

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y

Ambientales

Escuela de Ingeniería Agropecuaria

“DETERMINACION DEL ELEMENTO
LIMITANTE EN EL RENDIMIENTO DEL
SUNFO, *Clinopodium nubigenum L.*”

TESIS DE GRADO PREVIA LA OBTENCION DEL
TITULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

Chulde Fraga Segundo Moisés

DIRECTOR

Ing. Franklin Valverde M. Sc.

Ibarra – 2005

“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

“DETERMINACION DEL ELEMENTO LIMITANTE EN EL RENDIMIENTO DEL SUNFO (Clinopodium nubigenum)”

Tesis de grado presentada al comité asesor como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APOBADA:

Ing. Franklin Valverde, M Sc.

Director de Tesis

Ing. Oswaldo Romero

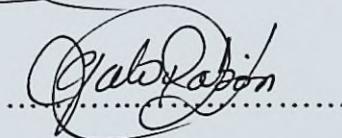
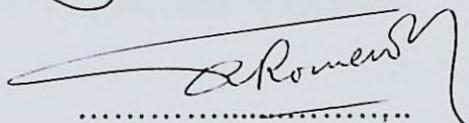
Asesor

Ing. Galo Varela

Asesor

Biólogo. Galo Pabón

Asesor

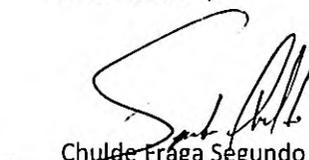


Ibarra, 20 de enero 2023

Magister
Bethy Chávez
DIRECTORA DE BIBLIOTECA

Yo, Chulde Fraga Segundo Moisés con cédula N° 0401401203, autor de la tesis con tema "DETERMINACIÓN DEL ELEMENTO LIMITANTE EN EL RENDIMIENTO DEL SUNFO, *CLINOPODIUM NUBIGENUM L.*" autorizo a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte, subir mi trabajo de grado al Repositorio Digital Institucional.

Atentamente,


Chulde Fraga Segundo Moisés
AUTOR DE TESIS



PRESENTACIÓN:

Las ideas, conceptos, tablas, gráficos y más informes que se presentan en esta obra son responsabilidad de su autor.

Chulde Fraga Segundo Moisés

DEDICATORIA:

A mis padres Moisés Chulde y Rosario Fraga por su amor incondicional y guiarme siempre por el sendero correcto

A mis hermanos Celia, Marcelo, Jorge, Marlene, Luis y José, por su constante apoyo

A una persona muy especial en mi vida Dianita Chamorro por darme fuerza, confianza y ser mi estímulo para culminar este trabajo

A mis amigos, quienes me ayudaron a seguir por el sendero correcto y a quienes no por ser mi fuerza de voluntad para enfrentar los obstáculos

AGRADECIMIENTO:

A la Universidad Técnica del Norte y la Facultad de Ingeniería en Ciencia Agropecuarias y Ambientales.

A mis padres y hermanos por todo su apoyo brindado.

Al Ingeniero Franklin Valverde quien supo orientarme con sus valiosos conocimientos.

Al Ingeniero José Bermeo Gerente- Propietario de AGROALEGRE CA. Quien me abrió las puertas para explorar el mundo de las aromáticas.

Al Doctor Ignacio Arévalo por brindarme las facilidades para que este trabajo se haga realidad.

A los Ingenieros Galo Varela y Oswaldo Romero de igual manera al biólogo Galo Pabón por sus consejos y apoyo a este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pag.
Índice de cuadros.....	i
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos.....	vi
1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
1.4 . Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. Las plantas medicinales.....	4
2.1.1. Lamiaceas.....	4
2.1.2. Clasificación taxonómica.....	5
2.1.3. Descripción botánica.....	6
2.2. Fertilización en plantas medicinales.....	6
2.2. Influencia de los elementos nutritivos en plantas medicinales.....	7
2.3. Los elementos esenciales en la nutrición de los cultivos.....	8
2.3.1. Nitrógeno.....	8
2.3.2. Funciones.....	8
2.3.1.1. Comportamiento en el suelo.....	9
2.3.1.2. Efectos.....	9
2.3.1.3. Síntomas de Deficiencias en las plantas.....	10
2.3.2. Fósforo.....	10
2.3.2.1. Funciones.....	11
2.3.2.2. Comportamiento en el suelo.....	12
2.3.2.3. Efectos.....	12
2.3.2.4. Síntomas de deficiencias.....	13
2.3.2.5. Disponibilidad del fósforo.....	13
2.3.3. Calcio.....	14

2.3.3.1. Funciones.....	15
2.3.3.2. Deficiencias.....	15
2.3.3.3. Disponibilidad.....	16
2.3.3.4. El Encalado y su efecto en el pH.....	16
2.3.4. Azufre.....	16
2.3.4.1. Funciones.....	16
2.3.4.2. Deficiencias.....	18
2.3.4.3.- Disponibilidad.....	18
2.4. Los Fertilizantes como fuente de nutrientes.....	19
2.4.1. Nitrato de amonio $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ (34 % N).....	19
2.4.1.1. Pérdidas de nitrato.....	20
2.4.2. Superfosfato Triple (SFT).....	20
2.5. Los aceites esenciales.....	20
2.5.1. Distribución y estado natural.....	21
2.5.2. Extracción y aislamiento.....	21
2.5.3. Rendimiento de los aceites.....	22
2.5.4. Aplicación de los aceites esenciales.....	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. Materiales y equipos.....	24
3.2. Métodos	25
3.2.1. Ubicación de la Fase de Campo.....	25
3.2.2. Clasificación agro ecológica de Holdrigde.....	26
3.2.3. Características particulares del campo experimental.....	26
3.2.4. Ubicación de la Fase de Laboratorio.....	26
3.2.5. Factor en estudio.....	27
3.2.6. Tratamientos.....	27
3.2.7. Diseño experimental.....	27
3.2.8. Análisis estadístico.....	28
3.2.9. Análisis funcional.....	28
3.2.10. Análisis Económico.....	28
3.2.11. Características del experimento.....	28
3.2.12. Características de la unidad experimental.....	29

3.3. Variables en estudio.....	29
3.3.1. Prendimiento de las plantas.....	29
3.3.2. Crecimiento de las plantas.....	29
3.3.3. Rendimiento de materia fresca.....	30
3.3.4. Rendimiento de aceites esenciales.....	30
3.3.5. Extracción de nutrientes.....	31
3.3.6. Eficiencia de los elementos.....	32
3.3.7. Análisis económico.....	32
3.4. Manejo del Experimento.....	33
3.4.1. Propagación de plantas.....	33
3.4.2. Extracción de plantas.....	33
3.4.3. Preparación del terreno.....	33
3.4.4. Instalación del experimento.....	34
3.4.5. Transplante.....	34
3.4.6. Control de malezas.....	35
3.4.7. Corte.....	35
3.4.8. Estudio etnobotánico e impacto ambiental.....	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Porcentaje de prendimiento.....	36
4.2. Crecimiento de plantas a los 50 días después del transplante.....	37
4.2.1. Crecimiento de planta a los 100 días después el transplante.....	40
4.2.2. Crecimiento de planta a los 150 días después el transplante.....	43
4.2.3. Crecimiento de plantas a los 200 días después del transplante.....	45
4.3. Rendimiento de Materia Fresca del sunfo.....	49
4.4. Rendimiento de aceites esenciales.....	53
4.5. Extracción de nutrientes.....	58
4.6. Eficiencia de los nutrientes aplicados.....	64
4.7. Análisis económico.....	66
CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES.....	73
RESUMEN.....	74
SUMMARY.....	77

BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	80
ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Tratamientos estudiados.....	27
Tabla 2. Esquema del análisis de varianza	28
Tabla 3. Análisis de varianza para crecimiento del sunfo a los 50 días después del trasplante.....	37
Tabla 4. Promedios para el crecimiento del sunfo y prueba de Tukey al 5% para tratamientos a los 50 días después del trasplante	38
Tabla 5. Análisis de varianza para crecimiento del sunfo a los 100 días después del trasplante.....	40
Tabla 6. Promedios para el crecimiento del sunfo y Prueba de Tukey al 5% para tratamientos a los 100 días después del trasplante...	
Tabla 7. Análisis de varianza para crecimiento del sunfo a los 150 días después del trasplante.....	43
Tabla 8. Promedios para el crecimiento del sunfo y Prueba de Tukey al 5% para tratamientos a los 150 días después del trasplante.....	44
Tabla 9. Análisis de varianza para crecimiento del sunfo a los 200 días después del trasplante	46
Tabla 10. Análisis de varianza para materia fresca del sunfo cortado a los 200 días después del trasplante.....	49
Tabla 11. Promedios para rendimiento de materia fresca del sunfo y prueba de Tukey al 5% para tratamientos a los 200 días después del trasplante.....	50
Tabla 12. Resultados del rendimiento de aceites esenciales de sunfo.....	54
Tabla 13. Cantidad de nutrientes extraídos por el sunfo a los 200 días después del trasplante.....	58
Tabla 14. Eficiencia de los fertilizantes aplicados en el cultivo de sunfo en la Comunidad de San Cristobal Alto, provincia del Carchi, 2004.....	64
Tabla 15. Análisis económico, del ensayo de fertilización en el cultivo de sunfo, realizado en la provincia del Carchi, 2004 (CIMMYT, 1988).....	66
Tabla 16. Análisis de dominancia para tratamientos.....	67
Tabla 17. Tasa de retorno marginal, datos tomados en el 2004.....	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pag.
Gráfico 1. Ubicación geográfica del ensayo en el mapa del Ecuador.....	25
Gráfico 2. Crecimiento del sunfo a los 50 días después del trasplante.....	39
Gráfico 3. Crecimiento del sunfo a los 100 días después del trasplante.....	42
Gráfico 4. Crecimiento del sunfo a los 150 días después del trasplante.....	45
Gráfico 5. Crecimiento del sunfo a los 200 días después del trasplante.....	47
Gráfico 6. Curva de crecimiento de las plantas de sunfo a los 50, 100, 150 y 200 días después del trasplante.....	48
Gráfico 7. Peso fresco del sunfo cortado a los 200 días después del trasplante.....	53
Gráfico 8. Rendimiento de aceites esenciales de sunfo.....	56
Gráfico 9. Análisis de correlación entre rendimiento de biomasa de sunfo y producción de aceites esenciales.....	57
Gráfico 10. Análisis de correlación para el peso fresco y extracción de nitrógeno.....	60
Gráfico 11. Análisis de correlación para el peso fresco de sunfo y extracción de fósforo.....	61
Gráfico 12. Análisis de correlación para el peso fresco de sunfo y extracción de calcio.....	62
Gráfico 13. Análisis de correlación para el peso fresco y extracción de azufre.....	63
Gráfico 14. Curva de Beneficios netos para ensayo de fertilización en el cultivo de sunfo en Carchi, 2004.....	69

I

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la explotación de plantas medicinales y aromáticas, ha utilizado tecnologías ancestrales y no han existido estudios agronómicos detallados de la mayoría de estas especies, debido a la incipiente importancia para una mejor explotación, a pesar de que en la actualidad la revolución de la medicina homeopática, la aromaterapia, la industria de la condimentación y farmacéutica están en auge.

Las plantas de la Sierra son las más conocidas y demandadas, solamente en los mercados de capitales de provincia se registran aproximadamente 245 especies que corresponden a especies nativas de los Andes Suramericanos. (Buitrón,2001).

Actualmente se conoce muy poco sobre la producción, aprovechamiento y comercio de plantas medicinales y sus productos, Sin embargo, el doble papel que representan, tanto como fuente de salud como de ingresos económicos para cultivadores, comerciantes, colectores y manufactureros de medicinas basadas en plantas, contribuye de una manera importante al proceso del desarrollo. (Buitrón, 2001).

A pesar de esto, en los últimos años se ha venido incrementando el interés de los consumidores, principalmente de Estados Unidos y Europa, por las hierbas o especias que pueden usarse como infusiones alimenticias o medicinales o bien como condimento para sus comidas (Fonegra, 2001).

Dentro de estas plantas el sunfo, que por sus características aromáticas y medicinales, ha impulsado la necesidad de las comunidades de producirlo y explotarlo, ya que a pesar de ser una planta poco difundida y encontrarse en peligro de extinción a causa de la exagerada recolección de los pobladores, muestra una gran aceptación en los mercados.

La falta de información sobre como implementar el cultivo, fertilización y manejo en sí han resultado la mayor limitante para su consumo, aprovechamiento e industrialización a gran escala.

Tomando en cuenta el hábitat natural de la planta, principalmente el aspecto edáfico, los suelos alto andinos, presentan deficiencias principalmente de fósforo, seguido del resto de macro nutrientes, y micro nutrientes, lo cual no permite un buen desarrollo y crecimiento de las plantas de sunfo, ya que la baja disponibilidad de nutrientes reduce las posibilidades de obtener altos rendimientos de biomasa.

Por la razones expuestas es necesario identificar los elementos limitantes del crecimiento, desarrollo y rendimiento del sunfo, para proporcionar posibles recomendaciones de fertilización en base a los elementos requeridos por la planta y deficientes en el suelo, así como también su rentabilidad para posteriores estudios e implementación de cultivos extensos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. General

Determinar el o los elementos limitantes sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de biomasa del sunfo.

1.1.2. Específicos

- Evaluar la respuesta del sunfo a la aplicación de elementos nutritivos.
- Obtener datos sobre la fonología de la planta de sunfo y su extracción de nutrientes.
- Evaluar la respuesta de la planta de sunfo a la aplicación de cal.
- Analizar económicamente el rendimiento en base a la fertilización, mediante el modelo del presupuesto parcial del CIMMYT, (1988).

1.4 . HIPÓTESIS

La aplicación de elementos nutritivos, influyen en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de biomasa del sunfo.

II

REVISIÓN DE LITERATURA

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LAS PLANTAS MEDICINALES

Se llama planta medicinal a toda planta que contiene uno o varios principios activos capaces de evitar, aliviar o curar enfermedades, algunas plantas medicinales contienen aceites esenciales que son sustancias volátiles olorosas que se extraen por destilación, y son siempre mezclas de diferentes combinaciones orgánicas definidas: alcoholes, ésteres, éteres, aldehídos, cetonas, etc.

En algunas plantas la esencia es producida por tejidos secretores, en otras se encuentra en el enlace glucosídico en el interior de los tejidos y solo se manifiesta cuando se restriega, aplasta, seca o se destila la planta (Schauverberg , 1980).

Tomando en cuenta que el 80% de la población ecuatoriana depende de la medicina tradicional y por consiguiente de las plantas o productos naturales, basados en éstas para su salud y bienestar; Además de la búsqueda de eficacia y menor costo social, así como la necesidad de erradicar prácticas nocivas en el tratamiento de enfermedades y evitar los efectos colaterales causados por los químicos han hecho que no solamente los habitantes de las zonas rurales, campesinos indígenas o pobladores de los barrios urbanos pobres utilicen esta medicina, sino también las clases económicas media y alta. (Buitrón, 2001)

2.1.1. Lamiaceas

Se deben a la forma de su corola o cáliz, divididos en dos partes desiguales en forma de labios. Son plantas herbáceas, matas o arbustos, de hojas opuestas, flores

hermafroditas y fruto compuesto de cuatro núculas o aquenios (tetraquenio). Esta familia agrupa plantas aromáticas y medicinales muy conocidas como el orégano, romero, albahaca, ajedrea, melisa, menta o hierbabuena, poleo, salvia, mejorana, cantueso, y las famosas lavandas (Botánica,2002).

A este grupo también pertenece el sunfo, una planta vascular que habita en los páramos y cordilleras de la serranía de países como Costa Rica, Panamá, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, encontrada en rangos altitudinales que van desde los 3500 a 4500 msnm (Sagtegui, Lutyn y Sylva, 2001) .

Según la página Bienvenido a Ecuador,1999, en Ecuador el sunfo habita en casi todos los páramos, en El Ángel se encuentra acompañada por especies como la paja, el mortiño, el sigse, la dormidera y son empleados con fines medicinales.

2.1.2. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del sunfo según Jerarquía taxonómica, (1997) & Jorgensen y León, (2000) es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Género: *Clinopodium*

Especie: *C. nubigenum*

Sinónimos: *Macromeria nubigena*; *Satureja nubijena*

2.1.3. Descripción botánica

Planta herbácea, rastrera o postrada, de hasta 15 cm de altura, caracterizada por su agradable olor debido a sus aceites esenciales. La raíz es fibrosa, ligeramente pivotante. Tallo marcadamente cuadrangular, con ángulos prominente o perceptibles; corteza ligeramente exfoliante, sobre todo en los tallos más antiguos; ramificación típicamente verticilada. Hojas simples, opuestas, desusadas, de 4mm de largo por 3mm de ancho; de forma oval-lanceoladas, ápice de recto a obtuso, base ligeramente truncada, borde entero o ligeramente sinuoso. Flores zigomorfas, labiadas, vistosas, pequeñas de hasta 3-5mm; 5 sépalos, verde, 5 pétalos, desiguales; estambres basifijos, con filamentos curvos, fruto seco indehisciente, en tetraquenio (Jorgensen y León , 2000).

2.2. FERTILIZACIÓN EN PLANTAS MEDICINALES

Según estudios realizados por diferentes autores las plantas medicinales no son muy exigentes en nutrientes, actualmente se elabora abonos tipo compost, utilizando estiércol de vaca, gallinaza, bagazo o cáscara de hojas y tierra, se han hecho aplicaciones de aproximadamente 100 quintales / ha, y aún no se han obtenido resultados. La aplicación de un fertilizante nitrogenado es lo primero que debe ser considerado (Tecnologías de cultivo y poscosecha de plantas medicinales, 2004).

