



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

"ESTUDIO BIBLIOGRAFICO DE *Cymbopogon winterianus*, *Cymbopogon nardus* y *Cymbopogon martini* (GRAMINEAS) PARA SU POSIBLE CULTIVO EN MEXICO"



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

TRABAJO MONOGRAFICO

VERA MARISA LARA SALAS

CARRERA: QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TEMARIO

I INTRODUCCION

- i) Generalidades
- ii) Descripción Química

II ASPECTOS BOTANICOS Y ECOLOGICOS DE CITRONELA Y PALMAROSA

- i) *Cymbopogon nardus* Rendle
- ii) *Cymbopogon winterianus* Jowitt
- iii) *Cymbopogon martini* Stapf. var. *motia*

III METODOS DE OBTENCION, CONTENIDO Y RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE CITRONELA Y PALMAROSA

- i) *Cymbopogon nardus* Rendle
- ii) *Cymbopogon winterianus* Jowitt
- iii) *Cymbopogon martini* Stapf. var. *motia*

IV METODOS DE ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

- i) Cromatografía en Capa Fina
- ii) Cromatografía de Gases

V ESTUDIO ECOLOGICO PARA EL CULTIVO DE CITRONELA Y PALMAROSA EN LA REPUBLICA MEXICANA

- i) Climas
- ii) Suelos

VI CONCLUSIONES

VII BIBLIOGRAFIA

I INTRODUCCION

- i) Generalidades
- ii) Descripción Química

i) Generalidades

El geraniol es un alcohol monoterpénico con aroma dulce a rosa, se encuentra presente en la naturaleza como uno de los principales componentes del aceite esencial que se extrae de la citronela y la palmarosa, sin embargo, existen otros vegetales que también lo contienen pero en menor cantidad. (1,2) .

Arcantander define a un aceite esencial como una materia prima obtenida por medio de un proceso físico a partir de una planta, de clasificación botánica específica. (3) .

El geraniol se emplea como materia prima básica en la fabricación de perfumes, cosméticos, jabones, saborizantes y aromatizantes, siendo un producto de gran importancia para la industria química. (4,5) .

El objetivo de este trabajo es despertar el interés para producir geraniol, a partir del cultivo de citronela o bien de palmarosa, ya que su importancia económica se deduce de las cifras registradas por su importación; en el año de 1980 se importaron 168 toneladas de aceite esencial de citronela con un valor de 28 803 000.00 pesos. (6) .

El geraniol se obtiene por destilación con arrastre de vapor de a) *Cymbopogon nardus* Rendle, b) *Cymbopogon winterianus* Jowitt y c) *Cymbopogon martinii* Stapf. var. *motia*, en diferentes cantidades y calidades.

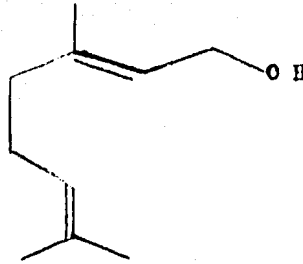
ii) Descripción Química

La fórmula condensada del geraniol es $C_{10}H_{18}O$, con un peso molecular de 154.24 , punto de ebullición de 229-230° C , líquido oleoso con densidad de 0.8894 y una viscosidad de 1.4766 . (7,8) .

Su nombre químico es

3 , 7 - dimetil - 2 (E) , 6 - octadien - 1 - ol

que se representa según la fórmula



(9,10) .

Se dá el nombre de terpenos a aquellos compuestos que contienen un número múltiplo de unidades isoprénicas, entre los que se encuentran los monoterpenos que son componentes típicos en un aceite esencial. (11,12) .

Aspectos Botánicos Generales

La descripción botánica de la citronela y la palmarosa es

Cymbopogon nardus Rendle (lenabatu)

Cymbopogon winterianus Jowitt (mahapengiri, Guatemala) para la primera, y

Cymbopogon martini Stapf. var. *motia* para la palmarosa

pertenecientes a la división antophyta, clase angiospermae, subclase monocotiledoneae, orden glumifloreae y familia gramineae. (13) .

La citronela y la palmarosa al igual que la mayoría de las plantas de la familia gramineae son hierbas con tallos huecos, cerrados en los nudos con hojas alternas, colocadas en dos filas y generalmente con nervación paralela.

Las hojas constan de dos partes: la vaina que envuelve a la caña y el limbo; entre ambos y en la parte interna se encuentra un apéndice membranáceo.

Las flores están rodeadas por una bráctea, dispuestas en espiguillas; el embrión se encuentra generalmente unido al pericarpio. (14,15) .

La *C. nardus* Rendle se conoce en Sri Lanka como "lenabatu", la *C. winterianus* Jowitt es conocida como "mahapengiri" en Java y esta misma planta también se le conoce como tipo "Guatemala" debido a que crece en ese país, y en otros de Centro América. Así, la palmarosa es el nombre común para la variedad *motia* de *Cymbopogon*. Estos nombres se emplean en la literatura científica y de la misma manera se hará en este trabajo. (16) .

II ASPECTOS BOTANICOS Y ECOLOGICOS DE CITRONELA Y PALMAROSA

- i) *Cymbopogon nardus* Rendle
- ii) *Cymbopogon winterianus* Jowitt
- iii) *Cymbopogon martini* Stapf. var. *motia*

i) *Cymbopogon nardus* Rendle

Las regiones productoras de "lenabatu" están localizadas hacia el extremo Sur de Sri Lanka; con un área de plantación de aproximadamente 121 400 Km². La citronela crece en forma semisilvestre sobre terrenos descuidados, parcialmente desyerbados, dando como resultado varios tipos de la misma planta.

Cuando los vástagos alcanzan su mayor tamaño, en buen estado, se trasplantan procurando conservar una distancia de 0.45 m entre cada uno de ellos. Esto se efectúa durante las dos estaciones de lluvia (monzónicas), iniciándose el primer período en los últimos días de abril terminando a finales de junio, y el segundo período se inicia de la segunda semana de octubre hasta la segunda semana de diciembre. Dependiendo de la calidad del suelo y la cantidad de lluvia, se requieren de seis a ocho meses para que las plantas nuevas alcancen el tamaño suficiente para ser cosechadas (de 0.9 a 1.5 m de altura). En un campo se pueden lograr tres cosechas al año y la fecha de corte depende del tiempo de plantación; ésta se realiza a través de todo el año pero existen tres temporadas principales, mayo a junio, agosto a septiembre y diciembre a la segunda semana de enero. (17) .

No debe cortarse la hierba durante épocas de lluvia porque existe la posibilidad que se fermente mientras permanece tirada en los campos. Es práctica común hacer el corte a muy temprana hora del día y seleccionar el tiempo apropiado para cosecharla con el fin de aumentar su producción.

La hierba no debe permanecer largo tiempo secándose después de haber sido cortada ya que esto provoca una pérdida considerable en aceite y por lo tanto una disminución en el contenido de geraniol.

Los campos requieren de un cuidado permanente, por lo que son desyerbados antes de cada corte y así evitar el abundante crecimiento de otras hierbas; esto debe realizarse particularmente durante las estaciones lluviosas, además

Las plantaciones deben fertilizarse cada dos años con las cenizas de la hierba que ha sido procesada en las unidades destiladoras.

Otro fertilizante que se emplea es el que está compuesto por Nitrógeno mezclado con Fósforo y Potasio (abono artificial completo), siendo este abono más efectivo para incrementar el rendimiento del cultivo y por ende del aceite por hectárea.

Si al fertilizar los campos se emplea el abono adecuado al tipo de hierba que se está cultivando, éstos pueden llegar a ser productivos hasta por 25 años, al finalizar este tiempo deberán ser replantados.

En la mayoría de los casos el rendimiento en hierba disminuye sustancialmente después de 10 años de cultivar un campo, hasta volverlo improductivo. (18) .

