



**EFFECTO DEL AMBIENTE DE CULTIVO Y LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD DE DOS MATERIALES DE ROMERO (*Rosmarinus officinalis L*)
ISRAELI Y CRESPO, EN CAJICA –COLOMBIA.**

FABIO ANDRÉS CAÑÓN ANGARITA.

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS
BIOLOGIA APLICADA
2014**



EFFECTO DEL AMBIENTE DE CULTIVO Y LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE DOS MATERIALES DE ROMERO (*Rosmarinus officinalis L*) ISRAELI Y CRESPO, EN CAJICA –COLOMBIA.

FABIO ANDRÉS CAÑÓN ANGARITA.

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Biólogo.

Directora

**MARIA MERCEDES PEREZ TRUJILLO, MSc.
Ing. Agrónoma - Universidad Nacional de Colombia.**

Codirectora

**MARÍA ELENA CORTES ROJAS
Bióloga – Universidad Militar Nueva Granada
Asistente de investigación.**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS
BIOLOGIA APLICADA
2014**

A Dios, a mis Padres por todo el apoyo incondicional en estos años de formación académica, intelectual y como persona al lado de mi gran pasión: el Ciclismo.

AGRADECIMIENTOS

Después de 5 años de estudios, esfuerzos, aprendizajes y sacrificios culmina esta etapa de mi vida en la cual quiero agradecer a Dios Padre, a mis padres por su apoyo incondicional, consejos y ayuda en cada momento de mi vida.

Agradezco al grupo de Agrobiología de especies vegetales promisorias de clima frío liderado por la Profesora María Mercedes Pérez T, I.A., por permitirme hacer parte del grupo para realizar mi trabajo de tesis de pregrado, agradezco su colaboración, apoyo, consejos y aporte intelectual que me brindo para el desarrollo de este trabajo.

Un agradecimiento especial y merecido para María E. Cortes – Asistente de investigación del grupo de Agrobiología de especies vegetales promisorias de clima frío por su colaboración y apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Un agradecimiento al biólogo Mario Grijalba por su ayuda en la búsqueda de bibliografía y colaboración en la interpretación estadística del trabajo.

A mis amigos y compañeros de estudio por su colaboración y apoyo en la realización de mi carrera profesional como Biólogo.

A Carlitos Amaya y Juan Amaya por su amistad y gran apoyo incondicional durante todos estos años hasta la fecha.

A los asistentes de campo que apoyaron las labores del proyecto durante su fase experimental en campo e invernadero.

A la UMNG por la permitirme hacer uso de sus instalaciones en el Campus de Cajicá – Colombia para el desarrollo de mi proyecto de grado y Colciencias por la financiación para el desarrollo del proyecto.

RESUMEN

El Romero (*Rosmarinus officinalis* L.) es una planta aromática que tiene un gran potencial por sus propiedades y usos que pueden ser aprovechados por la industria culinaria, cosmética, farmacéutica y de aseo. Este trabajo tuvo como propósito evaluar el rendimiento y producción de dos cultivares de romero: Israelí y Crespo, bajo tres densidades de siembra **a.** 11,39 plantas/m² (30cm X 30cm), **b.** 6,42 plantas/m² (40cm X 40cm), **c.** 2,78 plantas/m² (60cm X 60cm), en dos ambientes de cultivo: Campo abierto e Invernadero, para las variables de biomasa fresca, biomasa seca y calidad de tallos (Exportación y Extra), la distribución de las densidades de siembra en los ambientes se hizo mediante un DBCA, la fase experimental se llevó a cabo durante 11 meses, realizando tres momentos de cosecha. El rendimiento del cultivo se determinó cuantificando el peso de los tallos cosechados en fresco (biomasa fresca), la biomasa seca correspondió al peso obtenido después de la deshidratación de los tallos y las calidades de los tallos de acuerdo a la clasificación por longitudes (tallos tipo Exportación >15 a 19,9 cm; tallos tipo Extra > 20 cm). Se efectuó un análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple, donde se encontró que el mejor rendimiento para las variables evaluadas en ambos ambientes se presentó durante la primera cosecha bajo la densidad de siembra de 11,39 plantas/m² (30cm X 30cm), los cultivares de romero evaluados no presentaron diferencias en cuanto al rendimiento.

Palabras clave: *Rosmarinus officinalis* L, densidad de siembra, plantas aromáticas, rendimiento.

ABSTRACT

Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) is an aromatic plant that has great potential for their properties and uses that can be used by the food industry, cosmetics, pharmaceutical and toiletries. This study was aimed to evaluate the performance and production of two cultivars of rosemary: Israeli and Crespo, under three planting densities. 11.39 plants/m² (30cm X 30cm), b. 6.42 plants/m² (40cm X 40cm), c. 2.78 plants/m² (60cm X 60cm) in two culture environments: open field and greenhouse field for the variables of fresh biomass, dry biomass and stem quality (Export and Extra), the distribution of densities in environments was done by a DBA, the pilot phase was carried out for 11 months, making three times of harvest. Crop yield was determined by quantifying the weight of fresh harvested stalks (fresh biomass), the biomass dry weight corresponded obtained after dehydration of the stems and stalks qualities according to classification by

the lengths (stems Export> type 15 to 19.9 cm; Extra type stems> 20 cm). Analysis of variance and multiple comparison tests, which found that the best performance for the indexes used in both environments was presented during the first harvest under planting density of 11.39 plants/m² (30cm X 30cm) was performed, rosemary cultivars evaluated showed no differences in performance.

Key words: *Rosmarinus officinalis* L, density of planting, aromatic plants, yield.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION	15
2. OBJETIVOS	18
General	18
Específicos	18
3. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	19
Plantas aromáticas	19
Romero (<i>Rosmarinus officinalis L.</i>).....	20
Usos del romero	21
Cultivares de romero.....	22
Cultivares de romero en Colombia	23
Propagación.....	24
Requerimientos agronómicos	25
Suelo.....	25
Clima.....	26
Densidades de siembra	26
Ambiente de cultivo	27
Labores culturales	28
Poda.....	28
Requerimientos hídricos	28
Fertilización	29
Control de arvenses.....	30
Enfermedades y plagas	30
Cosecha y poscosecha.....	30
4. METODOLOGIA.....	32
Área de estudio	32

Ambiente en campo abierto (CA):.....	32
Ambiente en invernadero (INV):.....	33
Áreas de siembra.....	34
Material vegetal	34
Diseño experimental	36
Labores culturales	40
Podas	40
Riego.....	41
Fertilización	42
Control fitosanitario	43
Cosecha	43
Variables evaluadas.....	46
Peso Fresco.....	46
Peso Seco.....	46
Calidad de tallos	47
Análisis estadístico	48
5. RESULTADOS	49
Peso Fresco.....	49
Peso Seco	51
Calidad de Tallos.....	54
Tallos calidad Exportación.....	54
Tallos calidad Extra.....	56
6. DISCUSIÓN.....	59
Acerca de la densidad de siembra	59
Acerca de los momentos de cosecha.....	60
Acerca de los cultivares.....	62
7. CONCLUSIONES	66
8. RECOMENDACIONES	67
9. BIBLIOGRAFIA	68

10. ANEXOS 81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planta de Romero	20
Figura 2. Materiales de romero.....	24
Figura 3 . A. Área experimental en campo abierto previo a la siembra, B. Acolchado en campo abierto para el establecimiento del cultivo de romero	33
Figura 4. Camas contenidas en el área experimental del invernadero previo a la siembra de los cultivares de romero Crespo e Israelí.	34
Figura 5. Disposición de las bandejas de propagación de los esquejes de los cultivares de romero Crespo e Israelí en la cámara de germinación	36
Figura 6 Plántulas de los cultivares de romero Crespo e Israelí dispuestas en bolsas negras listas para ser trasplantadas	36
Figura 7. Esquema de la distribución de los tratamientos evaluados bajo el diseño experimental de bloques al azar (DBCA), en el ambiente de invernadero.	38
Figura 8. Panorámica de las camas y parcelas correspondientes a la distribución de los tratamientos evaluados en invernadero.	38
Figura 9. Esquema de la distribución de los tratamientos evaluados bajo el diseño experimental de bloques al azar (DBA), en el ambiente bajo invernadero.	39
Figura 10. Panorámica de las camas y parcelas correspondientes a la distribución de los tratamientos evaluados en campo abierto..	39
Figura 11. A. Efecto de la poda de formación efectuada a la planta de romero, dos meses después de su trasplante en cada ambiente de cultivo B. Poda de formación efectuada después de la primera cosecha para dar estructura a la planta.	40
Figura 12. A. Dispositivo Theta Probe ®, usado para medir la cantidad de humedad en el sustrato. B. Tensiómetro análogo de cápsula de cerámica ubicado en el ambiente de cultivo para cuantificar la disponibilidad de agua en el suelo	42
Figura 13. Uso del Dispositivo Theta Probe ®, en el sustrato del ambiente bajo invernadero	42

Figura 14. A. Tallo de romero marcado para hacer el seguimiento semanal de su longitud, para la determinación del momento de la cosecha, B. Forma de corte de los tallos mediante la cosecha de forma manual con tijeras de podar.	44
Figura 15. Disposición del material de romero cosechado, en canastillas plásticas para ser llevado al laboratorio.	45
Figura 16. Horno de secado con el material de romero empacado en bolsas de papel para obtener biomasa seca de romero.....	46
Figura 17. Calidades de tallos de romero determinadas por su longitud. A. Calidad extra (>20cm), B. Calidad exportación (15 – 19,9cm) C. Calidad Nacional (<15 cm).....	48
Figura 18. Peso fresco de los tallos cosechados (g/m ²), obtenido en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado bajo invernadero.	49
Figura 19. Peso fresco de los tallos cosechados (g/m ²), obtenido durante los tres cortes, para cada tratamiento evaluado en campo abierto.	50
Figura 20. Peso seco de los tallos cosechados (g/m ²), obtenido en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado bajo invernadero.	52
Figura 21. Peso seco de los tallos cosechados (g/m ²), obtenido en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado en campo abierto. Cultivares de romero: Israelí y Crespo.....	53
Figura 22. Biomasa fresca de los tallos cosechados clasificados por su longitud como tipo Exportación (g/m ²), obtenida en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado bajo invernadero.....	54
Figura 23. Biomasa fresca de tallos cosechados tipo exportación (g/m ²), obtenido en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado en campo abierto. Cultivares de romero: Israelí y Crespo.....	55
Figura 24. Biomasa fresca de tallos cosechados clasificados en la categoría Extra (g/m ²), obtenida en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado bajo condiciones de invernadero.	57
Figura 25. Biomasa fresca de tallos cosechados tipo Extra (g/m ²), obtenida en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado bajo condiciones de campo abierto.....	58

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Usos del romero en sus tres principales formas de aprovechamiento.	21
Tabla 2. Algunos materiales de romero reportados para su aprovechamiento productivo.	23
Tabla 3. Densidades de siembra evaluadas para los cultivares de romero Crespo e Israelí en los ambientes de cultivo invernadero y campo abierto.....	37
Tabla 4. Tratamientos con densidades de siembra usadas en el montaje del sistema de cultivo en camas divididas por bloques (DBCA).	37
Tabla 5. Momentos en los que se efectuó cada una de las tres cosechas realizadas para cada tratamiento en cada ambiente	45

ANEXOS

Anexo 1. Formulación de fertilizantes para la preparación de Solución de Hoagland y Arnon N°2.	81
Anexo 2. Solución de Hoagland y Arnon N°2, Iones.....	81
Anexo 3. Compuestos solución Hoagland y Arnon N°2.	81
Anexo 4. Salidas prueba estadística.	82
Anexo 5. Análisis de suelo	99

INTRODUCCION

El uso de las plantas aromáticas se encuentra ligado al desarrollo y evolución del hombre, inicialmente se usaron las que la naturaleza les ofrecía, con fines curativos para enfermedades tanto en humanos como en animales (Fonnegra y Jiménez, 2007). A lo largo de la historia de la humanidad se le han dado diversos usos a las plantas desde su forma tradicional evolucionando hasta la agroindustria para la obtención de diversos componentes y sus aplicaciones (Bandoni, 2002).

Las plantas aromáticas se definen como aquellas que tienen la capacidad de concentrar esencias con aromas en su interior, las cuales tienen una composición química compleja y presentan un olor característico para cada especie aromática (Ortuño, 2006). El principio activo de las plantas aromáticas se constituye en un alto porcentaje de la esencia de la planta (Castro *et al.*, 2013).

En Colombia actualmente la producción de hierbas aromáticas presenta una dinámica creciente en cuanto a su aprovechamiento para diferentes usos, desde la generación de empleos directos, obtención de materias primas y elaboración de productos (Castro *et al.*, 2013). La posición geográfica de Colombia sumada a la diversidad de agro-ecosistemas productivos que se encuentran en todo el territorio nacional, las numerosas variedades de plantas aromáticas disponibles, los bajos costos de producción, la alta demanda en mercados externos y la disponibilidad de diferentes vías para la comercialización hacia los países importadores, representan una ventaja competitiva del país en el panorama mundial (CCI, 2006; Alarcón, 2011).

Es así, que el mercado de las plantas aromáticas y medicinales ha venido en crecimiento en los últimos años, considerándolas como promisorias para el desarrollo del sector productivo en Colombia (Cortes, 2013). El Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), registra 95 especies de plantas aromáticas para la comercialización (Duque, 2010). Por su parte Díaz (2003), estima que en el país actualmente se cultivan y se aprovechan cerca de 156 especies de plantas aromáticas y medicinales, de las cuales 63 especies son nativas, siendo la más comercializada la albahaca (*Ocimum basilicum*) con un 47,8,% de producción, mientras que el romero (*Rosmarinus officinalis*. L) cuenta con un 9,5 % de producción situándose en el tercer lugar a nivel nacional (Ramírez *et al.*, 2006), seguida

de otras especies aromáticas como caléndula, manzanilla, hierbabuena, laurel y menta, de interés notable y prospección en el mercado nacional. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) para el año 2012 reportó que la producción de plantas aromáticas en Colombia fue de 7.235 toneladas, sembradas en 1.893 hectáreas (Pilozo y Ormeño, 2013).

Para el año 2009 las exportaciones de plantas aromáticas y medicinales a nivel nacional fueron de 1.782 toneladas (Hogervorst y Knippel, 2010). Los principales lugares de destino son Canadá, Estados Unidos y la Unión Europea (Nope *et al.*, 2008). Proexport (2012), indica que hay una demanda creciente desde el año 2010 en las importaciones por parte de mercados internacionales de especias y productos provenientes de plantas aromáticas. En Colombia desde el año 2006, se ha evidenciado un crecimiento del 10% en el área sembrada de cultivos de plantas aromáticas y medicinales, sin embargo no existen reportes concretos y actualizados acerca de los rendimientos de muchas de ellas (MADR, 2009).

Dentro de las plantas aromáticas se destaca el romero como una especie de notable interés a nivel internacional, como hierba aromática, condimentaria y medicinal de carácter promisorio a futuro (Westerbelt, 2003). Se caracteriza por tener un fuerte olor aromático similar al eucalipto y alcanfor, expelidos por las hojas (Charles, 2013). Se comercializa convencionalmente en fresco, deshidratado (seco) y como aceite esencial (Portilla, 2007; Charles, 2013), el cual es obtenido generalmente de material en fresco (Bonilla y Martínez, 2010), con propiedades estimulantes, tónicas y medicinales para perfumería, aromaterapia y aplicaciones industriales (Álvarez *et al.*, 2007). Se caracteriza también por tener una alta actividad antibacteriana, repelente de insectos y como antioxidante (Sánchez, 2005; Sasikumar, 2004; Avila *et al.*, 2011).

Aunque el cultivo y aprovechamiento del romero se constituye en una buena alternativa para los productores de plantas aromáticas y medicinales dada su plasticidad y versatilidad (CCI, 2006; Hogervorst y Knippel, 2010), el área sembrada es baja y los estudios acerca de diferentes técnicas de manejo agronómico y la adaptación de los diferentes cultivares en las condiciones locales son escasos (Castro *et al.*, 2013). En Colombia se reportan diferentes materiales vegetales de romero como son Silvestre, de Castilla, Andino, Griego, Alemán, Platinado, Crespo, Israelí y la variedad Debaggio conformada por los materiales Benenden Blue y Tuscan Blue (CCI, 2006; Bonilla *et al.*, 2010; González-Michel, 2013; Cortés y Pérez, 2014)

Respecto a las densidades de siembra empleadas para el cultivo de romero, se encuentra en la literatura que se siembran desde 40.000 a 72.000 plantas/ha, siendo estos valores muy variables y con poca información acerca de los rendimientos obtenidos bajo los diferentes arreglos espaciales (Sasikumar, 2004; Bareño, 2006; Bonilla y Martínez, 2010; Alarcón, 2011). Teniendo en cuenta esto, en Colombia no se tienen reportes de estudios que evalúen densidades de siembra para la producción del romero, que permitan potenciar su carácter como planta promisorio, generando mejores condiciones para el desarrollo de las plantas en cuanto a calidad y rendimiento.

Así mismo, es conocido que el ambiente de cultivo tiene un efecto directo sobre el crecimiento, el desarrollo, la fenología y la producción de un cultivo. La agricultura convencional se desarrolla a campo abierto en un ambiente donde las plantas están expuestas a las condiciones variables del medio ambiente como la lluvia, viento, granizo y fluctuaciones de la temperatura entre los diferentes periodos del año e incluso a lo largo del día (Jaramillo *et al.*, 2013), mientras que en un ambiente protegido, como lo proporciona una cubierta (invernadero – macro túnel), se permite tener un mayor control sobre los factores de temperatura, humedad, radiación solar, entre otros, lo cual permite un óptimo desarrollo de las plantas logrando obtener mejores rendimientos de las cosechas (Santos *et al.*, 2010; Jaramillo *et al.*, 2013). La comparación de ambientes de cultivo en la producción de romero permitiría establecer condiciones óptimas de las técnicas de cultivo de esta especie aromática.

Para esta investigación se seleccionaron los cultivares de romero Israelí y Crespo, por encontrarse dentro de los más conocidos y cultivados a nivel productivo en Colombia y se evaluó su rendimiento al ser sembrados bajo tres densidades de siembra, derivadas de diferentes distancias entre hileras y entre plantas: 30x30cm (77.000 plantas/ha), 40x40 cm (44.000 plantas/ha) y 60x60 cm (19.400 plantas/ha), establecidas en dos ambientes de cultivo: campo abierto y bajo invernadero.

El romero puede ser aprovechado de varias formas: en fresco, seco y aceite esencial (González-Michel, 2013), en fresco y en seco se usa como especia condimentaria para alimentos (Sánchez, 2005), los tallos de romero en fresco pueden ser comercializados de acuerdo a su longitud, el aceite esencial se emplea para diversas aplicaciones industriales como la obtención de fármacos, antioxidantes, antibactericidas, cosméticos y elaboración de productos de aseo (Ávila *et al.*, 2011), en el presente

trabajo se evaluó el rendimiento del romero de biomasa fresca, calidad de tallos y biomasa seca, bajo dos ambientes de cultivo.

Este trabajo estuvo enmarcado dentro del proyecto financiado por Colciencias “Efecto de la densidad de siembra y el ambiente de cultivo sobre la productividad, calidad y cantidad de aceites esenciales en materiales de romero (*Rosmarinus officinalis* L.)”, cuyo objetivo fue generar nuevo conocimiento acerca del manejo del cultivo, teniendo en cuenta la escasa información formal acerca de la influencia de diferentes factores agronómicos sobre el mismo.

Este tipo de estudios contribuye a incrementar la tecnología en la producción de las plantas aromáticas a nivel local, la determinación del rendimiento de materiales vegetales de romero, así como llenar los vacíos de información sobre esta especie aromática de particular interés.

1. OBJETIVOS

General

- Evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre la productividad de dos materiales genéticos de romero (*Rosmarinus officinalis* L), cultivados bajo invernadero y campo abierto en Cajicá (Cundinamarca), como contribución al mejoramiento de la tecnología de producción limpia de este cultivo en la Sabana de Bogotá.

Específicos

- Determinar la respuesta en la producción de biomasa fresca, de dos materiales genéticos de romero (*Rosmarinus officinalis* L), cultivados bajo invernadero y campo abierto, bajo tres densidades de siembra.
- Determinar la respuesta en la producción de biomasa en seco, de dos materiales genéticos de romero (*Rosmarinus officinalis* L), cultivados bajo invernadero y campo abierto, bajo tres densidades de siembra

- Evaluar el efecto sobre la producción de tallos con calidad exportación para su comercialización en fresco, de dos materiales genéticos de romero cultivados bajo invernadero y campo abierto con tres densidades de siembra.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

Plantas aromáticas

En la historia de la raza humana las plantas aromáticas han tenido un papel importante en el desarrollo de las civilizaciones, siendo empleadas como fuente medicinal y de alimento. Dadas las propiedades fitoterapéuticas que ofrecen son de gran importancia en la medicina popular, es así que en la actualidad se estima que un 80% de la población mundial hace uso de plantas aromáticas y medicinales para el cuidado de la salud (Fretes y Mendoza, 2010).

