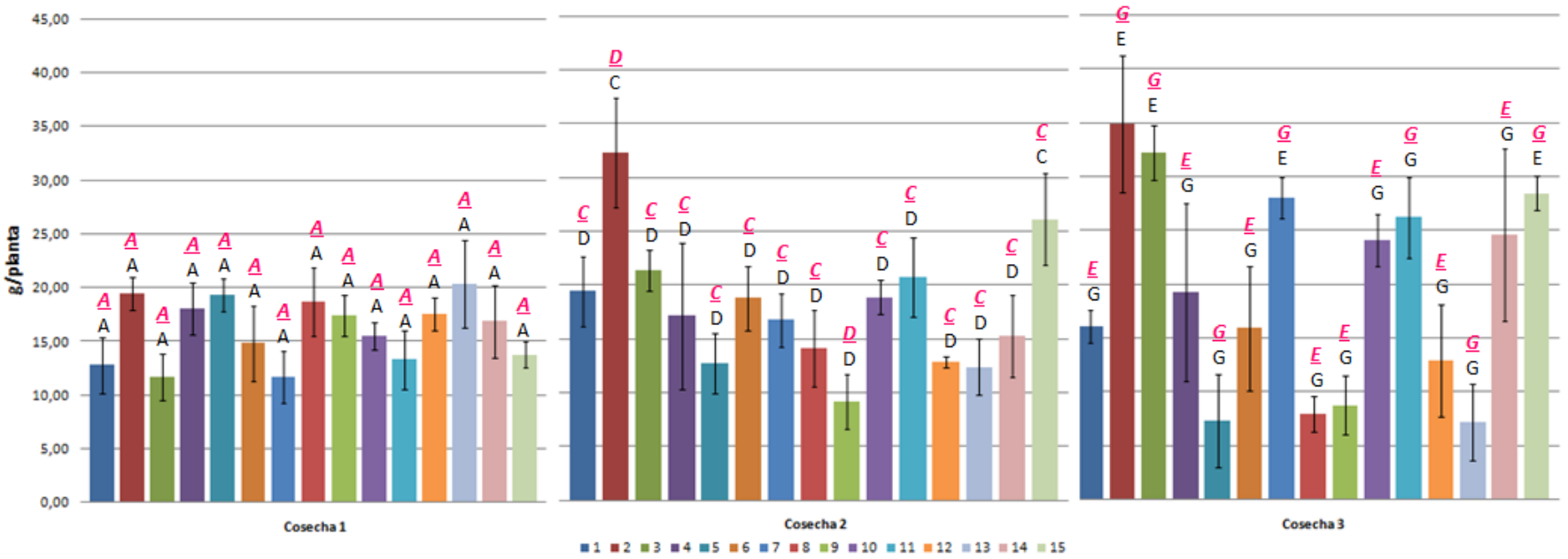
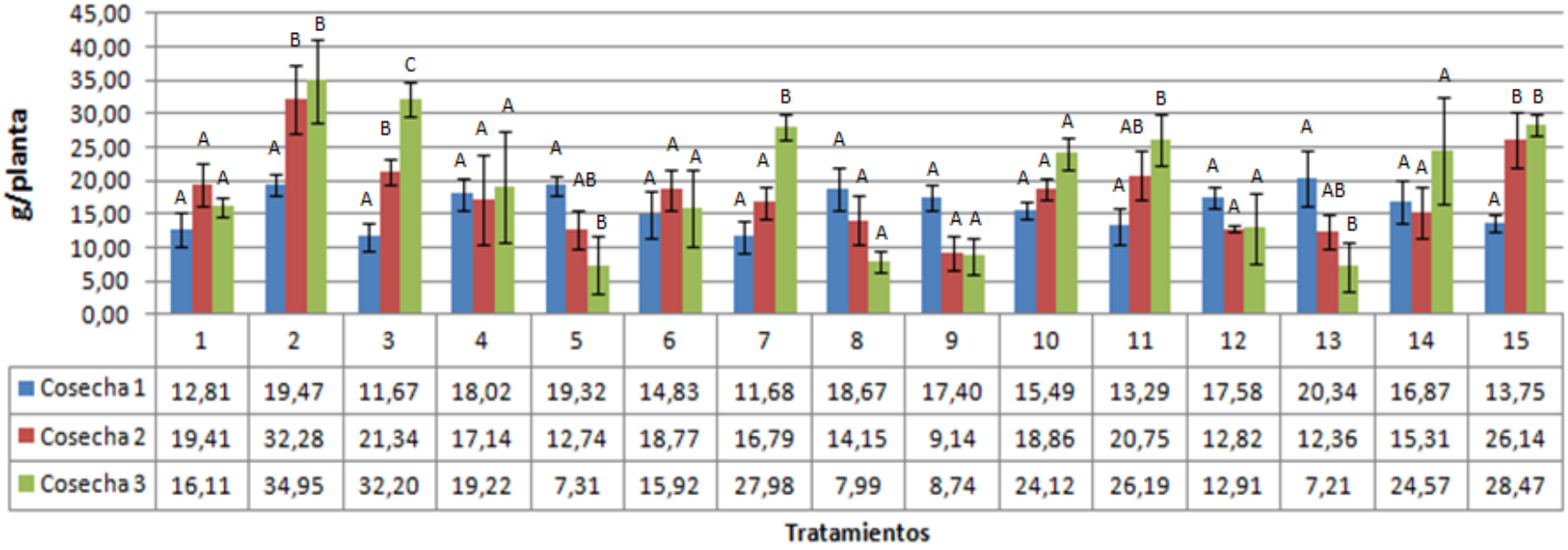


Figura 24. Peso fresco total (PFT) de los tallos cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para las tres cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza+lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompostcomercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas en el PFT obtenidas para cada tratamiento frente al Control Absoluto (T1) y al Control Relativo (T2) en cada cosecha: A y B denotan diferencias para la primera cosecha, C y D para la segunda y E y F para la tercera cosecha; barras (tratamientos) con la misma letra "normal" color negro son estadísticamente iguales al tratamiento T2 y con la misma letra "*itálica subrayada*" color rosado son estadísticamente iguales al tratamiento T1. Las diferencias fueron estimadas bajo la prueba de T protegida por Fisher para cada nivel del factor cosecha (P=0.05).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cosecha 1	12,81	19,47	11,67	18,02	19,32	14,83	11,68	18,67	17,40	15,49	13,29	17,58	20,34	16,87	13,75
Cosecha 2	19,41	32,28	21,34	17,14	12,74	18,77	16,79	14,15	9,14	18,86	20,75	12,82	12,36	15,31	26,14
Cosecha 3	16,11	34,95	32,20	19,22	7,31	15,92	27,98	7,99	8,74	24,12	26,19	12,91	7,21	24,57	28,47

Figura 25. Peso fresco total (PFT) de los tallos cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para cada tratamiento de abonamiento en las tres cosechas. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza+lomb. local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompost comercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas obtenidas entre las cosechas dentro de cada tratamiento: barras (cosechas) con la misma letra son estadísticamente iguales con P=0.05.

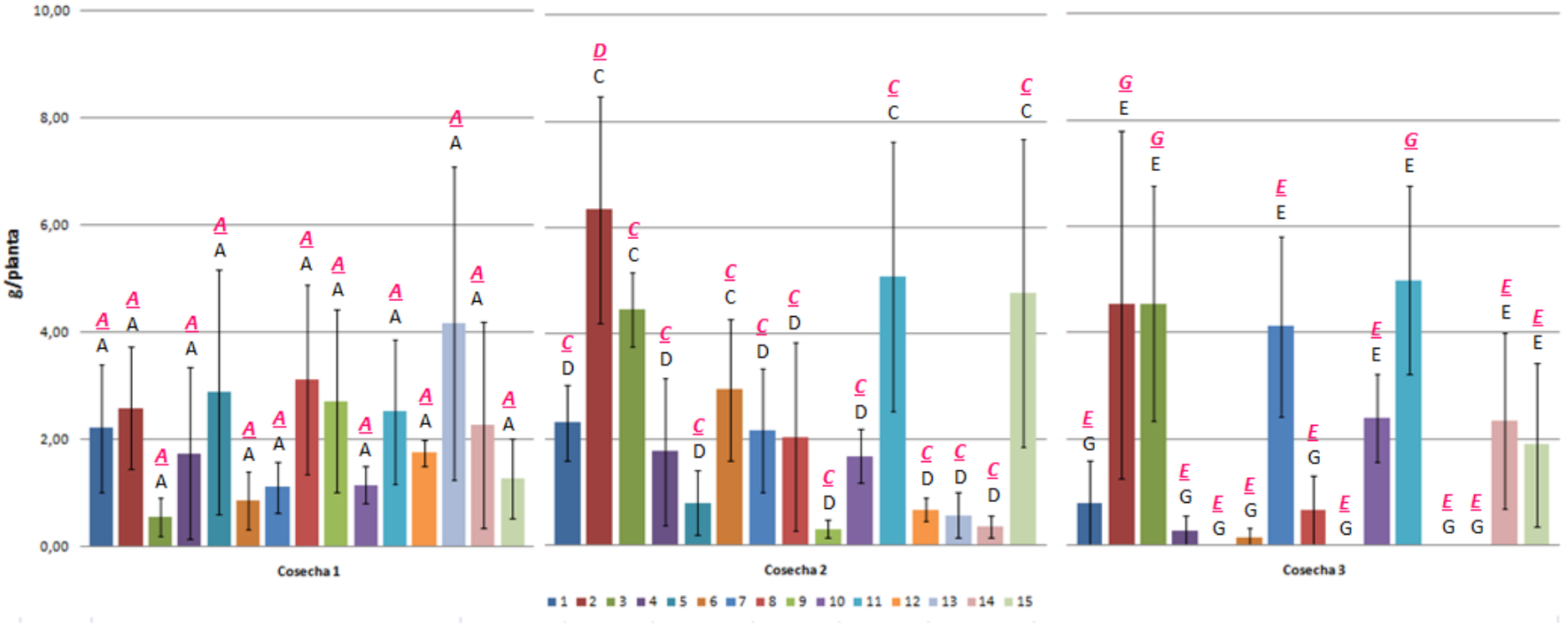
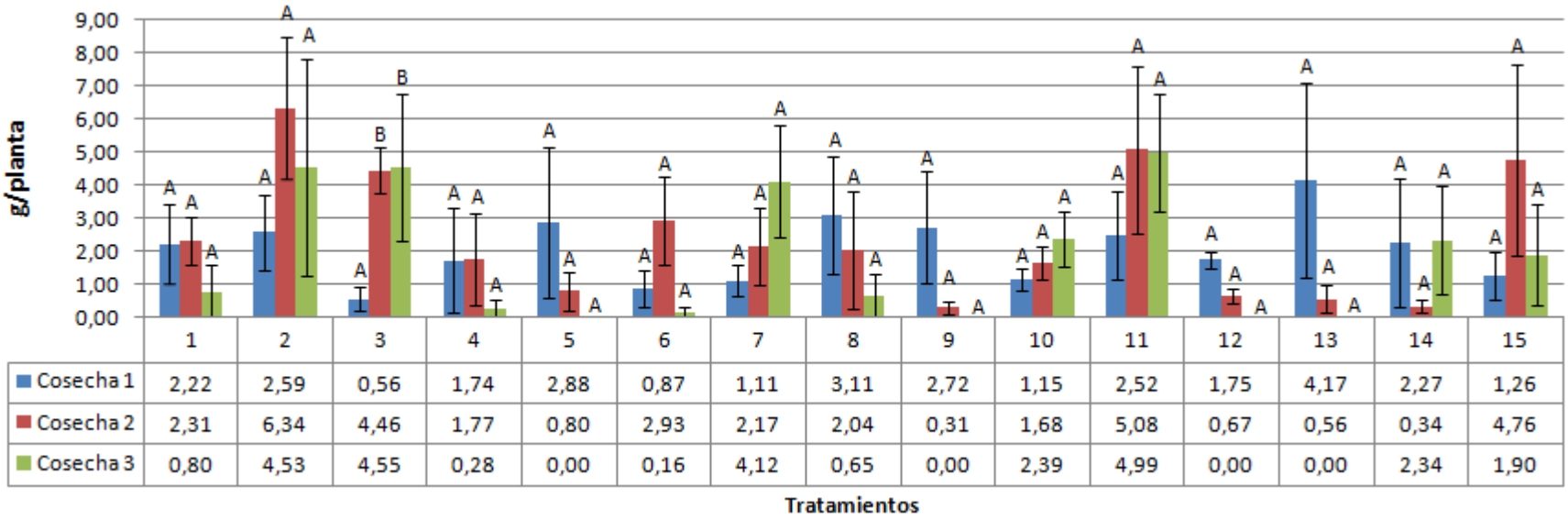


Figura 26. Peso fresco exportación (PFE) de los tallos cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para las tres cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza+lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompostcomercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas en el PFT obtenidas para cada tratamiento frente al Control Absoluto (T1) y al Control Relativo (T2) en cada cosecha: A y B denotan diferencias para la primera cosecha, C y D para la segunda y E y F para la tercera cosecha; barras (tratamientos) con la misma letra "normal" color negro son estadísticamente iguales al tratamiento T2 y con la misma letra "*itálica subrayada*" color rosado son estadísticamente iguales al tratamiento T1. Las diferencias fueron estimadas bajo la prueba de T protegida por Fisher para cada nivel del factor cosecha (P=0.05).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cosecha 1	2,22	2,59	0,56	1,74	2,88	0,87	1,11	3,11	2,72	1,15	2,52	1,75	4,17	2,27	1,26
Cosecha 2	2,31	6,34	4,46	1,77	0,80	2,93	2,17	2,04	0,31	1,68	5,08	0,67	0,56	0,34	4,76
Cosecha 3	0,80	4,53	4,55	0,28	0,00	0,16	4,12	0,65	0,00	2,39	4,99	0,00	0,00	2,34	1,90

Figura 27. Peso fresco exportación (PFE) de los tallos cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para cada tratamiento de abonamiento en las tres cosechas. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 Gallinaza+Bocashi, T5 gallinaza +lomb. local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+em, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompost comercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas obtenidas entre las cosechas dentro de cada tratamiento: barras (cosechas) con la misma letra son estadísticamente iguales con P=0.05.

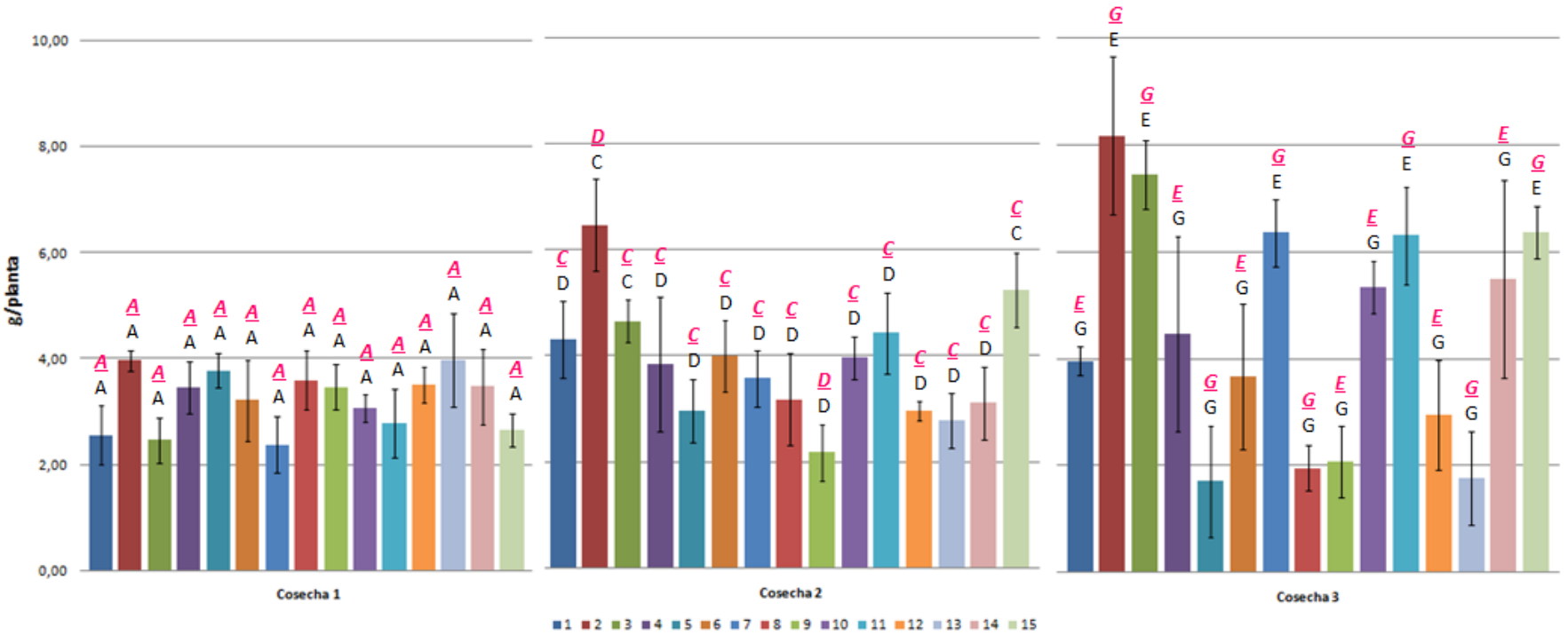
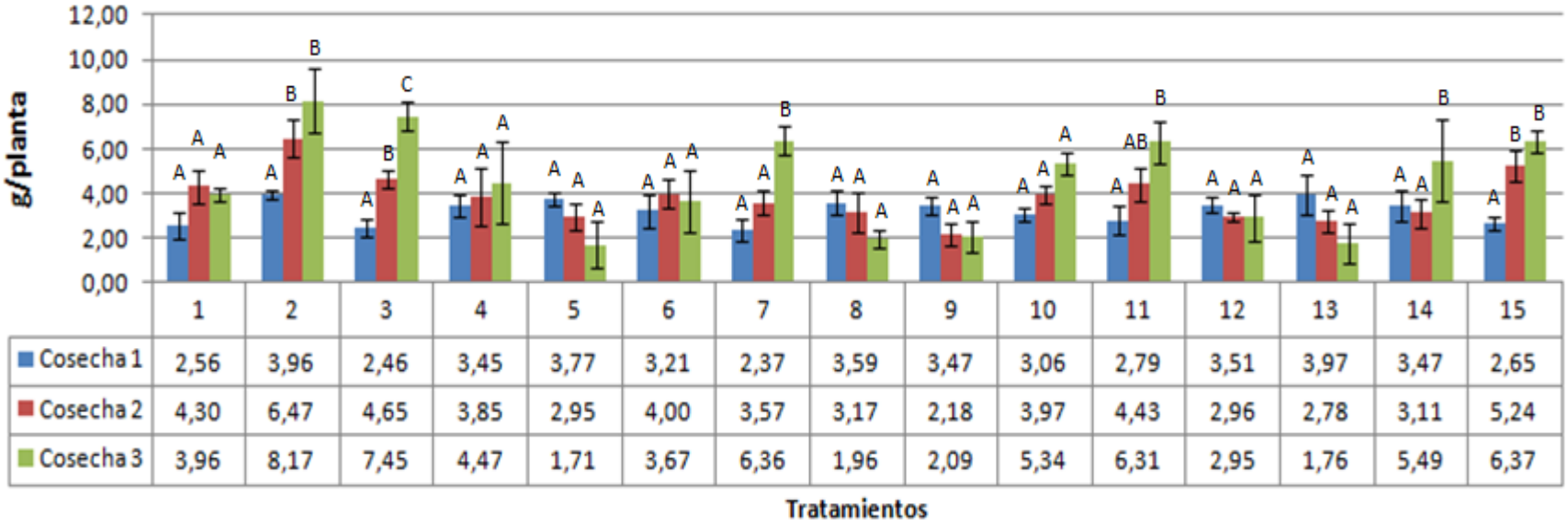


Figura 28. Peso seco total (PST) de los tallos cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para las tres cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza+lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompost comercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas en el PFT obtenidas para cada tratamiento frente al Control Absoluto (T1) y al Control Relativo (T2) en cada cosecha: A y B denotan diferencias para la primera cosecha, C y D para la segunda y E y F para la tercera cosecha; barras (tratamientos) con la misma letra "normal" color negro son estadísticamente iguales al tratamiento T2 y con la misma letra "*itálica subrayada*" color rosado son estadísticamente iguales al tratamiento T1. Las diferencias fueron estimadas bajo la prueba de T protegida por Fisher para cada nivel del factor cosecha (P=0.05).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cosecha 1	2,56	3,96	2,46	3,45	3,77	3,21	2,37	3,59	3,47	3,06	2,79	3,51	3,97	3,47	2,65
Cosecha 2	4,30	6,47	4,65	3,85	2,95	4,00	3,57	3,17	2,18	3,97	4,43	2,96	2,78	3,11	5,24
Cosecha 3	3,96	8,17	7,45	4,47	1,71	3,67	6,36	1,96	2,09	5,34	6,31	2,95	1,76	5,49	6,37

Figura 29. Peso seco total (PST) de los tallos cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para cada tratamiento de abonamiento en las tres cosechas. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza +lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompost comercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas obtenidas entre las cosechas dentro de cada tratamiento: barras (cosechas) con la misma letra son estadísticamente iguales con P=0.05.

