



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL,
UNIDAD DURANGO.

POTENCIAL PRODUCTIVO DEL ORÉGANO
(*Lippia graveolens* HBK.) Y CALIDAD DE SU
ACEITE ESENCIAL EN DOS LOCALIDADES
DE EL MEZQUITAL, DGO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTA

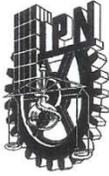
EVELYN FLORES RIVERA

DIRECTOR: DR. J. NATIVIDAD GURROLA REYES

CO-DIRECTORA: M.C. M. CELINA GONZÁLEZ G.

Victoria de Durango, Dgo., Diciembre de 2009





SIP-13

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS
Y DESIGNACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS*

México, D.F. a 10 de junio del 2009

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-IPN en su sesión Unidad Durango ordinaria No. 5 celebrada el día 12 del mes de mayo conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

FLORES RIVERA EVELYN
Apellido paterno Apellido materno Nombre (s)

Con registro:

B	0	7	1	2	4	6
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:
Potencial productivo del orégano (*Lippia graveolens* HBK.) y calidad de su aceite esencial, en dos comunidades de El Mezquital, Dgo.

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:
Estimación del potencial productivo mediante sistemas de información geográfica (SIG's).
Caracterización de los principales componentes químicos del aceite esencial del orégano por Cromatografía de gases y aplicación de técnicas de laboratorio para la evaluación de su calidad.

2.- Se designa como Director de Tesis al C. Profesor:
Dr. Natividad Gurrola Reyes, M. en C. Martha Celina González Güereca

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:
CIIDIR IPN UNIDAD DURANGO
que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

El Director de Tesis



Dr. Natividad Gurrola Reyes



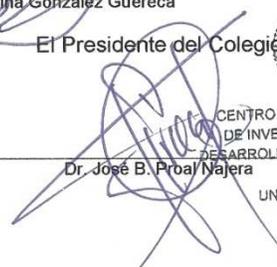
M. en C. Martha Celina González Güereca

El Aspirante



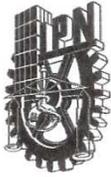
Evelyn Flores Rivera

El Presidente del Colegio



Dr. José B. Proal Najera


CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD DURANGO
I.P.N.



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

SIP-14

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Durango, Dgo. siendo las 15:30 horas del día 11 del mes de diciembre del 2009 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR IPN Durango para examinar la tesis de titulada:

Potencial productivo del orégano (*Lippia graveolens* HBK) y calidad de aceite esencial en dos localidades del Mezquital, Dgo.

Presentada por el alumno:

FLORES

Apellido paterno

RIVERA

Apellido materno

EVELYN

Nombre(s)

Con registro:

B	0	7	1	2	4	6
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director de tesis

Dr. J. Natividad Gurrola Reyes

M. en C. Martha Celina González Güereca

Dra. María del Socorro González Elizondo

Dr. Gustavo Pérez Verdín

Dr. Isaias Chairez Hernández



EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

COLEGIO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD DURANGO
I.P.N.

Dr. José Bernardo Proal Nájera



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de **DURANGO, DGO.**, el día **11** del mes **DICIEMBRE** del año **2009**, el (la) que suscribe **FLORES RIVERA EVELYN** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL** con número de registro **B071246**, adscrito a **CIIDIR IPN UNIDAD DURANGO**, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **DR. J. NATIVIDAD GURROLA REYES** y de la **M. C. MARTHA CELINA GONZÁLEZ GÜERECA** y cede los derechos del trabajo intitulado **POTENCIAL PRODUCTIVO DEL ORÉGANO (*Lippia graveolens* HBK.) Y CALIDAD DE SU ACEITE ESENCIAL, EN DOS COMUNIDADES DE EL MEZQUITAL, DGO.**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección flowerseve@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


FLORES RIVERA EVELYN
Nombre y firma

LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE LLEVÓ A CABO EN EL CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, UNIDAD DURANGO, DERIVADA DEL PROYECTO “ESTUDIO INTEGRAL DEL APROVECHAMIENTO DEL ORÉGANO (*Lippia graveolens* HBK.) EN COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DEL MEZQUITAL DURANGO”, CON CLAVE FOMIX DGO-2007-C0167973, BAJO LA DIRECCIÓN DEL DOCTOR J. NATIVIDAD GURROLA REYES, M. EN C. MARTHA CELINA GONZÁLEZ GÜERCA Y EL DR. ISAÍAS CHAIREZ HERNÁNDEZ.

ÍNDICE GENERAL

	PAG.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1 Recursos forestales no maderables	3
2.2 Orégano	4
2.3. <i>Lippia graveolens</i> HBK.	4
2.3.1 Descripción Taxonómica	4
2.3.2 Descripción botánica	5
2.3.3 Distribución y poblaciones	5
2.3.4 Hábitats	6
2.3.5 Usos	7
2.4 Importancia social y económica	7
2.5 Importancia de la evaluación del recurso	8
2.6 Importancia del recurso orégano en el municipio El Mezquital.....	8
2.7 Potencial productivo de biomasa.....	9
2.7.1 Modelos predictivos.....	11
2.7.1.1 Requerimientos del modelo predictivo.....	11
2.7.1.1.1 Fuentes de información de la especie de interés	12
2.7.1.1.2 Información ambiental y herramientas de SIG.....	12
2.7.1.1.3 Información matemático-estadística	15
2.8 Aceites esenciales.....	16
2.9 Control de Calidad.....	17
2.10 Métodos para determinar la calidad de un aceite esencial	18
2.11 Características de calidad del aceite esencial de orégano.....	19
III. OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo general	20

3.2 Objetivos particulares	20
IV. HIPÓTESIS.....	20
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
5.1. Área de estudio	21
5.2 Localidades de estudio.....	22
5.2.1 Agua Escondida (clave de identificación El Troncón).....	22
5.2.2 Santa Gertrudis	23
5.3 Sitios de muestreo.....	24
5.4 Método de muestreo.....	25
5.5 Estimación del potencial productivo	26
5.5.1 Manejo del material botánico.....	26
5.5.2 Componentes requeridos	26
5.5.3 Modelo predictivo	32
5.5.4 Precisión del mapa de probabilidad.....	34
5.6.5 Existencia real total de hoja seca	35
5.6 Calidad del aceite esencial.....	35
5.6.1 Material botánico	36
5.6.2 Extracción de aceite esencial	36
5.6.3 Control de Calidad.....	37
5.6.3.1 Caracterización química	37
5.6.3.2 Análisis organoléptico.....	38
5.6.3.3 Análisis fisicoquímico	39
5.6.3.4 Control estadístico.....	43
VI. RESULTADOS.....	44
6.1 Muestreo	44
6.2 Estimación del potencial productivo	45
6.3 Calidad del Aceite Esencial	53
6.3.1 Material botánico	53
6.3.2 Porcentaje de rendimiento.....	53
6.3.3 Análisis organoléptico.....	55

6.3.4 Análisis fisicoquímico	56
6.3.4.1 Densidad relativa.....	56
6.3.4.2 Residuo a la evaporación	57
6.3.4.3 Cenizas.....	58
6.3.4.4 Índice de refracción	59
6.3.4.5 Solubilidad en etanol	60
6.3.5 Caracterización química	62
6.3.5.1 Similitud química	62
6.3.5.2 Componentes principales	67
VII. CONCLUSIONES	71
VIII. RECOMENDACIONES	73
IX. BIBLIOGRAFÍA	74
X. GLOSARIO	i
XI. ANEXOS	ii

ÍNDICE DE CUADROS

	PAG.
Cuadro 1. Características generales del aceite esencial de <i>Lippia graveolens</i>	19
Cuadro 2. Características geográficas y ambientales sitios El Troncón	24
Cuadro 3. Características geográficas y ambientales sitios Santa Gertrudis	24
Cuadro 4. Tabla de decisión para modelos probabilísticos generado por López (2004).....	34
Cuadro 5. Matriz de datos correspondiente a los valores originales de cada sitio de muestreo	45
Cuadro 6. Análisis de varianza resultado de la regresión	46
Cuadro 7. Variables incluidas del análisis de regresión Forward	46
Cuadro 8. Comparación de pesos de hoja seca (g) de los doce sitios de muestreo .	51
Cuadro 9. Cálculos de peso de hoja seca, existencias reales y hectáreas resultantes	52
Cuadro 10. Transmitancia promedio para cada localidad de estudio	55
Cuadro 11. Densidad relativa promedio para cada localidad de estudio.....	56
Cuadro 12. Residuo a la evaporación promedio para cada localidad de estudio	57
Cuadro 13. Cenizas promedio para cada localidad de estudio	58
Cuadro 14. Índice de refracción promedio para cada sitio de estudio	59
Cuadro 15. Precipitación registrada en los años de colecta por la estación El Troncón.....	66
Cuadro 16. Compuestos detectados por cromatografía de gases (2007)	68
Cuadro 17. Compuestos detectados por cromatografía de gases (2008)	68
Cuadro 18. Monoterpenos detectados en las muestras obtenidas de las localidades de estudio.....	69
Cuadro 19. Sesquiterpenos detectados en las muestras obtenidas de las localidades de estudio.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

	PAG.
Figura 1. Ubicación del municipio de El Mezquital, Dgo	21
Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.....	23
Figura 3. Mapa del tipo de vegetación (CONABIO)	27
Figura 4. Mapa del tipo de suelo (FAO)	27
Figura 5. Mapa de precipitación anual (mm)	28
Figura 6. Mapa de isotermás (°C)	28
Figura 7. Mapa de Índice de vegetación.....	29
Figura 8. Mapa de altitud (msnm)	30
Figura 9. Mapa de pendiente.....	30
Figura 10. Banda tres del satélite Landsat, resolución 0.63-0.69 μm	31
Figura 11. Equipo utilizado para extraer el aceite esencial	36
Figura 12. Sitios de muestreo El Troncón	44
Figura 13. Sitios de muestreo Santa Gertrudis.....	44
Figura 14. Mapa predictivo con datos estandarizados	50
Figura 15. Mapa predictivo con valores reales de producción (g)	50
Figura 16. Mapa predictivo con valores reales de producción reclasificado (g)	50
Figura 17. Ubicación de los puntos conocidos de orégano, utilizados para validar la precisión del mapa	51
Figura 18. Porcentaje de rendimiento de aceite esencial para Santa Gertrudis.....	53
Figura 19. Porcentaje de rendimiento de aceite esencial para Troncón.....	54
Figura 20. Comportamiento de la solubilidad del aceite esencial de los sitios 2007 .	60
Figura 21. Comportamiento de la solubilidad del aceite esencial de los sitios 2008 .	60
Figura 22. Dendograma resultante del análisis de compuestos de 2007	63
Figura 23. Análisis de componentes principales realizado a las muestras de 2007 ..	63
Figura 24. Análisis de componentes principales realizado a las muestras de 2008 ..	65
Figura 25. Dendograma resultante del análisis de compuestos de 2008	65

RESUMEN

Potencial productivo del orégano (*Lippia graveolens* HBK.) y calidad de su aceite esencial en dos localidades de El Mezquital, Dgo.