2.2. INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS EN PLANTAS MEDICINALES

En ensayos con distintas mentas Khotari (1987), determinó que aplicando dosis superiores a los 100 Kg/ha de nitrógeno se obtuvieron incrementos importantes en el rendimiento en materia verde y esencia, y en la India y demostraron que la aplicación de 200 kg/ha de nitrógeno genera plantas más altas, de mayor peso fresco y rendimiento de aceite.

Las aplicaciones de nitrógeno deben ser fraccionadas, un ejemplo del mismo puede ser colocar 1/3 a la plantación, 1/3 a los 60 días y el último tercio después del primer corte o bien fraccionadas o divididas en cuartos y el último cuarto a los 60 días antes del primer corte.

En cuanto a la fertilización fosforada, en India Kothari (1987), desarrolló ensayos con menta japonesa utilizando cuatro niveles de P (0; 17,5; 35 y 52,5 kg./ha) en forma de superfosfato más la aplicación generalizada de 150 kg/ha de nitrógeno y 40 kg./ha de potasio para todos los tratamientos. Los resultados obtenidos mostraron que la altura de las plantas se incrementó por la aplicación de fósforo sin mostrar diferencias significativas entre los distintos niveles, obteniéndose el máximo valor para la dosis de 35 kg/ha; mostrando mayor significancia con la ubicación profunda del fertilizante, que fue otro factor en estudio, La relación hoja / tallo disminuyó con el aumento de las dosis.

Para estimular el crecimiento vegetativo y por tanto la producción de biomasa, se aconseja suministrar nitrógeno y fósforo en las fases críticas, es decir, en la recuperación vegetativa y tras las siegas. En otros términos, el abono debe tender a obtener el máximo, pero también a prolongar lo más posible la duración de la plantación (El cultivo del orégano, 2004).

2.3. LOS ELEMENTOS ESENCIALES EN LA NUTRICIÓN DE LOS CULTIVOS.

2.3.1. Nitrógeno

El nitrógeno es uno de los elementos químicos más importantes para todos los seres vivos sin excepción. En estado puro es un gas inerte sin color ni olor. Aproximadamente el 80% del aire de la atmósfera está formado por este gas. En forma gaseosa, no es aprovechable por las plantas, a excepción de las de la familia de las leguminosas, las cuales se asocian con bacterias que fijan el nitrógeno en el suelo (El abono como nutrición; 2001).

2.3.1.1. Funciones

Este elemento favorece la multiplicación celular y estimula el crecimiento, es componente de aminoácidos, proteínas y prótidos, forma parte de enzimas y sustancias complejas, esencial para la formación de la clorofila y la actividad fotosintética, alarga las fases del ciclo de cultivo (Curso de fertilizantes; 2000).

Es constituyente importante de proteínas, enzimas, vitaminas y ácidos nucleicos, que regulan casi todas las funciones metabólicas de las plantas y está involucrado en el proceso de fotosíntesis, por formar parte de la clorofila (Inpofos, 1989).

Una de las funciones del nitrógeno es estimular el crecimiento vegetativo de la parte aérea, ese desarrollo no puede efectuarse sin la presencia del fósforo, potasio y otros elementos esenciales disponibles (Foth, H. (1990) .

2.3.1.2. Comportamiento en el suelo

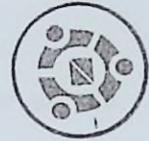
El nitrógeno es de alta solubilidad en el agua y resulta muy fácil que se pierda a causa de las lluvias o el riego por "lixiviación", a no ser que se utilicen formas de liberación lenta.

La procedencia principal del nitrógeno es la materia orgánica en descomposición, la cual produce pequeñas cantidades más o menos constantes de nutrientes hasta su total desaparición. (El abono como nutrición, 2001).

2.3.1.3. Efectos

El suministro adecuado de nitrógeno a las plantas produce:

- Rápido crecimiento
- Un color verde intenso
- Mejora la calidad de las hojas y aumenta el contenido en proteínas



- Aumenta la producción de hojas, frutas, semillas, etc.
- Como efecto secundario, tiene mucha importancia su función como alimento a la flora bacteriana del suelo (El abono como nutrición, 2002).

2.3.1.4. Síntomas de Deficiencias en las plantas

Cuando hay deficiencias, se suele manifestar en las hojas más viejas, ya que debido a su alta movilidad en la planta, siempre acudirá primero a los tejidos nuevos en crecimiento, y se hace evidente por la pérdida de color verde y el secado de estas hojas (El abono como nutrición, 2001).

También clorosis que inicia en las hojas viejas y se traslada a las hojas más jóvenes a medida que la deficiencia se torna severa, disminuye el crecimiento de la planta (Inpofos, 1978).

Limita la producción de proteína y de materiales esenciales para la generación de nuevas células con coloración pálida en las hojas bajas, especialmente en las nerviaciones (Thompson y Troeh, 1980).

La deficiencia de este elemento también causa: amarillamiento general, desarrollo raquíptico, adelantamiento de la floración, reducción de la producción y pérdida de calidad (Curso de fertilizantes, 2000).

2.3.2. Fósforo

En el suelo, el fósforo no se encuentra nunca en estado puro, sino que esta siempre combinado con otros elementos, formando diferentes compuestos químicos, pero casi siempre en forma de fosfato.

Su símbolo es P y su unidad fertilizante es el anhídrido fosfórico P_2O_5 (El abono como nutrición, 2001).

2.3.2.1. Funciones

Este elemento participa en la composición de las moléculas de las membranas celulares y en los compuestos relacionados con la captura y transporte de energía dentro de las plantas, entre las que hay que destacar la fotosíntesis, la división celular, la formación y utilización de azúcares, grasas y proteínas, la respiración (El abono como nutrición, 2001).

Según Inpofos (1989), el fósforo es un elemento de gran importancia en el desarrollo de raíces de las plantas, además es la base de las unidades energéticas de los seres vivos formando parte del ATP, desempeña un papel importante en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento de energía, división celular y crecimiento.

Está involucrado en la transferencia de caracteres hereditarios de una generación a la siguiente, es el responsable de estimular la floración y ayuda a formar la semilla.

2.3.2.2. Comportamiento en el suelo

En el suelo es un elemento poco móvil, por lo cual no es necesario reponer pérdidas producidas por lixiviación, ya que no se producen en exceso.

Hay una cierta cantidad de fósforo no asimilable por las plantas dentro del suelo y a medida que las raíces absorben el nutriente, éste se va liberando. La presencia de materia orgánica es importante para que esta liberación de fósforo se produzca.

Hoy en día, en abonos de alta calidad, se suele suministrar el fósforo en forma de ión fosfonato asegurando a la planta un nivel en fósforo asimilable adecuado durante un largo período de tiempo, ya que produce menos pérdidas por lixiviación. El ión fosfonato es además un inductor de los procesos de autodefensa de la planta (fitoalexinas), especialmente activo contra hongos pernosporáceos, que producen enfermedades en raíz y cuello (*Pythium*, *Phytophthora*) y los que las producen en hojas y frutos, los mildius (*Bremia*, *Peronospora*, *Plasmopara*) (El abono como nutrición, 2001).

2.3.2.3. Efectos

Según (El abono como nutrición, 2001) es difícil atribuir al fósforo efectos concretos por sí solo, ya que interviene prácticamente en todos los procesos generales de las plantas, pero básicamente tiene los siguientes efectos:

- Estimula el desarrollo de las raíces y del crecimiento general de la planta

- Desarrollo rápido y vigoroso de las plantas jóvenes
- Aceleración de la floración y fructificación
- Mayor resistencia general de las plantas.

2.3.2.4. Síntomas de deficiencias

Dentro de la planta es, al contrario que en el suelo, un elemento muy móvil y del mismo modo que el nitrógeno, las deficiencias se manifiestan en las hojas viejas, el crecimiento se reduce, las hojas verdes pierden brillo y se vuelven de un color verde muy oscuro y ocasionalmente aparecen tonos morados en diferentes partes de las hojas y ramas jóvenes (El abono como nutrición, 2001).

Según el Inpofos (1989), El fósforo se mueve rápidamente de tejidos viejos a jóvenes, por lo que la deficiencia aparece en las hojas viejas de las plantas, dando como resultado plantas pequeñas y hojas distorsionadas, con un color púrpura rojizo especialmente cuando las temperaturas son bajas, además que las hojas empiezan a tornarse verde oscuras , en algunos cultivos.

2.3.2.5. Disponibilidad del fósforo

La capa arable del suelo suele tener menos de un kilogramo de fósforo por hectárea en solución (de un contenido total de 1000 kg), así Thompson y Troeh (1980), mencionan que la disponibilidad del fósforo inorgánico depende de la solubilidad del fertilizante, la cantidad de solución presente y la distancia que el ion fosfato debe recorrer para alcanzar la raíz.

La mejor disponibilidad del fósforo se tiene a un pH de 6 - 7; a medida que el pH baja a menos de 5.5 el hierro y el aluminio aumentan considerablemente, lo cual ocasiona la fijación del fósforo con fosfatos de hierro y aluminio (Foth H, 1990).

Otros nutrientes pueden estimular el desarrollo radicular, aumentando así la captación del fósforo, nutrientes como el calcio y azufre aumentan la disponibilidad del fósforo (Agoindustrias la Calera SA, 2003).

Una de las particularidades de los suelos andinos es su baja disponibilidad de fósforo, particularmente los suelos del Carchi se caracterizan por ser fijadores del elemento fósforo (Pumisacho, 2002).

2.3.3. Calcio

Este elemento juega un papel decisivo en numerosos aspectos de la vida de las plantas, como son la rigidez de las paredes celulares y el transporte de ciertas hormonas; sobre todo, es un equilibrador iónico de los fluidos celulares, ayudando a evitar ciertos desórdenes que pueden producir el exceso de otros elementos, como el potasio y los ácidos vegetales (El abono como nutrición; 2001).

El calcio es normalmente aportado por los componentes de las mezclas utilizadas para el sustrato, a parte de recibir a través del agua de riego, un aporte continuo de carbonato cálcico (El abono como nutrición,2001).

Existen un cierto número de especies que se denominan "calcífugas", y que requieren bajos niveles de este elemento, llegando a producir desordenes fisiológicos importantes en caso de que su presencia sea excesiva (El abono como nutrición, 2001).

2.3.3.1. Funciones

Estimula el desarrollo de raíces y de las hojas, permite reducir la toxicidad de aluminio y otros metales, mejora las condiciones físicas del suelo, estimula la actividad microbiana del suelo, incrementa la CIC en suelos de carga variable, y la disponibilidad de varios nutrientes (Inpofos, 1989).

2.3.3.2. Deficiencias

Normalmente el calcio es abundante en las hojas de las plantas, la deficiencia de este elemento impide el crecimiento y despliegue de nuevas hojas, también impide el crecimiento marginal de las hojas ya existentes, las cuales adquieren una forma rizada (Thompson y Troeh, 1980).

Aunque, ocasionalmente se ha observado deficiencia de calcio en plantas que están en suelos muy ácidos con baja saturación de calcio, rara vez se observan síntomas en el campo (Foth H, 1990); cuando la deficiencia es severa se ha observado pobre crecimiento de las raíces y los puntos de crecimiento se mueren (Inpofos, 1989).

2.3.3.3. Disponibilidad

Las concentraciones más bajas de calcio ocurren en suelos arenosos muy lavados, con baja capacidad de intercambio catiónico; en regiones templadas no es probable encontrar contenidos bajos de calcio excepto en suelos arenosos o muy ácidos; la provisión de calcio es menor en suelos ácidos que en suelos alcalinos (Thompson y Troeh, 1980).

2.3.3.4. El Encalado y su efecto en el pH

Lova y Riveros señalan que la acidez intercambiable de un suelo es debida casi enteramente a iones Al^{++} , otros investigadores encontraron que el aluminio estaba presente en grandes cantidades en suelos ácidos donde las plantas no crecían bien.

La acidez del suelo es el principal factor limitante para el desarrollo de los cultivos en amplias regiones de la Tierra, y ello se debe, por un lado a la escasa disponibilidad que los suelos ácidos suelen presentar en bases y otros nutrientes esenciales como el fósforo y molibdeno y por otro a la acción tóxica para los cultivos de ciertos iones presentes en este tipo de suelos, como el Al^{++} , Fe^{++} y Mn^{++} ; Para mejorar parte de estas características desfavorables, se han venido aplicando a los suelos ácidos ciertos productos como la cal. La aplicación de estos productos enmendantes afecta a la disponibilidad de una serie de nutrientes (Edafología de suelos tropicales, 2001).

2.3.4. Azufre

2.3.4.1. Funciones

Según Tapia (2001) el azufre en el interior de las células tiene características de poca movilidad. Cumple algunas funciones fisiológicas: Forma parte constituyente de las proteínas (cistina, cisteína, metionina), forma parte de las vitaminas (biotina), es constituyente de las distintas enzimas con el sulfidrilo (SH^-) como grupo activo, que actúan en el ciclo de los hidratos de carbono y en los lípidos (en la oxidación de los ácidos grasos, como la coenzima A, CoA). Interviene en los mecanismos de óxido-reducción de las células (con el glutatión). Interviene en la estructura terciaria de las proteínas (las proteínas se ordenan en grandes cadenas moleculares), el azufre ayuda a la constitución de estas macromoléculas además de formar parte de los aminoácidos (compuestos moleculares imprescindibles para la formación de los péptidos, que se unen a su vez para la formación de las proteínas).

El contenido de azufre en las oleaginosas, y especialmente de aquellos frutos con alto contenido de aceite como la mostaza, es notablemente elevado. El azufre actúa sobre el contenido de azúcar de los frutos, a pesar de que el contenido de almidón también puede estimularse, sin embargo no puede hablarse de una elevación del contenido del almidón por la fertilización con azufre. El azufre es un componente insustituible de algunas grasas (mostaza y ajo), y también forma parte de las vitaminas (tiamina y biotina). Este elemento contribuye en la formación de la clorofila, a un desarrollo más acelerado del sistema radicular y de las bacterias nodulares, que asimilan el nitrógeno atmosférico, que viven en simbiosis con las leguminosas. Parte del azufre se encuentran en las plantas en forma oxidada de compuestos inorgánicos (Tapia, 2001).

Es parte de cada célula viviente y componente de los 21 aminoácidos que forman las proteínas, ayuda a desarrollar las enzimas y vitaminas y a la producción de semillas. El azufre es un componente esencial de todas las proteínas de las plantas y de algunas hormonas vegetales (Inpofos, 1989).

2.3.4.2. Deficiencias

Los síntomas de deficiencia de azufre son debidos a los trastornos fisiológicos, manifestándose en los siguientes puntos: crecimiento lento, debilidad estructural de la planta, tallos cortos y pobres, clorosis en hojas jóvenes, un amarillamiento principalmente en los "nervios" foliares e inclusive aparición de manchas oscuras (por ejemplo, en la papa), desarrollo prematuro de las yemas laterales, formación de los frutos incompleta (Tapia, 2001); También Thompson y Troeh (1980) mencionan que la sintomatología de deficiencia de azufre y nitrógeno son muy parecidas, ambas se hallan relacionadas con la fotosíntesis.

2.3.4.3. Disponibilidad

Las plantas obtienen la mayor parte del azufre del suelo en forma de sulfato (SO_4^{-2}) pero las hojas absorben algo de SO_2 (Foth, H.1990).

El nitrógeno y el azufre son inaccesibles a las plantas en estado elemental; estas lo utilizan siempre casi en su forma más oxidada, como el nitrógeno y el azufre forma aniones solubles, que pueden perderse por lavado cuando aumenta su concentración en la solución del suelo.

La meteorización, el lavado y la absorción por las plantas reducen la provisión del azufre mineral, de manera que en el suelo, la mayor parte del azufre se encuentra en combinación orgánica, unida a moléculas complejas, mediante enlaces covalentes (Thompson y Troeh, 1980).

La respuesta del cultivo a la fertilización con azufre elemental es mas lenta que cuando se usa sulfatos, ya que no es soluble en agua y primero tiene que pasar por procesos de oxidación bacteriana, para que sea efectivo debe aplicarse con suficiente anticipación (Inpofos, 1989).

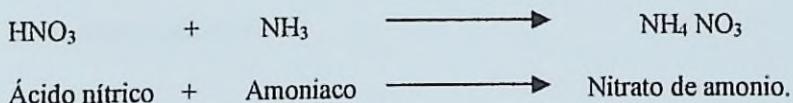
2.4. LOS FERTILIZANTES COMO FUENTE DE NUTRIENTES

2.4.1. Nitrato de amonio $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ (34 % N)

El nitrato de amonio es el mas higroscopico de los fertilizantes nitrogenados de gran uso .En presencia de materia orgánica aumenta la violencia de la detonación, porque aquella reacciona con el oxigeno desprendiendo en la composición del $\text{NO}_3 \text{NH}_4$ (Yufera y Carrasco, 1980).

El nitrato de amonio se obtiene al hacer reaccionar el ácido nítrico con amoniaco anhidro, el ácido nítrico se obtiene por la oxidación del NH_3 con aire en presencia de un catalizador que por lo común es el platino.

El ácido nítrico y el amoniaco reaccionan para formar el nitrato de amonio.



El contenido total de nitrógeno es de aproximadamente 33.5 a 34 % (Soil Improvement Comité, 2004).

2.4.1.1. Pérdidas de nitrato

El nitrógeno en forma de nitrato se lava fácilmente en el suelo debido a los siguientes factores: Velocidad de nitrificación y tasa de fertilización ,cantidad de lluvia, permeabilidad, capacidad de retención hídrica del suelo y tipo de planta cultivada (Thompson y Troeh,1980).

