

Efecto de la fertilización, densidad de siembra y tiempo de corte sobre el rendimiento y calidad del aceite esencial extraído de *Cymbopogon citratus* Stapf.

S. Linares^{1*}, N. Gonzalez², E. Gómez¹, A. Usubillaga³, E. Darghan¹

^{1*}Departamento de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional experimental del Táchira. Avenida Universidad Paramillo.

²Laboratorio de Fitoquímica. UNET.

³Laboratorio de la Facultad de Farmacia. ULA-Mérida

Resumen

El aceite esencial de *Cymbopogon citratus* (limonaria) es una materia prima de alto valor agregado. El objetivo de este trabajo fue medir el efecto de la fertilización, densidad de siembra y tiempo de corte sobre el rendimiento de limonaria y la calidad de su aceite esencial (ae) extraído. Se realizó un ensayo de campo en terrenos de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, se cuantificó el peso fresco del follaje y el ae extraído por hidrodestilación. Los rendimientos más elevados fueron: para el tratamiento T12 (17,21 l/ha) con fertilización química; T21 (16,43 l/ha) con fertilización química más orgánica y T30 (15,19 l/ha) con fertilización orgánica; todos ellos con densidad de siembra 0,70x0,70 m y edad de corte a los cuatro meses después de la siembra. El aceite se analizó por cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS). La calidad se determinó por la suma porcentual de las áreas de geraniol, neral, geranial y acetato de geranilo. La fertilización química, orgánica o su mezcla produjeron una calidad de 80,69%, 80,54% y 80,86%, respectivamente. La edad de corte a los cuatro meses después de la siembra incrementó la calidad del aceite hasta 82,42%.

Palabras clave: Prácticas agronómicas, *Cymbopogon citratus*, aceite esencial, GC-MS.

Introducción

Los aceites esenciales son productos naturales obtenidos de las plantas. Están formados por mezclas volátiles heterogéneas y complejas de compuestos químicos, con predominio de terpenos asociados a aldehídos, alcoholes y cetonas que se encuentran depositados en diversas estructuras de las plantas. Estos aceites se emplean en las industrias farmacéutica, cosmética y alimentaria. Su rendimiento varía desde unas cuantas milésimas por ciento hasta 1-3% del peso fresco de la planta (2, 4, 5, 7, 12).

Cymbopogon citratus Stapf (limonaria), se cultiva en muchos países por su aceite esencial, con contenido de citral alto (70 - 80%), el cual es usado como materia prima para la síntesis de compuestos aromáticos y vitamina A, además de emplearse en perfumería (10, 15).

En Venezuela la especie está adaptada a diversos pisos climáticos, es frecuente encontrarla en avenidas,

jardines o huertos familiares como planta ornamental y medicinal. La limonaria no ha sido estudiada en el país desde el punto de vista del manejo agronómico. El presente estudio brinda la oportunidad de incursionar en otra rama de la producción con fines de procesar la materia prima para la extracción de aceite esencial que a su vez se puede utilizar en la obtención de otros productos con mayor valor agregado.

La experiencia de otros países como Brasil, India, Argentina, Guatemala e Indonesia, donde la limonaria se utiliza como un cultivo comercial (8, 14), constituye la base de la presente evaluación de las prácticas agronómicas, cuyo objetivo fue determinar el efecto de la fertilización, densidad de siembra y tiempo de corte sobre el rendimiento y calidad del aceite esencial extraído de *Cymbopogon citratus* Stapf (limonaria).

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en parcelas establecidas en terrenos de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), ubicada en el estado Táchira, municipio San Cristóbal, parroquia San Juan Bautista. Presenta una altura sobre el nivel del mar de 1050 m. La precipitación media anual es de 1200 mm. La temperatura promedio anual es de 23°C. El suelo presentó una textura gruesa (franco arenosa); con materia orgánica de 1,44% (baja); disponibilidad de

fósforo (3 ppm), calcio (106,95 ppm) y magnesio (32,55 ppm) baja; la cantidad de potasio (110,55 ppm) media; relación calcio – magnesio (2,02606 Eq/Eq) normal; pH 5; y conductividad eléctrica (0,04 mmhos/cm) baja. Según análisis de suelos realizado previo al establecimiento del ensayo en el Laboratorio de Suelos de UNET.

En el área de terreno (2000 m²), se demarcaron las parcelas (4,00 por 4,00 m por lado y 50 cm de separación entre ellas); se dividió en tres blo-

ques perpendiculares al gradiente de fertilidad del suelo. Los tratamientos se distribuyeron al azar en las parcelas (cada tratamiento una vez por bloque).