Palabras claves: *Lippia graveolens*, potencial productivo, SIG, aceite esencial, normas mexicanas.

El estado de Durango cuenta con varios municipios productores de orégano, entre éstos el municipio de El Mezquital es uno de los más representativos. La hoja contiene, aceite esencial de calidad por los contenidos de los terpenos timol y carvacrol. Con el fin de complementar la información existente en el Estado, se realizó la estimación del potencial productivo del orégano en las localidades El Troncón y Santa Gertrudis del municipio de El Mezquital Dgo., con el apoyo de sistemas de información geográfica y también se determinó la calidad de su aceite esencial. El potencial productivo se estimó con la creación de un mapa de probabilidad del peso de hoja seca, que requirió el uso de valores de materia seca, información del hábitat recopilada de mapas digitales, puntos conocidos de población de orégano y finalmente imágenes satelitales. En cuanto a la calidad del aceite esencial, ésta se estimó por su rendimiento, determinación de componentes químicos mayoritarios y análisis organolépticos y fisicoquímicos basados en normas mexicanas. Los resultados de calidad, se examinaron con análisis de conglomerados y análisis de comparación de medias. El mapa de probabilidad mostró una precisión buena de predicción y se determinó que en el área de estudio existen 6,432 ha aprovechables de orégano, de las cuales se pueden obtener 57,160.2 Kg de hoja seca. Se obtuvieron rendimientos de aceite esencial mayores a los registrados en otros estudios de 4.6 a 12%. Las características organolépticas y fisicoquímicas, no presentaron diferencias estadísticas significativas entre localidades. Se detectó la presencia de timol en cantidades altas y la ausencia de carvacrol. Por lo que se concluye que el mapa obtenido funciona adecuadamente para fines descriptivos ó estimativos. La composición química entre localidades es similar y el aceite esencial del área de estudio posee contenidos altos de timol.

ABSTRACT

Productive potential of Mexican oregano (*Lippia graveolens* HBK.) and quality of essential oil in two towns in the Mezquital, Dgo.

Keywords: *Lippia graveolens*, productive potential, GIS, essential oil, Mexican standards.

The state of Durango has several municipal collectors of Mexican oregano, with Mezquital being one of the most representative. This municipality also has a quality essential oil that contains substantial quantities of terpenes thymol and carvacrol. With the objective of supplementing existing information in the municipality on the use of oregano, this study estimated the production potential of Mexican oregano with the use of geographic information systems and it was determined that the quality of essential oil are in Santa Gertrudis and Troncon in this municipality. The production potential was estimated by creating a probability map of dry leaf weight, which required the use of dry matter production, habitat information collected from digital maps, points known population of oregano and finally satellite images. As far as the quality of the essential oil, this was considered by its yield, organoleptic and physico-chemical determination of majority chemical components and analyses based on Mexican norms. The quality results of analysis were examined with cluster analysis and comparison of means analysis. The probability map showed good prediction accuracy and found that in the study area existed 6.432 useable hectares in which to obtain 57,160.2 kg of dry leaf. We obtained essential oil contents of more than those reported in other studies of 4.6 to 12%. Organoleptic and physicochemical characteristics showed no statistically significant differences between localities. The presence of thymol in high amounts and the absence of carvacrol were detected. The map obtained work properly for descriptive purposes or estimates. The chemical composition is similar between localities and the essential oil of the study area has a high content of thymol.

I. INTRODUCCIÓN

En México, los productos obtenidos de los recursos forestales no maderables son numerosos y diversos. Sus usos van desde el ámbito doméstico hasta el industrial, como ejemplo, se encuentra la planta del orégano, cuya hoja es uno de los condimentos más empleados en la cocina de occidente y del norte de México y de la cual se extrae su aceite esencial. Éste se emplea como aditivo en la industria alimenticia, químico-farmacéutica y de perfumería (INE, 2007). Actualmente, el orégano mexicano se considera como un recurso potencial de gran valor económico el cual se exporta el 90% de la producción nacional, por la superioridad de su composición química la calidad del aceite esencial es mejor, comparado con el proveniente de Grecia y Turquía (Huerta, 1997).

Las expectativas económicas de este recurso mediante su proceso agroindustrial son promisorias y el manejo adecuado de su potencial productivo silvestre, garantiza el volumen de producción y calidad del producto. Asimismo, representa ingresos económicos extras al núcleo de la población que lo comercializa (CECADER-SAGARPA, 2007).

El conocimiento del orégano mexicano y de otros recursos naturales factibles de ser aprovechados, a través de su evaluación cualitativa y cuantitativa, es una de las bases más relevantes para asegurar su aprovechamiento óptimo (Garnica, 1994). Entre las herramientas que se han utilizado en los últimos años para el inventario de los recursos naturales, el uso de la percepción remota y de los sistemas de información geográfica tienen gran valía para realizar inventarios agrarios, estimación de superficies y de biomasa forestal (Gandia *et al.*, 1991).

La evaluación del recurso orégano no sólo se centra en la planta, sino también en su aceite esencial y para garantizar que este subproducto sea de calidad, se requiere de conocer los rangos de los parámetros de calidad, los cuales son variables. Así como la identificación de componentes mayoritarios como son timol y carvacrol.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue estimar el potencial productivo de biomasa de la planta de orégano (*Lippia graveolens* HBK.) mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica y determinar la calidad de su aceite esencial con base en sus características organolépticas, fisicoquímicas y mediante la determinación de sus principales componentes químicos, en dos localidades del municipio de El Mezquital, Dgo.

II. ANTECEDENTES

2.1 Recursos forestales no maderables

Además de la madera, los bosques producen bienes y servicios adicionales. Dentro de estos bienes se encuentran la fauna silvestre, el forraje, los materiales de construcción, plantas medicinales, tierra de monte, resinas, gomas y leña combustible entre otros. El valor económico de estos bienes, conocidos como no maderables, es sólo una parte del valor del bosque, ya que el bosque produce otros beneficios adicionales tales como servicios ambientales (FAO, 1995).

En México se utilizan alrededor de 1,000 productos forestales no maderables (hojas, frutos, gomas, ceras, fibras, hongos, cortezas, entre otros) los cuales se obtienen de un gran número de especies vegetales, que provienen principalmente de bosques templados, selvas tropicales y zonas áridas (FAO, 2000).

Los productos no maderables, aprovechables en zonas áridas y semiáridas, se concentran en especies como candelilla (*Euphorbia antisiphylitica*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), nopal (*Opuntia spp.*), palmilla (*Nolina spp.*), numerosas cactáceas (*Pereskiaopsis spp.*, *Hylocereus spp.*, *Mammillaria spp.*, *Lophophora williamsii*, etc.), magueyes (*Agave spp.*), gobernadora, (*Larrea tridentata*), jojoba (*Simmondsia chinensis*), palo fierro (*Olneya tesota*), yuca (*Yucca carnerosana*, *Yucca sp.*), sotol (*Dasyilirion sp.*), damiana (*Turnera diffusa*), zarzaparrilla (*Smilax spp.*), mezquite (*Prosopis spp.*), cortadillo (*Nolina cespitifera*), orégano (*Lippia spp.*), entre otras (FAO, 1995).

2.2 Orégano

La planta del orégano es un arbusto distribuido ampliamente en la República Mexicana, en zonas tropicales, templadas, áridas y semiáridas. Se tienen identificadas alrededor de 40 especies de plantas a las cuales se les denomina “orégano”, pertenecientes a cuatro familias botánicas: *Asteraceae* (*Compositae*), *Lamiaceae* (*Labiatae*), *Fabaceae* (*Leguminosae*) y *Verbenaceae* (Huerta, 1997).

En la familia *Verbenaceae* se ubica el género *Lippia*, del cual se desarrollan tres especies de orégano: *Lippia graveolens* HBK., *L. berlandieri* Schauer y *L. palmeri* (Maldonado, 1991), aunque Quintero (1991), menciona que *Lippia graveolens* y *Lippia berlandier* son sinónimos de la misma especie. Dichas especies presentan características químicas semejantes a las del orégano europeo (*Origanum* spp), por lo que su uso también es similar (Willman *et al.*, 2000).

2.3. *Lippia graveolens* HBK.

2.3.1 Descripción Taxonómica

Según el Instituto Nacional de Ecología (2007), la clasificación taxonómica de esta planta es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsidae

Orden: Lamiales

Familia: Verbenaceae

Género: *Lippia*

Especie: *graveolens*

2.3.2 Descripción botánica

Lippia graveolens es un arbusto perenne, delgado y aromático, de hasta tres metros de altura. Sus tallos son cuadrangulares, delgados densamente vilosos y glandulares (Willman, *et al.*, 2000). Las ramas principales frecuentemente tienen corteza exfoliante (Rzedowski, *et al.*, 2002). Sus hojas son opuestas, ovaladas-alanceoladas, con pecíolos delgados, haz rugoso-escabroso, estrigoso-glandular, envés densamente piloso, ápice obtuso y margen diversamente crenado. Los frutos son pequeños y forman una cápsula indehisciente, las semillas se presentan sin endospermo. Las flores en espigas subglobosas, corolas blancas, zigomorfas y presentan cuatro estambres (Quintero, *et al.*, 1991).