Una planta aromática es aquella cuyos principios activos están constituidos principalmente por esencias las que producen un aroma típico para cada especie (Muñoz, 2002). Se caracterizan por la cantidad de compuestos aromáticos que contienen, que en la mayoría de los casos son de fácil percepción por el olfato (Bareño *et al.*, 2006). Este tipo de plantas tienen diferentes formas de uso, pueden ser empleadas como especia para condimentar alimentos (Peter, 2001), para la elaboración de fármacos y uso de materias primas en la industria cosmética y de productos de aseo entre otros (Cardona *et al.*, 2011).

En la última década, el interés en las plantas aromáticas ha tenido un notable aumento en nuestro país, es así que se han establecido planes de manejo y una cadena de producción para mejorar la eficiencia y competitividad en este sector (CCI, 2006; López *et al.*, 2009). El cultivo de plantas aromáticas y medicinales se ha catalogado como un mercado objetivo al ser fuente de condimentos, de esencias, aromas (perfumería), fármacos y de aceites esenciales, priorizando el aprovechamiento de compuestos activos como materias primas para la industria (López *et al.*, 2009; González- Michel, 2013). Así mismo, es considerado una alternativa comercial para Colombia dada la gran variedad de plantas aromáticas y condimentarias que se pueden cultivar en nuestro país, la alta demanda internacional que existe, la relativa facilidad de manejo agronómico y producción (Cepeda *et al.*, 2008).

Romero (Rosmarinus officinalis L.)

Taxonomía

Reino: Plantae

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Género: *Rosmarinus*

Especie: *R. officinalis* L.



Figura 1. Planta de Romero. Tomado de: Soler, 2012.

El género *Rosmarinus* etimológicamente proviene del griego “rhos - myrinos” que significa arbusto marino (Alonso, 2004; Bonilla y Martínez, 2010), haciendo alusión a su lugar de origen cerca de las costas del mediterráneo y al aroma que lo caracteriza.

Es una planta originaria de la zona mediterránea, sur de la península Ibérica, norte de África y suroeste de Asia (Bonilla y Martínez, 2010), en la actualidad es cultivada en todo el mundo (González- Michel, 2013). El romero pertenece a la familia Lamiaceae la cual se caracteriza por presentar flores con dos labios (Correa *et al.*, 1991). Su hábito es arbustivo con una altura no mayor de los 2 m (Castro *et al.*, 2013), posee una corteza que va de exfoliante a puberulenta, con numerosas ramas de color pardo gris (Ángel, 2000). Tiene hojas opuestas, lanceoladas (estrechas), con una longitud de 1,5 hasta 3,0 cm (González-Michel, 2013), con bordes hacia abajo; el haz es de color verde oscuro, mientras que el envés es de color blanco. Sus flores son hemafroditas, pediculadas, dispuestas en racimos con verticilos bracteados, ubicadas en la axila de las hojas (Ángel, 2000); tienen alto contenido de néctar que funciona como atrayente de insectos polinizadores (Sánchez, 2005). La mayoría de flores son de color púrpura pero en algunos cultivares se han encontrado flores de coloración rosada, azul claro y blanco (Armitage, 1997 en Westerbelt, 2003). Su fruto es un tetraqueno de tamaño muy reducido (Bareño, 2003).

El romero tiene un olor característico expelido por de las hojas (Arvy y Gallouin, 2007), el cual está contenido en el aceite esencial secretado por tricomas glandulares presentes en la mayoría de plantas de la familia Lamiaceae (Alonso, 2004; Marin *et al.*, 2006; Charles, 2013). El romero se caracteriza por tener un aroma dulce, fresco y ligeramente alcanforado, similar al del incienso; tiene un sabor similar a la pimienta, picante, herbáceo y un poco amargo (Charles, 2013).

Usos del romero

Los principios activos presentes en las plantas aromáticas y medicinales les confieren propiedades químicas, bioquímicas, organolépticas que permiten el uso de estas con fines aromáticos, terapéuticos, gastronómicos e industriales para la elaboración de productos de aseo y cosméticos (Muñoz, 2002; Simental & Orozco, 1999; Ávila *et al.*, 2011).

El romero comúnmente es utilizado en fresco, seco y como aceite esencial, siendo los tallos y hojas los órganos que se aprovechan para la obtención de diversos productos (Tabla 1) (Charles, 2013).

Tabla 1. Usos del romero en sus tres principales formas de aprovechamiento.

USOS DEL ROMERO		
Fresco / Seco	Aceite esencial	Extractos antioxidantes
Se usa como especia para condimentar sopas, carnes, pescados, guisos y elaboración de vinagre y aceite de oliva.	Se extrae para su uso como materia prima en la industria de alimentos, cosméticos, perfumes y productos de aseo.	Se extrae de hojas deshidratadas, con CO ₂ supercrítico o con vapor de agua, para la obtención de componentes químicos que tienen alta actividad antioxidante.

Tomado de Sánchez, 2005.

El aceite esencial es obtenido de las hojas en fresco o secadas sea al ambiente o en horno (Bonilla y Martínez, 2010), cuyo contenido varía entre 1,0 – 2,5% (De Mastro *et al.*, 2004; Ávila *et al.*, 2011). Presenta compuestos como el ácido rosmarínico, el cineol, el alcanfor y el borneol, además de otros en menores proporciones (Glasby, 1991). Es empleado para la elaboración de productos en fitoterapia (Lagos – López, 2007), en medicina como estimulante del sistema nervioso, circulatorio, antiespasmódico y diurético, también se usa para la producción de

aceites estimulantes y tónicos medicinales con capacidad antioxidante (Ávila *et al.*, 2011), así como en la perfumería, aromaterapia y en aplicaciones industriales (Álvarez – Herrera, 2007).

En la parte agrícola y de acción biológica, tiene propiedades antimicrobiales y como repelente de insectos (Sasikumar, 2004), debido a su característico y fuerte olor expelido por las hojas (Bonilla y Martínez., 2010).

Cultivares de romero

El romero es originario de los países que rodean el mar mediterráneo (Sánchez, 2005), generalmente se encuentra de forma silvestre en zonas rocosas y arenosas cerca del mar, pero debido a su gran adaptabilidad puede ser cultivado con facilidad en diversas zonas (Avila *et al.*, 2011), por lo que está ampliamente distribuido en todo el mundo.

El género *Rosmarinus* es reducido en cuanto al número de especies, sin embargo exhibe una gran diversidad debido a la alta tasa de entrecruzamiento, por lo que se presenta una gran similaridad tanto fenotípica como genéticamente, dentro de sus poblaciones (Roselló *et al.*, 2006). Se pueden diferenciar entre sí por su hábito de crecimiento (erecto, rastrero y semirastrero), el color de las hojas, el color de las flores (azul, violeta, rosado, morado) y la composición de sus aceites esenciales (De Mastro y Ruta, 2004).

Actualmente se reconocen 5 especies dentro de este género: *Rosmarinus officinalis* L., que es la más abundante y diversa, *R. eriocalyx* y *R. tomentosus*, distribuidas en el Norte de África y Sur de Europa, muy similares a *R. officinalis* que se caracteriza por la presencia de hojas y flores cubiertas de pelos y la segunda por la ausencia de estas características, *R. laxiflorus*, de crecimiento rastrero y flores de color blanco, presentando como característica distintiva hojas pubescentes y *R. lavandulaceus*, presenta flores de color azul y tallos glabros.

Según Rosua (1981), estas diferencias entre poblaciones se pueden atribuir a un proceso de hibridación parental entre plantas con caracteres similares y un fenómeno de radiación adaptativa en unas condiciones ambientales particulares.

Diferentes autores han realizado la caracterización de cultivares de romero basándose en la composición de sus aceites esenciales y en las características fenológicas. Mulas y Mulas (2005), identificaron los cultivares “Cala Gonone”, “Sette Fratelli”, “Gerrei”, “Sant’Antioco”, “Vignola” y

“Costa Paradiso”. Martinetti *et al.* (2006) identificaron los cultivares “Majorka pink” y “Montfort form”. Agricultural Forestry & Fisheries (2012) reporta los cultivares “Flora Rosa”, “Albiflorus”, “Huntington Carpet”, “McConnell’s Blue”, “Irene”, “Holly Hyde”, “Hill Hardy”. En la revisión de Begum *et al.* (2013), se reportan más de 20 cultivares de romero siendo clasificados de acuerdo al color de sus flores, hábito de crecimiento y usos. En la tabla 2, se hace referencia a algunos de estos cultivares y sus características principales.

Tabla 2. Algunos materiales de romero reportados para su aprovechamiento productivo.

Cultivar de romero	Descripción
"Arp"	Hojas color verde-gris difuso, altura hasta 1,5 m.
"Athens Blue Spires"	Erecto y vigoroso, hojas delgadas verde grises, profuso macollamiento.
"Benden Blue"	Hojas muy estrechas similares a una aguja, de aspecto torcido, aroma fuerte y altura de hasta 1,5 m.
"Blue Boy"	Hojas pequeñas verde claro, hábito compacto y fuertemente macolladas, altura hasta 2 m.
"Blue Spires"	Hojas verde brillante, hábito erecto, altura hasta 1 m.
"Nancy Howard"	Hojas alargadas, verde oscuro.
"Prostatus"	Hojas cortas, estrechas, verdes. Hábito herbáceo / rastrero.
"Majiorca Pink"	Hojas pequeñas verdes, embotadas. Tallos erectos y flores rosadas, altura hasta 1,5 m.
"Tuscan Blue"	Hojas cortas, amplias, brillantes, verde. Hábito erecto con pocas ramificaciones, altura hasta 2,5 m.

Tomado de Armitage, 1997 citado en: Bonilla y Martínez (2010)

Cultivares de romero en Colombia

En Colombia se han reportado diferentes cultivares de romero para su uso productivo en el establecimiento de cultivos, dentro de estos se encuentran: Silvestre, de Castilla, Andino, Griego, Alemán, Platinado, Israelí y Crespo (Cortés y Pérez, 2014). Se ha reportado que el cultivar Israelí, el cual se caracteriza por tener hojas de color verde oscuro, es el más conocido y cultivado en el territorio nacional ya que presenta una mayor adaptabilidad (González- Michel, 2013) y productividad en diferentes altitudes (Bareño, 2006; CCI, 2006).

En cuanto al material Creso, la información referente a los aspectos biológicos así como de manejo agronómico es escasa y limitada (Bonilla y Martínez, 2010).



Figura 2. Materiales de romero: Israelí (Izq.) y Creso (Der). Tomada: Cañón, (2014).

Propagación

La propagación del romero se puede realizar de dos formas: sexual y asexual.

Sexualmente se hace por medio de semillas, las cuales son muy pequeñas y de coloración negra. Su siembra se realiza en bandejas de germinación usando como sustrato turba o un material que tenga buena porosidad. La propagación mediante semillas es demorada y su capacidad germinativa

es baja, cerca del 40 %, además de ser irregular por lo que se generan poblaciones altamente heterogéneas y las plantas obtenidas puede tardar entre 2 a 3 años para alcanzar su madurez, por esto no se recomienda hacer este tipo propagación en cultivos comerciales (Muñoz, 2002; Marchiori, 2004; Sánchez, 2005; Bonilla y Martínez, 2010; AFF, 2012; González- Michel, 2013).

La propagación asexual o vegetativa consiste en la extracción de un explante u órgano de la planta madre para la obtención de plantas hijas, donde el principio básico es estimular la formación de raíces adventicias y brotes apicales (Hartmann *et al.*, 2002). En el romero la propagación vegetativa puede hacerse mediante el uso de esquejes que se obtienen de tallos apicales o por la división de pies (Muñoz, 2002), siendo un método eficiente para la obtención de nuevas plantas (Sánchez, 2005; AFF, 2012; Castro *et al.*, 2013).

El proceso de propagación vegetativa se puede dividir en varias etapas (Klopmeyer *et al.*, 2003), de acuerdo a los cambios que presenten los esquejes. El tiempo de enraizamiento de los esquejes de romero puede tardar entre 16 a 20 semanas (Bernal, 2014).

Existen diversos tipos de sustrato para realizar la propagación vegetativa, cuya función es proveer humedad y permitir la aireación de la base del tallo (Hartmann *et al.*, 2002). Castro *et al.* (2013) recomiendan usar turba con cisco quemado en una porción (2:1) como sustrato para los esquejes de romero. Previamente los esquejes pueden ser tratados con fitohormonas para garantizar un alto porcentaje de enraizamiento, para después ser llevados a una cámara de propagación, controlando la temperatura y la humedad relativa (Castro *et al.*, 2013; Sánchez, 2005).

Requerimientos agronómicos

La productividad de un cultivo está relacionada con los procesos ecofisiológicos y factores ambientales que forman complejas relaciones, siendo la temperatura, la radiación y la cantidad de agua disponible en el suelo los principales factores determinantes en la producción de un cultivo (Ruiz *et al.*, 2008).

Suelo

El romero es una especie que no es exigente en cuanto al tipo de suelo, tiene una gran capacidad de adaptación. Se puede sembrar en suelos

secos, pedregosos o arenosos, desde que haya un buen drenaje para evitar el exceso de humedad y anegamiento, el suelo debe contar con una profundidad efectiva de 20 cm como mínimo para un óptimo desarrollo del aparato radicular de la planta (Ángel, 2000; González - Michel, 2013).

Diversos autores referencian características del suelo para el desarrollo óptimo del romero. En general coinciden en que deben tener un buen drenaje, altos contenidos de materia orgánica, deben ser suelos ligeros de tipo franco arcillo arenosos con presencia de limo y un pH entre 6.0 a 7.5, con baja humedad retenida en el sustrato ya que suelos pesados se asocian con clorosis y muerte ascendente de la planta (Alonso, 1999; Sánchez, 2005; Bareño y Clavijo, 2006; Alarcón, 2011).

Clima

Las condiciones climáticas para el desarrollo del romero son amplias, dada la plasticidad de la planta (AFF, 2012). Se cultiva en pisos térmicos entre los 0 a 3000 msnm, con un rango de temperatura entre los 9 y 30 °C (Bareño, 2003). Según González- Michel (2013), el rango de temperatura óptima de desarrollo está entre los 19 a 25 °C, con una humedad relativa entre 50 - 60% y precipitación anual entre 150 a 1000 mm.

Alarcón (2011) menciona que el romero crece de forma óptima a plena luz (alta radiación), con condiciones ambientales de temperatura semi-frías. En condiciones climáticas cálidas presenta mayor desarrollo herbáceo y sus hojas de color verde claro (Bareño y Clavijo, 2006).

Densidades de siembra

Un cultivo se debe diseñar con el fin de proporcionar a las plantas condiciones óptimas de crecimiento para promover la obtención de altos rendimientos y productividad, junto con la conservación del agua y del suelo. De acuerdo a esto, la densidad de siembra es uno de los factores más importantes relacionados con el crecimiento y producción de las plantas cultivadas y que se debe tener en cuenta al momento de establecer una plantación (Soto *et al.*, 2003). La determinación adecuada del espaciamiento entre plantas permite la optimización de la toma de nutrientes del suelo, la captura de luz y los microclimas dentro de un cultivo (Baloch *et al.*, 2002; Khorshidi *et al.*, 2009).

Dependiendo del tipo de planta y de las condiciones del ambiente donde se establezca el cultivo, la densidad de siembra varía (Fretes *et al.*, 2010). La literatura cita diferentes densidades de siembra para el cultivo del

romero. Sasikumar (2004), sugiere que para la siembra del romero como monocultivo la distancia debe ser de 45x45 cm (5,61 plantas/m²), mientras que la distancia de siembra sugerida por Alarcón (2011) es de 90 a 120 cm entre surcos y 50 cm entre plantas. Por su parte, Muñoz (2002), menciona una distancia de 80 a 1,60 cm entre surcos y 50 cm entre plantas; Marchori (2004) sugiere una distancia de siembra 90x120 cm, mientras que Munnu (2004) sugiere una distancia de 45x90 cm. Castro *et al.* (2013) sugieren que la densidad de siembra óptima para el establecimiento del romero es de 50 X 50 cm (4,6 plantas/m²) y la AFF (2012) sugiere una distancia de siembra de 40 X 50 cm.

En la sabana de Bogotá se reportan igualmente una variedad de distancias de siembra como 20x20 cm (250.000 plantas/ha), 30x70 cm (48.000 plantas/ha), 35x30 cm(95.300 plantas/ha), 40x60 cm (41.600 plantas/ha) 40x40 cm (70.000plantas/ha), 70x40 cm (35.750plantas/ha), 100x50 cm (20.000 plantas/ha), por lo que no hay un criterio claro y preciso que sugiera una densidad de siembra que favorezca la producción y rendimiento de romero en las condiciones locales (Bonilla y Martínez 2010).

Ambiente de cultivo

El ambiente de cultivo en términos agronómicos es el lugar físico donde se pueden realizar actividades productivas. El ambiente de campo abierto es el más comúnmente empleado por los productores, mientras que el uso de invernaderos es más limitado (Jaramillo *et al.*, 2013).

La siembra bajo estructuras protegidas presenta ciertas ventajas frente a los cultivos a campo abierto como son un mayor control y protección frente a determinados factores climáticos, aumento de la calidad y cantidad del producto cosechado y producción constante. Sin embargo, presenta igualmente una serie de desventajas al compararlo con el cultivo a campo abierto, dentro de las que se encuentran las grandes variaciones diarias de temperatura, se debe tener especial cuidado con la ventilación para prevenir enfermedades o altas incidencias de plagas, así como su alto costo (Jaramillo *et al.*, 2013).

Un aspecto importante al momento de emplear estructuras que brinden protección a un cultivo es el tipo de cubierta a utilizar, cualquiera que sea el material empleado debe garantizar el control de variables como temperatura y radiación, las cuales tienen un efecto directo sobre el comportamiento del cultivo (Kittas & Baille, 1998), ya que fisiológicamente la planta responde a estímulos causados por el aumento de la temperatura (Taiz y Zeiger, 2010).

Teniendo en cuenta esto, las diferencias entre los ambientes abiertos y cerrados, radica principalmente en los microclimas que se generan, y que influyen sobre la estructura y hábito de crecimiento de las plantas (Ibrahim & Jaafar, 2011).

A nivel comercial el cultivo de romero usualmente se reporta en zonas abiertas, sin embargo, no existen estudios relacionados con el efecto de diferentes variables climáticas y ambientes de cultivo sobre la producción de esta planta aromática de marcada plasticidad.

Labores culturales

Poda

La poda es una acción mecánica realizada sobre las plantas que consiste en retirar selectivamente partes de la planta como tallos, hojas y ramas mediante el corte de éstas (Macías-Sámamo, 2008), lo que permite dar una estructura deseada a la planta y estimular también la aparición de brotes axilares, permitiendo la entrada de luz y generando aumento en la producción (Quiroz y Mestanza, 2012).

En la literatura se citan cuatro tipos de podas: de renovación, fitosanitaria, de mantenimiento y de formación, siendo esta última la que usualmente se realiza en un cultivo productivo para dar forma y estructura deseada a la planta (Gil, 2001; Quiroz y Mestanza, 2012). En el romero se efectúa la poda de formación en la etapa inicial del cultivo con un tiempo no mayor a dos meses después del trasplante, con el fin de romper la dominancia apical promoviendo el crecimiento de nuevos brotes laterales (ramas) (Bonilla y Martínez, 2010); esta poda se debe efectuar dejando 5 a 7 tallos alrededor de un eje central de la planta de romero (Cortés y Pérez, 2014).

Requerimientos hídricos

El riego es vital para el desarrollo óptimo de las plantas, se debe suministrar la cantidad requerida para cada especie (Cisneros, 2003), siendo el sistema de riego localizado el más eficiente para la agricultura productiva (González- Michel, 2013).

El romero es una planta xerofítica, que se caracteriza por presentar una alta resistencia a condiciones de baja humedad. Sin embargo aunque sus requerimientos hídricos son bajos, se deben controlar para mantener constante la humedad en el suelo, (Bonilla y Martínez, 2010; González-Michel, 2013), el exceso o déficit de riego puede ocasionar problemas fisiológicos en la planta causando una reducción en la tasa de asimilación

de CO₂ y la muerte (Nogues *et al.*, 2001; Sánchez-Blanco *et al.*, 2004; Álvarez-Herrera *et al.*, 2010). El riego excesivo o anegación del romero puede facilitar el desarrollo de patógenos del suelo y generar afecciones sobre el aparato radicular de la planta (Curioni y Arizio, 2006).

Mesa (2013), evaluó el efecto de la aplicación de cinco diferentes láminas de riego, basadas en la evapotranspiración, en cuanto al crecimiento de los dos materiales de romero empleados en la presente investigación: Israelí y Crespo. Los mejores resultados los obtuvo al suplir la mayor cantidad de agua al romero (221,76, 190,08 y 158,4 ml/planta/día respectivamente). Al comparar los dos cultivares, el Israelí tuvo un mejor comportamiento bajo los diferentes tratamientos de riego medido a nivel de longitud de tallos.

Fertilización

La fertilización en un cultivo depende de los requerimientos propios del cultivo y de las características del suelo donde se desarrolla. Para esto es necesario realizar un análisis previo del suelo para conocer la disponibilidad de elementos y realizar las aplicaciones correspondientes siempre que sea el caso (González-Michel, 2013).

En el cultivo de plantas aromáticas se recomienda hacer una fertilización balanceada en la fase de establecimiento del cultivo de acuerdo a los requerimientos del suelo con el fin de garantizar un buen desarrollo radicular y almacenamiento de fotoasimilados en el tejido fundamental (hojas y tallos) (Assured Produce, 2008).

