

**EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE UN ANDISOL EN ZIPAQUIRÁ  
(CUNDINAMARCA, COLOMBIA) PARA EL CULTIVO DE ROMERO  
(*Rosmarinus officinalis*) Y ORÉGANO (*Origanum vulgare*).**

**DIANA CAROLINA SUÁREZ RUIZ  
MARTHA LORENA MORALES MALAVER**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA APLICADA  
BOGOTÁ D.C.  
2009**

**EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE UN ANDISOL EN ZIPAQUIRÁ  
(CUNDINAMARCA, COLOMBIA) PARA EL CULTIVO DE ROMERO  
(*Rosmarinus officinalis*) Y ORÉGANO (*Origanum vulgare*).**

**DIANA CAROLINA SUÁREZ RUIZ  
MARTHA LORENA MORALES MALAVER**

**Tesis de grado para optar el título de Biólogo Aplicado**

**María Mercedes Pérez Trujillo  
Directora  
Ingeniero Agrónomo**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA APLICADA  
BOGOTÁ D.C.  
2009**

**A mis padres  
A Diego y Paula  
Demás familia  
A Diego**

**A mi mamá  
A Cristian  
A demás familia  
A Edison**

## **AGRADECIMIENTOS**

De manera especial agradecemos:

Al ministerio de agricultura por cofinanciar nuestro proyecto de grado.

María Mercedes Pérez, Ingeniero Agrónomo, docente de la Universidad Militar Nueva Granada, por su apoyo y su contribución en el desarrollo de este proyecto.

Alejandra Pedraza, Bióloga, Joven investigadora del proyecto, por su constante apoyo y colaboración en este trabajo.

Clemencia Gómez, Ingeniero Agrónomo, por su apoyo en la construcción de la parte escrita y oral del trabajo.

Los auxiliares de campo de la Universidad Militar Nueva Granada, por su ayuda en campo en el desarrollo del trabajo.

A nuestros padres, por su apoyo incondicional, su ayuda, estar pendientes, darnos ánimos y permitirnos capacitarnos intelectualmente, por medio de todos los esfuerzos que han realizado para poder alcanzar nuestras metas y sueños.

Demás familia, por estar pendientes y mantener la confianza en nosotras para cumplir nuestras metas propuestas.

A Diego Castillo y Edison Castellanos, por su compañía, su colaboración, sus recomendaciones y por enviarnos buenas energías para la finalización de este proyecto.

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Presidente**

---

**Pedro Jiménez  
Jurado**

---

**Amparo Rojas  
Jurado**

**Bogotá, Octubre 14 de 2009**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
1. Introducción	16
2. Objetivos	18
2.1 Objetivo general	
2.2 Objetivos específicos	
3. Revisión bibliográfica	18
3.1 Orégano	18
3.1.1 Taxonomía y características generales	18
3.1.2 Clima y suelo	19
3.1.3 Propagación	20
3.1.4 Plantación	21
3.1.5 Fertilización	22
3.2 Romero	24
3.2.1 Taxonomía y características generales	24
3.2.2 Clima y suelo	25
3.2.3 Propagación	26
3.2.4 Plantación	26
3.2.5 Fertilización	27
3.3 Nutrición vegetal	29
3.4 Relación del Suelo-Planta-Ambiente	37
3.4.1 Reacciones antagónicas	38
3.5 Fertilidad del suelo	40
3.6 Análisis del suelo	42
3.6.1 Suelo Andisol	43
3.7 Técnica del elemento faltante o parcelas de omisión	44
4. Materiales y métodos	46
4.1 Localización	46
4.2 Caracterización del suelo	47
4.3 Descripción del perfil	48
4.4 Propiedades químicas	50

4.5 Descripción de la unidad experimental	50
4.6 Diseño experimental	52
4.7 Preparación y aplicación de las soluciones nutritivas	53
4.8 Medición de variables	55
4.9 Análisis estadístico	58
4.9.1 Longitud y número de tallos	
4.9.2 Biomasa total fresca y materia seca total cosechada	
5. Resultados y discusión	59
5.1 Romero	59
5.1.1 Longitud de tallos	59
5.1.2 Número de tallos por planta	62
5.1.3 Peso fresco de los tallos cosechados	64
5.1.4 Peso seco de los tallos cosechados	67
5.1.5 Clasificación de los tallos cosechados en categorías de calidad.	69
5.1.6 Sintomatología observada en las plantas	70
5.1.7 Nitrógeno	70
5.1.8 Fósforo	71
5.1.9 Potasio	72
5.1.10 Calcio	73
5.1.11 Magnesio	74
5.1.12 Hierro	75
5.1.13 Cobre	76
5.1.14 Manganeso	77
5.1.15 Zinc	77
5.1.16 Boro	78
5.2 Orégano	78
5.2.1 Longitud de tallos	78
5.2.2 Número de tallos por planta	81
5.2.3 Peso fresco de los tallos cosechados	83
5.2.4 Peso seco de los tallos cosechados	86

5.2.5 Clasificación de los tallos cosechados en categorías de calidad.	88
5.2.6 Sintomatología observada en las plantas	88
5.2.7 Nitrógeno	90
5.2.8 Fósforo	90
5.2.9 Potasio	92
5.2.10 Calcio	93
5.2.11 Azufre	93
5.2.12 Magnesio	94
5.2.13 Hierro	95
5.2.14 Cobre	96
5.2.15 Manganeso	97
5.2.16 Zinc	97
5.2.17 Boro	98
6. Conclusiones	100
7. Recomendaciones	101
8. Revisión bibliografía	103
9. Anexos	111



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Taxonomía del orégano.	18
Tabla 2. Rendimientos de biomasa seca en el cultivo del orégano.	22
Tabla 3. Superficie cultivada y distribución geográfica del orégano en Colombia.	22
Tabla 4. Requerimiento nutricional del orégano.	23
Tabla 5. Cantidad de macro y micro elementos presentes en el follaje del orégano ( <i>o. vulgare</i> ).	24
Tabla 6. Taxonomía del romero.	24
Tabla 7. Requerimiento nutricional del romero.	28
Tabla 8. Cantidad de macro y micro elementos presentes en el follaje del romero.	29
Tabla 9. Taxonomía del suelo de la Vereda Río Frío, Zipaquirá, Cundinamarca.	48
Tabla 10. Propiedades Químicas del suelo encontrado en el primer horizonte de la Vereda Río Frío, Zipaquirá, Colombia.	50
Tabla 11. Tratamientos con sus respectivas soluciones.	53
Tabla 12. Solución N° 2 Hoagland & Arnon (1951).	54
Tabla 13. Fechas de las cosechas para cada una de las especies.	57
Tabla 14. Clasificación tipo exportación y nacional en orégano y romero.	57

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Curva idealizada de crecimiento como función de la concentración de cualquier elemento dado en la planta.	30
Figura 2. Mapa geográfico del Municipio de Cajicá en el Departamento de Cundinamarca.	46
Figura 3. Laboratorio de Horticultura de la Estación Experimental Hacienda Río Grande de la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar Nueva Granada.	47
Figura 4. Mapa Geológico de la Vereda Río Frío.	47
Figura 5. Perfil de suelo de la calicata de la Vereda Río Frío.	49
Figura 6. Unidades experimentales del estudio.	51
Figura 7. Montaje del experimento y ubicación en el invernadero.	51
Figura 8. Ubicación de las materas en la nave del Laboratorio de horticultura.	52
Figura 9. Ubicación al azar del tensiómetro en orégano y romero.	54
Figura 10. Marcaje de tallos.	55
Figura 11. Medición de la longitud de tallos en romero y orégano.	56
Figura 12. Clasificación tipo exportación y nacional en orégano y romero.	57
Figura 13. Longitud promedio de los tallos de romero en cada tratamiento evaluado, tomada desde el momento de la poda que se practicó al inicio del experimento y hasta la primera cosecha.	60
Figura 14. Longitud promedio de los tallos de romero en cada tratamiento evaluado, una vez realizada la primera cosecha y hasta la segunda cosecha.	61

Figura 15. Número promedio de los tallos de romero en cada tratamiento evaluado, tomada desde el momento de la poda que se practicó al inicio del experimento y hasta la primera cosecha.	62
Figura 16. Número promedio de los tallos de romero en cada tratamiento evaluado una vez realizada la primera cosecha y hasta la segunda cosecha.	64
Figura 17. Biomasa fresca de los tallos cosechados por planta de romero en el primero y segundo corte y acumulada.	66
Figura 18. Materia seca de los tallos cosechados por planta de romero en el primero y segundo corte y acumulada.	67
Figura 19. Calidad de biomasa fresca nacional y exportación acumulada de romero en el primero y en el segundo corte.	69
Figura 20. Sintomatología observada en plantas de romero.	70
Figura 21. Longitud promedio de los tallos de orégano en cada tratamiento evaluado, tomada desde el momento de la poda que se practicó al inicio del experimento y hasta la primera cosecha.	79
Figura 22. Longitud promedio de los tallos de orégano en cada tratamiento evaluado, una vez realizada la primera cosecha y hasta la segunda cosecha.	80
Figura 23. Número promedio de los tallos de orégano en cada tratamiento evaluado, tomada desde el momento de la poda que se practicó al inicio del experimento y hasta la primera cosecha.	82
Figura 24. Número promedio de los tallos de orégano en cada tratamiento evaluado una vez realizada la primera cosecha y hasta la segunda cosecha.	83
Figura 25. Biomasa fresca de los tallos cosechados por planta de orégano en el primero y segundo corte y acumulada.	84
Figura 26. Materia seca de los tallos cosechados por planta de orégano en el primero y segundo corte y acumulada.	86

Figura 27. Calidad de biomasa fresca nacional y exportación acumulada de orégano en el primero y en el segundo corte.	88
Figura 28. Sintomatología observada en orégano.	89

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Cálculos completos de las soluciones utilizadas en los tratamientos.	110
Anexo 2. Formatos de recolección de datos usado a lo largo del estudio.	111
Anexo 3. Resultados del análisis de salinidad del agua de acueducto utilizada en el ensayo.	114
Anexo 4. Resultado de la prueba de ANOVA para biomasa fresca acumulada en orégano.	114
Anexo 5. Resultado de la prueba de ANOVA para biomasa seca acumulada en orégano.	114
Anexo 6. Resultado de la prueba de ANOVA para biomasa fresca acumulada en romero.	115
Anexo 7. Resultado de la prueba de ANOVA para biomasa seca acumulada en romero.	115
Anexo 8. Resultado de la prueba de SAS para la longitud de tallos de romero en el primer corte	115
Anexo 9. Resultado de la prueba de SAS para la longitud de tallos de romero en el segundo corte.	115
Anexo 10. Resultado de la prueba de SAS para el número de tallos de romero en el primer corte.	115
Anexo 11. Resultado de la prueba de SAS para el número de tallos de romero en el segundo corte.	116
Anexo 12. Resultado de la prueba de SAS para la longitud de tallos de orégano en el primer corte.	116
Anexo 13. Resultado de la prueba de SAS para la longitud de tallos de orégano en el segundo corte.	116
Anexo 14. Resultado de la prueba de SAS para el número de tallos de orégano en el primer corte.	116
Anexo 15. Resultado de la prueba de SAS para el número de tallos de orégano en el segundo corte.	116

Anexo 16. G.R. Chía S.A. 2008. Tablas de interpretación de resultados de un análisis químico de suelos. Laboratorio de Suelos.

117

## RESUMEN

Se evaluó la fertilidad de un suelo Typic Hapludand representativo de la zona de Río Frío (Zipaquirá, Cundinamarca), donde se ubican pequeños productores de hierbas aromáticas para exportación en fresco. Se determinó el efecto de la ausencia individual en la fertilización de macro y microelementos, sobre el crecimiento, productividad y calidad del romero y orégano. A partir de la solución de Hoagland & Arnon No. 2, se prepararon 11 soluciones carentes de un elemento en particular: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Cu, Zn y Mn. Las plantas fueron dispuestas en materas de 3 Kg que contenían este suelo y cascarilla de arroz (1:1) y fueron fertirrigadas una vez por semana y durante cinco meses con las correspondientes soluciones nutritivas. Semanalmente se contabilizó por planta el número de tallos y su longitud. En dos cortes se tomó el peso fresco y seco de los tallos clasificándolos en dos categorías de calidad: nacional y exportación. El crecimiento, la productividad y la calidad del orégano se vieron sensiblemente afectados en este suelo en particular son el nitrógeno y fósforo; esta especie requiere en el programa de fertilización el calcio y el zinc, mientras que los elementos manganeso, hierro, cobre, magnesio, potasio y azufre no son necesarios adicionarlos en el plan de abonamiento. Los elementos críticos en ese suelo para el romero son el nitrógeno y el potasio. Para esta especie es conveniente adicionar en el programa de fertilización el fósforo, magnesio, boro y azufre. Por otro lado no es conveniente adicionar calcio, cobre, manganeso y en especial el hierro. Los resultados obtenidos sugieren que a través de la fertilización y las prácticas de manejo del suelo en la región, se debe aumentar la disponibilidad de los elementos encontrados como críticos para cada especie, a fin de incrementar la productividad y la calidad de los tallos cosechados.

**Palabras clave:** Fertilización, Técnica del elemento faltante, Hierbas aromáticas, Typic Hapludan, Productividad, Calidad.

## ABSTRACT

We assessed the fertility of a Typical Hapludand soil representative of the Rio Frio area (Zipaquirá, Cundinamarca), where small producers of fresh herbs for export are located. We determined the effect of the individual absence of macro-and micro-fertilization on growth, productivity and quality of rosemary and oregano. From the Hoagland & Arnon solution No. 2, were prepared 11 solutions lacking a particular element: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Cu, Zn and Mn. The plants were arranged in 3 kg pots containing the soil and rice hull (1:1) and were fertirrigadas once a week for five months with the appropriate nutrient solutions. Progress was weekly recorded by the individual plant number of stems and their length. Two cuts were made, fresh and dry weight of stems divided into two quality categories: domestic and export. The growth, productivity and quality of oregano were significantly affected, in this particular soil when nitrogen and phosphorus. This species require a fertilization program in calcium and zinc, while the elements manganese, iron, copper, magnesium, potassium and sulfur are not necessary to be added in the composting plan. The critical elements in the soil for rosemary are nitrogen and potassium. For this species phosphorus, magnesium, boron and sulfur should be added to the fertilizing program. Nevertheless, it is not convenient to add calcium, copper, manganese and specially iron. The results suggest that through fertilization and soil management practices in the region, the availability of the nutrients found to be critical for each species to increase productivity and quality of the harvested stems, should be increased.

**Keywords:** Fertilization, Missing element Technique, Aromatic Herbs, Typic Hapludan, Productivity, Quality.

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial las plantas aromáticas se consideran de gran importancia económica debido a sus usos culinarios, medicinales e industriales, ya que presentan una alta concentración de sustancias químicas en los tejidos y órganos, producidos por su metabolismo secundario (Bareño y Clavijo, 2006; Clavijo, 2006). Este tipo de productos han tenido un gran aumento en la demanda por la tendencia actual al consumo de productos naturales, por tal razón muchos países se han especializado en la producción masiva de este tipo de especies, aprovechando la flexibilidad de las condiciones ambientales que las plantas aromáticas poseen. Países como Colombia que tienen condiciones ambientales favorables y constantes para este tipo de plantas durante todo el año, necesitan conocer más acerca de la fenología y el comportamiento agronómico para obtener mayores rendimientos en la producción de estas especies y así poder posicionarse en el mercado como un competente productor de aromáticas. En el 2008 Colombia exportó principalmente a Estados Unidos (1.047.9 Ton), el Reino Unido (496.4 Ton) y Canadá (264.7 Ton).

La producción de plantas aromáticas en Colombia se encuentra ubicada en zonas frías y ligeramente templadas en los departamentos de Cundinamarca con un 40.4 %, Cauca con un 24.7 %, Valle del Cauca 18.4 %, Risaralda 8.8 %, Norte del Santander 7.4 % y Boyacá 0.3 %, con rendimientos de 15.8, 15.0, 13.3, 6.1, 4.3 y 1.6 Ton.ha<sup>-1</sup>, para Risaralda, Cauca, Norte de Santander, Valle del Cauca, Cundinamarca y Boyacá, respectivamente. Rendimientos aun muy bajos y poco competitivos en el mercado mundial, debido a que en el país existe poco conocimiento sobre la fertilización, fenología y comportamiento del cultivo, además las técnicas empleadas para su producción se basan principalmente en las utilizadas por otros cultivos o las que se implementan en otros países con condiciones ambientales diferentes (Henaó *et al*, 2006). En los últimos años algunos centros de investigación como la Universidad Nacional (2008) ha desarrollado ciertos estudios sobre el cultivo (Castro, 2009), genética (Suarez *et al*, 2009) y producción (Henaó *et al*, 2006) de plantas aromáticas en



diferentes partes del territorio colombiano, sin embargo el contenido de estas investigaciones aun no es suficiente para obtener los máximos rendimientos que se podrían alcanzar. Por tal razón, es importante continuar con trabajos sobre este tipo de plantas, ya que se están posicionando en el mercado como productos de gran demanda, debido a la utilidad que la población y la industria ha encontrado en estas especies, Colombia en el año 2009 ha exportado 1.894.42 Ton a diferentes destinos, siendo los más representativos Estados Unidos, Reino Unido y Canadá, con un aumento en el volumen de exportación de 0.6% con respecto al 2007 (Agronet, 2009). Dentro de la información que se tiene. Actualmente se poseen muy pocas referencias bibliográficas en el tema de la fertilización de estos cultivos, ya que esta información es muy generalizada para la producción de las distintas especies de aromáticas. Por lo anterior, en algunas especies los estándares de calidad para exportación y consumo interno no son los adecuados y por lo tanto, los productos pierden valor en el mercado desmejorando las propiedades que el consumidor exige; esto genera que Colombia no pueda entrar como productor competente en el mercado internacional de cultivo de especias y plantas aromáticas, a pesar de contar con las condiciones ambientales requeridas para estas plantas; condiciones que no poseen algunos países líderes en la producción de aromáticas y por ende les toca controlarlas de forma artificial aumentando los costos de producción.

Con el presente trabajo se propone contribuir al mejoramiento de la fertilización de las hierbas aromáticas, específicamente en el orégano y el romero, a través del estudio de los requerimientos nutricionales de cada una de estas especies en la sabana, utilizando ciertos datos obtenidos previamente sobre los recursos que aporta el suelo de Zipaquirá, en la vereda de Río Frío debido a que es una zona representativa del ambiente y allí se encuentran gran cantidad de productores de estas hierbas. De esta forma se espera generar conocimientos que en el futuro orienten el establecimiento de las dosificaciones y frecuencias de aplicación de los fertilizantes para la producción del orégano y el romero, mejorando el rendimiento y calidad del producto cosechado. En este trabajo se evaluó la fertilidad de los suelos de la vereda de Río Frío de Zipaquirá para el

cultivo del orégano y el romero, determinando el efecto que presentan las deficiencias de macro y micronutrientes dentro del plan de fertilización sobre el crecimiento de las plantas, el rendimiento y la calidad del producto cosechado.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar la fertilidad de los suelos de la vereda Río Frío (Zipaquirá, Cundinamarca) en el cultivo de Orégano y de Romero para comercializar en fresco.

### 2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la ausencia de nutrientes en la fertilización por medio de parámetros de crecimiento en orégano y romero.
- Comparar la productividad y la calidad del orégano y del romero ante la ausencia de nutrientes dentro del plan de fertilización.
- Determinar cuáles son los elementos críticos para la producción de orégano y romero en el suelo estudiado.

## 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 ORÉGANO

#### 3.1.1 Taxonomía y características generales

**Tabla 1.** Taxonomía del Orégano.  
Tomado de: (Judd et al, 1999).

Reino	Plantae
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Lamiales</i>
Familia	<i>Lamiaceae</i>
Subfamilia	<i>Nepetoideae</i>
Género	<i>Origanum</i>
Especie	<i>O. vulgare</i>
Nombre común	Orégano, mejorana silvestre

El orégano es una especie originaria de Europa y del Centro y Norte de Asia. Es una planta perenne, de rizomas rastreros, con tallos rectos y cuadrados que crecen entre 30 y 80 cm, dependiendo de las condiciones ambientales a las cuales esta expuesta. Los tallos están cubiertos totalmente por una velloidad blanca y se ramifican solo en la parte superior de la planta; sus hojas son opuestas, enteras, ovaladas, con bordes enteros, acabadas en puntas y recubiertas tanto en el haz como en el envés por vellosidades de color blanco. El orégano tiene un periodo de vida de 4 a 5 años (Muños, 2002).

La superficie del orégano tanto en parte aérea como radicular se caracteriza por tener glándulas pequeñas por donde exuda una sustancia la cual posee un olor muy particular, en las hojas y los tallos esta sustancia está conformada por un estearopteno y dos tipos de fenoles, en una mayor proporción de carvacrol y en menor proporción el timol; en las raíces tienen estaquiosa y en los tallos sustancias tánicas (Espitia, 2004).

El orégano tiene diferentes usos, en la industria culinaria se utiliza principalmente como conservante y saborizante de alimentos (carnes y embutidos) y para la preparación de salsas. También es una planta con propiedades medicinales muy importantes tales como de acción sedante, antiespasmódica y carminativa; gracias a los agentes timol y carvacrol, actualmente se le han encontrado propiedades antirreumáticas debido a la presencia de flavonoides y ácido ursólico; combate las afecciones respiratorias, dolores musculares, tortícolis y lumbago. Su consumo se puede hacer de diferentes formas, en infusión, en esencia, externamente y en cataplasma (Muños, 2002; Espitia, 2004).

### **3.1.2 Clima y suelo**

El orégano es una planta con gran tolerancia para sobrevivir en diferentes condiciones ambientales, tiene la capacidad de resistir bien las heladas, pero en general las temperaturas menores a los 5 °C afectan el crecimiento del cultivo, retrasándolo y quemando los bordes de las hojas. Su desarrollo no tiene grandes restricciones en cuanto a la altitud ya que crece en un rango

amplio de 0 a 3000 mts. Sobre el nivel del mar, pero prefiere zonas con una alta luminosidad. El clima más recomendado para el crecimiento de esta planta es el clima templado o templado cálido (Plan Nacional Hortícola, 2007; Kintzios, 2004; Muños, 2002)

Los suelos mas recomendados para este cultivo son los franco- arenosos, los arcillo-arenosos y los francos, que sean permeables y con buen drenaje. Esta especie tiene la capacidad de crecer en suelos calcáreos mientras que no sean salinos, y deben ser ricos en materia orgánica. Sin embrago es una especie muy plástica ya que puede cultivarse en suelos tanto humíferos como en suelos áridos y muy pobres. El orégano se caracteriza por ser una especie que puede tolerar el pH alcalino (Bareño, 2003; Muños, 2002; Plan Nacional Hortícola, 2007).

### **3.1.3 Propagación**

En la propagación de esta especie se utilizan esquejes o semillas. Si se usan esquejes para la propagación estos deben presentar una longitud de 30 cm, tener hojas bien desarrolladas con una coloración verde intensa y poseer tallos que tengan una coloración rojiza oscura. Estos se deben colocar en el sustrato a una profundidad de 2 a 3 cm para obtener raíces de más o menos de la misma medida; es importante tener en cuenta, que las yemas de la parte basal de la planta queden en contacto con al sustrato y la humedad de éste, para un adecuado desarrollo de los futuros tallos; así mismo, que la parte aérea de la planta quede con un tamaño mínimo de 10 cms. La obtención de los esquejes debe hacerse cuando la temperatura del ambiente sea baja (en horas de la mañana o en de la tarde), ya que son muy susceptibles a la deshidratación (Kintzios, 2004; Muños, 2002).

Las semillas del orégano son de tamaño pequeño (0.20 a 2.25 g/1000 semillas), se deben conservar en lugares exentos de humedad, en un lugar oscuro y seco a una temperatura de 3 a 5 °C. La germinación ocurre a bajas temperaturas (la temperatura óptima de 15 a 20 °C presenta una germinación de 75 % la cual va declinando dependiendo de la semilla). El riego más

recomendado y utilizado para la germinación es la nebulización. Después de 8 a 10 días de germinación, es importante que la temperatura del aire se encuentre a 20 °C aproximadamente y la del suelo a 12 °C, ya que en esta etapa las plantas no resisten temperaturas muy bajas. Para la siembra por semilla se recomienda utilizar 0.05 g de semilla por m<sup>2</sup> eso quiere decir que utilizarán de 15 – 20 g de semilla por ha (Bareño, 2003; Muños, 2002).

#### **3.1.4 Plantación**

Para el establecimiento del cultivo se debe preparar el terreno previamente dando una labor profunda de 40 a 60 cms, con arado de disco, evitando colocar el suelo del fondo sobre la superficie. También es importante aplicar un abono para enriquecer el sustrato (Muños, 2002).

La densidad de la plantación depende de la técnica y la maquinaria que se utilice en el mantenimiento de surcos. Si se va a utilizar el método de propagación por esquejes, se puede utilizar un tractor para remover la tierra, lo cual puede generar una densidad que varía entre 400.000 a 700.000 esquejes por Hectárea. Para el trasplante de los esquejes se recomienda usar una distancia entre surcos de 60 a 70 cm una distancia entre hileras de 20 a 30 cm, una distancia entre las plantas de 30 a 35 cm, generando de esta forma un número total de plantas de 47.619 a 83.333 por ha dependiendo del criterio de cada productor. En el caso del método de propagación por semillas la distancia utilizada para hacer los surcos es de 60 a 70 cm, la distancia entre hileras es de 15 a 20 cm, para un total de 71.428 – 111.111 plantas por ha. Las plantas que se van a colocar en el cultivo debe presentar características cualitativas homogéneas y no presentar ningún síntoma de enfermedades o plagas (Plan Nacional Hortícola, 2007; Muñoz, 2002).

La producción neta de esta especie varía mucho dependiendo de las condiciones ambientales a las cuales esta expuesta, pero según ciertos estudios realizados en la Sabana de Bogotá se han encontrado que se pueden obtener rendimientos hasta de 700 Kg/semana y en un año hasta 36.400 Kg.ha<sup>-1</sup>, utilizando buenas prácticas. Al ser el orégano un cultivo perenne es conveniente que al tercer año se renueve ya que tiene a volverse leñoso y por

ende los rendimientos disminuyen (Tabla 2). En Colombia el área cosechada con orégano es de 94 ha, generando producciones anuales de 132 Ton y rendimientos de hasta 6 Ton.ha<sup>-1</sup> (Tabla 3) (Muños, 2002. Bareño, 2003; Plan Nacional Hortícola, 2007).

Tabla 2. Rendimientos de biomasa seca en el cultivo del orégano.

Tomado de: Plan Nacional Hortícola, 2007

AÑO 1 (Kg/Has)	AÑO 2 (Kg/Has)	AÑO 3 (Kg/Has)	AÑO 4 (Kg/Has)
1.000 – 2.000	3.000 – 4.000	2.500 – 2.000	2.500 – 2.000

Tabla 3. Superficie cultivada y distribución geográfica del orégano en Colombia.

Tomada de: Plan Hortícola Nacional, 2007.

