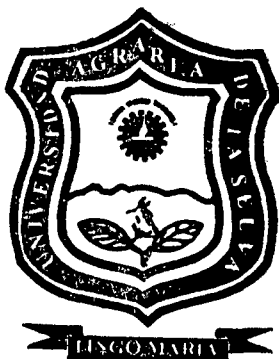


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMIA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



“FERTILIZACION NITROGENADA Y MOMENTO DE
CORTE DE UNIFORMIDAD DE LA “HIERBA LUISA”

(*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf) EN SUELOS
ACIDOS (EX — COCAL) DE TINGO MARIA”

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO DE :

INGENIERO AGRONOMO

JOSE LUIS QUISPE COLLAZOS

TINGO MARIA - PERU

2004

DEDICATORIA

A mis padres: JOSÉ y ADELAIDA, por su sacrificio y amor, que permitieron lograr este objetivo, al igual que a mis hermanos. A ellos mi gratitud.

A los amigos LOUIS GERMAIN PEPIN y GUIDO LEFEBVRE st. GERMAIN, canadienses, quienes apoyaron a lograr este objetivo, mi gratitud y agradecimiento, al igual que a los FRANCISCANOS en Tingo María.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Al Ing. Jorge Cerón Chávez, patrocinador del presente trabajo de investigación.

Al Ing. M. Sc. JOSE W. ZAVALA SOLORZANO, co-patrocinador.

Al Ing. R.N.R. Segundo H. Quispe Collazos, Victor Quispe Collazos y Andrey Quispe Figueroa que apoyaron en los trabajos de campo e impresión.

Al Ing. Jaime J. Chávez Matías, quién realizó el análisis estadístico del presente trabajo de investigación.

Al señor Eduardo de la Cruz, propietario del Fundo "El Oropel" en Santa Rosa de Shapajilla.

A la Fundación Canadiense para el Desarrollo de America Latina, de igual forma a los Franciscanos.

Al Ing. Oswaldo Alvarado Cárdenas, quien apoyó en los trabajos de campo.

Al laboratorista Q.E.P.D.D.G. Tolomeo Espinoza Trejo, con quien se extrajo aceite de "hierba luisa", en el laboratorio de Bioquímica de la UNAS.

A la EMBAJADA CANADIENSE (Oficina de Cooperación Técnica), en especial a Daniel Tibuoah y Edwar Doy, quienes facilitaron una parte de su fondo económico para este fin.

A la FAO (Fundación para la Agricultura y la Alimentación), quien proporcionó valiosísimo material de laboratorio.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	11
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	13
	2.1 Cultivo de "hierba luisa"	13
	2.1.1 Características botánicas.....	13
	2.1.2 Origen y distribución geográfica	13
	2.1.3 Clasificación taxonómica	14
	2.1.4 Condiciones agroecológicas	14
	2.1.5 Momento de corte o cosecha	16
	2.1.6 Rendimiento en peso seco	18
	2.2 Aceites esenciales - uso industrial	19
	2.2.1 Terpenoides (Fitoquímica)	23
	2.2.2 Biosíntesis	25
	2.2.3 Técnicas usuales de extracción	26
	2.2.4 Análisis espectrométricos	27
	2.2.5 Determinación de los aceites esenciales	28
	2.3 Algunos conceptos de suelos ácidos y sus causas	29
	2.4 Requerimientos nutricionales de las plantas	30
	2.5 Efecto del nitrógeno en las gramíneas.....	31
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	36
	3.1 Campo experimental.....	36
	3.1.1 Ubicación	36

3.1.2	Historia del campo experimental.....	36
3.1.3	Condiciones climáticas	37
3.1.4	Análisis de suelo	38
3.1.5	Componentes en estudio.....	38
3.1.6	Diseño experimental	40
3.1.7	Modelo estadístico.....	40
3.1.8	Tratamientos en estudio.....	41
3.1.9	Disposición experimental.....	42
3.2	Observaciones a registrar	43
3.2.1	Altura de planta	43
3.2.2	Número de macollos	43
3.2.3	Rendimiento en peso seco por parcela neta	43
3.2.4	Aceites esenciales	44
3.3	Ejecución del experimento	44
3.3.1	Delimitación y limpieza del terreno experimental	44
3.3.2	Obtención de semilla vegetativa y trasplante.....	44
3.3.3	Fertilización	44
3.3.4	Control de malezas.....	45
3.3.5	Cosecha	45
3.3.6	Control de enfermedades y plagas.....	45
3.3.7	Obtención del aceite esencial (para 100 g de materia fresca)	46
	a) Selección y picado	46

b) Reposo.....	46
c) Carga y descarga del equipo de destilación	46
d) Destilación	47
e) Condensación y separación	47
f) Filtración y envasado	48
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1 Rendimiento en peso seco de la “hierba luisa”	49
4.2 Contenido de aceite esencial de la “hierba luisa”	55
4.3 Efecto en la altura de la planta y número de macollos de la “hierba luisa”	61
V. CONCLUSIONES	70
VI. RECOMENDACIONES	72
VII. RESUMEN	74
VIII. BIBLIOGRAFÍA	76
IX. ANEXO	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Rendimiento promedio de hoja seca de la "hierba luisa"	19
2. Datos meteorológicos durante la ejecución del experimento (Diciembre 1992 - Julio 1993)	37
3. Análisis físico – químico del suelo experimental	39
4. Esquema del análisis de variancia	41
5. Descripción de los tratamientos en estudio	41
6. Resumen del análisis de variancia del rendimiento en peso seco durante el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad de la "hierba luisa"	50
7. Comparación de medias del rendimiento en peso seco de los efectos principales momentos de cosecha y niveles de fertilización nitrogenada de la "hierba luisa".	52
8. Resumen del análisis de variancia del contenido de aceite esencial durante el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad de la en "hierba luisa"	56
9. Comparación de medias de los efectos principales momentos de cosecha y niveles de fertilización nitrogenada del contenido de aceite esencial en base a peso fresco de la "hierba luisa".	57
10. Análisis de variancia de la altura de planta y número de macollos durante el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad de la "hierba luisa"	63
11. Comparación de medias obtenidas durante el corte de uniformidad y	

a 45 días del corte de uniformidad en la altura de planta y número de macollos de la "hierba luisa"	64
12. Peso fresco en el corte de uniformidad de la "hierba luisa"	81
13. Peso fresco a los 45 días después del corte de uniformidad de la "hierba luisa"	81
14. Peso fresco en el corte de uniformidad de la "hierba luisa"	82
15. Peso fresco a los 45 días después del corte de uniformidad de la "hierba luisa"	82
16. Peso seco en el corte de uniformidad de la "hierba luisa"	83
17. Peso seco a los 45 días después del corte de uniformidad de la "hierba luisa"	83
18. Peso seco en el corte de uniformidad de la "hierba luisa"	84
19. Peso seco a los 45 días después del corte de uniformidad de la "hierba luisa"	84
20. Aceite esencial en el corte de uniformidad de la "hierba luisa".	85
21. Aceite esencial a los 45 días después del corte de uniformidad de la "hierba luisa".	85
22. Aceite esencial en el corte de uniformidad de la "hierba luisa".	86
23. Aceite esencial a los 45 días después del corte de uniformidad de la "hierba luisa".	86
24. Aceite esencial en ml/100 g de peso fresco al corte de uniformidad de la "hierba luisa".	87
25. Peso fresco en el corte de uniformidad sin considerar los 100 g	

utilizados para la extracción de aceite esencial de la "hierba luisa".	88
26. Peso seco en el corte de uniformidad sin considerar los 100 g de peso fresco utilizados para la extracción de aceite esencial de la "hierba luisa".	88
27. Resumen del análisis de variancia del rendimiento en peso seco durante el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad de la "hierba luisa".	89
28. Comparación de medias del rendimiento en peso seco de los efectos principales de la "hierba luisa".	90
29. Resumen del análisis de variancia del contenido de aceite esencial durante el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad de la "hierba luisa".	91
30. Comparación de medias de los efectos principales del contenido de aceite esencial en base a peso fresco de la "hierba luisa".	92
31. Costo de venta de aceite esencial de la "hierba luisa" en el corte de uniformidad	93
32. Costo de venta de aceite esencial de la "hierba luisa" a los 45 días del corte de uniformidad	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Estructura del isopreno	25
2. Efectos principales de los factores momentos de cosecha y niveles de fertilización nitrogenada en el rendimiento de peso seco g/parcela neta en el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad de la "hierba luisa"	54
3. Efectos principales de los factores momentos de cosecha y niveles de fertilización nitrogenada en el contenido de aceite esencial en base a peso fresco de la "hierba luisa".	58
4. Efectos principales en la altura de planta de los momentos de cosecha y niveles de fertilización nitrogenada de la "hierba luisa"	65
5. Efectos principales del número de macollos de los momentos de cosecha y niveles de fertilización nitrogenada de la "hierba luisa"	66
6. Equipo de extracción de aceite esencial, sistema de arrastre por vapor de agua	94
7. Detalle de un Block del campo experimental	95
8. Detalle de una parcela de un block.....	96
9. Disposición del campo experimental.....	97

I. INTRODUCCIÓN

La “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf) es una gramínea de importancia económica y social, de su industrialización se obtienen productos como alimentos, bebidas alcohólicas, perfumería, cosméticos, extractos, condimentos, pastelería, helados y productos fármacos.

El cultivo se adapta muy bien a climas cálidos y templados, y en condiciones edafoclimáticas de Tingo María, su productividad se le estima en un promedio de 1,500 kg/ha de hoja seca a un 12% de humedad, sin embargo, el desarrollo y rendimiento alcanzado por éste no son los mejores, porque se le cultiva en suelos de baja fertilidad como los ex - cicales.

La búsqueda de alternativas para el cultivo de “hierba luisa” en suelos de reducida fertilidad, es la utilización de fertilizantes sintéticos considerado como una de las formas inmediatas para incrementar la producción y mejorar la calidad de hoja, se requiere conocer el momento de cosecha donde se produce la mayor cantidad de aceite esencial, relacionados con su absorción, asimilación y funciones de metabolismo.

Siendo necesario conocer la influencia del nitrógeno en el incremento de biomasa en base al momento óptimo de corte y contenido de aceite esencial, se planteó el presente experimento, con los siguientes objetivos:

1. Determinar el momento óptimo de corte de uniformidad en relación a la productividad y cantidad de aceite esencial.
2. Determinar el nivel óptimo de fertilización nitrogenada que induzca a un mayor desarrollo del macollaje en relación al incremento de aceite esencial en el momento de corte de uniformidad y a la primera cosecha a los 45 días.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cultivo de “hierba luisa”

2.1.1 Características botánicas

CABIESES (1993), indica que la “hierba luisa”, “hierba limón”, “maría luisa” o “lemongrass” como también se lo llama de acuerdo a los lugares donde se lo cultiva, es una herbácea aromática, perenne, conformada por manojos densos de grama alta que puede crecer hasta unos dos metros de altura. La vida útil del cultivo es de 4 a 5 años, a partir de esa edad declina su productividad, siendo recomendable su renovación en los campos. Las hojas son largas lineales, duras que tienden a doblarse a la madurez, los bordes son duros y cortantes, de superficie áspera, terminadas en punta, ligeramente endurecida. Alcanzan generalmente más de 1 m. de largo y 2 cm. de ancho. La base de la hoja es cilíndrica y se ajusta concéntricamente a las demás. Su tallo es corto, generalmente subterráneo confundido con la raíz en su rizoma y frecuentemente de orientación oblicua. La floración y fructificación es poco común en el Perú, cuando los hace, las flores se presentan en panojas únicas o ramificadas.

2.1.2 Origen y distribución geográfica

El género *Cymbopogon*, de la familia graminaceae, tiene alrededor de 70 especies y dentro de ella se encuentra la “hierba luisa” (CABIESES 1993). El mismo autor manifiesta que el origen de la “hierba luisa”

es probablemente el norte de África (Libia, Egipto), desde donde fue propagada a la India y a muchos lugares del mundo.

El ámbito para establecer el potencial de este cultivo agroindustrial en el Perú, son las zonas de Chanchamayo, Satipo, el Valle del Huallaga y las zonas azucareras de la Costa.

2.1.3 Clasificación taxonómica: Según MOSTACERO, *et al.* (2002)

Reino	:	Vegetal
División XVII	:	Angiosperma
Clase II	:	Monocotyledoneae
Orden 7	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Subfamilia	:	Panicoideae
Tribu	:	Andropogoneae
Género	:	<i>Cymbopogon</i>
Especie	:	<i>citratus</i> (DC.) Stapf

2.1.4 Condiciones agroecológicas

OLUJA, (1982) y DELGADO, (1987) manifiestan que la "hierba luisa" es muy rústica que soporta períodos de sequía y excesivas lluvias que son perjudiciales. La altitud favorable para su desarrollo comprende de 500 a 1,500 m.s.n.m. En mayores altitudes el crecimiento es lento y las cosechas son menores de 5 a 6 cosechas por año. Crece bien en climas tropicales y

subtropicales, con temperaturas entre 20 a 25 °C. La calidad y la estructura del terreno ejercen una influencia importante sobre el rendimiento en materia seca y aceite, como así también sobre la calidad de este último. Prefiere suelo areno-arcillosos, drenados, profundos. También vegeta en los arenosos, pero provistos de suficiente fertilidad, y en los rojos, ligeramente ácidos. No prospera en los suelos compactos ni tampoco en los que se estanca el agua o en los muy secos. En éstos rinde poco aceite y con escaso contenido de citral.

Requiere clima tropical o subtropical, con lluvias abundantes (2.000 mm. o más). Es perjudicado por las heladas intensas que provocan quemaduras en las hojas, por lo que deben elegirse terrenos poco expuestos a ellas o con cierta altura. Las condiciones edafoclimáticas afectan la vitalidad y la duración de la vida de las plantas, así como la calidad y el rendimiento. Se comenta que los suelos de baja fertilidad inducen rendimientos bajos en hoja fresca y seca que guardan relación entre sí, pero con alto contenido de citral lo que determina la mejor calidad del producto lo que sería motivo de investigación. Los suelos con alto contenido de materia orgánica producen alto rendimiento en hoja, pero el contenido de citral es bajo, por eso los suelos con niveles de fertilidad mediana son adecuados y con pH entre 5.4 a 6.8 (CABIESES, 1993).

La ESTACION EXPERIMENTAL AGROPECUARIA DE TULUMAYO (1984), indica que los suelos de las áreas comprendidas entre Santa Rosa de Shapajilla y Tulumayo, responden a la fertilización nitrogenada

por que son suelos ligeramente ácidos, pobres en N, Mg, K, pero sin toxicidad de Al y medianamente provisto de P.

2.1.5 Momento de corte o cosecha

GUENTHER (1953), manifiesta que la edad o momento de corte de la "hierba luisa", determina el punto de equilibrio entre la cantidad y la calidad del producto. La composición química es diferente según las estadísticas del ciclo vegetativo. Los análisis bromatológicos realizados a las gramíneas forrajeras, han demostrado que las grasas y aceites se incrementan a un máximo punto en el estado de prefloración de la planta. En nuestro país se realiza cortando las hojas con machete, en primavera y verano, cuando el contenido de citral de la esencia es más elevado y de mayor aceptación en el comercio. En otoño e invierno el contenido disminuye. Se aconseja tomar como indicador para el momento de corte, cuando la punta de las hojas se pone amarilla y el cuello de la planta toma color rojizo. En el primer año sólo se realiza un corte, en los años posteriores se pueden realizar dos cortes; eventualmente puede hacerse un tercer corte en otoño, pero con variación apreciable en el contenido de citral. La última cosecha del período debe realizarse con suficiente anticipación a la primera helada procurando que el follaje de la nueva brotación pueda proteger a las raíces del frío. En países situados en zonas tropicales, sin estaciones frías, que permiten crecer a las plantas durante todo el año, se realizan normalmente tres y hasta cuatro cortes, uno cada tres meses.

DE LA CRUZ (1992), da a conocer que la "hierba luisa" es una gramínea con característica de planta forrajera, semiperenne, no florea en condiciones normales de la zona por lo tanto es necesario realizar cortes en fechas determinadas pudiendo ser cada 45 o 60 días después del último corte como lo hacen los agricultores de la zona porque periodos largos dificultan la labor de cosecha por la presencia de hojas amarillentas y secas debido a la sobre maduración. La madurez de la planta influye en el contenido de citral, existiendo más cuando la cosecha se realiza a mayor tiempo, pero ésta no es económica. Se calcula que cosechas cada 2 meses dan rendimiento anual mucho mayor. La frecuencia de cosecha debe perseguir la obtención de un mayor rendimiento de materia seca, de tal manera que garantice la permanencia del cultivo. Cada corte deberá dejar suficientes carbohidratos que le permite recuperarse eficientemente y así producir brotes para la próxima cosecha. El tiempo de explotación de este cultivo, en Guatemala es de 6 a 8 años. En el Perú, la "hierba luisa" se corta por primera vez a los 4 meses de haberse realizado el trasplante, las cosechas posteriores cada dos meses generan decaimiento en el rendimiento a partir del tercer corte, por lo que se recomienda realizar solo cinco cosechas, pues los siguientes serían antieconómicos. Se conoce que en la "Citronela", (*C. winterianus*), var. *Mahapenhiri*, que el momento de cosecha varía de acuerdo a la altitud y latitud donde se le cultiva. En lugares entre 600 - 1,500 m.s.n.m. El primer corte o cosecha se realiza a los 3 meses, mientras que en zonas más altas o más alejadas del Ecuador se le cosecha cada 4 ó 6 meses siendo la primera

cosecha a los 6 u 8 meses. En Argentina y Honduras, la cosecha lo hacen hasta de 1 año. Primeros trabajos de producción comercial en nuestra zona estiman que el primer corte debe hacerse a los 3 meses y puede variar de 4 a 6 meses del trasplante.