La fertilización del romero es un factor relevante en el desarrollo del cultivo, puesto que al momento de la cosecha se eliminan sus tallos que conforman casi la totalidad de la planta, por ello se debe proporcionar la cantidad necesaria de nutrientes para la recuperación de la planta. Esto puede ir acompañado de un análisis foliar para determinar las posibles deficiencias de la planta (Sánchez, 2005).

La bibliografía reporta que el romero tiene un mejor desarrollo en suelos con niveles medios de N-P-K, así mismo se recomienda hacer aplicación de nitrógeno (N) después de cada cosecha con el fin de promover la formación de nuevos brotes y mantener la producción, teniendo precaución de no aplicarlo en exceso lo que genera una disminución de la calidad del aceite esencial (Castro *et al.*, 2013; AFF 2012; Bonilla y Martínez, 2010).

Control de arvenses

Las arvenses son plantas diferentes a la especie de interés que se está cultivando la cuales tienen un efecto negativo sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo normal. En la producción agrícola son plantas sin valor económico que pueden generar competencia por recursos físicos como nutrientes, luz, agua y en algunos casos generar sustancias químicas nocivas para el desarrollo normal del cultivo (Salazar e Hincapié, 2007; Blanco y Leyva, 2007). El cultivo de romero debe permanecer en gran medida libre de arvenses, evitando el uso de herbicidas (Alarcón, 2011), para esto se debe priorizar el manejo de arvenses de forma manual de acuerdo al área de cultivo (Fretes y Mendoza, 2010), o implementado el uso de acolchados (Martínez, 2009).

Enfermedades y plagas

En Colombia se han reportado enfermedades y plagas que afectan el cultivo de romero, una de las principales enfermedades es la pudrición basal de la raíz ocasionada por bacterias del género *Xanthomonas* sp., hongos de los géneros *Phytophthora* y *Rhizoctonia* en el cuello de raíz y la asociación entre *Fusarium oxysporum* y *Verticillium* sp. (Alarcón, 2011).

Dentro de las enfermedades causadas más comunes causadas por hongos fitopatógenos está *Fusarium oxysporum*, el cual obstruye los haces vasculares causando marchitez vascular y amarillamiento de las hojas, llevando como consecuencia a la muerte de la planta (Bareño, 2006; Garcés et al., 2001).

Dentro de las plagas se han reportado daños causados por chisas (familia: Scarabaeidae), nematodos, trips (*F. occidentalis*), cochillina harinosa (*Pseudococcus* sp.), el ácaro *Tetranychus urticae* y áfidos (*M. persicae*, *A. spiraeicola* y *H. coriandri*) (Alarcón, 2011; Bonilla y Martínez, 2010).

Cosecha y poscosecha

La cosecha se entiende como la obtención de una parte de la planta que sea de interés comercial: frutos, tallos, hojas, flores, entre otros. Se puede realizar de forma manual o mecanizada (Camelo, 2003); hacer el proceso de la cosecha en el momento indicado permite la obtención de resultados óptimos de calidad y rendimiento (Sánchez, 2005).

El romero se puede cosechar entre 12 a 14 semanas después de haber sido trasplantado a campo (Cubides, 2008). Se puede realizar de dos formas:

manual, que se recomienda solo para áreas pequeñas (Muñoz, 2002), o mecanizada mediante el uso de maquinaria especializada para esa labor. En Colombia, para la obtención del producto para comercializar en fresco, convencionalmente se hace de forma manual con tijeras de podar para evitar causar daños a la planta (Bonilla y Martínez, 2010). Se cortan tallos con longitudes superiores a 15 cm (Sánchez, 2005); si se desea obtener tallos tipo exportación estos debe tener una longitud mínima o superior a los 20 cm (Vargas, 2005), además, se recomienda realizar la cosecha en horas de la mañana, para evitar pérdidas de peso por transpiración (Bonilla y Martínez, 2010). El tiempo entre cosechas puede ser de 12 semanas (Castro *et al.*, 2013), sin embargo, esto puede ser variable de acuerdo al tipo de manejo que se establezca en el cultivo.

El material cosechado se debe organizar en canastillas plásticas, acondicionadas con una película de polietileno en la base con el fin de conservar la humedad y evitar el daño de los tallos en el transporte (Bareño, 2003). Durante el proceso de cosecha se debe evitar la manipulación excesiva, no se deben cosechar partes de la planta diferente a los tallos, se debe mantener la asepsia de las herramientas para garantizar la calidad del producto (Sánchez, 2005). Los tallos frescos cosechados deben ser llevados inmediatamente al lugar de almacenamiento y refrigerarse a una temperatura de 5 °C, bajo esta condición pueden llegar a tener una vida útil de 2 a 3 semanas después de ser cosechados y empacados (AFF, 2012; Sánchez, 2005).

El manejo posterior a la cosecha de los tallos, se denomina poscosecha, que comprende una serie de procesos, manejos y tratamientos que pueden tener el producto cosechado para conservar sus características antes de ser consumido o comercializado (López, 2000).

Una vez realizada la cosecha, se debe hacer una clasificación del romero acuerdo al uso y/o forma de comercialización que se desee: en fresco, seco/deshidratado, como aceite esencial o extractos (Moré *et al.*, 2010). Las hojas y tallos obtenidos del romero para ser comercializado en fresco deben tener una coloración verde oscura, sin deformaciones, libres de patógenos y elementos extraños o residuos de cosecha (Castro *et al.*, 2013). El proceso de secado del material se debe hacer de forma que se conserven los componentes físicos y químicos de la planta, no excediendo su secado. El romero debe conservar entre el 8% al 10 % de humedad después del secado (Sánchez, 2005).

El proceso de cosecha y poscosecha puede ser planificado por el productor mediante la realización de un calendario de producción donde

pues estimar los tiempos entre cosechas y así mantener una producción constante a lo largo del tiempo (AFF, 2012), lo cual garantiza la disponibilidad del producto en todo momento del año.

3. METODOLOGIA

Área de estudio

El presente estudio se realizó en el Campus Nueva Granada de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG), ubicado en Cajicá, situado a 2550 msnm, con una temperatura promedio de 14°C, humedad relativa promedio de 82% y una precipitación de 775 mm durante el periodo que se realizó el experimento. Fueron establecidas dos áreas de cultivo para el desarrollo del proyecto, donde se realizaron tres cosechas de romero en un periodo de 11 meses, desde septiembre de 2012 hasta julio de 2013.

- **Ambiente en campo abierto (CA):** zona abierta, ubicada en la huerta del programa de Tecnología en Horticultura con un área de 202 m² (Figura 3). Durante el experimento se registró una temperatura media de 13,5 °C y una humedad relativa promedio de 82%. Las camas de siembra se establecieron sobre el terreno natural, en un suelo clasificado como alfisol (González *et al.* 2009), de textura Franco Arcillosa (FAr). Se aplicó cascarilla de arroz y urea pre-siembra, según recomendaciones derivadas del análisis de suelos (Anexo 5.2).

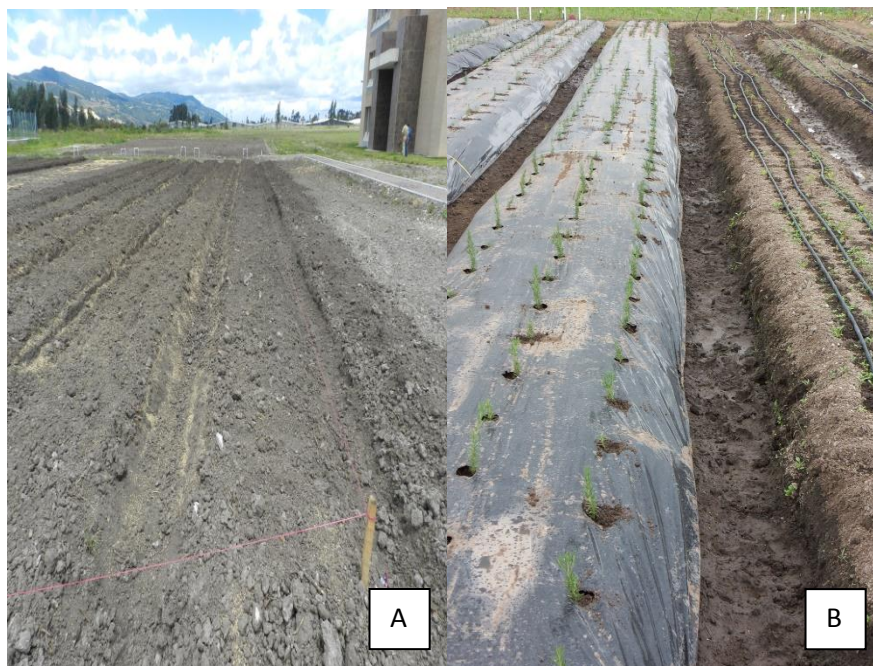


Figura 3 A. Área experimental en campo abierto previo a la siembra, B. Acolchado en campo abierto para el establecimiento del cultivo de romero. Tomada por: Cortés-Rojas, 2013.

- **Ambiente en invernadero (INV):** zona experimental ubicada en el invernadero de Horticultura con un área de 202 m² (Figura 4). La temperatura media durante el periodo de realización de la investigación fue de 16,4 °C y una humedad relativa promedio de 74 %. Las camas de siembra fueron establecidas en estructuras contenidas (Figura 4), con un sustrato compuesto de una mezcla de tierra negra, compost y cascarilla de arroz tostada en una proporción 2:1:1. Suelo de tipo Franco Arcillo Arenoso (FA Ar). Se incorporaron elementos mayores y menores pre-siembra de acuerdo a las recomendaciones del análisis de suelos (Anexo 5.2).



Figura 4. Camas contenidas en el área experimental del invernadero previo a la siembra de los cultivares de romero Crespo e Israelí. Tomada por: Cortés-Rojas, 2013.

Áreas de siembra

En cada ambiente se formaron seis camas cada una con 3 cintas de riego por goteo distribuidas equitativamente para garantizar el riego uniforme de todas las plantas. Las camas tenían unas dimensiones de 30 m de largo, 1,10 m de ancho y 30 cm de alto y fueron cubiertas con acolchado plástico negro con el fin de evitar la aparición de arvenses y mantener la humedad interna del sustrato (Martínez, 2009). Cada cama fue dividida en 4 bloques, cada uno de 8,25 m², de manera que cada uno constituyó una parcela donde se ubicó un tratamiento del experimento.

Material vegetal

El primer paso para la selección de los materiales de romero que se evaluarían consistió en realizar una encuesta a un total de 97 contactos entre productores, comercializadores, transformadores y académicos que trabaja con este cultivo, con el objetivo de obtener información relacionada a los cultivares de romero más conocidos y cultivados en la zona de la sabana de Bogotá. Se seleccionaron y visitaron dos fincas ubicadas en Chía y El Rosal, donde se disponía de cultivos comerciales de los cultivares Israelí (en las dos fincas) y Crespo (únicamente en El Rosal). Posteriormente se realizó una encuesta a los productores donde se indagó acerca de las prácticas de manejo del cultivo, problemas fitosanitarios y generalidades sobre el proceso de producción y comercialización.

Teniendo en cuenta la disponibilidad de los dos cultivares bajo las mismas condiciones de cultivo y el estado fitosanitario de las plantas se seleccionó la finca Santa Rita en El Rosal para la obtención del material vegetal.

Esta finca se encuentra ubicada en el kilómetro 18 en la autopista Medellín, a 2546 msnm, en las coordenadas 4° 50'31.2" de latitud Norte, 74° 15'25.92" de longitud Oeste, con temperatura promedio de 14 °C y humedad relativa de 75 %. Las plantas del cultivar Israelí allí sembradas fueron adquiridas en la Universidad Nacional de Colombia y las del Crespo fueron importadas de Europa. Al momento de la obtención de los esquejes para iniciar el proceso de propagación, la edad del cultivo era de 10-12 años.

En la primera visita a la finca Santa Rita se hizo el reconocimiento del lugar, así como el marcaje de plantas de los dos cultivares en once puntos diferentes del cultivo. Se tomaron muestras de esquejes para indexar y conocer su estado fitopatológico. Con los resultados de este análisis se estableció que las plantas se encontraban sanas y sin presencia de *Fusarium oxysporum*.

En la segunda visita a la finca Santa Rita se cosecharon 3300 tallos herbáceos, con una longitud aproximada de 12 cm, que no presentaran daños por plagas y enfermedades, en lo posible del mismo estrato de las plantas y con grosores similares.

Estos esquejes fueron llevados al laboratorio donde se ajustaron con ayuda de tijeras de podar desinfectadas con amonio cuaternario, a una longitud de 10 cm. Se les retiró el último par de hojas para dejar expuestas las yemas, se les aplicó ácido naftalenacético al 0.4 % en formulación en polvo como regulador fisiológico con previa humectación de la base de los tallos. Los esquejes se dispusieron en bandejas de germinación de 128 alveolos, usando como sustrato turba- vermiculita y se mantuvieron durante 12 semanas en la cámara de propagación con polisombra negra al 70 % y riego por nebulización hasta completar su enraizamiento (Figura 5).

Al cabo de este tiempo fueron trasplantados en bolsas negras con una mezcla de sustrato tierra negra y cascarilla de arroz (2:1) (Figura 6), por un periodo de 9 semanas para luego ser sembrados en cada uno de los ambientes de cultivo.



Figura 5 Disposición de las bandejas de propagación de los esquejes de los cultivares de romero Crespo e Israelí en la cámara de germinación, en el Campus Nueva Granada. Tomada por: Cortés-Rojas, 2013.



Figura 6 Plántulas de los cultivares de romero Crespo e Israelí dispuestas en bolsas negras listas para ser trasplantadas, en el Campus Nueva Granada. Tomada por: Cortés-Rojas, 2013.

Diseño experimental

En cada ambiente de cultivo el experimento se organizó siguiendo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. Los

tratamientos evaluados correspondieron a las combinaciones de los factores cultivar y densidad de siembra. Los cultivares de romero evaluados fueron Crespo e Israelí y se trabajaron tres densidades de siembra (Tabla 3).

Tabla 3. Densidades de siembra evaluadas para los cultivares de romero Crespo e Israelí en los ambientes de cultivo invernadero y campo abierto.

Densidades de siembra	
30 x 30 cm	11,39 plantas/ m ²
40 X 40 cm	6,42 plantas/ m ²
60 X 60 cm	2,78 plantas/ m ²

Cada tratamiento correspondió a un cultivar de romero sembrado a una distancia de siembra específica (Tabla 4). La distribución de los tratamientos en las áreas experimentales de los dos ambientes de cultivo, puede apreciarse en las Figuras 7 y 9.

Tabla 4. Tratamientos con densidades de siembra usadas en el montaje del sistema de cultivo en camas divididas por bloques (DBCA).

Tratamientos	
T1	Israelí - 30 X 30 cm
T2	Israelí - 40 x 40 cm
T3	Israelí - 60 X 60 cm
T4	Crespo - 30 X 30 cm
T5	Crespo - 40 X 40 cm
T6	Crespo - 60 X 60 cm

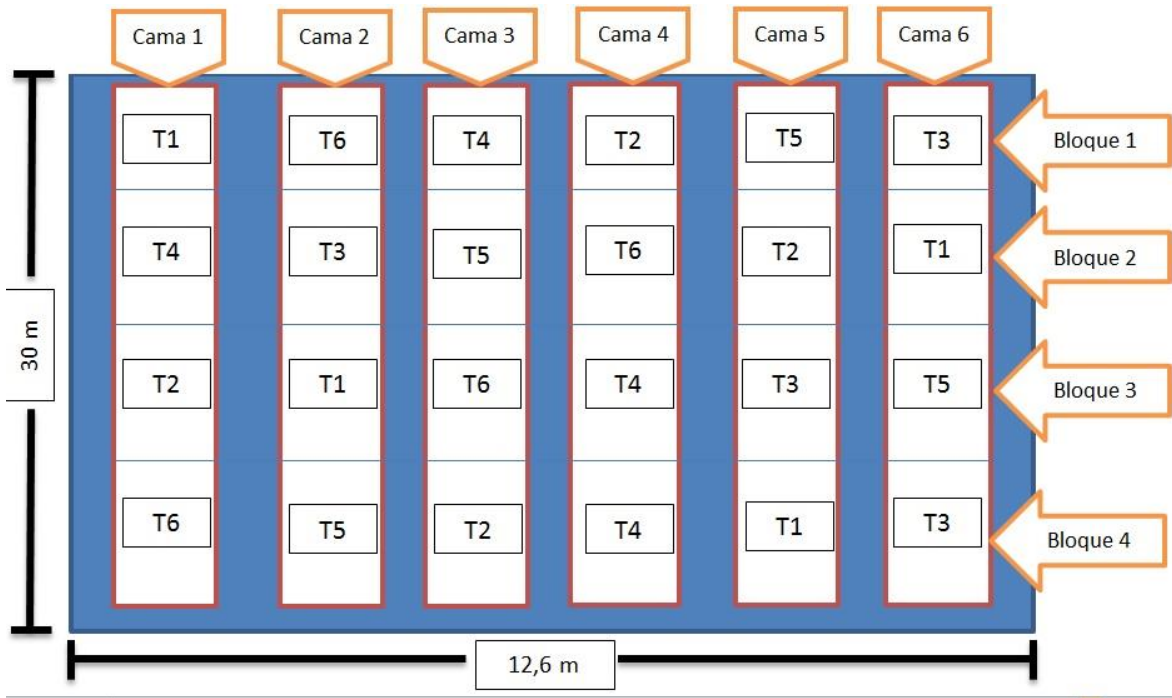


Figura 7. Esquema de la distribución de los tratamientos evaluados bajo el diseño experimental de bloques al azar (DBCA), en el ambiente de invernadero.



Figura 8. Panorámica de las camas y parcelas correspondientes a la distribución de los tratamientos evaluados en invernadero. Tomada por: Cañón, 2014.

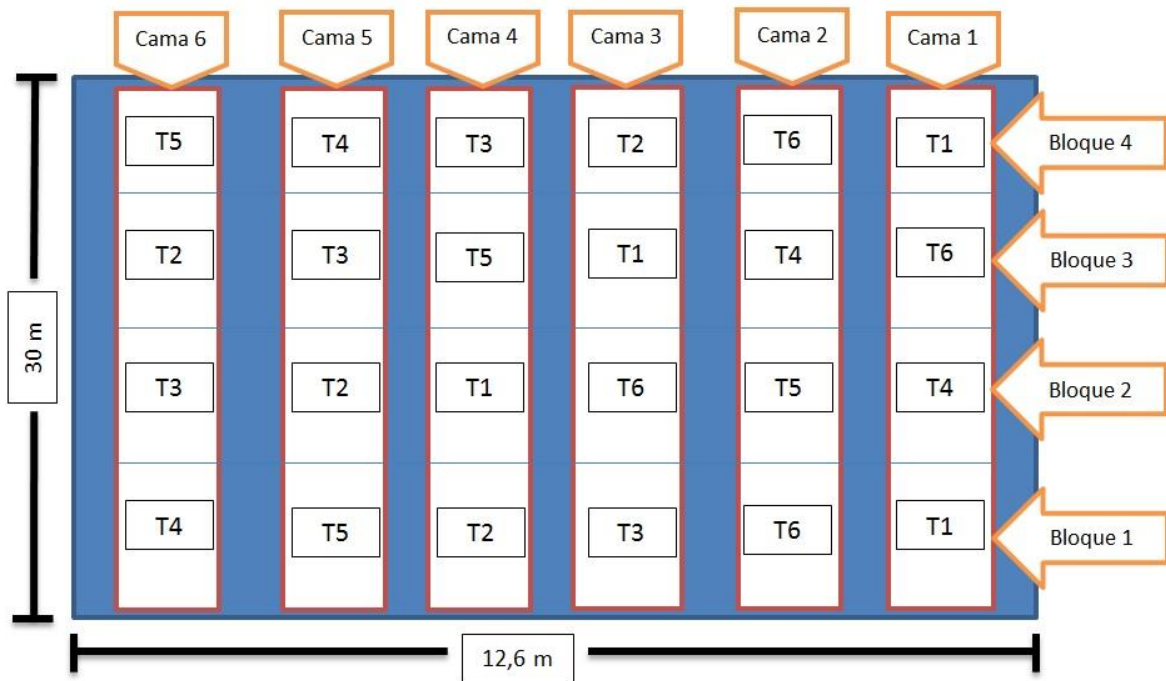


Figura 9. Esquema de la distribución de los tratamientos evaluados bajo el diseño experimental de bloques al azar (DBA), en el ambiente a campo abierto.



Figura 10. Panorámica de las camas y parcelas correspondientes a la distribución de los tratamientos evaluados en campo abierto. Tomada por: Cañón, 2014.

Labores culturales

Las actividades que se realizaron en el cultivo durante el desarrollo del proyecto incluyeron: podas, riego, fertilización y control fitosanitario.

Podas

Dos meses después del establecimiento de las plantas en los ambientes de cultivo, se realizó una poda de formación que consistió en cortar con tijeras de podar el extremo apical del tallo principal para romper la dominancia y favorecer así el brote de nuevos tallos laterales (Figura 11-A).