En general en poblaciones de zonas áridas y semiáridas, la floración se restringe de agosto a octubre, por ser la época asociada con mayores precipitaciones (INE, 2007).

2.3.3 Distribución y poblaciones

La especie *L. graveolens* es variable y polimórfica, está formada por poblaciones con características morfológicas, fenológicas y fitoquímicas distintas.

Lippia graveolens se distribuye principalmente en los estados de Chihuahua, Durango, Tamaulipas y Coahuila, donde se concentran el 50% de los permisos de aprovechamiento; le siguen, en orden de importancia, Jalisco, Zacatecas, Querétaro, Hidalgo y Baja California (Villavicencio, 2007).

La especie *L. graveolens* presenta poblaciones muy densas en el norte de Jalisco, cuya densidad puede variar de 6236 a 25,200 ind/ha (Cavazos, 1991). En el altiplano de San Luis Potosí, *L. graveolens* alcanza densidades de 4000 ind/ha (Hernández *et al.*, 1991). En Peñamiller, Querétaro existen densidades de 35 plantas de orégano en

81 m² (López *et al.*, 2005). En un estudio realizado en el municipio de Nazas en Durango, Olhagaray (2005) registró una densidad de 591 ind/ha.

En el estado de Durango se distribuye en los municipios de Cuencamé, Durango, Hidalgo, Indé, Lerdo, Mapimí, Mezquital, Nazas, Nombre de Dios, Peñón Blanco, Poanas, Rodeo, San Juan de Guadalupe, San Juan del Río, San Luis del Cordero, San Pedro del Gallo, Santa Clara, Simón Bolívar y Tlahualilo. El municipio de El Mezquital, es una de las regiones de mayor aprovechamiento de orégano en el estado. Los recolectores de este municipio se benefician con la utilización de esta especie y al mismo tiempo adquieren la responsabilidad de su óptimo aprovechamiento de manera sustentable, para asegurar su regeneración natural y obtener un beneficio económico.

2.3.4 Hábitats

En la República Mexicana, sus principales hábitats se localizan en lugares poco accesibles como cerros, lomeríos, laderas, arroyos y cañadas de suelos alcalinos, generalmente pedregosos, de textura franco-arenosa (Villavicencio, 2007). Para el estado de Durango generalmente se encuentra en lomeríos pedregosos cubiertos por matorral rosetófilo donde son abundantes el ocotillo (*Fouquieria splendens*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), maguey cenizo (*Agave asperrima*), huizache (*Acacia berlandieri*), huizachillo (*Acacia crassifolia*), trompillo (*Solanum elaeagnifolium*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), jarilla (*Viguiera stenoloba*), uña de gato (*Mimosa* spp.), diversas anuales y malezas (INE, 2007). En zonas semiáridas, como El Mezquital, Dgo., se encuentra asociada a sitios perturbados y en ciertas ocasiones se le considera como planta ruderal (INE, 2007).

Las poblaciones de *Lippia graveolens* del desierto chihuahuense se establecen en un intervalo altitudinal de entre los 1200 y los 2300 m, en sitios áridos y semiáridos (INE, 2007).

2.3.5 Usos

La hoja del orégano se emplea principalmente como condimento alimenticio en la preparación de alimentos frescos como son platillos típicos (pozole, menudo, callos, barbacoa, etc.) estofados de carnes, pizzas, etc. En alimentos enlatados se utiliza en productos como el salmón, atún, sardinas, etc. Se añade industrialmente a salsas, aderezos, aceitunas, encurtidos, frijoles envasados, sopas precocidas, etc (Huerta, 1997).

El aceite esencial obtenido de la hoja del orégano, se emplea en la industria refresquera, licorera, cosmetología y farmacéutica (FAO, 2000).

Por sus propiedades medicinales tanto la hoja como el aceite, se utilizan como analgésico, antiinflamatorio, antipirético, sedante, antidiarréico, tratamiento de infecciones cutáneas, antifúngico, diurético, remedio de desórdenes menstruales, antimicrobiano, repelente, antiespasmódico, tratamiento de enfermedades respiratorias y abortivo (Arcila *et al.*, 2004).

2.4 Importancia social y económica

La recolección del orégano silvestre es una actividad primordial para la mayoría de las comunidades rurales donde crece este arbusto, debido a que representa una oportunidad de ingresos adicionales y desarrollo para estos grupos cuya actividad económica es de supervivencia (De la Cruz, 1997).

En los últimos años la planta del orégano ha adquirido gran valor económico, por la demanda de aceites esenciales en el mercado internacional (Huerta, 1997), lo cual ha permitido ampliar el mercado para la comercialización de este producto. El costo promedio de la hoja seca de orégano por kilo es de ocho a nueve pesos (Huerta,

1997) y el costo de su aceite esencial es en promedio de 170 dólares el litro, en función de su calidad (CONAFOR, 2007).

Además del beneficio social y económico, las poblaciones silvestres de orégano contribuyen a retener el suelo en zonas erosionadas, a mantener los ciclos de los nutrientes, proporcionar alimento y refugio a insectos y a especies de animales silvestres (López *et al.*, 2005).

2.5 Importancia de la evaluación del recurso

Este recurso, requiere de programas de manejo adecuado para garantizar su sustentabilidad y afrontar los problemas a los que se enfrenta como el inadecuado sistema de producción, desaprovechamiento de sus características químicas, intermediarios y falta de estructuras organizadas (González *et al.*, 1998). El mayor factor de riesgo para *Lippia graveolens* es la sobreexplotación con fines de aprovechamiento (INE, 2007), lo que implica la necesidad de conocer su densidad poblacional, ubicación y características (Medina, 1982).

2.6. Importancia del recurso orégano en el municipio El Mezquital

En Durango, el municipio de El Mezquital, es uno de los recolectores de orégano más representativos, con un aprovechamiento medio de 3103.3 toneladas, en los últimos seis años (Semarnat, 2009) y una ganancia de alrededor de los \$10, 755, 900 para los años 2007 y 2008 al posicionarse el precio del kilo de orégano en “greña” entre los \$8 a \$10 pesos y de \$3, 413, 340 para el año 2009, al alcanzar un precio de \$12 pesos (Ramírez, 2009).

En cuanto al aceite esencial de este municipio, las concentraciones de los compuestos químicos carvacrol y timol, lo colocan como un aceite de calidad que puede competir en el ámbito internacional para su comercialización (González, 2000).

Este municipio al verse beneficiado con la utilización de esta especie, adquiere a la par la responsabilidad de aprovecharlo de manera sustentable, para asegurar su valor económico y ecológico. Con el fin de complementar la información existente en el municipio de El Mezquital, sobre el recurso orégano, el presente estudio se realiza con el propósito de estimar el potencial productivo del orégano, así como la calidad de su aceite esencial en dos localidades del municipio de El Mezquital, Dgo. Brindando información necesaria que asegure el buen aprovechamiento y conservación del recurso y garantice un subproducto final con características de calidad para su comercialización ya sea a nivel nacional o internacional.

2.7 Potencial productivo de biomasa

El potencial productivo es la capacidad productiva de una especie vegetal en un sitio geográfico determinado, donde la planta puede aprovechar al máximo todos los factores ambientales disponibles para promover su desarrollo y rendimiento. En el caso del orégano, el rendimiento se refiere a la producción máxima de biomasa o follaje obtenido, ya sea en condiciones naturales o mediante prácticas agronómicas (Villavicencio, 2007).

En México, el potencial de producción se estima con la medición de variables como son altura y diámetro, en combinación con la biomasa en peso seco de una especie (Castro *et al.*, 1996). Como es el caso de los trabajos realizados por Flores (1987) y Villavicencio (2008), quienes determinaron una tabla de predicción de rendimiento para la hoja seca de orégano correspondiente a la zona norte de Jalisco y para el

estado de Coahuila. Empleando variables morfométricas, como son altura, diámetro y peso de hoja seca, construyeron y ensayaron varios modelos de regresión para conseguir el que mejor estimara la parte de biomasa correspondiente al peso de hoja seca del arbusto. Dichas tablas de predicción son utilizadas actualmente por los técnicos forestales para elaborar los estudios técnicos justificativos para el aprovechamiento del orégano en el estado de Durango.

Por otro lado, el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), ha permitido generar modelos espaciales para predecir biomasa arbórea, distribución de distintos taxones ó características de interés de la especie vegetal que se este estudiando. Tal es el caso de Navarro (2005) quién estimó la superficie y la producción de fresa en la provincia de Huelva España. Utilizó combinación de bandas espectrales, para identificar áreas de producción de fresa y posteriormente realizó la clasificación. Comparó sus resultados con cartografía ya existente y los validó con salidas a campo. Ubico áreas de producción identificadas en la clasificación para disminuir errores. Una vez obtenida la superficie de fresa, la estimación de producción la obtuvo con datos de rendimiento suministrados por técnicos. En otro estudio realizó en el estado de Guanajuato (Soria, 2000), con el objetivo de determinar y cuantificar los sitios de ocurrencia de maíz (*Zea mays* L.) bajo riego, utilizó Índices de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), obtenidos de imágenes Landsat-TM correspondientes con las etapas de floración y madurez fisiológica del cultivo y con ello realizó estimaciones de rendimiento en seis parcelas piloto de maíz previamente caracterizadas. Los resultados de las imágenes clasificadas, al compararlos con la verificación de campo indicaron que es posible anticipar la predicción de sitios de ocurrencia de maíz y, en consecuencia, su rendimiento desde la floración con una probabilidad de 61.1%. Lensinas en 2007, realizó un estudio para estimar la edad de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus spp.*) y pino (*Pinus spp.*) con valores digitales de reflectancia, componentes de transformación e índices de vegetación en la provincia de Corrientes, Argentina. Determinó una correlación significativa de $-0,58$ y $-0,79$ entre los valores de reflectancia de la banda 4 y la edad para eucalipto y pino.

Con la elaboración de ecuaciones para predecir la edad en ambos géneros, estimo la edad con un error medio de 2,2 años en eucalipto y 35 años en pino. A partir de los estadísticos determinados y de la posterior validación, propuso la construcción de dos clases de edad para el rango de edades estudiado en ambos géneros.