El material vegetal usado como "semilla" asexual provino de separar la planta madre en las diferentes unidades que la componen y fue recolectado de los predios de la UNET. A dichos explantes no se les realizó ningún tratamiento de desinfección ya que no lo ameritaron, y fueron sembrados inmediatamente después de separados de la planta madre. Se procedió a sembrar las parcelas usando un explante por punto, se realizaron las labores agronómicas para el mantenimiento de las parcelas como control manual de arvenses y riego. La siembra se efectuó en el período lluvioso (1 de junio de 2001).

La investigación de campo se organizó en un experimento factorial de tres factores con arreglo en bloques al azar: Efecto de la densidad de siem-

bra (D), con tres niveles de distancias de siembra entre plantas y entre hileras: D1: 0,70 m por 0,70 m; D2: 0,70 m por 1,00 m.; y D3: 1,00 m por 1,00 m. Efecto de la naturaleza del fertilizante (F) a aplicar en cada tratamiento, con cuatro niveles: F0: Sin aplicación de fertilizantes. F1: Fertilización de origen químico. F2: Fertilización de origen químico y orgánico. F3: Fertilización de origen orgánico. Efecto de la edad (EC) de la planta al momento del primer corte, con tres niveles: EC1: 60 días después de la siembra.; EC2: 90 días después de la siembra; EC3: 120 días después de la siembra. El número de tratamientos fue 36 (cuadro 1), cada tratamiento se repitió tres veces, lo que representó 108 unidades experimentales. Se consideró a las plantas centrales de *C. citratus* de cada parcela, como la unidad experimental.

Se establecieron por parcela 25 plantas para los tratamientos con D1, 20 con D2 y 16 plantas con D3. Los

Cuadro 1. Tratamientos aplicados en las parcelas sembradas con *C. citratus*.

Tratamientos			
T1=F0D1EC1	T10=F1D1EC1	T19=F2D1EC1	T28=F3D1EC1
T2=F0D1EC2	T11=F1D1EC2	T20=F2D1EC2	T29=F3D1EC2
T3=F0D1EC3	T12=F1D1EC3	T21=F2D1EC3	T30=F3D1EC3
T4=F0D2EC1	T13=F1D2EC1	T22=F2D2EC1	T31=F3D2EC1
T5=F0D2EC2	T14=F1D2EC2	T23=F2D2EC2	T32=F3D2EC2
T6=F0D2EC3	T15=F1D2EC3	T24=F2D2EC3	T33=F3D2EC3
T7=F0D3EC1	T16=F1D3EC1	T25=F2D3EC1	T34=F3D3EC1
T8=F0D3EC2	T17=F1D3EC2	T26=F2D3EC2	T35=F3D3EC2
T9=F0D3EC3	T18=F1D3EC3	T27=F2D3EC3	T36=F3D3EC3

T1..36: Número de tratamientos; F0..4: Tipo de fertilización; D1..3: Tipo de densidad de siembra; EC1..3: Tipo de edad de corte.

tratamientos de aplicación de fertilizantes fueron: F0: Sin aplicación de fertilizantes. F1: Se aplicó un fertilizante de origen químico, en una dosis de 250 kg/ha del fertilizante comercial 15-15-15 (N-P-K), que aportó el equivalente a la aplicación de 37,5 kg de P_2O_5 (pentaóxido de fósforo), de 37,5 kg de K_2O (óxido de potasio) y 37,5 kg de N (nitrógeno) por hectárea, según las recomendaciones de Wijesekera, (15).

F3: Se usó fertilizante de origen orgánico en forma de cama de pollo deshidratada (Fertipollo®). La dosis empleada fue el equivalente a la aplicación de 10 toneladas por hectárea.

F2: En este caso se combinó la fertilización de origen químico más fertilización de origen orgánico. Se aplicó la mezcla de los dos tipos de fertilizantes de diferente origen, en las mismas dosis de los tratamientos correspondientes a las fertilizaciones F1 y F3. La aplicación de los fertilizantes se realizó al momento de la siembra en una sola dosis.

Se tomaron datos biométricos cada 30 días del crecimiento de las plantas centrales de cada parcela a partir del primer mes después de la siembra. Se cuantificó el número de tallos por macolla: número de hojas por planta (hojas verdes únicamente) y altura de la planta (medida en centímetros desde el suelo hasta la punta de las hojas más largas)

Las plantas se cosecharon para los tratamientos que incluyeron la edad de corte EC1 (a los 60 días); EC2 (90 días) y EC3 (120 días).