Departamento	Área cosechada (Has)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Has)
Antioquia	92.2	123.4	1.3
Nariño	1.6	6.8	4.1
Cundinamarca	0.4	2.2	6.0
<b>Total</b>	94	132	

### 3.1.5 Fertilización

Para obtener una buena calidad en las plantas de orégano es importante tener en cuenta todos los elementos, sin embargo los requerimientos del orégano son mayores para los elementos de nitrógeno, calcio y magnesio, principalmente en las etapas posteriores al corte; la presencia de estos elementos en las plantas de orégano hacen que se aumente el contenido de aceites esenciales de muy alta calidad, con esta fertilización también se mejora el rendimiento y la calidad del próximo corte (Marentes *et al.* 2006). El nitrógeno, es un elemento de mayor extracción por parte de las hojas de esta planta, ya que su función está relacionada con el metabolismo y la actividad fotosintética que se da en las hojas, la extracción del nitrógeno durante el tiempo del cultivo es de 187.5 Kg/ha, sin embargo esta aumenta cuando se finaliza el ciclo. El calcio es absorbido por la planta en una cantidad alta en los primeros 30 días del ciclo, época donde la planta se encuentra en crecimiento, pero esta cantidad va disminuyendo a medida que la planta va creciendo; esto

se debe a que este elemento es poco móvil en el floema de la planta por lo tanto no puede ser reabsorbido generando una concentración constante. El tercer elemento de mayor extracción es el magnesio el cual ayuda a la planta a formar moléculas de clorofila  $\alpha$ . Otro elemento importante para la fertilización del orégano pero de menor extracción es el potasio, el cual es un macroelemento asociado con el metabolismo de la planta. Cada uno de los elementos mencionados anteriormente son muy importantes para procesos de crecimiento y desarrollo de la planta debido a su asociación con los cambios en el peso seco total, por ende su nivel de extracción se va incrementando a medida que el ciclo avanza porque su presencia es muy importante para la activación de ciertas enzimas involucradas en la fotosíntesis y respiración, los cuales son indispensables para la toma de nutrientes por parte de la raíz en los estados vegetativo y de reproducción (Marentes *et al*, 2006; Ramírez, 2003; Salisbury, 1992; Marschner, 1995).

Tabla 4. Requerimiento nutricional del orégano.

Tomado de: Assured Produce Ltd, 2002.

Elemento	N (Kg/ha)	N (ppm)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Kg/ha)	P (ppm)	K <sub>2</sub> O (Kg/ha)	K (ppm)	N (después del corte Kg/ha)	N (después del corte ppm)
Cantidad requerida	187.5	93.75	125	27.05	125	51.88	187.5	93.75

Los requerimientos del orégano se muestran en la Tabla 4, sin embargo es de anotar, que estas concentraciones pueden variar de acuerdo a la influencia que puede llegar a tener diferentes factores externos, tales como el tipo de sustrato o la duración de cada una de las etapas de desarrollo del cultivo. Para obtener plantas de orégano de buena calidad es importante que los suelos estén bien drenados y la fertilización que se haga sea balanceada (Ramírez, 2003).

Por su parte, en el estudio realizado por Henao & Pedraza (2006) sobre el análisis foliar, indica que la evaluación de la fertilidad del suelo no depende únicamente del análisis del mismo, sino también en el desarrollo de la planta,

donde se incluye el crecimiento, la manifestación de deficiencias nutricionales y el análisis químico del tejido foliar; este último es útil para identificar síntomas de deficiencia y de esta manera determinar cuáles son los niveles en que se encuentran los nutrientes. La composición química del tejido vegetal en el orégano (Tabla 5), presenta mayores concentraciones en los elementos de nitrógeno, calcio y potasio, de los cuales el que más sobresale es el potasio.

Tabla 5. Cantidad de macro y micro elementos presentes en el follaje del orégano (*o. vulgare*).  
Tomado de: (Henao *et al*, 2006)

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	<b>g/100g materia seca</b>					<b>mg/Kg materia seca</b>				
Cantidad	3,18	0,38	4,28	1,02	0,44	10,96	123,7	33,8	56,0	25,7

Según estudios realizados por Marentes y Clavijo (2006), de fertilización y de extracción de nutrientes en el orégano se han podido obtener plantas con altos contenidos de aceites esenciales caracterizándose por ser de gran calidad, usando fertilizantes compuestos principalmente de nitrógeno, calcio y magnesio en las etapas posteriores al corte y así obtener buenos rendimientos en la próxima cosecha, esto se debe a que a medida que avanza el ciclo de crecimiento se incrementa el nivel de extracción de la planta haciendo que estos elementos activen numerosas enzimas involucradas en la fotosíntesis y respiración.

## 3.2 ROMERO

### 3.2.1 Taxonomía y características generales

Tabla 6. Taxonomía del Romero.  
Tomado de: (Judd *et al*, 1999)

Reino:	Plantae
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Lamiales</i>
Familia	<i>Lamiaceae</i>
Subfamilia	<i>Nepetoideae</i>
Género	<i>Rosmarinus</i>



Especie	<i>Rosmarinus officianlis L</i>
Nombre común	Romero

Su origen es del Sur de Europa, Sur Este de Asia y Norte de África. Es una planta perenne, leñosa subarborescente, que suele medir 0.5 a 1.5 m de altura, aunque a veces alcanza los 2 m. Se ramifica profusamente y sus ramas son pardas. Las hojas son lineales de 15 a 40 mm de longitud, son opuestas y lanceoladas y poseen bordes enteros de color verde brillante y tomento blanquecino en su envés; no poseen casi peciolo. Sus flores pueden ser de color azul o lila pálido, aunque también se han encontrado flores de color rosa o blanco; están agrupadas en pequeños y cortos racimos ubicados en las axilas de las hojas, su cáliz es verdoso con algo rojizo, acampanado, dividido en dos labios. El fruto es un tetraquénio de color pardusco (Pérez, 1996; Bareño, 2003; Mahabir, 1997).

USOS: Del romero se utilizan sobre todo las hojas desecadas y algunas veces las flores. Es una planta rica en principios activos y sus principales componentes son: aceite esencial, resina, tanino y un principio amargo. El aceite esencial que se extrae directamente de las hojas se prepara alcohol de romero, que se utiliza para prevenir las úlceras. La infusión de hojas de romero alivia la tos y es buena para el hígado y para atajar los espasmos intestinales. El humo del romero sirve como tratamiento para el asma y además es una excelente planta de interior debido al agradable aroma que desprende (Alonso, 1999).

### 3.2.2 Clima y suelo

Se cultiva en América en clima cálido, de 9 -28 °C, con precipitación anual de 300-2700 mm, con un pH de 4.5-8.7. El cultivo es resistente tanto a condiciones de sequía como de humedad; requiere entre 250 mm y 2500 mm anuales de agua bien distribuidos. El cultivo de romero requiere de un riego moderado (Bareño, 2003).

Con respecto a los suelos es una planta rústica y poco exigente, no tolera encharcamientos, el romero se puede adaptar a suelos con pH entre 4,5 y 8,7,

aunque se desarrolla mejor en suelos calcáreos. Crece tanto en suelos secos como pedregosos o arenosos, siempre que exista drenaje adecuado y una profundidad efectiva mínima de 20 cm. El romero al ser una especie termófila requiere una exposición al medio día por lo que se recomienda cultivarlo en climas templados y cálidos (Pérez, 1996; Bareño, 2003).

### **3.2.3 Propagación**

El romero se puede multiplicar por semilla y vegetativamente (esquejes). La propagación por esquejes es más rápida y segura; se toman esquejes de 15 cm bien desarrollados, los cuales deben tener hojas bien desarrolladas con una coloración verde intensa. Antes del trasplante para evitar transmisión de enfermedades es recomendable realizar una desinfección lavando los esqueje con jabón y agua destilada, luego de esto los esquejes se entierran a una profundidad de 2 a 3 cm en el sustrato para obtener una homogeneidad en el tamaño de sus raíces, también es importante que las yemas de la parte basal del los esquejes tengan contacto con el suelo y la humedad de este para un adecuado desarrollo (Muñoz, 2002; Bareño, 2006).

La semilla tiene un poder germinativo de un 40 %, a una temperatura de 20 °C en una duración de 20 días en oscuridad; este método es más complicado y lleva mucho tiempo. Las semillas del romero son de tamaño pequeño (0.20 a 2.25 g/1000 semillas), se deben conservar en lugares exentos de humedad y oscuros. La germinación se da a bajas temperaturas de 15 a 20 °C y el riego debe realizarse por nebulización (Muñoz, 2002; Bareño, 2006).

### **3.2.4 Plantación**

El espaciamiento adecuado para su plantación es de 0.80 a 1.60 m entre líneas y 0.50 m entre las plantas de una línea. En Colombia se utilizan 12 plantas por m<sup>2</sup> como medida estándar para su siembra, número que tiende a disminuir en el tiempo por lo que es importante mantener la densidad de siembra para aprovechar la totalidad del área. La densidad óptima de una plantación es de

15000 a 20000 esquejes por hectárea. La labor de campo realizada mas frecuentemente es la eliminación de las malas hierbas, lo cual se debe hacer de manera constante y se recomienda además realizarla antes y después de la siembra (Bareño, 2006).

La recolección o cosecha se hace mecánicamente, retirando los tallos apicales cuando la planta posee una altura mínima de 30 cm. La primera recolección se hace a los 12 o 18 meses de la plantación para países templados, mientras que en países tropicales se pueden obtener varios cortes al ; generalmente el primer corte se puede realizar 13 semanas después del transplante y el tiempo entre una cosecha y otra es de 4 a 7 semanas. El corte se debe realizar en horas de las mañanas cuando la planta esta turgente y los estomas no se han abierto totalmente (Muñoz, 2002; Bareño, 2006).

En Colombia se utiliza la variedad Israelita, la cual ha mostrado una gran adaptabilidad a diferentes altitudes; en las zonas más cálidas se desarrolla como una planta más herbácea y genera una coloración verde más claro. La vida útil de la planta es de 4 años, pero en algunas zonas se han reportado edades de 6 años (Bareño, 2006; Bareño, 2003).

La producción del romero se mide en gramos por m<sup>2</sup> efectivo y en Colombia se reportan producciones por 550 g/m<sup>2</sup>, sin embargo esta cantidad disminuye al clasificar y empaclar el producto a 500 g/m<sup>2</sup> tipo exportación. Esta producción se puede alcanzar a los 8 meses después de iniciar el cultivo. De acuerdo a estudios que se han realizado en La Sabana (Bogotá, Colombia) el cultivo de romero presenta una producción neta de 0.6 Kg/m<sup>2</sup> y se han obtenido rendimientos de 1000 Kg/ha/semana y 52000 Kg/ha/año (Bareño, 2006).

### **3.2.5 Fertilización:**

Según Muñoz (2002) la fertilización del romero de acuerdo a los estudios realizados es un poco exigente, por lo tanto se sugiere aportar de 30-50 Ton de estiércol por ha para la preparación del terreno.

El romero requiere para obtener altos rendimientos en su producción y un crecimiento vegetativo optimo de 3 elementos mayores el nitrógeno, el fósforo y el potasio, los cuales son importantes para cumplir procesos específicos de la

planta que son indispensables para su metabolismo (Tabla 7). El Nitrógeno, es el elemento de mayor extracción por parte de las hojas de romero, debido a que se requiere para un óptimo desarrollo ya que más del 50 % se encuentra en proteínas y ácidos nucleídos y el resto del nitrógeno orgánico. Su función principal está asociada con el metabolismo y para las hojas tiene un papel importante en la actividad fotosintética. Otro elemento muy importante para el orégano es el fósforo, el cual es absorbido por la planta en los estados iniciales de crecimiento para la etapa reproductiva de planta permitiendo un aumento en la permeabilidad de la membrana. Este elemento es un componente fundamental para la conformación de los intermediarios azúcar - fosfato de la respiración, la fotosíntesis y de los fosfolípidos que forman parte de las membranas. El último elemento de mayor extracción es el potasio, este elemento es un macroelemento importante porque está asociado con el metabolismo de la planta. (Marentes *et al*, 2006; Ramírez, 2003; Salisbury, 1992; Marschner, 1995).

Tabla 7. Requerimiento nutricional del romero.  
Tomada de: Assured Produce Ltd., 2002

Cultivo	N (Kg/ha)	N (ppm)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Kg/ha)	P (ppm)	K <sub>2</sub> O (Kg/ha)	K (ppm)	N (después del corte Kg/ha)	N (después del corte ppm)
Romero	125	62.5	125	27.5	125	51.88	62.5	31.25

Los estudios realizados por Henao (2006) sobre el análisis foliar, indican que el análisis de la fertilidad del suelo no depende solamente de este, sino también influye en el desarrollo de la planta y el análisis químico del tejido foliar, el cual tiene una gran utilidad para determinar los niveles en que se encuentran los nutrientes e identificar síntomas de deficiencias. En la Tabla 8 se presenta la composición química del tejido vegetal en el romero.

Tabla 8. Cantidad de macro y micro elementos presentes en el follaje del romero.

Tomado de: (Henao, 2005).

Especie	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	g/100g materia seca					mg/Kg materia seca				
Romero	3.5-5.5	0.25-1.0	2.0-6.0	1.0-2.0	0.2-0.7	7-25	60-200	30-200	50-200	20-70

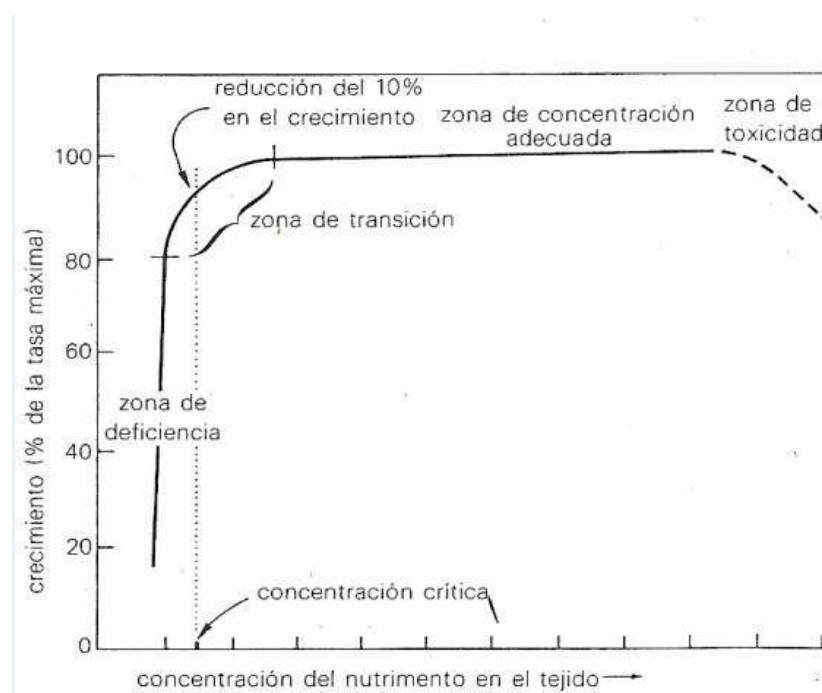
### 3.3 NUTRICIÓN VEGETAL

El desarrollo de la planta es un proceso fisiológico que se relaciona con la toma, el transporte y el metabolismo de agua y de los nutrientes minerales. Estos últimos hacen parte de las estructuras orgánicas como: activadores de reacciones enzimáticas, portadores de carga, osmoreguladores y esenciales para el crecimiento y el desarrollo de las plantas superiores (Arjona, 2006; Ramírez, 2003).

Para considerar que un elemento es esencial existen dos criterios: en primer lugar, un elemento es esencial si la planta no puede completar su ciclo de vida en ausencia de tal elemento y en segundo lugar, un elemento es esencial si forma parte de cualquier molécula o constituyente de la planta que es, en sí mismo, esencial para ésta. También hay que tener en cuenta que muchos investigadores consideran que un elemento es esencial si aparecen síntomas de deficiencia en plantas cultivadas cuando no se agrega ese elemento a la solución nutritiva, aun cuando tales plantas produzcan semillas viables (Salisbury *et al*, 1994).

Las concentraciones tisulares de cada nutriente mineral son necesarias para un buen crecimiento, estos valores son útiles, ya que las concentraciones de los elementos en los tejidos (en hojas esencialmente), indican con mayor confiabilidad que los análisis de suelos, que las plantas crecerán más rápido cuando se les proporcione más de un elemento determinado. Esto se puede observar en la grafica 1 que muestra una curva idealizada de crecimiento como función de la concentración de cualquier elemento dado en la planta, en esta se diferencian intervalos o zonas; un intervalo de las concentraciones bajas, llamado zona de deficiencia, donde el crecimiento aumenta de manera radical

cuando se adiciona cierta cantidad del elemento de esta forma se eleva su concentración en la planta. La zona de concentración adecuada se encuentra por encima de la concentración crítica, donde el incremento en la concentración del elemento no afecta el crecimiento de la planta en forma apreciable, esta zona representa el consumo extra del elemento en el momento que hay un almacenamiento de este en las vacuolas; los macronutrientes son más adecuados en esta zona que los micronutrientes. La zona de toxicidad se da cuando el incremento continuo de cualquier elemento produce toxicidad y disminución en el crecimiento de la planta (Salisbury *et al*, 1994).



**Figura 1.** Curva idealizada de crecimiento como función de la concentración de cualquier elemento dado en la planta.  
Tomada de: (Salisbury *et al*, 1994)

Las soluciones de nutrimentos incluyen elementos (cobre, zinc, manganeso, boro, hierro, azufre, fósforo, magnesio, calcio, potasio, nitrógeno, etc.) que se sabe que son esenciales para todas las angiospermas y gimnospermas. Por ello es fundamental conocer las funciones de los nutrientes minerales y sus principales características. Los elementos esenciales se han clasificado en dos grupos: los macronutrientes que participan en la estructura de un compuesto importante, los cuales se encuentran en el tejido vegetal en cantidades de 1000 o más ppm en base al peso seco (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio,

Magnesio y Azufre), y los micronutrientes que tienen una función activadora de enzimas, que se encuentran en cantidades de 100 o menos ppm con base al peso seco (Boro, Zinc, Cobre, Hierro y Manganeso) ( Salisbury *et al*, 1994).

- **NITROGENO:**

En el caso del nitrógeno este se requiere para un óptimo desarrollo ya que más del 50 % se encuentra en proteínas y ácidos nucleicos y el resto del nitrógeno orgánico como aminoácidos, amidas y nitrato; y en nitrógeno inorgánico en moléculas como iones de nitrato y amonio. Este elemento contribuye positivamente a la expansión foliar determinando su área de crecimiento. Es un elemento muy importante ya que su función principal está asociada con el metabolismo y para las hojas tiene un papel importante en la actividad fotosintética (Azcon, 2000; Ramírez, 2003).

Los síntomas de deficiencia de nitrógeno dependen de cada especie, pero en general, los signos más característicos son una reducción en el crecimiento, debilitamiento generalizado del color verde, amarillamiento que comienza en las hojas inferiores más viejas de la planta y que por lo general, avanza desde el ápice hacia la base, llegando a producir la muerte de los tejidos y la caída de las hojas (Ramírez, 2003; Salas, 2003; Salisbury *et al*, 1994).

- **FOSFORO:**

Este elemento se dispone en forma de ion fosfato es muy importante ya que su aplicación es indispensable en los estados iniciales de crecimiento para la etapa reproductiva de la planta debido a que su acción permite un aumento en la permeabilidad de la membrana. Este elemento es un componente fundamental para la conformación de los intermediarios azúcar - fosfato de la respiración, la fotosíntesis y de los fosfolípidos que forman parte de las membranas (Azcon, 2000; Ramirez, 2003; Zaiger *et al*, 2007).

Su deficiencia genera una disminución en el crecimiento de la raíz, incrementando los carbohidratos y a su vez la sacarosa de la raíz. Los síntomas de deficiencia del fósforo pueden variar entre especies, pero los signos más característicos y generales de una deficiencia de fósforo se presentan cuando la planta presenta un tamaño reducido hay un evidente

retraso en el desarrollo y la maduración, las hojas adquieren un color verde muy fuerte y, en ocasiones, puede llegar a aparecer un tono púrpura en diferentes partes de las hojas, en el tallo y en las ramas (Salas, 2003; Azcon, 2000; Ramírez, 2003; Salisbury *et al*, 1994).

- **POTASIO:**

Este elemento es absorbido por la raíz como catión  $K^+$ , por lo cual su presencia es importante para la osmoregulación estomática debido a la activación de 50 sistemas enzimáticos en los cuales este catión participa. Se encuentra en el citosol y en las vacuolas como un ion libre. Su función principal es la regulación osmótica y la activación de enzimas (Marshner, 1995; Ramírez, 2003; Zaiger *et al*, 2007).

El potasio es un activador de muchas enzimas que son esenciales en la fotosíntesis y la respiración, además de que activa enzimas necesarias para formar almidón y proteínas. Este elemento también es esencial, ya que contribuye de manera importante al potencial osmótico de las células y, por consiguiente, a su presión de turgencia (Salisbury *et al*, 1994)

Su deficiencia reduce la expansión foliar y el contenido de proteínas y clorofila. Pero los dos síntomas más comunes de la deficiencia de potasio son: el acortamiento de los tallos y la aparición de un color tostado y la muerte del tejido foliar que suele presentarse en los bordes de las hojas o en las puntas, las hojas pueden ser angostas y arrugadas (Silva, 2001; Ramírez, 2003; Salisbury *et al*, 1994).

- **CALCIO:**

El calcio lo absorbe la planta como catión  $Ca^{+2}$  y ayuda en la permeabilidad de las membranas, es un elemento poco móvil en el floema de planta por lo tanto no puede ser reabsorbido generando una concentración constante. El contenido de calcio en las plantas varía entre 0.1 y > 5.0 % del peso seco; la deficiencia se encuentra relacionada con los procesos de senescencia ya que incrementa la pérdida de solutos de bajo peso molecular llevando a cabo una desintegración de estructuras membranales. Su presencia es muy importante debido a la participación en la síntesis de pectina en la lámina media de la pared celular y en el crecimiento continuo de los ápices



meristemáticos ya que este elemento se requiere para formar una nueva lámina media en la placa celular que surge entre las células hijas. Este elemento está altamente asociado con las paredes celulares por medio de polisacáridos pectatos y se encuentra en las vacuolas centrales. También participa en la formación del huso mitótico durante la división celular; a su vez es conocido como segundo mensajero en diferentes respuestas a señales hormonales y ambientales, esto se da ya que el calcio se une a la calmodulina que se encuentra en el citosol (Arjona, 2006; Ramírez, 2003; Aristizabal, 2003; Salisbury *et al*, 1994; Zaiger *et al*, 2007)

La deficiencia de calcio disminuye el crecimiento de la planta y el sistema radical, debilita los tejidos foliares haciéndolos más susceptibles al ataque de patógenos. Los síntomas también afectan las hojas nuevas y los puntos de crecimiento de la planta, causando clorosis en los bordes de las hojas, deformación y paralización del crecimiento (Salas, 2003; Salisbury *et al*, 1994).

- **AZUFRE:**

Al azufre la planta lo absorbe como ion sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), el cual es necesario en el desarrollo vegetal, ya que ayuda en la integridad de los ribosomas y la síntesis de proteínas. Este elemento ayuda a la formación de varias coenzimas y vitaminas ya que hace parte de dos aminoácidos importantes la cisteína y metionina, los otros compuestos esenciales que contienen azufre son las vitaminas tiamina y biotina, así como la coenzima A, un compuesto esencial para la respiración y para la síntesis y degradación de ácidos grasos (Arjona, 2006; Ramírez, 2003; Zaiger *et al*, 2007; Salisbury *et al*, 1994).

La deficiencia de este elemento manifiesta la disminución en el crecimiento de la parte aérea, pérdida en la conductividad hídrica de la raíz, cambios en la apertura estomática y deficiencia en el contenido de clorofila en las hojas. Esta deficiencia también causa plantas pequeñas y débiles con tallos cortos y delgados. La tasa de crecimiento se reduce y la maduración se retarda. Las hojas jóvenes se toman de color verde claro y amarillento, con

nervaduras aun más claras. Tiende a confundirse con deficiencias de N en algunas especies (Salas, 2003; ICA, 1968; Arjona, 2006; Ramirez, 2003).

- **MAGNESIO:**

El magnesio se absorbe como ion divalente  $Mg^{2+}$ . Este elemento es muy importante para la pigmentación de las hojas, por lo tanto tiene una estabilidad permanente en la hoja ya que ayuda a la formación de moléculas orgánicas como la clorofila  $\alpha$ , este elemento está ligado con los átomos de nitrógeno que conforman el anillo de porfirina que conforman la clorofila. Este elemento actúa como coenzima de numerosas enzimas, sobre todo en moléculas que actúan en la transferencia de fosfatos y grupos carboxilos, compuestos importantes para el inicio de muchas rutas metabólicas. Tiene un papel específico en la activación de las enzimas implicadas en la respiración, fotosíntesis y en la síntesis de RNA y DNA (Ramírez, 2003; Marschener, 1995; Clavijo, 2006; Zaiger *et al*, 2007).

La deficiencia del magnesio se presenta como una clorosis intervenal en hojas maduras, que eventualmente podría causar defoliación, ya que las células del mésofilo próximas a los haces vasculares retienen la clorofila por periodos mayores que las células del parénquima que se hallan entre ellos (Salas, 2003; Salisbury *et al*, 1994).

- **HIERRO:**

El hierro es absorbido por las raíces de la planta como  $Fe^{2+}$  y  $Fe^{3+}$ . Tiene funciones importantes en la fijación del nitrógeno y ciertas reacciones enzimáticas; es componente de enzimas implicadas en la transferencia de electrones como la formación del citocromo, por medio de una oxidación reversible y en la respiración. Es un elemento que se encuentra dentro del grupo que ayuda en la transferencia de energía y es un elemento no móvil. Una forma estable y abundante de hierro en las hojas se almacena en los cloroplastos en forma de un complejo hierro-proteína denominado fitoferritina (Clavijo, 2006; Salisbury *et al*, 1994).

Las plantas deficientes en hierro se caracterizan por desarrollar una clorosis intervenal pronunciada similar a la causada por la deficiencia de magnesio, pero se presenta primero en las hojas más jóvenes. La clorosis intervenal

en ocasiones es seguida por clorosis de las venas, por lo que la hoja entera adquiere color amarillo. En casos severos, las hojas jóvenes se ponen blancas, con lesiones necróticas (Salisbury *et al*, 1994).

- **BORO:**

El boro es absorbido por las plantas en forma de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) y se encuentra involucrado en el proceso de germinación, división y crecimiento celular. Tiene funciones en la división celular ya que este elemento es indispensable para la formación del uracilo (base nitrogenada del ADN y ARN); en la polinización y fructificación debido a que el boro ayuda a la formación de anteras y la germinación del tubo polínico, también ayuda a acelerar la fertilización de óvulos; este elemento también interviene en procesos enzimáticos ya que participa en la síntesis de sacarosa y en la formación de la glucosa 6 – fosfato; ayuda al transporte de compuestos como el ATP y a mantener adecuadamente la funcionalidad en el floema; contribuye resistencia de los tejidos por tanto ayuda a generar tolerancia al frío y a algunas enfermedades (Marshner, 1995; Ramírez, 2003).

La deficiencia de este elemento produce un desorden nutricional ampliamente distribuido en las hojas jóvenes y yemas terminales, las cuales se presentan decoloradas y con tendencias a necrosis. La deficiencia de boro ha sido asociada a una serie de alteraciones morfológicas y de cambios en la diferenciación de tejidos en las plantas. Sin embargo, esos mismos cambios se han relacionado por variaciones fuertes en los niveles de ácido indolacético, por lo que se ha correlacionado al boro como elemento importante en el metabolismo de dicho ácido (Salas, 2003; Ramírez, 2003; Marshner, 1995).

- **COBRE:**

Es indispensable para formar complejos de la planta ya que tiene la facilidad de unirse a este tipo de complejos. El cobre es absorbido por la planta como  $Cu^{2+}$ . Este elemento ayuda en la transferencia de energía; participa en algunas reacciones enzimáticas ya que está implicado en los procesos de oxidación y reducción y activa la apertura estomática

relacionada con la difusión de CO<sub>2</sub>. En conjunto con otros elementos menores, participa en la formación de la clorofila (Salisbury *et al*, 1994).