2.7.1 Modelos predictivos

Existen alternativas que permiten obtener resultados fiables a mediano plazo para estimar la distribución de la diversidad biológica, consistentes en la aplicación de diversas herramientas estadísticas, informáticas y geográficas sobre la información biológica disponible para elaborar modelos predictivos razonables sobre la especie de interés. (Lobo *et al.*, 2003)

2.7.1.1 Requerimientos del modelo predictivo

Se pueden elaborar modelos predictivos para cada especie individualmente (Lobo *et al.*, 2003), con base en tres requisitos: 1) Información biológica sobre la presencia o la ausencia de cada especie, en localidades bien muestreadas y cuyos datos puedan considerarse incuestionables, 2) Información ambiental (altitud, clima, suelo, etc.) que pueda manejarse fácilmente en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y 3) Una metodología capaz de generar una ecuación con las variables explicativas que permitan predecir la variable de estudio (Lobo, 2000).

2.7.1.1.1 Fuentes de información de la especie de interés

La información referente a la especie biológica de interés, puede provenir de la recopilación de datos históricos o de la información obtenida directamente de campo mediante muestreos. Proporciona información cualitativa y cuantitativa, que forma parte de las bases de datos a analizar por los sistemas de información geográfica y herramientas matemáticas para la generación del modelo.

2.7.1.1.2 Herramientas de SIG e Información ambiental

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se definen como la integración de diversas tecnologías orientadas a la gestión de información de cualquier tipo que tenga una base geográfica y que sean capaces de llevar a cabo complicados procesos de análisis y dar respuesta a los problemas planteados (Santamaría, 2001). El uso práctico de los SIG es muy variado y entre ellos destaca la planificación del territorio, gestión de datos catastrales, gestión de riesgo de desastres e inventario de recursos naturales, mediante la combinación de bases de datos digitales relacionadas con la interpretación espacial.

La utilización de mapas temáticos, constituye una valiosa herramienta para reunir la información ambiental (Lobo, 2000). Por otro lado, en los últimos años se ha echado mano de la teledetección espacial al usar imágenes satelitales para obtener información acerca de la superficie de la tierra.

Esta herramienta se emplea, en gran medida, para realizar inventarios agrarios, estimación de superficies y estimación de biomasa forestal. Las imágenes satelitales como Landsat 5 (Thematic Mapper o TM) y Landsat 7 (Enhanced Thematic Mapper o ETM) son utilizadas con mayor frecuencia para este tipo de estudios (Gandia *et al.*, 1991). Consisten en tablas de datos con valores que registran una medida de la intensidad de reflexión de la luz, en ciertas regiones definidas del espectro electromagnético denominadas bandas o respuesta espectral y captan la luz visible

hasta la infrarroja (Killeen *et al.* 2005), lo que constituye la distribución espacial de la respuesta espectral de los elementos registrados en una escena (Bautista, 2004).

A los registros de reflexión de la luz se les denominan “píxeles”. La cantidad de información varía con las dimensiones del píxel, dimensiones que están dadas por la resolución espacial del sistema satelital con el que se trabaje. Para el caso de Landsat TM la dimensión es de 30x30 m y los valores otorgados a cada “píxel” varían de 0 a 255 y se conocen como valor digital (Bautista, 2004).

Con estos “píxeles” se analiza la información de la imagen digital. Estos datos se someten a una serie de manipulaciones para corregir errores (corrección radiométrica, atmosférica y geométrica) y mejorar la visualización. De los análisis más importantes que se llevan a cabo de la imagen digital, se encuentra la clasificación digital, se realiza agrupando los “píxeles” en clases según su similitud estadística, con asistencia de los sistemas de información geográfica (SIG). Existen dos métodos generales de clasificación: la supervisada y la no supervisada. En cualquiera de los dos casos el producto final es un mapa con la cantidad de clases que se desee, pueden utilizarse para realizar clasificaciones de áreas ecológicas, de vegetación, etc., (Reuter, 2002).

- En la **clasificación no-supervisada** el software realiza análisis de agregados “cluster” para distinguir diferencias en los valores de reflectancia sobre un conjunto de bandas y crea una clasificación de patrones típicos de reflectancia. Con esta metodología, las clases tienden a ser homogéneas con varianzas mínimas (Lillesand & Kiefer 1996).
- La **clasificación supervisada**, trabaja con áreas de cobertura conocidas (bosques, pastizales, zonas urbanas, etc.) designadas por el usuario, las cuales sirven para clasificar cada píxel contenido en la imagen. Con estas áreas de entrenamiento, se generan archivos de firmas espectrales usando las distintas bandas espectrales, es decir, se crea un patrón de respuesta espectral específico para cada una de las coberturas o clases designadas. Las

firmas de cada clase se usan para clasificar la imagen total, mediante el uso de módulos de clasificación contenidos en el SIG, los cuales usan algoritmos ligeramente diferentes para probar si un píxel pertenece a una categoría en particular (Velázquez, 1993). Algunos clasificadores utilizados son (Sarria, 2003):

- *Clasificación del paralelepípedo*: Los píxeles se asignan a una clase informacional dada si los valores de reflectancia de cada banda se encuentran dentro de los valores mínimos y máximos almacenados para cada firma. Este clasificador no provee la certeza de que un píxel no caerá con igual probabilidad en otra clase y se le considera un clasificador rápido aunque poco preciso.
- *Procedimiento de mínima distancia*: Cada clase dispone de una reflectividad media para cada banda, con esta reflectividad media se ubican las clases y posteriormente se calcula la distancia entre un píxel y las clases. Cada píxel se asignará a la clase respecto a la cual su distancia sea mínima. Es una rutina rápida y produce buenos resultados cuando los sitios de entrenamiento son de calidad.
- *Clasificación de máxima verosimilitud*: Llamado también de máxima probabilidad, asume que los datos siguen una función de distribución normal y asigna la probabilidad de que un píxel cualquiera pertenezca a cada una de las clases. El píxel se asigna de este modo a la clase más probable que pertenezca y se le considera como un clasificador avanzado.

La clasificación digital es útil para distinguir unidades de vegetación, documentar el cambio en el uso del suelo o reconocimiento de zonas deforestadas (Bautista, 2004).

Para hacer posible el análisis de la imagen digital y obtener información para la toma de decisiones, el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es vital, lo cual permite la superposición de datos ambientales, topográficos y de percepción

remota, para estudiar las características espaciales y temáticas de una zona concreta (Lobo, 2000).

2.7.1.1.3 Información matemático-estadística

Para generar una ecuación predictiva, se utilizan diversas herramientas matemático-estadísticas, entre ellas, el análisis discriminante, los algoritmos genéticos o los métodos de clasificación y regresión (Lobo *et al.*, 2003). El análisis de regresión, es el método más socorrido y sencillo para explorar la relación entre los datos de una especie y las diversas variables asociadas con ella (Ter Braak y Looman, 1995). Cuando se poseen diversas variables explicativas, se debe utilizar el análisis de regresión múltiple, donde se aplican todas las variables a la vez y se comprueba cuales tienen un coeficiente significativamente diferente de cero, pero también pueden eliminarse aquellas variables no significativas mediante un proceso de selección progresiva (*Forward*) o de exclusión (*Backward*).

El método de selección progresiva (*Forward*), selecciona las variables más correlacionadas con la respuesta (Y). Efectúa el proceso de la siguiente forma: la primera variable en ingresar es la del coeficiente de correlación simple más alto, la segunda es la del coeficiente semiparcial más alto y así sucesivamente, posteriormente se aplica una prueba parcial de F y se calcula R^2 . Si la variable introducida tiene aporte sobre el modelo obtenido antes, debe resultar significativa la prueba de F y el R^2 debe aumentar notablemente. La debilidad de este método radica en que aún cuando se tiene un indicio con R^2 que hace sospechar que una variable no debe entrar en el modelo, porque su incremento es muy pequeño, hay que incluirla si la prueba parcial de F es significativa (Chacín, 2005).

La distribución de la diversidad biológica generada por un modelo predictivo debe considerarse como una primera aproximación, que puede y debe validarse y

mejorarse paulatinamente mediante la realización de posteriores colectas en distintos territorios (Lobo, 2000).

2.8 Aceites esenciales

Los aceites esenciales, aceites volátiles o esencias, son mezclas de sustancias aromáticas de compuestos terpénicos, que se extraen por procesos de destilación con arrastre de vapor, extracción por prensado, “enfleurage” (enfloración) en frío, extracción con disolventes orgánicos, entre otros, de hojas, flores, semillas, corteza, raíces o frutos de diversas plantas. Se estima que existen alrededor de tres mil aceites esenciales conocidos en el ámbito mundial (FAO, 2000) y entre estos se encuentra el aceite de la planta del orégano.

Los compuestos mayoritarios de los aceites esenciales, son hidrocarburos terpénicos (sin aroma o con poca contribución al aroma global) y los minoritarios, responsables del aroma característico del aceite esencial, de distintas familias químicas (aldehídos, alcoholes, fenoles, ésteres, cetonas, derivados nitrogenados, entre otros) (Ortuño, 2006).

La cantidad de los componentes químicos presentes depende de factores climáticos como altitud, época de cosecha, estado fenológico y del método de extracción empleado (Kokkini, 1997).

La hidrodestilación o destilación con arrastre de vapor de agua, es un procedimiento ampliamente utilizado, debido a la sencillez del equipo, versatilidad para aplicarlo a materiales vegetales diferentes (Ortuño, 2006), así como al alto rendimiento y a la pureza del aceite obtenido. (Piedrasanta, 2007). En este método la muestra vegetal se coloca en un recipiente cerrado, se somete a una corriente de vapor de agua sobrecalentado, donde la esencia es arrastrada y posteriormente se condensa, en un líquido formado por dos fases inmiscibles: fase orgánica (aceite esencial) y fase

acuosa. Después se recolecta y separa de la fracción acuosa (Piedrasanta, 2007). Su principal inconveniente es la alta temperatura del proceso, que lo hace inapropiado para aceites esenciales con componentes termosensibles (Ortuño, 2006).