Las plantas fueron cortadas a ras del suelo (incluyendo la lamina foliar y

parte del tallo), el material vegetal pesado e identificado, se guardó a 8°C (hasta un máximo de 48 horas) para su posterior hidrodestilación.

El aceite esencial se extrajo por hidrodestilación (7). La muestra se cortó en secciones de 3 cm de longitud y se colocó en el balón del hidrodestilador. Se cubrió con agua, y se destiló (100°C durante tres horas). El destilado se recolectó utilizando una trampa de Clevenger para separar el aceite del agua.

El aceite extraído se trató con sulfato de sodio anhidro para eliminar la humedad. Se midió la cantidad de aceite y se almacenaron a 4°C para su análisis cromatográfico posterior. El rendimiento en cantidad del aceite obtenido en cada experiencia, se determinó sobre la base del porcentaje con relación a la materia fresca del follaje.

La identificación de los componentes de cada una de las muestras de aceite, se realizó utilizando un cromatografo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (HP 5973), equipado con una columna capilar HP-5MS (30mx0.2mmx0.25mm). Se aplicó el método estándar de preparación de la muestra que consistió en tomar 20 μ l del aceite esencial y diluir a 1 ml con éter, luego se inyectó al cromatógrafo. El programa de temperatura fue: temperatura inicial 60°C (5 min), incremento de temperatura: 4°C/min hasta 260°C. Los espectros de masa de cada uno de los componentes del aceite se compararon, para su identificación, con los reportados en la base de datos de la librería Wiley (incorporada al software del cromatógrafo). El criterio de

identificación empleado fue el de elegir los compuestos que presentaron más del 90 por ciento de certeza en la correlación de los espectros de masa con los patrones de la librería. La calidad para perfumería del aceite, se evaluó en base a la sumatoria de los fitoconstituyentes geraniol, Z-citral (neral), E-citral (geranial) y acetato de geranilo que sobrepasen el 75% de su composición total, como lo indica Wijesekera, (15).

A los datos obtenidos para el rendimiento en cantidad (ml de aceite), se les aplicó la Prueba de Friedman de análisis de varianza no paramétrica para diseños en bloques, debido a que los mismos no siguieron una distribución normal al aplicar las pruebas estadísticas correspondientes.

Los datos experimentales obtenidos para la altura de las plantas,

número de hojas y número de tallos, rendimiento en peso fresco y cantidad de aceite esencial extraído en función de los factores: edad de corte, densidad de siembra y tipo de fertilización, se analizaron descriptivamente usando el programa estadístico STAT GRAPHICS PLUS, para determinar su correlación a través de la matriz de correlación de Spearman.

Los datos cromatográficos referidos a la constitución química del aceite, para determinar la calidad para perfumería fueron analizados por el análisis de varianza para un diseño factorial de tres factores (densidad de siembra, fertilización y edad corte), con arreglo en bloques desbalanceados y de efectos fijos, (3). El análisis estadístico fue asistido por el programa "The SAS System for windows. Release 8.01. 1999-2000"

Resultados y discusión

El rendimiento medio del aceite esencial fue mayor en los tratamientos T12 (17,21 l/ha); T21 (16,43 l/ha) y T30 (15,19 l/ha). (figura 1). Cabe destacar que los citados tratamientos, tienen en común la densidad de siembra de 0,70 por 0,70 m, edad de corte a los cuatro meses después de la siembra y todos ellos presentan fertilización: química para el T12; química y orgánica para el T21, y orgánica para el T30

Del análisis de las medias de los tratamientos, y según su rendimiento, se agruparon en categorías de la I a la V y en orden creciente de rendimiento. (cuadro 2.)

En el grupo V se concentraron

diez tratamientos que no presentaron diferencias significativas entre ellos, además este grupo estuvo conformado por los tratamientos de más altos rendimientos en cantidad de aceite esencial extraído. (cuadro 2.)