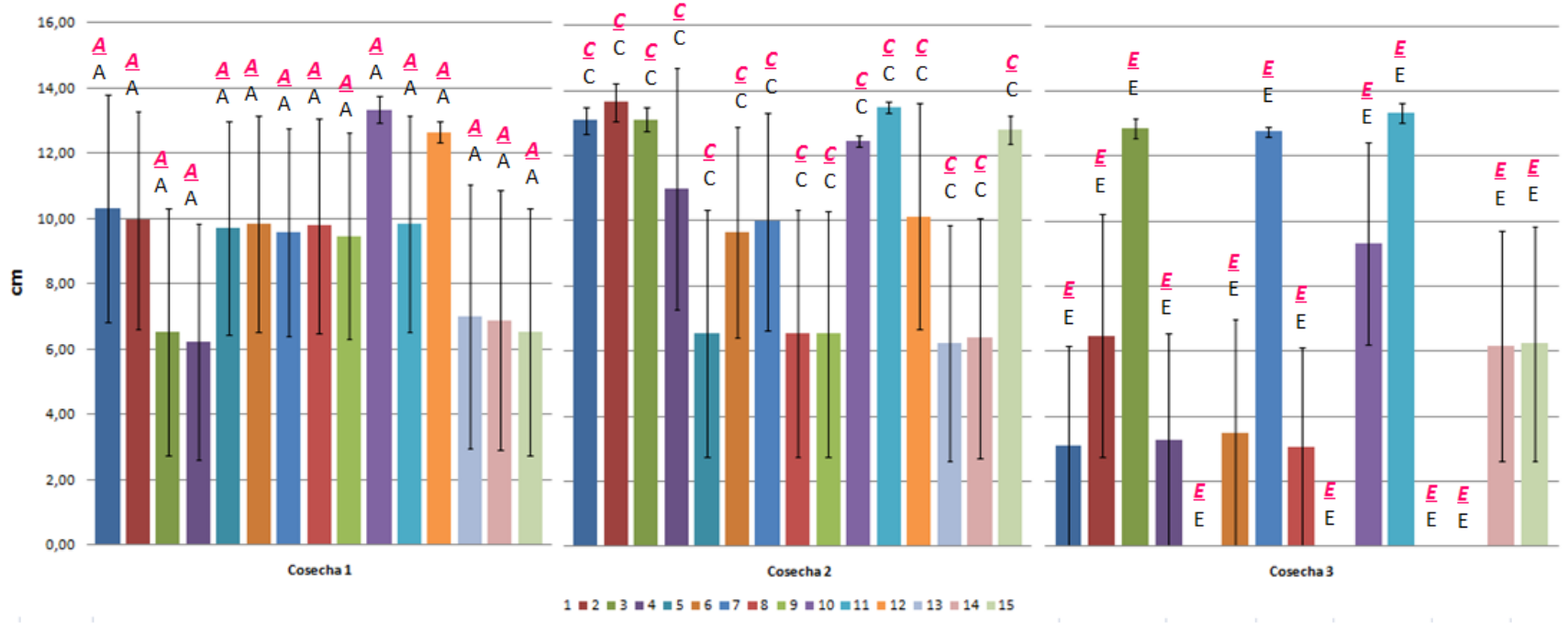
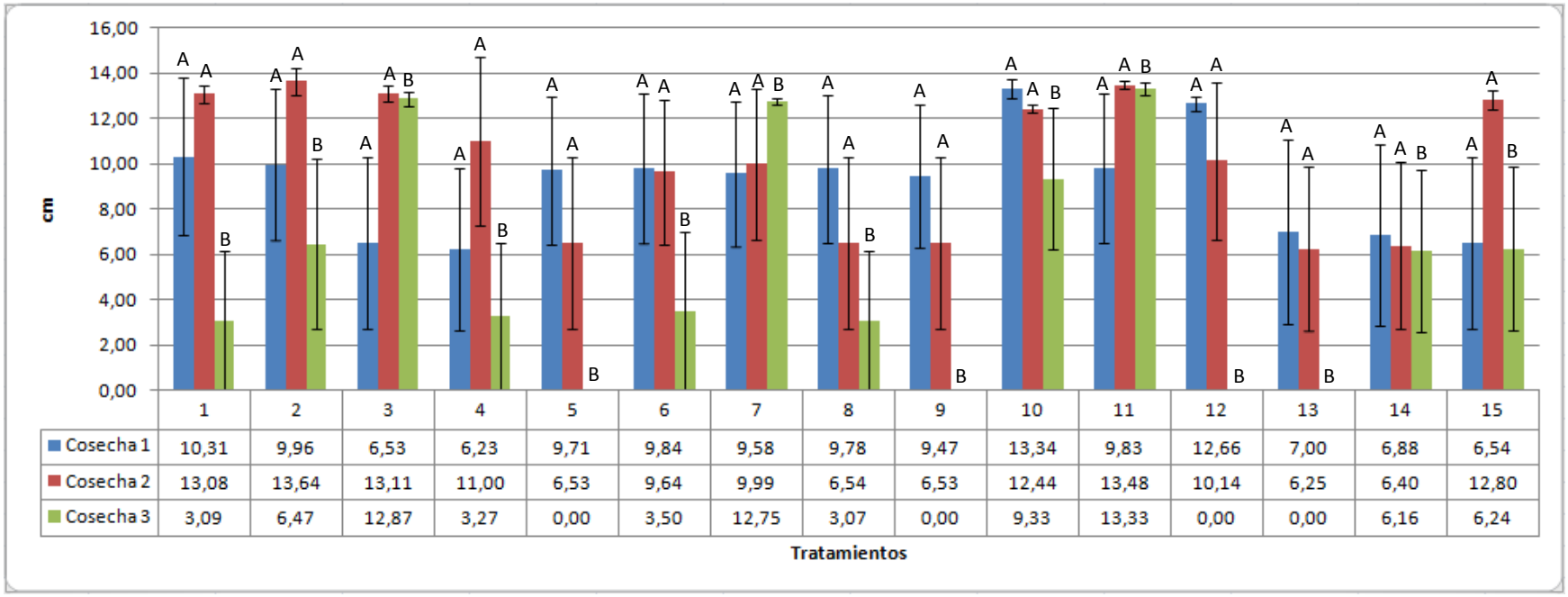


Figura 30. Longitud de tallos exportación (LTE) cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para las tres cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza+lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompostcomercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+ CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas en el PFT obtenidas para cada tratamiento frente al Control Absoluto (T1) y al Control Relativo (T2) en cada cosecha: A y B denotan diferencias para la primera cosecha, C y D para la segunda y E y F para la tercera cosecha; barras (tratamientos) con la misma letra "normal" color negro son estadísticamente iguales al tratamiento T2 y con la misma letra "*itálica subrayada*" color rosado son estadísticamente iguales al tratamiento T1. Las diferencias fueron estimadas bajo la prueba de T protegida por Fisher para cada nivel del factor cosecha (P=0.05).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cosecha 1	10,31	9,96	6,53	6,23	9,71	9,84	9,58	9,78	9,47	13,34	9,83	12,66	7,00	6,88	6,54
Cosecha 2	13,08	13,64	13,11	11,00	6,53	9,64	9,99	6,54	6,53	12,44	13,48	10,14	6,25	6,40	12,80
Cosecha 3	3,09	6,47	12,87	3,27	0,00	3,50	12,75	3,07	0,00	9,33	13,33	0,00	0,00	6,16	6,24

Figura 31. Longitud de tallos exportación (LTE) cortados por planta de tomillo de Castilla *Thymus vulgaris*, para cada tratamiento de abonamiento en las tres cosechas. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza +lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompost comercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas obtenidas entre las cosechas dentro de cada tratamiento: barras (cosechas) con la misma letra son estadísticamente iguales con P=0.05.

5.2. Orégano

5.2.1. Peso Fresco Total (PFT)

Para la primera cosecha el control absoluto (T1) y el control relativo (T2) presentaron diferencias en el PFT de los tallos cortados, siendo el T2 significativamente mayor y el mejor para esta variable ($P>0.05$). Sin embargo, los tratamientos con lombricompost local (T5, T9 y T13), bocashi+EM (T8) y bocashi+CIAO (T12) fueron significativamente mayores al T1 aunque menores al T2 destacándose frente a los demás abonos orgánicos, los cuales fueron iguales al Control absoluto ($P>0.05$). En la segunda cosecha, el T2 presentó valores de PFT mayores a T1 haciéndolo el mejor para ésta variable ($P<0.05$). No obstante, la gallinaza (T3), los tratamientos con soil-aid (T6, T10 y T14), lombricompost comercial (T7), lombricompost comercial+EM (T11), T8, T9 y T12 tuvieron promedios significativamente mayores al T1 pero menores a al T2. Los demás tratamientos son estadísticamente similares al T1 ($P>0.05$) (Figura 32).

Respecto a las cosechas, se presentaron diferencias significativas entre éstas. Los tratamientos T1, T5, T8, T9, T12, T13 y Bocashi (T4), presentaron PFT significativamente mayores en la primera cosecha ($P<0.05$). Los tratamientos restantes no presentaron diferencias entre las dos cosechas ($P>0.05$) (Figura 33).

5.2.2. Peso Fresco Exportación (PFE)

En la primera cosecha el T1 y T2 presentaron valores de PFE significativamente diferentes, siendo mayor el control relativo el cual junto con el T9 fueron los mejores tratamientos para esta variable. Sin embargo, T4, T5, T8, T13 y T14 fueron tratamientos cuyos valores de PFE estuvieron por encima del T1 y por debajo del T2 destacándose de los demás abonos orgánicos. Los demás tratamientos fueron estadísticamente iguales al T1 ($P>0.05$). En la segunda cosecha el T2 obtuvo mayores valores de PFE con respecto al T1 destacándose como el mejor tratamiento para esta variable ($P<0.05$). Adicionalmente, el T3, T8 y T10 fueron significativamente mayores al T1 y menores al T2 haciéndolos tratamientos que tuvieron un efecto positivo para PFE. Los demás tratamientos fueron estadísticamente semejantes al T1 ($P>0.05$) (Figura 34).

Con respecto a las diferencias entre cosechas, los tratamientos que tuvieron un PFE significativamente mayor en la primera cosecha fueron T4, T5, T6, T8, T9, T12, T13 y T14 ($P<0.05$). Los otros tratamientos no presentaron diferencias significativas en esta variable entre las dos cosechas ($P>0.05$) (Figura 35).

5.2.3. Peso Seco Total (PST)

En la primera cosecha fue mayor el PST del T2 con respecto al T1 por lo que fue el mejor para esta variable ($P<0.05$). No obstante, los tratamientos T3, T5, T6, T8, T9, T12 y T13 fueron significativamente mayores al T1 pero menores al T2, siendo éstos los que presentaron una respuesta positiva para esta variable. Los demás tratamientos fueron iguales al T1 ($P>0.05$). En la segunda cosecha, el T2 fue estadísticamente mayor al T1 siendo el T2 el mejor tratamiento para esta variable. El T3, T6, T7, T8, T9, T10, T12 y T14 obtuvieron promedios mayores al T1 y menores al T2 por lo que se destacan sobre el resto de tratamientos quienes tuvieron promedios similares al T1 para esta variable ($P<0.05$) (Figura 36).

Igualmente, se presentaron diferencias significativas de PST entre cosechas en la mayoría de los tratamientos siendo mayor en la primera, a excepción del T2, T3 y T10 ($P>0.05$) (Figura 37).

5.2.4. Longitud Tallos Calidad Exportación (LTE)

No se observaron diferencias estadísticas en la interacción tratamiento-cosecha ($P>0.05$). Las diferencias se presentaron entre tratamientos donde el control absoluto fue diferente a los demás obteniendo el LTE menor ($P<0.05$) y entre cosechas siendo la primera superior a la segunda (Figuras 38 y 39).

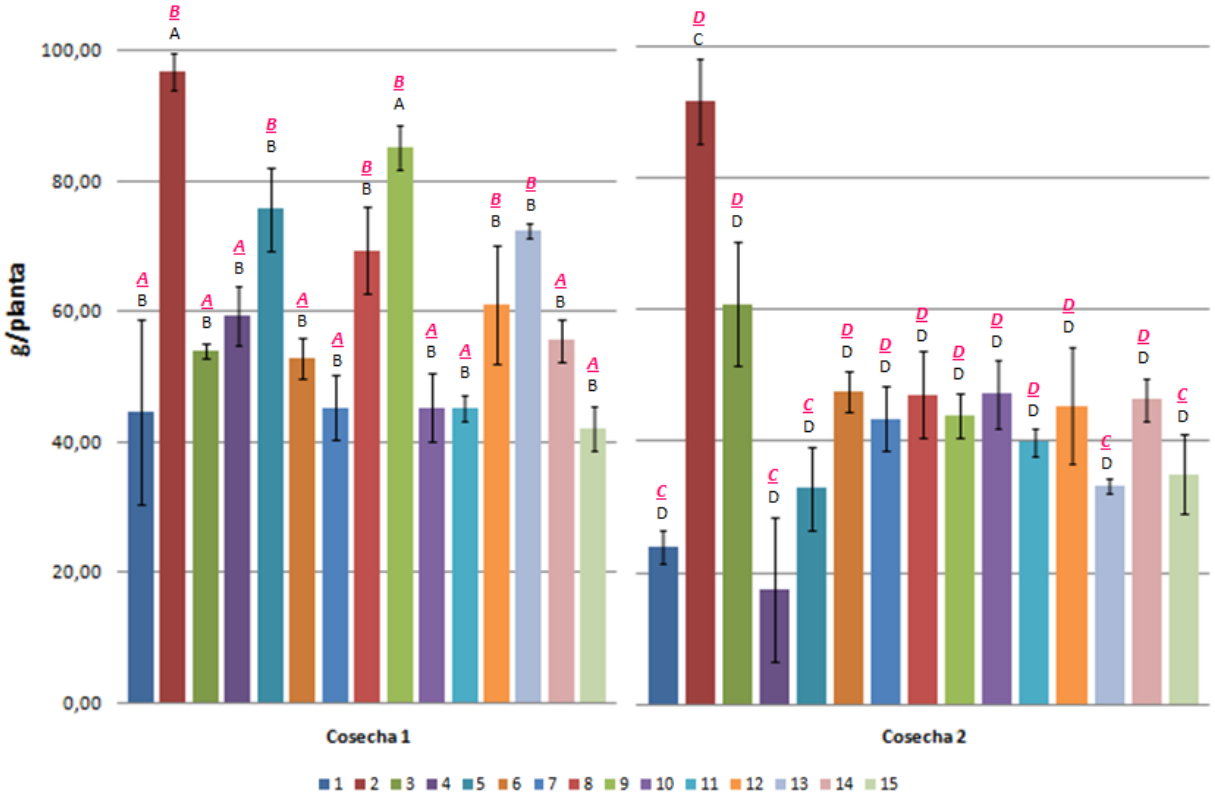
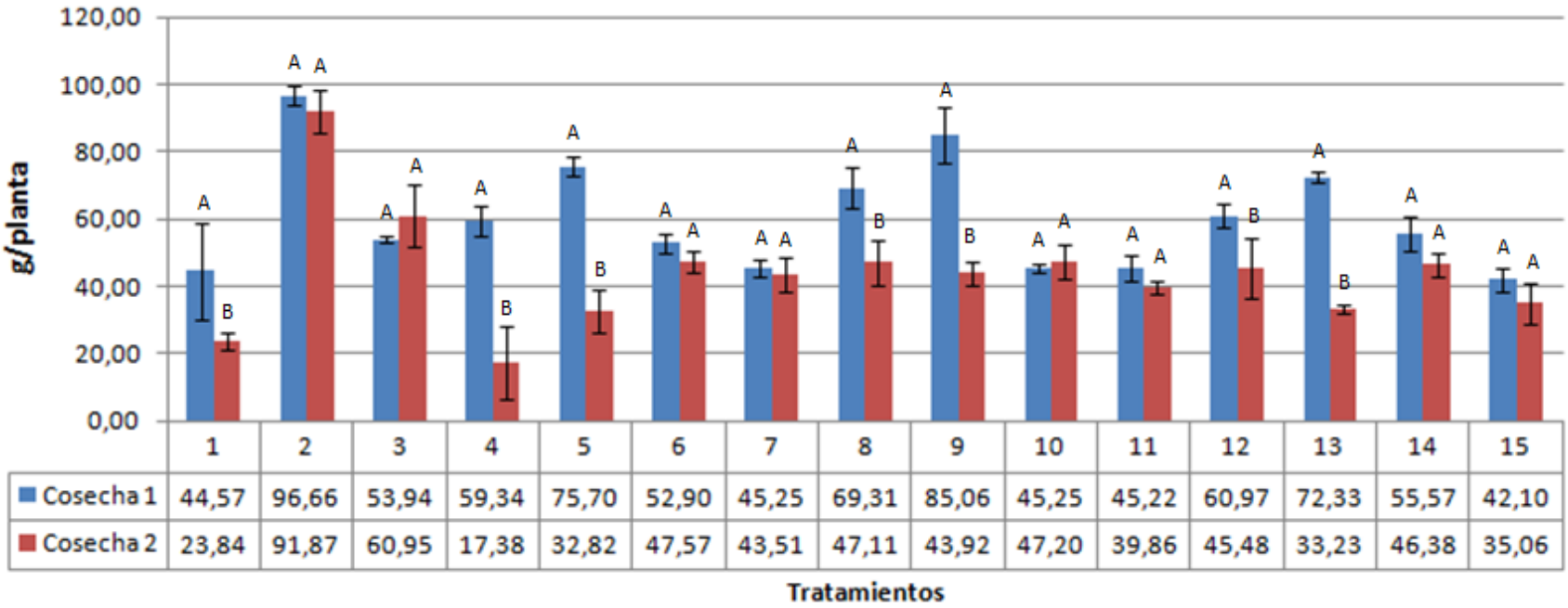


Figura 32. Peso fresco total (PFT) de los tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para las dos cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza+lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompost comercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+ CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas en el PFT obtenidas para cada tratamiento frente al Control Absoluto (T1) y al Control Relativo (T2) en cada cosecha: A y B denotan diferencias para la primera cosecha, C y D para la segunda y E y F para la tercera cosecha; barras (tratamientos) con la misma letra "normal" color negro son estadísticamente iguales al tratamiento T2 y con la misma letra "*itálica subrayada*" color rosado son estadísticamente iguales al tratamiento T1. Las diferencias fueron estimadas bajo la prueba de T protegida por Fisher para cada nivel del factor cosecha (P=0.05).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cosecha 1	44,57	96,66	53,94	59,34	75,70	52,90	45,25	69,31	85,06	45,25	45,22	60,97	72,33	55,57	42,10
Cosecha 2	23,84	91,87	60,95	17,38	32,82	47,57	43,51	47,11	43,92	47,20	39,86	45,48	33,23	46,38	35,06

Figura 33. Peso fresco total (PFT) de los tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para cada tratamiento de abonamiento en las dos cosechas. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza +lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompost comercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas obtenidas entre las cosechas dentro de cada tratamiento: barras (cosechas) con la misma letra son estadísticamente iguales con P=0.05.