CERON *et. al.* (1995), reportan que la cosecha consiste en el corte de la parte aérea y generalmente se realiza cuando las hojas miden de 1 a 1.5 m. y 5 cm. del suelo y con una frecuencia de 2 ó 4 meses dependiendo de las condiciones del cultivo.

2.1.6 Rendimiento de peso seco

DELGADO (1987), considera el rendimiento de hoja fresca y seca por hectárea, varían con la edad de la planta, de las estaciones del año, del grado de fertilidad de los suelos y según los cortes. El rendimiento promedio de materia verde, en nuestro país, puede estimarse en 10.000 kg/ha y corte, lo que totaliza 20.000 kg/ha en dos cortes anuales. El rendimiento de aceite 0,2 a 0,4%. La cantidad de esencia obtenida en el primer año es baja, pero aumenta durante el segundo y llega a su máximo entre el tercero y cuarto año, para volver a declinar progresivamente. En plena producción se puede llegar a obtener 90 lts. o algo más por ha. Teniendo una importancia económica y buena demanda de la esencia, especialmente cuando el porcentaje de citral es elevado.

DE LA CRUZ (1992), encontró que en el primer año de cosecha se obtiene una media de 1,500 kg/ha de hoja seca con 12% de humedad, notándose que el segundo año se incrementa los rendimientos por guardar relación con la edad de la planta y la frecuencia de corte cada 45 días como se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Rendimiento promedio de hoja seca de la "hierba luisa".

Edad de la plantación (meses)	Producción de hoja seca (kg/ha)
3.0	30
4.5	70
6.0	120
7.5	220
9.0	400
10.5	800
12.0	1500
13.5	2500
15.0	3500

2.2 Aceites esenciales - uso industrial

CABIESES (1993), considera que se utilizan las hojas por su alto contenido de citral de 70 a 80% que sirven para la conversión industrial en productos como cosmetología, perfumes, panificación y bebidas, sales de baño, jabones de tocador etc.; además en forma de infusión tiene uso farmacológico y por sus propiedades digestivas y antineurálgicas, antigripal, antiácido, dolores de cabeza, antipirético. El jugo de la raíz de la planta es

usado como regulador menstrual y tiene propiedades anticonceptivas. Para obtener iononas y metiliononas; para la síntesis de vitamina A, en la preparación de jabones y detergentes y para la separación del citral. La infusión es considerada como estomacal y pectoral en Cuba, después de la destilación es utilizada para forraje del ganado o como materia orgánica del suelo.

GUENTHER (1953), especifica que los aceites esenciales se encuentran en pequeños receptáculos o glándulas en los tejidos sub-epidérmicos de las hojas; y su contenido varía con las horas del día, disminuyendo en plantas que crecen bajo sombra y durante la floración y cuajado de semillas.

REEVES (1975), considera que la mayor acumulación están en hojas jóvenes de mayor actividad fotosintética. Para un buen contenido de estos aceites en las hojas se recomienda que las plantaciones sean jóvenes, uniformes, bien manejadas y de buena exposición solar y finalmente que la destilación sea inmediata después de la cosecha, para evitar la desecación rápida y por consiguiente la volatilización de los aceites esenciales aromáticos. El llamado "aceite de lemongrass" es obtenible por destilación de dos especies distintas: el *Cymbopogon citratus* Stapf, a la que se considera que brinda el genuino producto, y el *Cymbopogon flexuosus* Stapf., llamado más apropiadamente "malabar grass" ó "cochin grass". Las hojas, que tienen un marcado olor a limón. Su principal componente, al que debe sus aplicaciones, es un aceite esencial. El aceite es de color amarillo, con intenso

olor a limón; contiene citral (70 - 85%), geraniol, linalol, metilheptenona, citronelal, limoneno, dipenteno, etc. Efectuado el corte, se dejan orear las hojas en el campo o sobre el corte de las matas durante 20-24 horas. Luego se transporta a la destilería y se procede a la extracción del aceite esencial en alambiques a vapor de agua o a fuego directo; este último resulta en inferior calidad de esencia. El material puede tratarse tal cual se recibe, es decir hojas enteras o bien se lo puede picar con una picadora de forraje, en trozos pequeños. El tiempo de destilación dura normalmente unas dos horas cuando se utiliza arrastre de vapor y una media hora más cuando se realiza a fuego directo. El material cosechado puede ser secado y almacenado en lugares protegidos, para ser destilado en otro momento. El procedimiento para la obtención de aceites esenciales es como se describe a continuación:

Selección y picado de la muestra: se realiza con el propósito de seleccionar y de eliminar las hojas vanas, amarillentas, hojas secas, malas hierbas y otros contaminantes existentes como tierra, etc. El picado es una operación alternativa, que consiste en eliminar la nervadura central de la "hierba luisa", la cual no entra en el proceso de extracción. Reposo: el material foliar seleccionado es colocado bajo un área techada, formando una capa donde permanece un tiempo adecuado (24 horas) en marchitamiento. En esta operación se produce una reducción del contenido de agua de las hojas, por ello, es necesario que el área utilizada para este fin cuente con facilidades para el drenaje del agua (evitar la fermentación del material). Carga y descarga del equipo de destilación: la carga o eliminación del alambique

(cuerpo propiamente dicho del destilador) con el material foliar ya preparado, se hace manualmente; a la vez, se logra una buena compactación de la hojas mediante un adecuado picado en las bandejas que van adosadas a la canastilla interior del alambique. Una buena operación de carga debe distribuir el material en capas uniformes; constituye una buena práctica que conforme se va cargando se permite una ligera entrada de vapor al alambique para facilitar la compactación y el ablandamiento suave de las hojas. La descarga se facilita mediante el uso de dispositivos tipo bandejas adosadas a la canastilla interior, que permite manipular el material por partes, esto reviste especial cuidado cuando las cantidades de material a manipularse son significativas. Destilación: una vez cargado adecuadamente el alambique se tapa herméticamente, mediante la cúpula o tapa que va ajustada con tornillos, luego se permite la entrada del vapor de agua al proceso. En este método de extracción de aceite esencial, la vaporización de los aceites se realiza a temperaturas bajas que a los puntos de ebullición, con el efecto consiguiente de evitar su descomposición por el uso de temperaturas más elevadas, ésta práctica redundará en la calidad del producto final. Condensación y separación: en el condensador los vapores sufren un enfriamiento proporcionado por agua fría que circula por un dispositivo en contracorriente, condensándose rápidamente. Al final de la condensación se tiene una mezcla agua - aceite, la misma que pasa a un vaso separador, en donde se separa el aceite obtenido por el principio físico de las diferentes densidades. (el aceite es inmiscible y flota sobre el agua). En la operación de condensación, tiene gran importancia

en el comino en las semillas, en el clavo de olor en el brote o yema, en la lima en los frutos, en la menta en los pelos glandulares de las ramas y hojas, en el cortex de las raíces. Algunas plantas tienen un aceite esencial que difiere en composición a través de la planta, la canela es un ejemplo, el aceite esencial obtenido de las hojas contiene principalmente eugenol, de la corteza principalmente cinamaldehído y de la raíz del alcanfor. Los aceites esenciales químicamente están formados por la mayoría de los monoterpenos y algunos sesquiterpenos y compuestos aromáticos. Los monoterpenos y los sesquiterpenos son biosintetizados a partir de los pirofosfatos de geranilo y de farnesilo respectivamente; las reacciones de ciclación, oxidación y otras, pueden originar las diferentes estructuras. Los aromáticos se biosintetizan a través de la ruta del Shikimato que se señalará más adelante. Las aplicaciones de los aceites esenciales son muy variadas: son ampliamente utilizados en perfumería, como saborizantes de alimentos, y en la medicina. Ejemplo: los aceites esenciales de anís, menta y canela son carminativos y saporíferas; el de clavo de olor es analgésico dental y se utiliza además en la producción comercial de vainillina; el de pino es desinfectante y desodorante, el de eucalipto es expectorante, los de valeriana y de lavanda tienen efectos sedativos. Cada uno de los componentes aislados puede también tener una aplicación como el citronela que es repelente de los mosquitos, el mentol como calmante de dolores de dientes y de garganta y como anestésico y antiespasmódico, el citral tiene acción antihistamínica y es analgésica en oftalmología, el cineol - 1, 8 es expectorante y antiséptico. Pueden clasificarse

como monoterpenos (C_{10}), sesquiterpenos (C_{15}), diterpenos (C_{20}), sesterpenos (C_{25}), triterpenos (C_{30}), y tetraterpenos (C_{40}), según el número de unidades de isopreno (2, 3, ...8) que los forman.

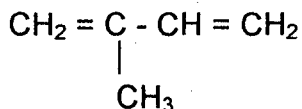


Figura 1. Estructura del isopreno

El amplio uso de los terpenoides, tanto en la industria como en la medicina, ha despertado el interés por encontrar nuevas fuentes y por el conocimiento de nuevas estructuras químicas.

2.2.2 Biosíntesis

LOCK DE UGAZ (1988), aunque se señala la unión de unidades de isopreno como ruta biogenética debemos destacar que el verdadero precursor de los terpenoides es el pirofosfato de - Δ^3 - isopentilo, el cual es formado del acetato vía ácido mevalónico. La formación del ácido mevalónico, su conversión en pirofosfato de - Δ^3 - isopentilo y la isomerización de éste en pirofosfato de dimetilatilo como se puede observar; donde puede notarse la unión cabeza - cola de las unidades para formar esqueletos de 10, 15 y 20 carbonos, y la dimerización de estos dos últimos, C_{15} y C_{20} , por unión cola - cola para dar lugar a los terpenos de 30 y 40 carbonos respectivamente. La subdivisión en unidades isoprénicas en las estructuras del mirceno y

farnesano, en algunos casos pueden ocurrir excepciones como el ácido crisantémico, en el cual a pesar de tener un número de átomos de carbono múltiplo de 5, la disposición de las mismas impide la subdivisión en las mencionadas unidades. El gran número de terpenoides aislados de plantas ha sido originado por la facilidad con que estos esqueletos carbonados sufren reacciones de ciclación y reordenamiento del tipo ión carbonio, hidrataciones y oxidaciones, pudiendo así dar lugar a compuestos de estructura cíclica o acíclica, ser saturados o insaturados, con uno o más grupos funcionales (hidroxilos, aldehídos, cetonas, etc.).

2.2.3 Técnicas usuales de extracción

LOCK DE UGAZ (1988), manifiesta que los aceites esenciales son obtenidos del material fresco que los contiene utilizando principalmente el clásico procedimiento de destilación por arrastre de vapor; obtenido el aceite esencial éste es secado con sulfato de sodio anhidro. Otros métodos usuales son de: presión, extracción con solventes lipofílicos y el enflorado; este último bastante usado en perfumería y consiste en que los pétalos de una flor, por ejemplo, se colocan y presionan entre dos láminas impregnadas de grasa en las cuales se absorbe el aceite, el que luego es extraído con alcohol³⁻⁵. La técnica más usual para un análisis cualitativo y cuantitativo es el CGL (Cromatograma - gas líquido). En el caso de un aceite esencial de composición química conocida podría ser suficiente un cromatograma de gases, en otro caso sería indispensable un CG - EM para determinar cada uno

de los componentes o realizar la separación por CC o CCD, como se señaló antes, y cada uno de ellos analizados por espectroscopia UV, RMN y EM. El análisis por CG - EM para 64 aceites esenciales ha sido reportado por Masada. En muestras cromatográficas típicos correspondientes a los aceites de eucalipto comparados con los de citronela respectivamente. Puede observarse que en el aceite de eucalipto hay una concentración bastante alta de un componente, el cineol, mientras que en el aceite de citronela se observa una mezcla más compleja de constituyentes.

2.2.4 Análisis espectrométricos

LOCK DE UGAZ (1988), indica que el análisis por métodos espectrométricos de un aceite esencial constituido por una mezcla de compuestos puede ser utilizado para obtener una información sobre la posible composición de ella y asumir la ausencia o presencia de determinado grupo funcional. En el espectro UV absorciones intensas entre 202 y 210 nm y ninguna a mayores longitudes de onda sería indicativa de compuestos saturados o de la presencia de insaturaciones aisladas; entre 215 y 250 nm de la presencia de compuestos insaturados, y entre 250 y 270 nm de hidrocarburos aromáticos. Los espectros UV de los aceites de eucalipto y de citronela indicarían la ausencia de compuestos aromáticos o su presencia en pequeñas concentraciones.

2.2.5 Determinación de los aceites esenciales

LOCK DE UGAZ (1988), afirma que las características de un aceite esencial son dadas en forma general mediante valores del índice de refracción, gravedad específica, rotación específica, rango de temperatura de ebullición, punto de cristalización o congelación, índice de acidez, índice de éster y más específicamente, cuando se conoce, en base a el (los) componente (s) principal (es), como el caso de aceite de eucalipto que se expresa como contenido de cineol; el de comino como aldehído cumínico (pisopropilbenzaldehído); el de limón expresado como citral; el de citronela; el de menta como contenido de carvona; el de salvia de tuyona; el de orégano como contenido de fenoles (contiene principalmente timol y carvacrol); el de clavo expresado como eugenol, etc.

Las definiciones y/o fundamentos de algunas de estas determinaciones se indican a continuación:

- Índice de acidez del aceite esencial (IA): es el número de mg de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos libres contenidos en 1g. de aceite esencial.
- Índice de éster (IE) de un aceite esencial: es el número de mg. de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos liberados por hidrólisis de los ésteres contenidos de 1g. de aceite esencial.
- Determinación del contenido de fenoles: basada en la transformación de los fenoles contenidos en un volumen conocido de aceite esencial en

fenolatos alcalinos y la posterior medición de la fracción de aceite esencial no transformado.

- Determinación de compuestos carbonílicos: basada en la formación de oxima, y determinada por titulación de HCl liberado de la reacción entre el compuesto carbonílico y el clorhidrato de hidroxilamina.

2.3 Algunos conceptos de suelos ácidos y sus causas

FASSBENDER (1987), considera que los niveles altos de aluminio en la solución suelo, causan daño directo a las raíces y disminuyen su crecimiento y traslocación de fósforo a la parte aérea de la planta. El contenido del aluminio en el suelo disminuye conforme aumenta la materia orgánica, debido a que forma complejos muy fuertes con el aluminio y está presente en los suelos ácidos como un ión trivalente cambiante, rodeado de 6 moléculas de agua.

KAMPRATH (1967), manifiesta que la solubilidad del aluminio en un pH 5.5 – 6.0 es bajo, donde es precipitado y en estos niveles los suelos están saturados de bases esenciales. La mayor solubilidad del Al^{+3} está en pH 4.5, en esta condición el ión puede ser absorbido fácilmente por las raíces de las plantas.

DONAHUE, MILLER y SHICKLUNA (1981), indican que el crecimiento y desarrollo de un cultivo en suelos ácidos, puede correlacionarse directamente con la saturación del aluminio. Su efecto es directo en el

crecimiento de las plantas a valores inferiores de pH 4.2, alterando la nutrición de las plantas.

2.4 Requerimientos nutricionales de las plantas

BARBOSA (1987), afirma que las plantas verdes están compuestas de materia orgánica, agua y minerales. Cerca de 70 a 90% de su peso es constituido por agua. La materia seca (orgánica), cerca del 90% corresponde al peso de carbono, hidrógeno oxígeno y el 10% aproximadamente, corresponde a los demás nutrientes.

MALAVOLTA (1981), considera que los elementos necesarios para el crecimiento y desarrollo normal de la planta son: el C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, B Cl, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn; considerados como elementos esenciales que satisfacen los requerimientos ,que en ausencia de un elemento, la planta no cumple su ciclo de vida, no puede ser sustituido por otro elemento y forman parte de los compuestos metabólicos y participan en las reacciones enzimáticas.

BARBOSA (1987), manifiesta que la eficiencia de la utilización de nutrientes está relacionada con la capacidad de la planta en utilizar los nutrientes mediante la absorción. Esta eficiencia puede ser definida por la relación entre el peso de granos producidos y la cantidad de nutrientes absorbidos durante el ciclo del cultivo.