Exceptuando el T3 que aparece en el grupo V (cuadro 2.), a los demás tratamientos se les aplicó algún tipo de fertilización (química, orgánica o la mezcla de ambas). Se observó que las plantas de *C. citratus*, respondieron a la aplicación de fertilizante y cuando no se utilizaba, el rendimiento de la cantidad del aceite esencial fue menor. Los resultados obtenidos no concuerdan con los reportados por Viturro *et al.* (14), en los cuales no se

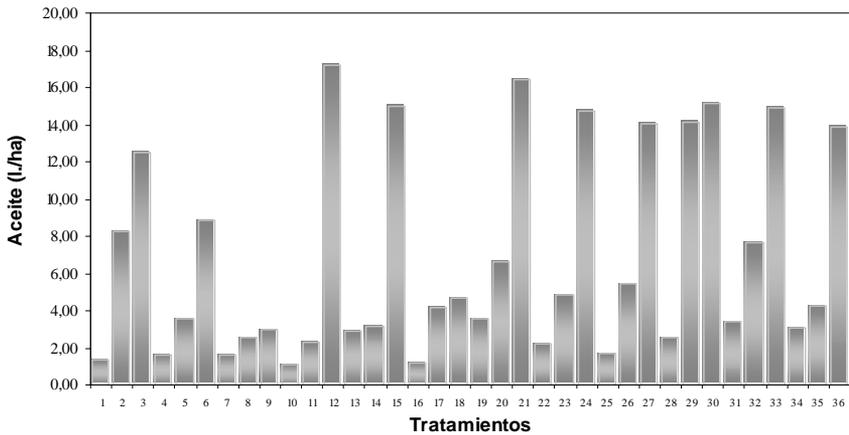


Figura 1. Rendimiento en aceite esencial extraído de los diferentes tratamientos ensayados.

encontraron diferencias en rendimiento y calidad cuando se fertilizaba o no el cultivo. Es de hacer notar que en las condiciones del presente ensayo, la fertilidad del suelo fue baja, y cualquier enmienda tiende a mejorar los rendimientos obtenidos, tal como comprobó esta investigación.

En cuanto a la influencia de la edad de corte sobre el rendimiento de la cantidad del aceite, se observó (cua-

dro 2, Grupo V) que los rendimientos mayores se consiguieron cuando las plantas se cortaron a los cuatro meses de edad. Se exceptúa de esta generalización al comportamiento atípico del T29, con edad de corte a tres meses después de la siembra (EC2). Es importante destacar que Wijesekera, (15), indica que los mejores resultados en cantidad de aceite para *C. citratus* se lograron a los seis

Cuadro 2. Grupos conformados para el rendimiento en cantidad del aceite esencial extraído de *C. citratus*, al aplicar la Prueba Friedman de análisis de varianza no paramétrica para diseños en bloques.

Grupos	Tratamientos									
I	T10	T16	T7	T1	T4	T25	T22			
II	T11	T8	T28	T9	T13	T34				
III	T14	T5	T31	T35	T17	T19	T23	T18	T26	
IV	T20	T32	T2	T6						
V	T3	T27	T36	T15	T24	T29	T33	T21	T30	T12

(P>0,05: No significativo)

meses después de la siembra (en condiciones tropicales de Guatemala y Brasil). Los resultados alcanzados en este ensayo representan una ganancia de dos meses a favor de la producción, si se efectúa la primera cosecha a los cuatro meses, ya que implica que se pueden realizar dos cortes adicionales al año, debido a que después de realizado el primer corte, se puede seguir cosechando mensualmente cada planta.

Los resultados de los tratamientos que conforman al mencionado grupo V aparecen reseñados en el cuadro 3.

Los mejores resultados son los correspondientes a los tratamientos T12, T21, y T30. Estos hallazgos concuerdan con los obtenidos por Viturro *et al.* (14) con *C. citratus*, en cuanto a que los mayores rendimientos de aceite se lograron empleando la densidad de siembra de 0,70 x 0,70 m y la edad

de corte que corresponde a los cuatro meses después de la siembra (EC3).

Si se analiza la densidad de siembra como factor común en los tres tratamientos con mayores rendimientos en cantidad de aceite esencial, se puede inferir que con la mayor densidad de siembra se consiguieron los rendimientos más elevados, esto coincide con lo reportado por Ram, *et al.* (9), sobre el rendimiento del aceite esencial obtenido de *Artemisia annua* (planta con altos contenidos de aceites), ya que al aumentar la densidad de siembra también aumentó el rendimiento del aceite extraído de esta especie.

El rendimiento promedio en porcentaje con base en el peso fresco del material vegetal y a la cantidad de aceite esencial extraído (0,40%) concuerda con los valores (0,44%) obtenidos por Viturro *et al.* (14), y con el

Cuadro 3. Rendimiento en cantidad del aceite esencial extraído de *C. citratus*, para los tratamientos que conforman el grupo V según la prueba estadística de Friedman.