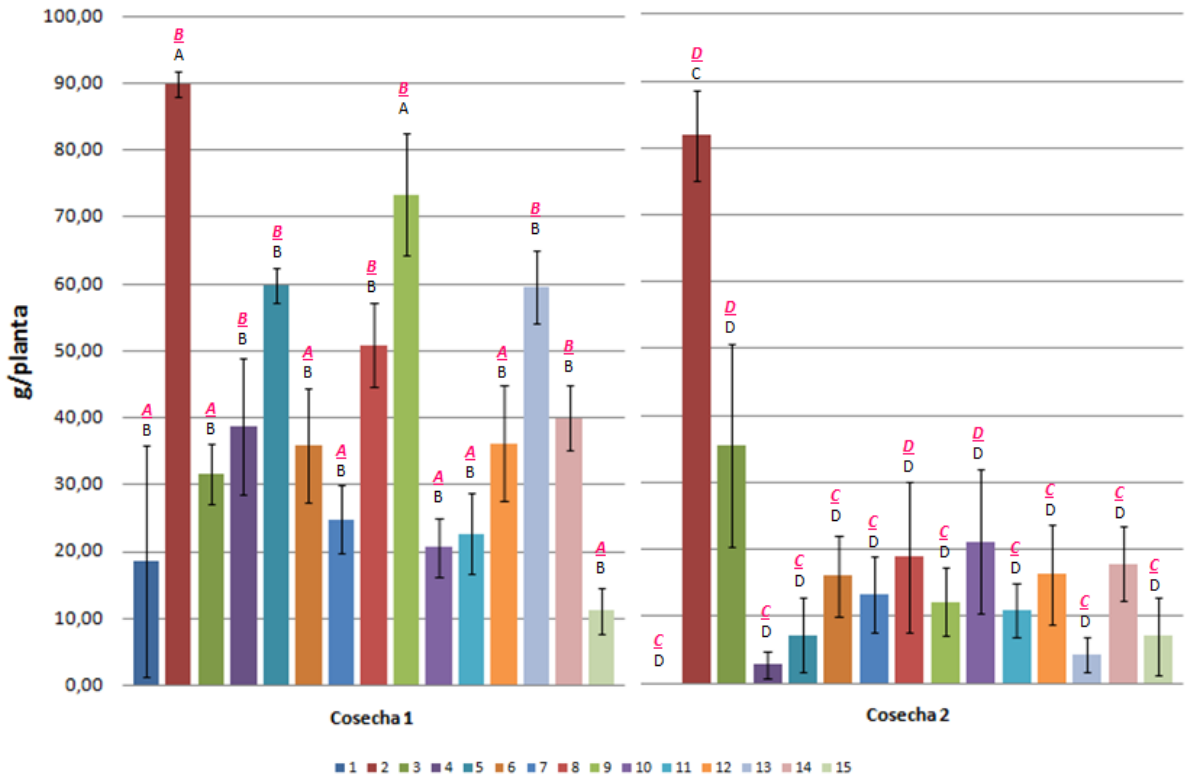


Figura 34. Peso fresco exportación (PFE) de los tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para las dos cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza+lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompost comercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+ CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas en el PFT obtenidas para cada tratamiento frente al Control Absoluto (T1) y al Control Relativo (T2) en cada cosecha: A y B denotan diferencias para la primera cosecha, C y D para la segunda y E y F para la tercera cosecha; barras (tratamientos) con la misma letra "normal" color negro son estadísticamente iguales al tratamiento T2 y con la misma letra "*itálica subrayada*" color rosado son estadísticamente iguales al tratamiento T1. Las diferencias fueron estimadas bajo la prueba de T protegida por Fisher para cada nivel del factor cosecha (P=0.05).

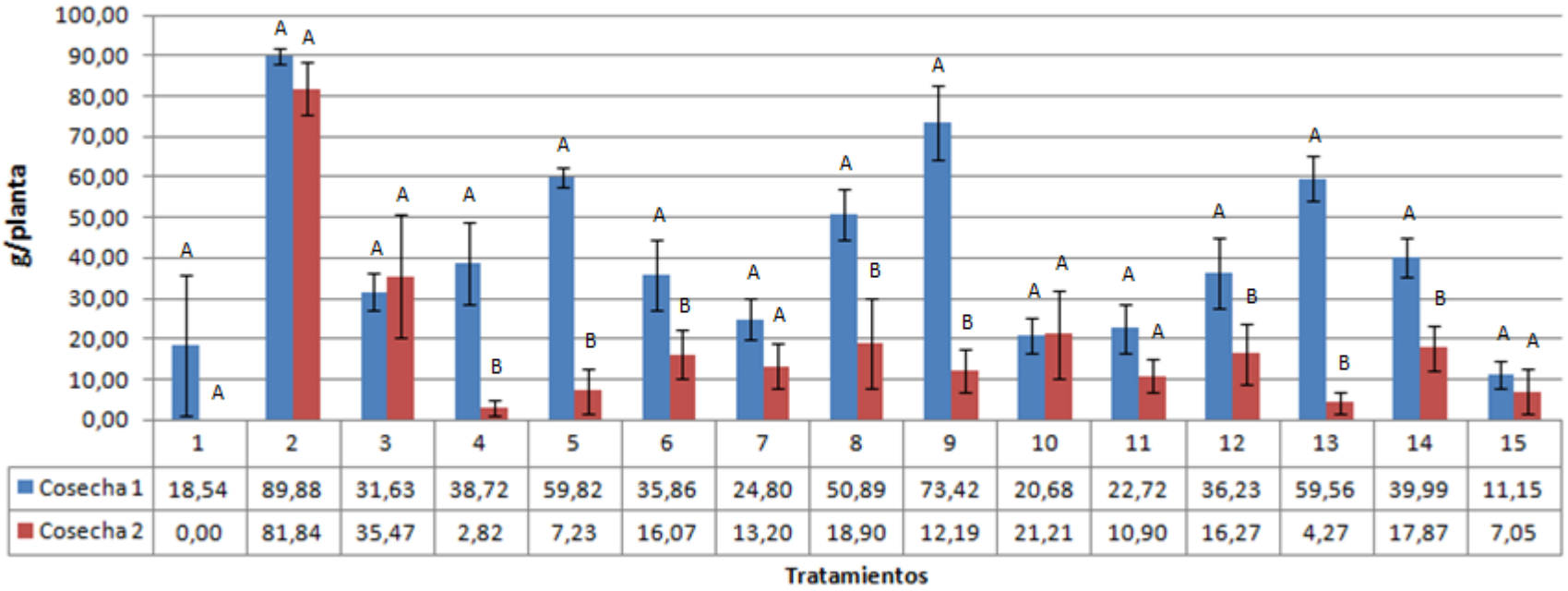


Figura 35. Peso fresco exportación (PFE) de los tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para cada tratamiento de abonamiento en las dos cosechas. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza +lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompost comercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas obtenidas entre las cosechas dentro de cada tratamiento: barras (cosechas) con la misma letra son estadísticamente iguales con P=0.05.

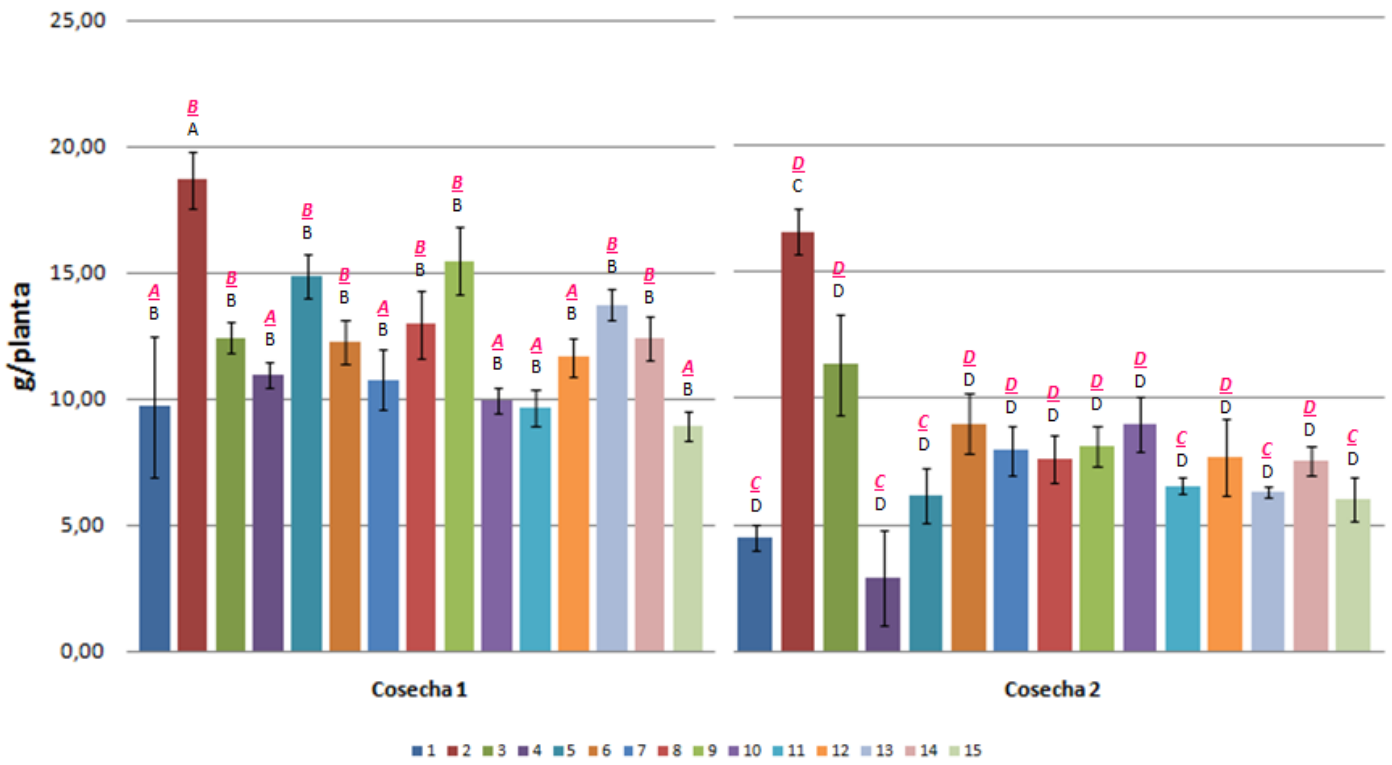
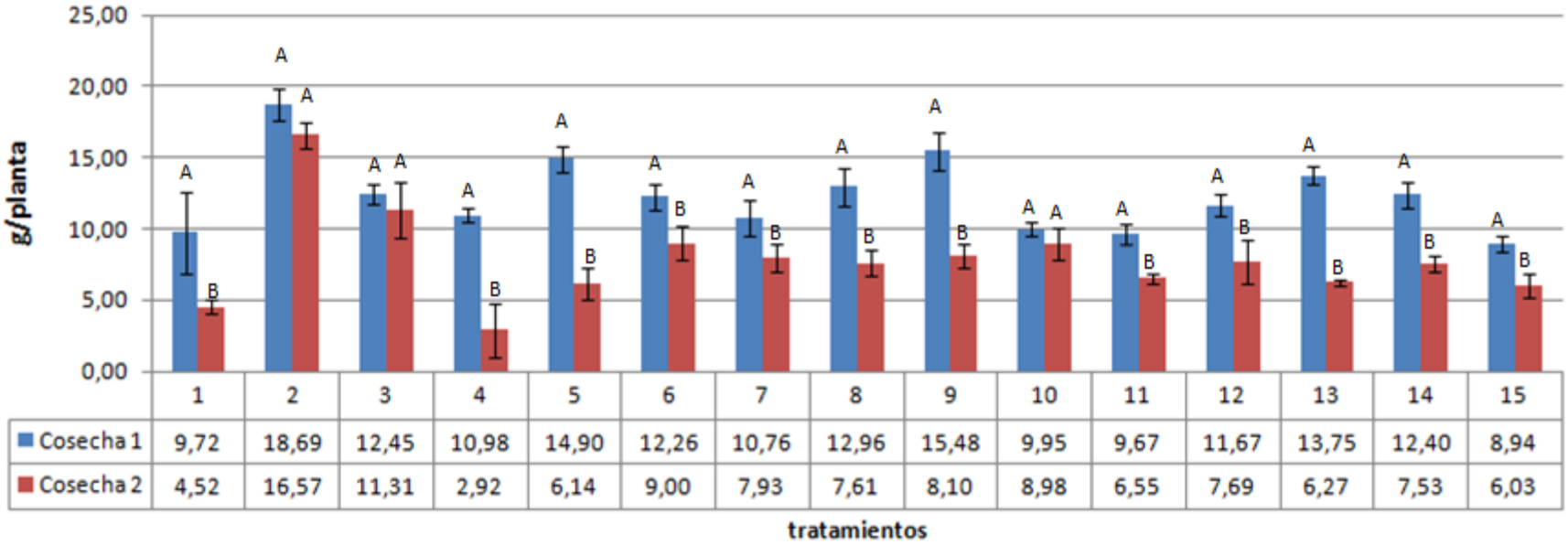


Figura 36. Peso seco total (PST) de los tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para las dos cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza+lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompost comercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+ CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas en el PFT obtenidas para cada tratamiento frente al Control Absoluto (T1) y al Control Relativo (T2) en cada cosecha: A y B denotan diferencias para la primera cosecha, C y D para la segunda y E y F para la tercera cosecha; barras (tratamientos) con la misma letra "normal" color negro son estadísticamente iguales al tratamiento T2 y con la misma letra "*itálica subrayada*" color rosado son estadísticamente iguales al tratamiento T1. Las diferencias fueron estimadas bajo la prueba de T protegida por Fisher para cada nivel del factor cosecha (P=0.05).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cosecha 1	9,72	18,69	12,45	10,98	14,90	12,26	10,76	12,96	15,48	9,95	9,67	11,67	13,75	12,40	8,94
Cosecha 2	4,52	16,57	11,31	2,92	6,14	9,00	7,93	7,61	8,10	8,98	6,55	7,69	6,27	7,53	6,03

Figura 37. Peso seco total (PST) de los tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para cada tratamiento de abonamiento en las dos cosechas. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza +lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompost comercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas obtenidas entre las cosechas dentro de cada tratamiento: barras (cosechas) con la misma letra son estadísticamente iguales con P=0.05.