2.4.2. Superfosfato Triple (SFT)

Para la obtención del súper fosfato triple se mezcla roca fosfórica finamente molida y ácido fosfórico en las proporciones adecuadas; el producto final contiene el 46% de P_2O_5 y el 1% de azufre; La mayoría de los súper fosfatos pueden granularse añadiendo agua y vapor de agua en un granulador de cilindro giratorio, luego disecado y tamizado (Soil Improvement Comité, 2004).

2.5. LOS ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y son importantes en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes) y farmacéutica (saborizantes).

Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que pueden ser compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos (Martínez, 2003).

2.5.1. Distribución y estado natural

Los aceites esenciales se encuentran ampliamente distribuidos en unas 60 familias de plantas que incluyen las compuestas, labiadas, lauráceas, mirtáceas, pináceas, rosáceas, rutáceas, umbelíferas, etc (Martínez, 2003).

Los aceites esenciales proceden de las flores, frutos, hojas, raíces, semillas y corteza de los vegetales, se forman en las partes verdes (con clorofila) del vegetal y al crecer la planta son transportadas a otros tejidos, en concreto a los brotes y flores. Se desconoce la función exacta de un aceite esencial en un vegetal; puede ser para atraer los insectos, para la polinización o para repeler a los insectos nocivos, o puede ser simplemente un producto metabólico intermedio (Universidad Gabriela Mistral, 2002).

2.5.2. Extracción y aislamiento

Los aceites esenciales se pueden extraer de las muestras vegetales mediante varios métodos como son: expresión, destilación con vapor de agua, extracción con solventes volátiles, enfleurage y con fluidos súper críticos.

En la destilación por arrastre con vapor de agua, la muestra vegetal generalmente fresca y cortada en trozos pequeños, es encerrada en una cámara inerte y sometida a una corriente de vapor de agua sobre calentado, la esencia así arrastrada es posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Esta técnica es muy utilizada especialmente para esencias fluidas, especialmente las utilizadas para perfumería. Se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, la pureza del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada (Martínez, 2003).

2.5.3. Rendimiento de los aceites

Según la Universidad Gabriela Mistral, (2002); el rendimiento de esencia obtenido de una planta varía de unas cuantas milésimas por ciento de peso vegetal hasta 3 % . La composición de una esencia puede cambiar con la época de la recolección, el lugar geográfico o pequeños cambios genéticos. En gimnospermas y angiospermas es donde aparecen las principales especies que contienen aceites esenciales, distribuyéndose dentro de unas 60 familias, son particularmente ricas en esencias las pináceas, lauráceas, mirtáceas, labiáceas, umbelíferas, rutáceas y asteráceas.

2.5.4. Aplicación de los aceites esenciales

Los aceites esenciales se utilizan para dar sabor y aroma al café, el té, los vinos y las bebidas alcohólicas, son ingredientes básicos en la industria de los perfumes y se utilizan en jabones, desinfectantes y productos similares. También tienen

importancia en medicina, tanto por su sabor como por su efecto calmante del dolor y su valor fisiológico (Universidad Gabriela Mistral, 2002).

III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales y equipos

De campo

- _ Cámara digital.
- _ Balanza
- _ Herramientas de campo.
- _ fundas plásticas.
- _ Libro de campo.
- _ Rótulos de identificación.
- _ Flexometro.
- _ Estacas.

Insumos:

- _ Nitrato de Amonio.
- _ Superfosfato triple.
- _ Azufre de mina molido.
- _ Cal agrícola.
- _ Material vegetativo.

De laboratorio

- _ Vasos de Precipitación.
- Probeta.
- _ Pipeta.
- _ Estufa.
- _ Destilador.
- _ Vaso floral refrigerante.

De oficina.

_ Computadora.

_ Impresora.

_ Accesorios de oficina.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Ubicación de la Fase de Campo

El ensayo se lo ubicó en Ecuador, en la provincia del Carchi, cantón Montufar, parroquia Gonzáles Suárez, en la comunidad de San Cristóbal Alto a una altitud de 3500 msnm, Ver el gráfico 1.



Gráfico 1. Ubicación geográfica del ensayo en el mapa del Ecuador.

3.2.2. Clasificación agro ecológica de Holdrigde

Zona de vida , bosque muy humedo montano.

Temperatura : 6 – 11 °C.

Relación de evapo transpiración potencial: 0.25 – 0.50.

Provincia de humedad: Per húmedo, Isomesicos, Udicos.

Clasificación taxonómica: Eutradept, Dystrandept, Hydrndept, Trroporthent (MAG, 1984).

3.2.3. Características particulares del campo experimental

Suelos derivados de ceniza volvanica en parte, suelos muy negros psuedo limo untuoso, esponjoso y uniforme.

Regimen de humedad per hudico.

Situación de bases generalmente muy baja menos del 10%.

Materia orgánica del 10- 20 %, de 0 a 30 % y más del 20 % a un metro de profundidad (Bedoya, 1980).

3.2.4. Ubicación de la Fase de Laboratorio

La extracción de aceites esenciales se la realizó en la provincia de Imbabura, cantón Pimampiro, parroquia Pinandro, en los laboratorios de AGROALEGRE CA, a una altitud de 1900 msnm, y temperatura media de 14 °C.

Los análisis de suelos y foliares se los realizó en los laboratorios del INIAP en la Estación Experimental de Santa Catalina, en los laboratorios de Suelos y Aguas.

3.2.5. Factor en estudio

El factor en estudio estuvo constituido por los elementos esenciales N, P, Ca y S.

3.2.6. Tratamientos

Los tratamientos en estudio fueron seis provenientes de un testigo, la mezcla de los elementos en estudio y de todos los elementos menos uno, presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos estudiados.

Código	Tratamientos
T1	Testigo absoluto
T2	Óptimo (+ N + P + S + Ca)
T3	- N + P + S + Ca.
T4	+ N - P + S + Ca.
T5	+ N + P - S + Ca.
T6	+N + P + S - Ca.

Donde: (+) = con el elemento; y (-) = sin el elemento.

3.2.7. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones.

3.2.8. Análisis estadístico

El análisis de varianza (ADEVA) empleado para evaluar las variables donde se considera la variación entre bloques, tratamientos y del error experimental, como se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Esquema del análisis de varianza.

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Total	23
Bloques	3
Tratamientos	5
Error Experimental	15

3.2.9. Análisis funcional

Coefficiente de variación (%)

Prueba de Tukey al 5% para tratamientos.

3.2.10. Análisis Económico

Análisis económico en función de la fertilización mediante el presupuesto parcial del CIMMYT, (1988).

3.2.11. Características del experimento

Las características del experimento fueron las siguientes:

Tratamientos	6
Repeticiones	4

Unidades experimentales	24
Área neta del ensayo	67.2 m ²

3.2.12. Características de la unidad experimental

Área de la parcela total	3.36 m ²
Área de la parcela neta	1.92 m ²
Densidad poblacional	53571 plantas/ha.
Plantas por parcela total	18
Plantas por parcela neta	12

3.3. VARIABLES EN ESTUDIO

3.3.1. Prendimiento de las plantas

Los datos del prendimiento se los tomó a los 30 días después del trasplante al sitio definitivo, para esto se tomó en cuenta las plantas de toda la parcela, asumiendo de que ya han superado el estrés por trasplante y haciendo la relación en función del número de plantas totales, se contó el número de plantas prendidas y luego se transformó a porcentaje.

3.3.2. Crecimiento de las plantas

Se lo tomó cada 50 días después del trasplante, en cada parcela neta, que por tratarse de una planta rastrera el crecimiento estuvo dado por el desplazamiento de las plantas sin considerar su altura, para esto se señaló la ramificación más larga de las plantas de la parcela neta el día del trasplante, de los datos

registrados se ha tomado una media para realizar los cuatro análisis estadísticos, expresados en centímetros.

3.3.3. Rendimiento de materia fresca

El rendimiento de materia fresca se lo tomó inmediatamente después del corte, a los 200 días después del transplante, para lo cuál se consideró solo la parcela neta, tomando en cuenta a más del follaje señalado las ramificaciones que han basaleado en el transcurso del tiempo que duró la investigación. El follaje cosechado se introdujo en fundas para luego pesarlo en el mismo lugar, los valores se registraron en kilogramos por parcela neta restando el peso de la funda, los mismos que se los transformó a toneladas por hectárea para realizar los análisis estadísticos respectivos.

3.3.4. Rendimiento de aceites esenciales

Para determinar el porcentaje de aceites se tomó tres unidades experimentales escogidas al azar del mismo tratamiento las mismas que fueron mezcladas sumando sus pesos frescos, luego se la llevó al laboratorio de control de calidad de la compañía AGROALEGRE CA. Para realizar la extracción de aceites esenciales de cada tratamiento mediante el método de arrastre de vapor a 90 grados centígrados por un tiempo de 27 minutos para cada tratamiento.

Los datos se registró en centímetros cúbicos, estos a litros por hectárea y finalmente se transformaron a porcentaje mediante la relación:

$$\% \text{ Aceite} = C A / P f \times 100.$$

Donde:

CA = Cantidad de aceite (Kg).

Pf = Peso Fresco (Kg).

Cantidad de Aceite (lt) = $\text{Peso fresco} \times (\% \text{ de Aceite}) / 100$.

Una vez obtenidos los porcentajes se calculó el rendimiento de aceite expresado en litros por hectárea para cada uno de los tratamientos.

3.3.5. Extracción de nutrientes

Se tomó una muestra de planta completa incluyendo su sistema radicular de cada parcela por tratamiento, las mismas que se lavaron y mezclaron hasta obtener un peso aproximado de 500g por tratamiento y se envió a los laboratorios del INIAP E.E. Santa Catalina, en el Departamento de Suelos para realizar el análisis foliar completo, considerando los porcentajes de materia seca obtenidos por deshidratación en estufa de ventilación forzada a 65 grados por 48 horas.

Para obtener la aproximación de extracción de nutrientes en peso seco de material vegetal por hectárea, se realizó la siguiente relación:

$MS = Pf \times (\% MS) / 100$.

$CE = MS \times (\% EE) / 100$.

Donde:

MS = Materia Seca (Kg/ha).

Pf = Peso fresco (Kg/ha).

CE = Cantidad de elemento (kg/ha)

% EE = Porcentaje de Elemento Extraído.

Los valores obtenidos del fósforo se los multiplicó por 2.29 y se proyectaron a kilogramos de P_2O_5 por hectárea.

3.3.6. Eficiencia de los elementos

Para registrar la eficiencia de los fertilizantes se hizo la siguiente relación:

$$Ef = \frac{EET - PEet}{CEA} \times 100.$$

Donde:

Ef = Eficiencia del fertilizante (%) para cada elemento.

EET = Elemento Extraído en cada Tratamiento (Kg/ha)

Pet = Promedio de Elemento Extraído por el testigo (Kg/ha).

CEA = Cantidad de Elemento Aplicado (Kg/ha).

Las fórmulas detalladas se las aplicó para todos los elementos.

De igual forma se proyectó los cálculos de incremento del porcentaje en biomasa como en extracción, en relación al tratamiento T2 (+N+P+S+Ca), con el fin de verificar la influencia de los elementos aplicados.

3.3.7. Análisis económico

Se realizó el análisis económico de los tratamientos, ajustando los rendimientos con el 20% menos del rendimiento medio de cada tratamiento, tomando en cuenta los siguientes rubros por hectárea.

Costo del Superfosfato Triple (USD)

Costo del Nitrato de Amonio (USD)

Costo del Azufre de mina (USD)

Costo de la cal (USD).

Precio del material vegetal en fresco (USD/Kg).

Costo de la Mano de Obra (USD).

3.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Inició con la determinación de la topografía y condiciones climáticas, tipo de suelo, factores que determinaron las condiciones del experimento.

3.4.1. Propagación de plantas

Se ubicó las áreas del páramo de donde provino el material vegetativo que se lo utilizó para la propagación de las plantas, las mismas que se obtuvieron por estolones, para lo cual se utilizó tierra del mismo páramo como sustrato, luego haciendo un corte en fundas de polietileno se realizó la propagación haciendo ingresar una o dos ramificaciones dependiendo de su vigor siendo estas lo más jóvenes posible; una vez ingresada la ramificación se le colocó tierra por encima de los tallos y se dejó por un tiempo de 48 días tiempo en el cual ya poseían raíces funcionales.

3.4.2. Extracción de plantas

Se extrajo las plantas utilizando tijeras de podar, con el fin de no lastimar las raíces aun delicadas, luego se las trasladó hasta el lugar del trasplante dejándolas bajo sombra por un tiempo de cinco días, tiempo en el cual las raíces se acondicionarían a funcionar solas.

3.4.3. Preparación del terreno

La preparación del suelo consistió en sacar el césped lo más superficial posible, luego se realizó dos remociones del suelo con azadón (picado), labor que se la realizó un mes antes del transplante.

Una vez preparado el terreno se realizó el establecimiento de parcelas, siguiendo el diseño propuesto en el proyecto.

3.4.4. Instalación del experimento

Para la instalación del experimento, la fertilización propuesta se basó en el análisis de suelos, (Ver anexo 1), la fertilización de la cama se la hizo de acuerdo a los siguientes parámetros: El testigo Absoluto sin fertilización, en los tratamientos con Calcio se utilizó como fuente la cal agrícola 2.016 Kg. por parcela total; En los tratamientos con nitrógeno se utilizó como fuente el nitrato de amonio 195.31 gramos por parcela total el mismo que se incorporó dos partes en el transplante y una tercera restante se lo hizo a los 75 días después del transplante.

En los tratamientos con fósforo se utilizó como fuente el súperfosfato triple 165.18 gramos por parcela; y el azufre de mina 54 gramos por parcela.

Todas las fuentes de fertilizantes fueron aplicadas previo al transplante en un 100% a excepción del nitrato de amonio, luego se procedió a incorporarlas con palas.

3.4.5. Transplante

Una vez incorporadas las fuentes se niveló y dimensionó las distancias entre plantas para luego hacer hoyos a una profundidad promedio de 15 cm, donde se procedió al trasplante de las plantas al sitio definitivo, señalando con una paleta la ramificación más grande de la planta, lo cual se lo realizó el mismo día.

3.4.6. Control de malezas

Se realizaron tres cuidadosos controles de malezas a los 60, 115 y 175 días después del trasplante, las mismas que fueron manuales dentro de la parcela y con azadón entre ellas, Cabe señalar que en cada control se realizó un levantamiento de las plantas para evitar la funcionalidad de las raíces, lo cual permitiría un follaje lo más libre de tierra posible.

3.4.7. Corte

El corte o cosecha de las plantas se lo realizó a los 200 días después del trasplante al sitio definitivo, para lo cual se procedió a levantarlas plantas y cortar a una distancia próxima al cuello de la planta, evitando cortar los basales pequeños y brotes tiernos.

3.4.8. Estudio Étno botánico e impacto ambiental.

Para el estudio etnobotánico se aplicó una encuesta a una muestra de 24 de las 52 familias habitantes de la comunidad, el cuestionario aplicado constó de preguntas abiertas y cerradas, las mismas que se tabularon en porcentaje. Para evaluar el impacto ambiental se consideró la propuesta para un cultivo a gran escala, en vista que el ensayo en sí generó impactos de gran magnitud.

IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ensayo realizado en las estribaciones de los páramos de El Ángel, en la provincia del Carchi a 3500 msnm, en la comunidad de San Cristóbal Alto, en la cuál el sunfo es conocida además como surunfa, surumba y mayamba la misma que es empleada con fines medicinales o como bebida aromática (ver Anexo 9), cuyo cultivo a gran escala no generaría impactos ambientales potenciales que pudieran afectar a los recursos existentes en la zona si se maneja controladamente (ver Anexo 10). Los mencionados resultados de la investigación son los siguientes:

4.1. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO

Los resultados reflejan un 100% de prendimiento a los 30 días después del trasplante (ver Anexo 2), siendo todos los tratamientos estadísticamente iguales, Por lo que asumimos que ninguno de los elementos afecta el prendimiento de las plantas, cabe anotar que los fertilizantes no entraron en contacto directo con las raíces, ya que las mismas tenían un pan de tierra, que cubría las raíces internas, haciéndose difícil la toxicidad.

Sin embargo se observaron visualmente cambios fisiológicos en la planta como clorosis amarilladas de los tratamientos T1 (testigo) y T3 (-N+P+S+Ca), lo que significa que las plantas a los 30 días después del trasplante ya han captado el nitrógeno aplicado en el resto de tratamientos; Esto lo confirma (Tecnologías de cultivo y poscosecha de plantas medicinales, 2004) la aplicación de un fertilizante

nitrogenado es lo primero que debe ser considerado en cultivos de plantas medicinales.

4.2. CRECIMIENTO DE PLANTAS A LOS 50 DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE

El análisis de varianza para tratamientos presenta que existen diferencias significativas al 1% entre tratamientos, por lo que se asume que existe respuesta a la aplicación de los elementos nutritivos, como se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis de varianza para crecimiento del sunfo a los 50 días después del trasplante.

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	CUADRADO MEDIO
Total.	23	
Tratamientos.	5	6.20 **
Error Experimental.	15	0.72
Coefficiente de Variación (%)	17	
Promedio (cm.)	5.12	

** = Significativo al 1%.

El coeficiente de variación alto, se debe a que las plantas que eran extraídas del páramo, no fueron uniformes, por lo que se apreció que el arranque de las mismas no fue uniforme.

Tabla 4. Promedios para el crecimiento del sunfo y prueba de Tukey al 5% para tratamientos a los 50 días después del trasplante.