T	F	D	EC	P.F(g.)	A.E.(ml)	kg/ha	l/ha
T3	0	1	3	1527,31	5,52	3463,29	12,52
T12	1	1	3	2027,44	7,59	4597,38	17,21
T15	1	2	3	1539,17	6,30	3664,68	15,00
T21	2	1	3	2233,39	7,25	5064,38	16,43
T24	2	2	3	1579,86	6,17	3761,56	14,68
T27	2	3	3	1403,45	5,61	3508,62	14,03
T29	3	1	2	1557,45	6,21	3531,64	14,09
T30	3	1	3	1728,99	6,70	3920,61	15,19
T33	3	2	3	1729,84	6,26	4118,67	14,90
T36	3	3	3	1372,55	5,53	3431,38	13,83

T: Tratamiento, F: Tipo de fertilización, D: Tipo de densidad, EC: Edad de corte, P.F: Peso fresco por muestra, A.E: Aceite esencial extraído por muestra. kg/ha: Rendimiento en peso fresco por hectárea. l/ha: Cantidad de aceite esencial por hectárea.

inérvalo (0,2 a 0,4%) reportado por Wijesekera, (15).

En el cuadro 4 se presentan las correlaciones que existen entre las variables biométricas de las plantas e indica que el número de tallos, el número de hojas y altura de la planta, están altamente correlacionados con el peso fresco y la cantidad de aceite esencial; en la medida que uno de estos aumenta, también aumenta el rendimiento de la materia fresca producida y la cantidad de aceite extraído.

Estos resultados están de acuerdo con los reportados por Ojeda *et al.* (4) y Domínguez (1), en el sentido que al aumentar la parte aérea de la planta, sitio donde se encuentran las glándulas y canales productores de aceite, se incrementa el rendimiento de estos metabolitos secundarios.

Los compuestos separados e identificados por cromatografía de gases con detector de espectrometría de masas (CG-MS) se presentan en el cuadro 5., en él se observa que los constituyentes más abundantes y con calidad para perfumería son los isómeros Z-citral (32,81-34,35%) y E-citral (40,95 -43,16%); seguido de b-mirceno (12,60 - 14,76%).

La calidad para perfumería del aceite esencial se fijó como se describió previamente. Los datos obtenidos de la sumatoria de los constituyentes (determinado por sus porcentajes de área), fueron analizados aplicando un análisis de varianza para un arreglo factorial de efectos fijos y en bloques desbalanceados, el ANOVA se muestra en el cuadro 6.

La calidad para perfumería fue influida por la interacción de los fac-

tores edad de corte y la aplicación de prácticas de fertilización, así como por la interacción entre la edad de corte y la densidad de siembra, ya que presentaron diferencias altamente significativas. (cuadro 6, figuras 2 y 3).

El comportamiento anómalo referido a la caída abrupta de la calidad del aceite, cuando interactúan la edad de corte a los dos meses después de la siembra y la densidad de siembra de 0,70 x 1,00 m, no se puede explicar. Sin embargo, es de resaltar que la edad de corte a los cuatro meses después de la siembra fue la que presentó la más alta calidad del aceite, independientemente del tipo de densidad.

La densidad de siembra, no afectó significativamente la calidad del aceite, ya que todos los tratamientos con densidades de siembra distinta presentaron similar calidad. (cuadro 6), sin embargo este resultado puede estar enmascarado por la interacción densidad de siembra-edad de corte. Esto no descarta que la densidad de siembra afecte la calidad del aceite, tal como ocurre en *Artemisia annua* (9), cuando al aumentar la densidad de siembra aumentó la calidad del aceite.

La mayor calidad del aceite se obtuvo con la edad de corte, dos meses después de la siembra y con fertilización química, no obstante, esta respuesta tiende a disminuir en las restantes edades de corte. Este hecho podría estar relacionado con la alta solubilidad del fertilizante aplicado, por lo que fue absorbido rápidamente y mostró una respuesta inmediata, al agotarse el fertilizante a través del

Cuadro 4. Matriz de correlaciones de Spearman para la descripción biométrica de las plantas de *C. citratus* y los tratamientos agronómicos aplicados.