En la literatura se encuentra reportado de manera general que para fertilizar los campos de cultivo de "lenabatu" se emplean abonos orgánicos naturales y artificiales los cuales provocan un gran incremento en el rendimiento del aceite.

ii) *Cymbopogon winterianus* Jowitt

Las regiones productoras de citronela en Java, puede decirse que están prácticamente en toda la Isla; desde Serang hasta Probolinggo. La Isla se encuentra situada en el Archipiélago Malayo como parte de Indonesia. La planta crece tanto en bajas como en grandes altitudes; se ajustan a este propósito todo tipo de suelos siempre que sean suficientemente fértiles.

Las condiciones más favorables para un buen rendimiento y buena calidad del aceite son las que ofrece un suelo aluvial, con clima húmedo y lluvias regulares, garantizando además la longevidad de las plantaciones.

De acuerdo con Hischmann los suelos pesados y arcillosos no son adecuados para el cultivo de citronela, son los suelos arenosos sobre los cuales la hierba no crece muy alto los que ofrecen una natural disposición para la obtención de un buen aceite; este tipo de suelos se ven menos afectados por las malas hierbas que se encuentran presentes durante el cultivo.

Aunque el desarrollo de la citronela en los suelos arenosos es escaso y la cantidad de éstas es baja, la proporción del aceite es mayor en relación al peso de las hojas.

Cuando las plantas crecen demasiado aprisa la formación del aceite llega a ser una función secundaria, y no por mayor cantidad de hojas el porcentaje de aceite obtenido aumenta.

Joachin y Pandittesekera estudiaron el efecto de los fertilizantes orgánicos naturales y artificiales en grandes regiones de Java empleando *Tephrosia candida*, *Tephrosia vogelii*, especies de *crotalaria* y diferentes variedades de mi mosa, como abono verde para regenerar la tierra después de haber sido cultiva da por cinco años. (19) .

Esta técnica de abono es muy reditualbe ya que restablece totalmente el terre no, aunque también lo inutiliza al menos los dos primeros años de la fertili

zación; por esta razón se ha optado por emplear el método del abono artificial completo, que es una mezcla de N, P y K .

Como se mencionó en el caso de *C. nardus*, después del corte las hojas no deben dejarse en los campos por largos períodos de tiempo ya que el porcentaje de aceite disminuye en forma notable.

No hay especificaciones para llevar a cabo la siembra porque en ello influye determinantemente la naturaleza de la tierra; una vez efectuado el cultivo se procede a la cosecha, cortando regularmente la hierba a intervalos de aproximadamente tres meses haciendo el primer corte después del segundo año. Se recomienda dar un descanso a la tierra porque se ha visto que después del cuarto año la citronela agota las condiciones óptimas del suelo y cualquier cultivo excesivo perjudica a las plantas en el contenido y la calidad del aceite. Después del cuarto año el rendimiento de hierba disminuye considerablemente y del cuarto al octavo año no es posible obtener arriba de 40 % de la cantidad inicial de hojas lo cual provoca una disminución significativa en su rendimiento.

En Java no se puede indicar un período definido para el corte porque las estaciones de lluvia y sequía son irregulares. Se ha escogido como tiempo óptimo de corte el momento en el cual los tallos muestran seis hojas adultas extendidas y una séptima hoja en posición enrollada. Este criterio se ha adquirido a través de la experiencia de los cultivadores.

El rendimiento de aceite durante las estaciones secas es mayor que en las estaciones lluviosas, aunque esto no es una regla fija ya que el rendimiento del aceite está en función directa de las condiciones de cultivo, la fertilidad del suelo y los métodos de destilación.

Las diferentes formas de secado de la hierba también afectan la proporción del aceite, como demuestran los estudios realizados por Narayana y colabora-

dores para comprobar la relación que existe entre la cantidad de aceite obtenido y el procedimiento de secado. Manteniendo condiciones semejantes de cultivo y cosecha, las variantes son:

- a) dejar secar la hierba expuesta al sol después de haber sido cortada
- b) secar la hierba bajo la sombra, teniendo en cuenta tiempos definidos de tal forma que al destilarla se conozca el tiempo óptimo de secado
- c) destilar la hierba inmediatamente después de haber sido cortada sin que haya un secado previo.

Otro cuidado importante es no hacer un corte demasiado bajo al tallo, especialmente no cortar debajo del nudo para no correr el riesgo que la planta muera. (20) .

En el estudio realizado durante cuatro años para establecer comparaciones entre el tipo "Java" y el tipo "Guatemala", efectuado por Loustalot y Fernández Pol, para determinar si los cortes de la hierba a diferentes alturas del tallo afectan el rendimiento y contenido de aceite, con las siguientes medidas:

altura mínima	1.00 m	cosechado 9 veces
altura media	1.35 m	cosechado 11 veces
altura máxima	1.83 m	cosechado 15 veces

Se encontró que el porcentaje máximo se obtiene en los dos tipos cuando la cosecha se realiza a una altura media y que no existe diferencia significativa entre ambos a dicha altura (1.35 m). Sin embargo, las cosechas a máxima y mínima alturas dan un mayor rendimiento promedio de aceite para el tipo "Guatemala" en comparación al "Java" .

También se ha observado que aunque "mahapengiri" posee características botánicas superiores al tipo "Guatemala", como son la longitud de vástago, anchura de la hoja, longitud de la hoja, número de vástagos, etc., no contiene tan alto porcentaje de geraniol como es el caso del aceite obtenido del tipo

"Guatemala" . (21) .

iii) *Cymbopogon martini* Stapf. var. *motia*

La palmarosa se cultiva abundantemente en casi toda la India debido a las condiciones de suelo y clima que favorecen su desarrollo; ésta se diferencia de "mahapengiri" y de "lenabatu" por poseer el aceite esencial de mejor calidad y mayor contenido en geraniol.(22).

La producción de este aceite se efectúa por destilación por arrastre con vapor de la variedad *motia* y de la variedad *sofia*; ambas variedades crecen en forma silvestre en suelos y climas similares.

La planta se cultiva favorablemente en climas cálidos, templados y con lluvias regulares.

Se han efectuado pruebas a escala y cultivos comerciales en suelos areno-arcillosos, orgánico-arcillosos que cuentan con gran afluencia pluvial, comprobándose que la cosecha se obtiene espléndidamente. Los factores importantes que contribuyen para un buen cultivo de palmarosa son suelos soleados, secos, con pH de 6 a 7.5 y se prefieren valles abiertos con alturas superiores a 300 m que no sean afectados por heladas durante los meses de invierno, con días soleados en las temporadas de florecencia. (23) .

Como las semillas de palmarosa son diminutas y muy ligeras, se mezclan con arena para poderlas sembrar en línea en semilleros; éstos se preparan en suelos de tierra vegetal bien abonada con estiércol. La siembra se efectúa en el mes de abril por ser la temporada de menor humedad y mayor cantidad de luz. El período de germinación de las semillas comienza a los diez días y se completa en dos semanas más; la calidad de las semillas es muy importante porque de ellas dependen las características morfológicas de la planta, manifestándose en la calidad y contenido de aceite.

Es necesario que durante el cultivo se quiten las hierbas perjudiciales por lo menos dos veces al año para poder asegurar en el momento del corte que el material recolectado es exclusivamente la flor y el follaje de las plantas

cultivadas. (24) .

Se ha visto que el cultivo mejora considerablemente con la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en una proporción de 40 Kg de N, 40 Kg de P y 20 Kg de K por hectárea, todo lo anterior reforzado a manera de un abono superficial con una dosis extra de 40 Kg de N dividido en dos dosis que se aplican en los meses de febrero y agosto cuando la plantación se encuentra en estado vegetativo, sujeta a la cantidad de N que contiene el suelo. (25) .

En una prueba realizada por R. Gupta y colaboradores en el cual emplearon diferentes dosis y tipos de fertilizantes, los resultados obtenidos mostraron que no hubo efecto alguno en el rendimiento del aceite.

En la India la hierba florece en el primer año durante los meses de septiembre-octubre, vuelve a florecer en el mes de abril, y en los años subsecuentes continúa su ciclo en los meses de septiembre-octubre.

La cosecha se efectúa entre los diez y quince días de su florescencia, el material recolectado debe permanecer en el campo de tres a cuatro horas para su secado completo. La hierba tampoco debe permanecer demasiado tiempo expuesta al sol porque esto haría disminuir su contenido de aceite. (26) .