Tratamientos	Media (cm)	Rangos
T4 (+N-P+S+Ca)	6.63	A
T5 (+N+P-S+Ca)	6.11	A
T2 (Optimo)	5.67	A B
T6 (+N+P+S-Ca)	4.82	B
T3 (-N+P+S+Ca)	4.17	B C
T1 (Testigo)	3.34	C

En la tabla 4, la prueba de Tukey al 5% muestra en el primer rango los tratamientos T4 (+N-P+S+Ca) y T5 (+N+P-S+Ca), consecuentemente se asume que el incremento de crecimiento es menos influenciado por los elementos fósforo y azufre. En un segundo rango al T2 (Optimo), y el T6 (+N+P+S-Ca), en un tercer rango el T3 (-N+P+S+Ca) y el T1 (testigo) por lo que el nitrógeno se considera el elemento limitante en esta etapa del cultivo, así lo confirma el Inopfos 1978, que afirma que a falta de nitrógeno las plantas presentan clorosis que inicia en las hojas viejas y se traslada a las hojas mas jóvenes, a medida que la deficiencia se torna severa, disminuye el crecimiento de la planta; La aplicación de los elementos nutritivos, incrementó el crecimiento de 3.34 del testigo a 6.63 cm en el caso del T4 (+N-P+S+Ca).

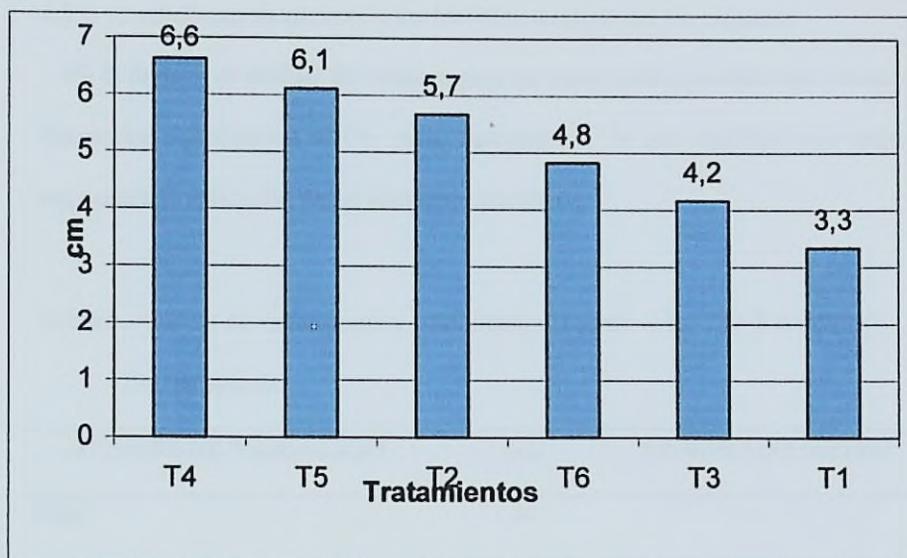


Gráfico 2. Crecimiento del sunfo a los 50 días después del transplante.

En el gráfico 2 se observan diferencias marcadas del tratamiento T4 (+N-P+S+Ca) que incremento su crecimiento en un 49.63 % respecto al testigo, mientras que el T3 (-N+P+S+Ca) y el testigo son los que menor crecimiento presentaron en esta etapa del cultivo.

4.2.1. Crecimiento de plantas a los 100 días después del trasplante

En la tabla 5, el análisis de varianza para los tratamientos presenta que existen diferencias significativas al 1% entre tratamientos, lo que significa que existe respuesta a la aplicación de los elementos nutritivos.

Tabla 5. Análisis de varianza para crecimiento del sunfo a los 100 días después del trasplante.

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	CUADRADO MEDIO
Total.	23	
Tratamientos.	5	8.73**
Error Experimental.	15	1.86
Coefficiente de Variación (%)	13	
Promedio (cm.)	10.72	

** = Significativo al 1%.

En el análisis de varianza se observa que el coeficiente de variación es del 13% lo cual muestra que a medida que las plantas se adaptan a un sistema de cultivo donde tienen mayor cuidado, estas tienden a uniformizar su crecimiento.

Tabla 6. Promedios para crecimiento del sunfo y prueba de Tukey al 5% para tratamientos a los 100 días después del transplante.

Tratamientos	Media (cm)	Rangos
T4 (+N-P+S+Ca)	12.68	A
T5 (+N+P-S+Ca)	11.66	A
T2 (Optimo)	11.06	A B
T6 (+N+P+S-Ca)	10.86	B
T3 (-N+P+S+Ca)	9.51	B
T1 (Testigo)	8.58	B

La prueba de Tukey al 5% (tabla 6), muestra en primer lugar a los tratamientos T4 (+N-P+S+Ca) y T5 (+N+P-S+Ca), lo que significa que los elementos fósforo y azufre no son considerados limitantes del crecimiento en esta etapa del cultivo, posiblemente el T4 (sin fósforo) está creciendo gracias al aporte que tiene de nitrógeno, ya que Según el Inpofos (1978) la influencia del nitrógeno sobre la absorción del fósforo es muy clara durante el crecimiento inicial; En algunos casos, hasta el 65% del fósforo en la planta proviene del fertilizante fosfórico aplicado temprano en el ciclo de cultivo, razón por la cuál no se detecta la falta de fósforo.

Según El abono como nutrición (2001), menciona es difícil atribuir al fósforo efectos concretos por si solo, ya que interviene prácticamente en todos los procesos generales de las plantas, pero básicamente tiene los siguientes efectos: Estimula el desarrollo de las raíces y del crecimiento general de la planta,

aceleración de la floración, fructificación y mayor resistencia general de las plantas.

En un segundo rango está el tratamiento T2 (Óptimo) y en un tercer rango se ubican los tratamientos T6 (+N+P+S-Ca), T3 (-N+P+S+Ca) y T1 (Testigo), de los cuales el nitrógeno se podría considerar limitante por el pobre crecimiento que manifestó, En los tratamientos con el elemento calcio quizá se debió al efecto del pH alto del suelo que baja su disponibilidad.

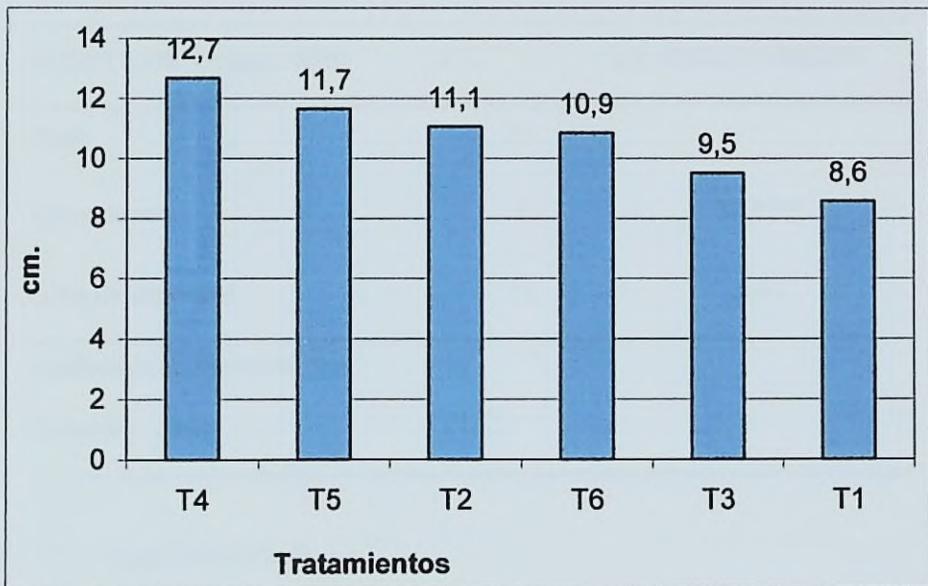


Gráfico 3. Crecimiento del sunfo a los 100 días después del trasplante.

El gráfico 3 presenta que el tratamiento T4 (+N-P+S+Ca) es el que mayor crecimiento obtuvo, incrementando el mismo en un 32.34% respecto al testigo,

esto significa que el fósforo no se considera limitante en el crecimiento en esta etapa del cultivo.

4.2.2. Crecimiento de planta a los 150 días después del transplante

En la tabla 7, el análisis de varianza para los tratamientos muestra diferencias significativas al 1%, lo cual significa que existe una respuesta a la aplicación de elementos nutritivos.

Tabla 7. Análisis de varianza para crecimiento del sunfo a los 150 días después del transplante.

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	CUADRADO MEDIO
Total.	23	
Tratamientos.	5	34.07**
Error Experimental.	15	5.41
Coefficiente de Variación (%)	11	
Promedio (cm.)	21.32	

** = Significativo al 1%.

En el análisis de varianza se observa que el coeficiente de variación es del 11%, esto se debe a que a más de que la planta se adapta a un sistema cuidadoso de cultivo, toma los diferentes elementos aplicados, lo que hace que las parcelas sean más uniformes en crecimiento.

Tabla 8. Promedios para crecimiento de sunfo y prueba de Tukey al 5% para tratamientos a los 150 días después del trasplante.

Tratamientos	Media (cm)	Rangos
T4 (+N-P+S+Ca)	24.74	A
T5 (+N+P-S+Ca)	23.16	A
T2 (Optimo)	21.90	A B
T6 (+N+P+S-Ca)	21.38	A B
T3 (-N+P+S+Ca)	20.63	A B
T1 (Testigo)	16.15	B

La prueba de Tukey al 5% (tabla 8), muestra que en primer lugar se ubican los tratamientos T4 (+N-P+S+Ca) y T5 (+N+P-S+Ca), consecuentemente el fósforo no se manifiesta como limitante en esta etapa del cultivo, sin embargo cabe anotar que en los tratamientos T4 sin fósforo, se le podría considerar como limitante ya que las plantas presentaron poco macollamiento a pesar de presentar el mayor crecimiento, relacionando con el Inpofos (1978). que manifiesta que el fósforo se mueve rápidamente de tejidos viejos a jóvenes por lo que la deficiencia aparece en las partes viejas de las plantas, dando como resultado plantas pequeñas y hojas distorsionadas, con un color púrpura rojizo especialmente a temperaturas bajas, además que las hojas empiezan a tornarse verde oscuras.

En un segundo rango se ubican los tratamientos T2 (Optimo), T6 (+N+P+S-Ca), T3 (-N+P+S+Ca) y el T1 (testigo); el tratamiento T3 (sin nitrógeno)

presentó bajo crecimiento lo que significa que este elemento es limitante en esta etapa del cultivo.

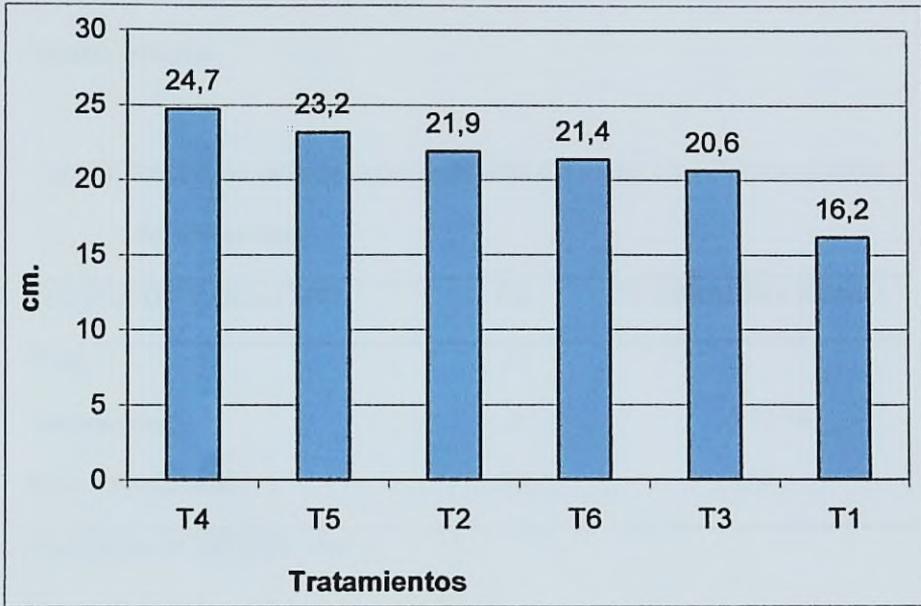


Gráfico 4. Crecimiento del sunfo a los 150 días después del transplante.

El gráfico 4 muestra un crecimiento mas uniforme donde predomina el tratamiento T4 (sin fósforo) que incrementó su crecimiento en un 34.72 % con respecto al testigo.

4.2.3. Crecimiento de plantas a los 200 días después del transplante

El análisis de varianza (tabla 9) refleja que los tratamientos son estadísticamente iguales, lo que significa que los elementos nutritivos ya no influyen directamente sobre el crecimiento de las plantas, esto se puede deber ha que el testigo y los tratamientos que menos venían creciendo, se recuperan

paulatinamente a medida que pasa el tiempo, ya que empiezan a desarrollar más sus sistemas radiculares, que le permite captar los nutrientes existentes en el suelo, también se puede deber a la materia orgánica en descomposición del suelo empieza a hacerse disponible, tomando en cuenta que el suelo tiene un 25.38% de materia orgánica.

Tabla 9. Análisis de varianza para crecimiento del sunfo a los 200 días después del transplante

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	CUADRADO MEDIO
Total.	23	
Tratamientos.	5	35.33 ns
Error Experimental.	15	13.58
Coefficiente de Variación (%)	12	
Promedio (cm)	31.75	

ns = No significativo.

Las diferencias del crecimiento con el transcurso del tiempo tienden a reducirse, y el coeficiente de variación del 12% pudo deberse a factores ajenos a la fertilización sino mas bien a la exactitud de la medición, pues las ramas de las plantas se presentaban enredadas entre si.

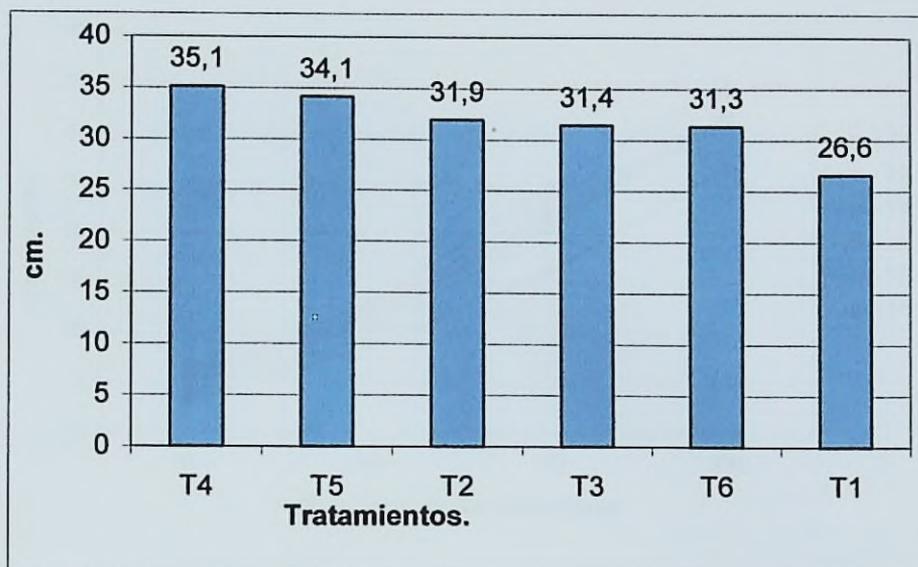


Gráfico 5. Crecimiento del sunfo a los 200 días después del trasplante.

El gráfico 5 muestra una ligera homogenización en crecimiento de los tratamientos y la recuperación del testigo, predominando los tratamientos T4 (sin fósforo) que incrementó su crecimiento en un 24.31 % que no es muy marcado con relación al T1 testigo.

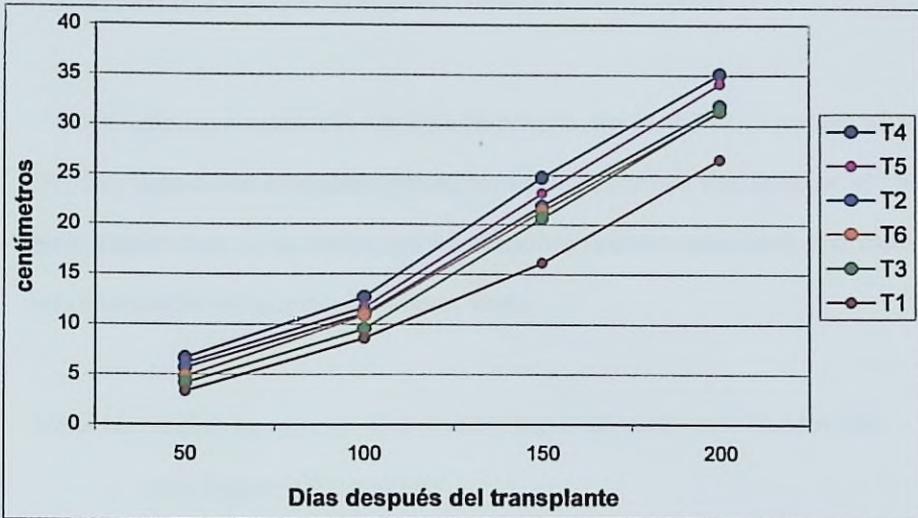


Grafico 6. Curva de crecimiento de las plantas de sunfo a los 50, 100, 150 y 200 días después del trasplante.

El gráfico 6 muestra las líneas con relación a los distintos tratamientos donde el T4, T5, y T3 tienen una ligera tendencia a seguir el mismo ritmo de crecimiento, no así los tratamientos T2, T6 y T1 que pasado los 150 días el crecimiento tiende a desacelerar.

El mayor crecimiento se observa a partir de los 100 días después del trasplante, lo cual manifiesta en la mayor pendiente, siendo inicialmente el crecimiento lento.

También muestra las marcadas diferencias que existen entre los tratamientos donde se aplicó nutrientes con relación al testigo; lo que confirma que el sunfo sí responde a la aplicación de elementos nutritivos.