2.5 Efecto del nitrógeno en las gramíneas

DIEHL (1978), menciona que el nitrógeno es indispensable para la multiplicación celular, es componente del núcleo y de ahí su abundancia y requerimiento en los tejidos jóvenes. La fertilización nitrogenada en la mayoría de los suelos es una medida correctiva y necesaria. Su dosificación será adecuada, si satisface la demanda de la planta y armoniza simultáneamente con las exigencias del ácido fosfórico y potásico principalmente. En este caso se convierte en un medio eficaz para el incremento de los rendimientos. Toda planta que se cultiva por sus hojas, la necesidad del nitrógeno está relacionado con una alta capacidad de desarrollo vegetativo, por tanto la absorción del nitrógeno será sobre todo importante al comienzo de la vegetación y durante el periodo de crecimiento activo. Este papel esencial hace que el nitrógeno sea el factor determinante del rendimiento, actuando sobre todo en aumentar el volumen de los órganos vegetativos. Finalmente, se sabe que si un elemento se encuentra en menor cantidad en el suelo, constituye un factor limitante del crecimiento y del rendimiento, y con frecuencia la insuficiencia o el exceso de algunas frena la absorción del otro. La fuente de úrea que responde a la fórmula $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, con una riqueza de nitrógeno de 45%, y una clase de nitrógeno amídico, con Biuret de 0.3% como máximo. Las formas amídicas evolucionan rápidamente en el suelo y se transforman en amoníaco (NH_3) por hidrólisis o por influencia de los microorganismos del suelo. El suelo debe estar bien provista de materia orgánica para que la actividad microbiana sea normal y que la ureasa esté

presente y así permitir la hidrólisis de la urea; generalmente se realiza después de una semana de la aplicación, inmediatamente se transforma en amonio y es fijado en el complejo de adsorción. La urea ofrece ventajas: rápida penetración en el suelo y se comporta en forma similar a los nitratos, además produce desplazamiento temporal del pH hacia la basicidad.

HERNANDEZ (1981), indica que las gramíneas tiene respuesta elevada a la fertilización nitrogenada. El nitrógeno es requerido durante todo su período vegetativo, aún existiendo dos estados fisiológicos en las cuales su demanda es más crítica, siendo esto al inicio del macollaje y a la iniciación de formación del primordio de la panoja o encañado.

GUENTHER (1953), manifiesta que el nitrógeno se encuentra en el interior de la planta formando parte de un sin número de compuestos de singular importancia fisiológica en el metabolismo vegetal (la clorofila, los nucleótidos, fosfatos, etc.). De allí que el nitrógeno estimula el crecimiento de las plantas, el tamaño y producción de granos, etc.

TISDALE y NELSON (1977), manifiestan que un adecuado suministro de nitrógeno está asociado con vigorosos crecimientos vegetativos y un intenso color verde. Cantidades excesivas de nitrógeno pueden, en determinadas condiciones, prolongar el periodo de crecimiento y retrasar la madurez. Esto ocurre más frecuentemente cuando no se suministran cantidades adecuadas de los otros elementos nutritivos. Los fertilizantes nitrogenados incrementan grandemente el rendimiento de las cosechas. En

consecuencia, los beneficios de los agricultores serán también mayores. Es evidente que todo cultivo depende de los nutrientes del suelo y de acuerdo a las condiciones físico - químicos del suelo, la planta dependerá del rendimiento. En suelos pobres cuando las plantas reportan deficiencias de nitrógeno, se vuelven raquíticas y amarillas. Este amarillamiento o clorosis, aparece primero en las hojas inferiores; las hojas superiores permanecen verde. En casos de graves deficiencias de nitrógeno, las hojas se vuelven marrones y mueren. El suministro de nitrógeno se relaciona con la utilización de los hidratos de carbono. Cuando las cantidades de nitrógeno no son suficientes, los hidratos de carbono se depositan en las células vegetativas, causando un adelgazamiento de las mismas. Cuando el nitrógeno está en cantidades adecuadas, y las condiciones son favorables para el crecimiento, se forman proteínas a partir de los carbohidratos. Se depositan menos hidratos de carbono en la parte vegetativa, se forma más protoplasma, y a causa de que el protoplasma está altamente hidratado, las plantas resultan más succulentas. La excesiva succulencia en algunos cultivos puede tener efectos perjudiciales, provocando debilitamiento de la fibra, en algunos casos la excesiva succulencia puede provocar que una planta sea más susceptible al ataque de plagas y de enfermedades. La asimilación del nitrógeno de la solución suelo, es importante en la vida de la planta, pues la tendencia de las hojas jóvenes superiores van a permanecer verdes, mientras las hojas inferiores amarillas mueren, es una indicación de la movilización del nitrógeno en la planta. Cuando las raíces son incapaces de absorber cantidades

suficientes de nitrógeno de las partes viejas de las plantas, son transformados por autólisis. El nitrógeno de las proteínas se transforman a una forma soluble, es trasladado a las regiones meristemáticas activas y empleado en la síntesis del nuevo protoplasma.

REVISTA DE LA POTASA (1968), considera que el efecto del N depende del nivel de P y de K, se debe disponer de aplicaciones suficientes de P y K para que el efecto del N sea óptimo. Debido a la interacción del N y K en la nutrición de las plantas, en cantidades adecuadas de potasio en el suelo, facilita el movimiento del nitrógeno para la producción; sin embargo, los efectos del N y K dependen de la producción de las raíces laterales, cuyo desarrollo de las raíces depende de la estimulación del P haciéndola más resistente con la sequía, promueve el macollaje, fomenta la maduración y proporciona un mayor valor alimenticio.

EI INSTITUTO INTERNACIONAL DE LA POTASA (1984), indica que el nitrógeno inorgánico absorbido por las plantas en forma de nitrato (NO_3^+) o como amonio (NH_4^+) necesitan ser convertidos en compuestos orgánicos que contienen el nitrógeno primordialmente en forma de NH_2 . En este proceso de conversión, los primeros en formarse son los aminoácidos, de estructura molecular bastante simple, que son la base para los compuestos orgánicos más complejos, como los ácidos nucleicos o las proteínas. Tanto la conversión del N inorgánico como la síntesis de compuestos nitrogenados, son procesos consumidores de energía.

El CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1984), CIAT de Colombia, recomienda para ensayos regionales B para gramíneas, la formulación: 100 kg/ha de N, 50 kg/ha de P_2O_5 , 50 kg/ha de K_2O , y que dieron buenos resultados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Campo experimental

3.1.1 Ubicación

El experimento se realizó entre diciembre de 1992 a junio de 1993 en el fundo "El Oropel", propiedad de Eduardo de la Cruz, agricultor ex - cocalero, en Santa Rosa de Shapajilla, a 11.0 Km. vía Tingo María - Pucallpa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, Región Huánuco, cuyas coordenadas geográficas son:

Latitud : 09°08'05" Sur
Longitud : 75°57'07" Oeste
Altitud : 641 m.s.n.m.

Las coordenadas del campo experimental en UTM con GPS son:

Este : 392261
Norte : 8982897
Altitud : 668 m.s.n.m

3.1.2 Historia del campo experimental.

El campo experimental tuvo la siguiente secuencia:

Año	Cultivo
Hasta 1941	Bosque primario
1942 - 1980	Cultivo de coca
1980 - 1992	Purma (rabo de zorro dominante)

De diciembre 1992 a junio 1993 se condujo el presente experimento.

3.1.3 Condiciones climáticas

Según HOLDRIDGE (1978), las características del clima del lugar donde se ejecutó el experimento, corresponde a un clima de bosque muy húmedo, subtropical, la temperatura máxima y mínima presentan rangos donde se desarrolla el cultivo de "hierba luisa", como se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Datos meteorológicos durante la ejecución del experimento
(Diciembre 1992 - Julio 1993).

MES/AÑO	TEMPERATURA (°C)			PRECIPITACION (mm)	H°R° (%)
	Max.	Min.	Med.		
DIC. - 92	29.40	24.20	26.80	237.40	82
ENERO - 93	29.20	23.30	26.25	458.30	82
FEBRERO	28.80	23.50	26.15	283.50	84
MARZO	28.80	23.10	25.95	298.20	86
ABRIL	29.50	23.80	26.65	268.20	86
MAYO	29.60	24.00	26.80	241.00	84
JUNIO	29.50	23.50	26.50	79.60	84
JULIO	29.30	23.30	26.30	202.60	86
TOTAL	234.10	188.70	211.40	2068.80	674
PROMEDIO	29.30	24.00	26.43	258.60	84.3

FUENTE: Estación Meteorológica principal "José Abelardo Quiñones". UNAS - Tingo María.

3.1.4 Análisis de suelo

El análisis del suelo del campo experimental tanto físico como químico como se observa en el Cuadro 3, corresponde a una clase textural ideal (franco) sin problemas de movimiento de aire y agua, reacción fuertemente ácida y bajo contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. También el potasio intercambiable es bajo y los cationes cambiables como el caso del calcio, magnesio y sodio presentan un contenido bajo. Como consecuencia la capacidad de intercambio de cationes es baja. El bajo pH del suelo hace presumir un valor alto de Al cambiante y que no existe resultados de Al cambiante porque el método utilizado de extracción con Acetato de Amonio no permite su determinación.

3.1.5 Componentes en estudio

Momento de corte

a_1 = A 60 días

a_2 = A 90 días

a_3 = A 120 días

Niveles de fertilización nitrogenada

b_0 = 0 kg. N/ha.

b_1 = 40 kg. N/ha.

b_2 = 80 kg. N/ha.

b_3 = 120 kg. N/ha.

Los niveles de K_2O y P_2O_5 , fueron constantes de 50 kg/ha.

Cuadro 3. Análisis físico-químico del suelo experimental.

Parámetro	Contenido	Método
<u>Análisis físico</u>		
▪ Arena %	32	Hidrómetro
▪ Limo %	48	Hidrómetro
▪ Arcilla %	20	Hidrómetro
▪ Textura	(franco)	Triángulo textural
<u>Análisis químico</u>		
▪ CE mmhos/cm	0.10	Lectura del extracto de relación Suelo – Agua 1: 1
▪ pH %	4.90	Potenciómetro
▪ CaCO ₃ %	0.0	Gasó volumétrico.
▪ M.O. %	1.24	Walkley y Black
▪ Nitrógeno total %	0.062	Micro Kjeldahl
▪ P ppm	2.60	Olsen modificado. Extractor NaHCO ₃ 0.5 M, pH 8.5
▪ K ₂ O kg/ha	174.00	Acetato de Amonio 1N, pH 7.0
<u>CIC y Cationes cambiables</u>		
▪ CIC me/100g	10.20	Acetato de amonio 1N, pH 7.0
▪ Ca ⁺⁺ me/100g	9.37	E.A.A.
▪ Mg ⁺⁺ me/100g	0.66	E.A.A.
▪ K ⁺ me/100g	0.13	E.A.A.
▪ Na ⁺ me/100g	0.04	E.A.A.

FUENTE: Laboratorio de análisis de suelo de la UNALM – Lima

3.1.6 Diseño experimental

El diseño experimental adoptado fue el de Bloque Completo al Azar, con arreglo factorial de 3 (A), 4(B), con 4 repeticiones.

Donde:

A = Momento de corte

B = Niveles de fertilización nitrogenada

R = Repeticiones

Las características evaluadas de cada uno de los tratamientos, se sometieron al análisis de variancia, y a la prueba de significación estadística de Duncan ($\alpha = 0.05$).

3.1.7 Modelo estadístico

El modelo aditivo lineal fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Resultado de una unidad experimental

μ = Promedio general

γ_k = Efecto de bloque

α_i = Mide los efectos de A

β_j = Mide los efectos de B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Mide los efectos de la interacción A x B

ε_{ijk} = Mide el error correspondiente de la unidad experimental.

Cuadro 4. Esquema del análisis de variancia

FUENTE DE VARIACIÓN	G. L.
Block	3
Momentos de corte (A)	2
Nivel de fertilización (B)	3
Interacción A x B	6
Error experimental	33
TOTAL	47

3.1.8 Tratamientos en estudio

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos en estudio.

N°	Tratamientos	Momento de corte (días)	Niveles de fertilización (kg/ha)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	a ₁ b ₀	60	0	50	50
2	a ₁ b ₁	60	40	50	50
3	a ₁ b ₂	60	80	50	50
4	a ₁ b ₃	60	120	50	50
5	a ₂ b ₀	90	0	50	50
6	a ₂ b ₁	90	40	50	50
7	a ₂ b ₂	90	80	50	50
8	a ₂ b ₃	90	120	50	50
9	a ₃ b ₀	120	0	50	50
10	a ₃ b ₁	120	40	50	50
11	a ₃ b ₂	120	80	50	50
12	a ₃ b ₃	120	120	50	50

3.1.9 Disposición experimental

Bloques

Número de bloques	4
Largo de bloques	14.40 m
Ancho de bloques	12.80 m
Área de cada bloque	184.32 m ²

Parcelas

Número de parcelas por bloques	12
Número de parcelas total del experimento	48
Largo de parcelas	4.00 m
Ancho de parcelas	2.80 m
Área total de parcela	11.20 m ²
Área neta por parcela (1.60 x 2.40)	3.84 m ²

Hileras

Número de hileras por parcela	4
Distancia entre hileras	1.20 m
Distancia entre golpes	0.80 m
Número de plantas por hilera	4.0
Número de plantas por parcela	16.0
Número de plantas por bloque	192.0
Número de plantas total del experimento	768.0

Dimensiones del experimento

Largo	54.20 m
Ancho	14.40 m
Distancia entre bloques	1.0 m
Área neta del experimento	184.32 m ²
Área total del experimento	780.28 m ²

3.2 Observaciones a registrar

3.2.1 Altura de planta

Se evaluaron al momento de corte (60, 90, y 120 días) y a los 45 días después de cada corte; se tomaron 4 plantas de cada parcela neta por tratamiento y repetición, midiéndose desde la base de la planta hasta el ápice de la hoja más larga.

3.2.2 Número de macollos

Se evaluó en las mismas plantas y en cada momento de evaluación de la altura de planta, mediante el método de simple conteo, haciendo uso de cintas a colores para identificarlas por cada evaluación.

3.2.3 Rendimiento en peso seco por parcela neta

El rendimiento de peso seco se determinó cosechando las 4 plantas de la parcela neta a evaluarse, las mismas que fueron envueltas en forma individual en papel periódico para luego colocarse en la estufa a 70°C

por 48 horas. Al termino de las mismas fueron pesadas en una balanza de precisión del laboratorio de semillas de la UNAS, expresando los datos en gramos/parcela neta.

3.2.4 Aceites esenciales

Se determinó al final del experimento, para esto se envió 100 g. de materia fresca por tratamiento al laboratorio de nutrición de la UNAS. Los resultados obtenidos fueron en ml/100 g. de peso fresco.

3.3 Ejecución del experimento

3.3.1 Delimitación y limpieza del terreno experimental

Se delimitó el área experimental requerida, seguido de una limpieza manual de las malezas.

3.3.2 Obtención de la semilla vegetativa y trasplante

Los macollos, fueron extraídos de plantas adultas de "hierba luisa", con buen macollaje y libre de plagas y enfermedades, de la asociación de ex - cocaleros. La extracción se hizo en plantas seleccionadas a un día del trasplante. El trasplante fue manual, en hoyos de 15 x 15cm.

3.3.3 Fertilización

Se realizó en base a lo recomendado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Colombia, para ensayos regionales B para

gramíneas, que tiene como fórmula: 100 kg/ha de N, 50 kg/ha de P_2O_5 , 50 kg/ha de K_2O . Los niveles del nitrógeno que fue materia de investigación variaron de: 0, 40, 80 y 120 kg N/ha. La fertilización se hizo en forma localizada en hoyos de 10 cm. de profundidad. Al momento del trasplante se aplicó todo el fósforo; el nitrógeno y potasio, fraccionados en 2 partes, a los 15 y 45 días del trasplante. Las fuentes empleadas fueron urea (46%), fósforo 46% (P_2O_5), y cloruro de potasio (60% K_2O).

3.3.4 Control de malezas

El control se realizó en forma manual a los 30, 60, 90 y 115 días del establecimiento del experimento, con la finalidad de evitar la competencia con el cultivo.

3.3.5 Cosecha

Se realizó el corte de uniformidad a los 60, 90 y 120 días y la primera cosecha a los 45 días después del corte de uniformidad según el cuadro de tratamientos. Seguido a la cosecha manual, se registraron los pesos frescos y pesos secos, ésta última obtenida en la estufa a 60°C por 48 horas, según los tratamientos debidamente identificados.

3.3.6 Control de enfermedades y plagas

Durante la ejecución del experimento no se reportó la presencia de enfermedades y plagas.