La identificación de los componentes químicos se realiza por Cromatografía de Gases (CG), mediante comparación de los tiempos de retención de los picos eluidos, con los de patrones y con datos bibliográficos y para confirmar las estructuras químicas se recurre a la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de Masas (ESTI-Montes, 2009). La CG, cuantifica los componentes químicos y detecta la adición de compuestos adulterantes (Olguín, 2004).

2.9 Control de Calidad

El *control de calidad*, es un conjunto de métodos mediante los cuales se miden ciertas características y propiedades de un producto con la finalidad de compararlas con estándares establecidos, para satisfacer ciertas necesidades implícitas o expresadas por un demandante (Carot, 2001).

Por sus propiedades el aceite esencial de orégano, es demandado por las industrias farmacéutica, refresquera y de perfumería. Por lo que debe reunir ciertas cualidades para asegurar su calidad, seguridad y eficacia (Bela, 2009), antes de utilizarlo en productos para uso o consumo humano.

Las técnicas de control de calidad comúnmente empleadas en el aceite esencial de orégano, son el rendimiento y el contenido de compuestos mayoritarios como el timol, carvacrol, g-terpineno y p-cimeno. (Arcila *et al.* 2004, González 2000, Alaníz 1998 y Sánchez, *et al.* 1991) y se complementan al aplicar parámetros de calidad que determinen las características físico-químicas del aceite esencial, descritas en Normas Mexicanas (NMX) y Normas Oficiales (NOM).

2.10 Métodos para determinar la calidad de un aceite esencial

Los parámetros de calidad complementarios para determinar la calidad de un aceite esencial son (Ortuño, 2006):

- **Densidad relativa:** Que permite distinguir un aceite esencial auténtico de esencias sintéticas comunes. La mayoría de los aceites esenciales, están compuestos por terpenos y derivados, con átomos ligeros (C, H, O), tienen una densidad menor que el agua (1 g/cm^3) única para cada esencia.
- **Índice de refracción:** Es una magnitud exclusiva de cada aceite esencial y cambia si éste se diluye o mezcla con otras sustancias. Con un refractómetro se puede determinar este índice.
- **Densidad óptica:** Es la capacidad de una sustancia para desviar la luz polarizada. Es específica para cada aceite esencial. Resulta difícil de ajustar si el aceite esencial está mezclado con otros productos.
- **Cenizas:** Es el residuo que deja la combustión de la muestra y es una medida del contenido mineral total al calcinar una muestra, lo que permite la cuantificación de materia inorgánica y determina la adición de algún componente extraño.
- **Residuo a la evaporación:** Mide la diferencia de pesos, que sufre la muestra, al pasar por un proceso de calentamiento controlado, en el cual se evaporan las sustancias volátiles. Un aceite esencial no debe tener partículas en suspensión ni dejar residuo sólido al evaporarse.
- **Solubilidad en mezclas alcohol/agua:** Esta prueba detecta adulteraciones en el aceite esencial con respecto a su solubilidad.

2.11 Características de calidad del aceite esencial de orégano

En México son pocos los reportes que existen acerca de parámetros de calidad del aceite esencial de *Lippia graveolens* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características generales del aceite esencial de *Lippia graveolens**

Característica	Descripción
Material vegetal	Muestra seca
Método de extracción	Destilación con arrastre de vapor de agua
Rendimiento	0.6 - 5.6%
Composición química	% Timol: 0.22 – 67.78 % Carvacrol: 0.1 – 74.37 Componentes detectados: p-cimeno, 1-8 cineol, γ -terpineno, β -felandreno, 1,8-cineol, metil timol, γ -cariofileno, α -humuleno, β -terpineno, α -tuyeno, limoneno, m-cimeno, mirceno, santalol, terpineol y otros terpenos y sesquiterpenos.
Densidad	0.934 – 0.944 g/cm ³
Índice de refracción	1.475 – 1.508
Color	Amarillo pálido muy claro
Densidad óptica	1.1 – 1.4 nm
Cenizas	0.03, 0.04 %
Residuo evaporación	0.13 – 0.18, 0.2981%
Solubilidad	% de Concentración
alcohol/agua	Soluble: 90-95 Poco soluble:70-85 Insoluble:>65

* Mendoza 2008, Corral 2008, Arcila 2004, González 2000, Alaníz 1998 y Sánchez 1991.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Estimar el potencial productivo del orégano (*Lippia graveolens* HBK.) y la calidad de su aceite esencial, en las localidades de: El Troncón y Santa Gertrudis, de El Mezquital, Dgo.

3.2 Objetivos particulares

- Estimar el potencial productivo del orégano (*Lippia graveolens* HBK.) utilizando un modelo predictivo mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Estimar la calidad del aceite esencial de orégano mediante el reconocimiento de sus características organolépticas, fisicoquímicas y la determinación de sus principales componentes químicos para conocer si la calidad es igual entre sitios.

IV. HIPÓTESIS

El potencial productivo del orégano se puede estimar utilizando modelos predictivos espaciales, mientras que la calidad del aceite esencial es diferente entre sitios de la misma especie.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

El municipio de El Mezquital se encuentra al sureste del estado de Durango, ubicado a los $23^{\circ} 28'$ de latitud norte y a los $104^{\circ} 24'$ de longitud oeste, a una altura promedio de 1,400 metros sobre el nivel del mar. Limita al sur, con el estado de Nayarit; al este, con Zacatecas; al norte, con los municipios de Súchil, Nombre de Dios y Durango; y al poniente con el estado de Zacatecas y el municipio de Pueblo Nuevo (Figura 1). Cuenta con una superficie de 7,196.5 kilómetros cuadrados (INFDM, 2005).

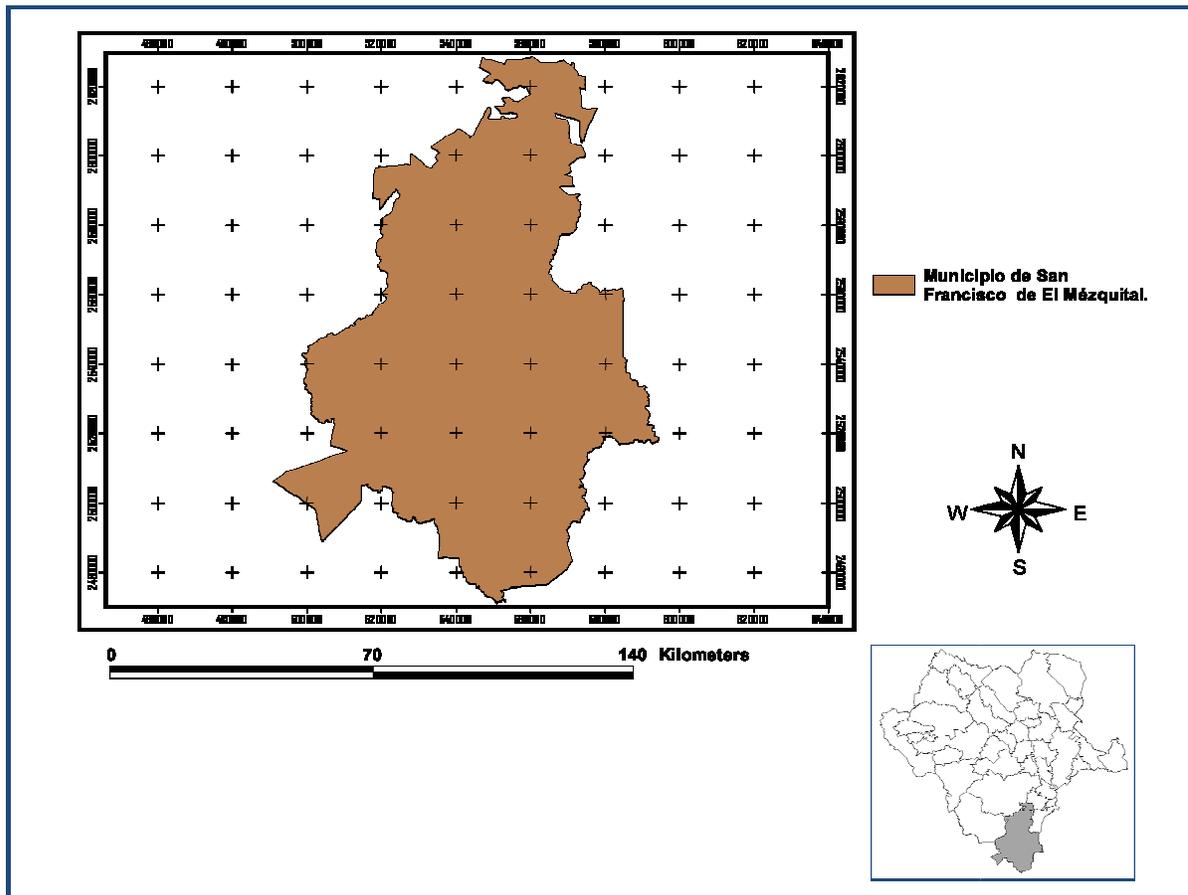


Figura 1. Ubicación del municipio de El Mezquital, Dgo.

En el municipio coexisten variados climas, tales como: cálido subhúmedo, seco estepario, templado, subhúmedo y semicálido. La temperatura media anual es de 19.2° C, con una precipitación media anual de 650 milímetros y régimen de lluvias en junio, julio, agosto y septiembre. La vegetación de este municipio se divide en tres tipos: boscosa en las partes altas, compuesta por pinos y encinos; en la zona de las quebradas se encuentra vegetación tropical y en la región del valle abunda la vegetación arbustiva como mezquites así como el orégano silvestre. En cuanto a fauna las especies silvestres predominantes son el venado cola blanca, jabalí, coyote, conejo, liebre, guajolote, ardilla, entre otras. Los tipos de suelo predominante son: regosol, cambisol y luvisol; la susceptibilidad a la erosión es variable. La mayor parte de su fisiografía está compuesta por lomeríos y cerros (INFDM, 2005).