4.3. RENDIMIENTO DE MATERIA FRESCA DEL SUNFO

En la tabla 10, el análisis de varianza de materia fresca del sunfo cortado a los 200 días después del trasplante refleja que existe diferencias significativas al 1% entre tratamientos, lo que indica que los elementos nutritivos aplicados en el suelo si influyen en el rendimiento de materia fresca.

Tabla 10. Análisis de varianza para materia fresca del sunfo cortado a los 200 días después del trasplante.

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	CUADRADO MEDIO
Tótal.	23	
Tratamientos.	5	18.52**
Error Experimental.	15	0.75
Coefficiente de Variación (%)	12	
Promedio (cm.)	7.25	

** = Significativo al 1%.

Considerando que el coeficiente de variación es del 12%, lo cuál da confiabilidad de los resultados, ya que este rango se considera aceptable para este tipo de investigaciones.

Tabla 11. Promedios para rendimiento de materia fresca del sunfo y prueba de Tukey al 5% para tratamientos a los 200 días después del transplante.

Tratamientos	Media (Tm/ha)	Rangos
T2 (Optimo)	9.16	A
T6 (+N+P+S-Ca)	8.89	A
T5 (+N+P-S+Ca)	8.86	A
T4 (+N-P+S+Ca)	6.63	B
T3 (-N+P+S+Ca)	6.34	B
T1 (Testigo)	3.65	C

La prueba de tukey al 5% (tabla 11), muestra la presencia de tres rangos bien definidos, en los cuales el tratamiento T2 (Optimo) tuvo el mayor rendimiento en materia fresca, lo que indica que los elementos nutritivos si influyen en el rendimiento de materia fresca; seguido por los tratamientos T6 (+N+P+S-Ca) y T5 (+N+P-S+Ca) lo que refleja que el calcio no influye notablemente sobre el rendimiento de materia fresca; posiblemente por la adaptación de la planta a medios ácidos y a captar calcio en suelos que tienen cantidades bajas de este elemento.

Estadísticamente los tres tratamientos son iguales por lo cual no existe respuesta a la aplicación de cal y azufre, posiblemente porque la planta presenta tolerancia a la acidez del suelo así como a cantidades altas de aluminio que para muchos cultivos produce toxicidad afectando los rendimientos, y las cantidades de azufre existentes no son bajas, ya que según el Inpofos (1989), el calcio

estimula el desarrollo de raíces y de las hojas, permite reducir la toxicidad de aluminio y otros metales, mejora las condiciones físicas del suelo, estimula la actividad microbiana del suelo, incrementa la CIC en suelos de carga variable, y la disponibilidad de varios nutrientes.

En el caso del T5 sin azufre podemos relacionar que las funciones de este elemento no se relacionan directamente con el rendimiento, sino más bien es un precursor de compuestos de la planta, y de igual forma cabe mencionar que la fuente utilizada es de lenta liberación.

En un segundo rango tenemos a los tratamientos T4 (+N+P+S+Ca) y T3 (-N+P+S+Ca) el T4 (sin fósforo), registró un rendimiento de materia fresca de 6.63 t/ha, considerado limitante ya que detuvo el crecimiento de las plantas que posiblemente se debió a la alta capacidad de fijación de fósforo por los suelos andinos, al respecto Pumisacho (2002), menciona que los suelos del Carchi se caracterizan por ser fijadores de fósforo, también Thompson y Troeh (1980); dicen que la disponibilidad del fósforo inorgánico depende de la solubilidad del fertilizante, la cantidad de solución presente y la distancia que el ion fosfato debe recorrer para alcanzar la raíz.

Por otra parte el fósforo aplicado pudo ser poco disponible por el efecto del pH de los suelos de la zona que son relativamente bajos (menores a 6), en tal virtud Foth (1990); menciona que la mejor disponibilidad del fósforo se tiene a un pH de 6 - 7; a medida que el pH baja a menos de 5.5 el hierro y el aluminio aumentan

considerablemente, lo cual ocasiona la fijación del fósforo con fosfatos de hierro y aluminio.

Lo que redujo los rendimientos en materia verde del tratamiento sin fósforo no fue por el pobre crecimiento sino más bien por el escaso basaleo y macollamiento de las plantas, posiblemente por la poca cantidad de raíces presentes que no alcanzaron a captar los nutrientes del suelo.

El menor rendimiento en la producción de materia fresca del sunfo fue 6,34 en el T3 (sin nitrógeno) que posiblemente se debió a la baja descomposición de la materia orgánica de los suelos por efectos de la baja temperatura que no libera el nitrógeno y por lavado del elemento por las altas precipitaciones que se registraron durante el desarrollo de la investigación.

Finalmente en un tercer rango se ubica el testigo que demuestra que el sunfo si responde a la aplicación de los elementos nutritivos.

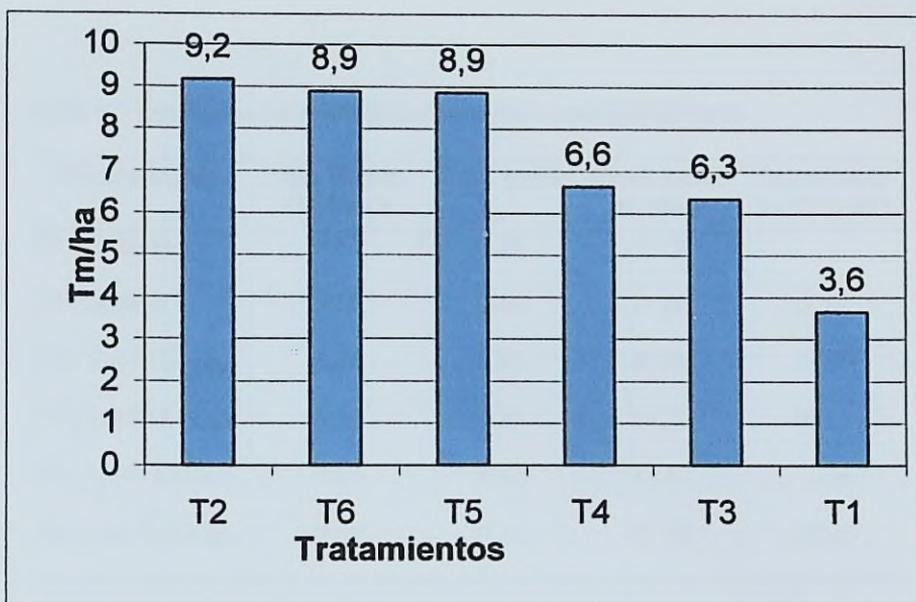


Gráfico 7. Peso fresco del sunfo cortado a los 200 días después del transplante.

El gráfico 7 muestra la presencia de un efecto predominante del T2 (Óptimo) que incrementó su rendimiento en un 66% con respecto al testigo, esto significa que al aplicar todos los elementos estos interactúan y elevan los rendimientos de materia fresca, existiendo tendencias similares entre los tratamientos T6 sin calcio y T5 sin azufre, también entre los tratamientos T4 sin fósforo y T3 sin nitrógeno.

4.4. RENDIMIENTO DE ACEITES ESENCIALES

La tabla 12 muestra el T6 (+N+P+S-Ca) es el que alcanza el mayor rendimiento de aceite, lo que indica que el calcio no es limitante en la producción de esencias, posiblemente por la alta adaptación de la planta a este tipo de suelos o por sus funciones fisiológicas específicas que atrapan calcio en medios adversos, como el alto contenido de aluminio, que da el análisis de suelos.

Tabla 12. Resultados del rendimiento de aceites esenciales de sunfo.

Tratamientos.	Peso Fresco (TM/ha)	% de Aceite	Rend.Aceite (lt /ha)	Incremento vs T1(lt/ha)
T1 (Testigo)	3.65	0.25	9.13	
T2 (Óptimo)	9.16	0.16	14.66	5.53
T3 (-N+P+S+Ca)	6.34	0.33	20.92	11.79
T4 (+N-P+S+Ca)	6.63	0.29	19.23	10.1
T5 (+N+P-S+Ca)	8.86	0.13	11.52	2.34
T6 (+N+P+S-Ca)	8.89	0.31	27.56	18.43

Las plantas crecieron más con nitrógeno y fósforo y la concentración de aceites es menor en estos tratamientos, lo que significa que hay un efecto de dilución de la concentración de aceites, lo cual influye en el rendimiento de aceites.

Las tendencias de reducción del rendimiento de aceites por tratamiento, se debieron posiblemente al efecto de los diferentes elementos, en el caso del T3 sin nitrógeno, 0.33% de aceite, siendo esta cifra la más alta concentración, contradictorio a la menta ya que en la India Khotari (1987) demostró que la aplicación de nitrógeno genera plantas más altas, de mayor peso fresco y rendimiento de aceite.

En cuanto al T4 (sin fósforo) se observa una ligera disminución del rendimiento de aceites, pese a que fue el que mayor crecimiento de planta ha tenido, ya que el fósforo, tanto absorbido por la planta como disponible en el suelo fueron bajos se considera que afecta el rendimiento de los aceites, lo confirma Kothari en India (1987), desarrolló ensayos con menta japonesa utilizando cuatro niveles de P (0; 17.5; 35 y 52.5 kg./ha) Los resultados obtenidos mostraron que la altura de las plantas se incremento por la presencia de fósforo sin mostrar diferencias significativas entre los distintos niveles.

Con lo referente al T5 (sin azufre) se observó que este elemento es importante en el rendimiento de esencias, ya que se registró una baja en el rendimiento de aceites en el tratamiento que no se aplicó este elemento, posiblemente porque forma parte de la mayoría de los aminoácidos y otros compuestos que pueden ser los responsables de promover las esencias.

Cabe anotar que las diferencias se pudieron deber a factores distintos al tipo de elementos aplicados sino más bien al tiempo desde el corte al proceso, error en la extracción (hidrolización) ya que según la Universidad de Mistral, (2002). El rendimiento de esencia obtenido de una planta varía de unas cuantas milésimas por ciento de peso vegetal hasta 1-3 % . La composición de una esencia puede cambiar con la época y tiempo de la recolección, el lugar geográfico o pequeños cambios genéticos en las plantas.

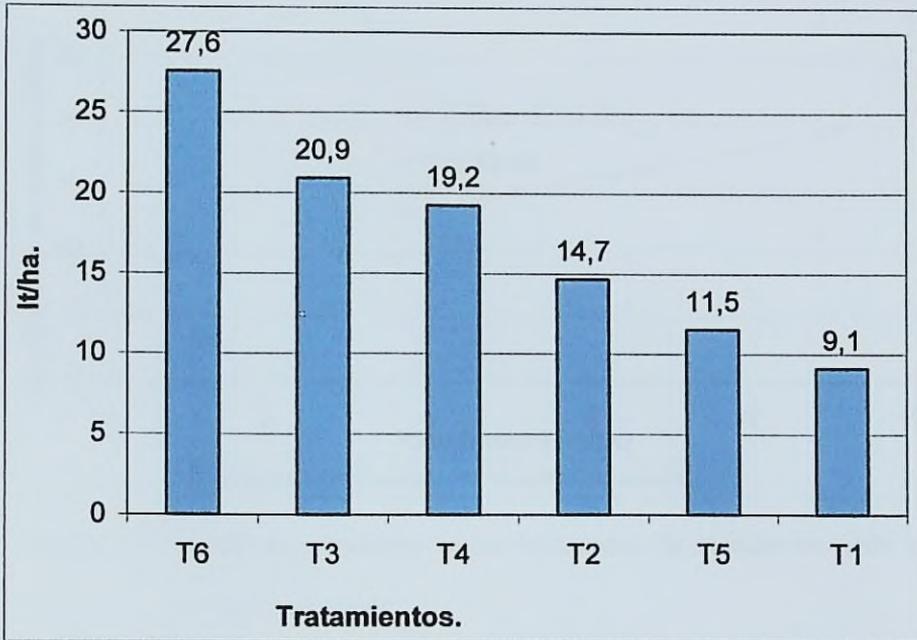


Gráfico 8. Rendimiento de aceites esenciales de sunfo.

El gráfico 8, muestra la efectividad de los elementos nutritivos de los tratamientos, en comparación con el testigo T1, esto significa que al fertilizar el sunfo se obtiene mayor rendimiento de esencias de la planta.

También muestra la marcada diferencia de rendimiento de esencias que existe entre el T6 (sin calcio) con el resto de tratamientos, que incrementó su rendimiento en un 66.87 % con respecto al testigo, siendo el resultado final de esto un valor muy alto en lo que a aceites esenciales se refiere.

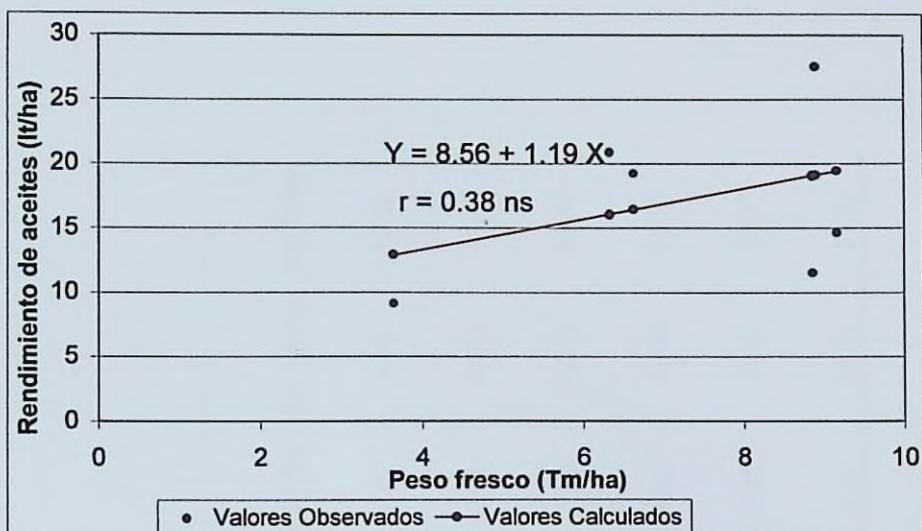


Grafico 9. Análisis de correlación entre rendimiento de biomasa de sunfo y producción de aceite.

El gráfico 9 muestra que a pesar de existir una ligera tendencia de la influencia de los elementos sobre la producción de esencias, estadísticamente no refleja que exista un coeficiente significativo de correlación que lo confirme.

4.5. EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES

Tabla 13. Cantidad de nutrientes extraídos por el sunfo a los 200 días después del trasplante

Tratamientos.	P f (TM/ha)	%MS	Kg MS/ha	Kg N/ha.	Kg P/ha	Kg P ₂ O ₅ /ha	Kg S/ha	Kg Ca./ha	Kg K/ha
T1 (Testigo)	3.65	20.30	740.63	20.44	1.85	4.24	1.41	9.48	10.52
T2 (Optimo)	9.16	21.30	1951.68	55.23	4.88	11.17	2.93	26.35	14.83
T3 (-N+P+S+Ca)	6.34	19.40	1229.16	30.36	3.32	7.60	2.34	16.22	15.36
T4 (+N-P+S+Ca)	6.63	18.20	1206.46	32.33	2.53	5.80	1.93	14.48	12.79
T5 (+N+P-S+Ca)	8.86	14.70	1302.52	44.81	3.39	7.76	2.08	16.02	15.37
T6 (+N+P+S-Ca)	8.89	25.70	2285.89	58.06	5.26	12.04	4.11	23.77	17.37

La tabla 13 muestra que el porcentaje de materia seca varía, es decir los elementos nutritivos si influyen en la concentración de sólidos en la planta, lo que se ve reflejado en el rendimiento de materia seca.

De igual forma sucede con el rendimiento de materia verde, con respecto al óptimo el tratamiento T6 sin calcio redujo un 2.93 %, en contraste con el T3 sin nitrógeno que redujo su rendimiento en un 30.85 %.

En la extracción de elementos por el cultivo de sunfo se observa que los tratamientos donde no se aplicaron los elementos son los que menor extracción presentaron.

Prara el azufre, calcio y potasio se puede visualizar que la cantidad de elemento extraído varia en función de los otros elementos aplicados.

También se puede detallar que el T2 (óptimo) es el que mayor cantidad de elemento ha extraído, a excepción del tratamiento T6 (sin calcio), que superó la extracción de todos los elemetos a excepción del calcio, Ver anexo 9.

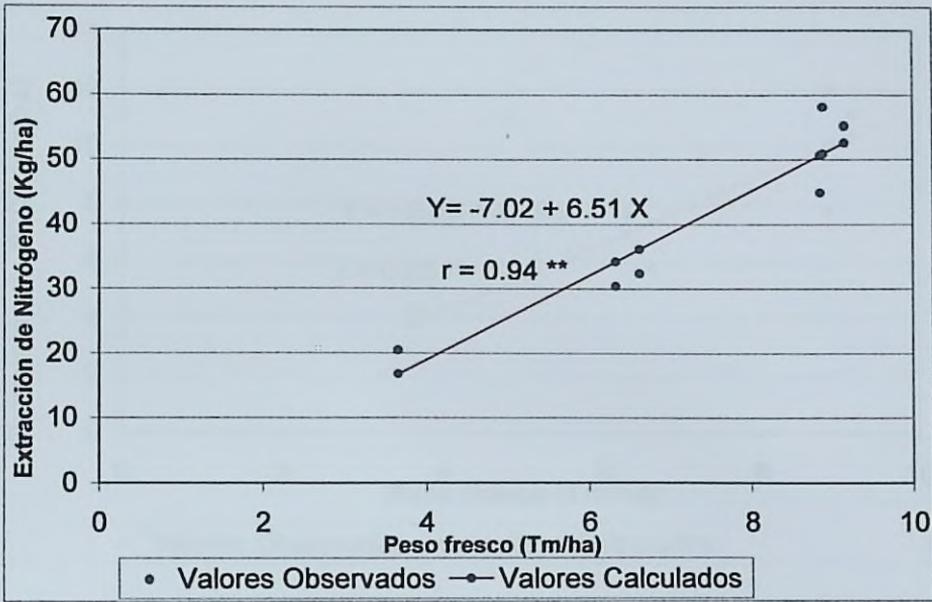


Grafico 10. Análisis de correlación para el peso fresco de sunfo y extracción de nitrógeno.