III METODOS DE OBTENCION, CONTENIDO Y RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL

- i) *Cymbopogon nardus* Rendle
- ii) *Cymbopogon winterianus* Jowitt
- iii) *Cymbopogon martini* Stapf. var. *motia*

i) *Cymbopogon nardus* Rendle

La planta, una vez seca, es procesada en diversas unidades destiladoras que se encuentran distribuidas a lo largo de las regiones de cultivo y que están localizadas en la base de las colinas de manera que pueda obtenerse un suministro de agua fría.

La unidad de destilación consiste básicamente de dos columnas largas destiladoras conectadas a un condensador tubular y a un receptor.

Los alambiques tienen una capacidad de llenado de 300 Kg de hierba; a uno de estos se le proporciona calor para que el vapor de agua generado arrastre el aceite pasándolo a través del condensador de tal forma que el aceite sea captado en el receptor. El aceite antes de ser almacenado en contenedores que lo protejan del aire, debe estar exento de humedad.

El proceso completo de destilación dura de 5 a 6 horas incluyendo el tiempo requerido para calentar el agua hasta ebullición (aproximadamente 1/2 hr), terminada la operación, la hierba procesada se regresa al campo para ser usada como abono.

El aceite esencial obtenido de la citronela tipo "Ceilán" tiene como principales constituyentes:

geraniol	18.0 %
limoneno	9.7 %
citronelol	8.4 %
canfeno	8.0 %
citronelal	5.2 %

El rendimiento anual del aceite obtenido es de aproximadamente 23 Kg por hectárea; mientras que una hectárea de hierba cosechada y secada convenientemente produce aproximadamente 42 Kg de aceite al año.

Otros rendimientos por hectárea de hierba seca varían de 28.5 Kg a 42 Kg de aceite, anualmente. (27) .

Las propiedades físico-químicas del aceite esencial son:

color:	varía de amarillo a café claro
olor:	áspero
gravedad específica (15° C)	0.900 a 0.920
rotación óptica	- 7° 0' a -22° 0'
índice de refracción (20° C)	1.479 a 1.494
contenido total de alcoholes (expresado como geraniol)	en aceites de buena calidad no abajo de 57 % pero ocasionalmente tan bajo como 54 % en aceites comerciales
contenido real de geraniol	26.0 a 38.8 %
contenido real de citronelal	5.4 a 15.8 %
solubilidad	claramente soluble en uno a dos volúmenes de alcohol al 80 %. La solución permanece clara o vira a ligeramente opalescente en una dilución mayor a 10 volúmenes (Prueba de Solubilidad de Schimmel).

Las pruebas físico-químicas básicas para los aceites esenciales, el olor y la solubilidad, son descritas a continuación:

Sturm y Mansfeld estudiaron la persistencia aromática del aceite relacionando la pérdida de peso con el tiempo transcurrido; la medición de este tiempo se realiza desde la aplicación del aceite en un trozo de papel absorbente (1 mm x 5 mm x 150 mm) en un área de 5 mm² en el momento de pesarlo, hasta que el aroma se disipa. La prueba se verifica en un cuarto donde la temperatura y la humedad se mantienen a 22° y 45 %, respectivamente. (28).

La importancia de la segunda prueba que es la solubilidad del aceite esencial, estriba en que por medio de ésta se detectan adulteraciones con queroseno que son muy comunes y la técnica empleada es descrita por Schimmel. (29,30).

La calidad del aceite está afectada no sólo por el adulterante sino por las temperaturas existentes en las regiones donde crece la citronela. Otra causa para clasificar al aceite como de "menor calidad" es el que la especie "lenabatu" sea resistente y adaptable a climas secos con suelos pobres marcando la diferencia de la calidad del producto obtenido en relación con "mahapengiri". (31).

ii) *Cymbopogon winterianus* Jowitt

La técnica de destilación en Java es igual a la que se usa en Sri Lanka por ser práctica y económica, como se describió para *C. nardus* Rendle.

El citronelal y el geraniol son los principales constituyentes obtenidos al destilar la hierba. Es importante distinguir la diferencia en el contenido de ambos para saber que la destilación debe ser fraccionada en la cual a intervalos determinados se obtienen fracciones del aceite con diferente composición. Así, la primera fracción es citronelal, la segunda consiste principalmente de geraniol y un poco de citronelal; además de éstos se obtiene el citronelol y alcoholes sesquiterpénicos.

Los porcentajes correspondientes a los principales constituyentes del aceite

esencial son:	limoneno	1.80
	dipenteno	5.00
	linalol	3.00
	acetato de citronelilo	2.20
	acetato de geraniol	2.00
	citronelal	40.00
	citronelol	15.00
	geraniol	26.90

Las propiedades físico-químicas del aceite esencial obtenido de "mahapengiri"

son:

color	varía de incoloro a ligeramente amarillo
olor	menos áspero que el del aceite tipo Ceilán
gravedad específica	0.8783 a 0.8932
rotación óptica	- 1° 15' a - 4° 15'
índice de refracción	1.4683
alcoholes totales (expresado como geraniol)	86.2 a 93.4 %
aldehídos totales (expresado como citronelal)	40.6 a 57.3 %

solubilidad claramente soluble en un volumen y más de alcohol al 80 %

Se debe tener cuidado en la selección de los metales con los cuales se construyen los aparatos de destilación, tanques de almacenamiento y tambores de embarque para el aceite esencial porque su presencia redundaría en la calidad del mismo, razón por la cual Meyer ha estudiado durante varios años la influencia de 6 clases distintas de ellos en el aceite de citronela a diferentes temperaturas. Se calentó en presencia de estaño, hierro, aluminio, níquel, cinc y cobre; después de la prueba con aluminio no hubo variación, la modificación más clara se obtuvo probando con el hierro; el autor clasifica al aluminio y estaño como los metales menos nocivos para el aceite. Por otro lado, E. Guenther reporta que los metales dejan impurezas en los aceites y si estos son empleados en las industrias de perfumería, cosméticos, de jabones, etc., causan decoloración en sus preparaciones. (19) .

Los factores que se han enumerado según los autores consultados, concurren para la obtención de un buen aceite esencial.

Rendimiento. En Java se tiene un promedio de rendimiento anual de 84 Kg de aceite por hectárea de hierba, cifra que corresponde al 0.70 % del peso total de la cosecha.

En 1970 Chandra y colaboradores reportaron los datos de un estudio a tres años basado en una plantación de 100 vástagos con porcentajes del aceite en relación al tiempo de cultivo. (ver tabla no. 1) .

Tabla no. 1. Porcentaje del aceite esencial en diferentes meses

	1969	1970	1971	(%) humedad
julio	0.95	1.62	-	-
agosto	1.67	2.05	2.80	++
septiembre	1.49	2.03	-	+
octubre	1.32	2.12	-	+
noviembre	1.40	1.73	-	-
diciembre	1.12	1.34	-	-

De la tabla anterior se deduce que el rendimiento óptimo del aceite es cuando existe mayor humedad en el medio ambiente.

El aceite esencial fué sujeto a un análisis por cromatografía de gases con el fin de determinar el porcentaje de aceite para cada uno de los meses en los cuales se realizó el estudio (ver tabla no. 2) . La determinación se hizo usando estándar interno, empleando dipenteno como referencia (32) .

Tabla no. 2 .