5.2 Localidades de estudio

5.2.1 Agua Escondida (clave de identificación El Troncón)

Los sitios muestreados para esta área, se ubicaron en un predio contiguo al ejido El Troncón, llamado Agua Escondida, al ser éste, el lugar donde se permitió el acceso para la realización del estudio. Los datos y resultados obtenidos de esta área se identificaron como Troncón. Las características generales del predio se describen a continuación:

Se ubica a los 23° 24' de latitud norte y a los 104° 25' de longitud oeste y a una altitud de 1, 500 m, con un clima seco semicálido (BSh). Cuenta con la presencia de suelos coluviales y aluviales [Q (al)], con abundantes afloramientos de roca y textura de franco-arenosa a arcillosa. La vegetación presente se caracteriza por matorral xerofilo, compuesto por especies como mezquite (*Prosopis juliflora*), gatuño (*Mimosa biuncífera*), huizache (*Acacia tortuosa*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), nopal (*Opuntia spp*), sangregado (*Jatropha dioica*), entre otras (SEMARNAT, 2006).

5.2.2 Santa Gertrudis

Se localiza a los $23^{\circ} 32'$ de latitud norte y a los $104^{\circ} 22'$ de longitud oeste, a una altitud de 1, 500 m, con un clima seco semicálido (BSh). Con presencia de suelos aluviales [Q (al)] y rocas sedimentarias con características de arenisca-conglomerado [T (ar-cg)]. El tipo de suelo predominante es el regosol eútrico de textura gruesa (Re/1). El tipo de vegetación es de matorral, con especies como el mezquite (*Prosopis sp.*), chaparro prieto (*Acacia vernicosa*), nopal cegador (*Opuntia microdasys*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), entre otras (INEGI, 2003).

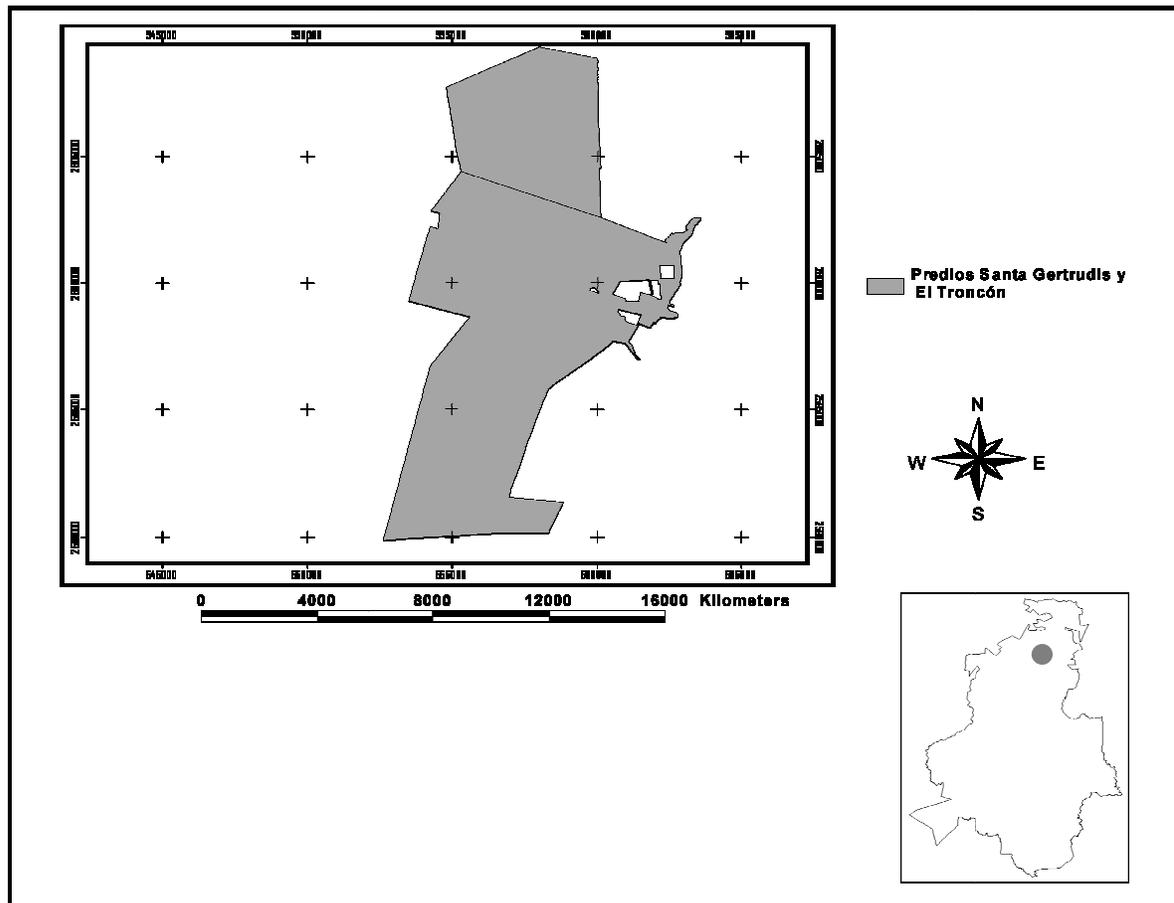


Figura 2. Ubicación de la zona de estudio

5.3 Sitios de muestreo

En los cuadros 2 y 3 se muestran las características geográficas y ambientales de los 12 sitios de muestreo estudiados.

Cuadro 2. Características geográficas y ambientales sitios El Troncón

Sitio	Coordenadas (X,Y)	Altitud (m)	Exposición	Pendiente	Topografía	Tipo de vegetación	Tipo de suelo	PMA* (mm)
1	23°24'23" 104°25'43"	1433	SW	19	Ladera	Matorral subtropical	Regosol	550
2	23°24'25" 104°26'24"	1691	SE	19	Ladera	Matorral subtropical	Regosol	550
3	23°24'35" 104°26'41"	1721	W	12	Ladera	Matorral subtropical	Regosol	550

*PMA= Precipitación media anual

Cuadro 3. Características geográficas y ambientales sitios Santa Gertrudis

Sitio	Coordenadas (X,Y)	Altitud (m)	Exposición	Pendiente	Topografía	Tipo de vegetación	Tipo de suelo	PMA (mm)
1	23°34'30" 104°24'71"	1613	NW	1	Plano	Matorral subtropical	Regosol	450
2	23°34'40" 104°24'71"	1633	SE	8	Ladera	Matorral subtropical	Regosol	450
3	23°34'21" 104°24'43"	1588	SE	3	Loma	Matorral subtropical	Regosol	450
4	23°34'10" 104°25'10"	1600	SE	4	Loma	Matorral subtropical	Regosol	450
5	23°35'58" 104°27'1"	1913	N	1	Pie de monte	Matorral subtropical	Rendzina	450
6	23°35'35" 104°26'21"	1852	SE	6	Ladera	Matorral subtropical	Rendzina	450
7	23°35'11" 104°25'40"	1774	NW	7	Ladera	Matorral subtropical	Regosol	450
8	23°34'52" 104°25'0"	1655	W	2	Pie de monte	Matorral subtropical	Regosol	450
9	23°34'29" 104°24'48"	1613	SW	2	Loma	Matorral subtropical	Regosol	450

5.4 Método de muestreo

El muestreo se realizó en el año 2007, se utilizó la carta topográfica denominada San Francisco de El Mezquital, clave F13B32, escala 1:50 000, para delimitar las áreas de estudio y ubicar los sitios de muestreo. Posteriormente, se efectuaron recorridos de campo para verificar la presencia del orégano y las vías de acceso.

Las características del muestreo fueron determinadas con base en la metodología para el cálculo de volúmenes de orégano desarrollada por Flores en 1987. De acuerdo al área aprovechable en nuestras localidades de estudio, se obtuvo un tamaño de muestra de 12 sitios de 1/10 ha, ubicando tres sitios en El Troncón y nueve en Santa Gertrudis, para hacer proyecciones a 10,000 m² cada uno, los sitios de trabajo se muestran en imágenes satelitales pertenecientes al programa Google Earth®. Todos los sitios de muestreo presentaron condiciones homogéneas y representaron el 1.5% de intensidad de muestreo, lo que representó un porcentaje mayor al recomendado para inventarios de no maderables, el cual no debe ser menor del 0.5% de la superficie total de estudio (Flores, 1987).

El esquema de muestreo que se utilizó fue estratificado al azar. Ubicando en las áreas susceptible de aprovechamiento, los sitios de muestreo de forma aleatoria. En cada sitio se trazaron cuadrantes, con una dimensión de 1296 m² (36m/36m), divididos en cuatro unidades muestrales de 18/18m trazados con rumbo franco, para facilitar el control de los individuos, la toma de datos y reducir el sesgo.

Los sitios de muestreo fueron georreferenciados y dentro de cada unidad experimental se contabilizaron el número total de plantas encontradas y su estado de madurez. Se calculó el tamaño de muestra del material vegetativo para estimar el potencial productivo, mediante la ecuación (1):

$$n = \frac{z^2 \sigma^2}{E^2} \quad (1)$$

donde:

n= Tamaño de la muestra

z= 1.96 para el 95% de confianza

σ = varianza poblacional

E= precisión o error admitido

Estas plantas fueron seleccionadas al azar y finalmente fueron colectadas y debidamente etiquetadas.

5.5 Estimación del potencial productivo

5.5.1 Manejo del material botánico

Las muestras colectadas se pesaron individualmente para registrar su peso en fresco. El secado de las muestras se llevó a cabo a temperatura ambiente, en un lugar cerrado, ventilado y a la sombra. Posteriormente se realizó la limpieza de las muestras secas. Se separó la hoja y flor de las ramas y tallos. Se guardaron en bolsas de polietileno o papel. Todo el material botánico, se pesó nuevamente para obtener los registros de peso seco y etiqueto debidamente.

5.5.2 Componentes requeridos

La creación del modelo predictivo requirió el uso de los valores de materia seca de la hoja, información de puntos conocidos de población de orégano, software Idrisi® Kilimanjaro, ArcView® 3.2, SAS® 9.1, información del hábitat recopilada de mapas digitales obtenidos de diversas fuentes e imágenes satelitales.