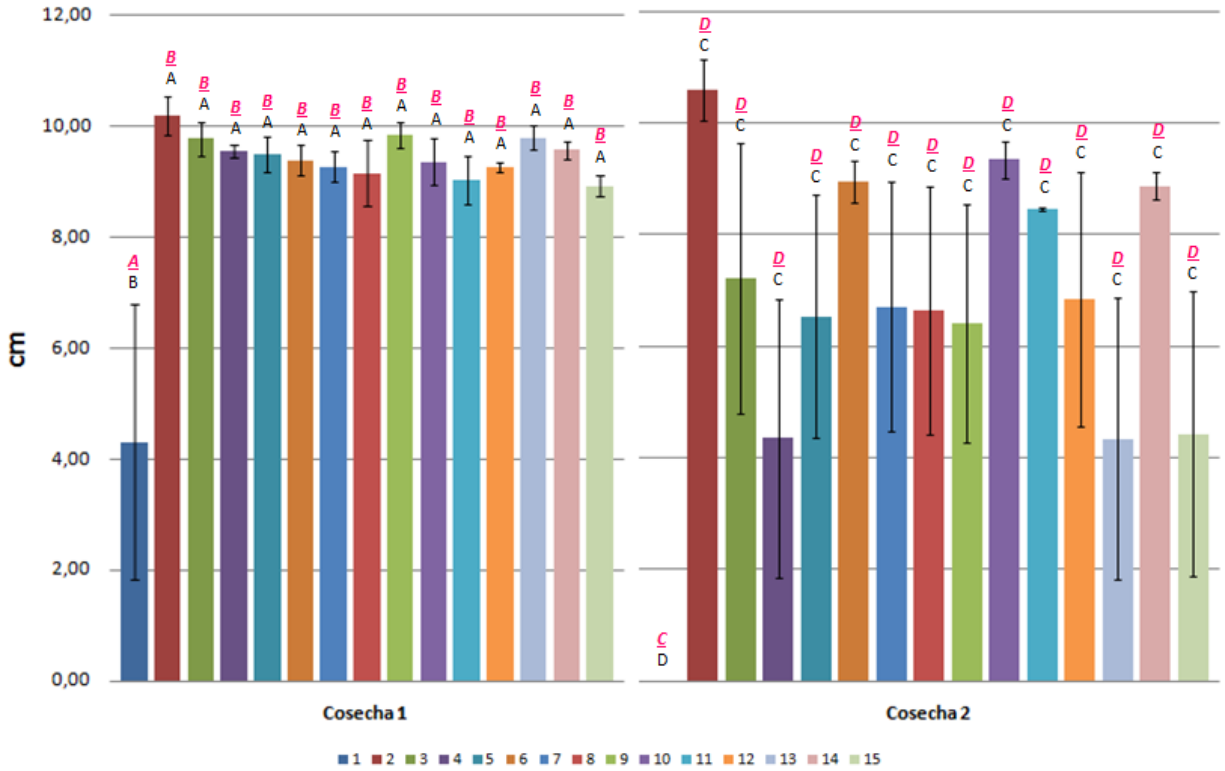
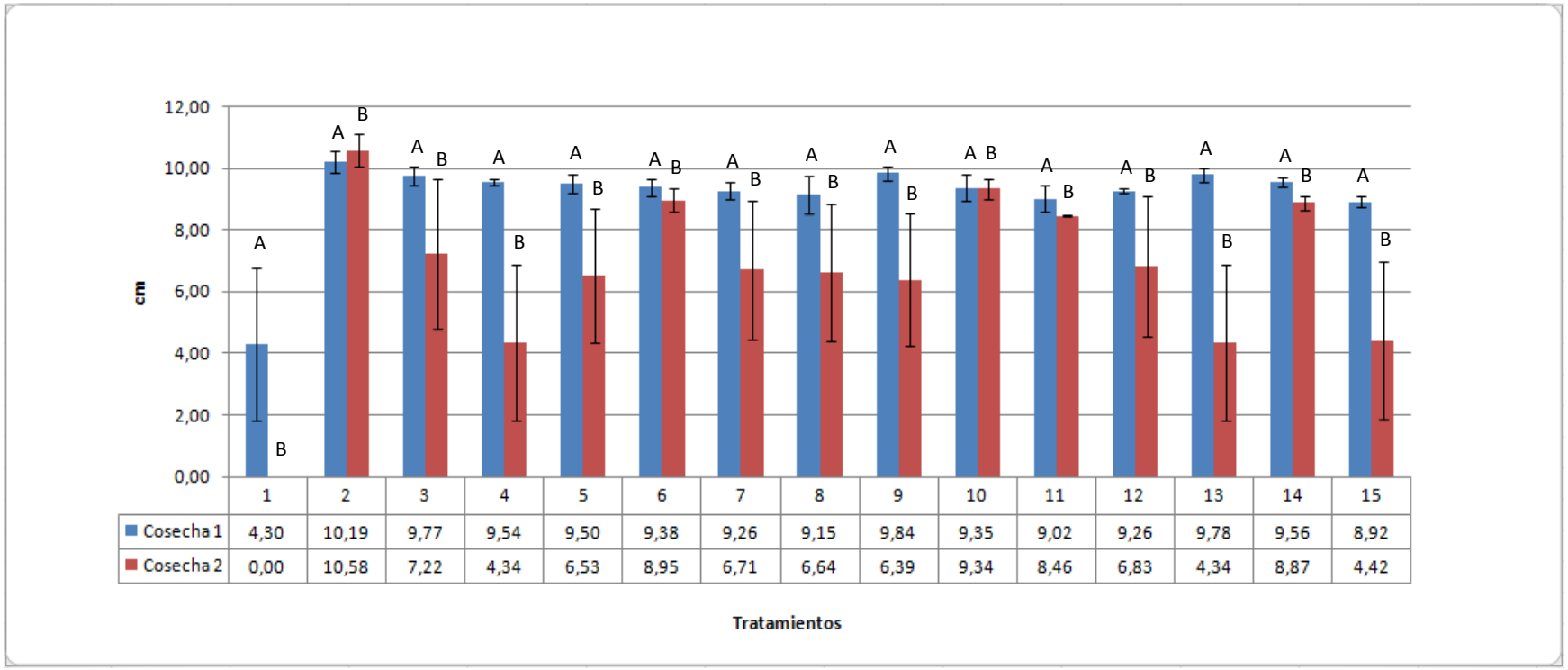


Figura 38. Longitud de tallos exportación (LTE) cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para las dos cosechas, bajo el efecto de diferentes tratamientos de abonamiento. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza+lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompost comercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+ CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas en el PFT obtenidas para cada tratamiento frente al Control Absoluto (T1) y al Control Relativo (T2) en cada cosecha: A y B denotan diferencias para la primera cosecha, C y D para la segunda y E y F para la tercera cosecha; barras (tratamientos) con la misma letra "normal" color negro son estadísticamente iguales al tratamiento T2 y con la misma letra "*itálica subrayada*" color rosado son estadísticamente iguales al tratamiento T1. Las diferencias fueron estimadas bajo la prueba de T protegida por Fisher para cada nivel del factor cosecha (P=0.05).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cosecha 1	4,30	10,19	9,77	9,54	9,50	9,38	9,26	9,15	9,84	9,35	9,02	9,26	9,78	9,56	8,92
Cosecha 2	0,00	10,58	7,22	4,34	6,53	8,95	6,71	6,64	6,39	9,34	8,46	6,83	4,34	8,87	4,42

Figura 39. Longitud de tallos exportación (LTE) tallos cortados por planta de orégano Inglés *Origanum vulgare*, para cada tratamiento de abonamiento en las dos cosechas. Tratamientos: T1 control absoluto, T2 control relativo, T3 gallinaza, T4 gallinaza+bocashi, T5 gallinaza +lombricompost local, T6 gallinaza+compost soil-aid, T7 gallinaza+lombricompost comercial, T8 gallinaza+bocashi+EM, T9 gallinaza+lombricompost local+EM, T10 gallinaza+compost soil-aid+EM, T11 gallinaza+lombricompost comercial+EM, T12 gallinaza+bocashi+CIAO, T13 gallinaza+lombricompost local+CIAO, T14 gallinaza+compost soil-aid+CIAO, T15 gallinaza+lombricompost comercial+CIAO. Las letras representan las diferencias estadísticas obtenidas entre las cosechas dentro de cada tratamiento: barras (cosechas) con la misma letra son estadísticamente iguales con P=0.05.

6. DISCUSIÓN

6.1 Tomillo

De acuerdo a los resultados, estadísticamente, solo la variable de longitud exportación no presentó interacción entre los tratamientos y las cosechas lo que significa que el comportamiento de los tratamientos fue igual para las tres cosechas. En las variables de peso fresco total, peso fresco exportación y peso seco total no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de la primera cosecha, pero si se presentaron en la segunda y la tercera. Así mismo, para las variables anteriormente mencionadas se encontraron diferencias significativas entre las cosechas de ciertos tratamientos como se puede ver resumido en la Tabla1F Anexo 6.

Los tratamientos orgánicos que tuvieron un efecto positivo y se destacaron sobre los demás obteniendo los mayores promedios para las variables de PFT, PFE y PST fueron los tratamientos con lombricompost comercial independiente de que se complemente o no con los caldos microbianos (T7, T11 y T15) y la gallinaza (T3) (Figuras 24, 26 y 28).

Según los análisis químicos realizados a los abonos locales y comerciales, se observó que cada uno de ellos aportan en mayor o menor medida el N, Ca, Zn y Mn los cuales son los nutrientes críticos para esta especie (Tabla 5A Anexo 1) (Vargas, 2009). Cabe destacar que los abonos que mejores resultados tuvieron en cuanto a la productividad y calidad del orégano, fueron contrastantes en cuanto a su composición, ya que la gallinaza tuvo la mayor cantidad de $N\text{-}NH_4$, P, S, K, Na, Cu, Zn y B, mientras que para la mayoría de los anteriores elementos, el lombricompost comercial San Rafael presentó la menor cantidad. Por otro lado, si se analiza el contenido de N total, aquel que presentó el mayor valor fue el lombricompost local, siendo este el tratamiento que mostró producciones de biomasa incluso menores al Control absoluto (T1) (Figuras 24 y 28). Aunque el nitrógeno es uno de los nutrientes más críticos en el abonamiento del tomillo (Vargas, 2009), de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, el abono orgánico que presentó el mayor contenido de éste no fue el que mayor biomasa produjo como se esperaba, lo que ocurre de igual forma con los demás elementos. Sin embargo si se detallan las cantidades de N total y

mineral ($N\text{-}NH_4$ + $N\text{-}NO_3$) se observó que los abonos con mayores N total no son necesariamente lo que más N mineral tienen, lo que significa que hay diferencias en la tasa de mineralización de N de cada abono. El lombricompost local en este caso es el que presenta mayor N total y mineral pero al parecer por su sobredosificación estas cantidades probablemente producen efecto antagónico y desbalance entre los nutrientes bloqueando su absorción por parte de la planta (Taiz y Zeiger, 2006) (Tabla 5A Anexo 1). Entonces la gallinaza es el segundo abono con mayor cantidad de N mineral pero el tercero con respecto al N total, y puede ser una razón por la que sobresalió frente a los demás abonos. Sin embargo el lombricompost San Rafael es el AO con menor N total y mineral a pesar de que fue uno de los que se destacaron por su mayor producción de biomasa para esta especie. Por lo tanto dada la gran cantidad de variables propias de la composición química y microbiológica los abonos, que pudieron influenciar la respuesta obtenida por las plantas de tomillo, para poder tener un acercamiento más concreto del factor o los factores que más influyeron en la productividad y calidad del tomillo podría realizarse un análisis estadístico de componentes principales (Torres, 2007).

Aunque el contenido de N del lombricompost comercial y de la gallinaza no fue el mayor entre los abonos orgánicos (AO) evaluados, su contenido microbiológico si muestra que hacen parte del grupo de los AO que cuentan con un mayor número de microorganismos asociados a la dinámica de este elemento en el suelo. Las bacterias fijadoras de N, las nitrificantes especialmente *Nitrobacter* spp. y las amonificantes, intervienen en la fijación (transformación del N atmosférico en N amoniacal) y mineralización del N en el suelo (conversión de N orgánico a N mineral), permitiendo que la planta lo obtenga de una forma asimilable (Tabla 1G Anexo 7) (Cerrato *et al*., 2007). Adicionalmente, los tratamientos de lombricompost comercial en combinación con caldos microbianos (EM y CIAO), cuentan con la mayor cantidad de los microorganismos anteriormente mencionados y con el aporte adicional de los mismos cuando son inoculados con dichos caldos (Tabla 1G Anexo 7). Estas características microbiológicas puede generar una mejor eficiencia de los procesos de fijación y mineralización del N una vez es aplicado el abono en el suelo optimizando la productividad y calidad de las cosechas (Gómez, 2000), situación que se evidenció en el caso del tomillo. Adicionalmente, estos dos abonos están dentro de los que presentaron los menores contenidos de bacterias denitrificantes, las cuales utilizan formas de nitrógeno inorgánico o amonio previamente reducido convirtiéndolo en sustancias gaseosas como N_2O, NO y N_2 y emitiéndolo a la atmósfera, lo que conlleva a la pérdida del N disponible para las plantas (Rich

et al., 2003). Es importante rescatar que a pesar que no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos de lombricompost comercial con o sin adición de caldos microbianos, aquellos en los que fueron inoculados produjeron más biomasa fresca, seca y tallos con calidad exportación que cuando se aplicó solo. Lo anterior permite plantear la posibilidad de ensayar los beneficios de la inoculación de microorganismos con la gallinaza, tratamiento que no fue probado en la presente investigación.

Los beneficios del uso del lombricompost y la gallinaza y su efecto sobre el crecimiento y productividad de las plantas cultivadas se han reportado en diversos estudios. Según Mendoza *et al*. (2003) se obtuvo un mayor rendimiento e índices de eficiencia de productividad en tomate al aplicar Gallinaza (19.3 $t \cdot ha^{-1}$ y 16.6 $t \cdot ha^{-1}$) sola y en combinación con lombricompost a una razón de 12.7 $t \cdot ha^{-1}$ para cada uno. Otros estudios demuestran que con la aplicación de gallinaza, la altura y el rendimiento de plantas de guayabo (*Psidium guajaba* L.) y el rendimiento del grano de maíz (*Zea mays*) incrementaron considerablemente con respecto al control (Corrales, 2000; Pool *et al*., 2000). Comparando todas las dosificaciones presentadas en diferentes estudios con las del presente trabajo, se pudo ver que el rango de dosis empleadas para la gallinaza y el lombricompost San Rafael (2.77 $t \cdot ha^{-1}$ a 3.43 $t \cdot ha^{-1}$ y 8.29 $t \cdot ha^{-1}$ a 10.30 $t \cdot ha^{-1}$ respectivamente), están dentro del intervalo de las utilizadas en cultivos de sábila, cilantro y tomate (3.175 $t \cdot ha^{-1}$, 10 $t \cdot ha^{-1}$ y 12.7 $t \cdot ha^{-1}$ respectivamente), sin embargo estas fueron bajas en comparación a la mayoría de las empleadas en otros cultivos donde se reportan dosis desde 10 a 120 $t \cdot ha^{-1}$ (Micolta, 1993 citado en Gómez 2000; Mendoza *et al*., 2003; Saha *et al.,* 2005 citado en Aishwath y Tarafdar, 2009).

En cuanto al rendimiento obtenido para la biomasa fresca total y aquella con calidad exportación, en la tercera cosecha se obtuvo con la gallinaza un incremento del 100% y del 469% respectivamente comparado con el control absoluto. Con respecto al lombricompost San Rafael, para la biomasa fresca se obtuvo un incremento del 74% (T7), 62% (T11) y 77% (T15), mientras que en biomasa exportación fue de un 415% (T7), 524% (T11) y 137% (T15). Con lo anterior se puede observar que el tratamiento con EM (T11) favorece la producción de tallos con calidad exportación, mientras que aquel que contiene CIAO promueve la producción de biomasa. Comparando estos resultados con los obtenidos en otras especies de aromáticas y medicinales ya nombradas, el incremento en el rendimiento para el tomillo con los anteriores tratamientos, es

considerablemente superior con una menor cantidad de abono que el obtenido en otras especies con mayor aporte del mismo. (Aishwath y Tarafdar, 2009).

Según los resultados, también se observó que en la primera cosecha ninguno de los tratamientos se destacó en las variables evaluadas, siendo sus efectos iguales estadísticamente (Figuras 24, 26 y 28). Esto se debe probablemente a que los requerimientos de la planta en esta etapa inicial de crecimiento, los cuales son menores para esta especie en relación al orégano, son suplidos por la reserva que se encuentra en la solución del suelo y que la planta hace un aprovechamiento eficiente de los nutrientes, conduciendo a que la aplicación de los abonos no marque una diferencia en la producción de biomasa (Usman *et al*., 2003; Assured Produce, 2009). Esta puede ser una razón por la cual a partir de la segunda cosecha si empiezan a observarse diferencias entre los tratamientos, en donde los nutrientes del suelo se han disminuido por la extracción de las plantas y los requerimientos de las mismas empiezan a ser suplidos por los aportes de elementos que están disponibles en los AO aplicados. Lo anterior también podría explicar que a pesar de la alta dosis de aplicación de los abonos locales en la primera cosecha, estos no hayan presentado diferencias con respecto a los demás tratamientos ni siquiera con el control relativo (Tabla 5). En cuanto a los resultados de las cosechas, se obtuvo que a partir de la segunda los tratamientos control relativo (T2), gallinaza (T3) y los tratamientos con lombricompost comercial (T7, T11 y T15), tuvieron un incremento en la producción de biomasa fresca y seca (Figuras 25 y 29). Teniendo en cuenta que la reserva de nutrientes del suelo disminuye, las razones por las cuales los AO anteriormente nombrados incrementaron su biomasa, es por el incremento en la dosificación para la tercera cosecha, la alta mineralización del N de los abonos por sus contenidos microbiológicos y porque suministraron de una manera adecuada los requerimientos nutricionales de las plantas de tomillo, los cuales aumentan a medida que la planta va creciendo (Lazcano, 1996), aumentando en biomasa y número de tallos. Por otro lado, el efecto tan favorable del Control relativo en la productividad del tomillo, se puede explicar debido a que es una solución nutritiva balanceada propuesta para ser utilizada en cultivos hidropónicos y en suelo para un buen crecimiento de la planta. Esta contiene todos los elementos minerales disponibles para una rápida absorción en los niveles más altos posibles sin que se produzcan síntomas de toxicidad y estrés por alta salinidad (Taiz y Zeiger, 2006). Además, su aplicación se realizó semanalmente y el riego fue constante y adecuado sin presentar lixiviación, lo que probablemente pudo permitir una acumulación de nutrientes en el sustrato de las unidades experimentales, formando una reserva

utilizada por la planta la cual se pudo ver reflejada en las producciones de biomasa a partir de la segunda cosecha (Figura 25 y 29).

En cuanto a los tratamientos con lombricompost local (T5, T9 y T13), se observó que estos tuvieron un efecto negativo sobre el peso fresco y seco total y no produjeron tallos calidad exportación (Figuras 24 y 28). Este tipo de AO está hecho a base de desechos de cocina, excretas animales y residuos de cosechas sin ningún proceso previo a su utilización en las camas de lombricompostaje, el cual es uno de los factores que debe tenerse en cuenta durante el proceso pues el alimento debe estar lo suficientemente asimilable trozándolo, moliéndolo y/o sometiéndolo a un pre-compostaje (Gómez, 2000; Picado y Añasco, 2005; Mendoza, 2008). El hecho de que no se realice este proceso puede comprometer la madurez de la composta necesaria para poder ser aplicada y probablemente presente sustancias fitotóxicas (Varnero *et al.*, 2007). Aunque según análisis sobre inhibición de la germinación de semillas de repollo realizadas en un estudio previo sobre lotes anteriores de esta misma fuente de abonamiento mostraron que no se presentó inhibición (Tabla 1I Anexo 9), no se realizaron este tipo de análisis sobre el lote utilizado en el presente estudio, lo que no garantiza que no estén presentes sustancias fitotóxicas que impidan el buen desarrollo y producción de la planta (Varnero *et al.*, 2007), ya que la composición de diferentes lotes de un mismo abono puede llegar a variar de manera importante. A diferencia de este AO, el proceso realizado en la producción de lombricompost San Rafael cuenta con un procedimiento de preparación denominado de “doble ciclo” en donde en el primero se realiza un pre-compostaje y en el segundo el proceso propiamente dicho con las lombrices (Humus de Lombriz San Rafael, 2009). Adicionalmente a su modo de preparación, otra posible razón por la cual estos tratamientos presentaron este comportamiento es el efecto antagónico por el exceso de nutrientes por su alta dosificación explicada anteriormente. A lo largo de las tres cosechas se presentó una disminución de la biomasa cosechada de tomillo en los tratamientos con lombricompost local (T5 y T13) (Figura 25), tendencia que puede atribuirse a la reducción de las dosis de aplicación frente a las empleadas en la primera cosecha, por el proceso de preparación del abono y la alta cantidad de N que aporta como se explicó anteriormente.