Porcentaje de los diferentes constituyentes del aceite esencial de *C. winterianus* Jowitt

mes	geraniol	geraniol	citronelilo	citronelal	HC
enero	17.00	23.00	3.60	47.40	8.40
marzo	16.70	23.50	7.50	36.30	6.00
mayo	41.10	24.40	3.20	19.60	10.70
agosto	35.00	32.00	4.00	27.20	1.80
octubre	24.60	22.50	2.10	47.00	4.00
diciembre	25.80	18.00	1.60	49.00	5.80

HC = hidrocarburos

iii) *Cymbopogon martini* Stapf. var. *motia*

El método de destilación empleado en la India es sencillo y se adapta fácilmente a cualquier sitio donde se practique el cultivo de la palmarosa; el tiempo requerido para realizar la destilación es de cuatro a cinco horas y las unidades de destilación son similares a las empleadas para procesar la citronela en Java y en Sri Lanka. R. Gupta aclara que se puede incrementar el rendimiento hasta un 1 % secando cuidadosamente la planta y si se destila por separado cada una de las partes es posible diferenciarlas por sus porcentajes de aceite. La planta se dividió en tres partes principales, a saber:

tallos - - - 0.04 % de aceite
 hojas - - - 1.32 % de aceite
 flores - - - 1.71 % de aceite

Otro estudio similar más reciente, hecho por Lall, señala que la máxima cantidad del aceite esencial se obtiene en el período de florescencia de la palmarosa, en el mes de octubre, y que si ésta se destila después de una semana del corte se asegura el completo secado de la hierba aumentando su rendimiento; demostró que la flor tiene la mayor parte del aceite, sin embargo, no es recomendable cortar exclusivamente esta porción porque en un mes florecerá nuevamente provocando una disminución en su contenido. En la tabla no. 3 aparecen las propiedades físico-químicas del aceite esencial obtenido.

Tabla no. 3. Propiedades físico-químicas en muestras del aceite esencial de palmarosa.

	Muestra	ISI especificaciones
color	amarillo claro	amarillo claro a amarillo
olor	a rosa con característico fondo herbáceo	a rosa con característico fondo herbáceo
gravedad específica	0.8900	0.8740 a 0.8860
rotación óptica	2.4°	- 2° a + 3°
índice de refracción	1.4688	1.4690 a 1.4735
acetato de geranilo (%)	20.39	3.1 a 12.5
alcoholes totales (calculado en porcentaje de geraniol)	89.32	mínimo 90.0

De un estudio realizado en Nueva Delhi donde la temperatura ideal para la cosecha de palmarosa es de 28° C y la temperatura desfavorable en el mes de diciembre es de 18° C , se obtuvieron los datos de la tabla no. 4. Las propiedades físico-químicas citadas en esta tabla están referidas de acuerdo a las especificaciones estándares de la India. (Indian Standars Institution, ISI) . (33).

	Mayo-Junio hojas	Sept.-Octubre hojas	flores	Diciembre hojas	ISI especi- ficaciones
color	amarillo claro	amarillo claro	amarillo claro	amarillo claro	amarillo claro
olor	a rosa con li- gera nota ter- pénica	a rosa con ca- racterística nota frutal	a rosa con li- gera nota ter- pénica	a rosa con nota frutal	a rosa con ca- racterística nota a hierba
gravedad específica (30° C)	--	0.87592	0.87852	0.87907	0.8740 - 0.8860
rotación óptica	--	+ 0.40°	+ 0.50°	+ 0.68°	- 2° a + 3°
índice de refracción (30° C)	--	1.47254	1.47094	1.47294	1.4690 - 1.4735
acetato de geraniol	23.5 - 36.2	14.55 - 21.85	23.3 - 38.3	19.90	3.1
geraniol (%) (alcoholes libres)	53.6 - 68.3	72.00 - 79.97	50.0 - 62.8	71.90	--
alcoholes totales (calculado como geraniol)	83.3 - 87.0	89.16 - 91.14	80.3 - 85.9	87.60	mínimo 90.0
contenido de aceites esenciales, v/w. Peso fresco (%)	0.66 - 0.89	0.37 - 0.50	0.46 - 1.17	0.97	--
humedad (%)	2.10 - 3.18	0.88 - 1.18	1.06 - 2.72	1.30	--

19

Tabla no. 4 . Propiedades Físico-químicas del Aceite Esencial de Palmarosa. (25) .

Es muy usual que en la India adulteren el aceite esencial empleando queroseno, aceites minerales, aceite de coco, aguarrás y aceite obtenido del jengibre, siendo este último el que se usa con mayor frecuencia. La falsificación del aceite de palmarosa con el de jengibre es posible debido a la semejanza entre ellos, como el olor, condiciones de cultivo, suelos y climas similares para ambas plantas; la presencia del aceite de coco y del aguarrás es detectable porque se reduce la solubilidad del aceite de palmarosa en alcohol al 70 %.

(34,35) .

IV METODOS DE ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

- i) Cromatografía en Capa Fina
- ii) Cromatografía de Gases

La literatura indica que los métodos más comunes para analizar un aceite esencial son el de cromatografía en capa fina (TLC) y el de cromatografía de gases (GLC) aunque alternativamente o como método complementario pueda usarse la espectroscopía por infrarrojo (IR) .

El método por cromatografía en capa fina se emplea desde hace mucho tiempo y existe literatura suficiente para usarlo de referencia. (36,37,38) .

E. Guenther introdujo el análisis de los aceites esenciales por cromatografía de gases en sus trabajos cuando analizó el contenido de geraniol en el aceite de citronela y palmarosa, reportando las condiciones experimentales necesarias para su reproducción. (17,39) .

Por considerar que es importante en este trabajo, se describen generalidades de los métodos analíticos más empleados en aceites esenciales como se mencionó.

i) Cromatografía en Capa Fina

En una capa fina de adsorbentes adecuados (gel de sílice) y mediante diversos disolventes, principalmente una mezcla de benceno-acetato de etilo (85:15) , se desarrollan mezclas de sustancias en solución, aplicadas previamente en forma de puntos o de bandas. Las sustancias así separadas se hacen visibles observando la placa cromatográfica a la luz ultravioleta (UV) o rociando sobre su superficie reactivos de detección (una mezcla 1:20 de ácido sulfúrico-vainillina) , facilitándose la identificación por comparación con las correspondientes sustancias de referencia.

La TLC presenta las siguientes ventajas:

- a) se requieren pocos aparatos
- b) tiempos cortos de separación (generalmente menos de una hora)
- c) la resolución obtenida es aceptable
- d) incluso con cantidades mínimas de sustancia se puede lograr separaciones nítidas. Como micrométodo el procedimiento es adecuado para análisis de

trazas

- e) los adsorbentes inorgánicos empleados preferentemente como material de capa permiten revelar las manchas de las sustancias separadas, incluso rociando con reactivos agresivos. Otra ventaja es la escasa fluorescencia de los adsorbentes inorgánicos favoreciendo la identificación de las sustancias al ser observadas sobre luz UV.

Actualmente es más fácil seguir esta técnica ya que se suministran muchos adsorbentes y soportes en forma de placas ya preparadas sobre vidrio o lámina. (40) . Aspectos Teóricos de la Cromatografía. El desarrollo que ha sufrido en las últimas décadas la técnica descrita por el biólogo ruso Tswet, a principios de siglo, ha hecho que se lleven a cabo estudios para entender los diferentes tipos de cromatografía. Para Tswet no había un principio teórico, elaboró una técnica de una forma empírica con aplicación en ese tiempo a la separación de pigmentos vegetales; la enorme aplicación actual de la cromatografía fué desarrollada no a principios de siglo sino muchos años después cuando Martin y Synge reportaron lo que se llamó "columna abierta" , aún no se le daba el empleo correcto hasta que otro investigador con una amplia visión estandarizó las condiciones para efectuar una cromatografía, E. Stahl.

La primera cromatografía que se reportó fué en columna donde se observa una fase estacionaria y otra móvil, la primera representada por el empaque de la columna y la segunda por el disolvente que llevará los compuestos contenidos en la mezcla desde el punto de aplicación hasta el frente del disolvente.

En los trabajos posteriores donde se describen otras variantes como es la cromatografía en papel y la cromatografía en capa fina, también se observa que existe una fase estacionaria (el papel o la gel de sílice) y otra que es la fase móvil (el disolvente). Cuando se llega a la cromatografía de gases es posible determinar la fase estacionaria, que es el soporte inerte donde pasa un gas (fase móvil) y lo mismo sucede en la cromatografía gas-líquido y líquido-líquido. Dado

que todas las variantes de la cromatografía tienen dos parámetros comunes se relacionará, para un entendimiento, a otra técnica que ya era usada y que al igual que la cromatografía puede ayudar a la separación de un compuesto proveniente de una planta, de una síntesis o de cualquier sistema biológico. La técnica referida es la llamada "distribución a contracorriente" y como se sabe tiene su fundamento en el coeficiente de reparto o de distribución, que es la relación obtenida cuando una sustancia se distribuye en dos fases inmiscibles entre sí.