Se obtuvieron del sitio de Internet de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) <http://conabioweb.conabio.gob.mx/> los mapas vectoriales de la República Mexicana de tipo de suelo (SEMARNAP, 1998), tipo de vegetación (CONABIO, 1999), isotermas (García y CONABIO, 1998) y precipitación total anual (García y CONABIO, 1998), la escala del mapa de tipo de suelo fue de 1:4 000 000 y el resto de 1:1 000 000. La proyección de los mapas fue Cónica conforme de Lambert con el Datum de Norte América de 1927 (NAD27) y el elipsoide Clarke 1886. Estos archivos tenían un formato SHP, posteriormente se importaron a IDRISI utilizando el comando SHAPEIDR y los archivos quedaron en formato vector de IDRISI, luego se trasformaron a un archivo raster y con la opción WINDOW se seleccionó el área de estudio (Figuras 3, 4, 5 y 6)

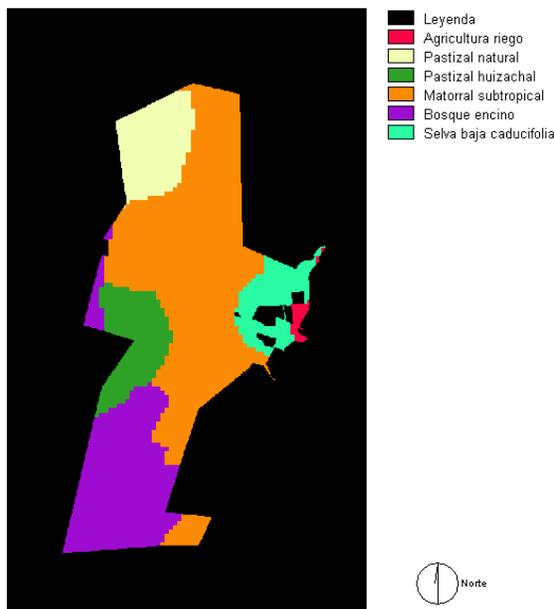


Figura 3. Mapa del tipo de vegetación (CONABIO)



Figura 4. Mapa del tipo de suelo (FAO)



Figura 5. Mapa de precipitación anual (mm.)

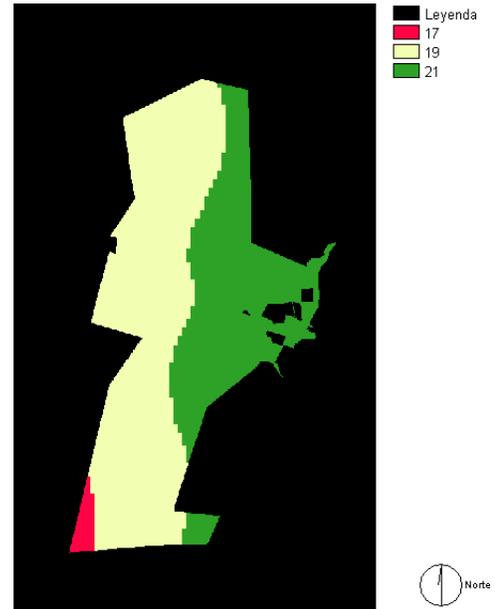


Figura 6. Mapa de Isotermás (°C)

Se obtuvo del sitio de Internet de la Universidad de Michigan <http://glcf.umiacs.umd.edu/> el mapa de índice de vegetación (Carroll, 2004), de 250 metros de resolución, el cual se forma al tomar la diferencia de la banda del infrarrojo cercano (resolución de 0.7 a 1.1 μm ., la cual detecta la forma de la planta) y la banda que detecta el rojo (resolución de 0.4 a 0.7 μm ., que detecta la absorción de la clorofila) entre la suma de ellos por 200 más 50 y se usaron 16 días continuos con el fin de eliminar las nubes. Este archivo tuvo una proyección cónica de Albers con área igual y conformal, el elipsoide fue el WGS 1984 y el DATUM fue la esfera de 6370997 metros de radio y estaba en formato TIFF. Este archivo fue importado utilizando el comando TIFIDRISI con la opción WINDOW se seleccionó el área de estudio (Figura 7).

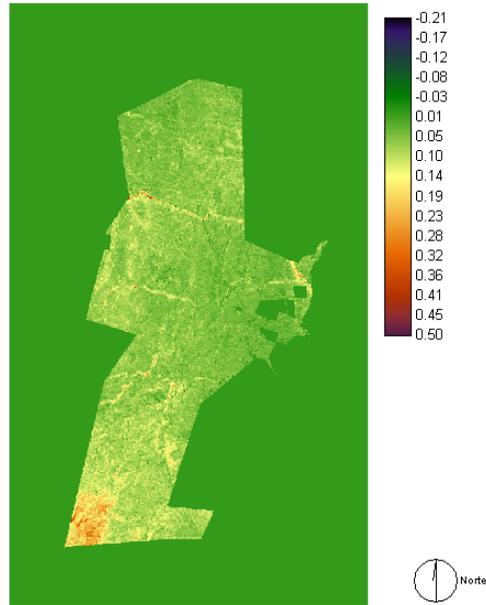


Figura 7. Mapa de Índice de vegetación

El mapa digital de elevación (MDE), el cual se obtuvo en formato raster o de cuadrícula que representan las elevaciones topográficas del terreno (Campell, 1996), se obtuvo del Sistema de Descarga del Continuo de Elevaciones Mexicano perteneciente al Instituto Nacional de Estadística y Geografía <http://mapserver.inegi.org.mx/>. Este archivo de tipo raster contó con una proyección Universal Transversal de Mercator, DATUM ITRF92 y elipsoide WGS 1984 (Figura 8). Se aplicó el módulo SLOPE al mapa MDE y se generó el mapa de pendientes con un sistema de referencia igual al mapa de origen (Figura 9).

Aquellos mapas que lo requirieron, fueron corregidos en sus metadatos con los módulos PROJECT del programa Idrisi o Projection Utility Wizard del programa ArcView 3.2, estableciendo como sistema de referencia a trabajar la proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), con datum Sistema Geodésico Mundial 84 (WGS 84) y elipsoide Sistema Geodésico Mundial 84 (WGS 84).

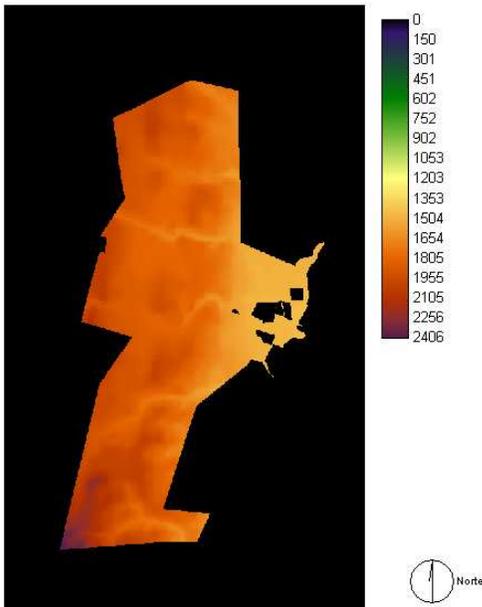


Figura 8. Mapa de altitud (msnm)

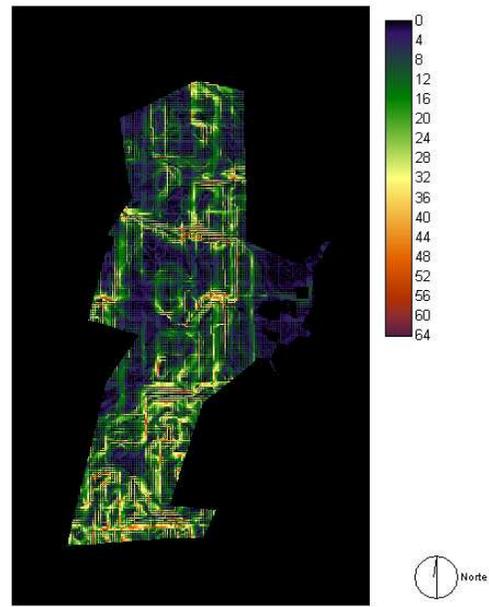


Figura 9. Mapa de pendiente

La corrección geográfica se realizó, tomando como base cuerpos de agua permanente, localizados dentro de la zona de estudio y obteniendo sus coordenadas de ubicación mediante el programa Google Earth. Estos puntos fueron ingresados en el comando RESAMPLE, realizándose la corrección con cinco puntos de control.

Como se mencionó el área de estudio se seleccionó con el comando WINDOW quedando en la latitud N (24.8001125, 26.2920575) y longitud W (48.996318, 59.493937). Las áreas de interés de estudio, es decir aquellas áreas con presencia de orégano, fueron seleccionadas del mapa vectorial de vegetación utilizando el comando RECLASS y se descartaron zonas boscosas y áreas agrícolas de riego. Este mapa reclasificado se empleó para generar un mapa binario, el cual se utilizó en el módulo OVERLAY para delimitar todos los mapas vectoriales y raster utilizados.

Las imágenes satelitales utilizadas fueron LANDSAT ETM+, obtenidas de U.S. Geological Survey (USGS), de las bandas espectrales uno, dos, tres, cuatro, cinco y siete, correspondientes a la zona Sur-Este del Estado, del mes de abril de 2008, en formato TIFF, como ejemplo se muestra la banda tres (Figura 10). Cada imagen se importó utilizando el comando TIFIDRISI y se realizó la corrección radiométrica y en cuanto a la corrección geométrica, esta se realizó con los puntos de control empleados para la corrección de los mapas temáticos. El área de estudio se seleccionó con el comando WINDOW y delimitó con el módulo OVERLAY.