Las plantas rara vez tienen deficiencia de cobre, por lo tanto se presenta una deficiencia cuando los suelos son bajos en contenidos de cobre total y en suelos con alto nivel de materia orgánica. Los síntomas típicos de deficiencias son crecimiento atrofiado, dispersión de las hojas jóvenes, necrosis del meristemo apical, decoloración y marchitamiento de hojas jóvenes (Marshner, 1995; Clavijo, 2006; SIA, 2008; Salisbury *et al*, 1994).

Los síntomas de deficiencia del cobre se producen en hojas jóvenes, se observa escoba de bruja y malformaciones en los frutos (Barber, 1995; Salas, 2003).

- **MANGANESO**

El manganeso existe en tres estados de oxidación (Mn<sup>2+</sup>, Mn<sup>3+</sup> y Mn<sup>4+</sup>) en forma de óxidos insolubles en el suelo y también existe como quelato. Se absorbe sobre todo como el catión manganeso, divalente (Mn<sup>2+</sup>). Este elemento tiene un papel muy importante ya que es indispensable para la constitución de enzimas como las descarboxilasas y las deshidrogenasas, implicadas en el Ciclo de Krebs, las cuales regulan procesos vitales en el metabolismo de las plantas. Este elemento también participa en reacciones fotosintéticas generando oxígeno a partir de agua de la planta (Marshner, 1995; Zaiger *et al*, 2007).

Los síntomas de deficiencia del manganeso se producen en hojas jóvenes alterando sus bordes y la parte apical de la planta (Salas, 2003; Salisbury *et al*, 1994).

- **ZINC:**

Este elemento es importante ya que ayuda a promover ciertas reacciones metabólicas y a la activación de sistemas enzimáticos; ayuda a la formación de hidratos de carbono y a la síntesis de la clorofila. Es un elemento móvil (Zaiger *et al*, 2007).

La deficiencia de Zn se presenta como clorosis intervenal en brotes nuevos, disminución en el tamaño de hojas, reducción de crecimiento, peso y

tamaño de los frutos y alteraciones en la formación de semillas (Barber, 1995; Salas, 2003; Salisbury *et al*, 1994).

### **3.4 RELACIÓN DEL SUELO – PLANTA - AMBIENTE**

El desarrollo de la planta es un proceso fisiológico que se relaciona con la toma, el transporte y el metabolismo de agua y de los nutrientes minerales, estos últimos hacen parte de las estructuras orgánicas como: activadores de reacciones enzimáticas, portadores de carga y osmoreguladores esenciales para el crecimiento y el desarrollo de las plantas superiores. Para la toma de nutrientes por parte de la planta es importante tener en cuenta los movimientos de los elementos hacia la raíz, los cuales depende de tres factores importantes. El primero es la intercepción radicular, la cual se da cuando las raíces de las plantas aumentan y ocupa cierto volumen en el suelo poniéndose en contacto con algunos nutrientes disponibles allí. Este método es una buena opción para la toma de nutrientes, el problema es que no todos los elementos que la planta necesita, los puede tomar de esta forma ya que el único elemento que puede ser suplido completamente por este mecanismo es el calcio y una parte de magnesio, zinc y manganeso. El segundo es el flujo de masas, donde los iones viajan hacia el interior de la raíz en el agua que es absorbida como respuesta a las diferencias de potencial dadas por la transpiración, pero su efectividad depende de la concentración en la solución de suelo, cantidad de agua transportada por unidad de peso de tejido, requerimientos del nutriente de la planta, concentración en la solución del suelo y volumen efectivo de agua que se mueve en respuesta a gradientes de potencial de agua que se pone en contacto con la superficie de la raíz. Por este mecanismo la planta puede obtener calcio, magnesio, zinc, hierro, cobre, y boro. Y el tercero es la difusión, el cual consiste en movimiento de iones de un punto de mayor concentración (solución del suelo) a otro de baja concentración (superficie de la raíz), el cual depende de la humedad del suelo y de su textura (Castillo *et al*, 1982; Pabón *et al*, 1997; Arjona, 2006; Ramírez, 2003).

En el ambiente también se encuentran otros agentes que son importantes para que la planta realice adecuadamente el proceso de absorción de nutrientes, tales como la concentración de oxígeno en la atmósfera del el suelo, el cual es importante para las raíces ya que lo utilizan para generar la energía requerida para la toma de nutrientes; la temperatura del suelo, la cual afecta directamente la actividad metabólica de la planta, es importante para la absorción de los nutrientes del suelo; las reacciones antagónicas y sustancias toxicas afectan procesos metabólicos de las plantas o pueden inhibir la absorción de iones; la actividad de los microorganismos tales como las bacterias u hongos (micorrizas); y la impedancia mecánica, el cual es un efecto mecánico del suelo sobre la planta impidiendo su crecimiento (Castillo *et al*, 1982; Pabón *et al*, 1997).

#### **3.4.1 Reacciones antagónicas**

Las reacciones antagónicas en la nutrición vegetal se basan en interacciones iónicas que ocurren cuando el suministro de un nutriente, afecta la absorción, distribución o función de cualquier otro. Estas interacciones y antagonismos conducen por lo general a desequilibrios fisiológicos nutricionales que se manifiestan en las plantas. El antagonismo se da por lo general cuando el aumento por encima de cierto nivel de concentración de un elemento reduce la absorción de otro (Tisdale, 1965).

El zinc interactúa principalmente con (Tisdale, 1965):

- Zinc/fósforo: posiblemente el efecto deprimente del fósforo sobre el zinc es fisiológico.
- Zinc/Nitrogeno: el efecto del nitrógeno sobre la toma y concentración de zinc en la planta depende en muchos casos de esta. Por ejemplo, en papa y remolacha se aumento la toma y concentración de zinc con los niveles de nitrógeno aplicados.
- Zinc/Magnesio: es posible que el magnesio libera Zn de compuestos relativamente insolubles. Por otra parte, se sugiere que la interacción positiva Magnesio/Zinc ocurre en un mayor grado dentro de la planta que en el suelo.

- Zinc/Hierro: entre estos elementos debe existir un balance apropiado. En plantas con deficiencia inicial de zinc se agrava el problema al aumentar el hierro; al aumentar el zinc se puede agudizar las deficiencias de hierro.
- Cobre/Zinc: el exceso de zinc puede inducir deficiencias de cobre, principalmente en cebada y trigo. (Balber, 1995).

En el calcio las principales interacciones son:

- Calcio/Potasio: se da básicamente por una competencia en la neutralización de la acidez celular, ya que el calcio por su papel de regulador de la permeabilidad de la pared celular controla la toxicidad que el exceso de potasio puede producir.
- El exceso de calcio disminuye la utilización de micronutrientes como el Hierro, Manganeso y Zinc. (Salas, 2003).

En el nitrógeno las principales interacciones son:

- Nitrógeno/fósforo y Nitrógeno/ Potasio: La absorción del nitrato estimula la absorción de cationes, mientras que el cloruro y los aniones de hidróxido restringen la absorción de  $\text{NO}_3$ . Los carbohidratos aumentan la absorción de amonio y éste a su vez restringe la absorción de cationes, lo cual puede ocasionar una deficiencia de fósforo y potasio.

En el potasio las principales interacciones son:

- La interacción entre K y Mg es bien conocida, así como la relación entre K y Ca. Altas concentraciones de K ocasionan inicialmente una deficiencia de Mg y cuando el K está en mayor desequilibrio provoca una deficiencia de Ca.

En el cobre las principales interacciones son:

- El Cu en la planta puede interferir con el metabolismo del Fe, ocasionando una deficiencia de Fe.

En el hierro las principales interacciones son:

- Altos contenidos de P en la planta reducen la solubilidad del Fe en la planta. Una relación P:Fe de 29:1 es el promedio de la mayoría de las plantas .

### 3.5 FERTILIDAD DEL SUELO

El suelo es el producto de la mezcla de minerales, materia orgánica, agua y aire. La parte mineral del suelo se compone de pequeños fragmentos de roca y cuatro clases de partículas inorgánicas (grava, arena, limo y arcilla). La porción de materia orgánica se forma a partir de residuos de animales y de plantas destruidas, los cuales se pueden encontrar en dos formas, el primero en un estado de descomposición baja los cuales aun poseen características de tejidos originales, y el segundo es el humus el cual se genera a partir de la descomposición de la materia orgánica. El agua es retenida por el suelo por medio de la acumulación de ésta en los poros, los cuales pueden variar su tamaño dependiendo de la cantidad presente de este elemento. En el caso del aire, este también se encuentra en los poros del suelo, los cuales separan las partículas sólidas que se encuentran allí. Dos elementos esenciales para la actividad química y nutritiva en el suelo son la arcilla y el humus, estos controlan ciertas propiedades físicas y químicas que actúan en él (Adsil, 1996; Veloso, 1969; Silva, 2001).

La función principal del suelo es de anclaje del sistema radicular, pero las condiciones químicas y físicas de este deben ser óptimas para tener un buen crecimiento de la planta ya que de él se extraen los nutrientes y el agua, por lo que es indispensable tener en cuenta el grosor del suelo disponible, para una adecuada penetración de las raíces (Rodríguez *et al*, 2002; Silva, 2001; Lara, 1997).

Debido a la gran cantidad de interacciones que está sujeto el suelo, tales como el ambiente y el contacto con ciertos organismos, siempre se forman una serie de procesos que generan cambios continuos en ellos, provocando otras condiciones para la supervivencia de todos los organismos que este posee. Por tal razón no todos los suelos son los indicados para el crecimiento de diferentes grupos de plantas y es necesario conocer la composición de este para obtener una buena producción. El suelo debe tener algunas condiciones indispensables para un buen crecimiento de las plantas. La primera es tener un buen drenaje ya que esta característica aumenta la velocidad de descomposición de la



materia orgánica, facilita la aireación, aumenta la temperatura del suelo, facilita la germinación e incrementa la población bacteriana. El segundo es la aireación, la cual debe suministrarse continuamente en grandes proporciones ya que las plantas necesitan siempre este recurso para su proceso de respiración; su ineficiencia no solo puede afectar la vitalidad de la planta ya que también genera una compactación en el suelo, un aumento en el nivel freático o la acumulación de bióxido de carbono. La tercera condición es tener un grado de humedad alta ya que los nutrientes son tomados en conjunto con el agua. La temperatura es la cuarta condición indispensable para un adecuado crecimiento de la planta, debido a que el desarrollo óptimo de esta se genera dentro de un determinado rango de temperatura. Y por último el pH, ya que de este depende la disponibilidad de ciertos nutrientes en el suelo (Adsil, 1996; Rodríguez *et al*, 2002; Silva, 2001; Lara, 1997; Veloso, 1969)

En la mayoría de suelos la cantidad de elementos tanto macro como micro no se encuentran en la cantidad adecuada para el crecimiento óptimo de las plantas, ya que los factores que influyen en la obtención de estos son muy variadas y poco constantes, tales como la intemperización de los minerales primarios, composición de la materia orgánica, aplicación de enmiendas y fertilizantes, deposición de elementos presentes en la atmósfera, capacidad de reemplazo o sustitución desde la fase sólida del suelo a la fase líquida del mismo y la capacidad para mantener la concentración de nutrientes en la solución del suelo (factor buffer). A parte de los factores ya mencionados anteriormente hay otros agentes que influyen directamente en la concentración de los nutrientes del suelo, tales como, solubilidad, la interacción entre la solubilidad de los elementos menores y mayores; el pH, el cual es determinante para la solubilidad de los nutrientes; y el potencial redox, el cual está relacionado con el estado de aireación del suelo el cual depende de la tasa de respiración microbial afectando directamente elementos como elementos como el nitrógeno, azufre, hierro, manganeso y cobre, que tienen más de un estado de oxidación (Castillo *et al*, 1982; Pabón *et al*, 1997).

### 3.6 ANÁLISIS DE SUELO

El análisis de suelo es una herramienta que ayuda a determinar que procedimiento es el correcto a seguir para obtener un buen desarrollo de la planta de interés y así un mayor uso y aprovechamiento de los nutrientes que se encuentran en el suelo, aumentando de esta forma los rendimientos del cultivo. Este procedimiento es muy importante ya que con este principalmente se determinan las concentraciones de los diferentes elementos, las cuales varían mucho de acuerdo a la naturaleza de las rocas, la edad de los suelos, la intensidad de los procesos como la meteorización en un periodo de tiempo, los minerales orgánicos y las combinaciones de los agentes que contribuyeron a su formación y alteración continua, hacen que de acuerdo al lugar y sus condiciones se forme un tipo de suelo diferente (Veloso, 1969; Cadahía, 2005). El suelo es el medio de cultivo más importante ya que los nutrientes derivan de la descomposición de la materia orgánica, aplicación de enmiendas y fertilizantes, descomposición de elementos presentes en la atmósfera, por ello es importante realizar un análisis de suelo que permite evaluar el potencial de nutrientes que presenta antes de la siembra o los que le suministra a la planta durante su ciclo de cultivo; para esto se necesita determinar la composición y las propiedades del suelo tales como: pH, textura, conductividad eléctrica (EC) y materia orgánica, determinación de la acidez intercambiable, cálculo de materia orgánica, determinación del fósforo, determinación de bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico, análisis físico mecánico, salinidad, de esta forma podemos conocer sobre las propiedades físicas y químicas del suelo además de suministrar un análisis de la reserva de nutrientes disponibles o asimilables por la planta y el ritmo de incorporación de los nutrientes a la disolución del suelo. Las propiedades físicas de los suelos son determinadas en su mayor parte, por el tamaño de las partículas que posee, modo de disposición, distribución del tamaño y del estado de agregación en el que se encuentren. (Azcon, 2000; Cadahía, 2005; Veloso, 1969; Adsil, 1996; Rodríguez *et al*, 2002).

### 3.6.1 Suelo Andisol

La palabra ando significa, an: oscuro y do: suelo. Son suelos de horizontes oscuros debido al alto contenido de materia orgánica y a la arcilla predominante la alófana, ésta es un coloide amorfo e hidratado, que aparece en esos sistemas como producto obligatorio de la descomposición de las cenizas volcánicas en zonas húmedas. En los andisoles hay una reacción entre los productos de alteración mineral y los compuestos producidos generados por la descomposición de materia orgánica. Son suelos con meteorización lenta debido el patrón deposicional que se genera según el tamaño de las partículas y a las bajas temperaturas cerca de los cráteres las cenizas. Estos generan capas de acumulación de materiales húmicos asociados con cenizas, produciendo zonas con características de los suelos minerales o características de suelos orgánicos (Comité para reconocimiento de suelos, 1994; Malagón, 2005; Henríquez *et al*, 2007).

Estos suelos tienen espesores muy amplios en la superficie mineral, se caracterizan por tener grandes cantidades de complejos de aluminio-humus, la cual se denomina alófano e imogolita, generando complejos muy estables arcillo-húmicos. Las características más importantes de este suelo es poseer menos del 25% de carbono orgánico. Se caracterizan por tener una porosidad alta y una alta retención de humedad, su pH generalmente es bajo. Su carga es muy variable, lo cual genera una alta retención de fosfato y otras moléculas orgánicas. Sus densidades son bajas, suelos friables y bajo contenido de bases por efecto de la lixiviación que genera el ambiente en el que está. Su mineralización es lenta, lo cual hace que se estabilicen materiales orgánicos generando déficit de fósforo y altas concentraciones de aluminio intercambiable, generando la acumulación de materia orgánica y haciendo que el nitrógeno y el azufre se presente en bajas concentraciones (Ortiz *et al*, 2007; Comité para reconocimiento de suelos. 1994; Rodríguez *et al*, 2004; González *et al*, 2009).

### 3.7 TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE O PARCELAS DE OMISIÓN

La técnica de las parcelas de omisión, se basa en la técnica del elemento faltante, aplicado a la evaluación de la fertilidad de los suelos y de la respuesta de las plantas cultivadas al abonamiento con determinados elementos, la cual permite evaluar el aporte de los nutrientes nativos del suelo determinado la fertilidad de un suelo específico. Su objetivo es establecer el rendimiento de un cultivo que se fertiliza con una solución completa carente de un elemento ya sea macro o micro, midiendo el aporte del nutriente carente en la solución por parte del suelo, y a partir de los resultados se determina la dosis total del nutriente carente en la solución dependiendo del déficit entre la necesidad total del nutriente para obtener la meta de rendimiento y el suplemento del nutriente proveniente del suelo (Espinosa *et al*, 2005; Espinosa, 2006; Guerrero, 1986).

El uso de parcelas de omisión ha sido muy utilizado para mejorar la fertilización en cultivos como el del banano (Espinosa, 2006), el arroz (Witt, 2005) o el café (Jiménez, 2008) los cuales son muy importantes en la economía Colombiana. Estos estudios han concluido que esta técnica permite estimar las necesidades de nutrientes a nivel de “fincas” o pequeñas zonas en una determinada región, también proveer herramientas para efectos visuales en cuanto a deficiencias de macro y micronutrientes en un cultivo determinado. De igual forma las parcelas ayudan a encontrar las diferencias entre nutrientes y sirve como punto de referencia para el manejo integrado de nutrientes a un bajo costo (Espinosa, 2006).

Esta técnica ha sido una gran herramienta de apoyo junto con el análisis del suelo y análisis foliar, ya que los parámetros para determinar las dosis de fertilizantes de un cultivo en un suelo específico aun son muy bajas, lo cual hace que cada productor aplique dosis indiscriminadas de fertilizantes enriqueciendo los suelos considerablemente con diferentes elementos provocando desbalances físicos y químicos del suelo generando bajas producciones y bajas rentabilidades. En el banano es muy evidente estos problemas ya que según estudios (Espinosa *et al*, 2005) de eficiencia en el uso de nutrientes no hay correlaciones entre el contenido de nutrientes en el suelo

y el rendimiento, por tanto es importante enfocarse en cuatro prácticas fundamentales para determinar la aplicación correcta de los nutrientes, tales como la dosis, fuentes y épocas de aplicación y formas de aplicación. Otros estudios en cultivos como el arroz y el maíz (Espinosa, 2006) han demostrado con el uso de esta técnica genera herramientas para aumentar el rendimiento en estos cultivos, en el ensayo se muestra que el aporte de nitrógeno por parte del suelo en rendimiento es de 3.5 Ton.ha<sup>-1</sup> en cambio si se aplica mayor cantidad de nitrógeno en el plan de fertilización se pueden incrementar los valores de rendimiento a 6 Ton.ha<sup>-1</sup>, concluyendo que si se aplican dosis correctas de nitrógeno se puede incrementar entre 18 – 25 kg por cada kilo (1 kg) de nitrógeno que se incorpore en el cultivo, este estudio también demostró aumento en el rendimiento si se aumenta en el plan de fertilización las dosis de elementos como el potasio y el fósforo (Witt, 2005). Estudios similares de estas especies (Castilla, 2008) ratificaron que el nitrógeno, fósforo y potasio son los elementos más importantes de la fertilización en estos cultivos, seguido de calcio, magnesio, azufre y silicio, y de los micros, el elemento con mayor demanda fue el hierro, seguido de manganeso, zinc, boro y cobre. Sin embargo el uso de las parcelas de omisión también se ha implementado en otros países como Ecuador para desarrollar tecnologías para la nutrición de las plantas (Valverde *et al*, 2007) específicamente en cultivos como el maíz, estudios que han demostrado que para este cultivo el elemento más importante es el nitrógeno y que elementos como el fósforo, potasio, azufre y magnesio no influyen significativamente sobre el rendimiento del maíz para esa zona.

Por medio de técnicas como la del elemento faltante, en cultivos como el café (Sadeghaian, 2008) se evaluó el efecto de elementos tales como el nitrógeno, potasio, fósforo y magnesio, sobre los niveles de los nutrientes a nivel foliar, en el café, determinando si el suelo donde se llevo a cabo el estudio era capaz de proporcionarle los nutrientes requeridos por la planta. El estudio también muestra que en la etapa de producción el café responde de manera positiva al suministro de nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio, azufre, calcio y, eventualmente, boro, en donde el nitrógeno demostró ser el elemento más importante ya que su ausencia puede reducir casi el 50 % del rendimiento en

esta planta. Otros estudios realizados por el mismo autor en el año 2007, determinaron la cantidad de macro y micro nutrientes, extraídos por el fruto, lo cual nos permite estimar las dosis sostenibles de nutrientes poco y medianamente móviles.

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1 LOCALIZACION

El ensayo se realizó en el Laboratorio de Horticultura de la Estación Experimental Hacienda Río Grande de la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar Nueva Granada (Figura 3), ubicada en el municipio de Cajicá (Cundinamarca, Colombia) (Figura 2). La zona se encuentra a una altura de 2580 m.s.n.m. a una latitud de 4° 56.543'N y una longitud de 74° 00.552'O. Todos los experimentos realizados fueron bajo invernadero a una temperatura máxima de 31.13 °C y mínima de 8.81 ° C, y la temperatura promedio es de 19.97° C. La humedad relativa promedio es de 69.36 %.

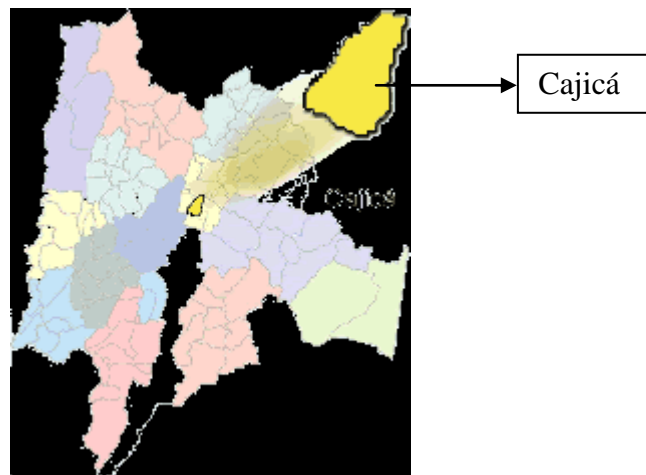


Figura 2. Mapa geográfico del Municipio de Cajicá en el Departamento de Cundinamarca.

Tomado de: Cajicá-Cundinamarca, 2007.



Figura 3. Laboratorio de Horticultura de la Estación Experimental Hacienda Río Grande de la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar Nueva Granada.  
Tomada por: Suárez, 2009.

#### 4.2 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

El sustrato que se empleó para el trasplante del orégano y el romero fue de el suelo proveniente de la Vereda Río Frío (Figura 4) ubicada en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, en las coordenadas de latitud 5°01'21.7" y longitud de 74°03'48.5", zona en la que se encuentran varios productores de hierbas aromáticas de la Asociación de Productores de Hierbas Aromáticas y Medicinales de Zipaquirá (AsopraZ).

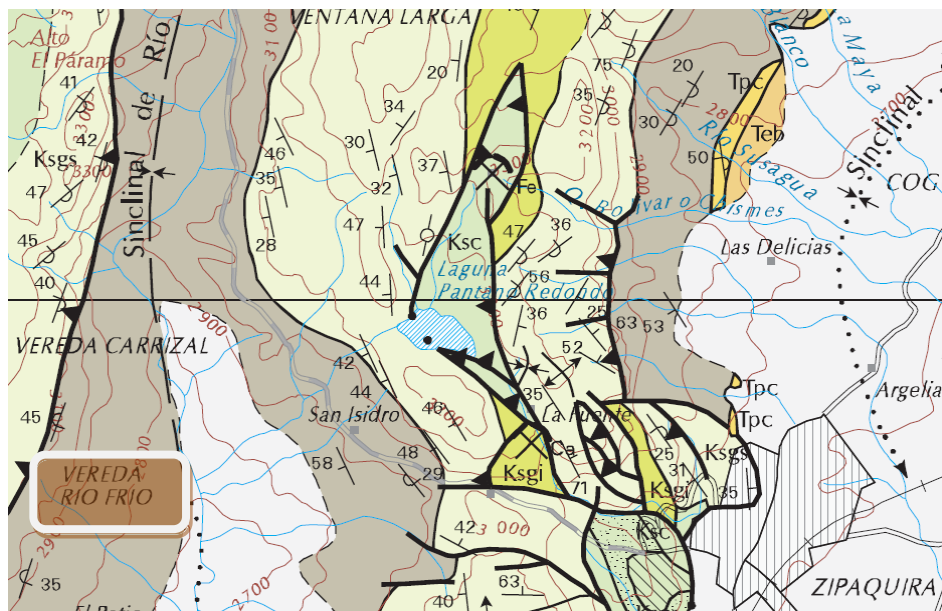


Figura 4. Mapa Geológico de la Vereda Río Frío.  
Tomado de: Base Cartográfica Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2000.

El suelo utilizado se obtuvo de una de las fincas pertenecientes a la asociación, al cual se le realizó un análisis cualitativo y fisicoquímico para conocer sus propiedades y estado en el que se encontraba. Posteriormente se recogieron 22 bultos de suelo tomada del primer horizonte (Ap) para el montaje del ensayo.

La descripción del suelo fue realizada en un estudio previo por Rodríguez *et al*, (2008), como parte del proyecto “Desarrollo de un esquema de fertilización orgánica para la producción de tomillo, orégano y romero en suelos de Zipaquirá, Cogua y Nemocón (Cundinamarca)”, ejecutado por la Universidad Militar Nueva Granada y cofinanciado por el Ministerio de Agricultura. Según la caracterización de suelo este correspondió a un suelo Andison - Typic Hapludand (Tabla 9) muy característico de la zona de Río Frío (Zipaquirá, Cundinamarca) (Ortiz *et al*, 2007).

Tabla 9. Taxonomía del suelo de la Vereda Río Frío, Zipaquirá, Cundinamarca  
Tomada por: (Ortiz *et al*, 2007)

SUBORDEN	Udands
GRANDES GRUPOS	Hapludand
SUBGRUPO	Typic Hapludand

#### 4.3 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL

El perfil de suelo se caracteriza por describir la morfología y las características químicas de los diferentes estratos que se establecen previamente de acuerdo a los horizontes y subhorizontes de cada suelo (Figura 5). Las características morfológicas que se evalúan en cada estrato son la amplitud de cada horizonte (cm), textura, estructura, color, consistencia, acidez, presencia o ausencia de materia orgánica o cenizas volcánicas y características organolépticas (Duran, 2003).



Ap  
0 – 36 cm

Color en húmedo negro (10YR2/1); textura franco arcillosa; estructura granular, fina y moderado; consistencia en húmedo friable, en mojado pegajosa y plástica; no se observan cutanes; regulares poros medianos y abundantes finos; no hay formaciones especiales; abundante actividad de macroorganismos (deyecciones de lombriz y presencia de chizas); abundantes raíces gruesas y finas con distribución normal; reacción fuerte al  $H_2O_2$ ; no hay reacción al HCl; reacción intensa al NaF; límite abrupto y plano

A  
36 – 55  
cm

Color en húmedo negro (5YR2.5/1); textura franco arcillosa con presencia de gravillas finas; estructura bloques angulares, fina y débil; consistencia en húmedo friable, en mojado pegajosa y plástica; no se observan cutanes; abundantes poros medianos y finos; no hay formaciones especiales; abundante actividad de macroorganismos (deyecciones de lombriz y presencia de chizas); abundantes raíces finas y pocas medias con distribución normal; reacción ligera al  $H_2O_2$ ; no hay reacción al HCl; reacción intensa al NaF; límite abrupto y plano

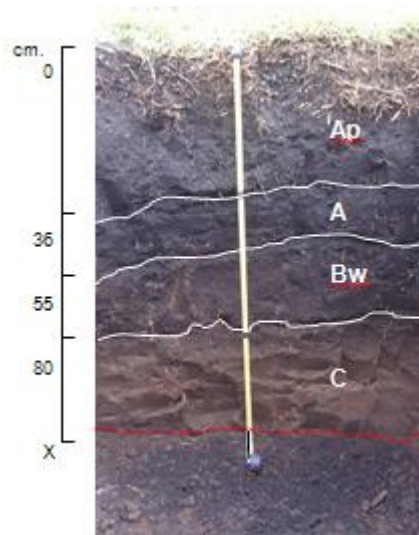


Figura 5. Perfil de suelo de la calicata de la Vereda Río Frío. Tomada por: Pérez, 2008

#### 4.4 PROPIEDADES QUÍMICAS

Los estudios químicos realizados por Laboratorio Nacional de Suelos (IGAC) del suelo de la Vereda de Río Frío, fueron interpretados de acuerdo al Anexo 16, los cuales mostraron que el primer horizonte (Ap) tenía un pH de 5.9 indicando que el suelo es medianamente ácido, en cambio el segundo horizonte (A) presenta un pH más bajo de 5.2 lo que significa que este horizonte es fuertemente ácido. El porcentaje de saturación de acidez es alto en el segundo horizonte y bajo en el primero, lo cual está relacionado con el aumento de acidez en el suelo. La conductibilidad eléctrica es baja en ambos horizontes, 0.50 Ds/m para el primero y 0.18 Ds/m para el segundo. Este suelo contiene altas concentraciones de materia orgánica, 20.51 % para el primer horizonte y 19.82 % para el segundo horizonte, y baja saturación de bases 25.5 % y 3.6%, primer y segundo horizonte, respectivamente. La capacidad de intercambio catiónico es de 54.8 y 60.9 meq/100g, para el primer y segundo horizonte, respectivamente. El carbón orgánico para el primer horizonte es 11.9 % y para el segundo es 11.5 % (González *et al*, 2008).