Así mismo, después de cada cosecha se hizo un raleo de tallos para dar estructura a la planta dejando entre 4 a 5 tallos de buen grosor y aspecto alrededor de un eje principal (Figura 11-B).



Figura 11. A. Efecto de la poda de formación efectuada a la planta de romero, dos meses después de su trasplante en cada ambiente de cultivo B. Poda de formación efectuada después de la primera cosecha para dar estructura a la planta. Tomada por: Cortés-Rojas, 2013.

Riego

El romero es una planta xerófila, la cual tiene como característica un requerimiento hídrico bajo (Bonilla y Martínez, 2010), pero es importante mantener una condición mínima de agua en el sustrato para que la planta pueda desarrollar sus funciones metabólicas.

Inicialmente el riego se realizó con base en los valores de tensiómetros de cápsula de cerámica instalados en cada una de las áreas de cultivo (Figura 12), con el propósito de hacerle un seguimiento a la humedad del sustrato o suelo de cada ambiente, de modo que se mantuviera cercana a la capacidad de campo. Sin embargo, por las variaciones espaciales que se presentaron en las camas, fue necesario realizar ciertos ajustes ya que se presentaron variaciones en la humedad dentro de una misma área, observando tanto plantas marchitas por encharcamientos, como plantas con signos de deshidratación por déficit hídrico, situación que se presentó especialmente en el invernadero.

Desde enero de 2013, cuatro (4) meses después del establecimiento de las plantas en cada ambiente, el riego se manejó tomando medidas puntuales de la humedad en cada parcela con un medidor portátil de humedad volumétrica. La calibración del equipo así como los valores para establecer los momentos del riego y las láminas de riego más adecuadas para el cultivo de romero, especialmente en el ambiente del invernadero, fueron establecidos por Mesa (2013). Con el uso del dispositivo se hizo el registro de manera general en los ambientes, una vez los valores del medidor de humedad fueran iguales o menores al 20% se debía iniciar el riego, teniendo en cuenta que el riego se hizo con diferentes frecuencias de acuerdo al requerimiento hídrico del sustrato en cada ambiente, el cual se realizó de forma manual y específica para cada parcela en cada ambiente de cultivo.



Figura 12. A. Dispositivo Thetra Probe ®, usado para medir la cantidad de humedad en el sustrato. B. Tensiómetro análogo de cápsula de cerámica ubicado en el ambiente de cultivo para cuantificar la disponibilidad de agua en el suelo. Tomada por: Cortés-Rojas, 2013.



Figura 13. Uso del Dispositivo Thetra Probe ®, en el sustrato del ambiente bajo invernadero, cuantificando la cantidad de humedad presente en este.

Fertilización

El romero es una planta que en cuanto a requerimientos de nutrientes no es exigente (Cortés, 2013), pero se debe suministrar la cantidad mínima de nutrientes para su correcto desarrollo bajo las condiciones de cultivo. Semanalmente se aplicó una solución nutritiva completa basada en la de Hoagland y Arnon N° 2 (Anexo 2), preparada con fertilizantes solubles comerciales, mediante fertirriego que permite hacer la distribución del requerimiento hídrico diario junto con la aplicación de fertilizante (Cadaña, 2005).

También se realizaron fertilizaciones foliares semanales con elementos mayores y menores (Anexo 3), la cual permite suministrar nutrientes de forma inmediata y eficiente para corregir deficiencias nutricionales de elementos menores a la planta (Meléndez y Molina, 2002).

Una vez finalizada cada cosecha, se realizó una fertilización edáfica en corona a cada planta, con fuentes muy solubles para hacer la recuperación de los nutrientes y elementos del suelo, garantizando la adecuada nutrición de las plantas para su óptimo desarrollo en la siguiente cosecha (Moreno *et al.*, 2011), lo cual permitió la recuperación de la planta para la siguiente cosecha garantizando la brotación de los nuevos tallos laterales.

Control fitosanitario

Semanalmente se levantó un plano fitosanitario de cada una de las áreas de cultivo para determinar la incidencia de plagas o enfermedades. Con base a estos resultados se planearon las medidas de manejo para el control de estas, priorizando en el empleo de productos biológicos.

Se realizaron *drench* preventivos con microorganismos benéficos (hongos antagonistas y bacterias entomopatógenas en suspensión), los cuales se aplicaron cada quince días, con el fin de minimizar la aparición y desarrollo de patógenos en el cultivo.

Durante el desarrollo del trabajo se presentó un problema fitosanitario causado por el hongo fitopatógeno *Fusarium oxysporum*, en los dos ambientes de cultivo con un porcentaje de mayor incidencia para el ambiente de invernadero, el tratamiento para controlar el brote del hongo consistió en retirar las plantas infectadas con precaución, aplicar cal viva en el lugar de la infección y disminuir la cantidad de riego para las zonas del ambiente afectadas.

Ocurrió una afectación de menor incidencia causada por lepidópteros los cuales causaban un raspado foliar sobre las hojas más jóvenes de la planta, para el control de esta plaga se hicieron aplicaciones foliares, disminuyendo así su incidencia.

Cosecha

En la cosecha del romero se busca obtener tallos tiernos con una longitud mayor o igual a 15 cm, que no presenten flores ni frutos y que su base no esté leñosa. Para determinar el momento de realizar las cosechas, en este experimento se hizo un marcaje de 5 tallos al azar en cada bloque para un total de 120 tallos marcados por ambiente (Figura 14a). Semanalmente se

registró la longitud de cada uno y el momento de cosecha de cada tratamiento en cada ambiente, se determinó cuando el 90 % de los tallos marcados tuviera una longitud igual o superior a los 15 cm. La cosecha se efectuó de forma manual utilizando tijeras de poda, las cuales fueron desinfectadas con un producto a base de amonio cuaternario. Se recolectaron los tallos que cumplieron con la longitud mínima para ser cosechados y se ubicaron en canastillas plásticas ordenados de forma horizontal para ser llevados al laboratorio (Figuras 14b y 15).



Figura 14. A. Tallo de romero marcado para hacer el seguimiento semanal de su longitud, para la determinación del momento de la cosecha, B. Forma de corte de los tallos mediante la cosecha de forma manual con tijeras de podar. Tomada por: Cañón, 2014.



Figura 15. Disposición del material de romero cosechado, en canastillas plásticas para ser llevado al laboratorio. Tomada: por Cañón, 2014

El tiempo en que se efectuó cada uno de los tres cortes o cosechas de cada tratamiento en cada ambiente de cultivo, está indicado en la tabla 5, expresado en días después de la siembra (DDS).

Tabla 5. Momentos en los que se efectuó cada una de las tres cosechas realizadas para cada tratamiento en cada ambiente: Campo / invernadero. Tiempo expresado en DDS (días después de la siembra)

Tratamiento	Cosecha 1		Cosecha 2		Cosecha 3	
	INVERNADERO	CAMPO	INVERNADERO	CAMPO	INVERNADERO	CAMPO
Israelí 30*30	119	126	212	225	314	353
Israelí 40*40	120	127	214	218	316	322
Israelí 60*60	121	128	219	221	316	321
Crespo 30*30	122	129	209	229	320	344
Crespo 40*40	123	130	226	214	321	329
Crespo 60*60	124	131	208	230	317	340

Variables evaluadas

Después de cada cosecha se evaluaron las variables de peso fresco, peso seco y clasificación de los tallos en las diferentes categorías de calidad. Todas las variables fueron expresadas en gramos por unidad de área (g/m^2).

Peso Fresco

Establecido como la cantidad de biomasa fresca del total de los tallos obtenidos de cada bloque en los diferentes tratamientos. El material se pesó empleando una balanza digital inmediatamente después de ser cosechado.

Peso Seco

Para obtener el peso seco, una muestra de 100 g del material cosechado fueron dispuestos en un horno de secado a $80\text{ }^\circ\text{C}$ durante 72 horas hasta alcanzar peso constante (Figura 16). Posteriormente se obtuvo el peso de la muestra y este valor se extrapolo a la cantidad de biomasa fresca total obtenida por bloque.



Figura 16. Horno de secado con el material de romero empacado en bolsas de papel para obtener biomasa seca de romero. Tomada por: Cañón, 2014.

Calidad de tallos

Los tallos de romero cosechados deben tener una longitud mínima de 12 cm para ser comercializados en el mercado nacional, los tallos que tengan una longitud entre 18 a 20 cm son considerados como calidad exportación (Bonilla y Martínez, 2010) y los tallos con una longitud superior a los 20 cm son calidad extra.

Por lo anterior, la calidad de tallos de romero se determina de acuerdo a la longitud de estos, permitiendo su clasificación en tres categorías (3) establecidas comercialmente:

- Nacional → Tallos con una longitud igual o menor de 15 cm.
- Exportación → Tallos con una longitud entre 15 cm hasta los 19.9 cm.
- Extra → Tallos con una longitud mayor a los 20 cm.

Los tallos de la calidad tipo nacional fueron cosechados tomando como referencia esta longitud mínima de 15 cm, para evitar el crecimiento excesivo de las plantas y mantener su uniformidad estructural para las siguientes cosechas.

Sobre una muestra correspondiente al 20 % del peso de la biomasa total cosechada por bloque y por tratamiento, se hizo la clasificación de cada uno de los tallos teniendo en cuenta la longitud, para discriminar a que categoría de calidad correspondía. Posteriormente, se pesó la cantidad de tallos de cada categoría en una báscula digital y se obtuvo el porcentaje de tallos de la muestra pertenecientes a cada calidad. Con estos últimos datos, se efectuó una extrapolación a la cantidad de biomasa fresca obtenida por bloque y por tratamiento para las calidades de Extra y Exportación que fueron analizadas.



Figura 17. Calidades de tallos de romero determinadas por su longitud. A. Calidad extra (>20cm), B. Calidad exportación (15 – 19,9cm) C. Calidad Nacional (<15 cm). Tomada por: Cañón, 2014.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey con el software estadístico R 3.1.0 (libre distribución), para evaluar el efecto de las densidades de siembra, del ambiente de cultivo y de la cosecha, sobre el rendimiento de los dos materiales de romero.

4. RESULTADOS

Peso Fresco

El peso fresco representó la cantidad de biomasa fresca de todos los tallos cosechados en cada corte, obtenida para cada tratamiento en cada ambiente de cultivo.

Invernadero

En la figura 18 se presenta el rendimiento del cultivo para los seis tratamientos, durante cada una de las tres cosechas, evaluado bajo condiciones de invernadero.

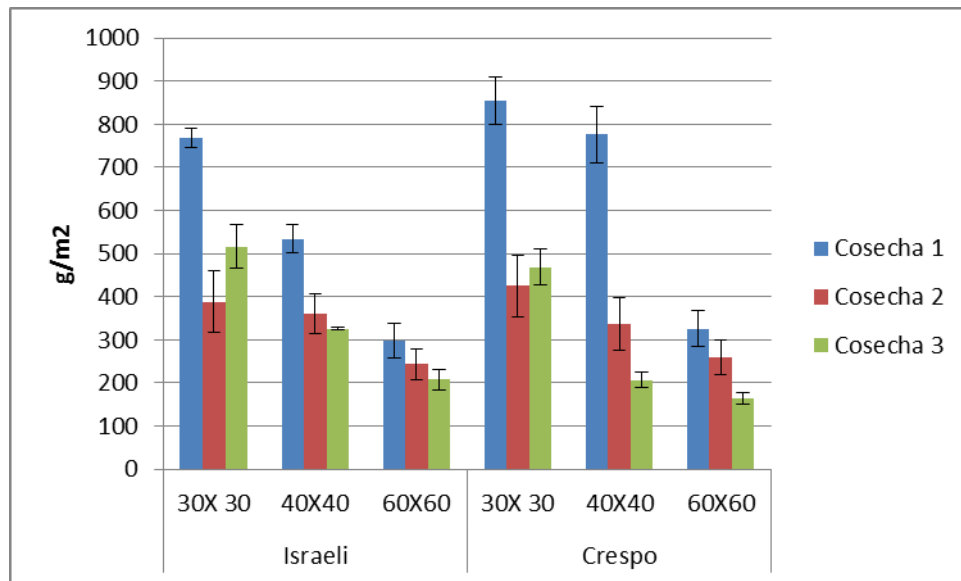


Figura 18. Peso fresco de los tallos cosechados (g/m²), obtenido en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado bajo invernadero. Cultivares de romero: Israelí y Crespo. Distancia de siembra: 30 x 30 cm, 40 x 40 cm, 60 x 60 cm.

Se encontraron importantes diferencias entre las cosechas realizadas ($P > F = 0.001$), evidenciando que independiente del cultivar y de la densidad de siembra, fue mayor el rendimiento durante la primera cosecha, superando el obtenido en la segunda y tercera (Anexo 4,1).

También se obtuvieron diferencias entre las densidades de siembra probadas ($P > F = 0,001$), de manera que, independiente del material de romero y del momento de corte, el mayor rendimiento se presentó a la mayor densidad de siembra, correspondiente a 11,39 plantas/m² (distanciamiento de 30 cm X 30 cm entre plantas) (Anexo 4,1).

Al analizar los cultivares de manera independiente de los otros factores, no se presentaron diferencias significativas entre el romero Crespo e Israelí, lo cual indicó que su rendimiento fue similar en condiciones de invernadero (Anexo 4,1).

Para la interacción entre los materiales de romero y la cosecha, se presentaron diferencias ($P > F = 0,001$), encontrándose el mejor rendimiento para el cultivar crespo en la primera cosecha. En cuanto a la interacción entre la densidad de siembra y el momento de cosecha, se encontraron diferencias ($P > F = 0,001$), mostrando que la densidad más alta correspondiente a 11,39 plantas/ m² (distanciamiento de 30 cm X 30 cm entre plantas), fue la que presentó el mejor rendimiento en la primer cosecha (Anexo 4,1).

Campo abierto

En la figura 19 se presenta el rendimiento obtenido en campo abierto para cada uno de los seis tratamientos evaluados y en cada una de las tres cosechas.

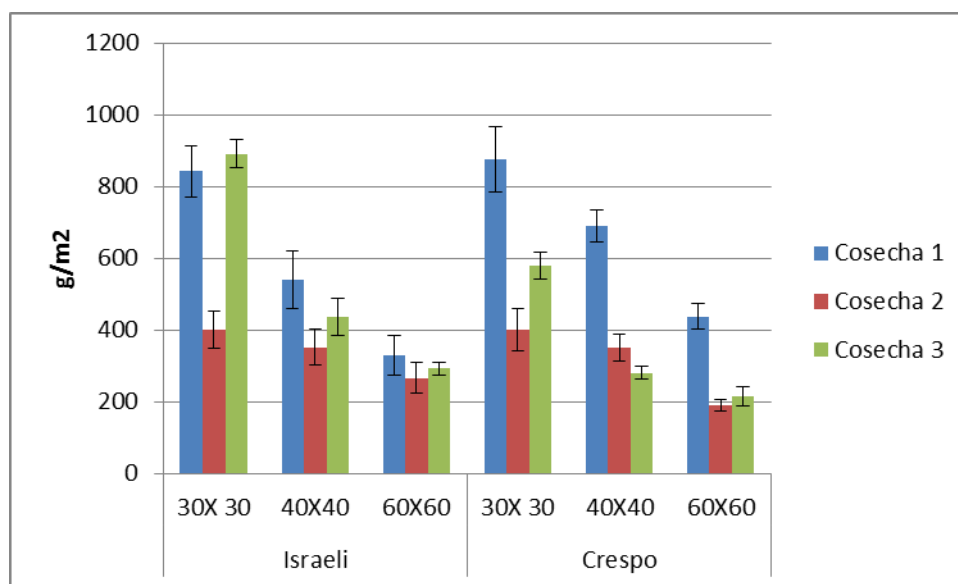


Figura 19. Peso fresco de los tallos cosechados (g/m²), obtenido en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado a campo abierto. Cultivares de romero: Israelí y Crespo. Distancia de siembra: 30 x 30 cm, 40 x 40 cm, 60 x 60 cm.

La evaluación de la biomasa en fresco para el ambiente de campo abierto también mostró diferencias entre las cosechas o cortes realizados ($P > F = 0,001$), encontrando un mayor rendimiento en la primera cosecha en

relación con las dos cosechas siguientes, aunque hubo una tendencia a presentar una recuperación del rendimiento hacia la tercera cosecha para algunos tratamientos (Anexo 4,2).

Respecto a las densidades de siembra, el rendimiento también varió de manera significativa ($P > F = 0,001$), encontrando que la densidad de mejor rendimiento fue la más alta, correspondiente 11,39 plantas/ m² (distanciamiento de 30 cm X 30 cm entre plantas) (Anexo 4,2).

Los materiales de romero Crespo e Israelí tampoco presentaron diferencias al analizarlos de manera independiente, lo que indica que su rendimiento fue similar bajo condiciones de campo abierto.

En la interacción entre los cultivares y el momento de corte se presentaron diferencias ($P > F = 0,001$), donde se presentó que ambos materiales de romero sobresalieron por su mejor rendimiento durante la primera cosecha. Para la interacción entre la densidad de siembra y el momento de corte hubo diferencias ($P > F = 0,001$), ya que la densidad más alta correspondiente a 11,39 plantas/ m² (distanciamiento de 30 cm X 30 cm entre plantas), fue la que presentó el mejor rendimiento durante la primera y la tercera cosecha (Anexo 4,2).

Peso Seco

El peso seco representó la cantidad de biomasa de la totalidad de los tallos cosechados sometidos a un proceso de deshidratación, obtenido durante cada corte, para cada tratamiento y por ambiente de cultivo.

Invernadero

En la figura 20 se presenta la cantidad de biomasa seca para cada uno de los seis tratamientos, durante cada una de las tres cosechas, obtenida bajo condiciones de invernadero.

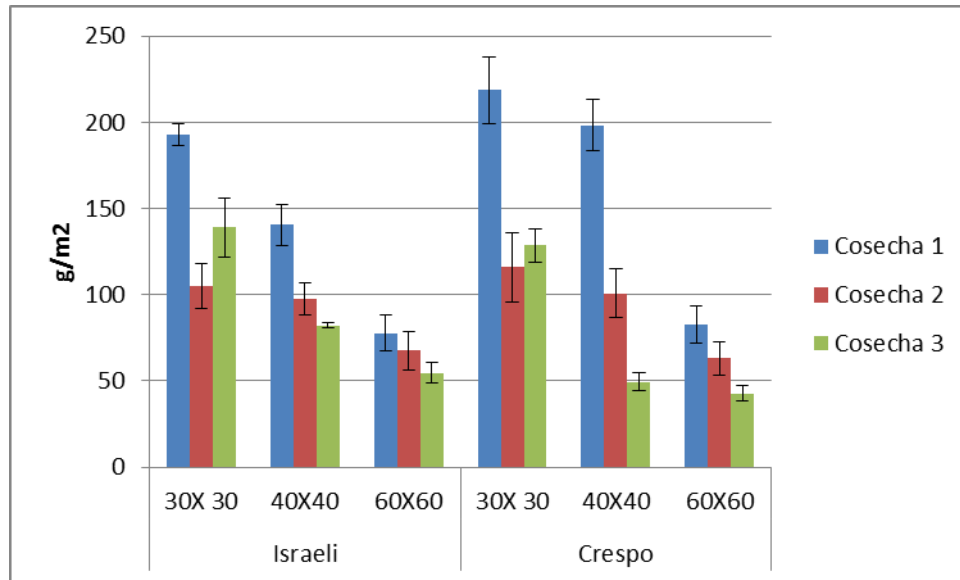


Figura 20. Peso seco de los tallos cosechados (g/m²), obtenido en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado bajo invernadero. Cultivares de romero: Israeli y Crespo. Distancia de siembra: 30 x 30 cm, 40 x 40 cm, 60 x 60 cm.

En la evaluación de la biomasa seca, se hallaron diferencias importantes entre las cosechas ($P > F = 0,001$). Independiente de la densidad de siembra y del cultivar de romero utilizado, esta fue mayor durante la primera cosecha superando la obtenida durante la segunda y tercera cosecha (Anexo 4,3).

También se presentaron diferencias entre las densidades de siembra evaluadas ($P > F = 0,001$), de forma independiente del momento de cosecha y del cultivar usado, donde la mayor cantidad de biomasa seca se presentó en la mayor densidad de siembra correspondiente a 11,39 plantas/ m² (distanciamiento de 30cm X 30cm entre plantas) (Anexo 4,3).

Al realizar el análisis los cultivares de manera independiente, no se presentaron diferencias en la biomasa seca obtenida entre el romero Crespo e Israeli, bajo condiciones de invernadero.

La interacción entre los materiales de romero y el corte resultó ser significativa ($P > F = 0,01$), indicando que el material Crespo fue el que presentó mejor rendimiento en la primer cosecha. Respecto a la interacción entre la densidad de siembra y el momento de cosecha, se encontró que fue significativa ($P > F = 0,001$), obteniendo que la densidad de siembra más alta correspondiente a 11,39 plantas/m² (distanciamiento de 30 cm X 30 cm entre plantas), presentó la mayor cantidad de biomasa seca durante la primera cosecha, teniendo en cuenta que la densidad

intermedia, correspondiente a 6,42 plantas/m² (distanciamiento de 40 cm X 40 cm entre plantas), también se destacó en la primera cosecha (Anexo 4,3).