3.3.7. Obtención del aceite esencial (para 100 g de materia fresca):

a) Selección y picado

El propósito de ésta operación de selección fue de eliminar las hojas vanas, amarillentas, hojas secas, malas hierbas y otros contaminantes existentes como tierra, para destilar material limpio y no alterar el proceso. El picado es una operación que se hizo con la finalidad de que el material a destilar se acomode al alambique o balón.

b) Reposo

El material foliar seleccionado fue colocado en mesas del laboratorio de bioquímica donde permaneció un tiempo adecuado entre 6 y 24 horas en espera. Tuvo como finalidad hacer perder un poco de agua de las hojas por evaporación lentamente. Quedando los tratamientos listos para cargarse a los equipos de destilación.

c) Carga y descarga del equipo de destilación

La carga o descarga del alambique ó balones propiamente dicho del destilador con el material foliar ya reposado, se hizo manualmente; a la vez, se logra una buena distribución de las hojas en los balones instalados en ambos extremos de los refrigerantes. La descarga de los balones o alambiques fue manual, después de pasadas las dos horas de destilación, dejándose enfriar por unos 10 minutos para proceder a extraer los residuos

de "hierba luisa", procediéndose a lavar bien para luego cargarse nuevamente con el siguiente tratamiento a destilarse.

d) Destilación

Una vez cargado adecuadamente el alambique o balones se tapó herméticamente para evitar fuga de vapor dejando solo un conducto de salida hacia el condensador. Luego se procedió al encendido de los calentadores rápidamente con el agua correspondiente de 1 L/balón y con las hojas picadas en su interior (100 g de hojas frescas). En este método de extracción de aceite esencial, la vaporización de los aceites esenciales se realiza a temperaturas más bajas que el punto de ebullición por lo que debe evitarse su desnaturalización por el uso de temperaturas más elevadas, ésta práctica redundaría en la calidad del producto final para lo cual se controlaba la ebullición apagando los quemadores. Pasado un tiempo prudencial de 10 a 12 minutos se enciende nuevamente el equipo.

e) Condensación y separación

Se condensó los vapores por enfriamiento proporcionado por agua fría que circulaba por un dispositivo espiralado de vidrio constantemente en sentido contrario a la dirección del vapor (refrigerante o condensador). Ésta mezcla agua – aceite en forma vapor que sale del balón atraviesa por el refrigerante quien al entrar en contacto con el agua se condensa. La misma que pasó a una pera de laboratorio que hacia las veces de separador en

donde el aceite obtenido quedaba separado a simple vista por el principio físico de las diferentes densidades, se muestra en la Figura 6 del anexo (el aceite es inmiscible y flota sobre el agua), procediéndose a la eliminación del agua por simple gravedad y quedando sólo con el aceite. En la operación de condensación el control de la temperatura tiene mucha importancia así como el tiempo y el volumen de vapor a utilizarse; un adecuado control de estos parámetros permite obtener un buen rendimiento en el proceso de extracción.

f) Filtración y envasado

El aceite esencial obtenido en el separador (pera), fue filtrado y depositado en tubos de ensayo en sus respectivas gradillas, etiquetando correctamente con el tratamiento respectivo para su posterior medición con una pipeta graduada.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento en peso seco de “hierba luisa”

Del análisis de variancia (Cuadro 6) se puede deducir que:

a. El trabajo de investigación se realizó en un terreno homogéneo tanto físico como químico, pues no existe significación estadística a nivel de bloques.

b. Existen diferencias altamente significativas en el efecto principal de las fechas de corte de uniformidad, así como entre corte a 45 días después del corte de uniformidad.

c. Existen diferencias altamente significativas en el efecto principal de los niveles de fertilización nitrogenada a los 45 días después del corte de uniformidad, más no en el momento de corte de uniformidad.

d. La interacción de corte de uniformidad por nivel de fertilización nitrogenada no presentó diferencias estadísticas de significación ni en el corte de uniformidad ni en la primera cosecha (45 días después del corte de uniformidad).

e. Los coeficientes de variabilidad en el corte de uniformidad como a los 45 días del corte de uniformidad (primera cosecha) fueron aceptables para trabajos de campo.

Cuadro 6 Resumen del análisis de variancia del rendimiento en peso seco durante el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad de la "hierba luisa".

F.V.	G.L.	Rendimiento en peso seco (g/parcela neta)			
		Corte de uniformidad		A 45 días del corte de uniformidad	
		CM	FC	CM	FC
Bloque	3	104.24228	0.80 NS	652.72780	1.36 NS
Corte de Unif. (A)	2	2184.31250	16.69 AS	6947.67637	14.44 AS
Nivel de fertilización (B)	3	350.73597	2.68 NS	4490.91047	9.33 AS
A x B	6	94.02277	0.72 NS	216.04609	0.45 NS
Error experimental	33	130.88149		481.23294	
TOTAL	47				
C.V. (%)		24.51		26.32	

N S = No significativo A S = Significación al 1% de probabilidad

En el Cuadro 7 en la comparación de medias de los efectos principales del rendimiento en peso seco se puede observar que entre los cortes de uniformidad a los 120 días (52.41 g/parcela neta) y a los 90 días (54.36 g/parcela neta) no hubo diferencias significativas en el corte de uniformidad; lo que se explicaría porque la tasa de crecimiento relativa declina a través de la ontogenia, principalmente a causa de una proporción creciente de células que no se dividen en relación a las que sí lo hacen; en ambos casos el rendimiento de materia seca fue mayor que el corte a los 60 días (33.22 g/parcela neta), resultados que no se ajustan a lo manifestado por DELGADO DE LA FLOR (1987) y CABIESES (1993), lo que se explicaría, porque probablemente la planta llegó a un máximo de crecimiento como se observa en el Cuadro 11. Mientras tanto que el incremento en el número de macollos recién en la primera cosecha (45 días después), el corte a los 120 días fue el que tuvo el mayor rendimiento (106.09 g/ parcela neta) diferenciándose significativamente de los demás cortes ($p > 0.01$), resultado que pareciera inexplicable, pero indicaría que el corte de uniformidad a los 60 y 90 días probablemente impidió la acumulación de sustancias de reserva en la planta, para que proporcione un mayor macollaje lo que si se habría producido a los 120 días de crecimiento de las plantas en este tratamiento. Como se apreciará posteriormente en el Cuadro 11, el corte de uniformidad a los 120 días produjo un mayor macollaje (30.38 macollos/planta), 45 días después del corte de uniformidad.

Cuadro 7. Comparación de medias del rendimiento en peso seco de los efectos principales momentos de cosecha y niveles de fertilización nitrogenada de la “hierba luisa”.

Factores			Rendimiento en peso seco	
			Corte de	A 45 días del corte
			uniformidad (g/parcela neta)	de uniformidad (g/parcela neta)
Corte de uniformidad (días)	a ₃	120	52.41 a	106.09 a
	a ₂	90	54.36 a	78.78 b
	a ₁	60	33.22 b	65.17 b
Nivel de fertilización nitrogenada (kg/ha)	b ₁	40	52.29 a	97.78 a
	b ₂	80	47.09 ab	90.22 a
	b ₃	120	47.97 ab	90.58 a
	b ₀	0	39.31 b	54.80 b

Los promedios unidos por igual letra en columna no difieren estadísticamente, según Duncan ($\alpha = 0.05$)

La mayor biomasa expresado en el corte de uniformidad a los 120 días garantizan una mayor permanencia del cultivo en el campo porque dejan suficientes carbohidratos que le permitirá recuperarse eficientemente, crecer y producir más brotes para las cosechas comerciales posteriores como se aprecia en el Cuadro 11. Esto también es corroborado por CERON *et al.* (1995) en trabajos realizados en Tingo María al encontrar que frecuencias de cosecha a los 70 y 85 días genera un mayor rendimiento que aquellos realizados a los 40 y 55 días.

Sin embargo, GUENTHER (1953), indica que debe existir una cosecha o edad de corte que determine el punto de equilibrio entre la cantidad y la calidad del producto, así como DE LA CRUZ (1992), quien da a conocer que cosechas cada 45 ó 60 días después del corte de uniformidad son las mejores, pues períodos largos dificultan la labor de cosecha por la presencia de hojas amarillentas y secas debido a la sobremaduración.

En cuanto a los efectos de los niveles de fertilización nitrogenada se puede indicar que la "hierba luisa" respondió a la aplicación de 40 kg N/ha el que presentó el promedio aritmético más alto, diferenciándose significativamente con el Testigo (0 kg N/ha) en el momento de corte de uniformidad, mientras que en la primera cosecha comercial realizada 45 días después, todos los niveles de fertilización nitrogenada superaron al Testigo (Cuadro 7 y Figura 2) sin diferencias estadísticas entre los niveles de 40, 80 y 120 kg N/ha. La superioridad sobre el testigo indicaría el bajo nivel de fertilización del suelo experimental, lo que es corroborado por los análisis de suelo. La falta de significación entre los 3 niveles más altos se atribuiría a la poca exigencia en nitrógeno por las gramíneas en general o quizás al efecto limitante de algún otro nutriente, como es el caso del fósforo y potasio, cuya aplicación de 50 kg/ha no haya resultado suficiente (DIEHL, 1978). Este autor menciona que la dosificación de una fertilización nitrogenada será adecuada si se satisface la demanda de la planta y armoniza simultáneamente con las exigencias del ácido fosfórico y potásico principalmente.

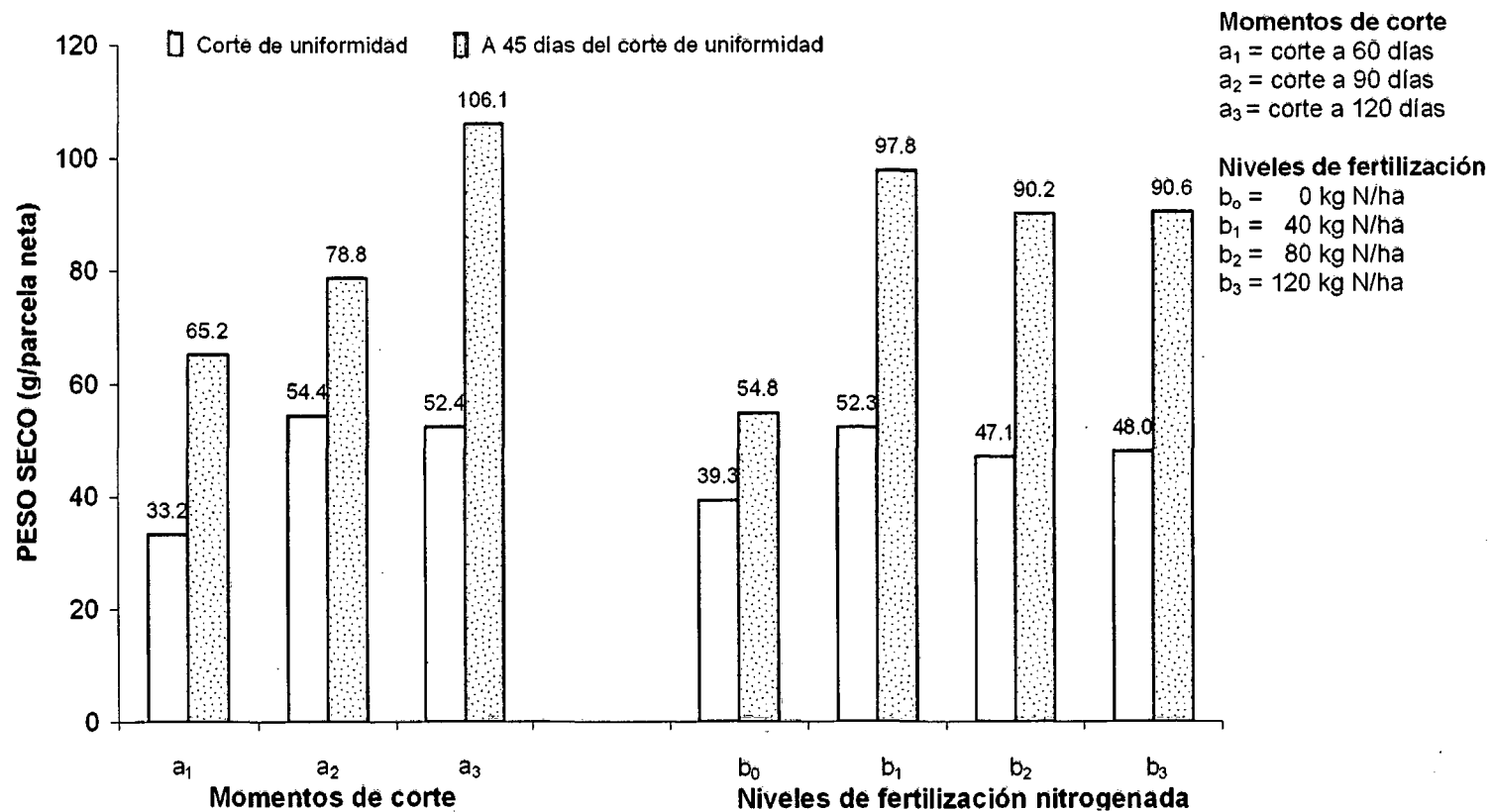


Figura 2. Efecto principal de los factores momentos de cosecha y niveles de fertilización nitrogenada en el rendimiento en peso seco en el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad de la "hierba luisa".

4.2 Contenido de aceite esencial de la "hierba luisa".

En el análisis de variancia (Cuadro 8) se observa lo siguiente:

- a. Que el contenido de aceite esencial (ml/parcela neta) se debe a los efectos principales de los momentos de corte de uniformidad en forma altamente significativa y también a la primera cosecha (45 días después del corte de uniformidad).
- b. Que el contenido de aceite esencial (ml/parcela neta) también responde a los niveles de fertilización nitrogenada en forma independiente en significación estadística al momento del corte de uniformidad y no significativa a los 45 días después del corte de uniformidad (primera cosecha comercial).
- c. No existe significación estadística en la interacción, corte de uniformidad por niveles de fertilización nitrogenada.
- d. Los coeficientes de variabilidad son muy altos para trabajos de campo de esta naturaleza para los cortes de uniformidad como para la primera cosecha (45 días después).

En el (Cuadro 9 y Figura 3) para las comparaciones de promedios (Duncan $\alpha = 0.05$) se puede observar:

Cuadro 8. Resumen del análisis de variancia del contenido de aceite esencial durante el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad de la "hierba luisa".

F.V.	G.L.	Aceite esencial (ml/parcela neta)			
		Corte de uniformidad		A 45 días del corte de uniformidad	
		CM.	FC	CM	FC
Bloque	3	4.3639	2.81 NS	20.8188	2.91 S
Corte de Uniformidad	2			176.8569	24.68 AS
(A)		57.8051	55.78 AS		
Nivel de fertilización	3			15.5815	2.17 NS
(B)		4.9905	3.21 S		
A x B	6	6.9478	2.23 NS	7.1450	1.00 NS
Error experimental	33	0.5182		7.1659	
TOTAL	47				
C.V. (%)		45.96		80.44	

NS = No significativo
PN. = Parcela neta

S = Significación al 5% de probabilidad

AS = Significación al 1% de probabilidad

a. Que el corte de uniformidad realizado a los 120 días tuvo efectos independientes altos (3.12 ml/parcela neta) que se diferencia significativamente con los demás momentos de corte de uniformidad, de la misma manera en los estimados de la primera cosecha comercial realizados a 45 días después del corte de uniformidad, a pesar que la prueba de F no detecta significación estadística en esta última.

Cuadro 9 Comparación de medias de los efectos principales momentos de cosecha y niveles de fertilización nitrogenada del contenido de aceite esencial en base a peso fresco de la "hierba luisa".

Factores			Aceite esencial	
			Corte de uniformidad	A 45 días del corte de uniformidad
			(ml/parcela neta)	(ml/parcela neta)
Corte de uniformidad (días)	a ₃	120	3.12 a	7.16 a
	a ₂	90	0.88 b	1.28 b
	a ₁	60	0.71 b	1.54 b
	b ₁	40	1.61 a b	3.63 a b
Nivel de fertilización nitrogenada (kg/ha)	b ₂	80	1.94 a	4.44 a
	b ₃	120	1.64 a b	3.50 a b
	b ₀	0	1.06 c	1.74 c

Los promedios unidos por igual letra en columna no difieren estadísticamente, según Duncan ($\alpha = 0.05$)

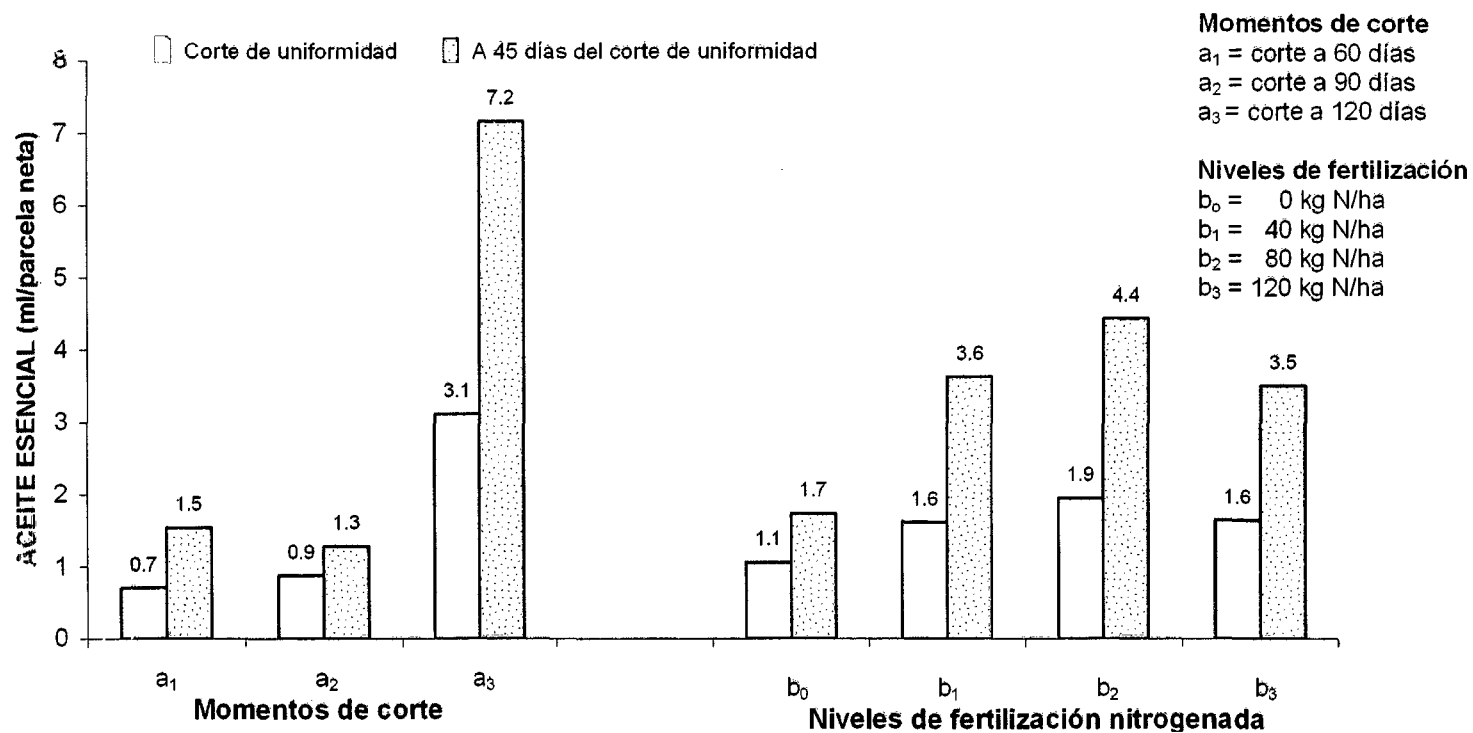


Figura 3. Efectos principales de los factores momentos de cosecha y niveles de fertilización nitrogenada en el contenido de aceite esencial en base a peso fresco de la “hierba luisa”.

b. Que el nivel de fertilización nitrogenada (80 kg N/ha) tuvo efectos individuales positivos, al generar promedios aritméticos más altos (1.94 ml/ parcela neta) superando al testigo (0 kg N/ha) con 1.06 ml/parcela neta en forma significativa. Todo los niveles de fertilización nitrogenada superaron al testigo.