En el gráfico 10, el coeficiente de correlación es $r = 0.94^{**}$ para el modelo lineal y presenta significancia estadística al 1% lo que indica que por efecto de los tratamientos en estudio existe diferencias en peso de materia fresca de sunfo, las mismas que presentan una alta correlación con la extracción total de nitrógeno por las plantas; en el mismo gráfico se observa que al incrementarse el peso fresco también existe incrementos en la extracción de nitrógeno. Esto indica que para rendimientos altos se requiere que la disponibilidad de nitrógeno en el suelo sea mayor, es decir, se incrementa la demanda de nitrógeno por el cultivo de sunfo, lo que indica que el elemento nitrógeno se considera limitante en el rendimiento ya que a medida que la planta extrae nitrógeno aumenta su rendimiento.

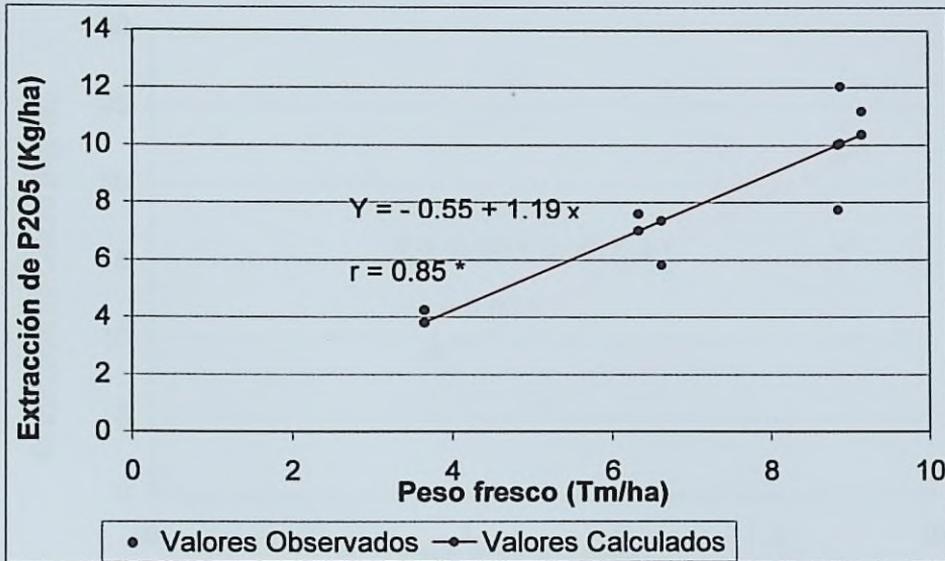


Gráfico 11. Análisis de correlación para el peso fresco de sunfo y extracción de fósforo.

En el gráfico 11, el coeficiente de correlación es de 0.85 para el modelo lineal y presenta significancia estadística al 5%; lo que indica que por efecto de los tratamientos en estudio existe diferencias en peso de materia fresca de sunfo, las mismas que presentan una ligera correlación con la extracción total de P_2O_5 por las plantas; también se observa que al incrementarse el peso fresco, también existe incrementos en la extracción total de fósforo, aunque no es muy marcada esta indica que para rendimientos altos se requiere que la disponibilidad de fósforo en el suelo sea mayor, es decir se incrementa la demanda de fósforo por las plantas; sin embargo, en la tabla 13 se puede visualizar que la mayor extracción se obtuvo en el tratamiento que mas peso fresco registró, aunque la variabilidad es mayor que en el nitrógeno.

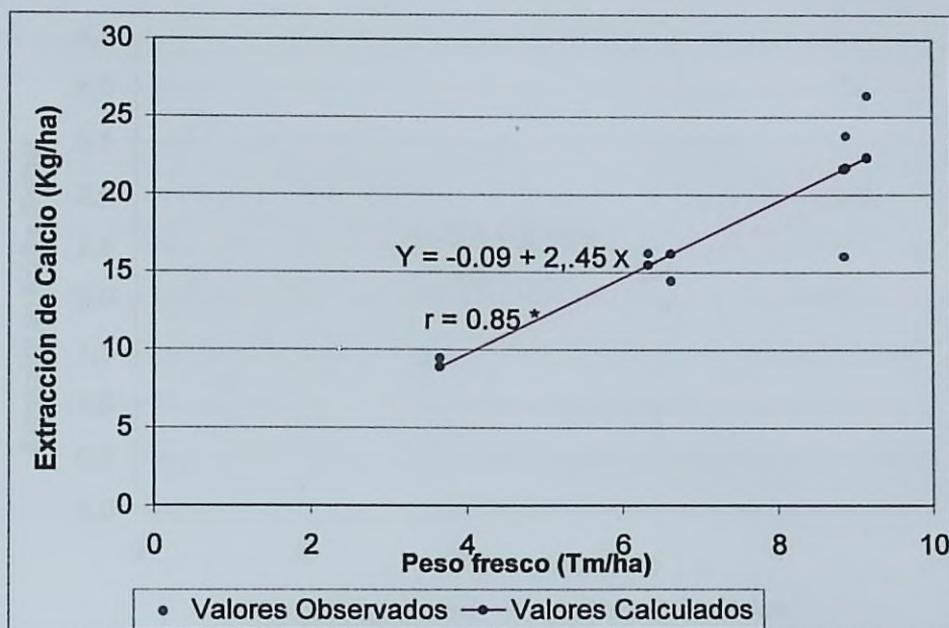


Gráfico 12. Análisis de correlación para el peso fresco de sunfo y extracción de calcio.

El coeficiente de correlación de 0,85 para el modelo lineal y presenta significancia estadística al 5% lo que indica que por efecto de los tratamientos en estudio existe diferencias en peso de materia fresca.

Sin embargo, analizando otras variables como el rendimiento de materia fresca se puede constatar que el calcio no tiene efectos sobre esta variable, mas bien al parecer capta el calcio del suelo en función de su disponibilidad.

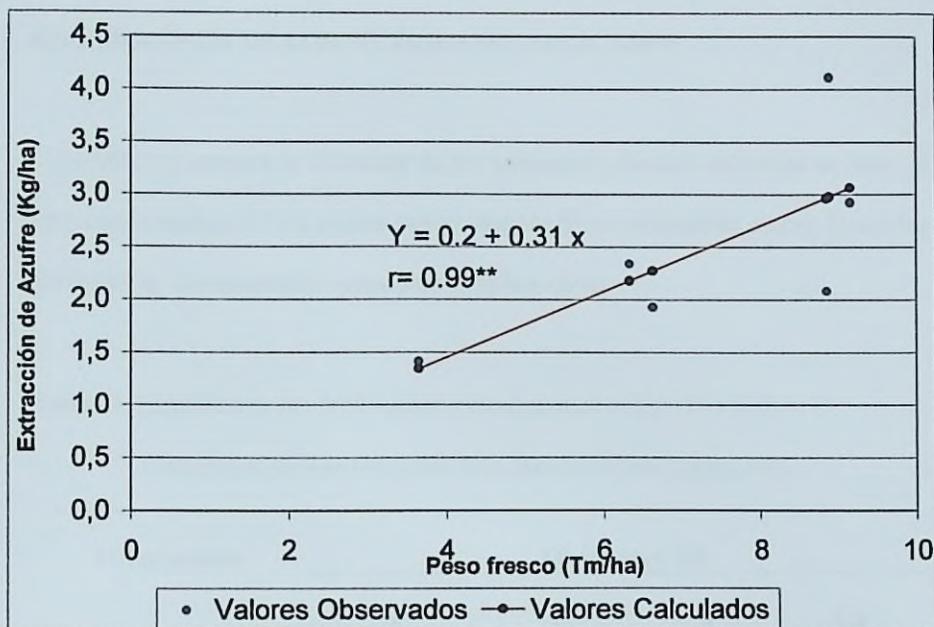


Gráfico 13. Análisis de correlación para el peso fresco y extracción de azufre.

El gráfico 12 muestra un coeficiente de correlación de 0.99 para el modelo lineal, presenta significancia estadística al 1%, lo cual se debe al efecto de los tratamientos en estudio existe diferencias en peso de materia fresca de sunfo, las mismas que presentan una alta correlación entre el rendimiento de materia fresca y la extracción de azufre por las plantas, en el gráfico 12 se observa que al incrementarse el peso fresco también existe incrementos en la extracción de azufre. Esto indica que para rendimientos altos se requiere que la disponibilidad de azufre en el suelo sea mayor, es decir se incrementa la demanda de azufre por las plantas.

4.6. EFICIENCIA DE LOS NUTRIENTES APLICADOS

La tabla 14 muestra la eficiencia de los nutrientes aplicados calculada en base al tratamiento testigo (T1) la misma que es variable de un tratamiento a otro, Todos los elementos la incrementaron cuando no se aplica calcio.

Tabla 14. Eficiencia de los fertilizantes aplicados en el cultivo de sunfo en la Comunidad de San Cristobal Alto, provincia del Carchi, 2004.

Tratamientos	Eficiencia (%)			
	N	P	S	Ca
T2 (Optimo)	45.19	9.30	2.05	26.19
T3 (-N+P+S+Ca)		5.72	1.46	16.07
T4 (+N-P+S+Ca)	22.29		1.05	14.32
T5 (+N+P-S+Ca)	34.76	5.88		15.86
T6 (+N+P+S-Ca)	48.01	10.16	3.24	

La tabla 14 muestra la eficiencia de los nutrientes aplicados, calculada en base al tratamiento T1 (testigo) la misma que es variable de un tratamiento a otro. Todos los elementos incrementaron la eficiencia del fertilizante cuando no se aplica calcio.

En el caso del nitrógeno se obtuvo la menor eficiencia en el tratamiento T4 (sin fósforo), lo que significa que el fósforo incrementa la eficiencia del nitrógeno, al comparar con el T2, lo confirma Foth H, (1990), quien menciona que aunque una de las funciones del nitrógeno es estimular el crecimiento vegetativo de la parte aérea,

ese desarrollo no puede efectuarse sin la presencia del fósforo, potasio y otros elementos esenciales disponibles.

En el caso del fósforo las menores eficiencias se registraron en los tratamientos T3 (sin nitrógeno) y T5 (sin azufre) esto demuestra que tanto el nitrógeno como el azufre incrementan la eficiencia del fósforo; esto lo confirma (Agroindustrias la Calera SA, 2003), al mencionar que otros nutrientes pueden estimular el desarrollo radicular, aumentando así la captación del fósforo, nutrientes como el calcio y azufre aumentan la disponibilidad del fósforo.

En el caso del azufre el tratamiento T4 (sin fósforo) fue el que registró menor eficiencia, esta significa que el fósforo incrementa la eficiencia del azufre, en el caso del calcio se puede observar en la tabla 14, que se obtuvo la mayor eficiencia cuando están presentes el resto de elementos T2 (Óptimo), esto dice que la eficiencia del calcio depende de la disponibilidad del resto de nutrientes, seguidamente registró la mayor eficiencia cuando no se aplicó azufre T5 y la menor eficiencia cuando no se aplicó nitrógeno, lo que significa que el nitrógeno influye notablemente en la eficiencia del calcio.

4.7. ANÁLISIS ECONÓMICO

Tabla 15. Análisis económico, del ensayo de fertilización en el cultivo de sunfo, realizado en la provincia del Carchi, 2004.

(CIMMYT,1988).

	TRATAMIENTOS.					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Testigo	+N+P+S+Ca	-N+P+S+Ca	+N-P+S+Ca	+N+P-S+Ca	+N+P+S-Ca
Rendimiento medio (Kg/ha)	3648.40	9162.80	6335.90	6628.90	8860.70	8894.50
Rendimiento ajustado (Kg/ha)	2918.72	7330.24	5068.72	5303.12	7088.56	7115.60
Beneficio bruto de campo (\$/ha)	467.00	1172.84	811.00	848.50	1134.17	1138.50
Costo del nitrógeno (\$/ha)		155.78		155.78	155.78	155.78
Costo del fósforo (\$/ha)		180.91	180.91		180.91	180.91
Costo del azufre (\$/ha)		33.43	33.43	33.43		33.43
Costo del calcio (\$/ha)		52.80	52.80	52.80	52.80	
Costo de mano de obra (\$/ha)	14.59	109.88	94.69	96.46	107.60	68.80
Total de costos que varían (\$/ha).	14.59	532.79	361.83	338.47	497.09	438.92
Beneficio neto (\$/ha)	45.40	640.04	449.16	510.03	637.08	699.58

En la tabla 15, al realizar el análisis económico mediante el presupuesto parcial del (CIMMYT, 1988), se eliminó los tratamientos T3 (-N+P+S+Ca), T5 (+N+P-S+Ca) y T2 (Optimo) por tener menores beneficios netos y mayores costos que varían.

Tabla 16. Análisis de dominancia para tratamientos.

Tratamientos	Total de Costos que Varían (USD)	Beneficios Netos (USD)	Dominancia
T1 (Testigo)	14.59	452.40	
T4 (+N-P+S+Ca)	338.47	510.03	
T3 (-N+P+S+Ca)	361.83	449.16	D
T6 (+N+P+S-Ca)	438.92	699.58	
T5 (+N+P-S+Ca)	497.09	637.08	D
T2 (Optimo)	532.79	640.04	D

La tabla 16, muestra los tratamientos dominados la razón por la que los tratamientos antes mencionados sean económicamente menos rentables se debe básicamente a la gran cantidad de carbonato de calcio aplicado al cultivo de sunfo, lo cual incrementó los costos que varían.

Tabla 17. Tasa de retorno marginal, datos tomados en el 2004.

Tratamientos	Total de Costos que Varían (USD)	Beneficios Netos (USD)	TRM %
T1 (Testigo)	15	452	
T4 (+N-P+S+Ca)	338	510	18
T6 (+N+P+S-Ca)	439	700	189

La tabla 17 indica que al cambiar del tratamiento T1 (Testigo) al T4 (+N-P+S+Ca) la tasa de retorno marginal es del 17.8 % poco significativa, mientras que al cambiar del tratamiento T4 (+N-P+S+Ca) por el tratamiento T6 (+N+P+S-Ca) se obtuvo una tasa de retorno marginal de 188.7 % , la misma que es muy significativa.

Esto significa que por cada dólar invertido se obtiene una utilidad de 0,178 dólares, la misma que es muy baja para que los agricultores adopten; Para este tipo de investigaciones y tecnologías se recomienda una Tasa Mínima de Retorno (TAMIR) del 100% lo cual representa que por cada dólar invertido obtenga un dólar de utilidad, el tratamiento T6 (+N+P+S-Ca) presenta una Tasa de Retorno Marginal de 189% la misma que supera la TAMIR, lo que significa que el agricultor obtiene 1.89 dólares por cada dólar invertido tanto como alternativa económica para la fertilización en el cultivo de sunfo, el mejor tratamiento es el T6 (+N+P+S-Ca).

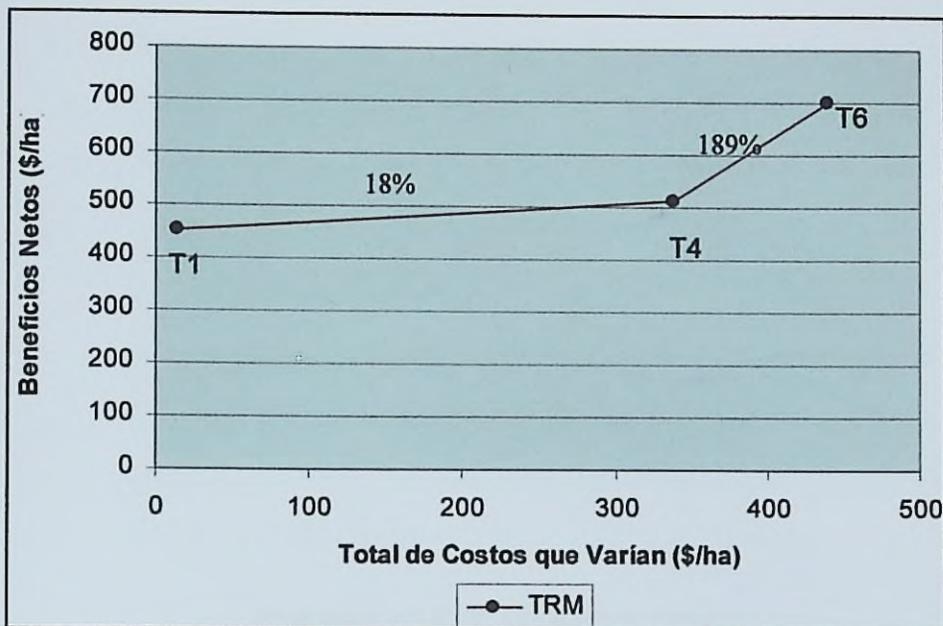


Grafico 14. Curva de Beneficios netos para ensayo de fertilización en el cultivo de Sunfo en Carchi, 2004.

El gráfico 14 muestra la curva de beneficios netos en la cual la relación entre los costos que varían y los beneficios netos de los tres tratamientos no dominados. Nótese que la pendiente de la línea que une al tratamiento T4 y T6 es más pronunciada que la línea que conecta al T1 y T4 lo que significa que los mayores beneficios se obtienen al pasar del tratamiento cuatro al seis.