Campo abierto

En la figura 21 se presenta la cantidad de biomasa seca de los tallos cosechados para los seis tratamientos, durante cada una de las tres cosechas, obtenida en el ambiente de campo abierto.

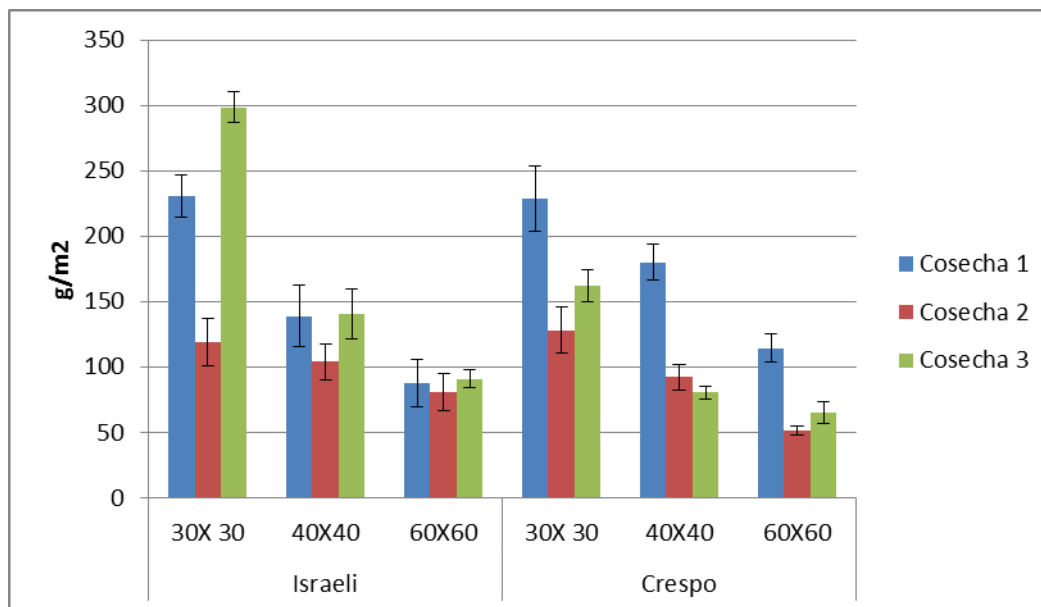


Figura 21. Peso seco de los tallos cosechados (g/m²), obtenido en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado en campo abierto. Cultivares de romero: Israelí y Crespo. Distancia de siembra: 30 x 30 cm, 40 x 40 cm, 60 x 60 cm.

Se encontraron diferencias importantes entre las cosechas ($P > F = 0,001$), independiente de la densidad de siembra y el material de romero utilizado, destacándose mayoritariamente la primera cosecha, que superó a la segunda y tercera (Anexo 4,4).

En la evaluación de los materiales de romero se encontró que hubo diferencias entre éstos ($P > F = 0,01$), independiente la densidad de siembra y el momento de cosecha, ya que el cultivar Israelí presentó el mayor peso seco (Anexo 4,4).

Entre las densidades de siembra también difirió la biomasa seca ($P > F = 0,001$), independiente del cultivar de romero y del momento de cosecha, siendo la mejor obtenida con la densidad más alta, correspondiente a 11,39 plantas/ m² (distanciamiento 30cm X 30cm entre plantas) (Anexo 4,4).

La interacción entre cultivar y momento de corte también fue significativa ($P > F = 0,001$), indicando que los dos cultivares de romero: Israelí y Crespo, presentaron la mayor acumulación de biomasa seca durante la primera cosecha y que el material Crespo también se destacó en la tercera. También se presentaron interacciones entre la densidad de siembra y el corte ($P > F = 0,001$), ya que en la mayor densidad correspondiente a 11,39 plantas/m² (distanciamiento 30 cm X 30 cm entre plantas), la biomasa seca fue mayor en la primera y tercera cosecha (Anexo 4,4).

Calidad de Tallos

Los tallos recién cortados fueron clasificados de acuerdo a su longitud en dos categorías de calidad: Exportación y Extra. La cantidad de tallos que fueron ubicados en cada categoría de calidad fue expresada a través de la biomasa fresca.

Tallos calidad Exportación

Invernadero

En la figura 22 se presenta la biomasa fresca de los tallos de romero pertenecientes a la calidad tipo Exportación, para los seis tratamientos, durante cada una de las tres cosechas, obtenida en el ambiente de invernadero.

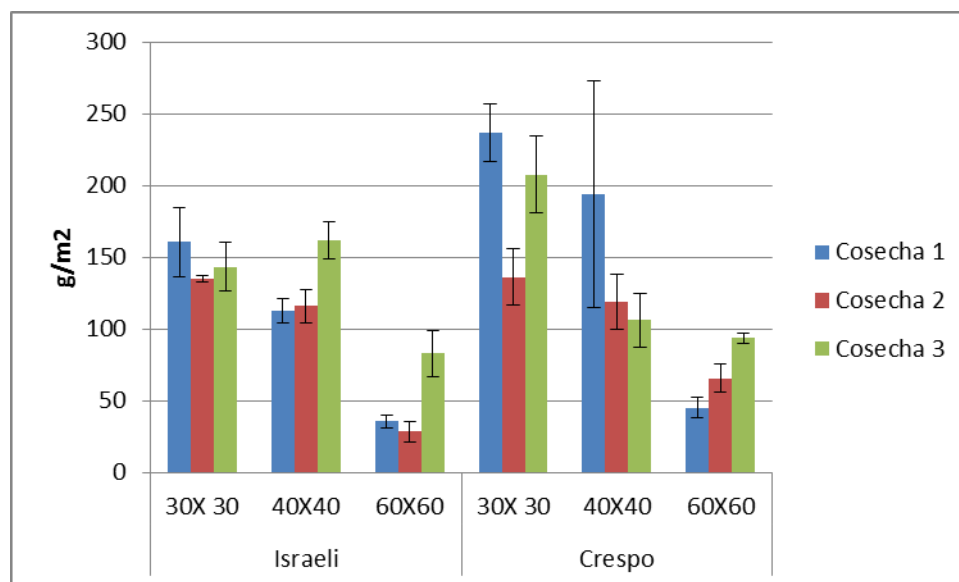


Figura 22. Biomasa fresca de los tallos cosechados clasificados por su longitud como tipo Exportación (g/m²), obtenida en cada uno de los tres cortes, para

cada tratamiento evaluado bajo invernadero. Cultivares de romero: Israelí y Crespo. Distancia de siembra: 30 x 30 cm, 40 x 40 cm, 60 x 60 cm.

Se presentaron diferencias entre los momentos de cosecha ($P > F = 0,05$), ya que, independiente del cultivar y de la densidad de siembra, la cantidad de tallos tipo Exportación fue mayor en la tercera cosecha (Anexo 4,5).

La cantidad de tallos tipo Exportación fue diferente en función de las densidades de siembra ($P > F = 0,001$), encontrando que a la mayor densidad de 11,39 plantas/ m² (distanciamiento 30 cm X 30 cm entre plantas), se presentó la mayor cantidad de tallos de esta calidad (Anexo 4,5).

El análisis de los materiales de romero no mostró diferencias, lo cual indica que tanto el romero Crespo como el Israelí pueden presentar similar producción de tallos calidad tipo exportación, en el ambiente bajo invernadero.

Campo abierto

En la figura 23 se presenta la cantidad de tallos de romero de calidad tipo Exportación para los seis tratamientos, durante cada una de las tres cosechas, evaluada en el ambiente de campo abierto.

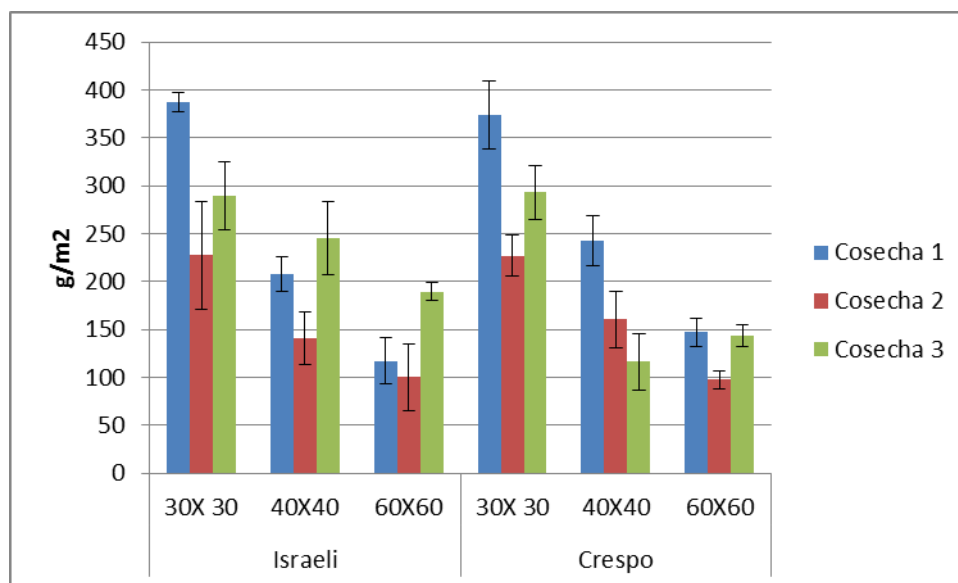


Figura 23. Biomasa fresca de tallos cosechados tipo exportación (g/m²), obtenido en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado en campo abierto. Cultivares de romero: Israelí y Crespo. Distancia de siembra: 30 x 30 cm, 40 x 40 cm, 60 x 60 cm.

El momento de corte o cosecha tuvo influencia en la cantidad de tallos con calidad tipo exportación ($P > F = 0,01$), ya que independiente del cultivar y de la densidad a la cual fueron sembrados, la mayor cantidad se obtuvo en la primera cosecha en el ambiente a campo abierto (Anexo 4,6).

Ambos cultivares de romero no difirieron en la cantidad de tallos clasificados en esta calidad, cuando fueron cultivados en condiciones de campo abierto (Anexo 4,6).

Por su parte, si se encontraron diferencias entre las densidades de siembra ($P > F = 0,001$), de manera que, independiente del material de romero y del momento de cosecha, la mayor densidad correspondiente a 11,39 plantas/ m² (distanciamiento 30cm X 30cm entre plantas), fue la que presentó la mayor cantidad de tallos tipo exportación (Anexo 4,6).

Se encontró interacción entre la variedad de romero y el momento de corte ($P > F = 0,05$), ya que los dos cultivares, Crespo e Israelí, mostraron una mayor cantidad de tallos tipo exportación en la primera cosecha, destacándose también el material Israelí en la tercera cosecha. También se encontraron interacciones entre la densidad de siembra y el corte ($P > F = 0,05$), debido a que la mayor biomasa de tallos calidad exportación se dio en la primera cosecha a la mayor densidad de siembra (11,39 plantas/m² con distanciamiento 30 cm X 30 cm entre plantas) (Anexo 4,6).

Tallos calidad Extra

Invernadero

En la figura 24 se muestra la biomasa fresca de los del total de tallos de romero clasificados en la calidad Extra, para los seis tratamientos, durante cada una de las tres cosechas, evaluada en el ambiente bajo invernadero.

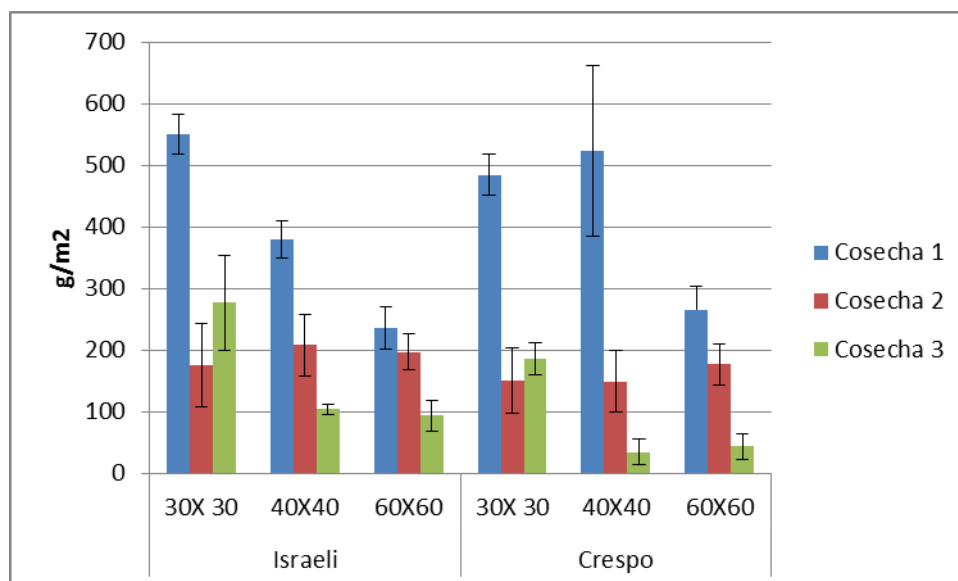


Figura 24. Biomasa fresca de tallos cosechados clasificados en la categoría Extra (g/m²), obtenida en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado bajo condiciones de invernadero. Cultivares de romero: Israelí y Crespo. Distancia de siembra: 30 x 30 cm, 40 x 40 cm, 60 x 60 cm.

El momento de cosecha influyó en la cantidad de tallos tipo Extra ($P > F = 0,001$). Independiente de la densidad de siembra y del cultivar de romero, la mayor cantidad se presentó en la primera cosecha, superando considerablemente la obtenida en la segunda y tercera cosecha (Anexo 4,7).

Dentro del análisis de los materiales de romero, no se presentaron diferencias entre el romero Crespo e Israelí ($P > F = 0,05$), sugiriendo que independiente del momento de corte y de densidad a la que se siembren, producen similar cantidad de tallos de calidad Extra bajo condiciones de invernadero (Anexo 4,7).

La densidad de siembra si tuvo un efecto en la calidad de los tallos ($P > F = 0,01$), independiente del momento de cosecha y del material de romero usado, aquella correspondiente a 11,39 plantas/m² (distanciamiento 30cm X 30cm entre plantas), estimuló una mayor producción de tallos tipo Extra (Anexo 4,7).

Respecto a la relación entre la densidad de siembra y la cosecha, se encontraron diferencias significativas ($P > F = 0,001$), indicando que las densidades de siembra más altas, correspondiente a 11,39 plantas/m² con distanciamiento 30 cm X 30 cm entre plantas, así como las intermedias, con 6,42 plantas/m² a un distanciamiento de 40 cm X 40 cm entre plantas, produjeron la mayor cantidad de tallos tipo Extra (Anexo 4,7).

Campo abierto

En la figura 25 se muestran los resultados de la biomasa fresca de los tallos cosechados que fueron clasificados en la categoría Extra, para los seis tratamientos, durante cada una de las tres cosechas, evaluada en el ambiente de campo abierto.

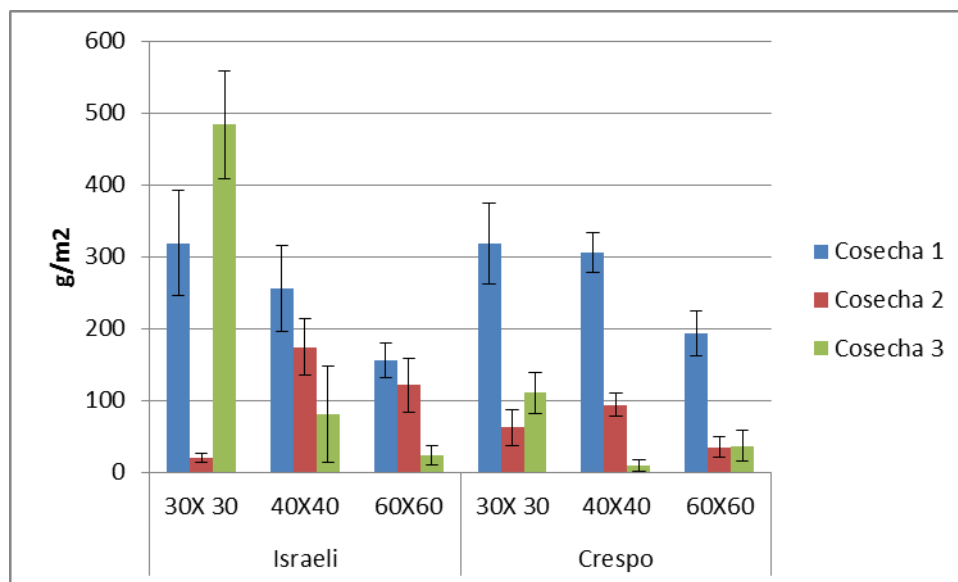


Figura 25. Biomasa fresca de tallos cosechados tipo Extra (g/m²), obtenida en cada uno de los tres cortes, para cada tratamiento evaluado bajo condiciones de campo abierto. Cultivares de romero: Israelí y Crespo. Distancia de siembra: 30 x 30 cm, 40 x 40 cm, 60 x 60 cm.

Al igual que en las condiciones del invernadero, el momento de corte tuvo influencia sobre la cantidad de tallos cosechados pertenecientes a la categoría de calidad Extra ($P > F$ 0,001), la mayor biomasa de tallos de esta calidad se presentó en el primer corte (Anexo 4,8).

Al comparar los cultivares de romero ($P > F$ 0,01), se encontró que independiente de la densidad de siembra y del momento de cosecha, el material Israelí fue el que presentó la mayor cantidad de tallos de esta calidad en las condiciones de campo abierto (Anexo 4,8).

Las densidades a las que fueron sembrados los cultivares, también influyeron en la producción de tallos tipo Extra ($P > F$ 0,001). La densidad de siembra evaluada, correspondiente a 11,39 plantas/m² con distanciamiento de 30 cm X 30 cm entre plantas, fue la que estimuló una mayor producción de tallos calidad Extra en el cultivo de campo abierto (Anexo 4,8).

Se encontró una interacción entre los materiales de romero y el corte ($P > F 0,01$), en la cual el cultivar cesposo presentó la mayor cantidad de tallos Extra para la primera cosecha y el material Israelí se destacó durante la primera y tercera cosecha. También se presentó influencia de la interacción entre la densidad de siembra y el corte en la obtención de tallos tipo Extra ($P > F 0,001$), ya que a la mayor densidad (11,39 plantas/ m² ·distanciamiento 30 cm X 30 cm entre plantas), fue mejor la producción de tallos Extra tanto en la primera como en la tercera cosecha, similar a lo obtenido a la densidad de 6,42 plantas/ m² (distanciamiento 40cm X 40cm entre plantas), en la primera cosecha (Anexo 4,8).

5. DISCUSIÓN

Acerca de la densidad de siembra

Al evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de los dos cultivares en las tres cosechas, en general, los mejores resultados de peso fresco, seco y calidad de tallos, tanto en campo abierto como bajo invernadero, se reportaron al disponer una mayor cantidad de plantas por unidad de área (espaciamento de 30 cm x 30 cm entre plantas).

La densidad de siembra es un factor importante en la producción agrícola debido a que se relaciona directamente con la capacidad productiva del cultivo, los costos de producción y el uso eficiente de los recursos de agua, luz y nutrientes para garantizar un óptimo crecimiento y desarrollo de la planta (Carvalho *et al.*, 2006). Es así que al aumentar la densidad de siembra, la producción individual por planta disminuye debido a la presión generada por la competencia intra-específica por los recursos, sin embargo la biomasa total producida por unidad de área sí aumenta (Vásquez y Torres, 1991; Soto *et al.*, 2003; Nahgdi *et al.*, 2004; Parreira *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2013).

Diversos autores indican que el espaciamento entre plantas tiene un efecto directo sobre la productividad y el comportamiento agronómico en cultivos de plantas aromáticas. Nahgdi *et al.*, (2004), evaluaron el efecto de la densidad de siembra y el tiempo de cosecha en relación con la producción de materia fresca y seca en tomillo (*Thymus vulgaris*), reportando que bajo el menor espaciamento (15 cm entre plantas), se obtuvo la mayor altura y cantidad de biomasa. Por su parte Soto *et al.* (2003), evaluaron diferentes densidades de siembra en limonaria (*Cymbopogon citratus*), reportando que bajo las densidades de siembra más altas (37.037 y 22.222 plantas/ha), se presentó el mayor rendimiento

de biomasa fresca, lo que concuerda con los resultados obtenidos en las diferentes variables del presente experimento.

Estos resultados son de gran importancia, teniendo en cuenta la tendencia que existe actualmente de reducir al máximo las distancias de siembra de los cultivos hasta un nivel que permita optimizar las áreas de siembra y los recursos, para generar mayores rendimientos y mayor rentabilidad (Xue y Hagihara, 2008; Parreira *et al.*, 2011).