	AP	D	EC	F	NH	NT	PF
AE	**0,5759	-0,1672	**0,6118	*0,2939	**0,7435	**0,7117	**0,9837
AP		0,0149	**0,4076	0,0958	**0,7648	**0,7268	**0,5904
D			0,0000	0,0000	0,0609	0,0708	-0,1259
EC				0,0000	**0,4889	**0,4376	**0,6580
F					0,1016	0,1552	**0,3212
NH						**0,9863	**0,7557
NT							**0,7243

AE: Aceite esencial extraído (variable dependiente). AP: Altura de la planta. D: densidad de siembra (variable independiente). EC: Edad de corte (variable independiente). F: Tipo de fertilización (variable independiente). NH: Número de hojas. NT: Número de tallos. PF: Peso fresco. **: Altamente significativa. *: Significativa. (Intervalo de confianza: 95%)

Cuadro 5. Constituyentes principales del aceite esencial de *C. citratos* en los tratamientos con rendimientos mayores.

Constituyentes	Tratamientos					
	T12		T21		T30	
	TR(min)	A(%)	TR(min)	A(%)	TR(min)	A(%)
6-meti-5-hepten-2-ona	6,08	1,08	6,08	1,06	6,08	0,85
b mirceno	6,18	12,68	6,18	14,76	6,18	12,60
Linalool	9,19	1,10	9,19	1,07	9,19	0,29
Z-citral (neral)	13,69	34,35	13,68	32,81	13,68	33,25
Geraniol	14,07	4,74	14,07	5,06	14,07	5,39
E- citral (geranial)	14,65	42,16	14,64	40,95	14,65	43,16
Acetato de geranilo	18,17	0,64	18,17	0,96	18,17	0,64

TR: Tiempo de retención. A%: Porcentaje de área

tiempo, tienden a disminuir los valores del rendimiento en calidad del aceite. Por lo tanto, es recomendable aplicar el fertilizante en forma fraccionada para garantizar la calidad.

Los valores presentados en el cuadro de medias en relación a la fertilización (cuadro 7) se observa que se establecen dos grupos bien diferenciados, en los cuales la aplicación de cualquier tipo de fertilizantes incrementa la calidad del aceite. Estos resultados, en las condiciones particulares del presente ensayo difieren de los reportados por Singh, *et al.* (11), quienes expresan que la aplicación de fertilizante no afecta la calidad del aceite de *Cymbopogon flexuosus*, otra especie de limonaria con alta producción.

La calidad del aceite esencial extraído de la limonaria fue afectada por la edad de corte, los rendimientos mayores se consiguieron con el corte a los cuatro meses después de la siembra. La alta calidad del aceite a esta

edad de corte (cuadro 7) fue mayor a la obtenida para *C. citratus* por Wijesekera, (15), quien recomienda hacer el primer corte después de los seis meses.

Finalmente, el comportamiento del cultivo de limonaria alcanzó su mayor potencial cuando se aplican algunas técnicas agronómicas como la fertilización, aún cuando no existieron diferencias significativas en cuanto a la cantidad de aceite extraído. No ocurre igual con la calidad del mismo, ya que se establecieron dos grupos bien diferenciados en los cuales los mejores resultados (sobre el 80,5% de calidad para perfumería) se obtuvieron cuando se aplicó cualquiera de los tratamientos que incluían fertilización, en especial si se combinaban el fertilizante de origen químico con el de origen orgánico.

La edad de las plantas al momento de realizar el primer corte, es también otro factor de suma impor-

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable dependiente calidad del aceite esencial extraído de *C. citratus*

Fuente	GL	SC	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Densidad	2	7.9895789	3.9947895	0.32	0.7305
Edad de corte	2	444.1055927	222.0527964	17.53	**<.0001
Fertilidad	3	276.4183012	92.1394337	7.28	**0.0003
Densidad x edad de corte	4	300.4548578	75.1137145	5.93	**0.0004
Fertilidad x densidad	6	104.6222310	17.4370385	1.38	0.2361
Fertilidad x edad de corte	6	375.2488255	62.5414709	4.94	**0.0003
Fertilidad x densidad x edad de corte	11	214.8970851	19.5360986	1.54	0.1361

***: Diferencias altamente significativas; GL: Grados de libertad; SC: Suma de cuadrados

tancia, ya que determinó la cantidad de aceite extraído así como su calidad. Para las condiciones antes descritas, el momento óptimo para realizar el corte fue a los cuatro meses después de la siembra, cuando las plantas presentaron su crecimiento más alto y por lo tanto, una cantidad mayor de aceite debido a la alta correlación positiva de estas variables y además la calidad para perfumería mejoró

Por otra parte, los resultados obtenidos permiten concluir que la densidad de siembra, como factor, es igualmente significativa, ya que al aumentar el número de plantas por parcela, aumentó la cantidad de materia fresca por unidad de superficie, y en consecuencia un mayor rendimiento en la cantidad de aceite extraído, aunque la calidad no fue afectada directamente por esta variable.