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Los resultados de fertilización obtenidos en el cultivo de sunfo en un suelo clasificado como Andisol, en bosque muy húmedo Montano (bmhM), en la provincia del Carchi, permiten llegar a las siguientes conclusiones:

1. No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para el porcentaje de prendimiento, pues los fertilizantes no entraron en contacto directo con las raíces de las plantas, esto se debió a la forma de propagación adoptada para la investigación.
2. La aplicación de elementos nutritivos influye en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del sunfo, de los cuales el nitrógeno y fósforo son los más limitantes y en baja proporción el azufre, especialmente en lo que aceites esenciales se refiere.
3. El crecimiento de las plantas es influenciado directamente por la fertilización en los primeros 150 días después del transplante, pasado este período a los 200 días el crecimiento tiende a uniformizarse ya que los tratamientos que tenían menor crecimiento se recuperaron paulatinamente en el transcurso del cultivo, posiblemente incrementaron su sistema radicular y empezaron a captar los nutrientes del suelo a medida que la materia orgánica se descomponía y los elementos atrapados en ella se hacían disponibles.

4. Las mayores diferencias en el crecimiento del sunfo por la fertilización se presentaron hasta los 150 días después del trasplante; a los 200 días estas diferencias no fueron significativas estadísticamente.
5. El sunfo a medida que aumenta su rendimiento en materia fresca, incrementa su demanda en nitrógeno y fósforo principalmente y en menor proporción calcio y azufre, siendo el nitrógeno, seguido por el fósforo los elementos que mas influencia tuvieron en el rendimiento de materia fresca.
6. La concentración de aceites esenciales mostró una tendencia a verse influenciada por la fertilización, así el azufre mostró una alta respuesta cuando se aplica nitrógeno, fósforo, y no se aplicó calcio.
7. Mediante observación, la planta de sunfo en buenas condiciones tiene un periodo de enraizamiento funcional aproximado de 40 días desde que la planta tiene contacto directo con suelo suelto, presentando floración, basalco y floración constante a medida que la planta crece, en todos los tratamientos.
8. La extracción de elementos por el cultivo mostró que los tratamientos donde no se aplicaron los nutrientes fueron los que menor concentraciones tuvieron, en el caso del nitrógeno y fósforo, mientras que para el azufre y calcio la cantidad de elemento varía en función de los otros elementos, considerando que las dosis aplicadas fueron altas en todos los tratamientos.

9. La aplicación de cal en el cultivo de sunfo tiene un efecto negativo sobre el rendimiento de biomasa, aceites esenciales, extracción de nutrientes y eficiencia de los fertilizantes. Posiblemente por el desbalance de la relación Ca/Mg provocada por la adición de cal al suelo.

10. La planta de sunfo según los resultados obtenidos es tolerante a la acidez del suelo, lo que refleja que el sunfo está adaptado a suelos ácidos con altos contenidos de aluminio.

11. La eficiencia de los nutrientes aplicados es variable de un tratamiento a otro, así los elementos incrementaron su eficiencia cuando no se aplicó calcio, lo que indica que el encalado tiene un efecto negativo sobre el crecimiento, rendimiento de biomasa, aceites esenciales, extracción de nutrientes y eficiencia de fertilizantes, lo que refleja que el sunfo está adaptado a la acidez de los suelos del medio.

12. Económicamente el cultivo del sunfo resulta rentable en el ensayo cuando no se utiliza el encalado, que se obtiene la mayor tasa de retorno marginal.

13. El futuro del cultivo de sunfo es promisorio por cuanto se abre la posibilidad del mercado nacional e internacional para la producción de aceites esenciales, té, etc.

RECOMENDACIONES

6. RECOMENDACIONES

1. Realizar ensayos similares en otras zonas a diferente pisos altitudinales y en diferentes sectores del país, con la diferencia que tendrán que ser con un mayor número de elementos nutrimentales, especialmente , evaluar el potasio y magnesio.
2. Evaluar niveles de fertilización fosfatada, nitrogenada y azufrada.
3. Comprobar el efecto de los fertilizantes aplicados en esta investigación, tomando rangos de tiempos iguales desde el corte hasta la extracción de aceites esenciales.
4. Evaluar el efecto de fertilizaciones periódicas, cosechas en diferentes épocas del año, también diferentes tiempos y temperaturas para la extracción de aceites.
5. Realizar ensayos sobre propagación, forma de cultivo, evaluar la respuesta a enraizadores, hormonas de igual forma a la aplicación de fertilizantes foliares.
6. Realizar análisis económicos en función del rendimiento de aceites esenciales.
7. Evaluar el crecimiento de rebrotes y su respuesta a la fertilización.

RESUMEN

7. RESUMEN

Esta investigación fue realizada en la comunidad San Cristóbal Alto, Cantón Montúfar, Provincia del Carchi, Ecuador y tuvo como objetivos fueron: determinar el o los elementos limitantes sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de biomasa del sunfo *Clinopodium nubigenum* L; evaluar su respuesta a la aplicación de elementos nutritivos; obtener datos sobre la fenología de la planta y su extracción de nutrientes; evaluar la respuesta de la planta al encalado y analizar económicamente los costos de los tratamientos.

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones, además se realizaron análisis de extracción de aceites esenciales en una muestra de planta completa y el análisis económico de las mismas.

No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para el porcentaje de prendimiento, pues los fertilizantes no entraron en contacto directo con las raíces de las plantas.

En lo que respecta al crecimiento de las planta, se detectaron diferencias significativas al 1% entre tratamientos hasta los 150 días después del transplante, a los 200 días el crecimiento se uniformizó y no existió diferencias significativas: las plantas en las parcelas tenían menor crecimiento, se recuperaron paulatinamente en el transcurso del cultivo, posiblemente al incrementar su sistema radicular empezaron a captar los nutrientes del suelo a medida que la materia orgánica presente en este se descomponía y los elementos atrapados en ella se hacían disponibles, donde el

elemento nitrógeno es el más limitante, aunque el calcio registró menor crecimiento en valor absoluto, estadísticamente no existen diferencias entre los dos elementos.

En la variable rendimiento de materia fresca se encontraron diferencias significativas al 1%, situación que permite afirmar que los elementos nutritivos aplicados sí influyen en el rendimiento de biomasa; Los elementos nitrógeno y fósforo se consideran como los más limitantes. Además se pudo observar que la interacción de todos los elementos incrementó el rendimiento en un 66% en relación al testigo: el rendimiento de materia fresca varía en función de la extracción de nutrientes, el nitrógeno, seguido por el fósforo los elementos que más influencia tuvieron.

Se encontró que la fertilización influye en la concentración de aceites esenciales; Así el azufre mostró una alta respuesta cuando se aplica en combinación con nitrógeno, fósforo, azufre, excluyendo el calcio.

La variable extracción de elementos por el cultivo mostró que los tratamientos donde no se aplicaron nitrógeno y fósforo influyeron en la concentración del resto de elementos, mientras que para el azufre y calcio la cantidad de elementos encontrados en la planta varía en función de los otros elementos.

En la variable eficiencia de los nutrientes aplicados, se encontró que esta varía de un tratamiento a otro. Así, los elementos incrementaron su eficiencia cuando no se aplicó calcio; Se encontró que el encalado tiene un efecto negativo en todas las

variables estudiadas: crecimiento, rendimiento de biomasa, concentración de aceites esenciales, extracción de nutrientes y eficiencia de fertilizantes. Esta situación permite afirmar que la especie está adaptada a la acidez de los suelos en su medio natural.

Económicamente el cultivo de sunfo resultó rentable en el ensayo cuando no se utiliza el encalado ya que se obtiene la mayor tasa de retorno marginal.

SUMMARY

8. SUMMARY

This research was carrying up at San Cristóbal Alto town, Montúfar county, province of Carchi, Ecuador. The aims werw to: determine the limiting elements that affect the grow, development and yield of sunfo crop, *Clinopodium nubigenum* L; evaluate the response for nutritive elements applied; obtain data about the plant fenology and the nutrients extraction; evaluate the plant calcium response; and analyse the treatments economic cost.

A complete random blocks design, with six treatments and replications, was used indeed, an analysis of essential oils in a whole plant and the economic analysis were made.

The treatments did not show significant differences in the variable rooting percentage probably because early, the fertilizers did not take contact with the plans roots.

In the variable plant grow, at 150 days after transplant, significant differences at 1% were detected; at 200 days, the growing was uniform and we did not find significant differences: the plants in the plows grow slowly, but at the growing season end the crop response was evident, probably by the root system growing they catch nutrients from the soil when the nutrients were liberated from the compost added in the top soil. Nitrogen was the most limited element, among the calcium

gave the slow growing in absolute value; statistically, between the two elements, not significant differences were detected.

In the green row yield variable, significant differences at 1% were detected; so, it is possible to affirm that nutritive applied elements increase the biomass yield. Nitrogen and phosphorous were considered the most limiting elements. Indeed, it was possible to watch that all nutrients interaction increases the yield in about 66% over control. The green biomass yield was subordinated to nutrients extraction: the main element was nitrogen followed by phosphorus.

The fertilization had influence on the oils essential concentration. So, the sulfur had a high response when it was applied in combination with nitrogen and phosphorus, excluded calcium.

In the crop elements extraction variable, the treatments where nitrogen and phosphorus were not applied, influenced in the minor concentration of other elements; while for sulphur and calcium, the elements quantity searched in the plant varies respect other elements.

In the nutrient applied efficiency variable, it was fined that varies form one treatment to another. So, the elements increase their efficiency when the calcium was not applied. The calcium application had a negative effect in all studied variables: crop grow, biomass yield, oils essential concentration, nutrients extraction and

fertilizer efficiency. This situation is able to afford that the spice is adapted to the acid soils in its natural environment.

The essay of sunfo crop was rentable when do not used calcium; because it is possible obtain the best marginal return rate.

BIBLIOGRAFIA CITADA

BIBLIOGRAFIA CITADA

1. AGROINDUSTRIAS LA CALERA SA. (2003). Folleto, Quito; Ecuador.
2. BARRAGAN Raúl. (1997). Principios de Diseño Experimental; Quito, Ecuador
3. BEDOYA. J. (1980). Ministerio de Agricultura y Ganadería; Mapa de suelos; Programa Nacional de Regionalización agrícola.
4. BOTÁNICA. (2002). Clasificación; Angiospermas dicotolidóneas; (www.iespana.es/natureduca/botan_dicotolidoneas5.htm; Verificado: 2004-09-12).
5. CIMMYT; (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; Programa de economía; Mexico DF.
6. ECUADOR; (2003). Uso y comercio de plantas medicinales, (www.traffic.org/ecuador/ecuador-fullreport.pdf; Verificado: 2003-12-22).
7. EL ABONO COMO NUTRICION; (2001). Nutrición de las plantas; (<http://perso.wanadoo.es/bonsaipepe/Abonoherramienta.html> Verificado: 2005-01-04).
8. FERTIBEA.(2000). Curso de fertilizantes; (http://www.fertiberia.com/servicios_on_line/cursos/fertilizantes/b2/s1.html?slide= Verificado: 2005-01-03).
9. FONNEGRA Maite. (2001). Corporación Colombia Internacional, Centro de Servicios al Sector Hortofrutícola Región de Occidente, Los mercados mayoristas de Armenia , Central Mayorita del Quindío - Mercar; Mercados internacionales notas breves

- (www.cci.org.co/publicaciones/Tropico/tropico%2021.pdf Verificado: 2004-08-17).
10. FOTH H. (1990). Fundamentos de la ciencia del suelo. Editorial Continental SA; Cuarta Edición; México.
 11. INFOAGRO.(2004).Menta piperita, Cultivo de salvia, (Apartados del 1. al 6.), *Salvia officinalis* L, fam. Labiatae, Fertilización, España. (www.infoagro.com/aromaticas/salviaref.asp Verificado: 2004-11-12).
 12. INFOAGRO.(2004).Menta piperita, Cultivo de salvia, (Apartados del 1. al 6.), *Salvia officinalis* L, fam. Labiatae, Fertilización, España. (www.infoagro.com/aromaticas/salviaref.asp Verificado: 2004-11-12).
 13. INSTITUTO NACIONAL DE BIODIVERSIDAD (INBIO). (2004). Jerarquía taxonómica; Costa Rica , 1997 , Actualizada por: Webmaster o Última modificación: 25 de Noviembre, 2004 (www.inbio.ac.cr/es/biod/bio_quebiod.htm; Verificado:2004-12-10).
 14. JORGENSEN P y YANEZ L. (2000). Catálogo de plantas vasculares del Ecuador; Missouri botanical garden ; Sant Louis; Missouri.
 15. MARTINEZ Alejandro; (2003). Universidad de Antioquia, Facultad Química Farmacéutica, Medellín,([htt://muiscas.udea.edu.co/~ff/esencias2001b.pdf](http://muiscas.udea.edu.co/~ff/esencias2001b.pdf), Verificado:2004-12-12).
 16. MERCOOPSUR, (2001). Tecnología de producción de las aromáticas de hojas Mentas, Orégano, Tomillo, Estragón y Romero Fertilización Nitrogenada.(www.mercoopsur.com.ar/agropecuarias/notas/tecnologiadeproduccion.htm, Verificado: 2003-12-22).

17. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA; (1984). Mapa ecológico; Programa nacional de regionalización agrícola; PRONAREG-ECUADOR.
18. PAEZ Juan; (1996). Introducción al evaluación del impacto ambiental; Ecuador.
19. POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE. (1997). Inpofos. Manual internacional de fertilidad de suelos. Quito.
20. PUMISACHO M y SHENWOOD S. (2002). El cultivo de la papa en el Ecuador, Primera edición, Quito, Ecuador.
21. RESERVA ECOLOGICA EL ANGEL; (1999). Bienvenido a Ecuador un país para sonreír. Naturaleza = Flora, Servidatos S.A. (www.explored.com.ec/ecuador/guia/sierra/angenatu.htm; Verificado:2004-11-17).
22. REVISTA DE EDAFOLOGÍA. (2001). Edafología de suelos tropicales; (www.edafologia.ugr.es/Revista/tomo7tr/a43v7tt.htm Verificado: 2004-02-03).
23. RODRÍGUEZ T. y TENÍAS J, (1983). *Agronomía Tropical*. 33(1-6): 243-271 Frecuencia del encalado y su efecto sobre el rendimiento del mani en un suelo ultisol de los llanos orientales. FONAIAP. Estación Experimental Monagas. Venezuela. Recibido, Mayo 02, 1983, (www.redpavfpolar.info.ve/agrotrop/v33_1-6/v336a017.html, Verificado: 2004-12-10).
24. SAG TEGUI, LUTEYN & SYLVA; (2000) Checklist of the vascular plantas of the paramo; Details of Angiosperm Search; (www.botanypages.org/neill/paramos/vascularplants4_details.asp?Details=menuGenus=Satoreja&ID=2404; Verificado 2004 -10-23).

25. SCHAUVENBERG Paúl. (1980). Guía de las plantas medicinales; Ediciones Omega; Barcelona.
26. TAPIA Jerko ; (2001). Estudiante de agronomía Fertilidad y Nutrición Vegetal Facultad de Agronomía; El ciclo del azufre; (www.a-quimica.com/biblio/espanol/ciclodelazufre20010711.html); Verificado :2005-01=05).
27. TECNOLOGÍAS DE CULTIVO Y POSCOSECHA DE PLANTAS MEDICINALES, (2004). Menta piperita Fertilización Última actualización: 12/12/04; (www.herbotecnia.com.ar/exotica-mentapiperita.html); Verificado 2004-03-14).
28. THOMPSON L y TROEH F.; (2004). Soil Improvement Comité; Manual de Fertilizantes para Cultivos de Alto Rendimiento; California Plant Health Association; Edit. LIMUSA; México.
29. THOMPSON L. y TROEH F; (1980). Los suelos y la fertilidad; Cuarta edición; Editorial Reverte S A.; México.
30. UNIVERSIDAD GABRIELA MISTRAL; (2004). Ingeniería Civil Industrial, Aceites Esenciales, Química, Obtención. Productos. Usos El Rincón del Vago S.L. Salamanca (España) (html.rincondelvago.com/aceites-esenciales.html), Verificado:2004-10-11).
31. YUFERA P. CARRASCO D. y JM. (1980). Productos para el campo y propiedades de los alimentos, Tecnología química y agroindustrial; Tomo 1; Suelos y fertilizantes; España.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelos Comunidad de San Cristóbal Alto tomado antes de instalar el ensayo, 2004.

pH	N	P	S	K	Ca	Mg
<i>ppm</i>				<i>meq/100 ml</i>		
5.10 Ac	155.0 A	16.0 M	12.0 M	0.23 M	2.80 M	0.26 B

Zn	Cu	Fe	Mn	B	MO	Al+H
<i>ppm</i>					<i>%</i>	<i>meq/100 ml</i>
4.50 M	5.50 A	2638.0 A	26.70 A	0.40 B	25.80 A	4.10 T

Interpretación:

Ac : Acido.

A : Alto.

M : Medio.

B : Bajo.

T : Tóxico

Fuente: Departamento de Manejo de Suelos y Aguas, EE Sta Catalina, INIAP.

Anexo 2. Porcentaje de prendimiento del sunfo.

Tratamientos	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	R4 (%)
T1 (Testigo)	100	100	100	100
T2 (Optimo)	100	100	100	100
T3 (-N+P+S+Ca)	100	100	100	100
T4 (+N-P+S+Ca)	100	100	100	100
T5 (+N+P-S+Ca)	100	100	100	100
T6 (+N+P+S-Ca)	100	100	100	100

Anexo 3. Resultados del crecimiento del sunfo a los 50 días después del trasplante.

Trat/rep	R1 (cm)	R2 (cm)	R3 (cm)	R4 (cm)	Σ	x
T1 (Testigo)	3.0	4.2	3.1	3.0	13.3	3.3
T2 (Optimo)	6.2	5.9	5.1	5.5	22.7	5.7
T3 (-N+P+S+Ca)	3.6	5.7	4.3	3.1	16.7	4.2
T4 (+N-P+S+Ca)	7.6	7.0	6.8	5.1	26.5	6.6
T5 (+N+P-S+Ca)	8.1	5.2	5.1	6.0	24.4	6.1
T6 (+N+P+S-Ca)	5.2	5.3	5.2	3.5	19.3	4.8

Anexo 4. Resultados del crecimiento del sunfo a los 100 días después del
transplante.