El comportamiento del rendimiento para la obtención de biomasa seca que se puede aprovechar, no presentó un cambio frente al patrón encontrado respecto a la densidad de siembra más alta evaluada (espaciamiento de 30 cm x 30 cm entre plantas), al igual que la variable de biomasa fresca se encontró que hay una relación directa entre la densidad de siembra y el tamaño de las plantas (Falzari *et al.*, 2006), teniendo en cuenta que la densidad de siembra afecta el crecimiento de las plantas influenciado por la competencia para la obtención de recursos de luz, agua y nutrientes, uno de los recursos que más generan competencia bajo estas condiciones es la obtención de luz debido a que se genera un sombreado por la cercanía de otras plantas, cuya respuesta fisiológica es la elongación de tallos, proceso que es mediado por giberelinas y auxinas y busca aumentar la cantidad de luz interceptada por la planta (Taiz y Zeiger, 2010), esto hace que se reduzca la energía disponible para realizar la fotosíntesis y a acumulación de fotoasimilados, afectando finalmente la producción por planta (Aphalo y Ballare, 1995). Respecto al rendimiento de esta variable se encontró que las plantas sembradas bajo densidades de siembra más altas producen mayor rendimiento por área contrastado con la evaluación del rendimiento bajo la densidad de siembra más baja donde el rendimiento por cada planta de forma individual es mayor pero no es compensado con el número de plantas situadas en la misma área.

Acerca de los momentos de cosecha

En todas las variables evaluadas se presentó una tendencia de mayor rendimiento y producción en la primera cosecha, independiente de la densidad de siembra, el ambiente de cultivo y los dos materiales de romero evaluados (Crespo e Israelí).

Los rendimientos más bajos que se presentaron durante la segunda y tercera cosecha, se deben probablemente al periodo de recuperación de

las plantas tras el proceso de corte, influenciados por el tiempo entre las cosechas el cual difirió de una a la otra, tomando como criterio el seguimiento semanal de los tallos para cada uno de los tratamientos hasta que alcanzaran la longitud mínima para la realización de la cosecha. Una vez se trasplantaron los esquejes, se realizó el corte apical del tallo (*pinch*) con el objetivo de eliminar la dominancia y promover la brotación de tallos laterales a través de la redistribución de fitohormonas en la planta (León, 2004; Taiz y Zeiger, 2010). Fue así, que para la primera cosecha, la planta estaba conformada por un tallo principal y entre 4 a 5 tallos distribuidos radialmente. Teniendo en cuenta que en la cosecha del romero se seleccionan para corte todos aquellos tallos herbáceos con una longitud mayor o igual a 15 cm, después de la primer cosecha, y debido al proceso de corte, la planta fue nuevamente estimulada para iniciar la brotación, viéndose obligada a formar en este momento un número mayor de estructuras producto de los múltiples cortes que estimularon la brotación de yemas vegetativas (Taiz y Zeiger, 2010), proceso que también ocurrió de forma similar después de realizada la segunda cosecha.

Relacionando estos resultados con el modelo de fuente - vertedero, en la primera cosecha la planta dispondría de una mayor cantidad de fuentes o reservas definidas como cualquier órgano exportador como las hojas y un menor número de vertederos, en este caso tallos herbáceos. Sin embargo, para la segunda cosecha, el número de vertederos aumentó considerablemente, pero no lo hicieron en la misma proporción y velocidad las hojas, ya que es importante resaltar que después de la primera cosecha, la planta quedó muy defoliada, por lo que el proceso de producción de fotoasimilados fue realizado por hojas jóvenes, que quizás funcionaron más como vertederos y por tanto, la producción de tallos y su elongación pudo tomar más tiempo (Zamski y Schaffer, 1996; Taiz y Zeiger, 2010). Así mismo ocurrió para la tercera cosecha presentando una disminución en el rendimiento de la biomasa obtenida para cada variable. Es de anotar que para la segunda y tercera cosecha, la planta contaba con una copiosa brotación de nuevos tallos, pero no todos tuvieron la longitud mínima requerida para efectuar su corte.

Sumado a esto, se debe tener en cuenta que la planta de romero es leñosa, por lo que al inicio de su ciclo su crecimiento es principalmente herbáceo y a medida que va aumentando la edad de la planta, la madurez se refleja en la lignificación de sus tallos. Siendo así que, en

general, la cantidad de tallos herbáceos aprovechables para ser cosechados fue menor a través del tiempo.

En plantas aromáticas es importante considerar la época de cosecha ideal. Diversos estudios en plantas aromáticas se han enfocado en definir la época adecuada para realizar los cortes, pero en función de su composición química, ya que ésta y la cantidad de metabolitos secundarios fluctúa de acuerdo a condiciones como edad de la planta, fertilización, riego, época del año y localidad (Naghdi *et al.*, 2004; Gomes *et al.*, 2007; Silva, 2001). Teniendo en cuenta que el tiempo entre cosechas no fue igual esto pudo generar que algunas diferencias entre la biomasa obtenida de una cosecha a otra y entre los diferentes tratamientos, considerando que se hizo un seguimiento del crecimiento de los tallos para poder ser cosechados.

Finalmente, y con relación a la duración de las cosechas, la literatura cita para el cultivo de romero un periodo entre cosechas de 16 semanas (Castro *et al.*, 2013). En los resultados obtenidos en este estudio se presentó que entre la primera y segunda cosecha el tiempo fue de 13 semanas (94 días) y entre la segunda y tercera cosecha fue de 14 semanas (102 días). Esta reducción en el tiempo entre cosechas con relación a lo reportado en literatura, podría entonces estar relacionada con la convergencia de diferentes factores ambientales como son la temperatura, radiación, tipo de suelo o sustrato y ambiente de cultivo. Sin embargo, es de resaltar que estos tiempos de cosecha se establecieron con base en los resultados del seguimiento semanal de la longitud de una muestra de tallos marcados, adoptando como momento de cosecha aquel en el que el 90% de éstos presentaran una longitud mayor o igual a los 15 cm.

Acerca de los cultivares

De acuerdo a los resultados obtenidos, los cultivares Crespo e Israelí tuvieron un comportamiento similar en cuanto a la producción total de tallos expresada como biomasa fresca, así como la cantidad de tallos tipo Exportación. Se encontraron diferencias para las variables de peso seco y cantidad de tallos de calidad Extra, destacándose el cultivar Israelí.

Estos resultados se pueden relacionar con las diferencias en el hábito de crecimiento propio de cada cultivar. El Israelí se caracteriza por presentar un crecimiento erecto, con tallos más largos por sus entrenudos más separados y con tendencia a ser más herbáceos ya que no se lignifican

tan rápido, mientras que los tallos del Crespo tienden a volverse más precozmente semileñosos, con entrenudos cortos, la planta es más ramificada y de hábito más rastrero.

Es así que, una mayor producción de tallos con longitud superior a 20 cm, obtenida en el Israelí, podría representar una ventaja para este cultivar a nivel comercial, al tener en cuenta que los tallos cosechados son seleccionados por su longitud y que cumplan con características como ser herbáceos, turgentes y sin daños causados por plagas o enfermedades. Así mismo, la mayor acumulación de peso seco en el Israelí en invernadero, generaría ciertas ventajas sobre la vida útil del material vegetal cosechado en poscosecha.

Respecto a la mayor acumulación de peso seco en el ambiente de invernadero frente a campo abierto, se deben tener en cuenta las diferencias que generan los ambientes de cultivo sobre los cultivares. Dentro de los factores que tiene efecto sobre el crecimiento de las plantas se podría destacar la temperatura, influyendo sobre la velocidad de la fotosíntesis y de los procesos enzimáticos de la planta (Fernández y Jhonston, 2006). Según Taiz y Zeiger (2010), la tasa fotosintética de las plantas es menor cuando están sometidas a altas temperaturas, así como a temperaturas muy bajas, fuera del óptimo para la especie. González - Michel (2013), indica que la temperatura óptima de desarrollo del romero está en el rango entre 19°C y 25 °C, pero sugiere que la planta puede presentar un mejor desarrollo a temperaturas inferiores. En este caso, la temperatura media para el ambiente bajo invernadero durante el desarrollo de la investigación fue de 16,4 °C y de 13,4 °C en campo abierto, la relación entre la temperatura y transpiración de la planta pudieron influenciar la velocidad de crecimiento en el ambiente de invernadero generando así que la capacidad fotosintética de la planta aumentará permitiendo una mayor acumulación de fotoasimilados en las hojas, lo cual se encontró reflejado al momento de la obtención de la biomasa seca.

La temperatura es un factor determinante sobre la producción de un cultivo, ya que de acuerdo a esta se regulan los procesos fisiológicos en la planta (Taiz y Zeiger, 2010). El valor de la temperatura promedio durante la primera cosecha fue de 13,3 °C en el ambiente de cultivo en campo abierto y 16,4 °C en el ambiente bajo invernadero teniendo en cuenta que estos valores fueron calculados como el promedio diario considerando las fluctuaciones entre las temperaturas máximas y mínimas en cada ambiente bajo las cuales se obtuvo el mejor rendimiento para las variables

evaluadas. Aunque de acuerdo a la temperatura que se presentó en ambos ambientes, esta se encuentra por debajo del rango óptimo para la planta según lo reportado por González - Michel (2013), se sugiere que la mayor temperatura que se presentó en el invernadero pudo estimular un mayor crecimiento del romero, especialmente del Israelí, lo cual se reflejó en un mayor peso seco del material cosechado. Por su parte, para el Crespo no se observó mayor estímulo en el crecimiento de las plantas en función de las temperaturas que se presentaron en cada ambiente.

El suelo es un factor que tiene un efecto destacado sobre el desarrollo de las plantas en condiciones de cultivo intensivo, el romero tiene la capacidad de adaptarse a diferentes tipos de suelos siempre y cuando se garantice que haya un alto porcentaje de drenaje con una profundidad efectiva de 20 cm para el desarrollo radicular de la planta (Ángel, 2000), el suelo usado para cada ambiente presentó diferencias en cuanto a su composición y su caracterización, para los dos ambientes se garantizó la profundidad mínima efectiva para el correcto desarrollo de las plantas.

De acuerdo a la composición del suelo en el ambiente de campo abierto se caracterizó como un suelo de tipo franco arcilloso (F Ar), con un pH de 6,5, una porosidad del 50% y un 23,3 % de materia orgánica, González-Michel (2013), reporta que el romero por ser una planta rustica no es exigente en cuanto a la calidad del suelo, la cual se puede desarrollar de forma óptima en suelos ligeros y permeables de tipo franco-arcilloso, AFF (2012) indica que el suelo para el cultivo del romero, no debe exceder el 30 % de arcilla, lo cual dificultaría el correcto drenaje del sustrato presentando alta retención de agua, el valor presentado para el suelo fue del 34% de arcilla lo cual indica que es superior al nivel máximo permitido por la planta sin embargo esto no representó inconveniente en cuanto al manejo del riego, las demás características del suelo se ajustaron a lo reportado por la bibliografía lo que permitió el correcto desarrollo de las plantas de romero durante toda la etapa de cultivo.

Las características presentadas por el suelo en el ambiente de invernadero difiere en cuanto a las del suelo del ambiente de campo abierto, teniendo en cuenta que se elaboró un sustrato ubicado en camas contenidas para el establecimiento del cultivo, de acuerdo con el análisis de suelo este se caracterizó como franco arcillo arenoso (FA Ar), con un pH de 6,2, una porosidad del 70%, presencia de materia orgánica del 11,78%, contrastado con las características del suelo recomendadas por Sánchez (2005) donde indica que el romero tiene un óptimo desarrollo en suelos de tipo ligero, con alto drenaje, humedad baja y un rango ideal del pH entre 6.0 a 7.5, Bareño (2006) sugiere que el suelo para el cultivo del romero debe tener una buen drenaje para evitar la retención excesiva de agua en el suelo,

esto se ajusta al valor de porosidad del 70% encontradas, lo cual se ajusta a las condiciones del sustrato empleado en el ambiente de invernadero.

En cuanto a la fertilización suministrada a las plantas durante el desarrollo del cultivo se suministró de acuerdo a las indicaciones reportadas en la literatura (Castro *et al.*, 2013; González – Michel, 2013), según Boyle *et al.*, 1991, el romero no tiene una buena respuesta a los altos niveles de fertilizante, de acuerdo a esto el manejo de la fertilización de forma controlada aplicando una solución nutritiva de Hoagland y Arnon N°2, para los dos ambientes evaluados en la investigación, no se evidenciaron síntomas reportados en literatura por deficiencia o presencia excesiva de algún elemento.

La humedad relativa es un factor importante el cual tiene influencia sobre el desarrollo y rendimiento de un cultivo, cuando la humedad relativa es alta en el ambiente está hace que se reduzca la capacidad de transpiración de las plantas lo cual disminuye su tasa fotosintética y la capacidad de absorción de nutrientes (Huertas, 2008), en la literatura Castro *et al.*, (2013) indican que la humedad relativa óptima para el cultivo del romero están en un rango entre 60% a 80%, de acuerdo a esto se encontró que el ambiente de cultivo bajo invernadero presentó una humedad relativa media de 73%, mientras que en el ambiente de cultivo en campo abierto fue del 82%, los valores de humedad relativa encontrados en los dos ambientes están dentro del rango óptimo para el desarrollo de la especie bajo los cuales hubo un buen desarrollo y rendimiento del cultivo.

La cantidad de biomasa acumulada en la planta depende varios factores como temperatura, cantidad de luz y espaciamiento entre plantas. Widders y Prince (1989), encontraron que al aumentar la densidad de siembra entre plantas se reducía la cantidad de biomasa seca almacenada por la planta, lo que se encuentra influenciado por la cantidad de luz interceptada por cada planta (Bakker *et al.*, 1995), esto hace que haya una disminución en la fotosíntesis efectiva para la elaboración de fotoasimilados y su acumulación bajo una condición de espaciamiento reducido. Los resultados presentados en este estudio en cuanto a la obtención de biomasa seca se pueden comparar con lo citado en la literatura, debido a que el mayor rendimiento de biomasa seca se obtuvo bajo la densidad de siembra más alta independiente del material de romero y el ambiente evaluado.

6. CONCLUSIONES

- El mejor rendimiento del cultivo por unidad de área, expresado como biomasa fresca, biomasa seca y la calidad de tallos: tipo Exportación y Extra, se obtuvo bajo la densidad de siembra más alta correspondiente a 30 cm x 30 cm de distanciamiento entre plantas, independiente del ambiente de cultivo y el cultivar de romero evaluado.
- Con respecto a los momentos de cosecha, se destacó la primera por el mayor rendimiento que se obtuvo para todas las variables evaluadas bajo las condiciones brindadas por los dos ambientes de cultivo y los dos materiales de siembra evaluados.
- El comportamiento de los cultivares bajo el ambiente de cultivo bajo invernadero presentó un rendimiento similar para las variables de biomasa fresca, biomasa seca y las dos calidades de tallos Exportación y Extra.
- El comportamiento de los cultivares en el ambiente a campo abierto se destacó por presentar diferencias en cuanto a la producción para el cultivar Israelí destacando que hubo un mayor rendimiento para las variables de peso seco y obtención de tallos calidad tipo Extra, bajo las condiciones suministradas por este ambiente.

7. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados encontrados en cuanto a la obtención de un mayor rendimiento bajó la densidad de siembra de 30 cm X 30 cm, se podría realizar la evaluación empleando la misma densidad de siembra y algunas de mayor densidad con el fin de probar hasta que espaciamiento se puede potenciar el rendimiento del cultivo de romero.

Probar otras formas de espaciamiento para el tipo de plantación, ya que en esta investigación se usó el tipo al tres bolillo, pero podrían evaluarse otros como tipo marco real, calles o cinco de oros, lo que puede generar algún efecto sobre el rendimiento del cultivo de acuerdo a la distribución espacial de las plantas en un área.

Es aconsejable hacer un análisis económico, considerando los costos y los beneficios, del establecimiento y mantenimiento del cultivo de romero bajo las condiciones de cultivo y densidades de siembra y los rendimientos obtenidos, considerando además las diferentes formas de aprovechamiento comercial.

8. BIBLIOGRAFIA

1. Agriculture Forestry & Fisheries (AFF). 2012. Rosemary Production. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries. Republic of South Africa. 20p.
2. Alonso, F. 1999. Hierbas sanas y aromáticas. Editorial Ágata. Madrid. 95 p
3. Alonso, J. 2004. Tratado de Fitofármacos y Nutraceuticos, 2a. Editorial Corpus, Buenos Aires, Argentina.
4. Aphalo, P. Ballaré C. 1995. On the importance of information-acquiring systems in plant-plant interactions. Functional Ecology.
5. Álvarez, J. Balaguer, H. Chacón, E. 2010. Efecto de la aplicación de diversas láminas y frecuencias de riego en la propagación del romero (*Rosmarinus officinalis* L.). Ingeniería e Investigación Universidad Nacional de Colombia 30(1). Bogotá, Colombia. 86-90 p.
6. Álvarez- Herrera J. Rodríguez S. Chacón E. 2007. Efecto de diferentes tamaños de esqueje y sustratos en la propagación del romero (*Rosmarinus officinalis* L.). Facultad de ciencias Agropecuarias. Universidad pedagógica y tecnológica de Tunja. Agronomía Colombiana Vol. 26. Bogotá, Colombia.
7. Armitage, A. 1997. Herbaceous perennial plants. 2nd ed. Stipes. Champagne, IL. 1141 p. En: Bonilla C. Martínez F. 2010. Romero (*Rosmarinus officinalis* L), Producción y manejo postcosecha. Corredor Tecnológico Agroindustrial, cámara de comercio de Bogotá. Bogotá, Colombia.
8. Arvy M., F. Gallouin. 2007. Especies, aromatizantes y condimentos. Ediciones Mudi-Prensa. Barcelona, España.
9. Angel E. 2000. Agrotecnología para el cultivo de romero (*Rosmarinus officinalis* L). En: Bonilla C. Martínez F. 2010. Romero (*Rosmarinus officinalis* L), producción y manejo poscosecha.

10. Alarcón J. 2011. Plantas aromáticas y medicinales enfermedades de importancia y sus usos terapéuticos. Sanidad Vegetal, Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. Bogotá, Colombia. 48 p.
11. Assured produce. 2008. Crop specific protocol - Herbs (Culinary. Food standars. United Kingdom (UK). 42 p.
12. Avila, R. Navarro, A. Vera, O. Davila, R. Melgoza, N. Meza R. 2011. Romero (*Rosmarinus officinalis L.*): Una revisión de sus usos no culinarios. Ciencia y Mar. Facultad de ciencias químicas, Benemerita Universidad Autónoma de Puebla. Mexico. XV (43): 23-36 p.
13. Baloch, A. Soomro, A. Javed, M. Ahmed, M. Bughio, H. Bughio, M. Mastoi, N. 2002 .Optimum Plant Density for High Yield in Rice (*Oryza sativa L.*) Nuclear Institute of Agriculture, Tandojam, Sindh, Pakistan. Asian Journal of Plant Sciences. Volume 1 Number 1. 25-27 p.
14. Bandoni, A. 2002. Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica, su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores. Red de Editoriales Universitarias. La Plata, Argentina. 164 p.
15. Bakker, J. Bot, G. Challa, H. Van de Braak, N. 1995. Greenhouse climate control: an integrated approach. Wageningen: Wageningen Pers. 278 p.
16. Bareño P. 2003. El cultivo del romero (*Rosmarinus officinalis L.*). Curso de extensión, facultad de Agronomía. Universidad nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
17. Bareño P. 2006. Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Proyecto hierbas aromáticas, facultad de Agronomía. Universidad nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
18. Begum, A., Sandhya S., Shaffath, S., Ravindran, K., Reddy, S., Banji, D. 2013. An in-depth review on the medicinal flora *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae). Acta Scientiarum Polonorum. 12(1):61-73 p

19. Bernal A. 2014. Evaluación del enraizamiento de esquejes de dos cultivares de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) Crespo e Israeli. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Militar Nueva Granada. 119 p.
20. Biocomercio Sostenible. 2003. Estudio del mercado nacional de aceites esenciales. Instituto de investigación de recursos Biológicos Alexander Von Humbolt. Bogotá, Colombia.
21. Bonilla C. Martínez F. 2010. Romero (*Rosmarinus officinalis* L.), Producción y manejo postcosecha. Corredor Tecnológico Agroindustrial, cámara de comercio de Bogotá. Bogotá, Colombia.
22. Boyle T. Cracker L. Simon J. 1991. Growing medium and fertilization regime influence growth and essential oil content of rosemary. *HortScience* 26 pp. 33-34.
23. Blanco Y. Leyva A. 2007. Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. *Cultivos Tropicales*, vol. 28, núm. 2, 2007. Cuba. 21-28 p.
24. Camelo, A. 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado, capítulo 1, cosecha organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Argentina. 179 p.
25. Cardona J. Barrientos J. 2011. Producción, uso y comercialización de especies aromáticas en la región del Sumapaz, Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia Sede: Palmira Valle. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, Vol 5. pp. 114 – 129.
26. Carvalho, C. Colombo, A. Scalco M. Ramalho, A. 2006. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n. 2. 243-250 p.
27. Castro D. Díaz J. Betancur R. Martínez M. Urrea P. Muñoz K. Osorio E. 2013. Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales, 2da

edición. Universidad católica de Oriente. Rionegro - Antioquia, Colombia.