Tabla 10. Propiedades Químicas del suelo encontrado en el primer horizonte de la Vereda Río Frío, Zipaquirá, Colombia.

Tomado de: Resultados Laboratorio Nacional de Suelos (IGAC,2008)

Profundidad	Ca	Mg	K	Na	Mn	Fe	Zn	Cu	B	S	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P
	(ppm)												
Ap 0 – 36 cm	1920.0	170.0	938.4	46.0	1.5	95.0	0.78	0.88	1.3	4.1	4.6	7.8	9.8

<b>BAJO</b>	<b>BAJO MEDIO</b>	<b>MEDIO</b>	<b>MEDIO ADECUADO</b>	<b>ADECUADO</b>	<b>EXCESO</b>
-------------	-------------------	--------------	-----------------------	-----------------	---------------

Ca: Calcio; Mg: Magnesio; K: Potasio; Na: Sodio; S.B.: Porcentaje de saturación de bases; Mn: Manganeso, Fe: Hierro; Zn: Zinc; Cu: Cobre; B: Boro, S: Azufre; N- NO<sub>3</sub>: Nitratos; N- NH<sub>4</sub>: Amonio; P: Fósforo; ND: No detectado. Unidades: meq/100g: miliequivalentes por 100 gramos; %: porcentaje; ppm: partes por millón

#### 4.5 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

Los ensayos se realizaron en materas plásticas de 3 kg de capacidad, con dimensiones de 30 cm de diámetro y 40 cm de profundidad (capacidad 7 litros), (Figura 6).



Figura 6. Unidades experimentales del estudio.  
Tomada por: Suárez, 2009

En cada matera se trasplantó un esqueje enraizado de *O. vulgare* o de *R officinalis*, los cuales fueron suministrados por AzopraZ. En las materas se agregó cascarilla de arroz y el suelo respectivo de la zona de Zipaquirá en una proporción 1:1. Las materas fueron dispuestas en dos hileras por especie en una nave del invernadero de Horticultura (Figura 7).



Figura 7. Montaje del experimento y ubicación en el invernadero.  
Tomado por: Morales y Suárez, 2009.



**Figura 8.** Ubicación de las materas en la nave del Laboratorio de horticultura.  
Tomado por: Suárez, 2009.

Para uniformizar el crecimiento de las plantas se realizó una poda inicial en todas las repeticiones, a los 30 días después del trasplante (DDT), en ambas especies. Las siguientes podas se realizaron para la cosecha cuando más del 80 % de los tallos tenían el tamaño de calidad tipo exportación. En el romero la poda consiste en cortar los tallos secundarios no leñosos por la parte basal que se encuentra cerca al tallo principal cuando la mayor parte de los tallos poseen una longitud de 15 cm, en cambio en el orégano la poda consiste en cortar todos los tallos por la parte basal dejando tallos de aproximadamente 1 cm de longitud.

#### **4.6 DISEÑO EXPERIMENTAL**

El ensayo se realizó bajo el diseño experimental completamente al azar. Se evaluaron 13 tratamientos (Tabla 11), los cuales fueron colocados bajo el invernadero de Horticultura por especie.

**Tabla 11.** Tratamientos con sus respectivas soluciones

TRATAMIENTOS	DESCRIPCION
T1	Plantas con solución completa
T2	Plantas con solución carente de nitrógeno
T3	Plantas con solución carente de fósforo
T4	Plantas con solución carente de potasio
T5	Plantas con solución carente de calcio
T6	Plantas con solución carente de azufre
T7	Plantas con solución carente de magnesio
T8	Plantas con solución carente de hierro
T9	Plantas con solución carente de cobre
T10	Plantas con solución carente de cinc
T11	Plantas con solución carente de boro
T12	Plantas con solución carente de manganeso
T13	Con agua

Se utilizaron 65 esquejes para cada especie propagados por la Asociación Asopraz, los cuales al inicio del experimento tenían un tamaño promedio de 17 cm para romero y 10 cm para el orégano. Después del trasplante los esquejes entraron en un periodo de aclimatación en donde solo fueron regadas con agua de acueducto durante un mes.

#### **4.7 PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS**

Se utilizó la solución completa Hoagland N° 2 (Tabla 12), y a partir de esta se prepararon las diferentes soluciones nutritivas concentradas 10X, de las cuales se tomaba 1 ml de la solución que era diluida en agua de acueducto según el volumen aplicado por unidad experimental empleando la técnica del elemento faltante y luego se aplicaban al sustrato de cada maceta (Anexo 1).



**Tabla 12:** Solución N° 2 Hoagland & Arnon (1951)

Tomada de: Salisbury et al, 2000.

Constituyente	mg/L (ppm)
K	235
NO3	196
NH4	14
Ca	160
P	31
Mg	49
S	64
Mn	0,5
B	0,5
Zn	0,05
Cu	0,02
Mo	0,01

Cada unidad experimental fue fertilizada con la respectiva solución nutritiva una vez por semana y normalmente se realizaban uno o dos riegos adicionales por semana empleando agua del acueducto en volúmenes de acuerdo a la lectura del tensiómetro Irrrometer, el cual se colocó en uno de los tratamientos totalmente al azar (Figura 9).



**Figura 9.** Ubicación al azar del tensiómetro en orégano y romero.

Tomada por: Morales y Suárez

#### 4.8 MEDICIÓN DE VARIABLES

Semanalmente se realizaron observaciones y descripciones cualitativas en cada especie sobre las sintomatologías que presentaban las plantas, tales como su coloración, apariencia, turgencia, afección por insectos o plagas, etc. Si se observaban algunos de estos síntomas se tomaban evidencias fotográficas.

Se realizaron observaciones cuantitativas semanalmente teniendo en cuenta las siguientes variables (Anexo 2):

- Número de tallos. Para esta variable se contabilizó semanalmente los tallos que tenía cada planta en cada unidad experimental.
- Longitud de tallos. La medición de esta variable se inició cuando en cada planta se observó una uniformidad en la altura de los tallos mínimo tres, los cuales fueron marcados con hilos de diferentes colores (Figura 10). Estos tallos se midieron con una regla semanalmente, teniendo en cuenta que la longitud se consideró desde la parte basal de los tallos hasta la apical considerando la posición de las hojas más apicales.



**Figura 10.** Marcaje de tallos.  
Tomada por: Suárez y Morales



**Figura 11.** Medición de la longitud de tallos en romero y orégano.  
Tomado por: Suárez, 2009

Se realizaron 2 cosechas para el romero, a las cuales se les realizó el corte a las 10 semanas; en el caso del orégano se realizaron 3 cosechas para el orégano, la primera se realizó a las 8 semanas y la segunda a las 9 semanas, se realizó la tercera cosecha debido a que la 2 cosecha tuvo problemas de deshidratación y los datos no eran totalmente confiables por la pérdida de algunas plantas, la cual se efectuó 2 meses después (Tabla 13). Para determinar la época de la cosecha se tomó como referencia el largo de los tallos, si más del 80 % de la totalidad de estos sobrepasaba la medida de exportación (Tabla 14), se hacía corte para cada especie. Para cada especie se maneja un tipo de corte diferente, en el caso del romero se cortaron los tallos individualmente se encontraban sobre los 15 cm (Figura 12). En el caso del orégano se cortaron todos los tallos de la planta dejando al menos 1 centímetro de los tallos sobre el sustrato.



**Tabla 13.** Fechas de las cosechas para cada una de las especies.

	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3
Orégano	20/10/08	26/01/09	05/03/09
Romero	4 / 11/08	26/01/09	

- Clasificación exportación/nacional: Esta variable es medida después del corte de cada una de las especies, a este material se le mide la longitud de cada tallo y de acuerdo a ello se clasificaron en 2 categorías:

**Tabla 14.** Clasificación tipo exportación y nacional en Orégano y Romero.

ESPECIE	TIPO EXPORTACION	TIPO NACIONAL
OREGANO	$\geq 8$ cm	< de 8 cm
ROMERO	$\geq 15$ cm	< de 15 cm



**Figura 12.** Clasificación tipo exportación y nacional en orégano y romero.  
Tomado por: Gonzales, 2008.

El material cosechado y clasificado en cada categoría de calidad fue colocado en bolsas de papel kraft debidamente marcadas con el tratamiento, la repetición y la categoría de calidad correspondiente.

Posteriormente se procedió a medir las siguientes variables:

- Biomasa fresca: Las muestras se pesaron en una balanza.( Anexo 2)

- Biomasa seca: Colocando las muestras en un horno de secado por un periodo de 48 horas a una temperatura de 60 °C, y con ayuda de una gramera se obtuvo el peso. (Anexo 2)

## **4.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

### **4.9.1 Longitud y Número de tallos**

Para el análisis de estas dos variables se utilizó el Software SAS, con el método de análisis de medidas repetidas con estructuras de covarianza autoregresiva de orden 1 y covariable valor de la variable en el tiempo 1.

En el programa se utilizaron los siguientes procedimientos:

- Procedimiento Mixed
- El método de Kenward-Roger, para estimar los grados de libertad
- Métodos de estimación de máxima verosimilitud restringida

Los anteriores procedimientos permitieron determinar si había interrelaciones significativas entre los tratamientos, lo cual establece desde que fecha los tratamientos empiezan hacer efectivos, y así poder evaluar que tratamiento es el más crítico para la planta.

### **4.9.2 Biomasa total fresca y materia seca total cosechada**

Para analizar el rendimiento y el crecimiento real de la planta se tuvo en cuenta la biomasa fresca y seca acumulada para cada especie. Para observar si estadísticamente había diferencias entre los tratamientos se trabajó el programa R 2.8.1, para correr el programa se tuvo en cuenta un código que se basaba en las sumatorias de exportación y nacional para biomasa fresca y biomasa seca; aplicando la prueba de ANOVA y Shapiro. De acuerdo a los datos arrojados por el código se observó si entre los tratamientos había diferencias y si los datos se comportaban normales.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 ROMERO

#### 5.1.1 Longitud de los tallos

En el primer corte la tendencia de crecimiento de los tallos de romero en todos los tratamientos fue similar durante el tiempo. Según el análisis estadístico (Anexo 8), se demostró que la longitud de los tallos si estuvo afectada de manera significativa por los tratamientos ( $P(>F)=0.0012$ ), especialmente en aquellas plantas sometidas a la carencia de nitrógeno y las del testigo absoluto, a partir de los días 115 después del trasplante (DDT).

Las plantas tratadas con las soluciones carentes de potasio, fósforo, manganeso, hierro, zinc y boro, fueron las que generaron las mayores longitudes de tallos en comparación con las de la solución completa. Se destacan por encima de ellos los tratamientos sin magnesio y sin calcio, cuyos tallos superaron en longitud a los de la solución completa en un 17 % y 22.2 %. Por otra parte, los tallos producidos por el romero fertirrigado con la solución sin azufre y sin cobre fueron ligeramente más cortos que los de la solución completa. Tallos de menor longitud se presentaron en las plantas con restricción del nitrógeno, resultando ser un 66.6 % inferiores a los de la solución completa. Los tallos de romero más cortos se produjeron en el testigo absoluto, los cuáles tan solo alcanzaron los 6,8 cm. (Figura 13).

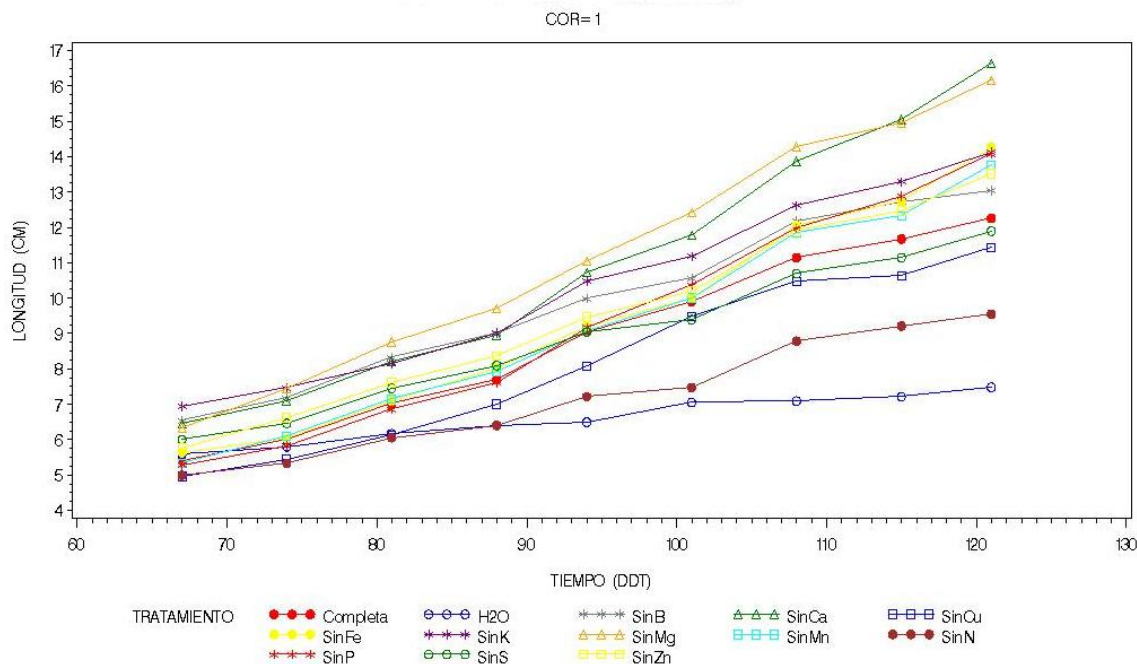


Figura 13. Longitud promedio de los tallos de romero en cada tratamiento evaluado, tomada desde el momento de la poda que se practicó al inicio del experimento y hasta la primera cosecha.

A diferencia del primer corte, en el segundo corte los tratamientos a los que fueron sometidas las plantas de romero estadísticamente no presentaron un efecto sobre la longitud de los tallos ( $P(>F)=0.22$ ) (Anexo 9). En este corte los tallos presentaron un comportamiento similar en cuanto a las tasas de crecimiento a través del tiempo en cada uno de los tratamientos. En general, se presentó una tendencia lineal hasta los 150 DDT y de ahí en adelante se presenta un comportamiento exponencial en todos los tratamientos excepto en el testigo absoluto (Figura 14).

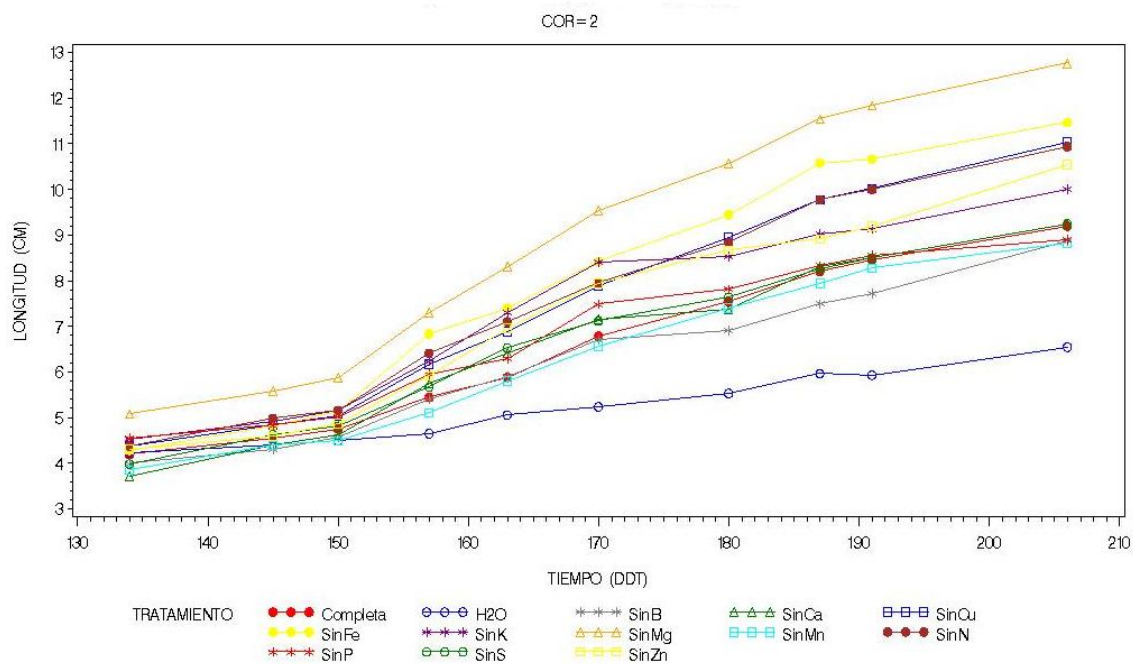


Figura 14. Longitud promedio de los tallos de romero en cada tratamiento evaluado, una vez realizada la primera cosecha y hasta la segunda cosecha

En el segundo corte las plantas tratadas con las soluciones carentes de magnesio, hierro, cobre, zinc, y potasio, produjeron tallos con mayores longitudes en comparación a los producidos con la solución completa. Se destaca el magnesio generando tallos de una longitud promedio de 12.8 cm. Es de resaltar que los tallos de las plantas tratadas con solución carente de nitrógeno alcanzaron 1.8 cm. de más, que aquellas sometidas a la solución completa. Por otra parte, los tallos del romero carente de azufre, fósforo, manganeso y boro, resultaron ser similares en longitud a aquellos cosechados del romero con fertilización completa. En el caso del testigo absoluto, los tallos mostraron una longitud mucho menor a la de aquellos cuyas plantas fueron fertirrigadas con alguna de las soluciones, alcanzado una longitud de 6.4 cm. (Figura 14).

### 5.1.2 Número de tallos por planta

Según los resultados obtenidos en el primer corte de los tallos de romero se encontró que la ausencia de elementos tanto macro como micronutrientes no influenciaron decisivamente el número de tallos emitidos por planta, ya que estadísticamente no se presentaron diferencias entre los tratamientos evaluados ( $P(>F)=0.3031$ ) (Anexo 10). En la mayoría de los tratamientos, excepto en las plantas tratadas con solución carente de fósforo, cobre y calcio, a partir de los 94 DDT el número de tallos se mantuvo prácticamente constante hasta el momento de la cosecha (120 DDT) (Figura 15).

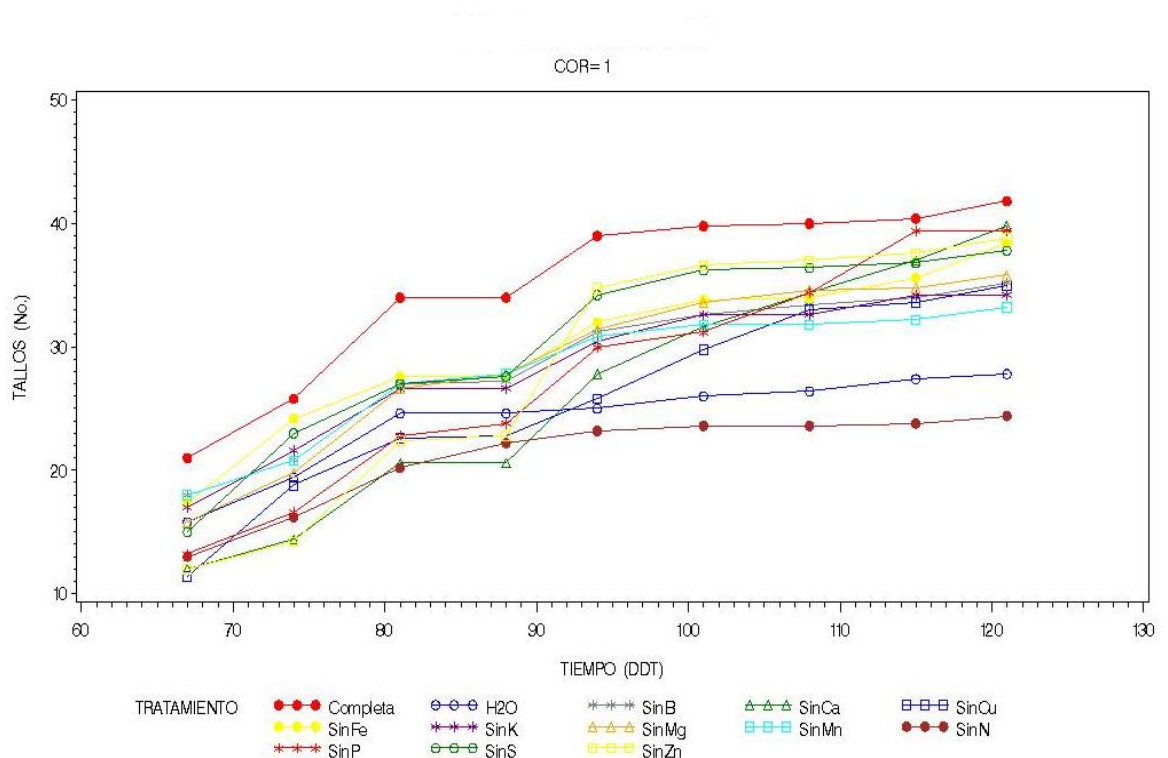


Figura 15. Número promedio de los tallos de romero en cada tratamiento evaluado, tomada desde el momento de la poda que se practicó al inicio del experimento y hasta la primera cosecha.

En el primer corte, según la Figura 15, las plantas fertirrigadas con solución completa fueron las que presentaron una mayor emisión de tallos a diferencia del resto de tratamientos evaluados. El número de tallos obtenidos en los

tratamientos con ausencia de nitrógeno y el testigo absoluto tuvieron los resultados más bajos, siendo un 55.81 % y 60.46 % inferiores al control completo. Las plantas tratadas con solución carente de fósforo, calcio, hierro, azufre, magnesio, cobre, potasio y manganeso generaron un número de tallos inferior al de la solución completa.

El número de tallos por planta de romero en el segundo corte tampoco mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $P(>F)=0.6212$ ) (Anexo 11). Se observó la misma tendencia en la tasa de emisión de los tallos que la obtenida para el primer corte, ya que a partir de los 157 DDT en la mayoría de tratamientos el número permanece casi constante, a excepción de aquellas plantas tratadas sin manganeso, zinc y hierro (Figura 16).

Después de realizar la primera cosecha, el número de tallos que quedaron en las plantas varió ampliamente entre los tratamientos. Sin embargo, en aquellas tratadas con la solución completa, sin potasio, sin azufre, boro y manganeso se presentó un mayor número frente al resto de tratamientos evaluados. En las plantas bajo el efecto de la fertirrigación carente de fósforo, calcio, magnesio, hierro, cobre y zinc, el número de tallos fue inferior a las de la solución completa. El romero cultivado en el suelo estudiado produjo un número muy inferior de tallos en el testigo absoluto y cuando fue fertilizado con la solución carente de nitrógeno, siendo 68 % y 24.52 % inferior a lo obtenido frente al abonamiento completo (Figura 17).

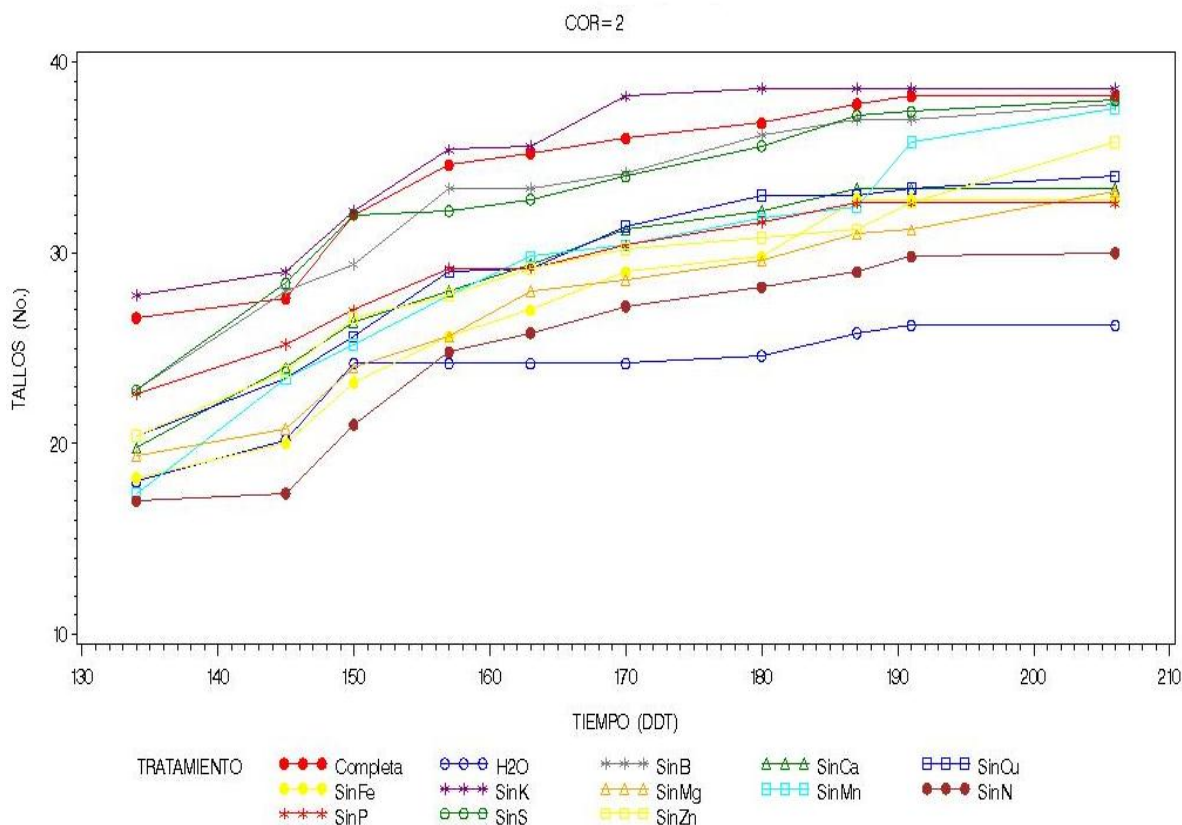


Figura 16. Número promedio de los tallos de romero en cada tratamiento evaluado una vez realizada la primera cosecha y hasta la segunda cosecha.

### 5.1.3 Peso fresco de los tallos cosechados

La Figura 17 muestra la biomasa fresca de los tallos cosechados por planta para los dos cortes. En general, la cantidad de biomasa cosechada fue similar entre ambos cortes en la mayoría de tratamientos. De las plantas del testigo absoluto consistentemente se cosechó la menor cantidad de biomasa en comparación con el resto de plantas fertilizadas con las diferentes soluciones.