La respuesta positiva del momento de corte de uniformidad 120 días, que ha generado un mayor contenido de aceite esencial por parcela neta y en su estimado de la primera cosecha comercial (45 días después del corte de uniformidad), se debe posiblemente al mayor contenido de biomasa por parcela neta que ha producido este tratamiento y que según CABIESES (1993) manifiesta la madurez de la planta influye en el contenido de citral, existiendo más cuando la cosecha se realiza a mayor tiempo; indicando que en lugares de 600 – 1500 msnm el primer corte se realiza a los 3 meses, mientras que en zonas más altas o más alejadas del Ecuador la primera cosecha se realiza a los 6 u 8 meses. Mientras que DE LA CRUZ (1992), indica que en la zona de Tingo María el corte es variable y que fluctúa entre 3 a 6 meses de la siembra. Del mismo modo el contenido de aceite esencial se comporta en la primera cosecha comercial realizado a los 45 días del corte de uniformidad, en este caso, la planta de "hierba luisa" al haber tenido mayor biomasa en el corte de uniformidad a los 120 días que es producto de mayor contenido de hijuelos ha inducido mayor biomasa y consiguiente mayor

contenido de aceite esencial por parcela neta. Es posible que cosechas comerciales cada 45 días generan más contenido de aceites esenciales que cosechas cada 60 o 90 días por el mayor número de cosechas que se realizan al año, pero se corre el riesgo del decaimiento del rendimiento a partir del segundo o tercer año que sería antieconómico como indica CABIESES (1993), en el sentido que cosechas cada 2 meses generan decaimiento en el rendimiento a partir del tercer año, por lo que se recomienda tan solo cinco cosechas pues los siguientes serían antieconómicos.

Los efectos de los diferentes niveles de fertilización nitrogenada en el contenido de aceite esencial (ml/parcela neta), también actúan independientemente en forma positiva puesto que son superiores al testigo, siendo el nivel 80 kg N/ha el que ha generado mayor valor aritmético (1.94 ml/parcela neta) en el corte de uniformidad esto posiblemente se debe al efecto del nitrógeno al producir mayor crecimiento vegetativo joven, según REEVES (1975) indica que la mayor acumulación del aceite esencial están en hojas jóvenes de mayor actividad fotosintética y a plena exposición solar. Esto corrobora DIEHL (1978), al indicar que el nitrógeno es indispensable para la multiplicación celular, es componente del núcleo de la célula y de allí su abundancia y requerimiento en estos tejidos jóvenes. Además GUENTHER (1953) comenta que el nitrógeno se encuentra en el interior de la planta formando parte de un sin número de compuestos de singular

importancia fisiológica en el metabolismo vegetal. De allí que el nitrógeno estimula el crecimiento de las plantas, se depositan menos hidratos de carbono en la parte vegetativa formando más protoplasma.

4.3 Efecto en la altura de la planta y número de macollos de la "hierba luisa".

Del análisis de variancia (Cuadro 10) de la altura de planta se observa que:

a. No existen diferencias estadísticas en altura de planta y número de macollos para el efecto de bloques, excepto a los 45 días del corte de uniformidad para la altura de planta que es altamente significativa.

b. Existen diferencias altamente significativas en la altura de planta y número de macollos para el efecto del momento de corte de uniformidad y niveles de fertilización nitrogenada durante el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad, excepto en altura de planta al corte de uniformidad, que se muestra significativo al efecto del momento de corte de uniformidad.

c. La interacción de los componentes en estudio a 45 días del corte de uniformidad, tiene efectos altamente significativos para el número de macollos y no significativos en los demás parámetros estudiados.

d. Los coeficientes de variabilidad de los parámetros en estudio son aceptables para trabajos de campo.

De la prueba de Duncan (Cuadro 11 y Figuras 4 y 5), para la altura de planta y número de macollos en el momento de corte de uniformidad se observa que:

La altura de planta con momentos de corte (120 días) y (90 días) sin diferencias entre sí, supera a a_1 (60 días) del corte de uniformidad. En tanto que a la primera cosecha (45 días después) del corte de uniformidad es a_3 (120 días) el que supera a los demás.

El número de macollos es mayor, tanto en el corte de uniformidad y a la primera cosecha (45 días después) del corte de uniformidad a_3 , que los demás momentos de corte de uniformidad.

Cuadro 10. Análisis de variancia de altura de planta y número de macollos durante el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad de la "hierba luisa".

F.V.	G.L.	Altura de planta (cm)				Número de macollos/planta			
		Corte de uniformidad		A 45 días del corte de uniformidad		Corte de uniformidad		A 45 días del corte de uniformidad	
		CM.	FC	CM.	FC	CM.	FC	CM.	FC
Bloque	3	36.8673	1.14 NS	151.6594	3.28 S	0.5539	0.76 NS	11.9496	1.13 NS
Corte de Uniformidad (A)	2	119.6385	3.70 S	1020.0812	22.07AS	58.384	79.83 AS	3066.0052	289.58 AS
Nivel de fertilización (B)	3	117.3894	3.63 AS	198.8796	4.30 S	7.7456	10.59 AS	254.0485	23.99 AS
A x B	6	11.3798	0.35 NS	26.8540	0.58 SN	1.3935	1.91 NS	67.9980	6.42 AS
Error experimental	33	32.3636		46.2231		0.7314		10.5876	
TOTAL	47								
C.V. (%)		10.40		12.88		24.90		17.44	

NS = No significativo

S = Significación al 5% de probabilidad

AS = Significación al 1% de probabilidad

Cuadro 11. Comparación de medias obtenidas durante el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad en la altura de planta y número de macollos de la "hierba luisa".

Factores			Altura de planta (cm)		Número de macollos/planta	
			Corte de uniformidad	A 45 días del corte de uniformidad	Corte de uniformidad	A 45 días del corte de uniformidad
Corte de uniformidad (días)	a ₃	120	56.22 a	61.18 a	5.55 a	30.38 a
	a ₂	90	56.31 a	51.88 b	2.91 b	22.22 b
	a ₁	60	51.53 b	45.29 c	1.84 c	3.36 c
Nivel de fertilización nitrogenada (kg/ha)	b ₁	40	58.46 a	56.59 a	4.13 a	23.91 a
	b ₂	80	57.44 a	53.94 a	3.50 a	18.81 b
	b ₃	120	52.22 b	53.59 a	3.82 a	18.11 b
	b ₀	0	50.63 b	47.02 b	2.29 b	12.80 c

Los promedios unidos por igual letra en columna no difieren estadísticamente, según Duncan ($\alpha = 0.05$)

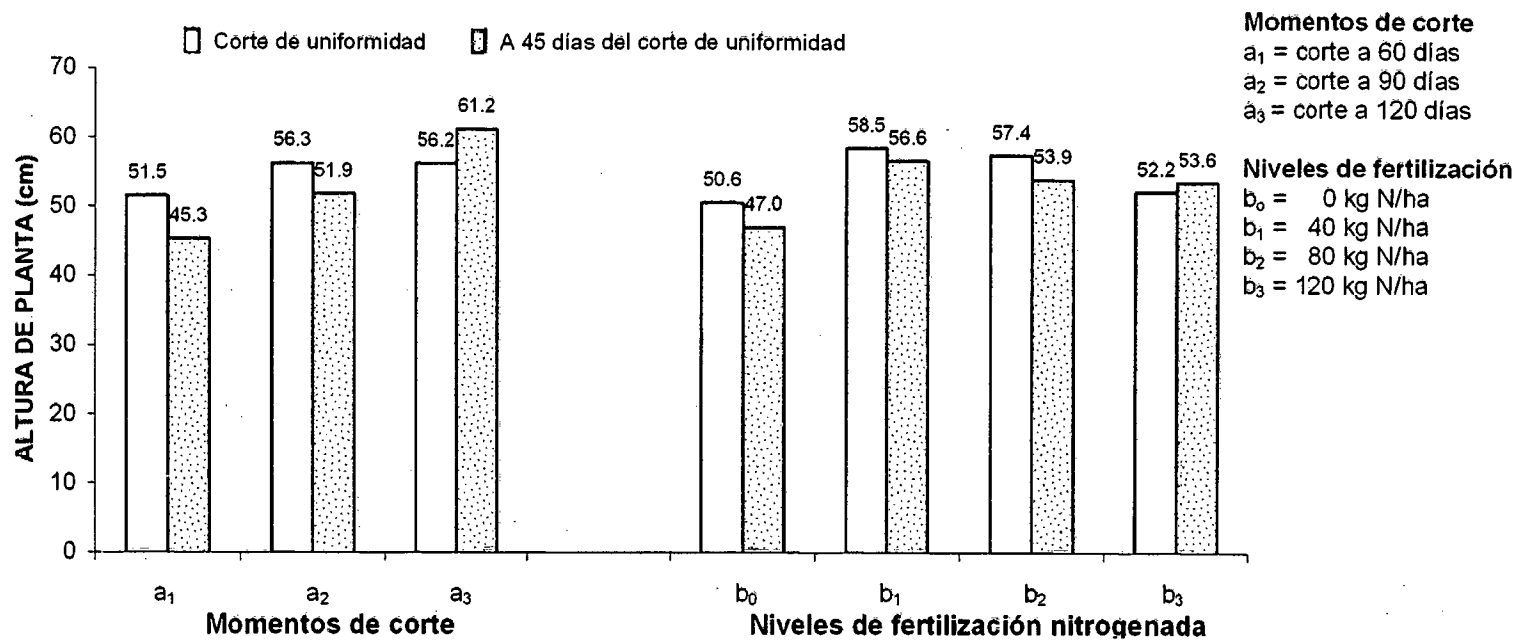


Figura 4. Efectos principales en la altura de planta de los momentos de cosecha y niveles de fertilización nitrogenada de la "hierba luisa".

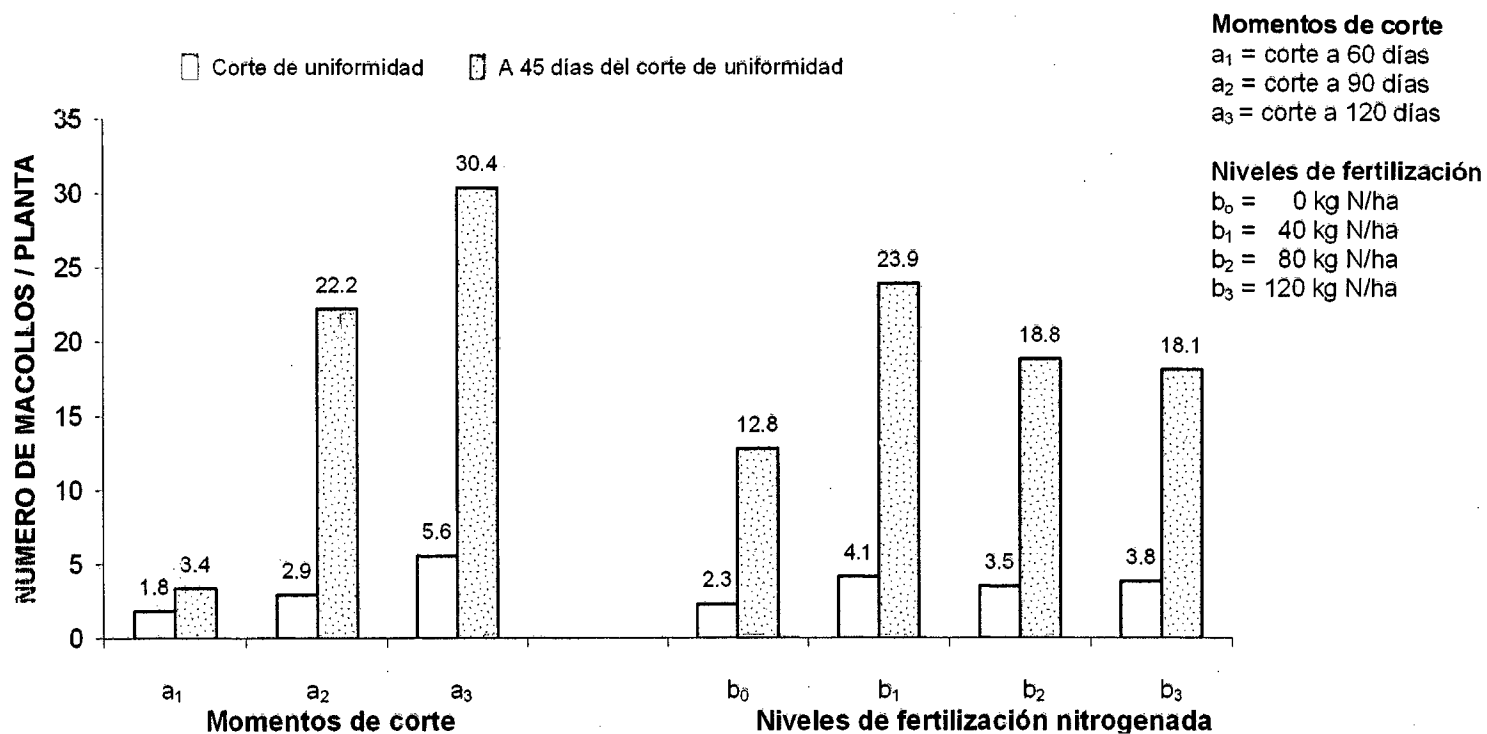


Figura 5. Efectos principales del número de macollos de los momentos de cosecha y niveles de fertilización nitrogenada de la “hierba luisa”.

Los niveles de fertilización nitrogenada 40 y 80 kg N/ha superaron en altura de planta a los demás niveles al corte de uniformidad, variando el comportamiento a la primera cosecha (45 días después del corte de uniformidad), donde 40, 80 y 120 kg N/ha no se diferencian entre sí, pero superan al testigo 0 kg N/ha en altura de planta.

El número de macollos al corte de uniformidad, no se diferencian estadísticamente al efecto de 40, 80 y 120 kg N/ha pero que logran superar a 0 kg N/ha. A la primera cosecha (45 días después del corte de uniformidad), el número de macollos al efecto de 40 kg N/ha logra superar significativamente a los demás niveles.

El crecimiento de planta y desarrollo en macollaje de "hierba luisa", muestra comportamiento variable al efecto del momento de corte de uniformidad, nivel de fertilización (Cuadro 10). Las pruebas de comparaciones de medias (Cuadro 11), para la altura de planta se muestra que los cortes a los 120 días y 90 días, superan en altura de planta al corte de uniformidad a 60 días; las diferencias en altura se observa ventajas a 45 días después del corte de uniformidad de 120 días, que supera a los dos tiempos de cortes. Resultado que son atribuibles al tiempo (edad) de corte que haya permitido mayor desarrollo y crecimiento de la planta. Estas mismas aseveraciones son probablemente el factor que influenció en el número de macollos, donde se

observa que en ambos cortes a mayor tiempo de corte mayor desarrollo de macollos se obtuvo, las que corresponde al crecimiento y desarrollo fisiológicos durante el periodo vegetativo evaluado.