28. Cepeda, L. Ospina, J. Silva, C. 2007. Plan de negocio, cultivo de hierbas aromáticas. Universidad de la Sabana, especialización en gerencia comercial. 153 p.
29. Cisneros R. 2003. Riego y drenaje. Centro de investigación y estudios de posgrado y área agrogeodésica. Universidad autónoma de San Luis Potosí. México. 152 p.
30. 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, departamento nacional de Planeación. Colombia.
31. Corporación Colombia Internacional (CCI). 2006. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Plan Hortícola Nacional - PHN. Colombia.
32. Cortes, I. 2013. Evaluación del uso de fertilizantes orgánicos sobre la productividad del romero (*Rosmarinus officinalis*) en los municipios de Cogua, Zipaquirá y Cajicá (Cundinamarca, Colombia). Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Militar Nueva Granada. 126 p.
33. Cortés, M. Pérez M. 2014. Informe técnico final Proyecto "Efecto de la densidad de siembra y el ambiente de cultivo sobre la productividad, la cantidad y calidad de aceites esenciales en materiales de romero (*Rosmarinus officinalis* L.)". Cofinanciado por Colciencias y la UMNG. Código: CIAS 913 – 112352128892
34. Correa, C. Ming, L. Scheffer, M. 1991. Cultivo de plantas medicinales, condimentares e aromáticas. Curitiba, Brasil. En: Marinho J. 2010 Uma revisão sobre suas possíveis ações analgésicas e inflamatórias. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. Brasil. 37p.

35. Curioni, A. Arizio, O. 2006. Plantas aromáticas y medicinales labiadas. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. 208 p.
36. Cubides M. 2008. Diagnostico nutricional en romero (*Rosmarinus officinalis* L) y tomillo (*Thymus vulgaris*. L) a partir del análisis foliar. Tesis de pregrado, facultad de agronomía. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. 37 p.
37. Charles D. 2013. Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources. Springer, Chapter 48 Rosemary. New York, USA. 589 p.
38. De Mastro G. Ruta C. Mincione A. Poiana M. 2004. Bio-morphological and chemical characterization of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Biotypes. Acta Horticulturae. XXVI International Horticultural Congress- IHC, the Future for Medicinal and Aromatic Plants. Reggio Calabria, Italy.
39. Díaz J. 2003. Informe técnico – Caracterización del mercado Colombiano de plantas medicinales y aromáticas. Instituto Alexander von Humboldt & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial (MADR) Bogotá, Colombia.
40. Duque, A. 2010. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt- Encuesta nacional de plantas medicinales y aromáticas una aproximación al mercado de las PMyA en Colombia. Biocomercio sostenible. Bogotá, Colombia. 26 p
41. Falzari, L.M., R.C. Menary, and V.A. Dragar. 2006. Optimum stand density for maximum essential oil yield in commercial fennel crops. HortScience. 41:646–650
42. Fernández, G. Johnston, M. 2006. Fisiología vegetal, crecimiento y temperatura, capítulo 10. Ediciones universidad de la Serena. Chile. 28 p.
43. Ferreira, V. Almeida, L. Feijo, E. Silva, D. Oliveira, R. Mielke, M. Costa, L. 2013. Light intensity on growth, leaf micromorphology and essential oil production of *Ocimum gratissimum*. Revista brasileira de

farmacognosia, brazilian journal pharmacognosy. Vol 23 (3). 419 – 424 p.

44. Fretes F. Mendoza C. 2010. Plantas medicinales y aromáticas, una alternativa de producción comercial. Agencia de Gobierno de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. (USAID) Asunción, Paraguay. 60 p.
45. Fonnegra R. 2003. Plantas colombianas potencialmente medicinales y aromáticas. Documentos Ocasionales. Herbario Universidad de Antioquia. Medellín (Antioquia), Colombia.
46. Fonnegra R. Jiménez S. 2007. Plantas medicinales aprobadas en Colombia 2da edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
47. Fuentes V. Granda M. Lesmes C. Rodríguez C. 2000. Estudios fenológicos de plantas medicinales. Revista de Cubana Vol. 5. La Habana, Cuba.
48. Gómez, G. Duran, C. Martínez, J. Olivero J. Comparación de la composición química y de la actividad biológica de los aceites esenciales de *lippia alba* (mill.) n.e.br., obtenidos variando las condiciones de extracción y secado. Vol 1 (33). 227 – 230 p.
49. Garcés E. Orozco M. Bautista G. Valencia H. 2001. *Fusarium oxysporum*, el hongo que nos falta conocer. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Acta Biológica Colombiana, Vol. 6 No. 1. 20 p.
50. Gil Albert, F. 2001. Las podas de las especies arbóreas ornamentales. Editorial mundi prensa. Madrid, España. 167 p.
51. Glasby, J. 1991. Dictionary of Plants Containing Secondary Metabolites. Taylor & Francis. Londres, UK. 488 p.

52. González-Michel A. 2013. Guía técnica del cultivo de romero (*Rosmarinus officinalis* L). Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. 72 p.
53. Hartmann, H. Kester, D. Davies, F. Geneve, R. 2002. Plant propagation: Principles and practices. Seventh Edition, Prentice Hall International, Inc., London.
54. Hogervorst R. Willem J .2010. Fortalecimiento de la capacidad comercial hacia países EFTA: inteligencia de mercados para Colombia – Ingredientes Naturales .El sector de los ingredientes naturales en Colombia. Proexport. Bogotá, Colombia. p 106.
55. Huertas, L. 2008. El control ambiental en invernaderos: humedad relativa. Industria hortícola, tecnología de producción. 52-54 p.
56. Kittas, C. Baille, A. 1998. Determination of the Spectral Properties of Several Greenhouse Cover Materials and Evaluation of Specific Parameters Related to Plant Response. University of Thessaly, School of Agriculture, Crop and Animal Production. *Agric. Engng Res.* 71. France. 193-202 p.
57. Khorshidi, J. Tabatabaei, M. Omidbaigi, R. Sefidkon F. 2009. Effect of Densities of Planting on Yield and Essential Oil Components of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill Var. *Soroksary*). *Journal of Agricultural Science* Vol 1 N° 1. 6 p.
58. Klopmeier, M. Wilson, M. Whealy, A. 2003. Propagating vegetative crops. p. En: Hamrick, D. 2003. Ball Redbook, crop protection, vol. 2. 17th Edition. Ball Publishing. EEUU
59. Jaramillo J. Sánchez G. Rodríguez P. Aguilar P. Gil L. Hío J. Pinzón L. García M. Quevedo D. Zapata M. Restrepo J. Guzmán M. 2013. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá: Corpoica. 482 p
60. Lagos – López M. 2007. Estudio etnobotánico de especies vegetales con propiedades medicinales en seis municipios de Boyacá. Grupo de investigación herbario UPTC, escuela de ciencias Básicas. Universidad pedagógica y tecnológica de Tunja. Boyacá, Colombia.

61. León, S. 2004. Efectos del manejo del pinch en la producción de gypsophila (*Gypsophila paniculata* L.), variedad perfecta con siembra invernada y sin invernada, bajo cubierta en Quiroga - provincia de Imbabura. Tesis de pregrado ingeniería agropecuaria, escuela de ciencias agrícolas y ambientales ECAA. Ibarra, Ecuador.
62. López, J. 2000. Manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Proyecto fortalecimiento y capacitación técnico empresarial para cuatro microempresas agroindustriales del municipio de granada. 84 p.
63. López L. Mejía D. Gómez J. Albarracín C. 2009. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines con énfasis en ingredientes naturales para la industria cosmética en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Proyecto Transición de la Agricultura, Instituto Humboldt. Bogotá, Colombia.
64. Macías -Sámano, J. 2008. Manual de podas para árboles, Con énfasis en el uso de podas para el control del barrenador *Hypsipyla grandella*, plaga del cedro y la caoba . Ecosur. Mexico. 26 p
65. Marchiori, V. 2004. Monografía de conclusao do curso on line Fitomedicina. Fundacao Herbaroum Associacao Argentina de fitomedicina. 35 p
66. Martínez, J. 2009. Proyecto de hortalizas. Acolchado en Hortalizas, capítulo 8. Facultad de agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León – UANL. México. 14 p.
67. Mesa, P. 2013. Efecto de la aplicación de diferentes láminas de riego en el crecimiento de dos materiales de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) cultivados en sustrato bajo invernadero. PIC. Universidad Militar Nueva Granada. 33 p.
68. Moré E. Fanlo, M. Melero, R. Cristobal, R. 2010. Área de Productos Secundarios del Bosque, Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Fondo social Europeo, INTRADER. España. 261 p.

69. Muñoz F. 2002. Plantas medicinales y Aromáticas, estudio de cultivo y procesado. Editorial Aedos, s.a. Artes Gráficas Cuesta. Madrid, España.
70. Munnu S. 2004. Effect of plant spacing, fertilizer, modified urea material and irrigation regime on herbage, oil yield quality of Rosemary in semi-arid tropical conditions. Journal of horticultural science & Biotechnology. Vol 79 (3).
71. Mulas M., G. Mulas 2005. Cultivar Selection from Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Spontaneous Populations in the Mediterranean Area. ISHS, Acta Horticultura 2 :127-133 p.
72. Nahgdi, H. Yazdani, D. Mohammad, Ali. Nazari, F. 2004. Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. Industrial Crops and Products, volume 19, Issue 3. 231–236 p.
73. Nogues, S. Munne-Bosch, S. Casadesus, J. Lopez-Carbonell, M. Alegre, L. 2001 Daily time course of whole-shoot gas exchange rates in two drought exposed Mediterranean shrubs. Tree Physiol, Vol. 21, No. 1. pp. 51-58.
74. Nope C. Rodríguez L. Melo M. 2008. Plan estratégico de mercadeo para el fomento de la producción de plantas medicinales y aromáticas de Asoplanes (Nuevo Colón, Boyacá). Colombia Agronomía Colombiana. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Agronomía. Bogotá, Colombia. 155 – 164 p.
75. Ortuño M. 2006. Manual práctico de Aceites esenciales, aromas y perfumes. Ediciones Aiyana. España.
76. Parreira, S. Ferreira G. Pereira, D. Moreira, F. Guimarães R. 2011. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília v. 46, n. 2. 152-160 p.
77. Pedraza R. Henao M. 2008. Composición del tejido vegetal y su relación con variables de crecimiento y niveles de nutrientes en el

suelo en cultivos comerciales de menta (*Mentha spicata* L.). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Agronomía Colombiana Vol. 26. Bogotá, Colombia.

78. Peter, L. Ore I. Gonzales, A. Llapapasca C. 2001. Estudio de plantas medicinales en la amazonía peruana: una evaluación de ocho métodos etnobotánicos. *Folia Amazonica*, Vol 2 (1-2). 53-73 p.
79. Piloso C. Ormeño M. 2013. Análisis para la creación de una microempresa comercializadora de hierbabuena y albahaca de los pequeños productores en el recinto el deseo del canton Yaguachi año 2012. Universidad estatal de milagro unidad académica de ciencias administrativas y comerciales – UMEMI. Milagro, Ecuador. 116 p.
80. Portilla V. 2007. Entorno de la cadena productiva de las plantas aromáticas, medicinales y condimentarias en Colombia. En: *Perspectivas del agronegocio de hierbas aromáticas, culinarias y medicinales. Proyecto Hierbas Aromáticas.* Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
81. Proexport 2012. Memorias “Normas, logística y oportunidades para productos perecederos” – Inocuidad un elemento de análisis. Bogotá, Colombia. 31 p.
82. Quiroz J. Mestanza V. 2012. La poda de cacao, estación experimental litoral del sur, programa nacional del cacao. Boletín técnico No 378. Ministerio de agricultura, ganadería, acuacultura y pesca. Ecuador, INIAP. 12 p.
83. Ramírez, H. Caetano, C. Rodríguez, H. González, R. 2006. Recursos genéticos de plantas de uso medicinal y afines, actualidad y prospectiva II segundo congreso internacional de plantas medicinales y aromáticas. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Colombia. 23 p.
84. Rivera, A. 2001. Plan de acción para la conservación, uso y comercio sostenible de plantas medicinales en Colombia. Memorias Primer Congreso Internacional de Plantas Medicinales y Aromáticas. Cali, Colombia.

85. Robredo, P. Quiroga, M. Echazú, R. 2003. Análisis comparativo de soluciones nutritivas en cultivos hidropónicos en invernadero, INENCO. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina. 6 p.
86. Roselló, J. Cosin, R. Boscaiu, M. Vicente, O. Martínez, I. Soriano, P. 2006. Intragenomic diversity and phylogenetic systematics of wild rosemaries (*Rosmarinus officinalis* L. s.l., Lamiaceae) assessed by nuclear ribosomal DNA sequences (ITS). *Plant Systematics and Evolution* . 262:1- 12 p.
87. Rosua, J. 1981. El complejo *Rosmarinus eriocalyx – tomentosus* en la península Iberica. Departamento de botánica, Facultad de ciencias. Actas III congreso. OPTIMA. *Anales Jard. Bot.* Madrid, España. 587 – 595 p.
88. Rosua, J. 1986. Contribución al estudio del genero *Rosmarinus* L. en el mediterraneo occidental. Departamento de botánica, Facultad de ciencias. *Lagascalía* 14 (2). Granada, España. 179 -187p.
89. Ruiz, F. Marrero, P. Cruz de la Paz O. Murillo, B. García, J. 2008. Influencia de los factores agroclimáticos en la productividad de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en una zona árida de baja california Sur de México. *Revista de ciencias técnicas agropecuarias* Vol. 17. Universidad Agraria de la Habana. La Habana, Cuba.
90. Salazar, L. Hincapié E. 2007 Sistemas de producción de café en Colombia, cenicafé. Capítulo 5, las arvenses y su manejo en los cafetales. Chinchiná, Colombia. 309 p.
91. Sánchez, B. Fernández T. Navarro, A. Bañon, S. Alarcón, J. 2004. Effects of irrigation and air humidity preconditioning on water relations, growth and survival of *Rosmarinus officinalis* plants during and after transplanting. *J. Plant Physiol.* 161(10).1133-1142 p
92. Sánchez F. 2005. Orégano & Romero - Cultivo, Calidad, Tecnología y mejoramiento. Proyecto FDI AT-11. Fundación Chile, CORFO. Santiago de Chile, Chile.
93. Santos B. Obregón-Olivas H. Salamé-Donoso T. 2010. Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos: Estructuras para la Agricultura

Protegida. Departamento de Horticultural Sciences, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas. Universidad de la Florida. Florida, EEUU. 1 - 4 p.

94. Sasikumar B. 2004. Rosemary, Handbook of herbs and spices. Woodhead Publishing, Vol. 2 London, Inglaterra.
95. Simental, J. Orozco I. 1999. Characterization of the rosemary extract (*Rosmarinus officinalis* L.) obtained with supercritical CO₂, starting with the theoretically staged determination of the extraction. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47(2). 103-113 p
96. Soto R., G. Vega, A. Tamajón. 2003. Efecto de diferentes densidades de plantación en *Cymbopogon citratus* Stapf Rev Cubana Plant Med Vol.2. La Habana, Cuba.
97. Taiz L. y Zeiger E. 2010. Fisiología Vegetal .Universitat Jaume I. 1338 p.
98. Vázquez, E. Torres S. 1991. Fisiología Vegetal. La Habana: Editorial Pueblo y Educación; 453 p. En: Soto R. Vega G. Tamajon A. 2003. Efecto de diferentes densidades de plantación en *Cymbopogon citratus* Stapf. Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos. Guatemala. 8 p.
99. Vargas, F. 2005. Caracterización física y fisiológica poscosecha de dos hierbas aromáticas frescas: tomillo (*Thymus vulgaris* L) y romero (*Rosmarinus officinalis* L) a tres temperaturas y dos condiciones de almacenamiento. Tesis de pregrado, facultad de agronomía. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. 85 p.
100. Westerbelt P. 2003. Greenhouse production of *Rosmarinus officinalis* L. Thesis. Faculty of the Virginia polytechnic institute and state University. Blacksburg, Virginia.
101. Widders, J. Price H. 1989. Effects of plant density on growth and biomass partitioning in pickling cucumbers. Journal of american society for horticultural science Vol 114. 751-755 p.

102. Xue, L. Hagihara, A. 2008 Density effects on organs in self-thinning *Pinus densiflora* Sieb. Et Zucc. stands. Ecological Research, Vol.23. 689-695 p.
103. Zamski, E. Schaffer, A. 1996. Photoassimilate distribution plants and crops Source-Sink Relationships, chapter 13: source-sink interaction and communication leaves. -New York, EEUU. 311 - 341 p.

Infografía

1. Soler, J. 2012. Las especias y condimentos, Romero. En: La Gastronomía de José Soler, [http://www.gastrosoler.com/pagina_nueva_155.htm]; accedido: 19 de Abril de 2014.

9. ANEXOS

Anexo 1 Formulación de fertilizantes para la preparación de Solución de Hoagland y Arnon #2.

Compuesto	Formula	Concentración (g/L)
Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,020
Nitrato de Potasio	KNO_3	0,492
Fosfato diacido de Amonio	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0,230
Sulfato de magnesio heptahidratado	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,490

Tomado de Robredo *et al.*, 2003.

Anexo 2. Solución de Hoagland y Arnon #2, Iones.

Ión	Formula	Concentracion (mg/L)
Nitrato	NO_3	998
Fosfato Diacido	PO_4H_2	194
Sulfato	SO_4	191
Potasio	K^+	394
Calcio	Ca^{2+}	120
Magnesio	Mg^{2+}	48
Amonio	NH_4	36

Tomado de Robredo *et al.*, 2003.

Anexo 3. Compuestos para la preparación de la solución Hoagland y Arnon #2.

Compuesto	mg/planta
Nitrato de calcio	922
Nitrato de potasio	435
Fosfato monoamónico	75

Tomado de Robredo *et al.*, 2003.

Anexo 4. Salidas prueba estadística.

4.1 Peso fresco (g/m²) en Invernadero.

```
1> #####EFECTO DE PESO FRESCO EN GRAMOS M2#####
1>
1> ANOPFRESGM2<-aov(PFRESGM2~BLOQUE+VAR*DENS*CORTE+Error(VAR:DENS:BLOQUE+CORTE:BLOQUE),data=AMB1)

1> summary(ANOPFRESGM2)

Error: BLOQUE:CORTE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
BLOQUE  3  34943   11648   0.802 0.536865
CORTE   2 1152260   576130  39.645 0.000348 ***
Residuals 6   87193    14532
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: VAR:DENS:BLOQUE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR     1   6818     6818   0.622  0.442
DENS    2 1235794   617897  56.410 1.05e-07 ***
VAR:DENS 2   3737     1868   0.171  0.845
Residuals 15 164305    10954
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: Within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR:CORTE  2 107994   53997  10.726 0.000306 ***
DENS:CORTE  4 311009   77752  15.444 5.77e-07 ***
VAR:DENS:CORTE  4  56026   14007   2.782 0.044533 *
Residuals  30 151031    5034
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
1> TKDENS<-HSD.test(PFRESGM2,CORTE,DFerror=dferrBC,MSerror=MSerrBC)
```

Study:

HSD Test for PFRESGM2

Mean Square Error: 14532.23

CORTE, means

	PFRESGM2	std.err	r	Min.	Max.
1	593.1317	48.94199	24	223.03	958.79
2	335.7887	24.47997	24	144.46	632.73
3	314.9704	30.27168	24	130.91	667.88

alpha: 0.05 ; Df Error: 6

Critical Value of Studentized Range: 4.339195

Honestly Significant Difference: 106.775

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	1	593.1
b	2	335.8
b	3	315

TUKEY cosechas -PF INV

```
alpha: 0.05 ; Df Error: 15
```

```
Critical Value of Studentized Range: 3.673378
```

```
Honestly Significant Difference: 78.47652
```

```
Means with the same letter are not significantly different.
```

```
Groups, Treatments and means
```

a	30	570.3
b	40	423.7
c	60	249.8

Tukey densidad de siembra - PF INV

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	2:1	652.5
b	1:1	533.7
c	1:3	350.1
c	2:2	340.7
c	1:2	330.9
c	2:3	279.9

Tukey interacción entre cultivar y momento de cosecha- PF INV

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30:1	811.5
b	40:1	655.6
c	30:3	492.4
cd	30:2	407.1
de	40:2	348.9
de	60:1	312.3
ef	40:3	266.6
ef	60:2	251.3
f	60:3	185.9

Tukey interacción entre densidad y momento de cosecha- PF INV

4.2 Peso fresco (g/m²) en Campo.

```

1> #####EFECTO DE PESO FRESCO EN GRAMOS M2#####
1>
1> ANOPFRESGM2<-aov(PFRESGM2~BLOQUE+VAR*DENS*CORTE+Error(VAR:DENS:BLOQUE+CORTE:BLOQUE),data=AMB1)

1> summary(ANOPFRESGM2)

Error: BLOQUE:CORTE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
BLOQUE  3 167512  55837  6.662  0.0245 *
CORTE   2 1037468 518734 61.890 9.88e-05 ***
Residuals 6  50289   8382
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: VAR:DENS:BLOQUE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR     1  24193  24193  2.917  0.108
DENS    2 1722369 861184 103.851 1.63e-09 ***
VAR:DENS 2  28886  14443  1.742  0.209
Residuals 15 124388   8293
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: Within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR:CORTE  2 232584 116292 17.087 1.11e-05 ***
DENS:CORTE  4 337444  84361 12.395 4.56e-06 ***
VAR:DENS:CORTE  4  50141  12535  1.842  0.147
Residuals  30 204173   6806
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	1	619.2
b	3	448.9
c	2	326.5

Tukey momento de cosecha - PF CA.

Groups, Treatments and means

a	30	664.9
b	40	441.7
c	60	288.1

Tukey densidad de siembra - PF CA.

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	2:1	667.8
ab	1:1	570.7
b	1:3	539.3
c	2:3	358.5
c	1:2	339.6
c	2:2	313.4

Tukey interacción entre cultivar y momento de corte - PF CA.

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30:1	859.4
ab	30:3	734.9
b	40:1	615.3
c	30:2	400.2
cd	60:1	383
cde	40:3	358.1
cde	40:2	351.6
de	60:3	253.7
e	60:2	227.7

Tukey interacción entre densidad de siembra y momento de corte - PF CA.

4.3 Peso Seco (g/m²) en Invernadero.