La longitud de tallos calidad exportación fue la misma para todos los tratamientos (Figura 30), es decir que todos abonos y controles generaron la misma producción de tallos calidad exportación lo que indica que no hay ningún AO que se destaque sobre los demás por una mayor producción.

Adicionalmente, una posible explicación es que al hacer la cosecha se cortan todos los tallos a la misma distancia del suelo, siendo el periodo entre cosechas de nueve semanas, tiempo que es apenas suficiente para que la planta rebrote y para que algunos tallos sean superiores a los 12 cm antes de que comiencen a florecer (Bareño, 2006; Montaño, 2008; Muñoz, 2008; Trujillo, 2008; Assured Produce, 2009). Con respecto a las cosechas, las diferencias para la longitud de tallos calidad exportación se presentaron únicamente entre cosechas siendo similares la primera y la segunda y superiores a las obtenidas en la tercera. Esto puede explicarse probablemente por las relaciones de competencia entre los tallos y su crecimiento, ya que las plantas durante la primera y segunda cosecha presentaron un menor número de tallos, una menor biomasa cosechada pero los tallos fueron de mayor longitud, mientras que en la tercera cosecha, la biomasa cosechada fue mayor al igual que el número de tallos por planta, pero éstos fueron más cortos.

La biomasa fresca cosechada y clasificada como calidad exportación en el tratamiento de abonamiento con gallinaza en el tomillo, incrementó a partir de la segunda cosecha ya que las diferencias se observaron entre la primera y la segunda cosecha y no entre las dos últimas (Figura 27). Es importante anotar que a pesar que en la tercera cosecha se aplicó tres veces más la cantidad de abono que en la segunda, la producción de estas cosechas fue estadísticamente igual. Es decir que el aumento de la producción no se debió a la mayor aplicación de abono, sino probablemente a una elevada tasa de mineralización de N de la gallinaza una vez es aplicada al suelo gracias a su alto contenido de microorganismos (Cabrera, 2007; Cerrato *et al.,* 2007) (Tabla 1G Anexo 7). Por otro lado, los demás tratamientos no presentaron diferencias entre las cosechas para esta variable, lo que indica que no hubo efecto de las dosis sobre la producción de biomasa fresca exportación para cada tratamiento produciendo en las tres cosechas la misma biomasa (Figura 27).

Finalmente, según los resultados entre cosechas, a pesar de las diferentes dosis empleadas, el soil-aid solo y con EM (T6 y T10), los tratamientos con bocashi (T4, T8 y T12) y los lombricompost local con EM (T9), tuvieron una biomasa fresca y seca total igual para las tres cosechas. Como se muestra en estos últimos resultados y los mencionados anteriormente, se pueden obtener diferentes comportamientos de los AO en cuanto al incremento o no de la biomasa durante las cosechas por dos razones principales. La primera por el aumento de la dosificación de los AO en las diferentes cosechas y la segunda por la mineralización de N en el suelo la cual varía según la

composición química y microbiológica de cada abono. Probablemente estos últimos tratamientos mencionados presentan una mineralización de N lenta, motivo por el cual produjeron la misma cantidad de biomasa en las tres cosechas (Gómez, 2000; MAFF, 2000). En el presente estudio no se determinaron las tasas de mineralización de N de los AO por esta razón no se puede asegurar cuales presentan la mayor o la menor tasa y así justificar su comportamiento.

6.2 Orégano

Al igual que en el tomillo, no se presentó interacción entre los tratamientos y las cosechas en la variable de longitud exportación. En las variables de peso fresco total, peso fresco exportación y peso seco total si se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y las cosechas (Tabla 1F Anexo 6).

Los tratamientos orgánicos que se destacaron por obtener promedios mayores al control absoluto en la primera cosecha para la producción de biomasa fresca y seca total y calidad exportación fueron los tratamientos locales solos y en combinación con inoculadores de microorganismos (T5, T8, T9, T12 y T13) exceptuando el T4 (Figuras 31, 34 y 36). En la segunda cosecha, aparte de los tratamientos locales que se destacaron anteriormente sobresalen también la gallinaza (T3) y los tratamientos con soil-aid (T6, T10 y T14) (Figuras 31, 34 y 36).

Lo que sucedió en la primera cosecha se puede explicar por la alta dosis de éstos que se aplicó para la obtención de la primera cosecha (Tabla 6), ya que a mayor dosis del abono puede presentarse una mayor provisión u oferta de elementos nutritivos para ser aprovechados por las plantas siempre y cuando estos estén presenten en el abono en las formas asimilables para ellas. Estos resultados concuerdan con otros estudios donde se obtuvo una tendencia al aumento de la productividad y los productos calidad exportación a mayores dosis de AO aplicado (Acevedo y Pire, 2004; Arreola *et al.*, 2004; Matheus, 2004; González y Romero, 2009). En la segunda cosecha, por la alta dosificación de los abonos locales y su consiguiente acumulación de nutrientes en el sustrato, estos siguieron mostrando efectos positivos sobre la producción de la biomasa en las variables evaluadas (MAFF, 2000; Cerrato *et al.*, 2007). Según análisis realizados de la inhibición de la germinación de semillas de repollo colocadas sobre diferentes concentraciones de un lote anterior de bocashi se obtuvo que no se encontraron diferencias estadísticas en las respuestas a

la germinación, pero si un efecto negativo de este AO sobre el crecimiento de las plántulas lo que indica que pueden haber sustancias inhibidoras que deben ser eliminadas mejorando el proceso de compostaje antes de que el abono sea aplicado en los cultivos (Tabla 1I Anexo 9). Por esta razón probablemente este tratamiento no se destacó para ninguna de las variables a pesar de su alta dosificación, mientras que si se obtuvieron mayores producciones de biomasa cuando fue combinado con los caldos EM y CIAO, lo que tal vez indica que dichos microorganismos inoculados, especialmente *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sp.* los cuales pueden contribuir a acelerar el proceso de descomposición del abono en el suelo y quizás tener la capacidad de eliminar dichas sustancias inhibitorias (Fundases, 2009). Es importante aclarar que para la preparación del bocashi se hizo una inoculación de microorganismos (Bacthon® sc) la cual probablemente no sea suficiente en cantidad para terminar el proceso del abono en el tiempo previsto, por esta razón en su preparación sería recomendable adicionar más cantidad de este tipo de microorganismos o alargar el tiempo de maduración para evitar este tipo de sustancias inhibitorias (ORBIOTEC, 2009).

La composición microbiológica del soil-aid sugiere que tiene una buena cantidad de esporas de micorrizas y una baja cantidad de bacterias denitrificantes con respecto a los demás AO (Tabla 1G Anexo 7). El hecho de que los tratamientos con soil-aid e inoculadores hayan dado buenos resultados en estas variables, se puede deber a que su aporte adicional de esporas de micorrizas, bacterias fijadoras de N y aquellas involucradas en el proceso de nitrificación, incrementan la absorción de P por la planta y aceleran el proceso de mineralización de N en la materia orgánica presente en ellos (Tabla 1G Anexo 7) (Blancol y Salas, 1997; Cabrera, 2007; Cerrato *et al.,* 2007). Por su parte la gallinaza también se destacó en esta cosecha gracias a su contenido microbiológico y su consiguiente elevada mineralización de N comentada anteriormente (Tabla 1G Anexo 7).

Se pudo observar que la cantidad de abono aplicado en los tratamientos comerciales fue aproximadamente igual a la segunda dosis de los AO locales y similares a lo reportado para el cilantro (Micolta, 1993 citado en Gómez 2000). Por otro lado, la dosificación empleada en la primera dosificación de los abonos locales fue considerablemente mayor (T5: 203 $t \cdot ha^{-1}$ y T4: 198 $t \cdot ha^{-1}$) a lo reportado en otras especies donde su máxima aplicación es de 120 $t \cdot ha^{-1}$ (Rodríguez y Soto, 1999; Micolta, 1993 citado en Gómez 2000; Aishwath y Tarafdar, 2009; Saha *et al.,* 2005 citado en Aishwath y Tarafdar, 2009; Biasi *et al.*, 2009; González y Romero, 2009).

Según el rendimiento de biomasa fresca total en la primera cosecha, se obtuvo un incremento del 21% (T3), 70% (T5), 56% (T8), 91% (T9), 37% (T12) y 62% (T13) con respecto al control absoluto. Con lo anterior, se observa que a mayor dosificación de los abonos locales se obtienen mayores rendimientos, lo que se explica por una mayor oferta de los nutrientes disponibles en dichos abonos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que para obtenerlos se requieren grandes cantidades de material orgánico para su preparación y de producto final para ser aportado por hectárea, lo cual no sería viable en términos económicos y de consecución de los insumos.

Con respecto a la longitud de tallos calidad exportación, el control absoluto fue el único tratamiento diferente a los demás siendo menor. Es decir que la aplicación de cualquier AO incrementa la producción de tallos con esta calidad con respecto a lo obtenido sin ningún tipo de abonamiento. Por lo que este incremento no se vio afectado por la fuente del AO (Figura 38).

Para ninguna variable hubo tratamientos con valores menores al T1, lo que significa que los tratamientos de fertilización fueron iguales o mayores al control absoluto, pero ninguno menor a este. Este comportamiento difiere del obtenido en el tomillo pues los tratamientos con lombricompost local produjeron menos biomasa con respecto al T1.

El lombricompost local+EM (T9) en la primera cosecha fue el único tratamiento que obtuvo valores iguales al control relativo (T2) para biomasa fresca exportación, mientras que este fue uno de los tratamientos que presento resultados desfavorables en la producción de biomasa fresca y seca total y exportación en el tomillo (Figura 34). Debido a los altos requerimientos de N del orégano (Assured Produce, 2009; Morales y Suárez, 2009), el alto aporte de N total y mineral del lombricompost local, su sobredosificación en la primera cosecha y su aporte adicional de microorganismos que le permite proveer más N mineral a las plantas, las plantas de orégano bajo este tratamiento aprovecharon estas condiciones favorables para producir una mayor biomasa fresca exportación semejante a lo producido por el control relativo. Mientras que el comportamiento del tomillo se debió a que sus requerimientos nutricionales son menores (Assured Produce, 2009; Vargas, 2009) y el exceso en el que fueron aportados por el lombricompost local causaron un posible antagonismo entre los nutrientes (Taiz y Zeiger, 2006).

Con respecto a las cosechas, el control absoluto (T1) y todos los tratamientos locales (T4, T5, T8, T9, T12 y T13) tuvieron mayores valores de biomasa fresca total en la primera cosecha indicando una disminución abrupta en la producción de la segunda. Esto se puede explicar debido a la alta dosificación de los tratamientos locales como se nombró anteriormente y a que la segunda dosificación fue aproximadamente el 3% de lo aplicado inicialmente. El comportamiento del control absoluto probablemente se debe a que la reserva de nutrientes del suelo disminuyó de manera importante durante la primera cosecha (Usman *et al.*, 2003) dada la alta tasa de extracción de nutrientes del orégano (Morales y Suárez, 2009) y como no se presentaron adiciones mediante abonamiento, la biomasa en la cosecha subsiguiente fue menor. Por su parte los demás tratamientos (Control relativo (T2) y comerciales) tuvieron los mismos valores en las dos cosechas en la biomasa fresca total debido a que su dosificación fue la misma. Además, de los tratamientos locales, el soil-aid solo y con inoculación del caldo CIAO (T6 y T14) presentaron la misma disminución pero únicamente para la biomasa fresca exportación. Lo anterior puede conllevar a que para obtener tallos de esta calidad, la combinación de soil-aid+EM (T10) es la recomendada a usar ya que es la única que permite sostener la producción de tallos de calidad durante las dos cosechas para esta variable. Igualmente la gallinaza mantuvo la producción de biomasa fresca exportación durante las dos cosechas y de igual forma es recomendada para obtener tallos de esta calidad.

En cuanto a la biomasa seca total, el control relativo (T2), la gallinaza (T3) y el soil-aid+EM (T10) tuvieron valores iguales en las dos cosechas, los demás (Tratamientos locales, T1, T6, T7, T11, T14 y T15) tuvieron los mayores valores en la primera cosecha (Figura 37). Las diferencias en la producción a lo largo del tiempo se deben a las distintas dosis aplicadas (como es el caso de los abonos locales), a la tasa de mineralización de N del abono una vez aplicado al suelo y a los mayores requerimientos nutricionales del orégano con respecto al tomillo los cuales deben ser suplidos a la tasa que la planta los requiera (Assured Produce, 2009; Morales y Suárez, 2009; Vargas, 2009). Todo lo anterior, probablemente explica la disminución en la producción de los abonos comerciales los cuales al parecer no suministraron la suficiente cantidad de nutrientes para sostener las cosechas a pesar de que fue aplicada la misma dosis en las dos cosechas diferenciándolos del comportamiento del T3 y T10.

En todos los tratamientos la longitud de tallos calidad exportación fue mayor en la primera cosecha (Figura 39), pues existe una competencia en el crecimiento de los tallos de la planta, es decir que entre más tallos se produzcan se presenta un mayor requerimiento de nutrientes y si no son aportados a la tasa a la cual el orégano los necesita, se obtendrán menos tallos con esta calidad.

Finalmente, es importante resaltar que todos los abonos utilizados en este estudio, presentaron relaciones C:N menores a 20:1 (Tabla 5A Anexo 1). Según la literatura los abonos que presentan dichas relaciones se caracterizan porque su materia orgánica es degrada fácilmente por los microorganismos y estos no tienden a la inmovilización de N evitando la pérdida de este nutriente para la planta (Cerrato *et al.*, 2007).

7. CONCLUSIONES

La mayor producción de biomasa fresca, seca y exportación en plantas de orégano y tomillo, se obtienen con la fertilización química. Sin embargo, para el tomillo existieron tratamientos de abonamiento orgánico que se destacaron porque lograron igualar al testigo químico, como el caso de la gallinaza (82.98 g/planta), lombricompost comercial (41.49 g/planta de gallinaza + 61.59 g/planta de abono), lombricompost comercial+EM (41.49 g/planta de gallinaza + 61.59 g/planta de abono + 1 mL/planta de EM) y lombricompost comercial+CIAO (41.49 g/planta de gallinaza + 61.59 g/planta de abono + 0.4 ml/planta de CIAO).

Con respecto a la producción de biomasa fresca, seca y exportación en el orégano ningún tratamiento orgánico fue similar al control químico pero si mayor al tratamiento sin abonamiento, como es el caso de gallinaza (303 g/planta), soil-aid (151.5 g/planta de gallinaza + 150 g/planta de abono), soil-aid+EM (151.5 g/planta de gallinaza + 150 g/planta de abono + 1 mL/planta de EM) y soil-aid+CIAO (151.5 g/planta de gallinaza + 150 g/planta de abono + 0.4 mL/planta de CIAO). Los tratamientos locales solos y en combinación exceptuando el bocashi sin inoculación de microorganismos también se destacaron para el orégano pero por su alta dosificación no es viable su utilización.

Para obtener biomasa calidad exportación en orégano, la gallinaza (303 g/planta) y la combinación de soil-aid+EM (151.5 g/planta de gallinaza + 150 g/planta de abono + 1 mL/planta de EM) son los tratamientos más recomendados a usar ya que permiten sostener la producción en el tiempo. Mientras que en el tomillo son la gallinaza (303 g/planta) y el lobricompost comercial+EM (151.5 de gallinaza + 225 de abono).

En el tomillo todos los abonos y controles generaron la misma producción de tallos de longitud calidad exportación lo que indica que no hay ningún abono orgánico que se destaque frente a los demás. Mientras que para el orégano la aplicación de cualquier abono, sin importar su fuente, incrementa la producción de tallos con esta calidad siendo mayor a lo obtenido sin ningún tipo de abonamiento. Este comportamiento de los tratamientos fue igual en todas las cosechas.

8. RECOMENDACIONES

Con el fin de evitar el efecto negativo en el desarrollo de las plantas causado por las posibles sustancias fitotóxicas de los abonos orgánicos se recomienda realizar análisis de inhibición en la germinación a todos los abonos antes de usarlos, sobre todo al lombricompost local ya que por su alta variabilidad y proceso de producción, puede favorecer el desarrollo de estas sustancias.

Debido a los beneficios observados en este estudio al combinar los abonos orgánicos con caldos microbianos que inoculan microorganismos y a los efectos favorables sobre la producción de biomasa en ambas especies al ser tratadas con gallinaza, se recomienda evaluar la combinación de este abono con EM y CIAO.

Para la preparación de compost local bocashi ser recomienda una mayor inoculación de microorganismos (Bacthon® sc) o alargar el tiempo de maduración de este para evitar la presencia de sustancias inhibitorias que produzcan efectos desfavorables de desarrollo y crecimiento para la planta.

Para posteriores trabajos sería recomendable realizar análisis químicos de suelo a cada tratamiento después de la aplicación de los abonos y las cosechas, con el fin de determinar la variación que causan estos en las características químicas del suelo.

Se recomienda realizar un análisis económico de la relación costo del abonamiento/beneficio en todos los tratamientos evaluados para establecer si los resultados obtenidos son económicamente viables y así evaluar la implementación de los mejores en condiciones de campo a mayor escala.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Acevedo, I. y Pire, R. 2004. Efectos del lombricompost como enmienda de sustrato para el crecimiento del Lechosero (*Carica papaya* L.). Interciencia, 29 (5): 274 – 279.

2. Acevedo, M.; Gómez, J.; Medina, J.; Moreno, Z., Pizarro, J.; Saenz, P.; Tami, L.; Vergara, J.; Villarreal, A. y Zorro, R. 2004. Perfil del producto No 24: Plantas Aromáticas y aceites esenciales. En: Corporación Colombiana Internacional (CCI) (Ed). Sistema de Inteligencia de Mercados (SIN). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia. 10 p.

3. Aflatuni, A.1992. The Effect of Manure composted with Drum Composter on Aromatic Plants. Agricultural Reserch Center. 6 p.

4. Agronet. 2010. Análisis y estadísticas. Importaciones y exportaciones del sector agropecuario por cadena productiva. Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural. Accedida el 16 de marzo de 2010. (http://www.agronet.gov.co/agronetweb/AnalisisEstadisticas/tabid/73/Default.aspx).

5. Aishwath, O. y Tarafdar, J. 2009. Organic farming for medicinal and aromatic plants. p. 157 – 185. En: Tarafdar, J.; Tripathi, K. y Kumar, M (Eds). Organic Agriculture. Scientific Publishers. India. 369 p.

6. Álvarez, J. 2006. Manual de compostaje para Agricultura Ecológica. Junta de Andalucía. España. 48 p.