La calidad para perfumería del aceite extraído de la limonaria cultivada en este ensayo, sobrepasó ampliamente los estándares internacionales de calidad, 80% en los tratamientos con mejor respuesta y sobre el 76% en los de menor respuesta. Es de hacer notar que las condiciones agroecológicas del ensayo fueron propicias para el cultivo de la limonaria, este hecho indica que el cultivo tiene potencial para ser explotado en condiciones de fertilidad baja, convirtiéndose en una alternativa viable de diversificación para pequeños, medianos o grandes productores interesados en incursionar en la producción de plantas aromáticas para la extracción de aceites esenciales.

Actualmente la producción de aceites esenciales es muy baja y el

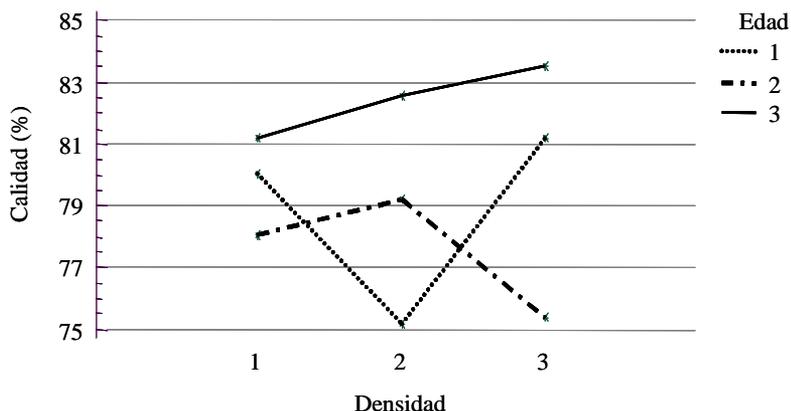


Figura 2. Calidad del aceite esencial en función de la densidad de siembra y la edad de corte de la parte aérea de *C. citratus*.

mercado nacional de estos productos es cubierto por importaciones a un costo muy elevado. Cabe resaltar que el precio de aceite esencial de *C. citratus* es alto (5 ml, 2 \$ US) (13). Si se obtiene un rendimiento promedio

de 17,21 l/ha de aceite esencial por corte, similar al obtenido en el mejor tratamiento del ensayo, con siete cortes al año en promedio, esto representaría un ingreso bruto importante.

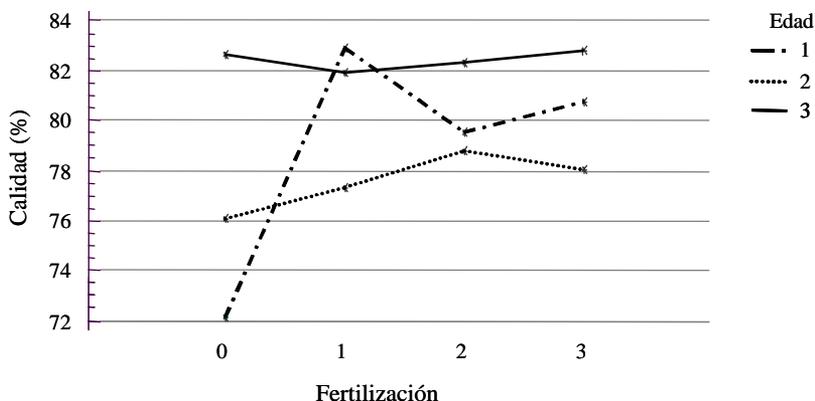


Figura 3. Calidad del aceite esencial en función de la fertilización y la edad de corte.

Cuadro 7. Medias para la variable dependiente calidad del aceite esencial extraído de *C. citratus* en relación a la fertilización y edad de corte.

Calidad de aceite esencial (%)	Fertilización				Edad de corte		
	F0	F1	F2	F3	EC1	EC2	EC3
	76,9448	80,6859	80,8550	80,5433	79,1606	77,5486	82,4214
N	27	27	24	27	33	36	36

N = Número de observaciones; Media = % de componentes para perfumería.

Conclusiones

Existe una alta correlación positiva entre las variables número de hojas por planta, número de tallos y altura de la planta con la cantidad de aceite esencial extraído y el peso fresco de la muestra. Por lo tanto si se mide cualquiera de estos parámetros, se puede estimar la cantidad de aceite que se producirá.