```

1> #####EFECTO DE PESO SECO EN GRAMOS M2#####
1>
1> ANOPSECOGM2<-aov(PSECOGM2~BLOQUE+VAR*DENS*CORTE+Error(VAR:DENS:BLOQUE+CORTE:BLOQUE),data=AMB1)

1> summary(ANOPSECOGM2)

Error: BLOQUE:CORTE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
BLOQUE  3  145.1   48.4    2.305 0.176626
CORTE   2 1630.3   815.1   38.863 0.000368 ***
Residuals 6  125.8    21.0
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: VAR:DENS:BLOQUE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR     1    1.7     1.7    0.050  0.827
DENS    2 1235.2   617.6   18.330 9.38e-05 ***
VAR:DENS 2   25.8    12.9    0.383  0.688
Residuals 15  505.4    33.7
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: Within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR:CORTE  2  183.8   91.92   8.658 0.001076 **
DENS:CORTE  4  271.9   67.98   6.403 0.000754 ***
VAR:DENS:CORTE  4   66.4   16.61   1.565 0.209244
Residuals  30  318.5   10.62
---

```

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	1	151.9
b	2	91.62
b	3	82.81

Tukey momentos de cosecha - PS INV

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30	150
b	40	111.4
c	60	64.85

Tukey densidad de siembra - PS INV

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	2:1	166.6
b	1:1	137.1
c	2:2	93.31
c	1:3	91.99
c	1:2	89.93
c	2:3	73.63

Tukey interacción entre cultivar y momento de cosecha - PS INV

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30:1	205.8
b	40:1	169.4
c	30:3	133.8
cd	30:2	110.4
d	40:2	99.12
de	60:1	80.43
e	40:3	65.86
e	60:2	65.32
e	60:3	48.81

Tukey interacción entre densidad de siembra y momento de cosecha - PS INV

4.4 Peso Seco (g/m²) en Campo.

```

1> #####EFECTO DE PESO SECO EN GRAMOS/M2#####
1>
1> ANOPSECOGM2<-aov(PSECOGM2~BLOQUE+VAR*DENS*CORTE+Error(VAR:DENS:BLOQUE+CORTE:BLOQUE),data=AMB1)

1> summary(ANOPSECOGM2)

Error: BLOQUE:CORTE
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
BLOQUE  3  11956   3985   6.132 0.029373 *
CORTE   2   55965  27982  43.057 0.000276 ***
Residuals 6    3899    650
---
Signif. codes:  '***' 0.001 - '**' 0.01 - '*' 0.05 - '.' 0.1 - ' ' 1

Error: VAR:DENS:BLOQUE
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
VAR     1   7894   7894   8.831  0.0095 **
DENS    2 156680  78340  87.646 5.31e-09 ***
VAR:DENS 2   4480   2240   2.506  0.1151
Residuals 15 13407    894
---
Signif. codes:  '***' 0.001- '**' 0.01- '*' 0.05 - '.' 0.1- ' ' 1

Error: Within
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
VAR:CORTE  2  28598  14299  22.492 1.08e-06 ***
DENS:CORTE  4  25961   6490  10.209 2.44e-05 ***
VAR:DENS:CORTE  4  11726   2932   4.611 0.00507 **
Residuals  30  19072    636

```

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	1	163.2
b	3	139.6
c	2	95.93

Tukey momentos de cosecha - PS CA

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30	194.5
b	40	122.6
c	60	81.62

Tukey densidad de siembra- PS CA

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	1	143.4
b	2	122.4

Tukey cultivares de romero- PS CA

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	1:3	176.6
a	2:1	174.2
a	1:1	152.3
b	2:3	102.5
b	1:2	101.3
b	2:2	90.56

Tukey interacción entre cultivares de romero y momento de cosecha- PS CA

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30:3	230.3
a	30:1	229.4
b	40:1	159.4
bc	30:2	123.8
cd	40:3	110.5
cde	60:1	100.9
cde	40:2	98
de	60:3	77.93
e	60:2	66.03

Tukey interacción entre densidad de siembra y momento de cosecha- PS CA

4.5 Tallos Exportación (g/m²) en Invernadero.

```

1> #####EFECTO DE EXPORTACION EN GRAMOS M2#####
1> ANOEXPORGM2<-aov(EXPORGM2~BLOQUE+VAR*DENS*CORTE+Error(VAR:DENS:BLOQUE+CORTE:BLOQUE),data=AMB1)
1> summary(ANOEXPORGM2)

Error: BLOQUE:CORTE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
BLOQUE  3  4348   1449   1.070 0.4295
CORTE   2 16018   8009   5.911 0.0382 *
Residuals 6   8129   1355
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: VAR:DENS:BLOQUE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR     1 11506  11506   4.215 0.0579 .
DENS    2 155580  77790  28.497 7.78e-06 ***
VAR:DENS 2  4673   2336   0.856 0.4446
Residuals 15 40947   2730
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: Within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR:CORTE  2  8450   4225   1.833 0.177
DENS:CORTE  4 16051   4013   1.740 0.167
VAR:DENS:CORTE 4 17964   4491   1.948 0.128
Residuals  30 69167   2306

```

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	3	132.5
a	1	130.7
a	2	100

Tukey momento de corte Tallos calidad exportación –INV.

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30	169.9
a	40	134.9
b	60	58.52

Tukey densidad de siembra Tallos calidad exportación –INV.

TALLOS EXPORTACION (g/m²) en CAMPO.

```

1> #####EFECTO DE EXPORTACION EN GRAMOS M2#####
1>
1> ANOEXPORGM2<-aov(EXPORGM2~BLOQUE+VAR*DENS*CORTE+Error(VAR:DENS:BLOQUE+CORTE:BLOQUE),data=AMB1)

1> summary(ANOEXPORGM2)

Error: BLOQUE:CORTE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
BLOQUE  3  22826    7609   1.981 0.21828
CORTE   2  92994   46497  12.109 0.00783 **
Residuals 6  23040    3840
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: VAR:DENS:BLOQUE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR     1  2382    2382   0.821  0.379
DENS    2 349940  174970  60.291 6.75e-08 ***
VAR:DENS 2  1689     845   0.291  0.752
Residuals 15 43531    2902
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: Within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR:CORTE  2  19099    9549   3.507 0.0428 *
DENS:CORTE  4  43148   10787   3.961 0.0107 *
VAR:DENS:CORTE  4  19912    4978   1.828 0.1495
Residuals  30  81698    2723
---

```

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	1	246.2
ab	3	212.8
b	2	158.9

Tukey corte Tallos calidad exportación –CA.

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30	299.7
b	40	185.6
c	60	132.6

Tukey Densidad de siembra - Tallos calidad exportación –CA.

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	2:1	254.7
ab	1:3	241.3
ab	1:1	237.6
bc	2:3	184.3
c	2:2	161.6
c	1:2	156.2

Tukey interacción cultivares y corte - Tallos calidad exportación –CA

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30:1	380.8
b	30:3	291
bc	30:2	227.2
bc	40:1	225.3
cd	40:3	180.8
cd	60:3	166.6
cd	40:2	150.8
d	60:1	132.4
d	60:2	98.77

Tukey interacción densidad de siembra y corte - Tallos calidad exportación –CA

4.6 Tallos Exportación (g/m²) en Invernadero.

```

1> #####EFECTO DE EXPORTACION EN GRAMOS M2#####
1>
1> ANOEXPORGM2<-aov(EXPORGM2~BLOQUE+VAR*DENS*CORTE+Error(VAR:DENS:BLOQUE+CORTE:BLOQUE),data=AMB1)

1> summary(ANOEXPORGM2)

Error: BLOQUE:CORTE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
BLOQUE  3  22826   7609   1.981 0.21828
CORTE   2  92994  46497  12.109 0.00783 **
Residuals 6  23040   3840
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: VAR:DENS:BLOQUE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR     1   2382   2382   0.821  0.379
DENS    2 349940 174970  60.291 6.75e-08 ***
VAR:DENS 2   1689    845   0.291  0.752
Residuals 15 43531   2902
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: Within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR:CORTE  2  19099   9549   3.507 0.0428 *
DENS:CORTE  4  43148  10787   3.961 0.0107 *
VAR:DENS:CORTE  4  19912   4978   1.828 0.1495
Residuals  30  81698   2723
---

```

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	3	132.5
a	1	130.7
a	2	100

Tukey momento de corte Tallos calidad exportación -INV.

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30	169.9
a	40	134.9
b	60	58.52

Tukey densidad de siembra Tallos calidad exportación -INV.

4.7 Tallos Extra (g/m²) en Invernadero.

```

1> #####EFECTO EN EXTRA GRAMOS M2#####
1>
1> ANOEXTRAGM2<-aov(EXTRAGM2~BLOQUE+VAR*DENS*CORTE+Error(VAR:DENS:BLOQUE+CORTE:BLOQUE),data=AMB1)

1> summary(ANOEXTRAGM2)

Error: BLOQUE:CORTE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
BLOQUE  3  30545   10182   0.752 0.560136
CORTE   2 1087134   543567  40.131 0.000337 ***
Residuals 6   81269    13545
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: VAR:DENS:BLOQUE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR     1   9389    9389   0.696 0.41710
DENS    2 219208  109604   8.129 0.00406 **
VAR:DENS 2  13596    6798   0.504 0.61388
Residuals 15 202247   13483
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: Within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR:CORTE  2  34657   17328   2.030 0.149014
DENS:CORTE  4 231723   57931   6.786 0.000515 ***
VAR:DENS:CORTE  4  33997    8499   0.996 0.425191
Residuals  30 256109    8537

```

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	1	406.2
b	2	176.1
b	3	123.1

Tukey Corte - Tallos tipo extra - INV

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30	303.8
ab	40	232.8
b	60	168.7

Tukey Densidad - Tallos tipo extra - INV

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30:1	517.1
a	40:1	450.7
b	60:1	250.7
b	30:3	231.4
bc	60:2	187
bc	40:2	178.4
bc	30:2	162.9
c	40:3	69.34
c	60:3	68.51

Tukey Densidad y corte - Tallos tipo extra - INV

4.8 Tallos Extra (g/m²) en Campo.

```

1> #####EFECTO EN EXTRA GRAMOS M2#####
1>
1> ANOEXTRAGM2<-aov(EXTRAGM2~BLOQUE+VAR*DENS*CORTE+Error(VAR:DENS:BLOQUE+CORTE:BLOQUE),data=AMB1)

1> summary(ANOEXTRAGM2)

Error: BLOQUE:CORTE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
BLOQUE  3  76236   25412   6.995 0.021940 *
CORTE   2 396710  198355  54.602 0.000141 ***
Residuals 6  21797    3633
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: VAR:DENS:BLOQUE
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR     1  48462   48462   9.643 0.00724 **
DENS    2 187108   93554  18.615 8.64e-05 ***
VAR:DENS 2  32517   16259   3.235 0.06791 .
Residuals 15  75385    5026
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: Within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
VAR:CORTE  2  90775   45387   7.152 0.00289 **
DENS:CORTE  4 297845   74461  11.734 7.44e-06 ***
VAR:DENS:CORTE 4 157001   39250   6.185 0.00094 ***
Residuals  30 190381    6346

```

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	1	257.8
b	3	123.9
b	2	84.26

Tukey corte - Tallos tipo extra - CA

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	1	181.3
b	2	129.4

Tukey cultivar - Tallos tipo extra - CA

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30	218.8
b	40	153.2
c	60	93.97

Tukey densidad - Tallos tipo extra – CA

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	2:1	272.5
a	1:1	243
ab	1:3	195.7
bc	1:2	105.1
c	2:2	63.44
c	2:3	52.14

Tukey cultivar por corte - Tallos tipo extra – CA

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	30:1	318.3
ab	30:3	297
ab	40:1	280.7
bc	60:1	174.2
cd	40:2	134
cd	60:2	77.71
cd	40:3	44.75
d	30:2	41.02
d	60:3	29.94

Tukey densidad por corte - Tallos tipo extra - CA

Anexo 5. Análisis de suelo

5.1 AMBIENTE: INVERNADERO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA												CAPITULO 2	
PROPIEDADES FISICAS DE SUELOS												Pag 1	
PRODUCTO:		SUELO - INVERNADERO AROMATICAS ROMERO						N° LABORATORIO 1692					
FECHA LLEGADA MUESTRA		25 de mayo de 2012											
FECHA ENTREGA RESULTADOS		7 de junio de 2012											
SECCIÓN-VARIEDAD	DENSIDAD APARENTE gr/cc	DENSIDAD REAL gr/cc	VOLUMEN POROS %	MATERIA ORGANICA %	CENIZAS %	NITROGENO %	CARBONO %	C/N ppm	A %	L %	Ar %	CLASE	
IDEAL	< 1,0	1 - 2,7	> 55	10 - 20		0,5 - 1	5,8 - 11,6	11 - 11,6					
INVERNADERO CAJICA AROMATICAS ROMERO	0.44	1.45	70.0	11,78	65,5	2,24	6,8	3,0	64	11	25	FA Ar	
<p>Convenciones: C/N: <10: Baja. Indica alta mineralizacion; 10 - 12: Media. Indica mineralizacion normal; >12:Alta. Indica mineralizacion lenta.; FA Ar: Franco arcillo arenoso.</p> <p>Métodos: Densidad real y aparente: por peso; CO: Walkley - black; N total: Kjeldahl; MO: CO*1.724</p>													
<p><i>Elba Matilda Gonzalez R.</i> JEFE DE LABORATORIO</p>													

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA												CAPITULO 3			
Análisis de Suelos												Pag 1			
PRODUCTO:		SUELO - INVERNADERO AROMATICAS ROMERO						N° LABORATORIO 1692							
FECHATOMA DE LA MUESTRA		25 de mayo de 2012													
FECHA ENTREGA RESULTADOS		7 de junio de 2012													
SECCIÓN VARIEDAD	CE mS/cm	pH	FOSFORO OLSEN ppm	NITRATO ppm	CATIONES INTERCAMBIABLES					DTPA				AZUFRE ppm	BORO ppm
					AMONIO ppm	SODIO ppm	POTASIO ppm	CALCIO ppm	MAGNESIO ppm	COBRE ppm	HIERRO ppm	ZINC ppm	MANGANESO ppm		
Bajo	1,0	6,00	60	90	20	100	270	3600	420	2,0	120	5	15	10	0,6
Ideal	1,5	6,20	80	145	37	150	410	3900	630	3,0	160	7	24	20	0,8
<p>Convenciones: Ca me/100g=ppm/200; Mg me/100g =ppm/120; K me/100g = ppm/391; Na me/100g = ppm/230</p> <p>Métodos: pH: relacion 1:1; CE: extracto saturado; NH4 y NO3: Kjeldahl KCl 1N; P: Olsen; S: Fosfato monocalcico 0.008M</p> <p>Ca,Mg,K,Na: Acetato de amonio 1N pH 7; Fe,Cu,Mn,Zn: DTPA; B: agua caliente Azometina</p>															
<p><i>Elba Matilda Gonzalez R.</i> JEFE DE LABORATORIO</p>															



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
Capacidad de Intercambio y relaciones Cationicas

CAPITULO 4
Pag 1

PRODUCTO: SUELO - INVERNADERO AROMATICAS ROMERO N° LABORATORIO 1692
FECHATOMA DE LA MUESTRA: 25 de mayo de 2012
FECHA ENTREGA RESULTADOS: 7 de junio de 2012

SECCIÓN-VARIEDAD	CIC me/100gr	POTASIO me/100gr	SODIO me/100gr	CALCIO me/100gr	MAGNESIO me/100gr	SUMA BASES me/100gr	(Ca+Mg)/K	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
Bajo		0,5	0,40	9	2,5		20	3,0	15	5,0
Ideal		0,7	0,65	12	3,75		24	5,0	18	6,0

Convenciones: Ca me/100g=ppm/200; Mg me/100g =ppm/120; K me/100g = ppm/391; Na me/100g = ppm/230
Métodos: pH: relacion 1:1; CE: extracto saturado; NH4 y NO3: Kjeldahl KCl 1N; P: Olsen; S: Fosfato monocalcico 0.008M
Ca,Mg,K,Na: Acetato de amonio 1N pH 7; Fe,Cu,Mn,Zn: DTPA; B: agua caliente Azometina

Elsa Matilla Gonzalez R.

JEFE DE LABORATORIO

5.2 AMBIENTE: CAMPO ABIERTO



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
PROPIEDADES FISICAS DE SUELOS

CAPITULO 2
Pag 1

PRODUCTO: SUELO - CAMPO ABIERTO AROMATICAS ROMERO N° LABORATORIO 1692
FECHA LLEGADA MUESTRA: 25 de mayo de 2012
FECHA ENTREGA RESULTADOS: 7 de junio de 2012

SECCIÓN-VARIEDAD	DENSIDAD APARENTE gr/cc	DENSIDAD REAL gr/cc	VOLUMEN POROS %	MATERIA ORGANICA %	CENIZAS %	NITROGENO %	CARBONO %	C/N ppm	A %	L %	Ar %	CLASE
IDEAL	< 1,0	1 - 2,7	> 55	10 - 20		0,5 - 1	5,8 - 11,6	11 - 11,6				
CAMPO ABIERTO CAJICA AROMATICAS ROMERO	0.97	1.93	50.0	23.30	178.0	1.82	13.5	7.4	24	42	34	FAr.

Convenciones: C/N: <10: Baja. Indica alta mineralizacion; 10 - 12: Media. Indica mineralizacion normal; >12:Alta. Indica mineralizacion lenta.; F Ar: Franco arcilloso.

Métodos: Densidad real y aparente: por peso; CO: Walkley - black; N total: Kjeldahl; MO: CO*1.724

Elsa Matilla Gonzalez R.

JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

CAPITULO 3

Análisis de Suelos

Pag 1

PRODUCTO: SUELO - CAMPO ABIERTO AROMATICAS ROMERO N° LABORATORIO 1692
 FECHATOMA DE LA MUESTRA 25 de mayo de 2012
 FECHA ENTREGA RESULTADOS 7 de junio de 2012

SECCIÓN VARIEDAD	CE mS/cm	pH	FOSFORO OLSEN ppm	NITRATO ppm	CATIONES INTERCAMBIABLES					DTPA				AZUFRE ppm	BORO ppm
					AMONIO ppm	SODIO ppm	POTASIO ppm	CALCIO ppm	MAGNESIO ppm	COBRE ppm	HIERRO ppm	ZINC ppm	MANGANESO ppm		
Bajo	1,0	6,00	20	70	12	100	98	500	300	2,0	80	3	15	10	0,4
Ideal	1,5	6,80	30	110	25	150	196	1500	600	2,5	120	5	18	20	0,6
CAMPO ABIERTO CAJICA AROMATICAS ROMERO	0,4	6,5	80	67	46	106	203	1.795	400	1,5	50	11	11	63	0,80

Convenciones: Ca me/100g=ppm/200; Mg me/100g =ppm/120; K me/100g = ppm/391; Na me/100g = ppm/230
 Métodos: pH: relacion 1:1; CE: extracto saturado; NH4 y NO3: Kjeldahl KCl 1N; P: Olsen; S: Fosfato monocalcico 0.008M
 Ca,Mg,K,Na: Acetato de amonio 1N pH 7; Fe,Cu,Mn,Zn: DTPA; B: agua caliente Azometina

Elba Matilda Gonzalez R.
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

CAPITULO 4

Capacidad de Intercambio y relaciones Cationicas

Pag 1

PRODUCTO: SUELO - CAMPO ABIERTO AROMATICAS ROMERO N° LABORATORIO 1692
 FECHATOMA DE LA MUESTRA 25 de mayo de 2012
 FECHA ENTREGA RESULTADOS 7 de junio de 2012

SECCIÓN-VARIEDAD	CIC	POTASIO	SODIO	CALCIO	MAGNESIO	SUMA BASES	(Ca+Mg)/K	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
	me/100gr	me/100gr	me/100gr	me/100gr	me/100gr	me/100gr				
Bajo		0,5	0,40	9	2,5		20	3,0	15	5,0
Ideal		0,7	0,65	12	3,75		24	5,0	18	6,0
CAMPO ABIERTO CAJICA AROMATICAS ROMERO	20	0,52	0,46	8,98	3,33	13,29	23,6	2,7	17,2	6,4

Convenciones: Ca me/100g=ppm/200; Mg me/100g =ppm/120; K me/100g = ppm/391; Na me/100g = ppm/230
 Métodos: pH: relacion 1:1; CE: extracto saturado; NH4 y NO3: Kjeldahl KCl 1N; P: Olsen; S: Fosfato monocalcico 0.008M
 Ca,Mg,K,Na: Acetato de amonio 1N pH 7; Fe,Cu,Mn,Zn: DTPA; B: agua caliente Azometina

Elba Matilda Gonzalez R.
 JEFE DE LABORATORIO