En el Cuadro 11, las influencias de la fertilización nitrogenada, nos muestra que la altura es mayor con los niveles de 40 y 80 kg de N/ha que lograron superar en altura de planta 120 y 0 kg de N /ha al corte de uniformidad, en tanto que a 45 días del corte de uniformidad, los niveles 40, 80 y 120 kg de N/ha reportaron similar crecimiento de la planta, pero que lograron superar estadísticamente a 0 kg de N/ha, indicándonos que esta característica al parecer, que su altura máxima alcanza bajo las condiciones edafoclimáticas; de la zona del trópico húmedo, es mayor a los 52 cm hasta 58.46 cm; los niveles de fertilización, al tiempo de evaluación ha permitido la asimilación de nutrientes entre las que destaca el N que haya estimulado al crecimiento, de la planta (BARBOSA, 1997) .

El desarrollo del macollaje es una característica que varía con el período vegetativo de la planta, los resultados obtenidos al corte de uniformidad, fueron similares y sin diferencias estadísticas entre los niveles de N practicado (40, 120 y 80 kg/ha N), probablemente se deba a la edad (periodo vegetativo) que no fueron suficientes para diferenciarse, sin embargo a los 45 días de corte de uniformidad, observamos que el nivel 40 kg/ha N supera significativamente a los demás niveles, resultado que obedece al

adecuado suministro de nitrógeno que dio mayores crecimientos vegetativos de altura de planta, cuyo efecto del N y K fueron favorecidos al desarrollo de las raíces estimuladas por el P que promovieron el macollaje (TISDALE y NELSON, 1977).

La altura de planta y el número de macollos de la "hierba luisa", tuvieron una relación directa al incremento en la producción de hoja seca (Cuadro 7), en comparación a la falta de aplicación de fertilización nitrogenada (0 kg de N/ha), donde el crecimiento y desarrollo fue deficiente en el suelo ácido practicado, cuyo efecto fue directo en el crecimiento de la planta a valores menores de pH 4.2, alterando su nutrición (DONAHUE *et al.*, 1981).

V. CONCLUSIONES

1. El mayor rendimiento en materia seca (106.09 g/parcela neta), es producido por el efecto principal a los 45 días de corte de uniformidad realizado a los 120 días, diferenciándose estadísticamente con el corte realizado a los 90 y 60 días, asimismo el efecto principal del nivel de fertilización nitrogenada 40 kg N/ha reportó mayor peso seco (97.78 g/parcela neta) sin diferencias estadísticas significativas entre los demás niveles pero sí con el testigo 0 kg N/ha.
2. El contenido de aceite esencial es mayor en el corte de uniformidad realizado a los 120 días y a los 45 días después del corte de uniformidad con 3.12 y 7.16 ml/parcela neta respectivamente, diferenciándose estadísticamente de los cortes de 90 y 60 días, sin embargo el nivel de fertilización nitrogenada 80 kg N/ha tuvo efectos significativos en el contenido de aceite esencial, generando (1.94 y 4.44 ml/parcela neta), no diferenciándose estadísticamente de los demás otros niveles de fertilización nitrogenada en estudio, pero sí con el testigo 0 kg N/ha (1.06 y 1.94 ml/parcela neta).
3. La mayor altura de planta se produjo en los momentos de corte de uniformidad de 90 y 120 días sin diferencias significativas entre ellos (56.31 cm. y 56.22 cm.) respectivamente, pero sí superior a la altura de

los 60 días, asimismo la tendencia del incremento de altura de la planta también se ve reflejada en la cosecha a 45 días posteriores por el efecto principal del corte de uniformidad a los 120 días (61.18 cm.) diferenciándose significativamente de los demás cortes. La mayor altura de planta también es producido por los efectos principales de la fertilización nitrogenada a un nivel de 40 kg N/ha (58.46cm.) que no tiene diferencias estadísticas con el nivel de 80 kg N/ha (57.44 cm.), sin embargo a los 45 días posteriores no se observan incrementos de altura en los tres niveles de fertilización, pero sí están superando al testigo 0 kg N/ha (50.63 cm).

4. El momento de corte de uniformidad a los 120 días produjo el mayor número de macollos por planta (5.55) debido a sus efectos individuales. Estos mismos efectos produjo a los 45 días después del corte de uniformidad (30.38 hijuelos/planta), diferenciándose de los demás cortes, mientras que todos los niveles de fertilización nitrogenada indujeron mayor número de macollos con respecto al testigo en forma significativa en cada momento de corte de uniformidad, pero sin diferencias entre ellas. Siendo el nivel de fertilización nitrogenada 40 kg N/ha el que produce un mayor número de macollos significativamente a los 45 días después del corte (23.91 hijuelos /planta).

VI. RECOMENDACIONES

1. Manejar el cultivo de la "hierba luisa" (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf) en condiciones de un suelo ex - cocal en el ámbito de Tingo María , realizando el corte de uniformidad a los 120 días, porque inducen un mayor rendimiento en peso seco (136.49 kg/ha, mayor contenido de aceite esencial (8.11 L/ha), mayor altura de planta (56.22 cm.) y un mayor número de macollos (5.55 macollos/planta) en el mismo momento de corte. Además generan el mayor peso seco (276.27 kg/ha mayor contenido de aceite esencial (18.65 L/ha) conserva la mayor altura de planta (61.18 cm) y genera un mayor número de macollos por planta (30.38 macollos/planta) a los 45 días después del corte de uniformidad.
2. Realizar la fertilización con la formula 80-50-50 de N, P₂O₅, K₂O respectivamente porque el nivel de nitrógeno (40 kg N/ha) produce un mayor rendimiento de materia seca (136.20 kg/ha) que no se diferencia estadísticamente con aplicaciones de nitrógeno de (80 kg N/ha); además produce un contenido de aceite esencial (4.20 L/ha) que no se diferencia estadísticamente del nivel más alto (5.05 L/ha) que produce el tratamiento de (80 kg N/ha). Estas características positivas también

se refleja en la primera cosecha comercial realizado a los 45 días después del corte.

3. Realizar estudios similares especialmente para la extracción de aceites esenciales con la finalidad de rebajar los coeficientes de variabilidad existentes en el presente trabajo.
4. Realizar estudios similares con aplicación de fertilizantes orgánicos y diferentes fuentes de fertilización inorgánica, en diferentes lugares y en suelos ex – cicales.

VII. RESUMEN

El experimento se realizó entre Diciembre de 1992 a Junio de 1993, en Santa Rosa de Shapajilla, a 11 Km. de la carretera Tingo María – Pucallpa, con el objetivo de determinar el momento óptimo de corte de uniformidad en relación a la productividad de materia seca y contenido de aceite esencial y determinar el nivel óptimo de fertilización nitrogenada que induzca mayor peso seco en relación al contenido de aceite esencial. El terreno (ex-cocal) fue muy ácido con 4.9 de pH, con materia orgánica de 1.24%. Utilizándose DBCA con Arreglo Factorial de 3x4 con 4 repeticiones, siendo (A) momentos de cosecha a 60, 90 y 120 días y siendo (B) los niveles de fertilización nitrogenada a 0, 40, 80 y 120 kg N/ha), más 50 kg P_2O_5 /ha y 50 kg K_2O /ha para todos los tratamientos, las fuentes de fertilización fueron urea, superfosfato triple y cloruro de potasio aplicados en dos momentos. Todo el fósforo en el momento de la siembra, la urea y el cloruro de potasio en dos fraccionamientos una a los 15 días de la siembra y la segunda a los 45 días de la siembra.

De los resultados se resume que el mayor rendimiento en materia seca (136.49 kg/ha) es producido por el efecto principal del corte de uniformidad a los 120 días, además ha generado 276.27 kg/ha de materia seca en la primera cosecha realizado a los 45 días después del corte de uniformidad. Del mismo modo el efecto principal del nivel de fertilización 40 kg N/ha produjo

136.20 kg/ha al momento de corte de uniformidad, la misma que genera 254.65 kg/ha de materia seca a la primera cosecha realizado a 45 días después. Con respecto al contenido de aceite esencial, el corte de uniformidad realizado a los 120 días produjo 8.1 L/ha, generando 18.65 L/ha en la primera cosecha realizado a 45 días después. Del mismo modo el efecto principal del nivel de fertilización nitrogenada 40 kg N/ha produjo (4.20 L/ha) al momento de corte de uniformidad sin diferencias estadísticas, la misma con el nivel de 80 kg N/ha que produjo (5.05 L/ha) que genera (9.13 L/ha) a la primera cosecha realizado a 45 días después. La altura de planta y el número de macollos se ven favorecidos por el momento de corte de uniformidad a los 120 días, con 56.31 cm. de altura y 5.55 macollos/planta respectivamente, del mismo modo se expresan superiores en la primera cosecha realizado a los 45 días del corte de uniformidad. Estas características también se ven favorecidos por el efecto principal del nivel de fertilización nitrogenada 40 kg N/ha produciendo 58.46 cm. de altura y 4.13 macollos/planta en el momento de corte de uniformidad y generando 56.59 cm de altura de planta y 23.91 macollos/planta al momento de la primera cosecha realizado a los 45 días después del corte de uniformidad. Por lo tanto se debe manejar el cultivo de la "hierba luisa" en suelos ex cicales con la formula de fertilización 40-50-50 de N-P-K y realizar la primera cosecha a los 120 días (4 meses) después de la siembra.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. BARBOSA, F.M. 1987. Nutricao e adubacao do arroz (saqueiro e irrigado). Associacao Brasileira para Pesquisa de Potassa e do fosfato. Boletín técnico. Piracicaba, Brasil. 121 p.
2. CABIESES, F. 1993. Apuntes de medicina. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONCYTEC. Lima, Perú. 477 p.
3. CERON, CH. J. ; C. MIRANDA ; J. ADRIAZOLA y F. SILVA. 1995. Evaluación agronómica de la hierba luisa (*Cymbopogon citratus* Stapf) con diferentes niveles de nitrógeno y momentos de cosecha en un suelo ex cocal de Tingo María. CIUNAS. Tingo María, Perú. 84 p.
4. DELGADO DE LA FLOR, F. 1987. Características básicas y económicas del cultivo de Hierba de sabor. ICE (Boletín Instituto de Comercio Exterior). Lima, Perú. 101 p.
5. DE LA CRUZ, M.D. 1992. hierba luisa. Alternativa de producción en laderas degradadas. Boletín técnico. Proyecto Especial Alto Huallaga. Tingo María, Perú. 12 p.
6. DIEHL, R. 1978. Fitotécnica General, 2da. Ed. Editorial Mundi-Prensa Madrid, España. Pp 320-345.
7. DONAHUE, R.; R.W. MILLER y J.C. SHICKLUNA. 1981. Introducción a

los suelos y al crecimiento de las plantas. DOSSAT. Madrid, España. 623 p.

8. ESTACION EXPERIMENTAL AGROPECUARIA DE TULUMAYO. 1984. Informe técnico de avance de análisis de suelos en el ámbito del Proyecto Especial Alto Huallaga. Tingo María, Perú. 22 p.
9. FASSBENDER, H. 1987. Químicas de suelos con énfasis en suelos de América Latina IICA. San José, Costa Rica. 404 p.
10. GUENTHER, E.M. 1953. The essential oils. Vol III. Toronto New York. London. Pp. 104 - 105.
11. HERNANDEZ, L.J. 1981. Fitomejoramiento y principales cultivares. Curso de adiestramiento en producción de arroz. CIPA II. Estación Experimental de Vista Florida. Chiclayo, Perú. Pp. 105 - 110.
12. HOLDRIDGE, L.R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San Juan de Costa Rica. IICA . 216 p.
12. INSTITUTO INTERNACIONAL DE LA POTASA. 1984. El potasio en las plantas. Guía de extensión N° 2. Worblaufen – Barna, Suiza. Pp. 4.
13. KAMPRATH, E.L. 1967. Acidez de los suelos y su respuesta al

encalado. International soil testing. Vol. N° 4. 23 p.

14. LOCK DE UGAZ, O. 1988. Fitoquímica. Aceites Esenciales. Pontificia Universidad Católica del Perú. 94.p.
15. MALAVOLTA, E. 1981. Elementos de nutrición mineral de plantas. Editora Agronómica Ceres, Sao Paulo, Brasil. 251 p.
16. MARTINI, J.A. 1969. "Caracterización del Estado Nutricional de los Principales Latosotes de Costa Rica mediante el elemento faltante en el Invernadero", Turrialba 19 (3):394 -408.
17. MOSTACERO, J.; F. MEJIA y O. GAMARRA. 2002. Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú. Vol. I. Edit. Normas Legales. Trujillo, Perú. 540 p.
18. OLUJA, G.V. 1982. Contribución al estudio de extracción y caracterización del aceite esencial de citronela (*Cymbopogon winterianus* Var. Mahapengiri) en la zona de Tingo María. Perú. 85 p.
19. REVISTA DE LA POTASA. 1968. Berna, Suiza. Pp. 6.
20. REEVES, I.D. 1975. Estudio de la extracción, almacenaje y elaboración de bebidas gaseosas con aceite esencial de hierba luisa. Tesis. Universidad Nacional Agraria, La Molina. Lima, Perú. Pp. 8, 12 y 22.

21. TISDALE, S. L. y NELSON, L. N. 1977. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, España. Pp. 120.
22. THOMPSON, L. M. 1962. El suelo y su fertilidad. Ed. Reverte. Barcelona, España. 17 p.
23. VAN DEN HEEDE. 1981. El estaquillado. Guía práctica de la multiplicación de las plantas. Ed. Mundi-Prensa. Universidad Politécnica de Madrid. España. 220 p.

IX. ANEXO

Cuadro 12. Peso fresco en el corte de uniformidad de la "hierba luisa".

Trat.	Interacción	Peso fresco (kg/ha)				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	a ₁ b ₀	489.64	649.69	466.04	494.53	524.97
T2	a ₁ b ₁	613.72	804.97	515.96	480.83	603.87
T3	a ₁ b ₂	503.36	609.66	404.19	491.67	502.22
T4	a ₁ b ₃	520.23	498.59	450.31	330.26	449.85
T5	a ₂ b ₀	751.41	667.99	697.84	655.10	693.09
T6	a ₂ b ₁	809.11	594.09	752.76	600.18	689.04
T7	a ₂ b ₂	837.53	603.57	614.43	560.83	654.09
T8	a ₂ b ₃	816.51	598.15	742.60	610.36	691.91
T9	a ₃ b ₀	1114.92	1893.44	1247.16	1443.83	1424.84
T10	a ₃ b ₁	2511.93	3103.85	2604.01	1620.16	2459.99
T11	a ₃ b ₂	2274.58	3093.80	1583.52	1321.74	2068.41
T12	a ₃ b ₃	2532.29	1786.30	2657.79	1795.10	2192.87

Cuadro 13. Peso fresco a los 45 días después del corte de uniformidad de la "hierba luisa".

Trat.	Interacción	Peso fresco (kg/ha)				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	a ₁ b ₀	1023.50	1031.80	512.82	830.73	849.71
T2	a ₁ b ₁	2134.36	2009.95	806.12	763.35	1428.45
T3	a ₁ b ₂	1579.13	1574.03	637.01	1004.99	1198.79
T4	a ₁ b ₃	2078.54	743.45	967.35	399.66	1047.25
T5	a ₂ b ₀	782.51	719.33	658.90	535.05	673.95
T6	a ₂ b ₁	1170.74	1133.23	1116.14	1205.62	1156.43
T7	a ₂ b ₂	1086.32	1217.55	692.94	1013.63	1002.61
T8	a ₂ b ₃	1420.37	628.65	1139.10	1358.13	1136.56
T9	a ₃ b ₀	1953.15	4297.42	2385.50	1866.83	2625.73
T10	a ₃ b ₁	5294.80	11645.63	3038.59	1407.79	5346.70
T11	a ₃ b ₂	3794.00	7358.18	5145.38	3266.90	4891.12
T12	a ₃ b ₃	4696.74	5658.71	5276.94	3831.77	4866.04

Cuadro 14. Peso fresco en el corte de uniformidad de la "hierba luisa".

Trat.	Interacción	Peso fresco (g/parcela neta)				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	a ₁ b ₀	188.02	249.48	178.96	189.90	201.59
T2	a ₁ b ₁	235.67	309.11	198.13	184.64	231.89
T3	a ₁ b ₂	193.29	234.11	155.21	188.80	192.85
T4	a ₁ b ₃	199.77	191.46	172.92	126.82	172.74
T5	a ₂ b ₀	288.54	256.51	267.97	251.56	266.15
T6	a ₂ b ₁	310.70	228.13	289.06	230.47	264.59
T7	a ₂ b ₂	321.61	231.77	235.94	215.36	251.17
T8	a ₂ b ₃	313.54	229.69	285.16	234.38	265.69
T9	a ₃ b ₀	428.13	727.08	478.91	554.43	547.14
T10	a ₃ b ₁	964.58	1191.88	999.94	622.14	944.64
T11	a ₃ b ₂	873.44	1188.02	608.07	507.55	794.27
T12	a ₃ b ₃	972.40	685.94	1020.59	689.32	842.06

Cuadro 15. Peso fresco a los 45 días después del corte de uniformidad de la "hierba luisa".