7. Alzate, D.; Mier, G.; Afanador, L.; Durango, D. y García, C. 2009. Evaluación de la fitotoxicidad y la actividad antifúngica contra *Colletotrichum acutatum* de los aceites esenciales de Tomillo (*Thymus vulgaris*), limoncillo (*Cymbopogon citratus*), y sus componentes mayoritarios. VITAE Revista de la Facultad de Química Farmacéutica, 16 (1): 116 – 125.

8. Arcila, C., Loarca, G., Lecona, S. y González, E. 2004. El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. Archivos Latinoamericanos de nutrición, 54 (1): 100 – 111.

9. Arias, L.; Cortés, I.; Pedraza, A. y Pérez, M. 2009. Evaluación de la aplicación de abonos orgánicos fermentados sobre el crecimiento y productividad del tomillo *(Thymus vulgaris),* romero *(Rosmarinus officinalis)* y orégano *(Origanum vulgare)* en Cajicá (Cundinamarca, Colombia). p: 121. En: Miranda, D.; Carranza, C.; Magnitskiy, S.; Rodríguez, M. y Fischer, G.

(Eds). Libro de resúmenes 3er Congreso Colombiano de Horticultura: Simposio Internacional de cebolla y ajo en el trópico. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas (SCCH). Colombia. 185 p.

10. Arreola, J.; Palma, D.; Salgado, S.; Camacho, W.; Obrador, J.; Juárez, F. y Pastrana, L. 2004. Evaluación de abono organo-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. TERRA Latinoamericana, 22 (3): 351 – 357.

11. Arvy, M., Gallouin, F. 2007. Especias, aromatizantes y condimentos. Ediciones Mundi-Prensa. España. 413 p.

12. Asociación Nacional de Usuarios Campesinos Santander (ANUC). 1999. Agricultura orgánica Cartilla 3 y 4: Abonos orgánicos y Caldos biológicos. Provincia comunera. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PRONATTA). Colombia. 36 p.

13. Assured Produce The Growing Partnership. 2009. Crop specific protocol. Herbs (culinary). CROP ID: 38. Assured Food Standards. United Kingdom. 43 p.

14. Bareño, P. 2003. Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco manejo agronómico, producción y costos. En: Bareño P. y Guido C. (Eds). p. 6-14. Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Edición. Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Colombia. 99 p.

15. Bareño, P. 2006. Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco manejo agronómico, producción y costos. En: Clavijo, J.; Bareño, P.; Guido, C. y Chaparro, L. (Eds). p. 65-72. Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Colombia. 206 p.

16. Beytes, C. 1999. Spice up your herbs with oreganos. Culture notes. November. p. 69 -70.

17. Biasi, L.; Machado, E.; Kowalski, A.; Signor, D.; Alves, M.; Lima, F.; Deschamps, C.; Côcco, L. y Scheer, A. 2009. Adubação orgânica na produção, rendimento e composição do óleo essencial da alfavaca quimiotipo eugenol. Horticultura Brasileira, 27(1): 35 – 39.

18. Biocomercio Sostenible. 2003. Estudio del mercadeo Colombiano de aceites esenciales. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Colombia. 85 p.

19. Biologics Products S.A. de C.V. 2010. Ficha Técnica TIMSEN™: Bactericida, fungicida, viricida y alguicida. México. 3 p.

20. Blancol, F. y Salas, E. 1997. Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. Agronomía Costarricense, 21 (1): 55 – 67.

21. Bongcam, E. 2003. Guía para compostaje y manejo de suelos. CAB. Ciencia y Tecnología No. 110. Convenio Andrés Bello. 32 p.

22. Bonilla, C. 1996. Notas preliminares sobre la biología de suelos. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 74 p.

23. Cabrera, M. 2007. Mineralización y nitrificación: procesos claves en el ciclo del nitrógeno. p: 1 – 18. En: Memorias del Simposio Fertilidad. Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI). Argentina.

24. Carrizosa, A.; Izquierdo, P.; Dávila, N. y Ramírez, A. 2004. Abono orgánico fermentado tipo "Bocashi". Agricultura orgánica. Proyecto piloto de zonas de reserva campesina. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Instituto Iteramericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Colombia. 33 p.

25. Cerrato, M.; Leblanc, H. y Kameko, C. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno de bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad de EARTH. Tierra Tropical, 3 (2): 183 – 197.

26. Chapin, F.; Bloom, A.; Field, C. y Waring, R. 1987. Plant responses to multiple environmental factors. BioScience 37: 49-57.

27. Cogger, C. y Kropf, J. 2001. Cómo hacer y usar el compost. Extension & Station Communications Oregon State University. United States. 12 p.

28. Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes). 2008. Documento Conpes 3514: Política nacional fitosanitaria y de inocuidad para las cadenas de frutas y otros vegetales. Dirección de Desarrollo Rural Sostenible. Colombia. 45 p.

29. Corporación Colombiana Internacional (CCI). 1999. Agricultura ecológica: Una opción promisoria para el campo. Producción, comercio y reglamentación. Primera edición. Colombia. 217 p.

30. Corporación Colombiana Internacional (CCI); Asociación Hortifrutícola de Colombia (ASOHOFRUCOL); Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y Plan Hortícola Nacional (PHN). 2007. Plan de desarrollo 2006 – 2015. Colombia. 529 p.

31. Corrales, I. 2000. Tecnología para la fertilización con gallinaza y fertilizante mineral en el guayabo (*Psidium guajaba* L.). Trabajo de grado (Master Science). Instituto de suelos. Universidad de Camaguey. Cuba. 50 p.

32. Dalzell, H.; Biddlestone, A.; Gray, K. y Thurairajan, K. 1991. Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de suelos de la FAO S6. Servicio de recursos, manejo y conservación de suelos. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. 177 p.

33. Duicela, L.; Corral, R.; Cedeño, L. y Zambrano, L. 2003. Efectos sobre las abonaduras orgánicas líquidas fermentadas sobre la productividad de café arábigo. Proyecto de desarrollo de tecnologías para la producción de café arábigo orgánico (IG-CT-034). Consejo cafetero nacional (Cofenac). INIAP. Ecuador. 3 p.

34. Escudero, A. y Mediavilla, S. 2003. Dinámica interna de los nutrientes. Ecosistemas, 12 (1): 1 – 8.

35. Espinosa, J. y Rodríguez, J. 2003. Evaluación del hibrido de pimentón Enterprise Asgrow (*Capsicum annum*) bajo cubierta con fertilización química y orgánica en dos condiciones de suelo dentro de un régimen de producción limpia de hortalizas en la Sabana de Bogotá. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 106 p.

36. Fassbender, H. y Bornemisza, E. 1987. Química de suelo con énfasis en suelos de América Latina. Segunda Edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA). Costa Rica. 420 p.

37. Franco, G.; Bernal, J.; Giraldo, M.; Tamayo, P.; Castaño, P.; Tamyo, A.; Gallego, J.; Botero, O.; Rodríguez, J.; Guevara, N.; Morales, J.; Londoño, M.; Ríos, G.; Cardona, J.; Zuleta, J.; Castaño, J. y Ramírez, M. 2002. El cultivo de lulo. Corpoica Regionales Nueve y Cuatro. Primera edición. Colombia. 103 p.

38. Fundación Hogares Juveniles Campesinos (FHJC). 2004. Manual agricultura alternativa. Editorial San Pablo. Colombia. 96 p.

39. Fundases. 2009. Agroplux. Ficha Técnica. Líderes en Biotecnología Aplicada. Minuto de Dios. Colombia . Accedido el 15 Febrero de 2010. (www.fundases.com)

40. Ganavi. 2009. Gallinaza Abonavi. Ficha Técnica. Colombia. 1 p.

41. García, J. 2006. Principios generales de agricultura orgánica. Editorial Juan De Castellanos (JDC). Colombia. 180 p.

42. Geoambiente Ltda. 2008. Soil-aid® Acondicionador Orgánico de Suelos - Agregados. Productos y Servicios ambientales. Ficha Técnica. Colombia. 2 p.

43. Gobernación de Cundinamarca. 2006. Acuerdo de competitividad: Cadena productiva de plantas aromáticas, medicinales, condimentarías y afines en Cundinamarca. 32 p.

44. Gómez, J. 2000. Abonos orgánicos. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Colombia. 107 p.

45. Gómez, M. 2004. La Agricultura Orgánica en México y en el Mundo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Biodiversitas, 55(1): 13 – 15.

46. González, E.; Pedraza, A.; Pérez, M. y Gómez C. 2008. Caracterización de suelos y diagnóstico de su fertilidad en fincas productoras de hierbas aromáticas en los municipios de Zipaquirá, Cogua, Nemocón y Cajicá (Cundinmamarca). Informe de investigación. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias. Apartes del Proyecto "Desarrollo de un esquema de fertilización orgánica para la producción de tomillo, orégano y romero en suelos de Zipaquirá, Cogua y Nemocón (Cundinamarca)". Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia. 117 p.

47. González, G. y Romero, D. 2009. Evaluación de diferentes dosis y frecuencias de aplicación de compost para la producción de romero (*Rosmarinus officinalis)* y orégano (*Origanum vulgare*) bajo invernadero. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias. Universidad Militar Nueva Granada. Colombia. 63 p.

48. Goyal, M.; Santaella, P. y Rivera, L. 2007. El tensiómetro: Su uso, instalación y mantenimiento. p. 143 – 172. En: Goyal, M y Ramírez, V. (Eds) Manejo de riego por goteo. Segunda edición. Jain irrigation system Ltd. Puerto Rico. 519 p.

49. G. R. Chía. S.A. 2009. Análisis de Suelo y composición química de los abonos comerciales y locales. Colombia.

50. Hartmann, H.; Kester, D.; Davies, F. y Geneve, R. 2002. Plant Propagation: Principles and Practices. Seventh Edition. Prentice Hall. United States. 880 p.

51. Herrera, A. 2006. Manejo poscosecha de hierbas aromáticas. p. 149-154. En: Clavijo, J.; Bareño, P.; Guido, C. y Chaparro, L. (Eds). Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Colombia. 206 p.

52. Humus de Lombriz San Rafael. 2009. Ficha Técnica. Colombia. Accedido el 28 de marzo de 2010. (http://humusanrafael.blogspot.com/)

53. Imelouane, B.; Amhamdi, H.; Wathelet, J.; Ankit, M.; Khedid, K. y El Bachiri, A. 2009. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil of Thyme (*Thymus vulgaris*) from Eastern Morocco. International Journal of Agriculture & Biology, 11 (2): 205 – 208.

54. Instituto Geográfico Agustin Codazzi (IGAC). 2009. Resultados análisis biológico de suelo. Ensayo de inhibición de germinación. División laboratorio Nacional de suelos. Colombia. 1 p.

55. Kintzios, S. 2004. Oregano. p. 215 - 226. En: Peter, K (Ed). Handbook of herbs and spices. Volume 2. First Edition. Woodhead Publishng Ltd and CRC Press. United States 374 p.

56. Kristiansen, P. y Merfield, C. 2006. Overview of organic agriculture p. 1 – 24. En: Kristiansen, P.; Taji, A. y Reganold, J. (Eds). Organic Agriculture: a global perspective. Comstock Publishing Associates. United States. 449 p.

57. Lazcano, I. 1996. Intensidad de absorción de nutrientes: Un concepto cada día más importante en la fertilización. Informaciones Agronómicas, 1 (5): 6 -7.

58. López, M. 2006. Tomillo: Propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas. Fitoterapia. Offarm, 25 (1): 74 – 77.

59. López, P. 2002. Compostaje de residuos orgánicos. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Colombia 92 p.

60. Matheus, J. 2004. Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*). Bioagro, 16 (3): 219 -224.

61. Mejía, L. y Palencia, G. 2005. Abono orgánico, manejo y uso en el cultivo de cacao. Turipana Corpoica. 16 p.

62. Méndez, M. y Viteri, S. 2007. Alternativas de biofertilización para la producción sostenible de cebolla de bulbo (*Allium cepa*) en Cucaita, Boyacá. Agronomía Colombiana, 25 (1): 168 – 175.

63. Mendoza, H.; Carrillo, J.; Perales, C y Ruiz, J. 2003. Evaluación de fuentes de fertilización orgánica para tomate de invernadero en Oaxaca, México. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, 70 (1): 30 – 35.

64. Mendoza, L. 2008. Manual de lombricultura. Secretaria de Educación Pública (SEP). Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chiapas. México. 39 p.

65. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). 2002. Resolución No 00074 de 2002: Por la cual se establece el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empacado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos. 28 p.

66. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). 2006. Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empacado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos. 47 p.

67. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). 2009. Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2004 – 2008 y sus calendarios de siembra y cosechas. Grupo de sistemas de información. Colombia. 301 p.

68. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR); Instituto Alexander von Humboldt y Cámara de Comercio de Bogotá. 2008. Definición de la agenda prospectiva de investigación para la cadena productiva de plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines con énfasis en ingredientes naturales para la industria cosmética en Colombia. 379 p.

69. Ministerio de la Protección Social (MPS). 2008. Vademécum Colombiano de Plantas Medicinales. Colombia. 307 p.

70. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF). 2000. Fertiliser recommendations for agricultural and horticultural crops (RB209). Seventh edition. Countryside matters. England. 176 p.

71. Montaño, Juan Pablo. Administrador Finca “Aroma Orgánico”, vereda Checua, Nemocón (Cundinamarca). Comunicación Personal. Fecha: 31 de marzo del 2008.

72. Montes, R.; Cruz, V.; Martínez, G.; Sandoval, G.; García, R.; Zilch, S.; Bravo, L.; Bermúdez, K.; Flores, H. y Carvajal, M. 2000. Propiedades antifúngicas en plantas superiores: Análisis retrospectivo de investigaciones. Revista Mexicana de Fitopatología, 18 (2): 125 – 131.

73. Morales, M. y Suárez, D. 2009. Evaluación de la fertilidad de un andisol en Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia) para el cultivo de Romero (*Rosmarinus officinalis*) y orégano (*Origanum vulgare).* Trabajo de Grado. Facultad de Ciencias. Universidad Militar Nueva Granada. Colombia. 118 p.

74. Muñoz, F. 2002. Plantas medicinales y aromáticas. Estudio y cultivo procesado. Mundi Prensa. España. 366 p.

75. Muñoz, Maribel. Presidente Asociación de productores de hierbas aromáticas y condimentarias de Zipaquirá (ASOPRAZ). Comunicación Personal. Fecha: Marzo 10 de 2008.

76. Orius Biotecnología (ORBITEC). 2009. Ficha Técnica Bacthon® sc. Colombia. 4 p.

77. Pérez, M. y Pedraza, A. 2010. Extracción de nutrientes de tomillo, romero y orégano en un andisol de Zipaquirá, Cundinamarca, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias. Biología Aplicada. Aportes proyecto cofinanciado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural "Desarrollo de un esquema de fertilización orgánica de tomillo, orégano y romero en suelos de Zipaquirá, Cogua y Nemocón (Cundinamarca – MADR 041-2007v6189-152-07". Colombia. Texto en preparación.

78. Picado, J. y Añasco, A. 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos. Serie Agricultura Orgánica No 7. Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense (CEDECO). Costa Rica. 66 p.

79. Pool L.; Trinidad A.; Etchevers J.; Pérez J. y Martínez A. 2000. Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los Altos de Chiapas, México. Agrociencia, 34 (3): 251-259.

80. PPGA News. 1996. Your Customer's guide to the top nine herbs. p. 10 – 11.

81. Porta, J; López, M y Roquero, C. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Tercera edición. Mundi Prensa. España. 807 p.

82. Ramírez, C. 2006. Nutrición mineral y producción vegetal. p. 22-30. En: Clavijo, J.; Bareño, P.; Guido, C. y Chaparro, L. (Eds). Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Colombia. 206 p.

83. Ramírez, G. 2004. Agricultura orgánica y desarrollo rural. Un principio de vida. Formas de preparar en su finca abonos, insecticidas y fungicidas biológicos. Séptima edición. Corporación agroecológica "Semillas de Vida". Colombia. 178 p.

84. Ramírez, H. 2005. Manual de fertilizantes: El campo y sus recursos. Primera edición. Ediciones Enlace Cultural. Colombia. 32 p.

85. Restrepo, J. 2000. Elaboración de abonos orgánicos con base en estiércol enriquecido con minerales y manejo de la nutrición y biofertilización para el cultivo del café orgánico. En: Amador, M.; Valdés, H.; Saborío, G.; Delgado, G. y Restrepo, J. (Eds). Material didáctico del Curso - Taller Latinoamericano sobre café orgánico con énfasis en biofertilización, nutrición, certificación y situación actual del cultivo. Fundación Ambio, Universidad Estatal a Distancia (UNED), Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense (CEDECO). Noviembre 13 al 15. Costa Rica. 112 p.

86. Rich, J; Heichen, R; Bottomley, P. y Cromack, J. 2003. Community composition and Functioning of Denitrifying Bacteria from Adjacent Meadow and Forest Soils. Applied and Environmental Microbiology, 69 (10): 5974 – 5982.

87. Rodríguez, G. y Soto, G. 1999. Fertilización de hortalizas orgánicas. p. 267 – 275. En: Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica (Eds). Memorias XI Congreso Nacional Agronómico. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Costa Rica. 594 p.

88. Rodríguez, M. y Chacón, A. 2001. Manual práctico para la fabricación de abono orgánico utilizando lombriz. García Hermanos impresores S.A. Red de biomasa Oficina regional para Centroamérica. Costa Rica. 39 p.

89. Rynk, R. 1992. On-farm composting handbook. Natural resource, agriculture and engineering service (NRAES). United States. 186 p.

90. Salas, J. 2006. Producción orgánica o ecológica de cultivos hortofrutícolas (mora, uchuva y tomate de árbol): Guía para la elaboración y aplicación de abonos orgánicos compostados, caldos microbianos y preparados vegetales y minerales para el control de plagas y enfermedades en cultivos hortofrutícolas. Taller teórico-práctico. Programa integral para la gestión ambiental empresarial (PIGAE). Corporación Autónoma Regional (CAR), Corporación Ambiental Empresarial (CAE) y Cámara de Comercio de Bogotá. Colombia. 13 p.

91. Sosa, L.; Echeverría, H.; Dosio, G. y Aguirrezabal, L. 1999. Evaluación de la nutrición nitrogenada de girasol cultivado en Balcarce (Buenos Aires, Argentina). Ciencia del suelo, 27 (1): 1 – 7.

92. Salisbury, F. y Ross, C. 2000. Fisiología de las plantas 3. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Thomson Learning. España. 305 p.

93. Stahl, E. y Venskutonis, R. 2004. Thyme. p. 297 - 318. En: Peter, k (Ed). Handbook of herbs and spices. Volume 2. First Edition. Woodhead Publishng Ltd and CRC Press. United States. 374 p.

94. Taiz, L. y Zeiger, E. 2006. Plant Physiology. Fourth edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers. United States. 705 p.