El rendimiento en aceite (0,40%) en base al peso fresco, se considera dentro de los parámetros normales para la especie *C. citratus*, el cual se obtuvo cuando el corte de las plantas se realizó a los cuatro meses después de la siembra y se aplicó fertilizante, independientemente de su origen, por lo tanto se considera que esta práctica fue beneficiosa para el cultivo.

La densidad de siembra no afectó estadísticamente la calidad del aceite esencial extraído; sin embargo, cuando se sembraron las plantas a una distancia de 0,70 por 0,70 m, se cosecharon a los cuatro meses después

de la siembra y se aplicó fertilización se indujo un aumento en la cantidad de aceite extraído, esto favorece el objetivo final de la producción del cultivo que es obtener cantidades mayores de aceite.

Para lograr rendimiento y calidad comercialmente aceptables como los obtenidos en las condiciones agroecológicas del presente trabajo (17,21 l/ha; 82,14% de citral), conviene aplicarse fertilizantes de origen químico en dosis equivalentes a 37.5 kg de P_2O_5 , de 37.5 kg de K_2O y 37.5 kg de N; y/o materia orgánica en dosis de 10 toneladas por hectárea, en una sola dosis al momento de la siembra. Además realizar el primer corte a los cuatro meses después de la siembra.

Las condiciones del trabajo, permitieron obtener aceite de *C. citratus* con elevada composición de isómeros de citral (neral y geranial), de aplicación industrial para la perfumería.

Agradecimiento

Al Consejo de Decanato de Investigación de la UNET, y a los ingenieros Alexis Valery e Isidro Chacón

por su valiosa colaboración en la ejecución de este trabajo.

Literatura citada

1. Dominguez, X. 1973. Métodos de investigación fitoquímica. México D. F. Limusa.
2. Meza, M. 1997. Análisis del aceite esencial de *Ocotea barcellensis* (Cascarillo) Trabajo de ascenso. Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal.
3. Montgomery, D. 1991. Diseño y análisis de experimentos. México. Grupo Editorial Iberoamérica S.A.
4. Ojeda de R, G., Morales de G, V., González de C, N., Cabrera, L. y Sulbarán de F, B. 1998. Composition of Venezuelan lemon essential oil *Citrus limon* (L). Burm. F. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 15: 343-349.
5. Pamplona, J. 1997. Enciclopedia de plantas medicinales. Madrid España. Editorial SAFELIZ, S.L.
6. Quintero, A. 1998. Extracción y caracterización del aceite esencial de la naranja amarga (*Citrus aurantium amara* L.) Trabajo de ascenso. Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal.
7. Quintero, A., N. Gonzalez y A. Vera. 1999. Obtención y análisis cromatográfico del aceite esencial de *Cymbopogon citratus* (Limonaria). Memorias del Instituto de Biología Experimental 1(2), pp.211-214.
8. Rahman, M., M. Alam y M. Khunda. 1992. Comparative yield performance of essential oil of five *Cymbopogon* species, in Bangladesh. Indian Perfumer 32(2), pp.117-123.
9. Ram, M., M. Gupta, D. Sugandha y S. Kumar. 1997. Effect of plant density on the yields of artemisinin and essential oil in *Artemisia annua* cropped under low input cost management in North-Central India. Planta Medica. 63, pp.372-374.
10. Rao, B.L. y L. Sunita. 1992. New aroma chemicals in *Cymbopogon* for future. Indian Perfumer 36(4), pp.241-245.
11. Singh, M., G. Rao y S. Ramesh. 1997. Irrigation and nitrogen requirement of lemongrass [*Cymbopogon flexuosus* (Steud) Wast] on a red sandy loam under semiarid tropical conditions. Research Report. 1041-2905, pp.569-574.
12. Theagarajan, K., y V. Kumar, 1995. Essential oils of commercial importance in India – Utilization and future prospects. Indian Perfumer 39(1), pp.49-61.
13. The Essential Oil Company. 2002. Oregon. <http://www.essentialoil.com>.
14. Viturro, C. I., A.C. Molina, O.N. Saavedra, S. Molina y M. Zampini. 1997. Resultados de la campaña 93-94 de los ensayos con lemongrass en la provincia de Jujuy. Anales de SAIPA 15, pp.191-197.
15. Wijesekera, R. 1981. Practical manual on: The essential oils industry. Thailand Institute of Scientific and Technological Research. Central Institute of Medical and Aromatic Plants, India. United Nations Industrial Development Organization. Vienna Austria.