Para relacionarlo con una columna se hace el símil de que cada plato teórico representa un embudo en la distribución a contracorriente. Esto existe en una columna de cromatografía si se pudiera cortar la columna en zonas transversales con respecto a la dirección del flujo del disolvente, a cada una de las zonas se le podría llamar un plato teórico y tuviera un espesor necesario para que cuando pase la mezcla a través de él ocurra el fenómeno de partición. Esto ocurriría n veces dependiendo de la longitud de la columna y de la altura de cada plato a la que se llama "altura equivalente de un plato teórico". Esta altura se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$H. E. T. P. = A + \frac{B}{C} + C V$$

A = Difusión de Eddy

B/V = Difusión longitudinal

CV = Transferencia de masa

V = referido a la velocidad de flujo

Para la cromatografía de capa fina al igual que en la cromatografía en columna y cromatografía de gas-líquido y líquido-líquido el fenómeno principal que ocurre es el de partición, esto no es absoluto ya que si se analiza el trabajo en placa de capa fina será muy difícil separar de una forma total la adsorción de la partición, esto es porque casi todos los soportes con excepciones como celulosa tienen "poder de adsorción" y será el primer fenómeno que actúe, sin embargo, si

cuando se ha saturado la cámara previamente, o bien se satura durante el desarrollo en el caso de TLC o cuando una cromatografía en columna se empaqueta en húmedo (suspensiones) el fenómeno que ocurre es de partición.

En la capa fina la fase móvil es el disolvente ascendente y la fase estacionaria es el disolvente en forma de vapor que satura la cámara, aquí es apropiado indicar si hubo o no saturación de cámara, además de la temperatura a la cual se trabaja, esta última porque cada disolvente tendrá diferentes características físicas y entre éstas están densidad, tensión superficial, punto de ebullición, etc., lo que permite que uno de los disolventes empleados esté en menor o mayor proporción en fase de vapor teniendo una resolución de mezcla en función del coeficiente de partición que tengan las sustancias en el sistema del disolvente resultante. (41).

ii) Cromatografía de Gases

La GLC está basada en las diferentes velocidades de migración de los componentes de la muestra al ser arrastrados por un gas inerte a través de un tubo (columna) empacado con material apropiado; el tiempo de análisis puede variar de minutos a horas y las sustancias por detectar pueden estar en concentraciones mínimas (nanogramos). Se emplea para identificar mezclas de compuestos que vaporicen o volatilicen a temperaturas que oscilan de 0° a 450° C y para cualquier sustancia que pueda ser calentada dando una presión de vapor de aproximadamente 30 mm de Hg sin descomponerse.

Las partes básicas de un cromatógrafo de gases son: sistema de inyección, columna, horno, detector y registrador. (figura no. 1) .

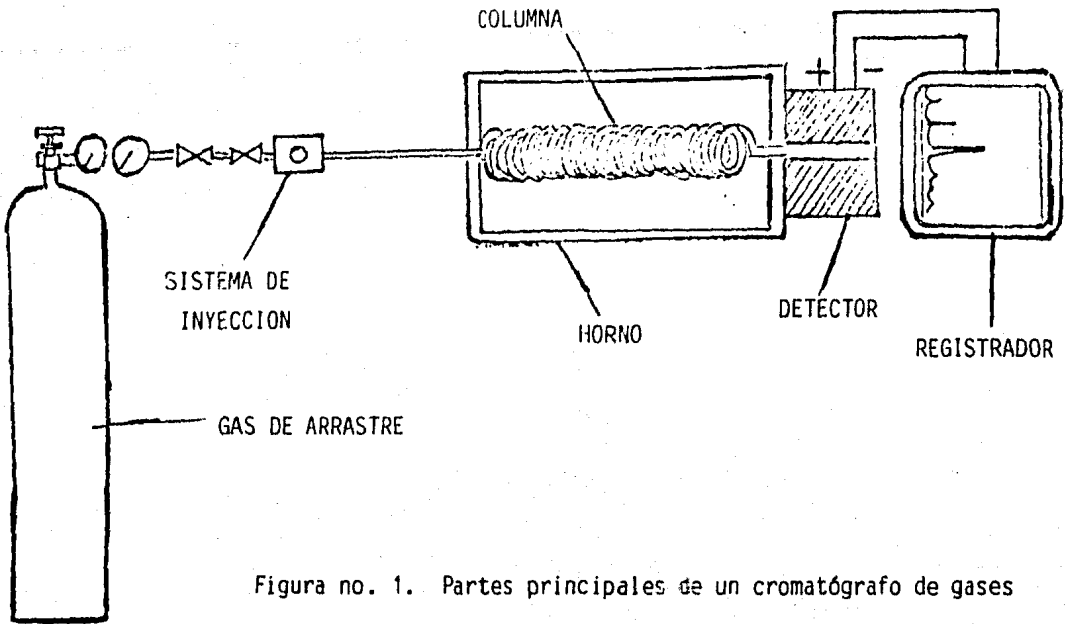


Figura no. 1. Partes principales de un cromatógrafo de gases

El sistema de inyección permite introducir la muestra en estado gaseoso, en la columna se efectúa la separación de los componentes de la muestra y el horno proporciona la temperatura necesaria para el análisis; el detector capta la señal emitida por cada componente y el registrador grafica los resultados. El gas de arrastre se encarga de acarrear la muestra ya vaporizada a través de la columna, donde se produce el fenómeno de partición entre las dos fases (líquida y de vapor).

Cada compuesto de la mezcla tiene diferente coeficiente de partición adquiriendo distintas velocidades de migración en su paso por la columna. El componente con mayor tendencia a disolverse será el que más retenga la columna y último en salir. (42).

Si las condiciones son apropiadas puede lograrse la completa separación de cada uno de los componentes; a la salida de la columna el detector capta la señal indicando la presencia de una sustancia diferente al gas de arrastre.

El gas acarreador debe cumplir varios requisitos, a saber: inerte, capaz de minimizar la difusión gaseosa, puro, de obtención fácil y barata, y adecuado

para el detector.

La parte principal de un sistema cromatográfico es la columna y su selección debe ser apropiada; su empaque consta de una fase estacionaria (líquida) distribuída sobre un soporte sólido, el cual tiene como finalidad aumentar la superficie efectiva de contacto entre el vapor de la muestra y la fase estacionaria. La fase líquida además de ser semejante en polaridad a la muestra debe ser pura y sobre todo tener una presión de vapor más baja que la temperatura del análisis. En la cromatografía de gases la cantidad de muestra que se introduce al aparato depende de la naturaleza del detector y también del tamaño de la columna. (43). A continuación se dan las condiciones apropiadas para un análisis del aceite esencial de citronela por cromatografía de gases (ver fig. no. 2 y tabla no.5).

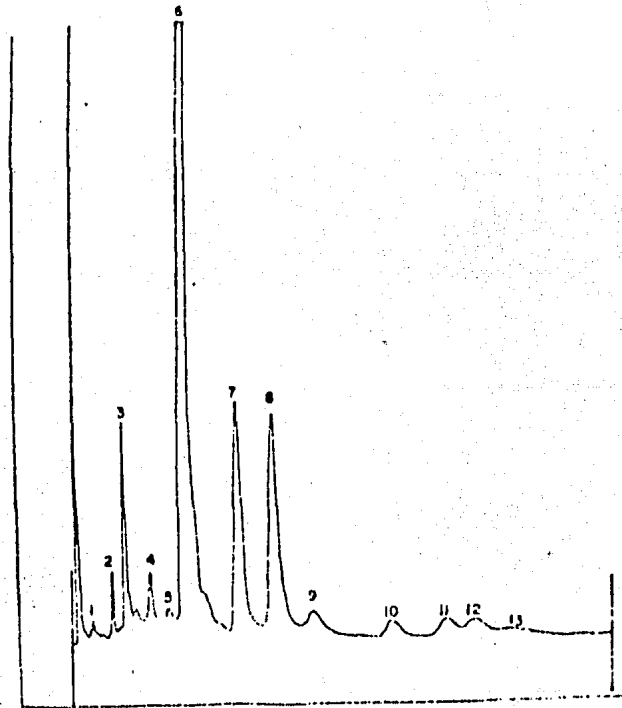


Figura no. 2.