95. Tarafdar, J.; Tripathi, K. y Kumar, M. 2009. Organic Agriculture. Scientific Publishers. India. 369 p.

96. Torres, A. 2007. Análisis de componentes principales aplicado a las razones financieras que muestran el desempeño industrial Mexicano entre 1998 y 2001. Entelequia, 5 (1): 111 – 120.

97. Trujillo, Gilberto. Propietario Finca "El Paraíso", vereda Checua, Nemocón (Cundinamarca). Comunicación personal. Fecha: 31 de Marzo de 2008.

98. Unites States Department of Agriculture (USDA). 2007. National Organic Program: Concerning Organic Agricultural Products and Organic Agricultural Product Processed Foods. Accedida el 3 de Abril de 2010. (www.ams.usda.gov).

99. Universidad Militar Nueva Granada (UMNG). 2010. Proyecto Campus Cajicá Terrenos. Accedida el Abril 1 de 2010. (www.umng.edu.co).

100. Universidad Nacional de Colombia (UNAL) y Facultad de Ciencias Económicas y Centro de Investigaciones para el Desarrollo (CID). 2008. Caracterización y evaluación de la cadena de plantas aromáticas, medicinales, condimentarías, aceites esenciales y afines en Colombia. 83 p.

101. Usman D.; Usman C.; Bonilla C. y Sánchez M. 2003. Efecto de la fertilización orgánica sobre la producción de follaje y rendimiento de semilla de cilantro *Coriandrum sativum* L. variedad Unapal Precoso. Acta agronómica, 52 (4): 59-63.

102. Vandermeer, J. 1995. The Ecological Basis of Alternative Agriculture. Annual Review of Ecology and Systematics, 26 (1): 201 – 224.

103. Vargas, M. 2009. Evaluación de la fertilidad de un andisol en Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia) para el cultivo de Tomillo (Thymus vulgaris). Trabajo de Grado. Facultad de Ciencias. Universidad Militar Nueva Granada. Colombia. 68 p.

104. Varnero, M.; Rojas, C. y Orellana, R. 2007. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, 7 (1): 28 – 37.

105. Vázquez, A.; Pérez, L.; Díaz, R. 2007. Biomoléculas con actividad insecticida: alternativa para mejorar la seguridad alimentaria. Ciencia y tecnología alimentaria, 5(4): 306 – 313.

106. Veloza, M.; Sáenz, G.; Castro, J.; Ramírez, S.; Gutiérrez, J.; Saavedra, C.; Chaparro, J.; Contreras, S. y Rincón, N. 2003. Practicas de conservación de suelo: abonamiento orgánico en el cultivo de la mora (*Rubus glaucus*). Editorial CODICE LTDA. Colombia. 45 p.

107. Villamizar, F. 2006. Los factores del manejo poscosecha de hierbas aromáticas frescas y la investigación como elementos claves en obtención de la calidad para mercados de exportación. p. 138-148. En: Clavijo, J.; Bareño, P.; Guido, C. y Chaparro, L. (Eds). Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Colombia. 206 p.

108. Yussefi, M.; Willer, H. 2007. Organic farming worldwide 2007: Overview & Main statistics. p. 9-16. En: Yussefi, M.; Willer, H. (Eds). The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2007. IFOAM & FiBL. Germany. 251 p.

ANEXO 1. FICHAS TÉCNICAS DE LOS ABONOS COMERCIALES Y RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE LABORATORIO DE LOS ABONOS LOCALES

Tabla 1A. Composición química y otras propiedades de la Gallinaza Extra Abonavi.
Tomado de: Ganavi, 2009.

Elemento o propiedad	Contenido
Nitrógeno Total (N) (%)	1.3
Nitrógeno Orgánico (%)	1.3
Fósforo asimilable (P_2O_5) (%)	4
Potasio soluble en agua (%)	2
Materia Orgánica (%)	22
Carbono Orgánico (%)	12.8
Relación C:N	9.8
Cenizas (%)	43.7
Humedad Máxima (%)	20

Tabla 2A. Composición química y otras propiedades del Soil-aid®. Tomado de: Geoambiente Ltda., 2008.

Elemento o propiedad	Base Seca	Base Húmeda
Humedad máxima (%)	< 30	< 30
Densidad aparente ($g \cdot cm^{-3}$)	0.6	-
Relación C:N	< 14	< 14
pH	7 – 8	7 – 8
Retención de agua (%)	> 100	> 100
Contenido de cenizas (%)	< 50	< 35
Carbono orgánico (%)	> 22	> 16
C.I.C (meq/100 g)	> 76	> 53
Nitrógeno total (%)	> 1.5	> 1.1
Nitrógeno orgánico (%)	> 1.5	> 1.2
Fosforo total (P_2O_5) (%)	> 2.8	> 2
Potasio total (K_2O) (%)	> 3.4	> 2.4
Calcio (CaO) (%)	> 4.2	> 3
Silicio total (SiO_2) (%)	> 3.1	> 21
Magnesio (MgO) (%)	-	0.88
Hierro (Fe) (%)	-	0.64
Manganeso (Mn) (ppm)	-	484
Cobre (Cu) (ppm)	-	33
Zinc (Zn) (ppm)	-	184
Boro (B) (ppm)	-	26

Tabla 3A. Composición química y características del Lombricompost San Rafael.

Tomado de: Humus de Lombriz San Rafael, 2009.

Elemento o propiedad	Contenido
N-Total (%)	1
Fósforo Total (P_2O_5) (%)	1
Potasio Total (K_2O) (%)	1.5
Azufre (S) (%)	0.2
Calcio (CaO) (%)	3
Magnesio (MgO) (%)	1.3
Hierro (Fe) (%)	1
Manganeso (Mn) (%)	0.4
Carbono Orgánico Oxidable (Humus) (%)	15
Cenizas (%)	48
Humedad (%)	30
Capacidad de retención de humedad a saturación (%)	195.2
Pérdidas por volatilización (%)	22
Niveles máximos de patógenos (salmonella y enterobacterias totales) (UFC)	0
Ph	8
Capacidad de cambio catiónico (CIC) (meq /100 g)	70
Densidad ($g \cdot cm^{-3}$)	0.6
Relación C:N	11
Conductividad eléctrica (dS)	5
Contenido de metales pesados	Cumple norma producto orgánico
Cumple con normas de producto ecológico y orgánicos del "ICONTEC" E "ICA"	

Tabla 4A. Composición química del Agroplux. Tomado de: Fundases, 2009.

Elemento	ppm
N	1156
P	406
K	6235
Mg	780
Ca	1801
S	437
Cu	0.5
Fe	21.27
Mn	4.93
Na	238.5
Zn	3.05
Grasa (%)	4.5

Tabla 5A. Composición química de los abonos comerciales y locales. Modificado de: Análisis de Laboratorio G.R Chía S.A, 2009.

Nombre	pH	CE (mS/cm)	M.O. (%)	CIC (meq/100 g)	C:N	NT %	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3$	P	S	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B
							ppm												
Gallinaza	8	26.9	16.45	24.2	9.8	1.3	232.96	181.27	2386	1225	8766.2	5460	1058	1592.5	151.95	52.92	16.79	83.8	57.2
Soil Aid	7.4	22.4	20.79	56.4	< 14	1.5	33.49	328.33	701.8	887.5	8594.2	8010	2406	1573.2	191.55	19.49	3.1	48.24	8.68
San Rafael	6.8	2.7	39.51	40.9	11	1	33.49	174.72	2035.1	192.5	2322.5	4518	1796	945.8	245.1	26.74	11.1	76.28	6.38
Bocashi	7.2	4.89	16.99	50.4	11.49	1.24	141.86	203.39	94	185	3002.9	7136	1136	191.4	222.35	317.28	1.71	11.73	6.54
Lomb. Local	6.7	3.8	20.54	55	8.06	1.75	36.19	496.53	1859.6	233.8	3875.6	6016	2532	261.3	213.55	51.03	10.87	64.24	5
CIAO	6	27.15	-	-	-	-	28.14	36.26	285	1021.27	2611.88	4379.94	660.53	106.95	129.8	13.44	0.52	3.78	34
EM	3.5	5.51	-	-	-	-	9.94	15.96	5.8	502.7	909.08	410.42	180.09	46	8.45	0.28	0.16	0.84	6.35

NT de abonos comerciales fueron obtenidos de la ficha técnica de cada producto

ANEXO 2. CALCULOS PARA LA DOSIFICACIÓN DE LOS ABONOS COMERCIALES Y LOCALES USADOS EN EL ENSAYO

1. PRIMERA DOSIFICACIÓN DEL TOMILLO

Nitrógeno (N) que extrae una planta por corte: 3.62 g / 100 g de materia seca

1 planta extrae: 6.4 g de N por cada corte

$$\frac{3.6\ g * 6.4\ g}{100\ g} = 0.23\ g$$ /de N planta por corte

1.1. Gallinaza (T3)

La gallinaza tiene 20% de humedad y 1.3% N

$$\frac{0.23\ g\ N * 100\ g\ Gallinaza}{1.3\ g\ N} = 17.7\ g + 25\% = 22.13\ g\ Gallinaza$$

$$\frac{22.13\ g * 100\%\ seco}{80\%\ seco} = \underline{27.66\ g\ de\ Gallinaza}$$

1.2. Gallinaza + Bocashi (T4)

Los 0.23 g de N/planta se cubrieron con 0.115 g N de Gallinaza (13.83 g) y 0.115 g N de Bocashi :

El Bocashi tiene 20% de humedad y 0.34 g N

$$\frac{0.115\ g\ N * 100\ g\ Bocashi}{0.034\ g\ N} = 338.23\ g\ Bocashi$$

$$\frac{338.23\ g * 100\%\ seco}{80\%\ seco} = 422.78\ g + 25\% = \underline{528.48\ g\ Bocashi + 13.83\ g\ Gallinaza}$$

1.3. Gallinaza + Lombricompost local (T5)

Los 0.23 g de N/planta se cubrieron con 0.115 g N de Gallinaza (13.83 g) y 0.115 g N de Lombricompost local:

El lombricompost tiene 50% de humedad y 0.053 g N

$$\frac{0.115\ g\ N * 100\ g}{0.053\ g\ N} = 216.98\ g\ Lombricompost$$

$$\frac{216.98\ g * 100\%\ seco}{50\%\ seco} = 433.96\ g + 25\% = \underline{542.45\ g\ Lomb.\ local + 13.83\ g\ Gallinaza}$$

1.4. Gallinaza + Compost Soil-aid (T6)

Los 0.23 g de N/planta se cubrieron con 0.115 g N de Gallinaza (13.83 g) y 0.115 g N de Soil-aid:

El Soil-aid tiene 30% de humedad y 1.5 g de N

$$\frac{0.115\ g\ N * 100\ g\ Soil-aid}{1.5\ g\ N} = 7.67\ g + 25\% = 9.58\ g\ \text{de Soil-aid}$$

$$\frac{9.58\ g * 100\%\ seco}{70\%\ seco} = \underline{13.68\ g\ de\ Soil\text{-}aid + 13.83\ g\ de\ Gallinaza}$$

1.5. Gallinaza + Lombricompost comercial San Rafael (T7)

Los 0.23 g de N/planta se cubrieron con 0.115 g N de Gallinaza (13.83 g) y 0.115 g N de Lomb. San Rafael:

El Lomb. San Rafael tiene 30% humedad y 1% de N

$$\frac{0.115\ g\ N * 100\ g\ San\ Rafael}{1\ g\ N} = 11.5\ g + 25\% = 14.37\ g\ \text{de Lomb. San Rafael}$$

$$\frac{14.37\ g * 100\%\ seco}{70\%\ seco} = \underline{20.53\ g\ Lomb\ San\ Rafael + 13.83\ g\ Gallinaza}$$

1.6. Agroplux

Se usaron las mismas concentraciones en la primera, segunda y tercera dosificación.

La recomendación es 120 – 130 L·ha^{-1} y se tomo 125 L·ha^{-1}

$$\frac{125000\ mL * 1\ planta}{144000\ plantas} = 0.9\ mL\ por\ planta \approx \underline{1\ mL\ de\ Agroplux}$$

1.7. Caldo CIAO

Una aspersión emplea 0.2 L·m^{-2} de mezcla

0.2 L * 10000 m^2 = 2000 L·ha^{-1}

1 ha tiene 144000 plantas:

$$\frac{1planta * 2000\ L}{144000\ plantas} * \frac{1000\ mL}{1L} = 13.88\ mL \approx 14\ mL$$

Volumen de mezcla para hacer una aspersión de 2000 L·ha^{-1} con bomba de espalda:

$$\frac{14\ mL * 100\%}{2.5\%} = 0.35\ mL \approx 0.4\ mL/planta$$

Se usaron las mismas concentraciones en la primera, segunda y tercera dosificación.

2. PRIMERA DOSIFICACION DEL OREGANO

N: 3.02 g / 100 g de materia seca

1 planta extrae: 28.11 g por cada corte

$$\frac{3.02\ g * 28.11\ g}{100\ g} = 0.84\ g\ /planta\ por\ corte$$

2.1. Gallinaza (T3)

La gallinaza tiene 20% de humedad y 1.3% N

$$\frac{0.84\ g\ N * 100\ g\ Gallinaza}{1.3 g\ N} = 64.6\ g + 25\% = 80.8\ g\ Gallinaza$$

$$\frac{80.8\ g * 100\%\ seco}{80\%\ seco} = \underline{101\ g\ de\ Gallinaza}$$

2.2. Gallinaza + Bocashi (T4)

Los 0.84 g de N/planta se cubrieron con 0.42 g N de Gallinaza (50.5 g) y 0.42 g N de Bocashi:

El Bocashi tiene 20% de humedad y 0.34 g N

$$\frac{0.42\ g\ N * 100\ g\ Bocashi}{0.034\ g\ N} = 1235.29\ g\ Bocashi$$

$$\frac{1235.29\ g * 100\%\ seco}{80\%\ seco} = 1544.17\ g + 25\% = \underline{1930.1\ g\ Bocashi + 50.5\ g\ Gallinaza}$$

2.3. Gallinaza + Lombricompost local (T5)

Los 0.84 g de N/planta se cubrieron con 0.42 g N de Gallinaza (50.5 g) y 0.42 g N de de Lombricompost local:

El lombricompost tiene 50% de humedad y 0.053 g N

$$\frac{0.42\ g\ N * 100\ g}{0.053\ g\ N} = 792.45\ g\ Lombricompost$$

$$\frac{792.45\ g * 100\%\ seco}{50\%\ seco} = 1584.9\ g + 25\% = \underline{1981.12\ g\ Lomb.local + 50.5\ g\ Gallinaza}$$

2.4. Gallinaza + Compost Soil-aid (T6)

Los 0.84 g de N/planta se cubrieron con 0.42 g N de Gallinaza (50.5 g) y 0.42 g N de Soil-aid:

El Soil-aid tiene 30% de humedad y 1.5 g de N

$$\frac{0.42\ g\ N * 100\ g\ Soil-aid}{1.5\ g\ N} = 28\ g + 25\% = 35\ g\ \text{de Soil-aid}$$

$$\frac{35\ g * 100\%\ seco}{70\%\ seco} = \underline{50\ g\ de\ Soil\text{-}aid + 50.5\ g\ de\ Gallinaza}$$

2.5. Gallinaza + Lombricompost comercial San Rafael (T7)

Los 0.84 g de N/planta se cubrieron con 0.42 g N de Gallinaza (50.5 g) y 0.42 g N de Lomb. San Rafael:

El Lomb. San Rafael tiene 30% humedad y 1% de N

$$\frac{0.42\ g\ N * 100\ g\ San\ Rafael}{1\ g\ N} = 42\ g + 25\% = 52.5\ g\ de\ Lomb.\ San\ Rafael$$

$$\frac{52.5\ g * 100\%\ seco}{70\%\ seco} = \underline{75\ g\ Lomb\ San\ Rafael + 50.5\ g\ Gallinaza}$$

2.6. Agroplux y CIAO

Se usaron las mismas concentraciones que para el tomillo en la primera, segunda y tercera dosificación.

3. Segunda y tercera dosificación de orégano y tomillo

Para el orégano y el tomillo en la segunda dosis se realizaron los mismos cálculos anteriormente mencionados a diferencia del Bocashi el cual para ésta dosis aportó 1.24 g N y el Lombricompost el cual aportó 1.75 g N. Los demás abonos aportaron las mismas cantidades de Nitrógeno que en la primera dosis. Para la tercera dosis, la cantidad de abono de cada uno de los tratamientos se obtuvo multiplicando la dosis anterior por un factor de tres.

ANEXO 3. CALDO MICROBIANO CIAO

Tabla 1C. Materiales para una caneca de 50 galones. Tomado de: Espinosa y Rodríguez, 2003.

INSUMO	CANTIDAD	FUNCIÓN
Estiércol bovino fresco	40 kg	Aporta nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro
Cal dolomítica	2.5 kg	Regula la acidez que se presenta durante la fermentación, aporta carbonato al suelo
Roca fosfórica ó fosforita Huila	1.4 kg	Fuente mineral de fósforo
Ceniza	350 g	Beneficia la actividad microbiológica; retiene, filtra y libera gradualmente los nutrientes; reduce malos olores y es fuente importante de potasio.
Leche o suero	16 L	Fuentes de inoculación microbiológica, además de ser una fuente de vitaminas y proteínas.
Melaza	8 L	Principal fuente energética para la fermentación; favorece el aumento de la actividad biológica; es rica en potasio, calcio, magnesio, boro y otros.
Agua no clorada	Según se necesite cada día	Homogenizar la mezcla, diluir los materiales todos los materiales y favorecer la reproducción biológica

Tabla 2C. Preparación Caldo Microbiano CIAO para 50 galones. Tomado de: Espinosa y Rodríguez, 2003.

Procedimiento diario
Día 1 En el tanque o caneca plástica de 50 galones, se mezclaron: • 40 kilos de estiércol bovino fresco • 100 litros de agua • 2 litros de leche o suero • 1 litro de melaza, previamente disuelta Se agita muy bien hasta conseguir una mezcla homogénea. Se tapa y se deja protegido del sol y de la lluvia.
Día 4 En un balde pequeño, con agua suficiente, se disuelven: • 1.25 kilos de cal dolomítica • 200 gramos de roca fosfórica • 50 gramos de ceniza Además se añade en la caneca: • 2 litros de leche o suero • 1 litro de melaza Se vierten en la caneca, se revuelven hasta homogenizar, se tapan y se dejan en reposo protegidos del sol y la lluvia.
Día 7 En un balde se diluyen los siguientes materiales en un poco de agua tibia y luego se agregan en la caneca: • 200 gramos de roca fosfórica • 50 gramos de ceniza Posteriormente se agregan en la caneca: • 2 litros de leche o suero • 1 litro de melaza Todo se revuelve hasta homogenizar, se tapa la caneca y se deja en quietud protegidos del sol y la lluvia.
Día 10 Disuelva en un balde pequeño con un poco de agua los siguientes elementos y luego agréguelos en la caneca: • 1.25 kilos de cal dolomítica • 200 gramos de roca fosfórica • 50 gramos de ceniza Posteriormente agregue en la caneca: • 2 litros de leche o suero • 1 litro de melaza Revolver bien, tapar la caneca y dejar en reposo.
Día 13 Disuelva en un balde pequeño con un poco de agua tibia los siguientes materiales y luego agréguelos en la caneca: • 200 gramos de roca fosfórica • 50 gramos de ceniza Posteriormente agregue directamente en la caneca: • 2 litros de leche o suero • 1 litro de melaza

Revolver bien, tapar la caneca y dejar en reposo.