En el primer corte las plantas fertilizadas con las soluciones carentes de nitrógeno y de potasio produjeron un 59.92 % y un 85.99 % menos de biomasa que cuando estos elementos si les fueron suministrados. En aquellas sometidas a la carencia de fósforo, azufre y boro, se cosechó una menor biomasa en comparación al control completo, mientras que en las que se



aplicaron las soluciones con restricción del calcio, magnesio, cobre y zinc, el peso fresco de los tallos cosechados fue ligeramente superior. En el caso del romero tratado sin hierro y sin manganeso, la productividad fue mayor para este corte, siendo superior al control completo en un 23.9 % y un 16.03 % (Figura 17).

Para el segundo corte los tallos cosechados de las plantas fertirrigadas con las soluciones carentes de nitrógeno, calcio, azufre, zinc, boro y manganeso tuvieron una biomasa ligeramente menor a la obtenida que cuando estos elementos si fueron suministrados. En el caso del tratamiento sin cobre las plantas produjeron una biomasa ligeramente superior frente a la obtenida con el suministro del mismo. En aquellas tratadas sin fósforo la biomasa cosechada fue inferior al control. Por su parte, las tratadas sin potasio y sin magnesio tuvieron la menor producción la biomasa comparada a la obtenida cuando si fueron suministrados, mostrando una disminución del 66.79 % y 81.99 %. La mayor biomasa fresca cosechada se obtuvo con las plantas carentes de hierro, las cuales produjeron un 13.6 % más que aquellas donde este elemento si fue provisto (Figura 17).

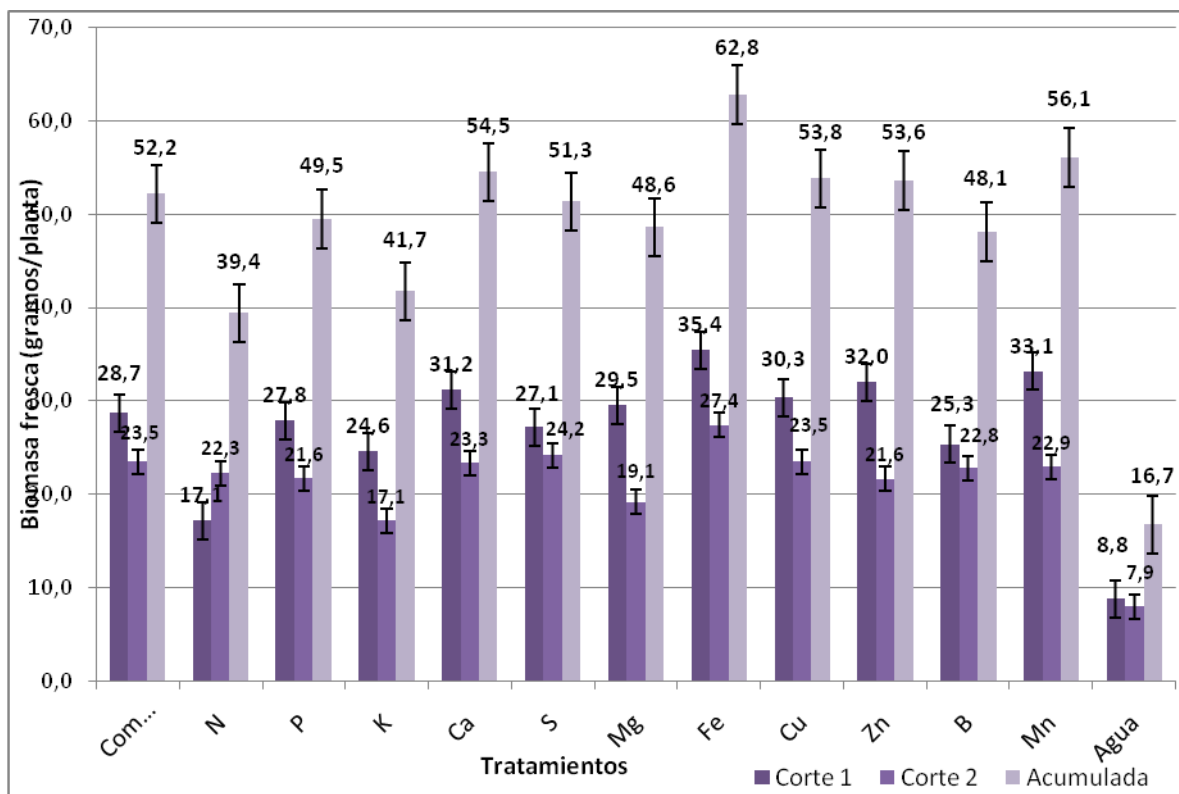


Figura 17. Biomasa fresca de los tallos cosechados por planta de romero en el primero y segundo corte y acumulada, en los diferentes tratamientos evaluados.

De acuerdo al análisis estadístico que se practicó sobre los datos de la biomasa fresca acumulada de los tallos cosechados por planta en ambos cortes, se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados ( $Pr(>F)=1.193e-05$ ) (Anexo 6). Según las pruebas de comparación múltiple, el potasio y el nitrógeno fueron los elementos más limitantes para la producción de biomasa en el romero cultivado sobre el suelo estudiado ya que se obtuvo un 20.16 % y un 24.57 %, respectivamente, menos que el tratamiento completo.

Cuando las plantas de romero dentro del plan de fertirrigación no fueron abonadas con fósforo, azufre, magnesio y boro, presentaron una menor producción de biomasa fresca acumulada frente al control completo, siendo inferior en un 5.18 %, 1.72 %, 6.9 % y 7.86 % respectivamente. Frente a la ausencia de calcio, cobre, zinc y manganeso, la producción de biomasa fresca acumulada en estas plantas presentó un ligero aumento, siendo un 4.41 %,

3.07 %, 2.68 % y 7.67 %, respectivamente. La carencia de hierro en la fertilización del romero ocasionó un importante incremento en la productividad siendo del 20.34 % (Figura 17).

Es de resaltar el sensible decrecimiento de la producción de biomasa en las plantas de romero que no fueron abonadas con ningún tipo de solución nutritiva, tanto en ambos cortes como en el acumulado, siendo inferior al tratamiento control en un 70 % y presentando diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos (Anexo 6).

#### 5.1.4 Peso seco de los tallos cosechados

En la Figura 18 se observa la materia seca de los tallos cosechados por planta en los dos cortes realizados. Para la mayoría de tratamientos, en el primer corte la cantidad de materia seca cosechada fue superior al segundo. Las plantas de romero del testigo absoluto fueron las que presentaron las cantidades más bajas de materia seca en ambos cortes y en el acumulado frente a todos los demás tratamientos, ya que por ejemplo frente al control completo presentó una disminución del 67.25 %.

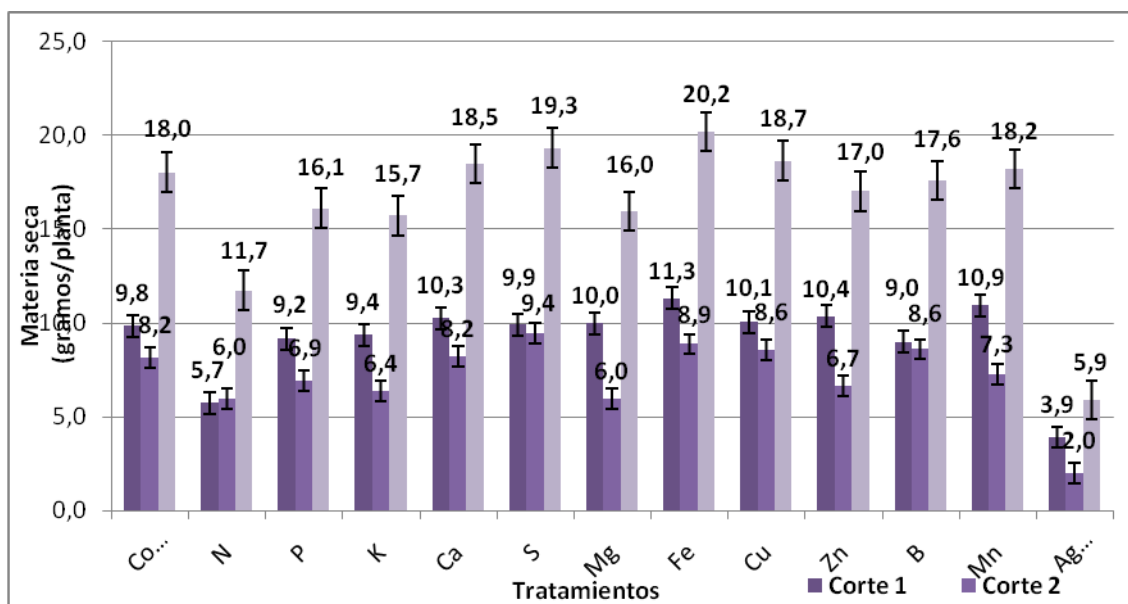


Figura 18. Materia seca de los tallos cosechados por planta de romero en el primero y segundo corte y acumulada, obtenida en los diferentes tratamientos evaluados.

Para el caso del nitrógeno, las plantas carentes de este elemento mostraron la productividad más baja de todas las que fueron tratadas con las soluciones nutritivas, convirtiéndose en el elemento más limitante para esta especie en el suelo de la zona. En contraposición, el romero tratado con la solución carente de hierro mostró la productividad más alta de todos los tratamientos en ambos cortes y en el acumulado (Figura 18).

En el primer corte, las plantas a las que se les aplicó la solución carente de fósforo, potasio y boro obtuvieron una biomasa seca acumulada menor que la producida por la solución completa. En cambio los tallos fertirrigados con la solución ausente de calcio, azufre, magnesio, hierro, cobre, zinc y manganeso tuvieron productividades ligeramente mayores a la obtenida frente aquella donde si fueron suministrados, destacándose el caso del hierro (Figura 18).

En el segundo corte las plantas tratadas sin fósforo, sin potasio, sin magnesio, sin zinc y sin manganeso fueron las de menor materia seca, a diferencia de las plantas tratadas con soluciones carentes de calcio, azufre, hierro, cobre y boro que obtuvieron valores mayores o iguales al tratamiento control con solución completa (Figura 18).

En cuanto a la materia seca acumulada de los tallos cosechados se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $Pr(>F)=1.391e-05$ ) y especialmente todos fueron diferentes al testigo absoluto (Anexo 7). Las plantas tratadas con la solución carente de nitrógeno fueron las que presentaron la menor materia seca (-35 %) en comparación con aquellas para las que este elemento si fue suministrado. Aquellas con restricción del fósforo, potasio, magnesio y zinc tuvieron una menor materia seca que la obtenida cuando estos nutrientes si se adicionaron en la fertilización, exhibiendo una disminución del 10.62 %, 12.65 %, 11.46 % y 4.43 %, respectivamente. Las abonadas sin boro y sin manganeso presentaron una productividad similar a la obtenida cuando este elemento si estuvo presente. Por otro lado, el romero abonado sin calcio, azufre y cobre produjo una mayor biomasa seca acumulada que el control con solución completa,

incrementándose en un 2.56 %, 7.36 % y 3.49 %, respectivamente y sobresaliendo el tratamiento sin hierro con aumento del 12.04 % (Figura 18).

### 5.1.5 Clasificación de los tallos cosechados en categorías de calidad

Como se observa en la Figura 19, según la clasificación de los tallos cosechados en categorías de calidad nacional y exportación, se observa que la calidad nacional es ligeramente más elevada en la mayoría de tratamientos, pero sobresaliendo especialmente en las plantas tratadas con solución carente de azufre, hierro y boro.

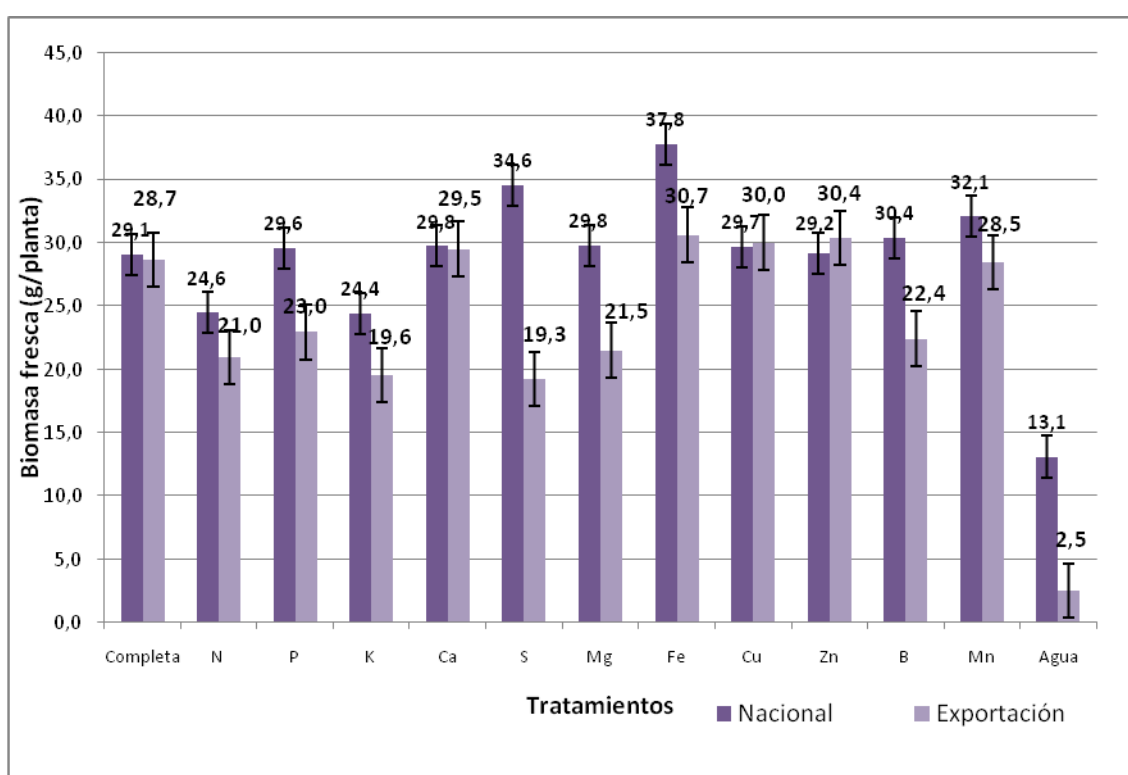


Figura 19. Calidad de biomasa fresca nacional y exportación acumulada de romero en el primero y en el segundo corte.

Los tratamientos que se destacaron por producir una mayor cantidad de biomasa fresca de tallos tipo exportación fueron sin calcio, sin hierro, sin cobre y sin zinc, siendo similar a lo obtenido en aquellas tratadas con el control completo (Figura 19).

### 5.1.6 Sintomatología observada en las plantas

Durante el periodo de toma de datos la mayoría de los tratamientos en las plantas de romero no se detectaron síntomas asociados al efecto de las soluciones nutritivas. Las plantas mantuvieron su color verde intenso y no presentaron ningún amarillamiento en sus hojas jóvenes y maduras. El único tratamiento que exhibió síntomas fue el testigo absoluto, mostrando en las plantas hojas cloróticas, una menor tasa de crecimiento en cuanto a emisión de nuevos tallos, incremento en longitud y biomasa (Figura 20).



Figura 20. Sintomatología observada en plantas de romero. A. Tratamiento testigo absoluto. Síntomas de amarillamiento y retraso en el crecimiento B. Tratamiento control con fertilización completa. Plantas sin síntomas.

Según los resultados anteriores el efecto de la ausencia de cada uno de los elementos en el romero son los siguientes:

### 5.1.7 Nitrógeno

Las plantas de romero tratadas con solución carente de nitrógeno la producción de biomasa fresca acumulada es inferior a la producción del control con solución completa, esto se puede corroborar en la variable de calidad nacional y exportación, ya que este elemento produjo los tallos de más baja longitud. Sin embargo en el caso de la producción de biomasa seca acumulada los niveles son aun menores, debido a los bajos niveles de nitrógeno que se encuentran en el suelo y a los altos requerimientos de este elemento por parte de esta

especie. El bajo nivel de estas producciones se evidenció al tener en cuenta las otras variables como longitud y número de tallos en ambos cortes, ya que las mediciones fueron siempre menores que el control con solución completa. Esto se debe a que el nitrógeno contribuye positivamente a la expansión foliar ya que este elemento está asociado con el metabolismo y la actividad fotosintética de las hojas (Azcon, 2000; Ramírez, 2003).

El efecto tan contundente que tuvo la restricción de este elemento en el romero, puede explicarse a partir de los bajos niveles de nitrógeno que se encontraron en el suelo de la zona de Río Frío. Según los análisis practicados, el nitrógeno se encuentra en niveles de 4,6 y 7,8 ppm de N-NO<sub>3</sub> y de N-NH<sub>4</sub>, respectivamente) (Tabla 10), valores que son considerados muy bajos si se comparan con los rangos adecuados, que para este suelo estarían alrededor de 210 ppm de N-NO<sub>3</sub> y de 61 ppm de N-NH<sub>4</sub>. (Anexo 16). La baja disponibilidad del nitrógeno en los suelos andisoles comúnmente se presenta debido a una lenta mineralización de la materia orgánica por las condiciones de clima frío, ya que hay gran acumulación de esta en este tipo de suelos (Henríquez *et al*, 2007).

Al relacionar lo anterior y la curva idealizada de crecimiento en función de la concentración del nitrógeno en las plantas de romero, se observa que este elemento está ubicado en la zona de deficiencia (Figura 1), por ende para aumentar significativamente la productividad del cultivo del romero en los suelos de la zona y el porcentaje de tallos cosechados con calidad tipo exportación, sería indispensable e insustituible el abonamiento nitrogenado, ya que el nivel de este elemento en el suelo es muy bajo y no alcanza a cubrir los requerimientos del cultivo para obtener una buena calidad y productividad.

#### **5.1.8 Fósforo**

Las plantas de esta especie tratadas con solución carente de fósforo tuvieron un comportamiento muy similar al del tratamiento control con solución completa, tanto en biomasa fresca acumulada como seca, ya que la cantidad en ambos casos fue ligeramente menor a la del control al igual que las otras variables (Número de tallos, longitud de tallos y calidad exportación y nacional),

por lo tanto el romero no requiere altas concentraciones de este elemento para su crecimiento pues, se pudo observar que las plantas no presentaron limitaciones en el desarrollo.

De acuerdo a lo anterior y el análisis de la curva idealizada de crecimiento en función de la concentración de este en las plantas de romero el fósforo está en la zona adecuada de la curva idealizada y según los resultados no fue crítico para esta especie, por lo tanto es conveniente suplirlo en cantidades bajas como dosis de mantenimiento en el plan de abonamiento.

### **5.1.9 Potasio**

En el romero las plantas tratadas con solución carente de potasio la biomasa fresca acumulada y la biomasa seca acumulada presentaron producciones menores a las del tratamiento control con solución completa, lo que indica que las cantidades disponibles en el suelo no suplen las necesidades de esta especie, esto se puede corroborar al observar los resultados de las demás variables evaluadas (Numero de tallos, longitud de tallos y calidad exportación y nacional) que muestran valores bajos a comparación con el tratamiento control con solución completa, de acuerdo a lo anterior el potasio hace parte de los elementos críticos para esta especie debido es uno de los tres nutrimentos más importantes para el desarrollo de la planta. Este elemento es un activador de muchas enzimas que son esenciales para la fotosíntesis y la respiración, además activa enzimas necesarias para formar almidón y proteínas (Salisbury *et al*, 1994).

El potasio en el romero presentó los elementos más indispensables; sin embargo este elemento se encuentra en niveles de exceso en el suelo (938.4 ppm), según el análisis practicado (Tabla 10). Este valor es considerado superior a los rangos adecuados de 528 ppm (Anexo 16) para la Zona de Rio Frio.

Según los resultados anteriores y el análisis de la curva idealizada de crecimiento (Figura 1) en función de la concentración del potasio en las plantas de romero, este se encuentra en la zona de deficiencia, indicando que el potasio restringe la producción y crecimiento de esta; teniendo en cuenta que



este elemento se encuentra en exceso en el suelo de la Zona de Rio Frio, es indispensable suplirlo en el plan de abonamiento para tener una alta producción de romero en estos suelos.

#### **5.1.10 Calcio**

Las plantas de romero fertirrigadas con solución carente de calcio presentaron una producción de biomasa fresca y seca acumulada superior a la del control con solución completa, este comportamiento también se vio reflejado en las otras variables evaluadas donde los valores fueron superiores a la solución donde fue suministrado, lo que indica que las cantidades de calcio en el suelo son adecuadas para esta especie y no requieren de altos contenidos para un óptimo crecimiento.

Para la especie del romero el calcio no mostro restricciones significativas, aunque este elemento se encuentra en niveles bajo-medio de 1920 ppm, según el análisis de suelo practicado (Tabla 10), al compararlo con los rangos adecuados para la Zona de Rio Frio, son inferiores debido a que para este suelo se encuentran en 4500 ppm (Anexo 16).

Al relacionar lo anterior con la curva idealizada de crecimiento (Figura 1) en función de la concentración de calcio en las plantas de romero este elemento se encuentra en la zona de exceso, por ende se debe restringir su aporte en el plan de abonamiento, ya que no hay un efecto significativo en estas plantas.

#### **Azufre**

En el romero la producción de biomasa fresca y seca, en el tratamiento sin azufre fué parecida al del tratamiento con solución completa, así en el análisis de suelo los niveles de este elemento sean bajos. Este comportamiento fue similar en las demás variables evaluadas resaltando los valores de producción de tallos de calidad tipo nacional donde fueron superiores a los del control con solución completa.

La restricción del azufre no mostro un efecto marcado en el romero, indicando que los requerimientos de este elemento son bajos; teniendo en cuenta que este elemento se encuentra en niveles bajos en el suelo de la Zona de Rio Frio, lo cual se puede corroborar con el análisis practicado de este suelo, el cual

muestra que el azufre se encuentra en niveles de 4.1 ppm (Tabla 10). Los niveles bajos de azufre son una característica principal de los suelos andisoles debido a la lenta mineralización generando acumulación de materia orgánica y también por la lixiviación que se presenta en el horizonte A (González *et al*, 2008; Henríquez *et al*, 2007).

De acuerdo a los resultados anteriores y la interpretación de la curva idealizada de crecimiento en función a la concentración de azufre en las plantas de romero este elemento se encuentra en la zona adecuada indicando que su aplicación es conveniente dentro del plan de abonamiento.

#### **5.1.11 Magnesio**

En el caso del romero la biomasa fresca de las plantas tratadas con la solución carente de magnesio fue ligeramente menor a la del control con solución completa, sin embargo la biomasa seca tuvo valores aun más bajos. La cantidad de magnesio que aporta el suelo hace que el romero genere tallos con una longitud mucho mayor a los obtenidos por el control con solución completa en ambos cortes, debido a que el papel principal del magnesio esta relacionado con la activación de enzimas y síntesis de proteínas (Azcon, 2000; Salisbury, 1997), lo cual no tiene un efecto en la elongación, pero produce plantas con un número de tallos mucho menor a las del control con solución completa debido a que la función influye en la división celular. Las plantas tratadas con la solución carente de magnesio produce mayor cantidad de tallos de calidad tipo nacional superando también la producción del control con solución completa, en cambio los tallos de calidad tipo exportación tienen valores mucho menores al del control con solución completa.

Para el romero la ausencia del magnesio no tuvo un efecto significativo, ya que los niveles son adecuados para el suelo de la Zona de Rio Frio, de acuerdo al análisis practicado, el magnesio esta dentro del rango de 170 ppm para este suelo (Tabla 10), valor que no difiere al compararlo con el rango adecuado para los suelos de esta zona de 162 ppm (Anexo 16). La presencia del magnesio en los suelos andisoles son influenciados por el contenido de cenizas (González *et al*, 2009). El suelo del estudio tiene un pH de 5.9

indicando que es medianamente ácido, lo cual puede ser la causa de su baja concentración ya que en suelos ácidos presenta deficiencia (Reed, 1999).

Al comparar los resultados del estudio realizado con la curva idealizada (Figura 1) de crecimiento en función a la concentración de magnesio, se puede concluir que este elemento para el romero el magnesio se encuentra en la zona adecuada mostrando que su aplicación es conveniente incluirla en el plan de fertilización.

#### **5.1.12 Hierro**

Las plantas de romero tratadas con solución carente de hierro produjeron una biomasa fresca acumulada mayor a la del control con solución completa, mientras que al observar la biomasa seca acumulada la producción fue menor a la obtenida por el control con solución completa. La variable longitud de tallos mostro valores similares a los del control con solución completa, sin embargo la variable número de tallos tuvo una producción mayor al control. Los tallos de calidad tipo nacional fueron mayores a los de calidad tipo nacional, pero ambos superaron la producción del control con solución completa. Este aumento en la mayoría de las variables en comparación al control con solución completa se debe a que los niveles de hierro en el suelo suplen las necesidades para esta especie.

La carencia de este elemento no tuvo una influencia en esta especie, a pesar de que las concentraciones de hierro se encontraban bajas (95 ppm) en el suelo de la Zona de Rio frio (Tabla 10). Al comparar este valor con el rango adecuado de 230 ppm (Anexo 16), es evidente que los niveles de este elemento en el suelo están por debajo. De acuerdo a la literatura los suelos andisoles están constituidos por altos contenidos de hierro (González *et al*, 2009).

Al observar la curva idealizada de crecimiento (Figura 1) en función a la concentración de hierro y los resultados de las plantas carentes de hierro, se puede concluir que este elemento para el romero se encuentra en la zona de exceso, por lo tanto no sería conveniente adicionar a través del abonamiento.

### 5.1.13 Cobre

Las plantas de romero tratadas con solución carente de cobre la producción de biomasa fresca acumulada fue mucho mayor a la producida por el control con solución completa, en cambio la biomasa seca acumulada fue ligeramente menor a la producida por el control con solución completa. Los valores de las variables longitud de tallos y número de tallos tuvieron un comportamiento similar al del tratamiento control, sin embargo es de resaltar que el número de tallos en el segundo corte tuvo una producción mucho mayor. Las plantas tratadas con solución carente de cobre produjeron mayor cantidad de tallos de calidad tipo exportación que tipo nacional, los de calidad tipo exportación fueron mayores a los obtenidos por el control con solución completa, en cambio los de calidad tipo nacional fueron menores a los del control con solución completa. Indicando que los niveles que se encuentran en el suelo de este elemento suplen las necesidades de este en las plantas de romero, ya que el cobre es un elemento que la planta requiere en cantidades pequeñas ya que se vuelve tóxico con rapidez (Salisbury, 1997).

Para el romero la ausencia de cobre no tuvo un efecto significativo, a pesar de que los niveles de este elemento son bajos para el suelo de la Zona de Río Frio. De acuerdo a los análisis realizados, el cobre se encuentra en niveles de 0.88 ppm (Tabla 10), el cual es considerado por debajo si se compara con los rangos adecuados de 5 ppm para este suelo (Anexo 16). Esto se debe a los altos contenidos de materia orgánica que se encuentran, ya que estos contenidos fijan este elemento formando complejos insolubles que es un estado no disponible para la planta (González *et al*, 2008).

Los resultados anteriores y la curva idealizada de crecimiento en función a la concentración de cobre (Figura 1) muestran que para el romero este elemento se encuentra en la zona de exceso por ende el aporte de cobre se debe restringir en el plan de abonamiento.

#### **5.1.14 Manganeso**

En el romero tanto para la biomasa fresca y seca acumulada de las plantas fertirrigadas con solución sin manganeso tuvieron una mayor producción al compararla con el tratamiento control con solución completa. Así mismo este comportamiento se observó en las demás variables evaluadas, por ende el suelo tiene la cantidad suficiente para suplir las necesidades de esta especie.