Trat.	Interacción	Peso fresco (g/parcela neta)				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	a ₁ b ₀	393.03	396.21	196.92	319.00	326.29
T2	a ₁ b ₁	819.60	771.82	309.55	293.13	548.52
T3	a ₁ b ₂	606.39	604.43	244.61	385.92	460.33
T4	a ₁ b ₃	798.16	285.49	371.46	153.47	402.14
T5	a ₂ b ₀	300.49	276.22	253.02	205.46	258.80
T6	a ₂ b ₁	449.56	435.16	428.60	462.96	444.07
T7	a ₂ b ₂	417.15	467.54	266.09	389.23	385.00
T8	a ₂ b ₃	545.42	241.40	437.41	521.52	436.44
T9	a ₃ b ₀	750.01	1650.21	916.03	716.86	1008.28
T10	a ₃ b ₁	2033.20	4471.92	1166.82	540.59	2053.13
T11	a ₃ b ₂	1456.90	2825.54	1975.83	1254.49	1878.19
T12	a ₃ b ₃	1803.55	2172.94	2026.35	1471.40	1868.56

Cuadro 16. Peso seco en el corte de uniformidad de la "hierba luisa".

Trat.	Interacción	Peso seco (kg/ha)				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	a ₁ b ₀	62.30	72.15	97.98	85.26	79.42
T2	a ₁ b ₁	66.05	89.69	122.51	131.23	102.37
T3	a ₁ b ₂	53.96	65.46	105.42	88.03	78.22
T4	a ₁ b ₃	52.14	76.32	104.98	110.83	86.07
T5	a ₂ b ₀	102.03	128.90	131.28	122.76	121.24
T6	a ₂ b ₁	155.14	122.87	158.07	128.34	141.11
T7	a ₂ b ₂	160.62	123.67	201.58	131.26	154.28
T8	a ₂ b ₃	155.24	186.33	142.78	114.46	149.70
T9	a ₃ b ₀	118.92	86.05	93.81	127.09	106.47
T10	a ₃ b ₁	174.32	142.70	167.83	175.63	165.12
T11	a ₃ b ₂	212.33	149.57	75.74	103.78	135.35
T12	a ₃ b ₃	172.42	89.93	152.15	141.64	139.04

Cuadro 17. Peso seco a los 45 días después del corte de uniformidad de la "hierba luisa".

Trat.	Interacción	Peso seco (kg/ha)				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	a ₁ b ₀	130.23	114.58	107.81	143.23	123.96
T2	a ₁ b ₁	229.69	223.96	191.41	208.33	213.35
T3	a ₁ b ₂	169.27	169.01	166.15	179.95	171.09
T4	a ₁ b ₃	208.33	113.80	225.52	134.11	170.44
T5	a ₂ b ₀	106.25	138.80	123.96	100.26	117.32
T6	a ₂ b ₁	224.48	234.38	234.38	257.81	237.76
T7	a ₂ b ₂	208.33	249.48	227.34	237.24	230.60
T8	a ₂ b ₃	270.05	195.83	219.01	254.69	234.90
T9	a ₃ b ₀	208.33	195.31	179.43	164.32	186.85
T10	a ₃ b ₁	367.45	535.42	195.83	152.60	312.83
T11	a ₃ b ₂	354.17	355.73	246.09	256.51	303.13
T12	a ₃ b ₃	319.79	284.90	302.08	302.34	302.28

Cuadro 18. Peso seco en el corte de uniformidad de la "hierba luisa".

Trat.	Interacción	Peso seco (g/parcela neta)				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	a ₁ b ₀	23.92	27.71	37.62	32.74	30.50
T2	a ₁ b ₁	25.36	34.44	47.04	50.39	39.31
T3	a ₁ b ₂	20.72	25.14	40.48	33.81	30.04
T4	a ₁ b ₃	20.02	29.31	40.31	42.56	33.05
T5	a ₂ b ₀	39.18	49.50	50.41	47.14	46.56
T6	a ₂ b ₁	59.57	47.18	60.70	49.28	54.18
T7	a ₂ b ₂	61.68	47.49	77.41	50.40	59.25
T8	a ₂ b ₃	59.61	71.55	54.83	43.95	57.49
T9	a ₃ b ₀	45.67	33.04	36.02	48.80	40.88
T10	a ₃ b ₁	66.94	54.80	64.44	67.44	63.41
T11	a ₃ b ₂	81.53	57.43	29.08	39.85	51.98
T12	a ₃ b ₃	66.21	34.53	58.42	54.39	53.39

Cuadro 19. Peso seco a los 45 días después del corte de uniformidad de la "hierba luisa".

Trat.	Interacción	Peso seco (g/parcela neta)				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	a ₁ b ₀	50.01	44.00	41.40	55.00	47.60
T2	a ₁ b ₁	88.20	86.00	73.50	80.00	81.93
T3	a ₁ b ₂	65.00	64.90	63.80	69.10	65.70
T4	a ₁ b ₃	80.00	43.70	86.60	51.50	65.45
T5	a ₂ b ₀	40.80	53.30	47.60	38.50	45.05
T6	a ₂ b ₁	86.20	90.00	90.00	99.00	91.30
T7	a ₂ b ₂	80.00	95.80	87.30	91.10	88.55
T8	a ₂ b ₃	103.70	75.20	84.10	97.80	90.20
T9	a ₃ b ₀	80.00	75.00	68.90	63.10	71.75
T10	a ₃ b ₁	141.10	205.60	75.20	58.60	120.13
T11	a ₃ b ₂	136.00	136.60	94.50	98.50	116.40
T12	a ₃ b ₃	122.80	109.40	116.00	116.10	116.08

Cuadro 20. Aceite esencial en el corte de uniformidad de la "hierba luisa".

Trat.	Interacción	Aceite esencial (ml/parcela neta)				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	a ₁ b ₀	0.75	0.75	0.45	0.38	0.58
T2	a ₁ b ₁	0.82	0.77	0.89	0.46	0.74
T3	a ₁ b ₂	0.77	1.17	0.78	0.94	0.92
T4	a ₁ b ₃	0.60	0.86	0.52	0.38	0.59
T5	a ₂ b ₀	0.87	1.03	0.80	0.88	0.89
T6	a ₂ b ₁	0.78	0.57	0.58	0.92	0.71
T7	a ₂ b ₂	1.13	1.04	1.18	0.75	1.03
T8	a ₂ b ₃	0.78	0.92	1.00	0.82	0.88
T9	a ₃ b ₀	0.64	2.54	1.92	1.66	1.69
T10	a ₃ b ₁	2.03	5.36	3.00	3.17	3.39
T11	a ₃ b ₂	2.71	6.53	3.34	3.05	3.91
T12	a ₃ b ₃	2.63	2.74	5.00	3.52	3.47

Fuente: Laboratorio de Bioquímica - UNAS, Tingo María. 1993. El método de obtención fue por arrastre de vapor de agua.

Cuadro 21. Aceite esencial a los 45 días después del corte de uniformidad de la "hierba luisa".

Trat.	Interacción	Aceite esencial (ml/parcela neta)				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	a ₁ b ₀	1.57	1.19	0.49	0.64	0.97
T2	a ₁ b ₁	2.87	1.93	1.39	0.73	1.73
T3	a ₁ b ₂	2.43	3.02	1.22	1.93	2.15
T4	a ₁ b ₃	2.39	1.28	1.11	0.46	1.31
T5	a ₂ b ₀	0.90	1.10	0.76	0.72	0.87
T6	a ₂ b ₁	1.12	1.09	0.86	1.85	1.23
T7	a ₂ b ₂	1.46	2.10	1.33	1.36	1.56
T8	a ₂ b ₃	1.36	1.09	1.53	1.83	1.45
T9	a ₃ b ₀	1.88	5.78	3.66	2.15	3.37
T10	a ₃ b ₁	4.27	20.12	4.55	2.76	7.93
T11	a ₃ b ₂	4.52	15.54	10.87	7.53	9.61
T12	a ₃ b ₃	4.87	8.69	9.93	7.50	7.75

Fuente: Laboratorio de Bioquímica - UNAS, Tingo María. 1993. El método de obtención fue por arrastre de vapor de agua.

Cuadro 22. Aceite esencial en el corte de uniformidad de la "hierba luisa".

Trat.	Interacción	Aceite esencial (L/ha)				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	a ₁ b ₀	1.96	1.95	1.17	0.99	1.52
T2	a ₁ b ₁	2.15	2.01	2.32	1.20	1.92
T3	a ₁ b ₂	2.01	3.05	2.02	2.46	2.39
T4	a ₁ b ₃	1.56	2.24	1.35	0.99	1.54
T5	a ₂ b ₀	2.25	2.67	2.09	2.29	2.33
T6	a ₂ b ₁	2.02	1.49	1.51	2.40	1.85
T7	a ₂ b ₂	2.93	2.72	3.07	1.96	2.67
T8	a ₂ b ₃	2.04	2.39	2.60	2.14	2.29
T9	a ₃ b ₀	1.67	6.63	4.99	4.33	4.40
T10	a ₃ b ₁	5.28	13.97	7.81	8.26	8.83
T11	a ₃ b ₂	7.05	17.02	8.71	7.93	10.18
T12	a ₃ b ₃	6.84	7.15	13.02	9.16	9.04

Fuente: Laboratorio de Bioquímica - UNAS, Tingo María. 1993. El método de obtención fue por arrastre de vapor de agua.

Cuadro 23. Aceite esencial a los 45 días después del corte de uniformidad de la "hierba luisa".

Trat.	Interacción	Aceite esencial (L/ha)				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	a ₁ b ₀	4.09	3.10	1.28	1.66	2.53
T2	a ₁ b ₁	7.47	5.02	3.63	1.91	4.51
T3	a ₁ b ₂	6.32	7.87	3.19	5.02	5.60
T4	a ₁ b ₃	6.24	3.35	2.90	1.20	3.42
T5	a ₂ b ₀	2.35	2.88	1.98	1.87	2.27
T6	a ₂ b ₁	2.93	2.83	2.23	4.82	3.20
T7	a ₂ b ₂	3.80	5.48	3.46	3.55	4.07
T8	a ₂ b ₃	3.55	2.83	3.99	4.75	3.78
T9	a ₃ b ₀	4.88	15.04	9.54	5.60	8.77
T10	a ₃ b ₁	11.12	52.41	11.85	7.18	20.64
T11	a ₃ b ₂	11.76	40.47	28.30	19.60	25.03
T12	a ₃ b ₃	12.68	22.63	25.86	19.54	20.18

Fuente: Laboratorio de Bioquímica - UNAS, Tingo María. 1993. El método de obtención fue por arrastre de vapor de agua.

Cuadro 24. Aceite esencial en ml/100 g de peso fresco al corte de uniformidad de la "hierba luisa".

Trat.	Interacción	Aceite esencial en ml/100 g de peso fresco				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	a_1b_0	0.40	0.30	0.25	0.20	0.29
T2	a_1b_1	0.35	0.25	0.45	0.25	0.33
T3	a_1b_2	0.40	0.50	0.50	0.50	0.48
T4	a_1b_3	0.30	0.45	0.30	0.30	0.34
T5	a_2b_0	0.30	0.40	0.30	0.35	0.34
T6	a_2b_1	0.25	0.25	0.20	0.40	0.28
T7	a_2b_2	0.35	0.45	0.50	0.35	0.41
T8	a_2b_3	0.25	0.40	0.35	0.35	0.34
T9	a_3b_0	0.15	0.35	0.40	0.30	0.30
T10	a_3b_1	0.21	0.45	0.30	0.51	0.37
T11	a_3b_2	0.31	0.55	0.55	0.60	0.50
T12	a_3b_3	0.27	0.40	0.49	0.51	0.42

Fuente: Laboratorio de Bioquímica - UNAS, Tingo María. 1993. El método de obtención fue por arrastre de vapor de agua.

Cuadro 25. Peso fresco en el corte de uniformidad sin considerar los 100 g utilizados para la extracción de aceite esencial de la "hierba luisa".

Peso fresco (g/parcela neta)						
Trat.	Interacción	I	II	III	IV	Promedio
T1	a ₁ b ₀	88.02	149.48	78.96	89.90	101.59
T2	a ₁ b ₁	135.67	209.11	98.13	84.64	131.89
T3	a ₁ b ₂	93.29	134.11	55.21	88.80	92.85
T4	a ₁ b ₃	99.77	91.46	72.92	26.82	72.74
T5	a ₂ b ₀	188.54	156.51	167.97	151.56	166.15
T6	a ₂ b ₁	210.70	128.13	189.06	130.47	164.59
T7	a ₂ b ₂	221.61	131.77	135.94	115.36	151.17
T8	a ₂ b ₃	213.54	129.69	185.16	134.38	165.69
T9	a ₃ b ₀	328.13	627.08	378.91	454.43	447.14
T10	a ₃ b ₁	864.58	1091.88	899.94	522.14	844.64
T11	a ₃ b ₂	773.44	1088.02	508.07	407.55	694.27
T12	a ₃ b ₃	872.40	585.94	920.59	589.32	742.06

Cuadro 26. Peso seco en el corte de uniformidad sin considerar los 100 g de peso fresco utilizados para la extracción de aceite esencial de la "hierba luisa".

Peso seco (g/parcela neta)						
Trat.	Interacción	I	II	III	IV	Promedio
T1	a ₁ b ₀	11.20	16.60	16.60	15.50	14.98
T2	a ₁ b ₁	14.60	23.30	23.30	23.10	21.08
T3	a ₁ b ₂	10.00	14.40	14.40	15.90	13.68
T4	a ₁ b ₃	10.00	14.00	17.00	9.00	12.50
T5	a ₂ b ₀	25.60	30.20	31.60	28.40	28.95
T6	a ₂ b ₁	40.40	26.50	39.70	27.90	33.63
T7	a ₂ b ₂	42.50	27.00	44.60	27.00	35.28
T8	a ₂ b ₃	40.60	40.40	35.60	25.20	35.45
T9	a ₃ b ₀	35.00	28.50	28.50	40.00	33.00
T10	a ₃ b ₁	60.00	50.20	58.00	56.60	56.20
T11	a ₃ b ₂	72.20	52.60	24.30	32.00	45.28
T12	a ₃ b ₃	59.40	29.50	52.70	46.50	47.03

Cuadro 27 Resumen del análisis de variancia del rendimiento en peso seco durante el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad de la "hierba luisa".

F.V.	G.L.	Rendimiento en peso seco (kg/ha)			
		Corte de uniformidad		A 45 días del corte de uniformidad	
		CM.	FC	CM	FC
Bloque	3	707.38119	0.80 NS	4426.7055	1.36 NS
Corte de Unif. (A)	2	14814.43350	16.69 AS	47116.7282	14.44 AS
Nivel de fertilización (B)	3	2379.02692	2.68 NS	30456.7570	9.33 AS
A x B	6	637.61576	0.72 NS	1465.0962	0.45 NS
Error experimental	33	887.52091		3263.7094	
TOTAL	47				
C.V. (%)		24.51		26.32	

NS = No significativo

AS = Significación al 1% de probabilidad

Cuadro 28. Comparación de medias del rendimiento en peso seco de los efectos principales de la "hierba luisa".

Factores			Rendimiento en peso seco			
			Corte de uniformidad		A 45 días del corte de uniformidad	
			g/Parcela neta	kg/ha	g / Parcela neta	kg/ha
Corte de uniformidad (días)	a ₃	120	52.412 a	136.49 a	106.09 a	276.27 a
	a ₂	90	54.368 a	141.58 a	78.78 b	205.14 b
	a ₁	60	33.223 b	86.52 b	65.17 b	169.71 b
Nivel de fertilización nitrogenada (kg/ha)	b ₁	40	52.29 a	136.20 a	97.78 a	254.65 a
	b ₂	80	47.085 a b	122.62 a b	90.22 a	235.87 a
	b ₃	120	47.974 a b	124.94 a b	90.58 a	234.94 a
	b ₀	0	39.313 b	102.38 b	54.80 b	142.71 b

Los promedios unidos por igual letra en columna no difieren estadísticamente, según Duncan ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 29. Resumen del análisis de variancia del contenido de aceite esencial durante el corte de uniformidad y a 45 días del corte de uniformidad de la "hierba luisa".

F.V.	G.L.	Aceite esencial (L/ha)			
		Corte de uniformidad		A 45 días del corte de uniformidad	
		CM.	FC	CM	FC
Bloque	3	4.3639	2.81 NS	20.8188	2.91 S
Corte de Unif. (A)	2	57.8051	55.78 AS	176.8569	24.68 AS
Nivel de fertilización (B)	3	4.9905	3.21 S	15.5815	2.17 NS
A x B	6	6.9478	2.23 NS	7.1450	1.00 NS
Error experimental	33	0.5182		7.1659	
TOTAL	47				
C.V. (%)		45.96		80.44	

NS = No significativo

S = Significación al 5% de probabilidad

AS = Significación al 1% de probabilidad

Cuadro 30 Comparación de medias de los efectos principales del contenido de aceite esencial en base a peso fresco de la "hierba luisa".