Día 16

En un poco de agua tibia disuelva los siguientes materiales y agréguelos a la caneca:

- 200 gramos de roca fosfórica
- 50 gramos de ceniza

Adicionalmente se añaden:

- 2 litros de leche o suero
- 1 litro de melaza

Se llevan a la caneca, se homogenizan bien, se tapa y deja en reposo, siempre protegidos del sol y la lluvia.

Día 19

En un poco de agua tibia se disuelven y vierten en la caneca:

- 200 gramos de roca fosfórica
- 50 gramos de ceniza

Luego se añaden

- 2 litros de leche o suero
- 1 litro de melaza

La mezcla anterior se mezcla bien en la caneca mediante agitación, se cubre y deja en quietud.

Día 22

En un poco de agua tibia se diluye y agrega a la caneca:

- 200 gramos de roca fosfórica
- 50 gramos de ceniza

Luego se agregan:

- 2 litros de leche o suero
- 1 litro de melaza

Se llevan a la caneca, se homogenizan bien.

La caneca se lleva a 50 galones (200 L) con el agua que sea necesaria.

Se cierra y se agita dos veces por semana por 10 a 15 días, protegido del sol y la lluvia.

Día 37

El caldo está listo para ser usado.

ANEXO 4. ABONO TIPO BOCASHI

Tabla 1D. Materiales (en fresco) para aprox. 400 kg de abono sólido (aprox. 180 kg. de material seco). Modificado de: Cogger y Kropf, 2001; Franco *et al.*, 2002; López, 2002; Bongcam, 2003; Carrizosa *et al.*, 2004; FHJC, 2004; Picaso y Añasco, 2005; Ramírez, 2005.

INSUMO	CANTIDAD	FUNCIÓN
Estiércol bovino fresco	120 kg	Aporta nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro; mejora las condiciones físicas
Tierra de la finca	150 kg	Da cuerpo al abono; aumenta el medio para la actividad microbiológica; retiene, filtra y libera gradualmente los nutrientes; aporta arcillas y otros minerales.
Cascarilla de arroz	45 kg	Mejora características físicas del suelo: aireación, absorción de humedad; beneficia la actividad biológica; estimula desarrollo de raíces; es una fuente de sílice lo que da resistencia a insectos y enfermedades. Favorece el desarrollo del humus.
Cal agrícola	8 kg	Regula la acidez que se presenta durante la fermentación, aporta calcio.
Cal dolomítica	8 kg	
Roca fosfórica ó fosforita Huila	1 kg	Fuente mineral de fósforo
Melaza	3 L	Principal fuente energética para la fermentación; favorece el aumento de la actividad biológica; es rica en potasio, calcio, magnesio, boro y otros.
Levadura	150 g	Fuentes de inoculación microbiológica al inicio de cada proceso.
Bachton	100 cm^{-3}	Fuentes de inoculación y estabilización microbiológica al inicio de cada proceso
Harina de arroz	15 kg	Favorece la fermentación, aporta vitaminas, aporta nitrógeno y otros nutrientes como fósforo, potasio, calcio, magnesio. Funciona como medio de cultivo para los microorganismos.
Agua no clorada	Según la prueba del puño	Homogenizar la humedad de todos los materiales y favorecer la reproducción biológica

Tabla 2D. Preparación Abono tipo Bocashi.

Tomado de: Cogger y Kropf, 2001; Franco *et al.*, 2002; López, 2002; Bongcam, 2003; Carrizosa *et al.*, 2004; FHJC, 2004; Picaso y Añasco, 2005; Ramírez, 2005.

Procedimiento diario
Día 1 1. Se diluye la levadura y la melaza en un balde con agua hasta cuando haga espuma. Si prefiere la melaza se puede diluir en agua tibia previamente, pero se requiere que el agua alcance una temperatura ambiente para diluir la levadura. En 1 L de agua se prepara el Bachton. 2. Se hacen capas sucesivas de cada material en el siguiente orden: Cascarilla → Cal agrícola → Cal dolomita → Harina de arroz → Ceniza → Estiércol bovino → Sulfato de potasio → Tierra → Roca fosfórica. Se repite hasta acabar con todos materiales que han sido separados. 3. Cada vez que se termina una capa, se rosea con el contenido de los baldes uniformemente, pero cuidando que está mezcla alcance para todas las capas que se pueden hacer con esta cantidad de material, así se asegura que las demás capas queden cubiertas con suficiente melaza y levadura. 4. Cuando ya se han acabado todos los materiales, el montón que se ha formado se empieza a voltear cuidadosamente de un lado al otro, procurando homogenizar lo más posible todos los insumos. 5. Se realiza la prueba del puño, la cual consiste en tomar un puñado de la mezcla final y apretarla en la mano. No deben salir gotas de agua por entre los dedos, porque esto nos indica exceso de humedad, si esto sucede deberá controlarla aumentando la cantidad cascarilla de arroz. Si por el contrario al apretar, el puñado se deshace, debe aumentar la cantidad de agua; lo cual debe hacerlo en pocas cantidades y repitiendo la prueba del puño, hasta llegar a la humedad ideal. La humedad apropiada es cuando en la mano se siente la humedad y el puñado mantiene su forma. 6. Finalmente arme una pila de una altura de 50 cm. sin apelmazar el montón, y cúbrala con costales de fibra.
Día 2 al Día 3 Monitorear la temperatura en la mañana, al medio día y en la tarde con el termómetro de punzón, y registrarla en el formato anexo. Hacer un volteo en algún momento del día o si al hacer el registro de la temperatura, esta supera los 55 °C. Se espera que con el volteo la temperatura disminuya y que se de aireación. Pasada una hora del volteo realizar una nueva medición de la temperatura.
Día 4 Además de realizar el monitoreo de la temperatura, un volteo, la pila deberá bajarse de 50 cm a 30 cm.
Día 5 al Día 7 A partir del día 5 ya no es necesario hacer un monitoreo tan constante de la temperatura, este podrá hacerse solo dos veces al día (mañana y tarde). Así mismo se deberá hacer un volteo en alguno de estos momentos o en caso tal que al hacer la medición la temperatura esté por encima de 55 °C.
Día 8 al Día 15 A partir de este día el volteo se realiza una vez al día, y la altura de la pila se disminuye a 20 cm. Es muy importante que en este periodo la pila alcance la temperatura del ambiente (18 – 20 °C) y se mantenga constante, por ello es necesario seguir midiendo la temperatura de la pila con el termómetro. En este periodo observará que empezará a tomar una consistencia suelta y de color gris claro.
Día 16 al Día 30 El abono se deja en reposo durante este periodo para que sufra un proceso de maduración y su calidad mejore. Después de este tiempo el abono estará listo cuando su temperatura sea igual a la temperatura ambiente (16 – 18 °C), tenga un color grisáceo y de consistencia suelta, y al tacto se sienta seco. En este estado está listo para ser usado, aunque también puede empacarlo en costales y guardarlo hasta por 2 meses, aunque lo ideal es utilizarlo inmediatamente.

ANEXO 5. PREPARACIÓN SOLUCION NUTRITIVA

Tabla 1E. Fórmula de preparación de la Solución nutritiva de Arnon y Hoagland para 200 L.
Tomado de: Salisbury, 2000.

ELEMENTO	CANTIDAD (g)
Nitrato de potasio (KNO_3)	123.68
Nitrato de calcio (Ca(NO3))	168.42
Fosfato Monoamónico (MAP)	22.96
Molibdato de amonio	0.0037
Sulfato de magnesio ($MgSO_4$)	98
Quelato de manganeso	1.11
Bórax	0.909
Quelato de Zinc	0.111
Quelato de cobre	0.044
Quelato de hierro	1.11

ANEXO 6. PRUEBAS ESTADÍSTICAS

Tabla 1F. Tabla resumen de ANOVAS.

ESPECIE	VARIABLE	TRATAMIENTO	COSECHA	INTERACCIÓN	EVALUACIÓN DEL SLICED PARA CADA NIVEL DE LAS FUENTES DE VARIACIÓN																
					COS1	COS2	COS3	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
ORÉGANO	PESO FRESCO TOTAL	**	**	**	**	**		**	NS	NS	**	**	NS	NS	**	**	NS	NS	*	**	NS	NS
	PESO SECO TOTAL	**	**	**	**	**		**	NS	NS	**	**	*	*	**	**	NS	*	**	**	**	*
	PESO FRESCO EXPORTACION	**	**	**	**	**		NS	NS	NS	**	**	*	NS	**	**	NS	NS	*	**	*	NS
	LONGITUD PROMEDIO EXPORTACION	**	**	NS	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOMILLO	PESO FRESCO TOTAL	**	*	**	NS	**	**	NS	**	**	NS	*	NS	**	NS	NS	NS	*	NS	*	NS	**
	PESO SECO TOTAL	**	**	**	NS	**	**	NS	**	**	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	**	NS	NS	*	**
	PESO FRESCO EXPORTACION	NS	*	*	NS	**	**	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	LONGITUD PROMEDIO EXPORTACION	*	**	NS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Efecto significativo de la fuente de variación al 5%
** Efecto altamente significativo de la fuente de variación al 1%
NS Efecto no significativo de la fuente de variación al 5%

ANEXO 7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Tabla 1G. Análisis microbiológico de los abonos orgánicos e inoculadores de microorganismos. Modificado de: IGAC, 2009.

Nombre	Solubilizadores de fosfato (UFC/g suelo)	Esporas de Micorrizas (UFC/g suelo)	Fijadores de Nitrógeno (UFC/g suelo)	Nitrificantes (NMP/g suelo)	Nitrobacter spp. (UFC/g suelo)	Amonificantes (NMP/g suelo)	Denitrificantes (NMP/g suelo)
Gallinaza	20×10^4	40	85×10^6	$> 10^8$	16×10^7	16×10^6	23×10^4
Bocashi	60×10^4	N.D.	20×10^7	81×10^4	16×10^7	24×10^6	13×10^5
Lomb. Local	10×10^4	N.D.	13×10^7	35×10^6	$> 10^8$	35×10^6	35×10^5
Soil Aid	60×10^4	160	56×10^5	69×10^4	16×10^7	24×10^6	11×10^4
San Rafael	60×10^4	N.D.	14×10^7	54×10^6	$> 10^8$	35×10^6	45×10^3
EM	100	80	21×10^4	24×10^6	16×10^7	43×10^5	210
CIAO	10×10^4	680	61×10^6	24×10^4	$> 10^8$	35×10^5	40

NMP: Número Más Probable; UFC: Unidades Formadoras de Colonias; N.D: No Detectado.

ANEXO 8. ANÁLISIS DE SUELO

Tabla 1H. Composición química suelo Río Frío, Zipaquirá. Modificado de: Análisis de Laboratorio G.R Chía S.A.

Nombre	pH	CE (mS/cm)	M.O. (%)	CIC (meq/100g)	N-NH_4	N-NO_3	P	S	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B
					ppm												
Suelo Río Frío	5.2	0.92	16.9	505.8	25.33	125.22	3.5	3.3	689.7	1310	210	21.2	34.5	2.26	1.09	0.85	0.76

Tabla 2H. Relaciones iónicas del suelo Rio Frío. Modificado de: Análisis de Laboratorio G.R Chía S.A.

Relaciones iónicas		
Elemento	Obtenido	Ideal
Ca/Mg	3.78	3 – 6
Mg/K	0.98	6 – 7
Ca/K	3.71	15 – 20
(Ca+Mg)/K	4.69	20 – 25

ANEXO 9. ANÁLISIS DE INHIBICIÓN DE LA GERMINACIÓN

Tabla 1I. Resultados de análisis de inhibición de la germinación de semillas de repollo en estudios previos sobre lotes anteriores de abonos locales. Modificado de: IGAC, 2009.

Fecha	Abono	Resultado de análisis
Noviembre 19 de 2008	Lombricompost local	No hay diferencia entre los tratamientos, es decir, la probabilidad que exista un efecto inhibitorio por parte del lombricompost analizado es inferior al 1%.
Enero 20 de 2009	Compost local Bocashi	No hay diferencias estadísticamente significativas en las respuestas a la germinación, pero existe un efecto negativo de la muestra sobre los parámetros de biomasa, longitud de tallo y de raíz, con presencia de anormalidades de esta última, lo que indica la presencia de sustancias inhibitorias que deben ser eliminadas antes que el sustrato sea adecuado para su aplicación a las plantas.

ANEXO 10. APORTE DE NUTRIENTES DE LOS TRATAMIENTOS PARA LAS TRES DOSIFICACIONES DE TOMILLO Y ORÉGANO

Tabla 1J. Cantidad de macro y micronutrientes aportados en cada tratamiento de abonamiento para cada especie y en la primera dosificación evaluada.

Especie	Abono	N-NH_4	N-NO_3	P	S	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B
		kg·ha^{-1}							g·ha^{-1}					
Tomillo	Gallinaza	0,52	0,4	5,28	2,71	19,4	12,08	2,34	3523,88	336,23	117,1	37,15	185,43	126,57
	Gallinaza+Soil-aid	0,29	0,51	3,31	2,21	17,93	13,71	3,47	3268,44	351,55	77,21	21,55	138,91	71,6
	Gallinaza+San Rafael	0,31	0,45	5,56	1,63	13,04	12,53	3,75	3121,15	520,35	96,98	34,53	202,34	72,45
	Gallinaza+Bocashi	6,26	8,8	6,61	9,18	136,66	307,74	49,2	9854,03	9568,72	13472,64	90,87	588,64	339,79
	Gallinaza+Lomb. Local	1,24	13,67	53,08	7,7	114,81	169,21	69,84	8849,05	5960,13	1442,61	313,4	1835,07	198,9
Orégano	Gallinaza	1,88	1,46	19,28	9,9	70,83	44,12	8,55	12867,4	1227,76	427,59	135,66	677,1	462,18
	Gallinaza+Soil-aid	1,06	1,88	12,1	8,06	65,5	50,09	12,7	11939,9	1284,3	282,01	78,68	507,39	261,47
	Gallinaza+San Rafael	1,12	1,65	20,32	5,96	47,61	45,78	13,7	11399,15	1900,65	354,18	126,11	739,02	264,58
	Gallinaza+Bocashi	22,84	32,14	24,15	33,51	499,06	1123,86	179,67	35985,86	34944,72	49201,83	331,86	2149,66	1240,86
	Gallinaza+Lomb. Local	4,53	49,92	193,84	28,11	419,31	617,97	255,08	32316,77	21767,07	5268,57	1144,56	6701,85	726,36

Tabla 2J. Cantidad de macro y micronutrientes aportados en cada tratamiento de abonamiento para cada especie y en la segunda dosificación evaluada.

Especie	Abono	N-NH_4	N-NO_3	P	S	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B
		kg·ha^{-1}							g·ha^{-1}					
Tomillo	Gallinaza	0,52	0,4	5,28	2,71	19,4	12,08	2,34	3523,88	336,23	117,1	37,15	185,43	126,57
	Gallinaza+Soil-aid	0,29	0,51	3,31	2,21	17,93	13,71	3,47	3268,44	351,55	77,21	21,55	138,91	71,6
	Gallinaza+San Rafael	0,31	0,45	5,56	1,63	13,04	12,53	3,75	3121,15	520,35	96,98	34,53	202,34	72,45
	Gallinaza+Bocashi	0,42	0,44	2,75	1,57	13,18	14,31	2,49	1983,81	425,87	426,34	20,56	106,31	70,87
	Gallinaza+Lomb. Local	0,29	0,61	4,17	1,55	12,88	10,98	3,25	1976,47	343,44	100,45	27,5	145,46	67,39
Orégano	Gallinaza	1,88	1,46	19,28	9,9	70,83	44,12	8,55	12867,4	1227,76	427,59	135,66	677,1	462,18
	Gallinaza+Soil-aid	1,06	1,88	12,1	8,06	65,5	50,09	12,7	11939,9	1284,3	282,01	78,68	507,39	261,47
	Gallinaza+San Rafael	1,12	1,65	20,32	5,96	47,61	45,78	13,7	11399,15	1900,65	354,18	126,11	739,02	264,58
	Gallinaza+Bocashi	1,54	1,59	10,04	5,73	48,12	52,26	9,08	7243,7	1554,86	1556,53	75,07	388,19	258,77
	Gallinaza+Lomb. Local	1,05	2,22	15,22	5,65	47,04	40,11	11,87	7217,6	1254,53	366,89	100,44	531,27	246,09

Tabla 3J. Cantidad de macro y micronutrientes aportados en cada tratamiento de abonamiento para cada especie y en la tercera dosificación evaluada.

Especie	Tratamiento	N-NH_4	N-NO_3	P	S	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B
		kg·ha^{-1}							g·ha^{-1}					
Tomillo	Gallinaza	1,55	1,2	15,84	8,13	58,19	36,25	7,02	10571,65	1008,7	351,3	111,46	556,3	379,72
	Gallinaza+Soil-aid	0,87	1,54	9,94	6,62	53,79	41,13	10,42	9805,31	1054,64	231,64	64,64	416,73	214,79
	Gallinaza+San Rafael	0,92	1,35	16,69	4,9	39,11	37,6	11,25	9363,45	1561,05	290,94	103,58	607,01	217,36
	Gallinaza+Bocashi	1,27	1,31	8,25	4,71	39,54	42,94	7,46	5951,44	1277,6	1279,02	61,68	318,94	212,6
	Gallinaza+Lomb. Local	0,86	1,82	12,5	4,64	38,64	32,94	9,75	5929,41	1030,33	301,34	82,5	436,37	202,17
Orégano	Gallinaza	5,65	4,39	57,84	29,69	212,49	132,35	25,65	38602,2	3683,27	1282,78	406,99	2031,31	1386,53
	Gallinaza+Soil-aid	3,18	5,64	36,29	24,17	196,49	150,28	38,09	35819,7	3852,91	846,04	236,04	1522,18	784,4
	Gallinaza+San Rafael	3,35	4,95	60,97	17,88	142,83	137,33	41,11	34197,45	5701,96	1062,55	378,32	2217,07	793,75
	Gallinaza+Bocashi	4,62	4,78	30,11	17,2	144,37	156,77	27,25	21731,11	4664,59	4669,58	225,2	1164,58	776,3
	Gallinaza+Lomb. Local	3,15	6,67	45,65	16,95	141,13	120,32	35,61	21652,8	3763,58	1100,66	301,32	1593,82	738,26