Cromatograma del aceite esencial de citronela analizado por Cromatografía de Gases

Para efectuar el análisis cualitativo, M. Soularf y E. Fanhánel emplearon un cromatógrafo de gases Hitachi (Tipo F6) equipado con un detector de ionización de flama usando como gas portador Nitrógeno. Las columnas de acero inoxidable de 2 m de largo y 3 mm de diámetro interno con las condiciones de trabajo que se describen en la tabla no. 5.

Tabla no. 5. Condiciones de trabajo para el cromatógrafo de gases.

soporte	celita 60-80 mallas
fase líquida	aceite de fenil silicona
soporte/fase líquida	100/25
temperatura columna	130°
temperatura inyector	225°
temperatura detector	230°
velocidad del papel	5 mm/min
velocidad del flujo	40 ml/min
presión de Nitrógeno	1.15 atm
presión de Hidrógeno	0.8 atm
presión de Oxígeno	1.1 atm

Este análisis se llevó a cabo utilizando el método de estándar interno, usando dipenteno (cálculo de los tiempos de retención relativos, ver tabla no. 6) .

Tabla no. 6. Tiempos de retención de los componentes encontrados.(44) .

componente	tiempo de retención
-	-
dipenteno	1.00 min
linalol	1.43 min
-	-
citronelal	2.08 min
citronelol	3.06 min
geraniol	3.55 min
-	-
acetato de citronelilo	5.70 min
-	-
acetato de geranilo	7.20 min
-	-

Una vez identificados los compuestos principales se determinó su contenido aproximado en el aceite considerando el área total de todos los picos del cromatograma del análisis cuantitativo relacionándolo al 100 % (ver tabla no. 7).

Tabla no. 7.

Pico	Compuesto	%
2	--	1.8
3	dipenteno	5.5
5	linalol	3.1
6	citronelal	41.7
7	citronelol	12.7
8	geraniol	12.2
9	--	2.5
10	acetato de citronelilo	1.6
11	--	2.6
12	acetato de geranilo	2.1

V ESTUDIO ECOLOGICO PARA EL CULTIVO DE CITRONELA Y PALMAROSA EN LA REPUBLICA MEXICANA

- i) Climas
- ii) Suelos

i) Climas

El clima de un lugar o una región está determinado por las condiciones atmosféricas. Estas a su vez están conformadas por fenómenos meteorológicos tales como el calor, el frío, la presión atmosférica, los vientos, la humedad, la nubosidad, las lluvias y en general, todos aquellos que originan cambios en la temperatura y en el medio ambiente.

Existen diversos factores que concurren para determinar los tipos de climas; ellos son principalmente: a) altitud (altura de un lugar con respecto al nivel del mar), b) latitud (distancia medida en grados a partir de la línea imaginaria conocida como Ecuador y que en América del Sur atraviesa Brasil y Ecuador en la parte Norte y Colombia en la porción Sur de su territorio), c) relieve del suelo (contraste entre valles, llanuras y montañas), d) cubierta vegetal (bosques, praderas, selvas y tierras de cultivo), e) cuerpos de agua (ríos, lagos y mares). Conforme a su latitud, en México se distinguen dos zonas climáticas específicas: tropical y templada. El límite de ambas es la línea imaginaria conocida como "Trópico de Cáncer" (paralelo 23° 27' latitud Norte) que corta al país es dos, cruzando los estados de Baja California Sur, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Tamaulipas.

En cuanto a la altitud existe una gran variedad de climas provocados por lo accidentado del relieve y por la influencia de las grandes masas marítimas que bordean el territorio nacional; el Océano Pacífico y el Golfo de México que afectan el comportamiento de los climas sobre todo en las zonas litorales.

Tipos de Clima. Según el grado de humedad, en México se localizan zonas que se caracterizan por los tipos de climas siguientes: húmedos, semihúmedos y secos.

De acuerdo al régimen térmico se han establecido tres grandes grupos, a saber:

- a) Megatérmico, comprende la zona cálida o tropical
- b) Mesotérmico, incluye las zonas templada, semifría y fría
- c) Extremoso, típico de zonas secas donde los rangos de variación de la tempera-

tura son muy amplios presentando una temperatura media menor a 0° C hasta mayor de 40° C.

De la combinación de la humedad y la temperatura se observa en el país tres grandes grupos de climas: tropical, lluvioso, templado-lluvioso y seco.

Las regiones por donde cruza el Trópico de Cáncer es donde se observa que la temperatura es bastante uniforme. En el mes más frío que es Enero, se registran temperaturas medias no menores de 20° C. En las zonas al Norte del Trópico de Cáncer, en los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Norte de Durango, Nuevo León, Norte de San Luis Potosí y Norte de Tamaulipas, el promedio de temperatura anual es no menor de 15° C, y sólo en algunas porciones de la altiplanicie dicho promedio baja hasta 10° C.

En algunos lugares de los estados de Sonora, Sinaloa, Baja California, Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas, se alcanzan temperaturas superiores a los 33° C en los meses más calurosos -junio a septiembre- y en los meses de invierno ésta oscila entre 0° y 20° C.

En la zona tropical, en los estados de Veracruz, Tabasco, Península de Yucatán y parte de Chiapas, Oaxaca y Guerrero, las temperaturas son elevadas y en los meses más fríos se tienen temperaturas mayores a los 15° C, salvo en las regiones elevadas de la Altiplanicie de Chiapas, las que presentan oscilaciones menores a los 15° C. En otras regiones al Sur del Trópico de Cáncer, en estados como Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Tlaxcala y Puebla, se mantiene una temperatura promedio anual de aproximadamente 18° C.

Las heladas también cobran cierta relevancia en México sobre todo en algunos meses, especialmente durante los dos últimos y los dos primeros del año. La influencia de éstas es importante para el desarrollo de los cultivos, sin embargo, su exceso produce pérdidas significativas en las cosechas. Las heladas cubren la porción del territorio nacional que queda al Norte del paralelo 19° y parte de los estados de Puebla y Oaxaca, y una pequeña porción del Centro de Chiapas.

Precipitación. La distribución de las lluvias en el territorio nacional se presenta de manera irregular, mientras existen zonas donde llega en forma abundante hay otras donde es muy escasa y en ocasiones carecen de ellas. La mayor cantidad de lluvias durante el año se registra en la porción del país localizada al Sur del paralelo 23º que abarca prácticamente a todos los estados desde el Sur de Sinaloa en el Pacífico y Sur de Tamaulipas en el Golfo, incluyendo a la Península de Yucatán. Excepción de ellos son algunas partes de los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, México, Jalisco y Michoacán; así como los estados de Aguascalientes y Guanajuato, en cuyos territorios las lluvias de todo el año son un poco menores, aunque no por abajo de los 400 mm. En el resto de los estados de este primer grupo predominan en una mayor extensión precipitaciones con máximas de 1 600 mm anuales como es el caso de la Península de Yucatán, salvo una superficie de Campeche, cuyas lluvias anuales oscilan entre 1 600 y 3 200 mm; en este mismo caso se encuentra Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Puebla, Guerrero y Michoacán. En los estados que se ubican en la porción Norte del paralelo 23º, las lluvias son generalmente más escasas, habiendo zonas de la Península de Baja California y costa Norte de Sonora donde la precipitación anual alcanza un máximo de 50 mm. Existe una porción de la misma Península en la zona Noroeste de clima mediterráneo en la que se presentan durante el invierno lluvias entre 100 y 200 mm.