Trat/rep.	R1 (cm)	R2 (cm)	R3 (cm)	R4 (cm)	Σ	x
T1 (Testigo)	7.16	9.91	8.08	9.16	34.31	8.57
T2 (Optimo)	11	11.25	10.33	11.66	44.24	11.06
T3 (-N+P+S+Ca)	7.95	12.62	8.62	8.86	38.05	9.51
T4 (+N-P+S+Ca)	13.11	15.41	10.42	11.79	50.73	12.68
T5 (+N+P-S+Ca)	14.25	11.08	10.21	11.08	46.62	11.65
T6 (+N+P+S-Ca)	10	11.64	11.08	10.7	43.42	10.85

Anexo 5. Resultados del crecimiento del sunfo a los 150 días después del
transplante.

Trat/rep	R1 (cm)	R2 (cm)	R3 (cm)	R4 (cm)	Σ	x
T1 (Testigo)	14.8	16.4	14.5	19.0	64.6	16.2
T2 (Optimo)	22.2	21.0	20.7	23.8	87.6	21.9
T3 (-N+P+S+Ca)	17.3	24.1	21.0	20.1	82.5	20.6
T4 (+N-P+S+Ca)	25.5	27.8	23.2	22.5	99.0	24.7
T5 (+N+P-S+Ca)	27.3	22.2	19.7	23.4	92.6	23.2
T6 (+N+P+S-Ca)	19.6	21.7	22.1	22.1	85.5	21.4

Anexo 6. Resultados del crecimiento del sunfo a los 200 días después del transplante.

Trat/rep	R1 (cm)	R2 (cm)	R3 (cm)	R4 (cm)	Σ	x
T1 (Testigo)	24.16	29.91	24.58	27.66	106.31	26.58
T2 (Optimo)	31.33	30.41	32.66	33.33	127.73	31.93
T3 (-N+P+S+Ca)	30.58	37.75	29.00	28.41	125.74	31.44
T4 (+N-P+S+Ca)	40.41	37.41	27.66	35.00	140.48	35.12
T5 (+N+P-S+Ca)	39.16	32.83	29.83	34.75	136.57	34.14
T6 (+N+P+S-Ca)	28.83	28.58	33.08	34.76	125.25	31.31

Anexo 7. Resultados de peso fresco del sunfo cortado a los 200 días después del transplante.

Trat/rep	R1 (TM/ha)	R2 (TM/ha)	R3 (TM/ha)	R4 (TM/ha)	Σ	x
T1 (Testigo)	3.33	3.57	3.16	4.53	14.59	3.65
T2 (Optimo)	7.45	8.47	10.39	10.34	36.65	9.16
T3 (-N+P+S+Ca)	5.88	6.21	6.41	6.85	25.34	6.34
T4 (+N-P+S+Ca)	6.28	5.41	7.28	7.55	26.52	6.63
T5 (+N+P-S+Ca)	9.69	6.94	8.72	10.10	35.44	8.86
T6 (+N+P+S-Ca)	7.51	7.10	9.79	11.17	35.58	8.89

Anexo 8. Concentración de nutrientes del sunfo en planta completa resultados de análisis químico del tejido vegetal.

Tratamientos:	%						ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	M
T1 (Testigo)	2,76	0,25	1,42	1,28	0,4	0,19	31,2	65,8	23,0	820,4	46
T2 (+N+P+S+Ca)	2,83	0,25	0,76	1,35	0,4	0,15	28,5	86,2	15,0	578,1	534
T3 (-N+P+S+Ca)	2,47	0,27	1,25	1,32	0,41	0,19	27,7	66,1	25,2	687,1	348
T4 (+N-P+S+Ca)	2,68	0,21	1,06	1,2	0,3	0,16	22,3	79,6	14,3	539,8	332
T5 (+N+P-S+Ca)	3,44	0,26	1,18	1,23	0,31	0,16	28,9	61,3	16,5	576	432
T6 (+N+P+S-Ca)	2,54	0,23	0,76	1,04	0,51	0,18	28,1	73,1	15,2	686,1	582

Fuente: Departamento de Suelos y Aguas INIAP. Estación Experimental, Santa Catalina.

Anexo 9. Estudio de Etnobotánico del Sunfo.

Encuesta aplicada

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

Estudio Etnobótico del sunfo.

No de encuesta Comunidad.....

1.- ¿ El sunfo lo utiliza como medicina: SI () NO () y que enfermedades alivia con esta planta?

.....
.....

2.- ¿Cuáles son las partes que utiliza para aliviar las enfermedades y como se la utiliza?.

.....
.....

3.- El sunfo tiene restricciones para su consumo ?

.....
.....

4.- ¿Actualmente el sunfo e lo encuentra:

a) solo en los páramos ()

b) en las partes mas bajas ()

5.- A más de medicinal que otros usos le dan al sunfo?

.....
.....
.....

6.- ¿ Con que otros nombres se le conoce al sunfo?.

.....
.....

7.- ¿ Cuantas veces al año se consume sunfo en su familia?.

.....
.....

8.- ¿Porque considera que el sunfo se está extinguiendo?.

.....
.....

Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

1.- Con respecto si la planta es medicinal, el 33% respondió no es medicinal, mientras que el 67% si es medicinal.

1.1.- En cuanto a las enfermedades que alivia el 8% dijo haberla usado en el alivio del malestar del cuerpo, el 50% que alivia los dolores estomacales y un 42% la usan para contrarrestar el frío.

2.- Con lo referente a las partes de la planta que utilizan como medicinal, el 17% usa toda la planta y el 83% usan solo el follaje.

2.2.- En cuanto a la forma que la utilizan el 100% la usan como infusiones.

3.- Con respecto a las restricciones del consumo, el 100 % respondió que no tiene restricciones.

4.- Sobre la ubicación actual del sunfo natural, el 21% asegura que también se encuentra en las partes más bajas al páramo, mientras que el 79% solo en los páramos.

5.- Refiriéndose a otros usos de la planta el 100 % la utiliza como bebida aromática.

6.- En cuanto a si se la conoce con otros nombres el 15% la conoce como surunfa, el 25% surumba, el 30% mayamba y el 30% restante como sunfo.

7.- En cuanto al consumo anual por familia, se promedió 28.54 veces al año.

8.- En cuanto a la razón de su extinción, el 8% respondió a constantes quemas del páramo, el 79% mencionó por recolección de los comuneros, mientras 13% se refirió al constante pisoteo del ganado.

Conclusiones del estudio

Según el conocimiento tradicional de la comunidad :

- 1.- El sunfo es una planta utilizada desde la antigüedad con fines medicinales para aliviar dolores estomacales y para contrarrestar el frío principalmente, algunos dándole propiedades antiestresantes (aromaterapia).
 - 2.- Con fines medicinales se utiliza el follaje o toda la planta la misma que se la prepara en forma de infusión.
 - 3.- La planta no tiene restricciones para su consumo .
 - 4.- Actualmente el sunfo natural se lo encuentra en su mayoría en los páramos y en menor proporción en las partes más bajas, tomando en cuenta que los páramos se encuentran sobre los 3300 msnm y las partes más bajas detectadas a alturas superiores a los 3000 msnm.
 - 5.- A más de medicinal el sunfo se lo utiliza como bebida aromática.
 - 6.- A la planta de sufo se la conoce con otros nombres, mayormente como mayamba y sunfo y en menor proporción como surumba y surunfa.
 - 7.- En la comunidad se tiene un promedio de consumo de 28.54 veces por familia al año.
 - 8.- El sunfo se ha venido extinguiendo principalmente por la exagerada recolección, pisoteo del ganado y quema de los páramos; cabe anotar que la planta natural se ha ido marginando a los páramos a medida que avanza la frontera agrícola.
- FUENTE: Comunidad de San Cristobal Alto (Provincia del Carchi).

Anexo 10. Evaluación de impacto ambiental.

La tesis “Determinación del elemento limitante en el rendimiento de sunfo (*Clinopodium nubigenum*)” pretende aprovechar los recursos naturales de manera

sustentable y a futuro generar fuentes de trabajo que permitan al mismo tiempo mejorar los ingresos económicos de las familias, y motivar a la población al cuidado de dichos recursos.

La tesis en sí no genera impactos ambientales significativos, por o que el estudio de impacto ambiental se enfoca en las posibles explotaciones de sunfo a gran escala, con la finalidad de determinar impactos poenciales y establecer medidas de mitigación preventivas y/o precautelatorias.

Area de Influencia Directa e Indirecta

El área de influencia directa se circunscribe al terreno donde se localizarían los cultivos, las comunidades mas cercanas a los lugares de explotación, de donde provendrá la mano de obra, el área de influencia indirecta involucraría las zona de páramo por ser el habitat de conservación del materia vegetativo.

Caracterización Ambiental

Los suelos donde se pretende la explotación del sunfo, además donde se realizó el ensayo son francos, poseen estructura granular gruesa, un horizonte A de aproximadamente 1.2 metros, un nivel freático considerablemente bajo, un alto porcentaje de materia orgánica superior al 27 % , pH ligeramente ácido de 5 a 5.5 , bajos contenidos de fósforo y azufre , medios de nitrógeno y altos en potasio.

En las áreas intervenidas de la comunidad poseen cultivos de papa, mellocos, ocas y pastos para la ganadería, también encontramos pequeñas áreas de vegetación

silvestre predominando el aliso, encino, pumamaqui, amarillo, chilca, carrizales, helechos, entre otros, también se encuentran animales domésticos como bovinos, porcinos y aves de corral, ciertas especies de mamíferos, aves y anfibios silvestres a mayor altura se encuentra bosque primario y finalmente los páramos formando parte de la reserva ecológica “El Angel”.

La comunidad San Cristóbal Alto cuenta con una población aproximada de 250 personas entre niños, jóvenes y adultos; Con un nivel educativo primario en un 96 %, sus actividades económicas se centran a la agricultura con cultivos de papa aproximadamente en un 97 % y explotación de ganadería de leche; A parte de esto las personas de mas bajos recursos emigran a las distintas ciudades del país.

Evaluación del impacto

Por tratarse de impactos potenciales de un proyecto sencillo, se utilizó el método de diagrama de redes en donde se manifiestan procedimientos que pretenden poner de relieve las interacciones entre componentes ambientales y por lo tanto las relaciones causa – efecto, que a la vez permiten comunicar de manera mas sencilla dichas interacciones.

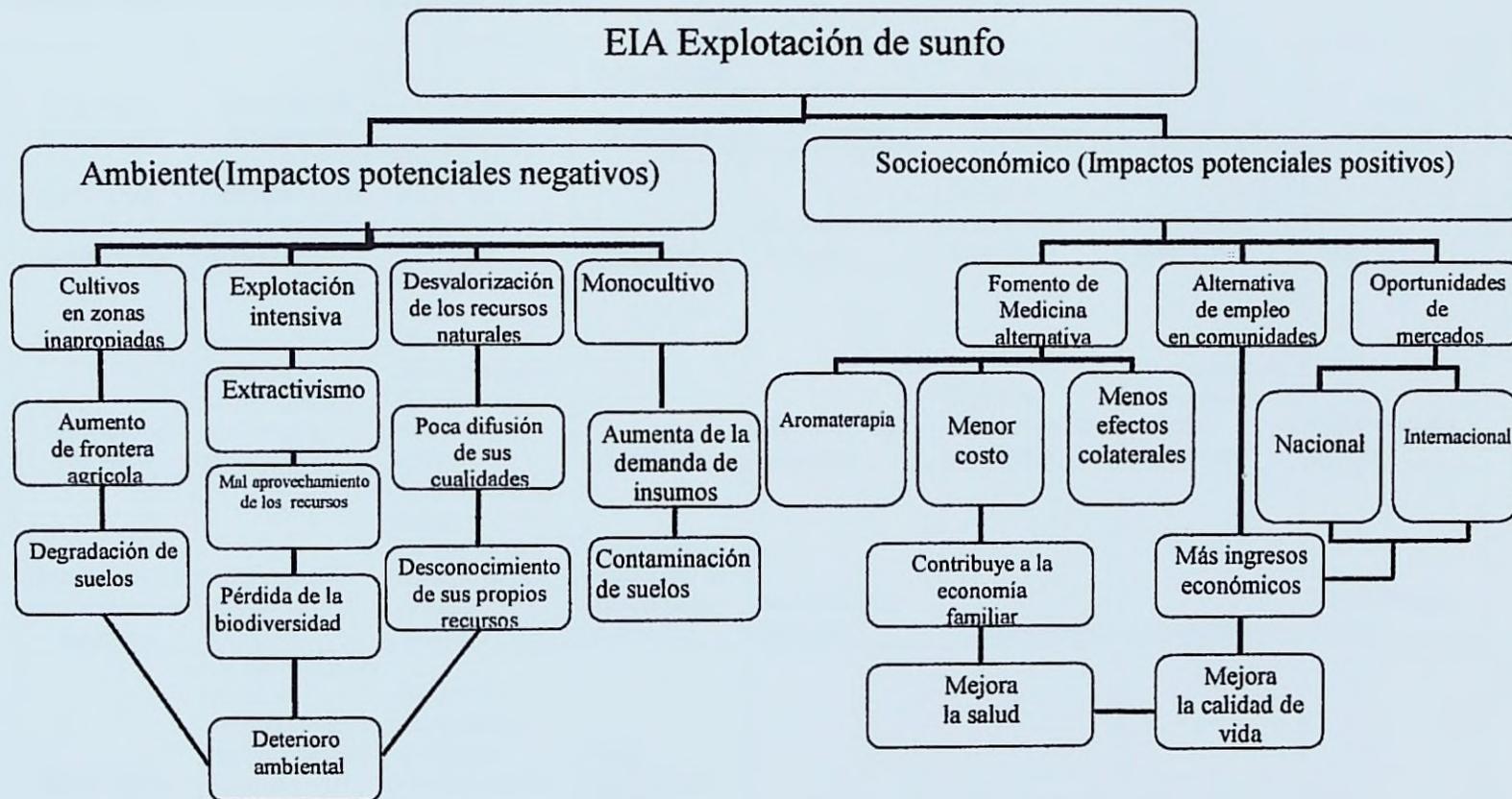
Los impactos posibles serían: Los cultivos en zonas inapropiadas, lo que causaría el avance de la frontera agrícola en áreas de conservación; La explotación intensiva del sunfo vendría ha acentuar el extractivismo de las plantas silvestres causando un mal manejo de los recursos naturales y por ende a la pérdida de la biodiversidad; La desvalorización de los recursos naturales a causa de la poca difusión de sus cualidades lo que conlleva a un desconocimiento de los recursos que posee la

comunidad; El monocultivo del sunfo conllevaría en poco tiempo a un aumento de la demanda de insumos para su explotación, causando la rápida contaminación del ambiental.

Medidas propuestas.

Para mitigar el efecto causado por la explotación del sunfo, se plantea que los cultivos se realicen en suelos ya intervenidos, con el fin de no aumentar el avance de la frontera agrícola, creando un banco de germoplasma para evitar el extractivismo de material vegetativo de las áreas de conservación, que a la vez permite la valorización y correcto aprovechamiento de los recursos existentes mediante programas de educación ambiental, para evitar el monocultivo es necesario que no se descuiden las prácticas agrícolas tradicionales, la rotación de cultivos y/o a la vez de insumos.

Diagrama de redes.



Plan de manejo Ambiental de la explotación de sunfo.

Impactos Potenciales	Medidas de Mitigación	Efecto Esperado	Responsable		Ejecución		Costo Estimado
			Ejecución	Control	Momento	Frecuencia	
Cultivos en zonas inapropiadas	Explotación del sunfo en suelos ya interveídos	Suspensión de la tala de bosque primario y páramos	Comunidad	Ministerio del Ambiente	Previo al establecimiento de cultivos	Monitoreos trimestrales	nulo
Explotación Intensiva	Implementar un banco de germoplasma con fines de propagación	Conservación de la biodiversidad y mantenimiento del equilibrio ambiental natural	Comunidad	Ministerio del Ambiente	Previo al establecimiento de cultivos	De acuerdo a la demanda de material vegetativo	USD100/1000 m ² año
Desvalorización de los recursos naturales	Investigación y educación ambiental	Concientización de los habitantes al cuidado de los recursos naturales	Instituciones educativas, el cabildo de la comunidad	Ministerio del Ambiente	Constantemente	Semestralmente	USD 500/por evento
Monocultivo del sunfo	Conservación de practicas tradicionales, rotación de cultivos e insumos	Reducir la contaminación ambiental, particularmente del suelo	Casas Comerciales, Cabildo	Comunidad	Constantemente	Cada mes	nulo

Anexo 12. FOTOGRAFIAS.



Foto 1. Vista del ensayo Determinación del elemento limitante en el rendimiento del sunfo, Comunidad San Cristóbal Alto, Provincia del Carchi, 2004



Foto 2. Tratamiento 1, Repetición 3 (Testigo Absoluto)



Foto 3. Tratamiento 2, Repetición 3 (+N+P+S+Ca)



Foto 4. Tratamiento 3, Repetición 1 (-N+P+S+Ca)



Foto 5. Tratamiento 4, Repetición 1 (+N-P+S+Ca)



Foto 6. Tratamiento 5, Repetición 2 (+N+P-S+Ca)



Foto 7. Tratamiento 6, Repetición 4 (+N+P+S-Ca)



Foto 8. Planta cultivada en plena floración



Foto 9. Hábitat natural de la planta de sunfo; Páramos de El Ángel, 3500 msnm.



19 10 2009