La carencia de manganeso para esta especie no tuvo un efecto marcado, a pesar de que los niveles de este elemento son bajos para el suelo de la Zona de Río Frio. De acuerdo a los análisis realizados, el manganeso se encuentra en niveles de 1.5 ppm (Tabla 10), el cual se encuentra significativamente bajo si se compara con los rangos adecuados de 34 ppm para este suelo (Anexo 16). Esto se debe a los altos contenidos de materia orgánica que se encuentran, ya que estos contenidos fijan este elemento formando complejos insolubles que es un estado no disponible para la planta (González *et al*, 2008). Al analizar la curva idealizada de crecimiento en función de la concentración de manganeso en el romero y lo anterior; este elemento se encuentra en la zona de exceso, por tal razón no sería conveniente adicionarlo a través del abonamiento debido a que no muestran efectos determinantes para estas plantas.

#### **5.1.15 Zinc**

La producción de biomasa fresca acumulada de las plantas fertirrigadas con solución sin zinc en esta especie fue superior a la producción del control con solución completa, al igual que las variables de calidad tipo exportación y nacional y longitud de tallos, mientras que la producción de las variables de número de tallos y biomasa seca acumulada fueron ligeramente menores a la del control.

Para esta especie la ausencia de zinc no presentó un efecto significativo, a pesar de que los niveles de este elemento son bajos (0.78 ppm) (Tabla 10), según los análisis realizados en el suelo de la Zona de Río Frio. Al comparar este valor con el rango adecuado de 12 ppm (Anexo 16) se encuentra significativamente bajo. Esto se presenta debido a altos contenidos de materia

orgánica que se encuentran, ya que estos contenidos fijan este elemento formando complejos insolubles que es un estado no disponible para la planta (González *et al*, 2008)..

Según lo anterior y el análisis de la curva idealizada de crecimiento en función de la concentración de zinc en el romero este elemento se encuentra en la zona de exceso, por lo tanto no es importante adicionarlo a través del abonamiento, ya que no muestra efectos determinantes sobre estas plantas.

### **5.1.16 Boro**

Los tallos fertirrigados con solución sin boro en el romero tuvieron una obtención de biomasa fresca y seca acumulada ligeramente menor a la que se obtuvo con el tratamiento control con solución completa, al igual que las demás variables evaluadas. Debido a que la ausencia del boro genera dificultad en el desarrollo de ápices meristemáticos y nuevas células (Marshner, 1995; Ramírez, 2003).

Según el análisis de suelos realizado previamente el boro se encuentra en niveles medios (1.3ppm) en el suelo de la Zona de Río Frio (Tabla 10), por lo tanto la ausencia de este elemento no tuvo consecuencias marcadas en esta especie. Al observar el rango adecuado de 1.8 ppm de esta zona (Anexo16), el valor obtenido por el análisis realizado se encuentra ligeramente bajo.

En los resultados anteriores y el análisis de la curva idealizada (Figura 1) el boro se encuentra en la zona adecuada mostrando que las plantas de romero no necesitan de altas concentraciones, por esta razón es conveniente que sea suplido en el plan de abonamiento.

## **5.2 OREGANO**

### **5.2.1 Longitud de los tallos**

En el primer corte, como puede apreciarse en la Figura 21, se observa una tendencia de crecimiento más o menos similar de los tallos de orégano en los diferentes tratamientos a través del tiempo. De acuerdo al análisis estadístico realizado (Anexo 12), se encontró que para este corte la longitud de los tallos de las plantas no se vio afectada de manera significativa por la carencia de

ninguno de los elementos en particular ( $P>(F)=0.9999$ ), especialmente si se comparan frente al tratamiento con solución completa. El patrón de incremento en la longitud de los tallos de orégano que fueron cosechados en el primer corte, resultó ser similar entre los tratamientos, a pesar que no fue posible lograr que su longitud fuera homogénea desde la poda que se practicó al inicio del ensayo.

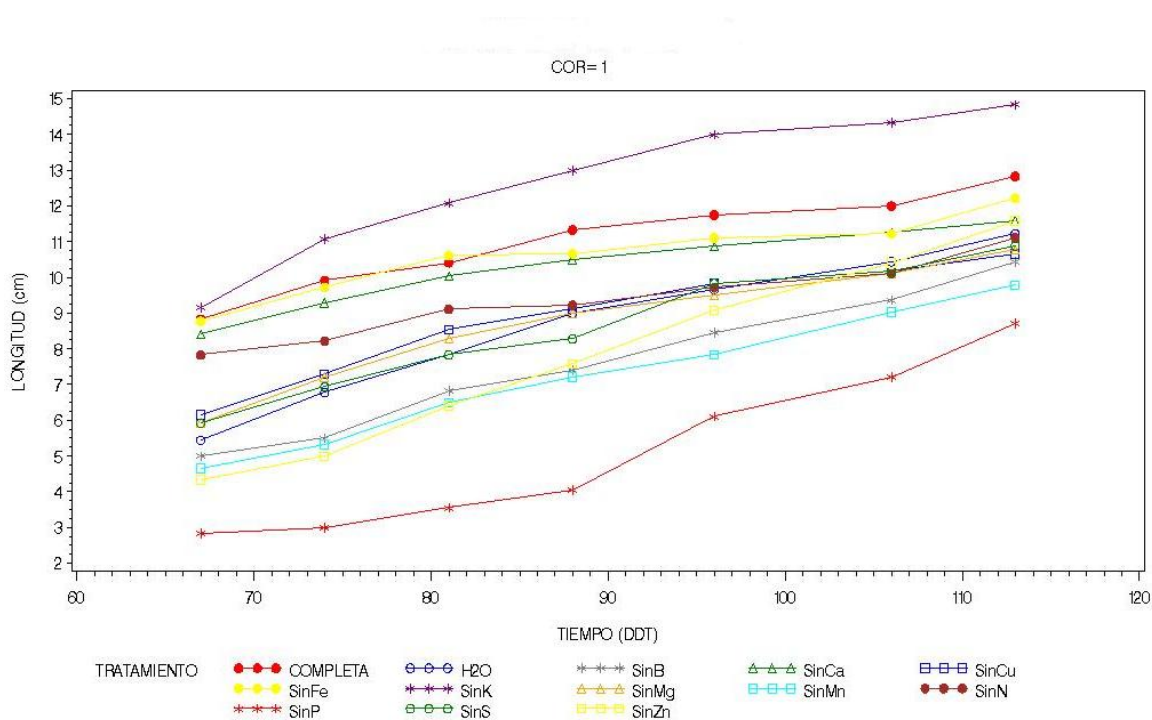


Figura 21. Longitud promedio de los tallos de orégano en cada tratamiento evaluado, tomada desde el momento de la poda que se practicó al inicio del experimento y hasta la primera cosecha.

Aparentemente, la ausencia total de fertilización no produjo un efecto importante en el crecimiento de los tallos de las plantas de orégano durante el primer corte, ya que aún en el tratamiento testigo (con agua únicamente) se alcanzaron longitudes alrededor de los 10 cm. Las plantas que fueron tratadas con las soluciones carentes de manganeso, boro, cobre, zinc, azufre, nitrógeno, calcio, hierro, potasio e incluso las fertirrigadas con la solución completa, mostraron tallos superiores a 8cm., medida que se tiene en cuenta para la clasificación de la cosecha en tipo exportación; en contraste, en las

plantas tratadas con solución carente de fósforo los tallos presentaron una longitud mucho menor.

En el segundo corte, los tallos de las plantas de orégano mostraron un comportamiento similar en cuanto a su incremento en longitud a través del tiempo en todos los tratamientos (Figura 21), de manera que las soluciones evaluadas tampoco tuvieron efecto sobre esta variable para este corte ( $P(>F)=1.0$ ) (Anexo 13). El crecimiento de los tallos en todos los tratamientos exhibió un patrón más definido en el segundo corte que en el primero, en este corte el incremento de los tallos fue constante a través del tiempo en todos los tratamientos.

Para el segundo corte, las plantas que fueron tratadas con las soluciones carentes de azufre, nitrógeno, calcio y boro, produjeron tallos con menores longitudes en comparación con aquellas tratadas con la solución completa (Figura 22). Por su parte, los tallos más largos se obtuvieron bajo los tratamientos con ausencia de potasio, hierro y fósforo, destacándose el zinc y el manganeso. Los tallos de las plantas fertirrigadas sin magnesio y sin cobre, presentaron un comportamiento similar a aquellas donde si fueron suministrados. Es de resaltar que para el testigo absoluto, el orégano mostró tallos con una longitud ligeramente mayor a la obtenida con el tratamiento control con solución completa (Figura 22).



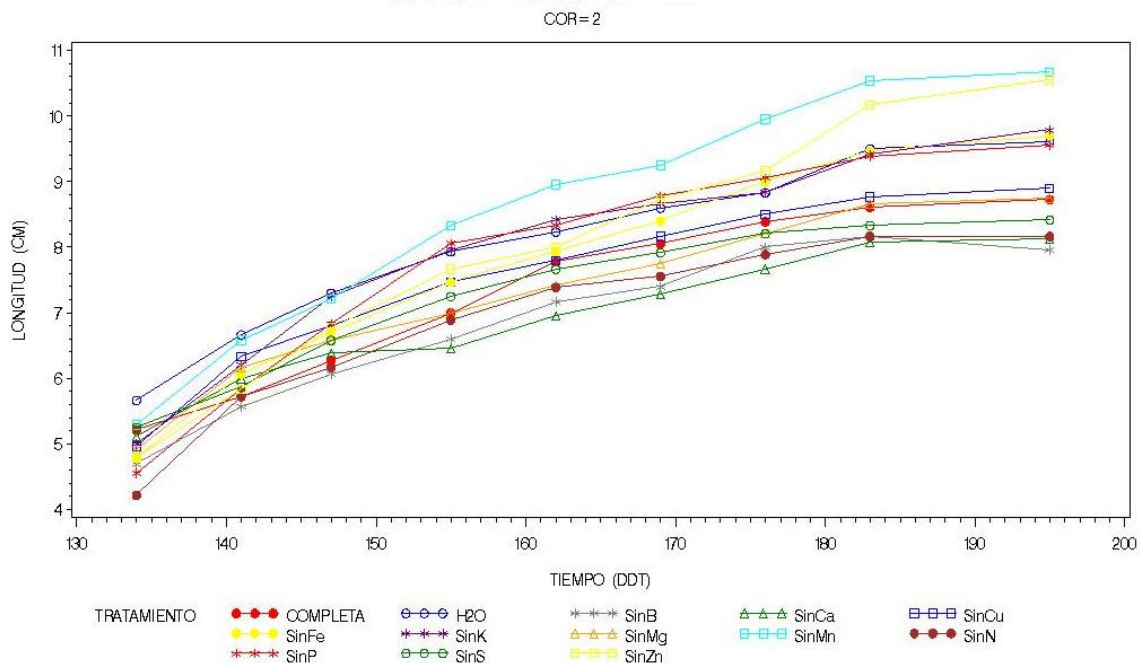


Figura 22. Longitud promedio de los tallos de orégano en cada tratamiento evaluado, una vez realizada la primera cosecha y hasta la segunda cosecha.

## 5.2.2 Numero de tallos por planta

De acuerdo a los resultados que se presentan en la Figura 23 y en especial al análisis estadístico realizado (Anexo 14), se obtuvo que la carencia de macro y microelementos no tuvo influencia, hasta el primer corte, en el número de tallos emitidos por planta, ya que esta variable no presentó diferencias entre los tratamientos evaluados ( $P(>F)=0.3631$ ). Las diferencias que se presentaron en el tiempo (Anexo 14), se reflejaron por igual para todos los tratamientos especialmente a partir de los 96 días después del trasplante (DDT), momento a partir del cual se observa un aumento en la tasa de emisión de los mismos.

Sin embargo, según la Figura 23, puede apreciarse una tendencia durante el primer corte a presentar un menor número de tallos en todos los tratamientos al compararlos con el tratamiento con solución completa, a excepción del carente de manganeso y de boro. Estas diferencias se acentuaron más en las plantas tratadas con las soluciones sin zinc, fósforo, potasio y nitrógeno, resultando aún más bajas en el número de tallos emitidos que el testigo absoluto. El



fue fertilizado con las soluciones carentes de manganeso, hierro, calcio, magnesio y ligeramente superior en las tratadas sin azufre, cobre y boro (Figura 24).

El tratamiento control con solución completa exhibió una tendencia diferente respecto a los demás tratamientos en cuanto a la producción de tallos a partir de los 176 días después del trasplante (DDT), aumentando considerablemente la tasa de producción (Figura 24).

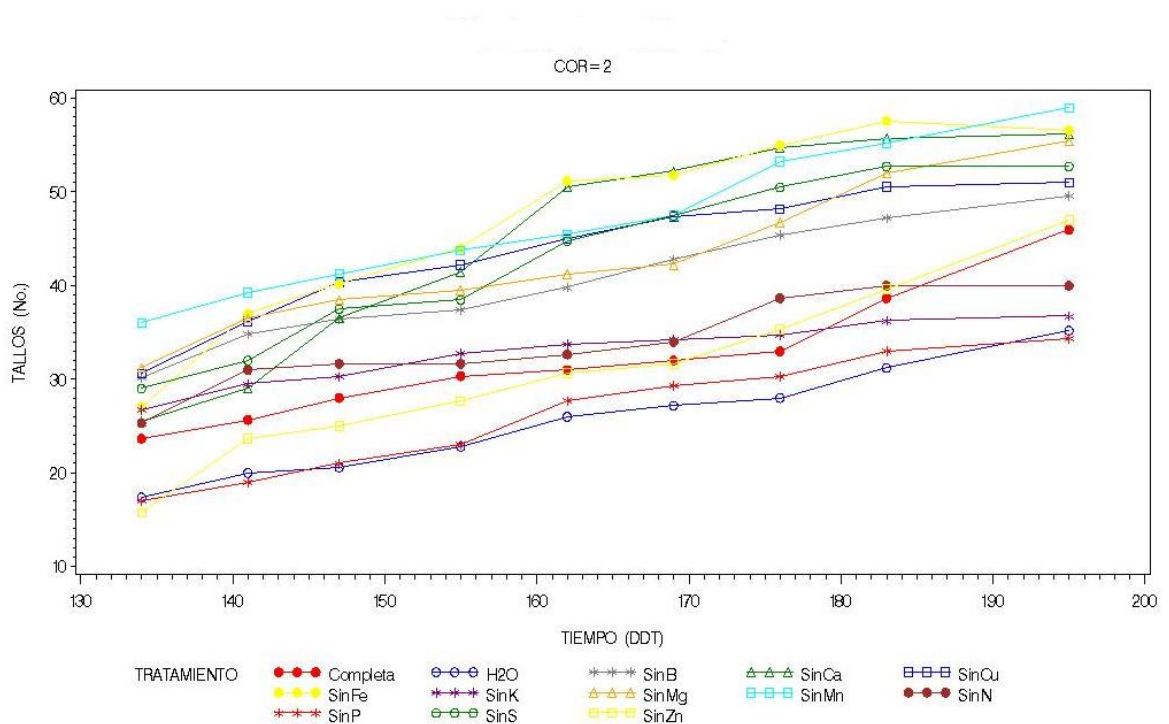


Figura 24. Fluctuación del número de tallos por planta de orégano, una vez realizado el primer corte y hasta la segunda cosecha.

### 5.2.3 Peso fresco de los tallos cosechados

La biomasa fresca de los tallos cosechados por planta en cada uno de los dos cortes se presenta en la Figura 25. La cantidad de biomasa cosechada fue apreciablemente mayor en el segundo corte que en el primero en todos los tratamientos, siendo el testigo absoluto el que presentó el menor incremento.

Para el primer corte (Figura 25), aunque las diferencias entre los tratamientos no fueron tan evidentes como para el segundo, las plantas fertilizadas con las soluciones carentes de fósforo y nitrógeno fueron las que presentaron la menor productividad. Para este mismo corte, las plantas tratadas con la solución completa produjeron una menor biomasa que la mayoría de tratamientos, incluso que el testigo absoluto.

Las diferencias entre los tratamientos, especialmente con respecto a los dos controles (testigo absoluto y con solución completa), se acentuaron en el segundo corte. La biomasa producida por las plantas del testigo absoluto y las carentes de nitrógeno mostraron la menor biomasa cosechada frente a las tratadas con la solución completa. Por otra parte, las plantas bajo el efecto de la ausencia de potasio, magnesio, azufre, hierro, cobre y manganeso, exhibieron una mayor biomasa fresca cosechada frente a aquellas en las que si fueron suministrados. El orégano tratado con las soluciones carentes de fósforo, calcio, zinc y boro produjo una biomasa similar a la del control con solución completa, indicando que la sustracción de estos nutrientes en la solución nutritiva no mostró mayor diferencia contra su adicción.

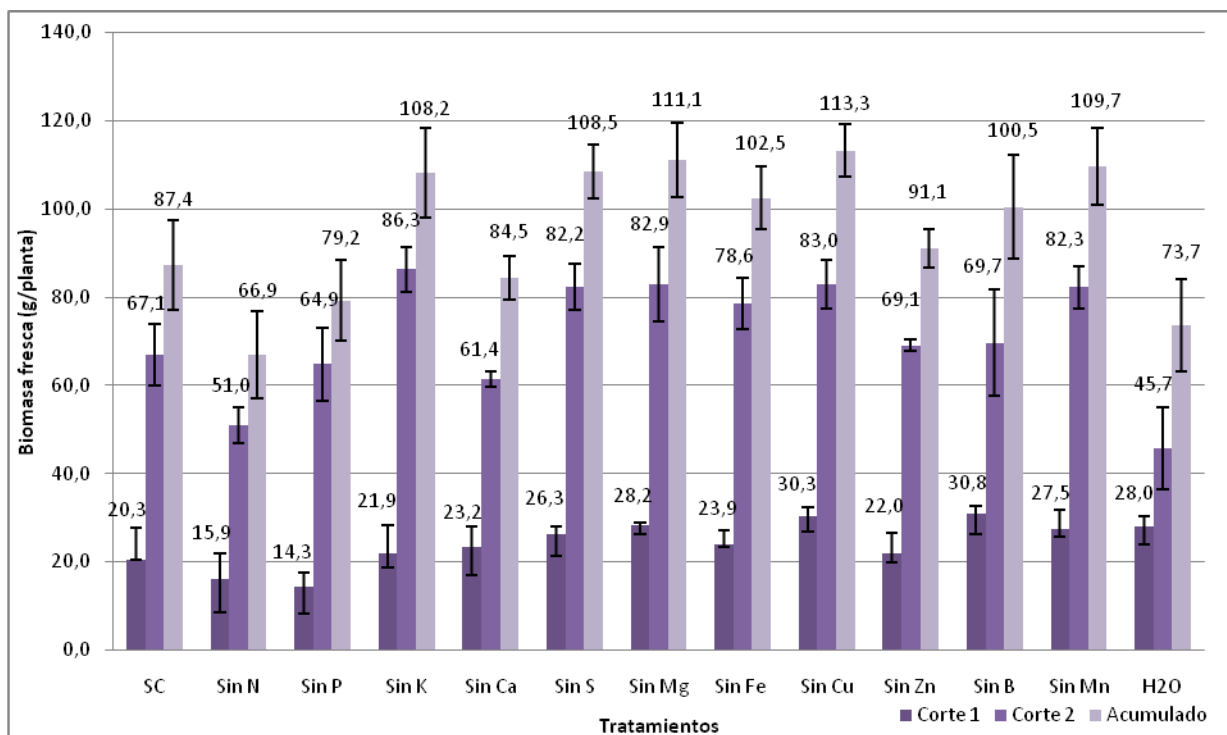


Figura 25. Biomasa fresca de los tallos cosechados por planta de orégano en el primero y segundo corte y acumulada, de acuerdo a los tratamientos evaluados.

En cuanto a los resultados del análisis estadístico practicado sobre los datos de la biomasa acumulada de los tallos cosechados por planta en ambos cortes, se encontró que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $Pr(>F)=0.1125$ ) (Anexo 4). Sin embargo, en esta productividad acumulada puede apreciarse que la carencia más limitante para la producción de orégano fue el nitrógeno, siendo un 23.43 % inferior a la obtenida cuando este es suministrado a la planta a través de la solución nutritiva completa. La carencia de este elemento en la fertilización resultó ser tan crítica para las plantas cultivadas en este tipo de suelo que incluso la productividad estuvo un 9.24 % por debajo de la obtenida en las plantas del testigo absoluto (Figura 25).

Cuando las plantas de orégano no fueron abonadas con fósforo y calcio dentro del plan de fertirrigación, mostraron una disminución ligera en su productividad acumulada, siendo 9.38 % y 3.30 % menor a la presentada en el tratamiento con solución completa. Ante la carencia de zinc, las plantas mostraron un

ligero aumento en la biomasa acumulada de los tallos cosechados, siendo un 4.02 % superior a la de aquellas fertilizadas con la solución completa. Una situación similar, pero de mayor magnitud, ocurrió con aquellas sometidas a la restricción del potasio, magnesio, azufre, hierro, boro, manganeso y cobre en la solución nutritiva, encontrando un porcentaje de aumento en la productividad del 19.25 %, 21.34 %, 19.44 %, 14.76 %, 13.05 %, y 22.86 %, respectivamente, sobre la biomasa de las plantas con fertilización completa (Figura 25).

### 5.2.4 Peso seco de los tallos cosechados

La materia seca de los tallos cosechados por planta (Figura 26), muestra que la cantidad en el primer corte fue mucho menor en comparación al segundo corte, siendo las plantas tratadas con la solución carente de nitrógeno las que presentaron el acumulado más bajo.

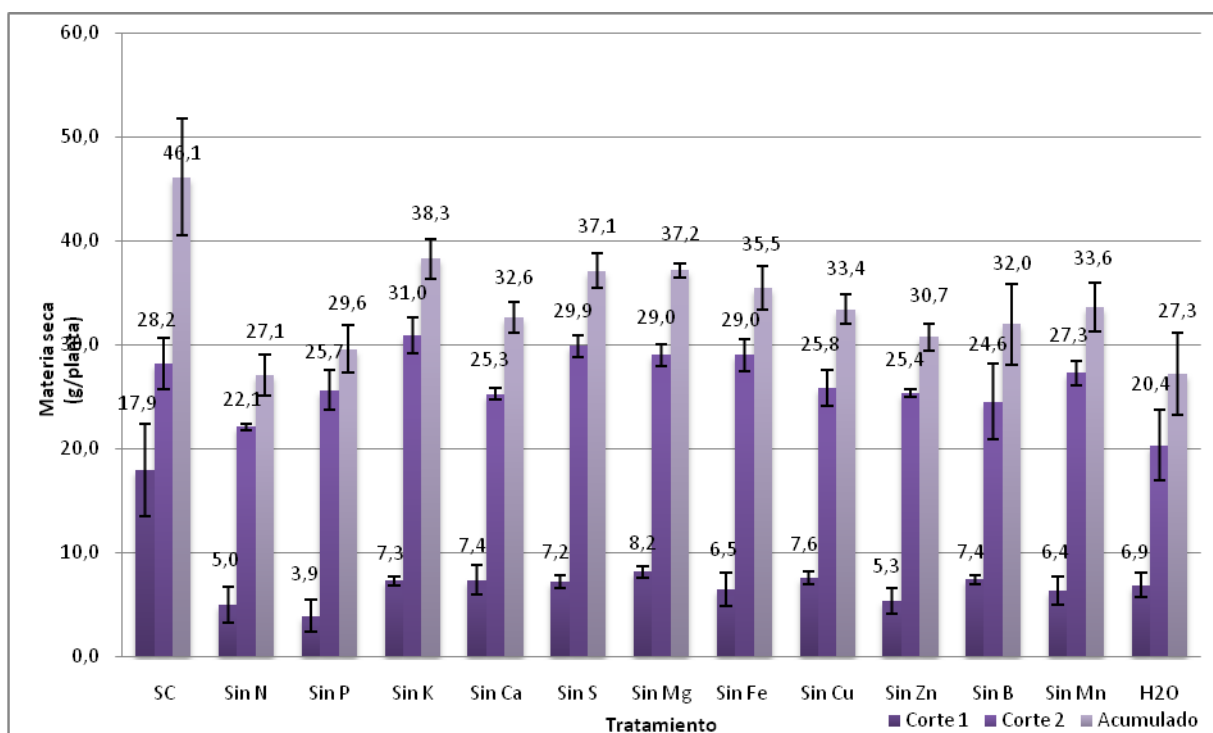


Figura 26. Materia seca de los tallos cosechados por planta de orégano en el primero y segundo corte y acumulada, en los diferentes tratamientos evaluados.

En el primer corte (Figura 26), todos los tratamientos tuvieron una biomasa muchísimo menor que la producida por el tratamiento control con solución completa, especialmente, los tallos cosechados de las plantas fertirrigadas sin

fósforo, sin nitrógeno y sin zinc mostraron una biomasa inferior en un 21.79 %, 27.93 % y 29.61 %. La materia seca en los tres anteriores tratamientos incluso que fue inferior a la obtenida con el testigo absoluto.

Para el segundo corte (Figura 26), las plantas tratadas sin potasio, sin azufre, sin magnesio y sin hierro fueron las de mayor materia seca acumulada, sin embargo, resultaron con valores no muy superiores al tratamiento control con solución completa en un 9.93 %, 6.03 %, 2.84 % y 2.84 %, respectivamente. Las plantas bajo las soluciones carentes de fósforo, calcio, cobre, zinc, boro y manganeso produjeron una menor materia seca que aquellas en las que estos elementos si fueron suministrados a través de la fertilización, siendo un 8.87 %, 10.28 %, 8.51 %, 9.93 %, 12.77 % y 3.19% inferior al testigo completo (Figura 26).

Respecto al análisis estadístico realizado sobre la materia seca acumulada de los tallos cosechados por planta en ambos cortes, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $Pr(>F)=1.257e-07$ ) (Anexo 4). De acuerdo a estos resultados, el elemento más limitante para la producción de materia seca fue el nitrógeno, con 41.25 % menos a lo obtenido con la solución completa; este tratamiento tuvo un comportamiento similar al testigo absoluto, cuya materia seca fue inferior a éste en un 40.88 % (Figura 26).

En esta especie, la materia seca acumulada de todas las plantas que fueron sometidas a la ausencia de los elementos evaluados, resultó ser inferior a la obtenida cuando dichos elementos si fueron provistos a través del fertirriego, además del contenido de cada uno presente en el suelo, sin embargo, éstas diferencias no resultaron estadísticamente significativas. Los tratamientos sin fósforo y sin zinc mostraron decrecimientos del 35.79 % y 33.41 %; en aquellos sin calcio, cobre, boro, zinc y manganeso el descenso fue del 29.28 %, 27.55 %, 30.44 %, 33.41 % y 27.11 %; los carentes de potasio, magnesio, azufre y hierro presentaron disminuciones del 16.93 %, 19.31 %, 19.52 % y 22.99 % (Figura 26).

### 5.2.5 Clasificación de los tallos cosechados en categoría de calidad

Según la clasificación de los tallos cosechados en fresco, en las categorías de calidad nacional y exportación, realizada en ambos cortes, se presentaron diferencias entre los tratamientos. La biomasa fresca de calidad nacional en las plantas fertirrigadas sin nitrógeno y sin azufre fue mayor que en la clasificada en calidad exportación, si se comparan con los demás tratamientos. Por su parte, las plantas tratadas sin potasio y sin cobre fueron las que presentaron la mayor producción de tallos con calidad exportación; especialmente para el caso del cobre, el porcentaje de tallos cosechados con calidad exportación fue del 49.8%. El porcentaje de tallos pertenecientes a ambas calidades fue similar en las plantas bajo la carencia de fósforo y calcio (Figura 27).