Salvo una porción que comprende a Sinaloa, Chihuahua y Durango donde las lluvias alcanzan un máximo de 1 800 mm al año, el resto de los estados presentan un panorama menos favorable en virtud a que oscilan en un nivel de 100 a 800 mm de precipitación anual. Tal es el caso del Norte de Chihuahua, Nuevo León, Zacatecas y gran parte del territorio de Coahuila, con una precipitación anual media de 300 mm, así como determinadas regiones de los estados de Sonora, Sinaloa, Durango, Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila, con una precipitación anual de 600 mm en promedio.

Las lluvias se distribuyen prácticamente a lo largo de los meses del año en mayor o menor intensidad; sin embargo, en México se presentan principalmente de junio a mediados de octubre, denominándose lluvias de verano. Antecede a estas lluvias un período de transición en el mes de mayo con lluvias irregulares y dispersas.

En resumen, las lluvias generales de mayo a octubre tienen reducido valor en la Altiplanicie del Norte, un valor intermedio en la Altiplanicie del Centro y elevado en la porción Sur y Sureste de la República Mexicana. (45) .

Es posible observar alguna similitud en el clima de la R. Mexicana con respecto a otros países dependiendo de la localización geográfica en cuanto a la altitud. La República Mexicana está comprendida entre los paralelos 32° 43' y 14° 32' latitud Norte; en igual posición se localizan varios países de Asia, Africa, entre otros, por lo que esos países y las regiones mencionadas del territorio nacional tienen climas semejantes.

El clima determina en forma relativa el uso del suelo puesto que siempre se trata de adecuar las actividades agrícolas al desarrollo de la producción con objeto de mejorar su rendimiento. (46) .

ii) Suelos

Existen diferentes tipos de suelo de acuerdo con las condiciones atmosféricas de cada región que determinan la explotación de los recursos naturales y la presencia misma del hombre. Los suelos fértiles son aquellos que gozan de buen clima, agua suficiente y una cubierta vegetal exuberante que los hace aptos para el uso y explotación; el aprovechamiento de éstos depende en gran medida del hombre, quien con el uso de la ciencia y la tecnología pueda mejorar el cultivo de las tierras y, en muchos casos, producir vegetales ajenos a los que se dan en suelo mexicano.

Tipos de suelo en México. Por su estructura geológica hay una gran diversidad

de suelos en el país de manera que ha llegado a decirse que en México existen casi todos los tipos de suelo del mundo, si bien sujetos a modalidades ocasionadas por la situación geográfica y su clima. (47). Los principales climas, son:

a) suelos desérticos y semidesérticos

se localizan donde los climas son muy áridos y la humedad escasa; la vegetación se presenta en forma de matorrales y la precipitación en estas áreas no superan los 300 mm anuales. Ocupan una superficie de 341 000 Km² (17.4 % del territorio nacional) y se localizan en la Península de Baja California exceptuando las tierras altas; la planicie costera de Sonora; el centro, Norte, Noreste y Sureste de Chihuahua; Noreste de Durango y Noreste de Coahuila; Noreste de Zacatecas; Sur de Nuevo León y Norte de San Luis Potosí y prácticamente todo Aguascalientes.

b) suelos negros

Se encuentran en zonas de clima templado semiseco con inviernos fríos y veranos calientes; su vegetación crece vigorosamente en primavera y verano por las altas temperaturas y la humedad adecuada lo que los hace ser suelos de alto valor agrícola. Ocupan una superficie de 300 000 Km² (15.3 % de extensión nacional), las lluvias alcanzan de 600 a 1000 mm anuales; estos suelos se localizan en las vertientes oriental y poniente de la Sierra Madre Occidental; parte media y Sur de la Altiplanicie del Centro, la Sierra Volcánica Transversal, Sierras Madre Oriental y del Sur, los valles centrales de Oaxaca, la zona Mixteca, Puebla y estado de México.

c) suelos de pradera

se localizan en zonas de transición de los climas húmedo-boscosos (templado) a los secos, y por ello se desarrollan pastos altos. La precipitación media anual es de 1 000 mm, sin embargo, se considera que sólo existen 108 000 Km² de estos suelos (5.5 % del territorio nacional) dispersos a lo largo de toda la planicie

costera del Noroeste, parte Istmo de Tehuantepec y pequeña porción del Occidente de Chiapas, penetrando en el valle del Río Balsas hasta los estados de Morelos y Puebla, así como en el valle del Río Mezcala en el Suroeste Chiapas.

d) suelos de rendzina

En estos suelos la vegetación es muy variable por localizarse en climas húmedos con lluvias abundantes (más de 1 500 mm de precipitación media anual); de ellos existen 92 000 Km² en el país (4.7 % del territorio nacional), ubicados en la mayor parte de la planicie costera Tamaulipeca, Oriente de San Luis Potosí, Noroeste de Veracruz, Norte de Hidalgo y parte Sur de la Península de Yucatán.

e) suelos lateríticos, terra rosa y gley

los climas tropicales con humedad que varía desde 60 hasta 80 % con lluvias abundantes superiores a 1 750 mm de precipitación media anual son condiciones particulares en este tipo de suelos. Los primeros, se encuentran en los estados de Veracruz y Chiapas, los gley en la región de la Chontalpa y los terra rosa cubren la mayor parte de la Península de Yucatán; estos tipos de suelos ocupan 219 000 Km² (11.2 % de la extensión nacional).

Los cinco tipos de suelos cubren una superficie total de 1 385 198 Km² que equivalen al 70.7 % de la superficie total del país y representan el 100 % de la superficie arable. (48,49) .

VI CONCLUSIONES

Las condiciones de temperatura, humedad, precipitación pluvial y tipo de suelos que existen en las regiones donde se cultivan favorablemente el *Cymbopogon nardus* Rendle, *Cymbopogon winterianus* Jowitt ("Java" y "Guatemala") y *Cymbopogon martini* Stapf. var. *motia*, mencionadas en este estudio son las siguientes:

Lugar	Suelo	* PP Pluvial	Temperatura	Humedad
India	areno-arcilloso	2 000-2 500 mm	28° - 30° C	60 - 70 %
Sri Lanka	areno-arcilloso	1 500-1 800 mm	28° - 30° C	60 - 70 %
Java	arenoso	1 500-2 000 mm	30° - 32° C	70 - 80 %

De acuerdo con los datos anteriores se deduce que las regiones de la República Mexicana con mayor probabilidad para el cultivo de las variedades arriba mencionadas son aquellas que se encuentran por debajo de paralelo 23°, a saber: la parte Sur de Sinaloa, Sur de Tamaulipas, Norte y Noreste de Michoacán, Norte y Noroeste de Guerrero, Puebla, Suroeste de Veracruz, Norte y Noreste de Oaxaca, el centro y Sur de Chiapas y toda la Península de Yucatán, puesto que en tales regiones las condiciones climatológicas y geográficas son similares a las de los principales países productores de estas plantas.

Con base en la bibliografía consultada para la realización de este trabajo se logró compilar los datos más relevantes respecto del medio ambiente donde se desarrollan la citronela y la palmarosa; plantas que contienen al geraniol, materia prima ampliamente demandada por la Industria Químico Farmacéutica (50,51). Teniendo en cuenta que el país existen condiciones climáticas y del suelo similares a las de aquellas regiones en las que se cultivan dichas plantas, se considera como muy probable que en México daría buen resultado su desarrollo, tanto en rendimiento como en calidad de aceite.

* Los datos de precipitación pluvial están reportados en -promedio anual- .

En vista de que el proceso de destilación no presenta grandes dificultades tecnológicas, también es posible decir que el aceite esencial proveniente de los plantíos mexicanos cumpliría con la norma que dictan los patrones (estándares) internacionales para la producción del geraniol. Asimismo, es factible que con la producción del aceite nacional se logrará evitar la importación del producto, con lo que se aseguraría cumplido el objetivo de este trabajo.