Factores			Aceite esencial			
			Corte de uniformidad		A 45 días del corte de uniformidad	
			ml / Parcela neta	L/ha	ml / parcela neta	L/ha
Corte de	a ₃	120	3.12 a	1.84 a	7.16 a	18.65 a
uniformidad	a ₂	90	0.88 b	2.29 b	1.28 b	3.33 b
(días)	a ₁	60	0.71 b	8.11 b	1.54 b	4.02 b
	b ₁	40	1.61 ab	4.20 ab	3.63 ab	9.13 ab
Nivel de fertiliza-	b ₂	80	1.94 a	5.08 a	4.44 a	11.57 a
ción nitrogenada	b ₃	120	1.64 ab	4.29 ab	3.50 ab	9.45 ab
(kg/ha)	b ₀	0	1.06 c	2.75 c	1.74 c	4.52 c

Los promedios unidos por igual letra en columna no difieren estadísticamente, según Duncan ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 31. Costo de venta de aceite esencial de la "hierba luisa" en el corte de uniformidad

Costo de venta de aceite esencial (\$/ha) ^{1/}						
Trat.	Interacción	I	II	III	IV	Promedio
T1	a ₁ b ₀	195.85	194.91	116.51	98.91	151.54
T2	a ₁ b ₁	214.80	201.24	232.18	120.21	192.11
T3	a ₁ b ₂	201.34	304.83	202.10	245.83	238.53
T4	a ₁ b ₃	156.07	224.37	135.09	99.08	153.65
T5	a ₂ b ₀	225.42	267.20	209.35	229.29	232.81
T6	a ₂ b ₁	202.28	148.52	150.55	240.07	185.36
T7	a ₂ b ₂	293.13	271.61	307.21	196.29	267.06
T8	a ₂ b ₃	204.13	239.26	259.91	213.63	229.23
T9	a ₃ b ₀	167.24	662.70	498.86	433.15	440.49
T10	a ₃ b ₁	527.50	1396.73	781.20	826.28	882.93
T11	a ₃ b ₂	705.12	1701.59	870.93	793.05	1017.67
T12	a ₃ b ₃	683.72	714.52	1302.32	915.50	904.01

1/ Precio de aceite esencial de hierba luisa por kilo = \$100.00

Cuadro 32. Costo de venta de aceite esencial de la "hierba luisa" a los 45 días del corte de uniformidad.

Costo de venta de aceite esencial (\$/ha) ^{1/}						
Trat.	Interacción	I	II	III	IV	Promedio
T1	a ₁ b ₀	409.40	309.54	128.21	166.15	253.32
T2	a ₁ b ₁	747.03	502.49	362.76	190.84	450.78
T3	a ₁ b ₂	631.65	787.01	318.50	502.50	559.92
T4	a ₁ b ₃	623.56	334.55	290.21	119.90	342.06
T5	a ₂ b ₀	234.75	287.73	197.67	187.27	226.86
T6	a ₂ b ₁	292.68	283.31	223.23	482.25	320.37
T7	a ₂ b ₂	380.21	547.90	346.47	354.77	407.34
T8	a ₂ b ₃	355.09	282.89	398.69	475.35	378.00
T9	a ₃ b ₀	488.29	1504.10	954.20	560.05	876.66
T10	a ₃ b ₁	1111.91	5240.53	1185.05	717.97	2063.87
T11	a ₃ b ₂	1176.14	4047.00	2829.96	1960.14	2503.31
T12	a ₃ b ₃	1268.12	2263.48	2585.70	1954.20	2017.88

1/ Precio de aceite esencial de hierba luisa por kilo = \$100.00

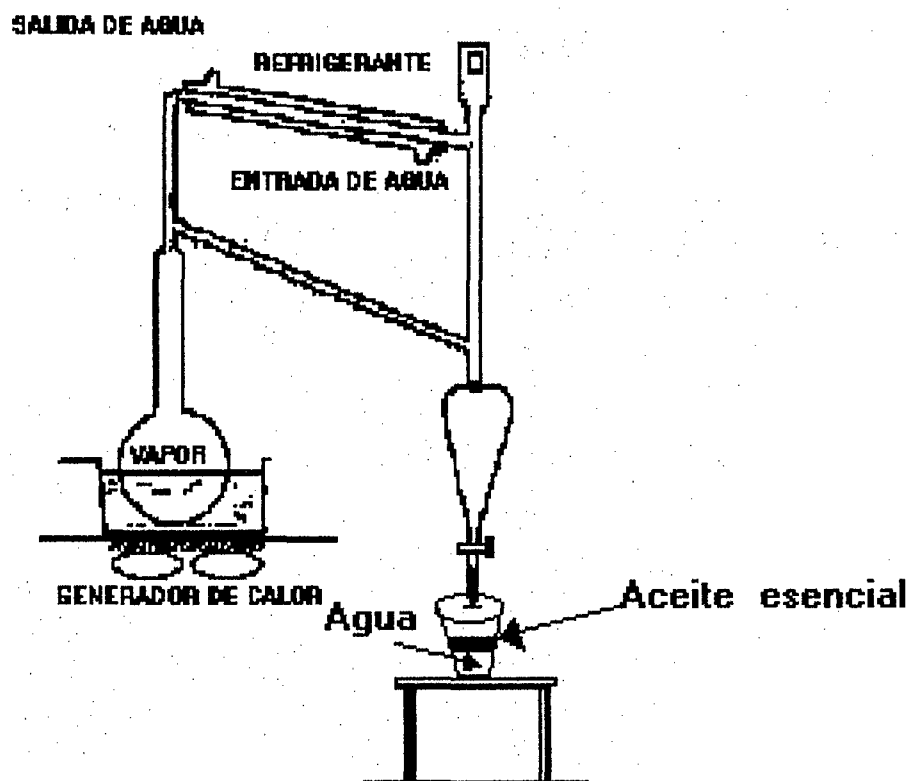


Figura 6. Equipo de extracción de aceite esencial, sistema de arrastre por vapor de agua.

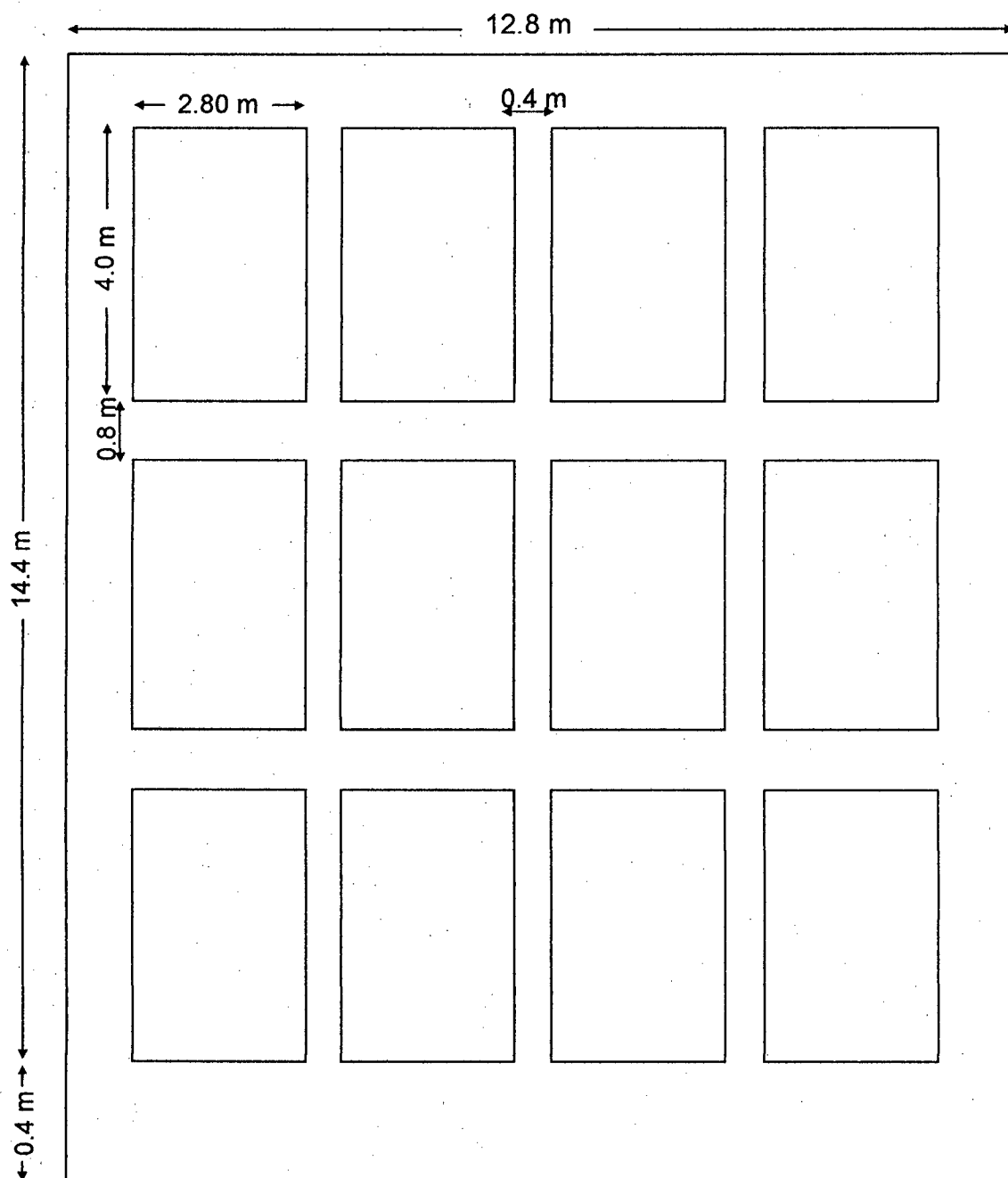


Figura 7. Detalle de un Block del campo experimental.

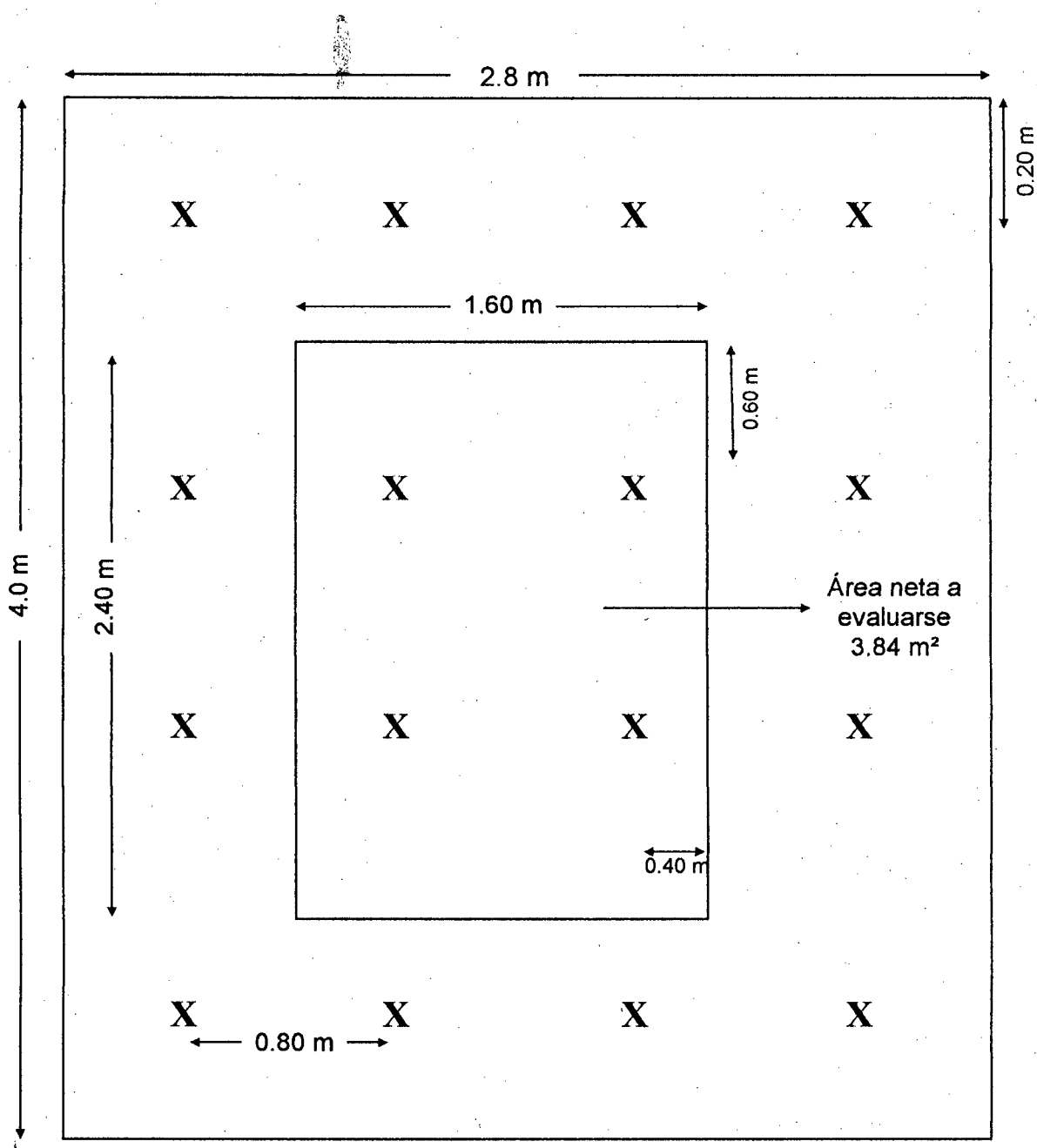


Figura 8. Detalle de una parcela de un block.

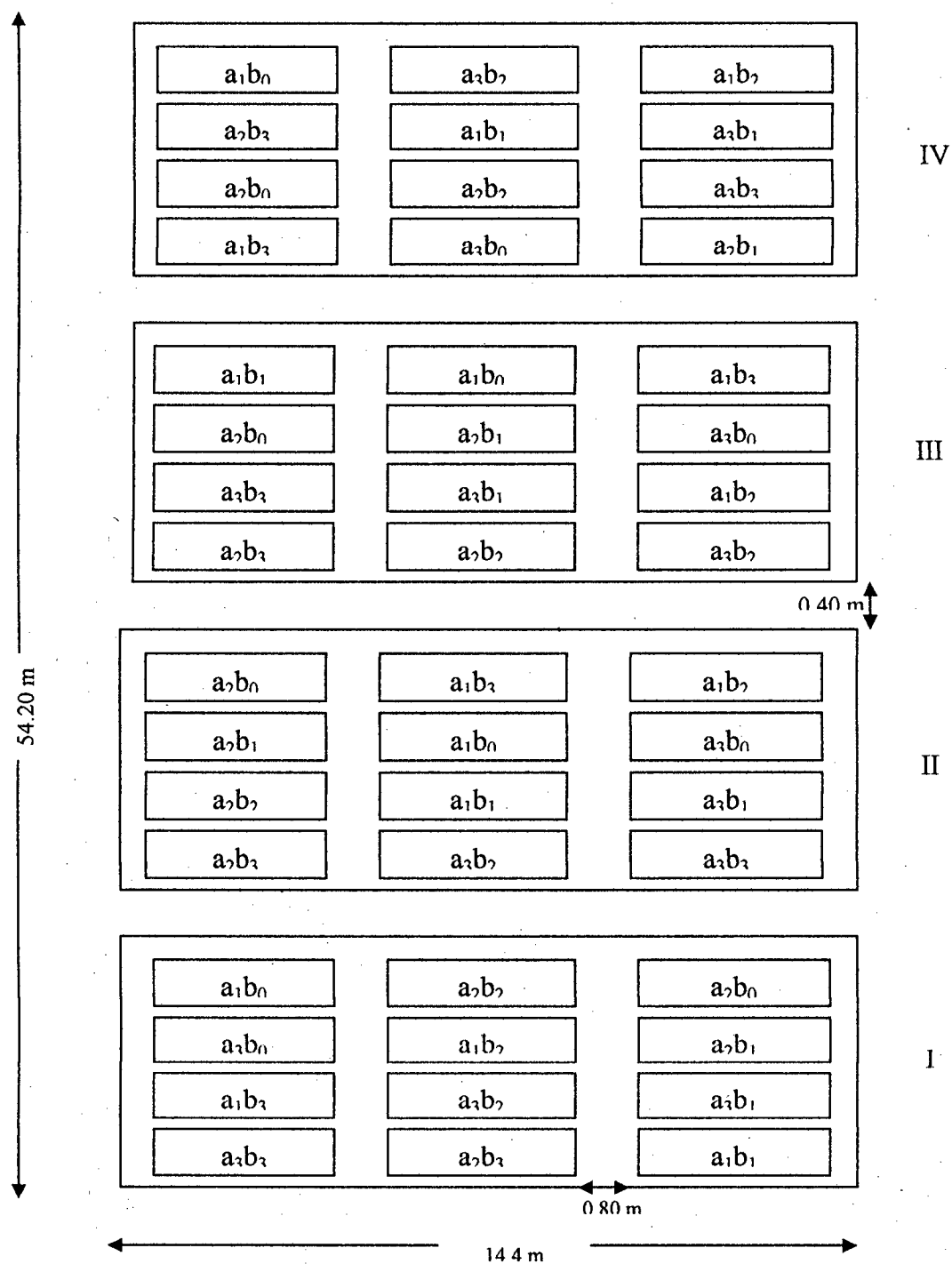


Figura 9. Disposición del campo experimental.