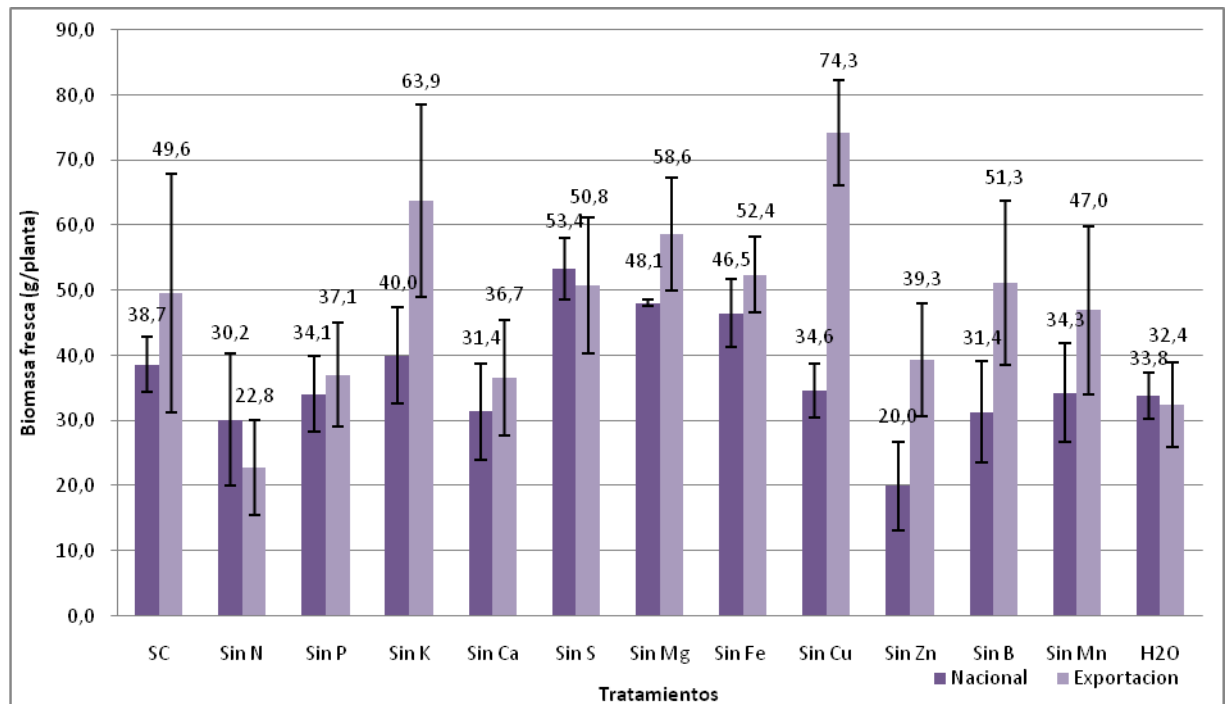


Figura 27. Calidad de biomasa fresca nacional y exportación acumulada de orégano en el primero y en el segundo corte.

### 5.2.6 Sintomatología observada en las plantas

Las plantas del orégano tratadas con las diferentes soluciones carentes de ciertos elementos en particular, presentaron durante el tiempo del experimento diferentes síntomas. En las plantas del testigo absoluto las hojas mostraron



una coloración más clara y un tamaño inferior en comparación con los demás tratamientos (Figura 28). Las plantas tratadas sin potasio, hierro y azufre manifestaron en el envés de las hojas coloraciones púrpuras, las cuales fueron especialmente acentuadas en el tratamiento sin azufre (Figura 28).

Síntomas adicionales como marchitez y daños en el tejido de la planta fueron comunes en la mayoría de las plantas tratadas con los respectivos tratamientos debido a los factores externos causados por estrés hídrico y por la aplicación de plaguicidas en horas de alta temperatura y radiación. Sin embargo, en las plantas sometidas a la ausencia de boro, la marchitez fue sensiblemente mayor (Figura 28).



**Figura 28.** Síntoma de deshidratación del orégano. En la primera fotografía se observa los primeros indicios de deshidratación que se observaron en el borde de las hojas. En la segunda foto se observa como la deshidratación afectaba principalmente a las hojas más jóvenes. En la foto 3 se observa como los tallos y las hojas iban perdiendo su turgencia a causa de la deshidratación. Y en la foto 4 se ve una de las plantas que fue más afectada por la deshidratación.

Tomada por: Morales, 2008

De acuerdo a los resultados anteriores el comportamiento de la ausencia de cada elemento en el orégano se explica posteriormente:

### 5.2.7 Nitrógeno

En el caso del orégano la producción de biomasa fresca acumulada en las plantas tratadas con solución carente de nitrógeno, es inferior a la producción del control con solución completa, esto se puede corroborar en la variable de calidad nacional y exportación, ya que este elemento produjo los tallos de más baja longitud. Sin embargo en el caso de la producción de biomasa seca acumulada los niveles aun menores, debido a los bajos niveles de nitrógeno que se encuentran en el suelo y a los altos requerimientos de este elemento por parte de ambas especies. El bajo nivel de estas producciones se evidenció al tener en cuenta las otras variables como longitud y número de tallos en ambos cortes, ya que las mediciones fueron siempre menores que el control con solución completa. Esto se debe a que el nitrógeno contribuye positivamente a la expansión foliar ya que este elemento está asociado con el metabolismo y la actividad fotosintética de las hojas (Azcon, 2000; Ramírez, 2003).

En esta especie el comportamiento de la longitud de tallos en el segundo corte mostro una disminución en el crecimiento en un 25.7%, debido que a este elemento es importante adicionarlo después de realizado cada corte para aumentar el rendimiento y la calidad de los nuevos tallos (Marentes *et al.* 2006).

El efecto tan contundente que tuvo la restricción de este elemento en esta especie, puede explicarse a partir de los bajos niveles de nitrógeno que se encontraron en el suelo de la zona de Río Frío. Según los análisis practicados, el nitrógeno se encuentra en niveles de 4,6 y 7,8 ppm de N-NO<sub>3</sub> y de N-NH<sub>4</sub>, respectivamente) (Tabla 10), valores que son considerados muy bajos si se comparan con los rangos adecuados, que para este suelo estarían alrededor de 210 ppm de N-NO<sub>3</sub> y de 61 ppm de N-NH<sub>4</sub>. (Anexo 16). La baja disponibilidad del nitrógeno en los suelos andisoles comúnmente se presenta debido a una lenta mineralización de la materia orgánica por las condiciones de clima frío, ya que hay gran acumulación de esta en este tipo de suelos (Henríquez *et al*, 2007).

Al relacionar lo anterior y la curva idealizada de crecimiento en función de la concentración del nitrógeno en las plantas de orégano, se observa que este elemento está ubicado en la zona de deficiencia (Figura 1), por ende para aumentar significativamente la productividad del cultivo del orégano en los suelos de la zona y el porcentaje de tallos cosechados con calidad tipo exportación, sería indispensable e insustituible el abonamiento nitrogenado, ya que el nivel de este elemento en el suelo es muy bajo y no alcanza a cubrir los requerimientos del cultivo para obtener una buena calidad y productividad.

### **5.2.8 Fósforo**

En el caso del orégano, la producción tanto en biomasa fresca acumulada y biomasa seca acumulada es inferior que la producción del control de solución completa, al igual que la calidad tipo exportación y nacional, debido a los bajos contenidos de fósforo en los suelos que están afectados por la mineralización lenta de la materia orgánica.

Según los datos obtenidos, la longitud y el número de tallos mostraron valores muy bajos en el primer corte, mientras que en el segundo la longitud y el número de tallos aumentan en 11.8 % y 54.8 %, respectivamente, ya que el fósforo es indispensable en las primeras etapas de la planta (Azcon, 2000; Ramírez, 2003) y los niveles de este elemento en el suelo son muy bajos para las necesidades de esta especie.

El orégano fue la especie que tuvo mayor restricción de este elemento, esto se puede corroborar en el análisis del suelo de Rio frio, presentándose en niveles bajos (9.8ppm) (Tabla 10), al comparar este valor con los rangos adecuado alrededor de 40 ppm para este suelo (Anexo 16), se observa que está en un nivel muy bajo. El déficit de este elemento se debe a la alta fijación del fósforo en el suelo debido a que las arcillas de estos suelos tienen una alta afinidad para reaccionar con los iones ortofosfatos, o también la formación de precipitados insolubles con aluminio en medios fuertemente ácidos. Por lo tanto se recomienda aplicar soluciones ricas en fosfatos solubles, en grandes cantidades y en forma localizada, o en calados livianos que favorezcan la liberación del P orgánico (González *et al*, 2009; Becerra *et al*, 2007; Henríquez

*et al*, 2007). El pH es otra variable que causa la baja concentración de este elemento en el suelo ya que al encontrarse en 5.9 genera deficiencias de fósforo (Reed, 1999).

Al igual que el nitrógeno, el fósforo según la curva idealizada de crecimiento en función de la concentración de este en las plantas de orégano y lo anterior, el orégano se encuentra en la zona de deficiencia, por esta razón para aumentar el porcentaje de producción de esta especie en los suelos de la Zona Rio Frio, es indispensable suplir este elemento en el plan de abonamiento.

### **5.2.9 Potasio**

En el caso del orégano al analizar la biomasa fresca acumulada en los tallos fertirrigados con solución sin potasio la producción fue más alta, al compararlo con el tratamiento control (solución completa), donde se observa que el potasio que se encuentra en el suelo suple la necesidad que tiene la planta frente a este elemento para una buena producción del orégano; Mientras que al analizar el comportamiento de la biomasa seca acumulada del tratamiento sin potasio se observó que su producción es ligeramente menor a la del tratamiento control (solución completa). Uno de los valores más relevantes fue la producción de calidad tipo exportación, la cual presentó valores superiores al del control con solución completa, indicando que para el orégano las concentraciones que se encuentran en el suelo son las adecuadas y si se adiciona se puede tener un exceso de este elemento y puede competir con otro elemento. Probablemente también puede ocurrir una acumulación progresiva o continua que induce toxicidad que se manifiesta con la dinámica en el crecimiento. Sin embargo este elemento es importante en esta especie debido a que los requerimientos de agua en el orégano son altos, por lo tanto la función del potasio en la apertura y cierre de estomas debe ser permanente (Marshner, 1995).

Según los resultados anteriores y el análisis de la curva idealizada de crecimiento (Figura 1) en función de la concentración del potasio en las plantas de orégano se encuentra en la zona de toxicidad y los resultados mostraron un

alto rendimiento para esta especie, por lo tanto este elemento en el plan de abonamiento no muestra efectos determinantes sobre las plantas.

#### **5.2.10 Calcio**

En el caso del orégano al analizar la biomasa fresca acumulada y la biomasa seca acumulada de las plantas tratadas con solución carente de calcio, la producción fue menor a la del tratamiento control con solución completa, al igual que las otras variables evaluadas (Número de tallos, longitud de tallos y calidad exportación y nacional), debido a que el calcio se encuentra en niveles medios en el suelo y su disponibilidad para la planta puede estar limitada por el exceso de potasio en el suelo afectando la absorción del calcio por la planta . En la variable longitud de tallos para esta especie las plantas tratadas con la solución carente de calcio presentaron un disminución en un 28.6% al comparar la longitud del primer y segundo corte, esto pudo generarse debido a que este elemento es importante en los puntos de crecimiento de las primeras etapas por lo tanto la planta en el primer corte gasta gran parte de la concentración que se encontraba en el suelo generando un déficit.

Para esta especie el calcio no mostro restricciones significativas, ya que este elemento se encuentra en niveles bajo-medio de 1920 ppm, según el análisis de suelo practicado (Tabla 10), al compararlo con los rangos adecuados para la Zona de Rio Frio, son inferiores debido a que para este suelo se encuentran en 4500 ppm (Anexo 16).

Al relacionar lo anterior con la curva idealizada de crecimiento (Figura 1) en función de la concentración de calcio en las plantas de orégano se encuentran en la zona adecuada indicando que su aplicación es conveniente suplirla en la fertilización

#### **5.2.11 Azufre**

En el caso del orégano la producción de la biomasa fresca acumulada de los tallos fertirrigados con solución sin azufre es superior a la producción del control solución completa, teniendo en cuenta que los niveles de azufre en el suelo son bajos y no afectan la producción de la biomasa fresca, mientras que

la producción de la biomasa seca acumulada fue ligeramente menor a la producción del control solución completa. La producción de tallos de calidad de tipo exportación y nacional presento valores superiores a los producidos por el tratamiento control con solución completa, mostrando que las cantidades bajas de azufre en el suelo no afectan el desarrollo optimo de esta especie.

La restricción del azufre no mostro un efecto marcado en esta especie, indicando que los requerimientos de este elemento son bajos; teniendo en cuenta que este elemento se encuentra en niveles bajos en el suelo de la Zona de Rio Frio, lo cual se puede corroborar con el análisis practicado de este suelo, el cual muestra que el azufre se encuentra en niveles de 4.1 ppm (Tabla 10). Los niveles bajos de azufre son una característica principal de los suelos andisoles debido a la lenta mineralización generando acumulación de materia orgánica y también por la lixiviación que se presenta en el horizonte A (González *et al*, 2008; Henríquez *et al*, 2007).

De acuerdo a los resultados anteriores y la interpretación de la curva idealizada de crecimiento en función a la concentración de azufre en las plantas de orégano este elemento se encuentra en la zona de exceso, por lo tanto no sería conveniente adicionarlo a través del abonamiento evitando que cause toxicidad en las plantas.

#### **5.2.12 Magnesio**

En el caso del orégano la producción de biomasa fresca acumulada en el tratamiento sin magnesio fue mayor que la producción del control, teniendo en cuenta que los niveles de magnesio en el suelo son adecuados, mientras que la producción de la biomasa seca acumulada fue ligeramente menor a la producción del control. Los tallos que se produjeron de calidad tipo exportación y nacional tuvieron valores más altos que los obtenidos por el control con solución completa, lo que indica que no es necesario incluir este elemento en la fertilización del orégano.

Para esta especie la ausencia del magnesio no tuvo un efecto significativo, ya que los niveles son adecuados para el suelo de la Zona de Rio Frio, de acuerdo al análisis practicado, el magnesio esta dentro del rango de 170 ppm para este

suelo (Tabla 10), valor cercano al adecuado para los suelos de esta zona de 162 ppm (Anexo 16). La presencia del magnesio en los suelos andisoles es influenciado por el contenido de cenizas (González *et al*, 2009). El suelo del estudio tiene un pH de 5.9 indicando que es mediantemente ácido, lo cual puede ser la causa de su baja concentración ya que en suelos ácidos presenta deficiencia (Reed, 1999).

Al comparar los resultados del estudio realizado con la curva idealizada (Figura 1) de crecimiento en función a la concentración de magnesio, se puede concluir que este elemento para el orégano se encuentra en la zona de exceso por lo tanto su aplicación debe ser restringida en el plan de abonamiento ya que no muestra efectos determinantes sobre la planta.

### **5.2.13 Hierro**

Las plantas de orégano tratadas con solución carente de hierro produjeron una biomasa fresca acumulada mayor a la del control con solución completa, mientras que al observar la biomasa seca acumulada la producción fue menor a la obtenida por el control con solución completa. La variable longitud de tallos mostro valores similares a los del control con solución completa, sin embargo la variable número de tallos tuvo una producción mayor al control. Los tallos de calidad tipo nacional fueron mayores a los de calidad tipo exportación, pero ambos superaron la producción del control con solución completa. Este aumento en la mayoría de las variables en comparación al control con solución completa se debe a que los niveles de hierro en el suelo suplen las necesidades para ambas especies.

La carencia de este elemento no tuvo una influencia en esta especie, a pesar de que las concentraciones de hierro se encontraban bajas (95 ppm) en el suelo de la Zona de Rio frio (Tabla 10). Al comparar este valor con el rango adecuado de 230 ppm (Anexo 16), es evidente que los niveles de este elemento en el suelo están por debajo. De acuerdo a la literatura los suelos andisoles están constituidos por altos contenidos de hierro (González *et al*, 2009).

Al observar la curva idealizada de crecimiento (Figura 1) en función a la concentración de hierro y los resultados de las plantas carentes de hierro, se puede concluir que este elemento para el orégano se encuentra en la zona de exceso, por lo tanto no sería conveniente adicionar a través del abonamiento.

#### **5.2.14 Cobre**

En el orégano la producción de biomasa fresca acumulada fue mucho mayor a la producida por el control con solución completa, en cambio la biomasa seca acumulada fue ligeramente menor a la producida por el control con solución completa. Los valores de las variables longitud de tallos y número de tallos tuvieron un comportamiento similar al del tratamiento control, sin embargo es de resaltar que el número de tallos en el segundo corte tuvo una producción mucho mayor. Las plantas tratadas con solución carente de cobre produjeron mayor cantidad de tallos de calidad tipo exportación que tipo nacional, los de calidad tipo exportación fueron mayores a los obtenidos por el control con solución completa, en cambio los de calidad tipo nacional fueron menores a los del control con solución completa.

Para esta especie la ausencia de cobre no tuvo un efecto significativo, a pesar de que los niveles de este elemento son bajos para el suelo de la Zona de Rio Frio. De acuerdo a los análisis realizados, el cobre se encuentra en niveles de 0.88 ppm (Tabla 10), el cual es considerado por debajo si se compara con los rangos adecuados de 5 ppm para este suelo (Anexo 16). Esto se debe a los altos contenidos de materia orgánica que se encuentran, ya que estos contenidos fijan este elemento formando complejos insolubles que es un estado no disponible para la planta (González *et al*, 2008).

Los resultados anteriores y la curva idealizada de crecimiento en función a la concentración de cobre (Figura 1) muestran que para el orégano este elemento se encuentra en la zona de exceso por ende el aporte de cobre se debe restringir en el plan de abonamiento.



### **5.2.15 Manganese**

En el orégano tanto para la biomasa fresca y seca acumulada de las plantas fertirrigadas con solución sin manganeso tuvieron una mayor producción al compararla con el tratamiento control con solución completa. Así mismo este comportamiento se observó en las demás variables evaluadas, por ende el suelo tiene la cantidad suficiente para suplir las necesidades de esta especie.

En los dos cortes tanto en la variable longitud como en la variable número de tallos un aumento en el crecimiento de 13.8 % y 54.2 %, respectivamente debido a que este elemento tiene como función principal la elongación de células (Marshner, 1995), indicando que para esta especie los niveles que el suelo posee son suficientes.

La carencia de manganeso para esta especie no tuvo un efecto marcado, a pesar de que los niveles de este elemento son bajos para el suelo de la Zona de Río Frio. De acuerdo a los análisis realizados, el manganeso se encuentra en niveles de 1.5 ppm (Tabla 10), el cual se encuentra significativamente bajo si se compara con los rangos adecuados de 34 ppm para este suelo (Anexo 16). Esto se debe a los altos contenidos de materia orgánica que se encuentran, ya que estos contenidos fijan este elemento formando complejos insolubles que es un estado no disponible para la planta (González *et al*, 2008). Al analizar la curva idealizada de crecimiento en función de la concentración de manganeso en el orégano y lo anterior; este elemento se encuentra en la zona de exceso, por tal razón no sería conveniente adicionarlo a través del abonamiento debido a que no muestran efectos determinantes para estas plantas.

### **5.2.16 Zinc**

Al analizar la biomasa fresca acumulada en las plantas tratadas con solución carente de zinc en el orégano, la producción fue mayor a la del control, al igual que la longitud y número de tallos teniendo en cuenta que los niveles de zinc en el suelo son bajos, mientras que para la biomasa seca acumulada y calidad tipo exportación y nacional la producción fue menor a la de la solución que si

fue suministrado, por lo tanto estas plantas mostraron un efecto por la ausencia de zinc.

Para esta especie la ausencia de zinc no presento un efecto significativo, a pesar de que los niveles de este elemento son bajos (0.78 ppm) (Tabla 10), según los análisis realizados en el suelo de la Zona de Rio Frio. Al comparar este valor con el rango adecuado de 12 ppm (Anexo 16) se encuentra significativamente bajo. Esto se presenta debido a altos contenidos de materia orgánica que se encuentran, ya que estos contenidos fijan este elemento formando complejos insolubles que es un estado no disponible para la planta (González *et al*, 2008)..

Según lo anterior y el análisis de la curva idealizada de crecimiento en función de la concentración de zinc en orégano, se encuentra en la zona adecuada, por tal razón se recomienda que sea suplido en el plan de abonamiento.

#### **5.2.17 Boro**

En el caso de las plantas tratadas con solución carente de boro en el orégano, al analizar su biomasa fresca acumulada, número de tallos y tallos de calidad tipo exportación sus producciones fueron superiores a la del control con solución completa, mientras que al observar la biomasa seca acumulada, la longitud de tallos y tallos de calidad tipo nacional la producción fue ligeramente menor a la producción del control, sin tener un efecto significativo en estas plantas. En la variable longitud de tallos se mostro que la ausencia del boro genera dificultad en el desarrollo de ápices meristemáticos y nuevas células (Marshner, 1995; Ramírez, 2003).mostrando una disminución del 23.5 % en el segundo corte.

Según el análisis de suelos realizado previamente el boro se encuentra en niveles medios (1.3ppm) en el suelo de la Zona de Rio Frio (Tabla 10), por lo tanto la ausencia de este elemento no tuvo consecuencias marcadas en esta especie. Al observar el rango adecuado de 1.8 ppm de esta zona (Anexo16), el valor obtenido por el análisis realizado se encuentra ligeramente bajo.

En los resultados anteriores y el análisis de la curva idealizada (Figura 1) el boro se encuentra en la zona adecuada mostrando que las plantas de orégano,

este elemento se encuentra ubicado en la zona de exceso indicando que el boro no es necesario suplirlo en el plan de abonamiento.

## 6. CONCLUSIONES

- Las plantas de orégano y romero presentaron contrastes en el efecto de los tratamientos, ya que la fisiología de cada una de ellas, tiene características diferentes, haciendo que la poda y el crecimiento sean heterogéneos.
- El romero al ser una planta leñosa (Muños, 2002) tiene la capacidad de depositar los nutrientes de reserva en los tallos principales eso hace que aunque en el sustrato se encuentre deficiente un elemento, este puede estar acumulado dentro de la planta haciendo que no se presente cambios relevantes en la producción y crecimiento real de la planta en el momento que está renovando los tallos secundarios. Por esta razón los efectos de los tratamientos aplicados en este ensayo no fueron tan evidentes para esta especie.
- El orégano al ser una planta herbácea y en la que las cosechas se manejan cortando a ras de suelo los tallos, no tiene la capacidad de mantener reservas, lo cual genera que esta especie tenga que tomar nuevos nutrientes del sustrato cada vez que produzca nuevos tallos, por lo tanto los efectos de los tratamientos fueron más evidentes para esta especie.
- El nitrógeno fue el elemento más crítico para ambas especies y su presencia en el suelo estudiado es muy baja. La ausencia de este elemento en el abonamiento mostró una importante disminución en la productividad y calidad del producto cosechado (biomasa fresca), el crecimiento (biomasa seca) y la longitud de los tallos.
- Los niveles bajos de los elementos menores en el suelo de la zona de Río Frío, como hierro, zinc, cobre y manganeso, no tuvieron un efecto significativo en la productividad y desarrollo de ambas especies.
- El romero necesita la aplicación de nitrógeno y potasio en suelo de Río Frío. Responde favorablemente al suministro de fósforo, magnesio, boro y azufre aumentando la productividad y crecimiento de las plantas. No

es conveniente adicionar a través del abonamiento el calcio, cobre, manganeso y en especial el hierro.

- El orégano es capaz de crecer con las concentraciones que provee el suelo de potasio, magnesio, azufre, cobre, hierro y manganeso, mientras que es indispensable aplicar nitrógeno y fósforo. También es conveniente suplir el calcio y el zinc.

## 7. RECOMENDACIONES

- Realizar nuevas investigaciones en romero y orégano, en donde se confirme la clasificación de los elementos considerados como no críticos.
- La fertilización del romero y del orégano debe contener gran cantidad de nitrógeno, debido a que este elemento desempeña numerosas funciones relacionadas con metabolismo y crecimiento dentro de estas dos especies, por lo tanto es importante buscar fuentes ricas en este elemento.
- Estudiar el comportamiento y requerimientos nutricionales del romero y el orégano en otros tipos de suelo, por medio de la técnica de las parcelas de omisión.
- Establecer para romero y orégano la sintomatología de déficit y de exceso de elementos, por medio de estudios con periodos de tiempo mas prolongados.
- Verificar los resultados obtenidos en este estudio por medio de otras técnicas como la de análisis foliar tanto para el orégano como para el romero.
- Realizar nuevos estudios que verifiquen los altos contenidos de potasio en el suelo de la vereda de Río Frío (Zipaquirá).

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ADSIL, E. 1996. Introducción a la ciencia de los suelos. E.A. Fitzpatrick. Editorial Trillas.
2. AGRONET, 2009. Exportaciones del sector agropecuario 2009 – orégano y demás plantas aromáticas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia. Tomado de: [[www.agronet.gov.co](http://www.agronet.gov.co)].
3. ALONSO DE LA PAZ. 1999. Hierbas sanas y aromáticas. EDITORIAL Abata, España.
4. ARISTIZABAL, M. 2003. Fisiología vegetal. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.
5. ARJONA, H. 2006. Fisiología de la nutrición vegetal en plantas aromáticas. En: Curso de Extensión "Últimas tendencias en hierbas aromáticas para exportación", pp.21. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
6. ASSURED PRODUCE LTD, 2002. Crop Specific protocol for Culinary Herbs-205. Issue No. 1/2002.
7. AZCON, J. 2000. Fundamentos en Fisiología Vegetal, pp. 522. McGraw Hill Interamericana, España..
8. BARBER, S. & PETERSON J. 1995. Soil Nutrient Bioavailability - A Mechanistic Approach. John Wiley & Sons, Inc.
9. BAREÑO, P. & ROJAS. 2006. El cultivo de Romero (*Rosmanirus officinalis*). "Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para exportación", pp. 102-103. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá..
10. BAREÑO, P. 2003. Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco- manejo agronómico, producción y costo. En: Curso de Extensión "Últimas tendencias en hierbas aromáticas para exportación", pp.8 – 9. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
11. BAREÑO, P. Y CLAVIJO, J. 2006. Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. En: Curso de Extensión "Últimas Tendencias en Hierbas Aromáticas para Exportación", pp.7. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

12. BECERRA, L. A.; NAVIA DE MOSQUERA, S. L.; NUSTEZ, C. E. 2007. Efecto de niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar “Criolla Guaneña” en el departamento de Nariño. *Revista Latinoamericana de la papa*, pp. 51-60. Colombia.
13. BENNETT, W. 1996. Nutrient deficiencies & toxicities. In *crop plants*. APS – PRESS. The American Phytopathological Society. Minnesota, USA.
14. BLACK, C. A. 1975. Potasio. *Relaciones suelo y planta*. Departamento de agronomía. Iowa state university Ames, Iowa.
15. BONILLA, C.; GARCIA, A.; CASTILLO, L.; SALAZAR, F. 1973. Modelación discontinuo para la correlacion, interpretación y utilización de datos de análisis de suelos y las respuestas a los fertilizantes. *Boletín técnico No 7*.
16. CADAHIA, C. 2005. *Fertirrigación cultivos hortícola, frutales y ornamentales*, pp. 229. Ediciones Mundi-prensa, Madrid.
17. CAJICA- CUNDINAMARCA. 2007. Programa Gobierno en Línea del orden Territorial (GELT). Con el apoyo de Internet para la Rendición de Cuentas (IPRC), Colnodo, USAID, Cooperación Técnica Alemana para el Desarrollo - GTZ GmbH y la Federación Colombiana de Municipios. Colombia. [<http://cajica-cundinamarca.gov.co/>]
18. CARTOGRÁFICA INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2000. Mapa - Departamentales – Topograficos (1:500.000). Cundinamarca, Colombia. [<http://mapascolombia.igac.gov.co>]
19. CASTILLA, A. 2008. Manejo integrado de la fertilización y nutrición en el cultivo de arroz por sitio especáfico. Actualización en fertilización de cultivos y uso de fertilizantes. Publicación de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Primera Edición. Bogotá, Colombia.
20. CASTILLO, L.; MINEVAR, F.; LARA, R.; GUERRERO, R. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Instituto Colombiano Agropecuario, Colombia.
21. CASTRO, R. 2009. Las plantas aromáticas en Colombia, producción y comercialización. Universidad Nacional de Colombia. En: *Memorias I Congreso Colombiano de Horticultura*, pp. 115. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas – SCCH. Colombia, Bogotá.