VII BIBLIOGRAFIA

- 1.- Preparaciones fitoquímicas
Giral F. , Luna M V M. , Monroy V G.
Ciencia, 16 , 149-150 , 1956.
- 2.- Essential oils from some exotic plants raised in Kumaon. (Citronella Java Type)
Baslas R K. , Baslas k K.
Perfumning Essential Oil Rec. , nov.-dic. , 341-344
Nainital, India , 1969.
- 3.- The industrial importance of monoterpenes and essential oils
Erickson R E.
Lloydia (CINCI) , 39 (1) , 8-19 , 1976.
- 4.- A process for the manufacture of perfumery grade geraniol from oil of palmarosa
Datta S Ch. , Nigam M Ch. , Lal R N.
Patent India , 140429
Central Indian Medicinal Plants Organization, Lucknow, India, 1981.
- 5.- Synthetic products from oil of citronella
Devakumar C. , Narayana M R. , Khan M N A.
Indian Perfumer. , 22 (3) , 139-145
Bangalore, India , 1977.
- 6.- Cifras de importación de materia prima, en México
Secretaría de Comercio Exterior
México, D. F. , 1983.
- 7.- The INDEX Merck
Merck and Co. , Inc.
Rahway, N. J. , U S A , 4236 , 1976.
- 8.- Organic Chemistry
Morrison R T. , Boyd R N.
Allyn and Bacon, Inc. , 1981.
- 9.- An Introduction to Organic Chemistry
Streitwieser C H. , Heathcock C H.
Mc Millan Publishing Co. , 1976.

- 10.- An Introduction to Organic Chemistry
Reusch, W H.
Holden-Day , Inc. , 1977.
- 11.- Advanced Organic Chemistry
Fieser L F. , Fieser M.
Reinhold Publishing Co., New York , 1978.
- 12.- Productos Químicos y Farmacéuticos
Giral F. , Rojahn C A.
Compuestos Alicíclicos, III , 1569-1590
Ed. Atlante, S. A. , México , 1956.
- 13.- Gramineae. An Introduction to Modern Botany
Greulach V A. , Edison A J.
John Willey and Sons, Inc., N.Y. , 1970.
- 14.- Botánica Taxonómica
Gutiérrez Gabriel
Editado por el Ministerio de Agricultura de Colombia , 1953.
- 15.- The Plant World
Fuller J H. , Carothers B Z. , Payne W W. , Balbach K M.
Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1972.
- 16.- Botany
Robbins W W. , Weier T E , Stocking C R.
John Willey and Sons, Inc., 510-530
New York , 1957.
- 17.- The Essential Oils
Guenther , Ernest
Van Nostrand, I
New York , 1950.
- 18.- Temperature effects on essential oil composition of citronella,
cymbopogon - nardus selections
Herath H M. , Iruthayathas E E. , Ormond D P.
Economic Botany , 33 (4) , 425-430
Sri Lanka , 1980.

- 19.- Essential oil of *Cymbopogon winterianus* (oil of citronella)
Virmani o P. , Datta S C.
Flavour Industry , 2 (10) , 595-602
Lucknow, India , 1971.
- 20.- Citronella oil from shade-dried grass
Narayana M R. , Gowda D R. , Manjanatha T R.
Soap, Perfumng and Cosmetics , 40 (5) , 336-338.
Bangalore, India , 1967.
- 21.- Variation of some important traits in citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) (Cultivars, breeding)
Kole C. , Patra N K. , Sen S.
Indian Perfumer , 24 (4) , 185-191
Kanpur , India , 1980.
- 22.- Perfumes, Cosmetics and Soaps
Poucher W A. , vol I
Chapman and Hall , 1974.
- 23.- Grow palmarosa oil-grass for rose like perfume
Gupta, Rajendra
Indian Farming , 22 (1) , 17-20
Nueva Delhi, India , 1972.
- 24.- Identification of two morphologically distinct plant types of palmarosa and their performance with respect to oil yield (*Cymbopogon martini*, aromatic crop, perfume production)
Verma S. , Trivedi K C. , Gupta R.
Indian Perfumer, 22 (2) , 79-87
Nueva Delhi , India , 1978.
- 26.- Studies on population pressure and performance of crop raised by seedlings vs slips on yield of palmarosa (Aromatic plant used for perfume production)
Kanjilal P B. , Singh R S. , Pathak M G. , Bordoloi D N.
Kanpur , India , 1981.
- 27.- Varietal differences in the constituents of citronella oil
Wijesekera R O B. , Jayewardene A L. , Fonseka B D.
Phytochemistry , 12 (11) , 2697-2704
Oxford , 1973.

- 28.- Odor tenacity of perfumery materials
Hosakawa H. , Shibamoto T.
Perfumer and Flavorist , 2 (7) , 29-30, 32
Tokyo , Japón , 1978.
- 29.- Physical foundations in perfumery. Volatility of the essential oils
Apell, Louis
American Perfumer and Cosmetics, 83 (11) , 37-42 , 46-47
U S A , 1968.
- 30.- Química Farmacéutica Cuantitativa
Jenkins , Glenn L.
Ed. Atlante , México , 1950.
- 31.- The Essential Oils
Guenther, Ernest
Van Nostrand, II , IV.
Nueva York , 1950.
- 32.- Variation of geraniol and citronellal content in *Cymbopogon winterianus*
during different stages of growth
Chandra V. , Singh B.
Indian Perfumer, 15 , (1) , 19-21
Lucknow , India , 1971.
- 33.- Influence of varieties on the grass, oil yield and quality of oil of
palmarosa (*Cymbopogon martini* Stapf. var. *motia*)
Nair E V G. , Chinnamma N P. , Pushpakumari R.
Indian Perfumer , 24 (1) , 22-24
Lucknow , India , 1980.
- 34.- Detection of adulteration of palmarosa oil with gingergrass oil by
Thin Layer Chromatography
Baiswara R B. , Nair K N G. , Mathew T V.
Research and Industry , 21 (1) , 37-39
Nagur , India , 1976.
- 35.- A thin layer chromatography method for estimation of geraniol in oils
of palmarosa
Siddiqui M S. , Mohammad F.
Perfumer and Flavorist , 4 (2) , 19-20
Lucknow , India , 1979.

- 36.- Thin Layer Chromatography
Stahl , E.
Springer Verlag, 1965.
- 37.- Dünnschicht Chromatographie
Stahl , E.
Springer Verlag , 1967.
- 38.- Drug Analysis by Chromatography and Microscopy
Stahl , E.
An Arbor Science , 1973.
- 39.- Introduction to Chromatography
Abbott , David
Longman Group , Ltd., London , 1970.
- 40.- Información sobre cromatografía en capa fina
Merck, E.
Darmstadt, R F. Alemania
- 41.- Manual práctico de cromatografía de gases
Perkin Elmer International
Aplicaciones en Cromatografía de Gases , 1975.
- 42.- A textbook of Pharmaceutical Analysis
Connors, Kenneth A.
Wiley Interscience Publication, 1975.
- 43.- Gas Chromatography
Littlewood, A B.
Academic Press, New York , 1970.
- 44.- Essential oil of *Cymbopogon winterianus* (citronella oil) produced in Cuba.
Soulari M. , Fanghánel E.
Revista CENIC , 3 (1) , 79-91
Habana, Cuba , 1971.
- 45.- Síntesis Geográfica de México
Sánchez , A. M.
Ed. Trillas , 1974.
- 46.- Introducción a la Geografía Física
Valencia, R F.
Ed. Herrero, 1978.

- 47.- Fundamentos de Geología Física
Leet L. D. , Judson Sh.
Ed. Limusa , 1980.
- 48.- Manuales de Información Básica de la Nación
Dirección General de Estadística, Geografía e Información , 1983.
- 49.- Atlas Geográfica
México en el Universo
Ed. C.E.C.S.A. , 1983.
- 50.- On the production of plant based raw materials for aromatic and pharmaceutical industries
Khan M N A. , Sarwar N.
Cultivation and Utilization of Medicinal and Aromatic Plants, 492-494
Jammu-Tawi, India , 1977.
- 51.- Monographs on fragrance raw materials. Palmarosa oil
Opdyke, D L J.
Food and Cosmetics Toxicology , 947
Englewood Cliffs, N. J. 1974.