22. CLAVIJO, J. 2006. Fisiología de la producción de hierbas aromáticas. En: Curso de Extensión "Últimas tendencias en hierbas aromáticas para exportación", pp.10. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
23. CLAVIJO, J. 2006. Producción de hierbas aromáticas en Colombia. En: Memorias I Congreso Colombiano de Horticultura, pp. 219-226. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas – SCCH. Colombia, Bogotá.
24. COMITÉ PARA RECONOCIMIENTO DE SUELOS. 1994. Claves de taxonomía de suelos (Soil Survey Staff). Pag 23-24. Departamento de agricultura de los EE.UU .Sexta edición.
25. CUERVO, J. 2009. Fertilización en plantas aromáticas. Curso Hierbas aromáticas. Universidad Nacional. Colombia, Bogotá.
26. DURAN, A. 2003. Morfología de suelos. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
27. ESPINOSA J. & MITE, F. 2005. Búsqueda de eficiencia en el uso de nutrientes en banano. International Plant Nutrition Institute – IPNT. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – INIAP. [<http://www.ipni.net/ppiweb/Banano.pdf>]
28. ESPINOSA, 2006. Manejo de nutrientes por sitio específico en arroz y maíz en América Tropical. International Plant Nutrition Institute – IPNT. XVII Congreso Latinoamericano De Ciencias Del Suelo – CLACS. [<http://74.125.47.132/search?q=cache:rZ8eSJUT3WUJ:www.ipni.net/ppiweb/>].
29. ESPITIA, C. 2004. Aceites esenciales de hierbas aromáticas culinarias para su extracción y composición. Proyecto hierbas aromáticas. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
30. GEORGES, A.; LUCIEN, A.; BUSTARRET, J. 1995. Manual de suelos y fertilidad. Paris, Francia.
31. GETHING, P. A. 1994. Actualidad del potasio. Instituto Internacional de la potaja.
32. GLIESSMAN, S. R., 1997. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Santa Cruz, California.

33. GONZALES, H. & ARIAS, L. 2009. Características generales de clima y suelo de las zonas paralelas de Antioquia. Colombia. [www.antioquia.gov.co].
34. GONZÁLEZ, E. M.; PEDRAZA, L. A.; PÉREZ, M. M.; GÓMEZ, E. C. 2008. Caracterización de suelos y diagnóstico de su fertilidad en fincas productoras de hierbas aromáticas en los municipios de Zipaquirá, Cogua, Nemocón y Cajicá (Cundinamarca). Informe de investigación. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias. Apartes del Proyecto "Desarrollo de un esquema de fertilización orgánica para la producción de tomillo, orégano y romero en suelos de Zipaquirá, Cogua y Nemocón (Cundinamarca)". Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia. 117 p.
35. GUERRERO, R. 1986. Principios y aplicaciones de los métodos biológicos para la evaluación de la fertilidad del suelo, Práctica 10. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería Agrónoma. Colombia, Bogotá.
36. HENAO, M. & R, PEDRAZA. 2006. Avances en la caracterización de los niveles de nutrientes en el tejido vegetal de meta y albahaca para el diagnóstico nutricional. En: Curso de Extensión "Últimas tendencias en hierbas aromáticas para exportación", pp. 61-64. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
37. HENAO, M. 2005. Caracterización de los niveles de nutrientes en el tejido vegetal de romero para el diagnóstico nutricional. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
38. HENAO, M., JARMA, A. & ATENCIO, L. 2009. Producción de masa fresca de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en función de la nutrición en el Caribe colombiano. En: Memorias I Congreso Colombiano de Horticultura, pp. 119. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas – SCCH. Colombia, Bogotá.
39. HENRÍQUEZ, C. CABALCETA, G. BERTSCH, F. & ALVARADO, A. 2007. Principales suelos de Costa Rica- Origen, Características y Manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia Del Suelo. [http://www.mag.go.cr/biblioteca\_virtual\_ciencia/]

40. ICA. 1980. Suelos y fertilización de cultivos. Compendio No. 38. Instituto Colombiano Agropecuario. Ministerio de Agricultura. Colombia.
41. INTELEXPORT-DANE-PROEXPORT, 2003. Comportamiento de las exportaciones de hierbas culinarias. Memorias Curso de Extensión "Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco", pp. 88-98. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
42. JIMENES, J., RODRIGUEZ, H., YEPZ, J., GUZMAN, S., Y SALAS, I., 2004. INFORME FINAL – Estudio internacional de plantas medicinales, aromáticas, condimentarias y sus subproductos. Cadena productiva de plantas medicinales, aromáticas y condimentarias. Fundación Colombiana para la Farmacia Natural (FUNDACOFAN). Cali, Colombia.
43. JIMENEZ, F. 2008. Actualización en fertilización de cultivos y uso de fertilizantes. Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. Comité regional Cundinamarca y Boyacá. Primera edición. Bogotá, Colombia.
44. JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F. 1999. Plant systematics: a phylogenetic approach. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, USA.
45. KINTZIOS, S. 2004. Orégano. En Meter K. handbook of herbs and species, pp. 215-221. Woodhead publishing limited. Nueva Cork.
46. LARA, R. 1997. Factores físicos y químicos del suelo que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. Estado de la fertilidad de los suelos de la provincia de Pamplona, Cap. 4. CORPOICA, Pamplona.
47. LORENTE, J. 1997. Suelos abonos y materia orgánica. Biblioteca De La Agricultura. Idea Books.
48. MAHABIR, P. 1995. 270 Plantas medicinales americanas, pp. 523-524. Convenio Andrés Bello. Colombia.
49. MALAGÓN. 2005. Suelos de Colombia. Sociedad Geográfica de Colombia. Academia de Ciencias Geográficas. Colombia. [<http://www.sogeocol.com.co/documentos/05loss.pdf>].
50. MARENTES, F. & CLAVIJO, J. 2006. Análisis de la Extracción de Nutrientes de Orégano (*Organum vulgare* (L), ssp *Vulgare*) En: Curso de Extensión

- "Últimas tendencias en hierbas aromáticas para exportación", pp. 201. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
51. MARSCHENER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. London Academic Press. London.
  52. MILLAR, E. 1959. Soil Fertility. Segunda Edición. Library of Coingress Catalog. USA.
  53. MUÑOZ, F. 2002. Plantas medicinales y aromáticas estudio, cultivo y procesado, pp. 40,41, 257, 265-269. Ediciones Mundi-Prensa. España, Madrid.
  54. NAVARRA, M.; SÁNCHEZ, N.; URREGO, A.; MORALES, A. 1992. Fertilización en diferentes cultivos. Centro de Investigación Tibaitata. Manual de asistencia técnica No. 25, ICA. Colombia, Bogotá.
  55. ORTIZ., C. & GUTIERREZ. M. 2007. Clave para la taxonomía de suelos. Decima Edición. Departamento de agricultura de los Estados Unidos - USDA. Servicio de conservación de los recursos naturales – NRCS
  56. PABON, F.; GARCIA, J.; MENDEZ, H. 1997. Estado de la fertilidad de los suelos de la provincia de Pamplona. CORPOICA.
  57. PÉREZ, E. 1996. Plantas útiles de Colombia, pp. 435. Quinta edición. Colombia, Bogotá.
  58. PLAN NACIONAL HORTÍCOLA, 2007. Corporación Colombiana Internacional – CCI. Tomado de: [[www.cci.org.co/](http://www.cci.org.co/)].
  59. RAMÍREZ, C. 2003. Fisiología de la nutrición mineral: hierbas aromáticas frescas tipo exportación. En: Curso de Extensión "Últimas tendencias en hierbas aromáticas para exportación", pp. 34-40. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
  60. RODRIGUEZ, H. & RODRIGUEZ, J. 2002. Métodos de análisis de suelo y plantas. Criterios de interpretación. Editorial Trillas.
  61. RODRÍGUEZ, J & VÁZQUEZ, M. 2004. Evaluación De La Electroremediación De Andisoles Contaminados, Mediante El Análisis De Las Soluciones De Lavado. Grupo de Electroquímica, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, A.A.1226, Medellín, Colombia.

[[http://www.javeriana.edu.co/universitas\\_scientiarum/universitas\\_docs/vol8n1/vasquez.htm](http://www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum/universitas_docs/vol8n1/vasquez.htm)].

62. SADEGHIAN, S. 2008. Actualidad y Tendencia en la fertilización de café. Actualización en fertilización de cultivos y uso de fertilizantes. Publicación de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Primera Edición. Bogota, Colombia.
63. SALAS, R. 2003. Fertilizantes: Características y Manejo. Cap. 1. CIA. Costa Rica.
64. SALISBURY, F. & ROSS, C. 1994. Fisiología vegetal, pp. 127-142. Grupo editorial iberoamericana. Wadsworth Publishig Company, Inc. Belmon, California. USA.
65. SALISBURY, F., & ROSS, C., 1992. Plant Physiology. Cuarta edición. Wadsworth Publishig Company, Inc. Belmon, California. USA.
66. SILVA, F. 2001. Fertilidad de los suelos. Diagnóstico y control. Segunda Edición. Publicación de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Editora Guadalupe LTRA. Colombia, Bogotá.
67. SILVA, F. 2001. Los elementos secundarios (Ca, Mg, y S) y el Silicio en la Agricultura. Comité Regional de Cundinamarca y Boyacá. Colombia, Bogotá.
68. SISTEMA DE INFORMACIÓN AGRARIA (SIA), 2008. El rol de los micronutrientes. Programa desarrollado por La Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay-Huaral que desarrolla en alianza con el Centro Peruano de Estudios Sociales (CEPES). Perú. [<http://sia.huaral.org/>].
69. SUAREZ, A., ORTIZ, J., VEGA, N. & CHACON, M. 2009. Diversidad y estructura genética del arbusto aromático *Lippia organoides* kunth. Verbenaceae, en dos poblaciones del norte Colombiano. En: Memorias I Congreso Colombiano de Horticultura, pp. 116. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas – SCCH. Colombia, Bogotá.
70. TISDALE, S. & WERNER, N. 1965. Soil fertility and fertilizers. The Macmillian Company. United State.
71. VALVERDE, F., NOVOA, V., CARTAGENA, Y., Y PARRA, R. 2007. Manejo de nutrientes por sitio específico con labranza de conservación en el cultivo

- de maíz. Generación de tecnologías para nutrición de plantas. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Est. Exp. Santa Catalina. Departamento de Manejo de Suelos y Aguas – INPOFOS. Informe Técnico Anual - INIAP (Ecuador). 63303. Actividad 1. Quito, Ecuador.
72. VELOSO, J. 1969. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Ediciones Omega S.A.
73. WITT, C. 2005. Principios de manejo de potasio y fósforo en arroz. Oficina para el suroeste de Asia PPI – PPIC.
74. ZAIGER, E. & TAIZ, L. 2007. Fisiología vegetal. Edición 3. Volumen 1. Universitat Jaume I.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Cálculos completos de las soluciones utilizadas en los tratamientos

(las cantidades de los elementos son expresadas en g).

Solucion Completa			Sin Ca			Sin P		
	1 Lt	10 Lt - □ 10 veces		1 Lt	10 Lt - □ 10 veces		1 Lt	10 Lt - □ 10 veces
KNO3	0,6184	61,84	KNO3	0,6184	61,84	KNO3	0,6184	61,84
Ca(NO3)	0,8421	84,21	MAP	0,1148	11,48	Ca(NO3)	0,8421	84,21
MAP	0,1148	11,48	Molibdato	1,851x10 <sup>-5</sup>	1,851x10 <sup>-3</sup>	Molibdato	1,851x10 <sup>-5</sup>	1,851x10 <sup>-3</sup>
Molibdato	1,851x10 <sup>-5</sup>	1,851x10 <sup>-3</sup>	MgSO4	0,49	49	MgSO4	0,49	49
MgSO4	0,49	49	Quelato Mn	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Quelato Mn	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555
Quelato Mn	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Borax	4,545x0 <sup>-3</sup>	0,4545	Borax	4,545x0 <sup>-3</sup>	0,4545
Borax	4,545x0 <sup>-3</sup>	0,4545	Quelato Zn	5,55x10 <sup>-4</sup>	0,0555	Quelato Zn	5,55x10 <sup>-4</sup>	0,0555
Quelato Zn	5,55x10 <sup>-4</sup>	0,0555	Quelato Cu	2,22x10 <sup>-4</sup>	0,0222	Quelato Cu	2,22x10 <sup>-4</sup>	0,0222
Quelato Cu	2,22x10 <sup>-4</sup>	0,0222	Quelato Fe	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Quelato Fe	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555
Quelato Fe	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Urea	0,2836	28,36	Urea	0,02993	2,993
Sin N			Sin K			Sin Mg		
	1 Lt	10 Lt - □ 10 veces		1 Lt	10 Lt - □ 10 veces		1 Lt	10 Lt - □ 10 veces
Molibdato	1,851x10 <sup>-5</sup>	1,851x10 <sup>-3</sup>	Ca(NO3)	0,8421	84,21	KNO3	0,1992	19,92
MgSO4	0,49	49	MAP	0,1148	11,48	Ca(NO3)	0,8421	84,21
Quelato Mn	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Molibdato	1,851x10 <sup>-5</sup>	1,851x10 <sup>-3</sup>	MAP	0,1148	11,48
Borax	4,545x0 <sup>-3</sup>	0,4545	MgSO4	0,49	49	Molibdato	1,851x10 <sup>-5</sup>	1,851x10 <sup>-3</sup>
Quelato Zn	5,55x10 <sup>-4</sup>	0,0555	Quelato Mn	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Quelato Mn	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555
Quelato Cu	2,22x10 <sup>-4</sup>	0,0222	Borax	4,545x0 <sup>-3</sup>	0,4545	Borax	4,545x0 <sup>-3</sup>	0,4545
Quelato Fe	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Quelato Zn	5,55x10 <sup>-4</sup>	0,0555	Quelato Zn	5,55x10 <sup>-4</sup>	0,0555
Mainstay Ca	0,56 ml	56	Quelato Cu	2,22x10 <sup>-4</sup>	0,0222	Quelato Cu	2,22x10 <sup>-4</sup>	0,0222
KCl	0,4716	47,16	Quelato Fe	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Quelato Cu	2,22x10 <sup>-4</sup>	0,0222
Acid fosforic	0,1139	11,39	Urea	0,1739	17,39	k2SO4	0,3538	35,38
						Urea	0,1184	11,84
Sin S			Sin Fe			Sin Mn		
	1 Lt	10 Lt - □ 10 veces		1 Lt	10 Lt - □ 10 veces		1 Lt	10 Lt - □ 10 veces
KNO3	0,6184	61,84	KNO3	0,6184	61,84	KNO3	0,6184	61,84
Ca(NO3)	0,4561	45,61	Ca(NO3)	0,8421	84,21	Ca(NO3)	0,8421	84,21
MAP	0,1148	11,48	MAP	0,1148	11,48	MAP	0,1148	11,48
Molibdato	1,851x10 <sup>-5</sup>	1,851x10 <sup>-3</sup>	Molibdato	1,851x10 <sup>-5</sup>	1,851x10 <sup>-3</sup>	Molibdato	1,851x10 <sup>-5</sup>	1,851x10 <sup>-3</sup>
Quelato Mn	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	MgSO4	0,49	49	MgSO4	0,49	49
Borax	4,545x0 <sup>-3</sup>	0,4545	Quelato Mn	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Borax	4,545x0 <sup>-3</sup>	0,4545
Quelato Zn	5,55x10 <sup>-4</sup>	0,0555	Borax	4,545x0 <sup>-3</sup>	0,4545	Quelato Zn	5,55x10 <sup>-4</sup>	0,0555
Quelato Cu	2,22x10 <sup>-4</sup>	0,0222	Quelato Zn	5,55x10 <sup>-4</sup>	0,0555	Quelato Cu	2,22x10 <sup>-4</sup>	0,0222
Quelato Fe	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Quelato Cu	2,22x10 <sup>-4</sup>	0,0222	Quelato Fe	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555
Mg(NO3)2	0,544	54,4						
mainstay Ca	0,26 ml	26 ml						
Sin B			Sin Zn			Sin Cu		
	1 Lt	10 Lt - □ 10 veces		1 Lt	10 Lt - □ 10 veces		1 Lt	10 Lt - □ 10 veces
KNO3	0,6184	61,84	KNO3	0,6184	61,84	KNO3	0,6184	61,84
Ca(NO3)	0,8421	84,21	Ca(NO3)	0,8421	84,21	Ca(NO3)	0,8421	84,21
MAP	0,1148	11,48	MAP	0,1148	11,48	MAP	0,1148	11,48
Molibdato	1,851x10 <sup>-5</sup>	1,851x10 <sup>-3</sup>	Molibdato	1,851x10 <sup>-5</sup>	1,851x10 <sup>-3</sup>	Molibdato	1,851x10 <sup>-5</sup>	1,851x10 <sup>-3</sup>
MgSO4	0,49	49	MgSO4	0,49	49	MgSO4	0,49	49
Quelato Mn	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Quelato Mn	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Quelato Mn	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555
Quelato Zn	5,55x10 <sup>-4</sup>	0,0555	Borax	4,545x0 <sup>-3</sup>	0,4545	Borax	4,545x0 <sup>-3</sup>	0,4545
Quelato Cu	2,22x10 <sup>-4</sup>	0,0222	Quelato Cu	2,22x10 <sup>-4</sup>	0,0222	Quelato Zn	5,55x10 <sup>-4</sup>	0,0555
Quelato Fe	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Quelato Fe	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555	Quelato Fe	5,55x10 <sup>-3</sup>	0,555

Anexo 2. Formatos de recolección de datos usado a lo largo del estudio

**Formato 1. Registro Semanal de datos en los Ensayos de Extracción de Nutrientes en Orégano y Romero**

Fecha de Tranplante: _____					Especie: _____							
Fecha toma de datos: _____					Edad (sdt): _____							
Trat	Planta No.	No. Tallos	Tallo No.	Longitud (cm)	Observaciones	Trat	Planta No.	No. Tallos	Tallo No.	Longitud (cm)	Observaciones	
1	1		1			3	1		1			
			2						2			
			3						3			
	2			1			3	2		1		
				2						2		
				3						3		
	3			1			3	3		1		
				2						2		
				3						3		
	4			1			3	4		1		
				2						2		
				3						3		
	5			1			3	5		1		
				2						2		
				3						3		
2	1		1			3	1		1			
			2						2			
			3						3			
	2			1			3	2		1		
				2						2		
				3						3		
	3			1			3	3		1		
				2						2		
				3						3		
	4			1			3	4		1		
				2						2		
				3						3		
	5			1			3	5		1		
				2						2		
				3						3		
5	1		1			3	1		1			
			2						2			
			3						3			
	2			1			3	2		1		
				2						2		
				3						3		
	3			1			3	3		1		
				2						2		
				3						3		
	4			1			3	4		1		
				2						2		
				3						3		
	5			1			3	5		1		
				2						2		
				3						3		
1			1			3	1		1			
			2						2			
			3						3			



**Formato 2. Registros de datos de cosecha en los Ensayos de Extracción de Nutrientes en Orégano y Romero**

Fecha de Tranplante: _____					Especie: _____							
Fecha de Cosecha: _____					Edad (sd): _____							
Trat	Plant #	Longitud (cm)			Observaciones	Trat	Plant #	Longitud (cm)			Observaciones	
1	1					3	1					
	2						2					
	3						3					
	4						4					
	5						5					
2	1					4	1					
	2						2					
	3						3					
	4						4					
	5						5					
5	1	1				7	1					
		2										
		3										
	2	1						2				
		2										
		3										
	3	1						3				
		2										
		3										
	4	1						4				
		2										
		3										
	5	1						5				
		2										
		3										
1	1					1						
	2											
	3											

### Formato 3. Toma de peso fresco y seco en Orégano y Romero

Fecha de Tránsito: _____					Especie: _____		
Fecha de Cosecha: _____					Edad (sd): _____		
Trat	Plant #	Calidad Exportación			Calidad Nacional		
		# Tallos	Peso Fresco	Peso Seco	# Tallos	Peso Fresco	Peso Seco
1	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
2	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
3	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
4	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
5	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
6	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
7	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
8	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
9	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						

### Anexo 3. Resultados del análisis de salinidad del agua de acueducto utilizada en el ensayo.

 DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI		RESULTADOS ANÁLISIS SALINIDAD DE AGUA DIVISIÓN LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS				FECHA			
						DÍA	MES	AÑO	
DEPARTAMENTO <b>CUNDINAMARCA</b>		MUNICIPIO <b>CAJICA</b>		LOCALIZACIÓN <b>ESTACION EXPERIMENTAL HACIENDA RIO GRANDE</b>					
REMITENTE <b>UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA</b>						PROYECTO			
IDENTIFICACION DE CAMPO	No. LABORATORIO	pH	CE (umhos/cm)	RAS	CLASE	BORO (ppm)	FÓSFORO (ppm)	ZINC (ppm)	COBRE (ppm)
AGUA ESTACION RIO GRANDE	3-75290	6,2	228	1,4	C1-S1	ND	0,03	ND	ND
CATIONES (meq/L)									
CALCIO	MAGNESIO	POTASIO	SODIO	AMONIO	SUMA	ALUMINIO (ppm)	HIERRO (ppm)	MANGANESO (ppm)	
0,93	0,13	0,19	1,1	ND	2,3	0,30	ND	ND	
ANIONES (meq/L)									
SULFATOS	CLORUROS	NITRATOS	CARBONATOS	BICARBONATOS	SUMA				
0,55	0,92	ND	0,00	0,44	1,9				
METODOS: pH: Potenciométrico; Cromo: Absorción Atómica Horno de Grafito; Nitratos y amonio: Kjeldahl y titulación potenciométrica; Boro: Colorimétrico con azometina - H: Fósforo: Carolina del Norte; Calcio, Magnesio, Hierro y Aluminio: Absorción atómica; Cloruros, carbonatos y bicarbonatos: Titulación potenciométrica; sulfatos: Turbidimétrico; Potasio y sodio: Emisión atómica. CE: conductividad eléctrica, milimhos/cm (dS/cm)      RAS: Relación Adsorción de Sodio      N. D.: NO DETECTADO INTERPRETACIÓN CLASE DE AGUA: <b>C1-S1: Agua de baja salinidad y bajo contenido de sodio; puede usarse para riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de que se generen problemas de salinidad, siempre y cuando exista una buena permeabilidad y no se presenten problemas de sodio en el suelo. NOTA: Consultar con el técnico de la zona.</b> NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos.      Aprobado por Coordinador de Análisis Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 3694016 ó 3694000 ext. 4016 <u>JORGE ALBERTO SANCHEZ ESPINOSA</u> Nombre _____ Firma _____									
PLANEACION - ORGANIZACION Y METODOS									

### Anexo 4. Resultado de la prueba de ANOVA para biomasa fresca acumulada en orégano.

	Df Sum	Sq Mean	Sq F	value Pr(>F)
Trat 1	1166.2	1166.2	2.6018	0.1125

### Anexo 5. Resultado de la prueba de ANOVA para biomasa seca acumulada en orégano

	Df Sum	Sq Mean	Sq F	value Pr(>F)
Trat 1	378.05	731.50 .05	7.6901	1.257e-07 ***

Anexo 6. Resultado de la prueba de ANOVA para biomasa fresca acumulada en romero.

	Sum	Sq Mean	Sq F	value Pr(>F)
Trat 1	10451.2	870.9	5.2043	1.193e-05 ***

Anexo 7. Resultado de la prueba de ANOVA para biomasa seca acumulada en romero.

	Sum	Sq Mean	Sq F	value Pr(>F)
Trat 1	936.58	78.05	5.1383	1.391e-05 ***

Anexo 8. Resultado de la prueba de SAS para la longitud de tallos de romero en el primer corte.

Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
TRA	12	51	1.04	0.4286
DDT	8	413	143.42	<.0001
TRA*DDT	96	411	1.59	<u>0.0012</u>
MCLON	1	49	27.62	<.0001

Anexo 9. Resultado de la prueba de SAS para la longitud de tallos de romero en el segundo corte.

Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
TRA	12	52.3	1.24	0.2831
DDT	9	465	109.36	<.0001
TRA*DDT	108	461	1.12	<u>0.2200</u>
MCLON	1	49.7	0.78	0.3803

Anexo 10. Resultado de la prueba de SAS para el número de tallos de romero en el primer corte.

Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
TRA	12	64.9	1.59	0.1161
DDT	8	413	71.25	<.0001
TRA*DDT	96	401	1.08	<u>0.3031</u>
CTAL	1	63.5	5.32	0.0243

**Anexo 11. Resultado de la prueba de SAS para el número de tallos de romero en el segundo corte.**

Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
TRA	12	60.4	2.29	0.0176
DDT	9	466	42.84	<.0001
TRA*DDT	108	454	0.94	<u>0.6343</u>
CTAL	1	57.5	3.76	<u>0.0575</u>

**Anexo 12. Resultado de la prueba de SAS para la longitud de tallos de orégano en el primer corte.**

Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
TRA	11	14.5	1.37	0.2841
DDT	6	88.1	76.87	<.0001
TRA*DDT	66	81.3	0.96	<u>0.5621</u>
MCLON	1	13.9	39.36	<.0001

**Anexo 13. Resultado de la prueba de SAS para la longitud de tallos de orégano en el segundo corte.**

Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
TRA	11	13.5	1.22	0.3598
DDT	8	108	65.51	<.0001
TRA*DDT	88	104	1.11	<u>0.3088</u>
MCLON	1	13	0.54	<u>0.4775</u>

**Anexo 14. Resultado de la prueba de SAS para el número de tallos de orégano en el primer corte.**

Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
TRA	12	41.2	1.07	0.4119
DDT	6	243	81.75	<.0001
TRA*DDT	72	235	1.06	<u>0.3631</u>
CTAL	1	39.9	24.11	<.0001

**Anexo 15. Resultado de la prueba de SAS para el número de tallos de orégano en el segundo corte.**

Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
TRA	12	41.7	2.07	0.0415
DDT	8	302	32.92	<.0001
TRA*DDT	96	297	1.09	<u>0.2904</u>
CTAL	1	254	0.17	<u>0.6785</u>

Anexo 16. G.R. Chía S.A. 2008. Tablas de interpretación de resultados de un análisis químico de suelos. Laboratorio de Suelos.

CIC	> 40 y < 45		
	Bajo	Medio	Adecuado
<b>N – NH<sub>4</sub></b>	13.00	46.00	61.00
<b>N – NO<sub>3</sub></b>	100.00	180.00	210.00
<b>P</b>	20.00	30.00	40.00
<b>K</b>	176.00	352.00	528.00
<b>Ca</b>	900.00	2700.00	4500.00
<b>Mg</b>	54.00	108.00	162.00
<b>Fe</b>	150.00	190.00	230.00
<b>Mn</b>	15.00	30.00	34.00
<b>Cu</b>	2.00	4.00	5.00
<b>Zn</b>	7.00	9.00	12.00
<b>B</b>	0.60	1.20	1.80