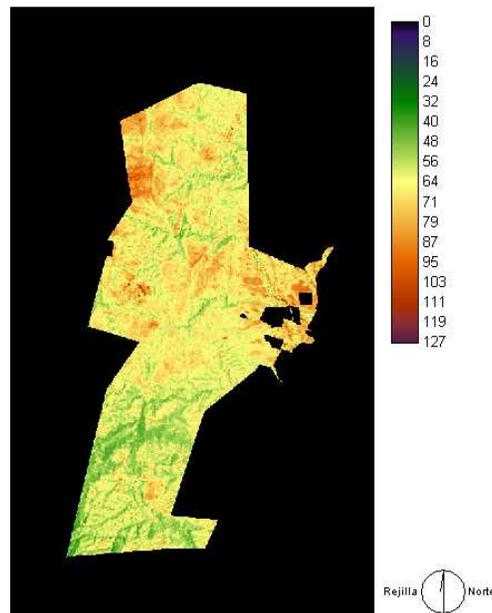


Figura 10. Banda tres del satélite Landsat, resolución 0.63-0.69 μm .

5.5.3 Modelo predictivo

El modelo matemático de predicción generado por la regresión, empleó como variable dependiente el peso de hoja seca y como variables independientes los datos obtenidos de pendiente, suelo, temperatura, precipitación, NDVI, vegetación y los valores digitales de las bandas espectrales uno, dos, tres, cuatro, cinco y siete de la imagen satelital LANDSAT. Se incluyeron las potencias segundas, terceras y cuartas de las bandas espectrales para detectar relaciones polinomiales con el peso seco.

Inicialmente se realizó un análisis exploratorio mediante una regresión simple de la variable dependiente con cada una de las variables independientes; al no tener la misma escala, se procedió a normalizar las variables continuas.

Para tener las variables en la misma escala entre las distintas variables independientes, se estandarizaron los datos mediante la ecuación (2):

$$z = \frac{y - \bar{y}}{\sigma_y} \quad (2)$$

donde:

z= valor estandarizado de la variable independiente (y)

y= cada uno de los valores de la variable independiente

\bar{y} = media de la variable independiente

σ_y = desviación estándar de la variable independiente

La misma operación se empleó para estandarizar la variable dependiente.

Se empleo el programa estadístico SAS 9.1[®] para analizar la matriz generada con las variables estandarizadas, se utilizó el método de regresión progresiva *Forward*, el cual selecciona las variables más correlacionadas con la variable de respuesta. En este método, una vez introducidas las variables, se aplica una prueba parcial de F y se calcula R^2 . Si la variable introducida tiene aporte sobre el modelo obtenido anteriormente, debe resultar significativa la prueba de F y R^2 debe aumentar considerablemente. El modelo generado por este proceso se introdujo al programa Idrisi[®], a través del módulo IMAGE CALCULATOR para generar el mapa predictivo del potencial productivo del orégano.

La conversión de los datos contenidos en el mapa predictivo, para obtener los resultados reales de producción se llevo a cabo con la ecuación (3):

$$y = \sigma x * z + \bar{y} \quad (3)$$

donde:

y= valor real de producción de hoja seca

σy = desviación estándar de la variable dependiente

z= valores estandarizados

\bar{y} = media de la variable dependiente

Después de formar el mapa de producción, se realizó una revisión de los doce puntos de control previamente conocidos, logrando una igualdad entre los valores del mapa final y los valores reales de hoja seca.

5.5.4 Precisión del mapa de probabilidad

La validación de la presencia o ausencia de orégano, en el mapa de probabilidad, se realizó mediante una tabla de decisión para modelos probabilísticos (López, 2004), con la que se asigna un criterio de decisión y se tomó como base las frecuencias de los puntos conocidos contra los puntos predichos con proporción de 0 a 1 y se compararon con la tabla de decisión (Cuadro 4).

Los puntos conocidos o por validarse se recabaron de Estudios Técnicos Justificativos para el aprovechamiento de orégano en el municipio de El Mezquital, Dgo., los cuales se obtuvieron de la consultoría forestal “Ing. Roberto Trujillo” (Trujillo, 2006 y Trujillo, 2003). Esta información se guardó en formato ASCII y se importó utilizando el formato XYZIDRIS y se convirtió en un archivo tipo vector, el cual se sobrepuso en el mapa de probabilidad para realizar el cotejo y obtener la proporción de puntos conocidos contra puntos predichos.

Cuadro 4. Tabla de decisión para modelos probabilísticos generado por López (2004)

Proporción	Criterio
De 0 a 0.1	No existe precisión
De 0.1 a 0.3	Precisión débil
De 0.3 a 0.5	Precisión moderada
De 0.5 a 0.7	Precisión fuerte
De 0.7 a 1	Precisión excelente

5.5.5 Existencia real total de hoja seca

Los valores de peso de hoja seca obtenidos que resultaron del modelo de predicción, se les aplicó la ecuación (4) (Flores, 1987):

$$PERT = PHS - (20\%) - (30\%) \text{ o bien } = PHS * 0.80 * 0.70 \quad (4)$$

donde:

PERT= Posibilidad de existencia real total

PHS= Peso de hoja seca

20%= volumen residual del área por aprovecharse

30%= porcentaje de las ramas sin colectar sus hojas

La cual se emplea en los inventarios forestales y considera las recomendaciones de la norma NOM-007-RECNAT-1997, que el 20% del total de plantas de las áreas propuestas para aprovechamiento no se corten y que de cada planta que se colecte se dejara el 30% de las ramillas sin colectar.

5.6 Calidad del aceite esencial

En México no existe una norma específica de calidad para el aceite esencial de *Lippia graveolens* por lo que se utilizó como referencia la metodología aplicada a la destilación del aceite esencial de limón (NMX-F-062-1974), así como Normas Mexicanas (NMX) aplicables a aceites esenciales y productos aromáticos (NMX-F-075-1987, NMX-F-077-1976, NMX-F-607-NORMEX-2002, NMX-K-129-1976, NMX-K-081-1976).

5.6.1 Material botánico

El material botánico utilizado para la extracción y las pruebas de calidad del aceite esencial fue colectado durante los años 2007 y 2008. El total de plantas colectadas, estuvo en relación al tamaño de la muestra del material vegetativo más cinco, debido a que para extraer el aceite esencial se requiere de cantidades grandes de biomasa seca.

Se trabajó con la hoja y flor secas de los sitios muestreados retirando estas partes de la planta del tallo y ramas. Posteriormente se realizó otra limpieza donde se retiraron hojas dañadas, manchadas, con restos de capullos y plantas acompañantes. Se empaquetaron y etiquetaron nuevamente hasta su uso posterior.

5.6.2 Extracción de aceite esencial

La obtención del aceite esencial se efectuó en un equipo fabricado en acero inoxidable (Figura 11), por la técnica de destilación por arrastre de vapor de agua (González, 2000). El aceite esencial obtenido se colocó en recipientes de vidrio color ámbar (De la Cruz, 1997).



Figura 11. Equipo utilizado para extraer el aceite esencial

Para calcular el rendimiento del aceite esencial se tomó en cuenta la densidad del aceite y el volumen del aceite obtenido, utilizando la ecuación (5):

$$M = \delta * V \quad (5)$$

donde:

M = Masa del aceite obtenido

δ = Densidad relativa del aceite esencial

V = Volumen extraído de aceite esencial

El valor obtenido se relaciona con la masa total de la hoja usada para la extracción del aceite esencial para obtener el porcentaje de rendimiento.

5.6.3 Control de Calidad

La calidad del aceite esencial del orégano se determinó por sus características organolépticas, fisicoquímicas y por la caracterización de su composición química por el método de cromatografía de gases.

Las técnicas utilizadas fueron obtenidas de Normas Mexicanas (NMX) establecidas para algunos aceites esenciales y en métodos analíticos convencionales.

5.6.3.1 Caracterización química

La cuantificación de los componentes mayoritarios del aceite esencial fue determinado por el M.C. Ramón Silva V. en el Centro de Investigación para los Recursos Naturales (CIRENA), de Salaiques Chihuahua. Se utilizó un cromatógrafo de gases marca Perkin Elmer CLARUS 500, con inyector automatizado y detector de ionización a la flama. Los componentes del aceite esencial se cuantificaron e

identificaron por comparación de estándares analíticos (gamma terpineno, p-cimeno, eucaliptol, carvacrol y timol).

Los resultados de los cromatogramas se sometieron a un análisis de conglomerados para conocer su similitud (González, 2005). Se empleó una matriz de presencia-ausencia de los componentes detectados y se utilizó el método UPGMA y el índice de Jacquard para realizar el análisis de estos datos. Esta metodología se complementó con un análisis de componentes principales.

En forma paralela, se analizaron algunas muestras que presentaron mayor diversidad de compuestos por cromatografía de gases masas en el Instituto de Química de la Universidad Autónoma de México (UNAM) bajo la responsabilidad de la M.C. Carmen Alonso. Se empleó un cromatógrafo de gases masas marca Mateleol, con una columna de fenil-metil-siloxano (5%) de 30 m por 0.32 mm de diámetro interno. Se inyectó en modo split 1:10. No se efectuó integración exclusiva. Los componentes detectados se compararon con la biblioteca del equipo.

5.6.3.2 Análisis organoléptico

Se estimaron los atributos de color y olor fundamentalmente.

- **Olor:** Parámetro determinado por el olfato y descrito mediante el calificativo de: característico o no característico, refiriéndose a que el aceite posee el aroma particular de la planta (*sui generis*).
- **Color:** Se utilizó el método fotocolorimétrico (IPN, 1998). La lectura de la muestra se efectuó en un colorímetro Klett-Summerson, el cual se ajustó a cero con agua destilada y se leyó la muestra. La lectura se realizó con el filtro azul, que posee una longitud de onda de $\lambda = 400-450$ nm. Esta medida se

reportó como porcentaje de transmitancia. Para calcular la densidad óptica se utilizó la ecuación (6):

$$D = 0.002 \times L \quad (6)$$

donde:

D= Densidad óptica

L= Lectura en la escala del colorímetro KS en unidades Klett

Para determinar el porciento de transmitancia, se empleó las ecuaciones (7) y (8):

$$T = 2.0000 - D \quad (7)$$

$$\%T = \text{antilog}(T) \quad (8)$$

donde:

T= Transmitancia

L= Densidad óptica

5.6.3.3 Análisis fisicoquímico

Se determinaron algunos parámetros de los utilizados para aceites esenciales de acuerdo a las normas: Densidad relativa (NMX-F-075-1987), Residuo a la evaporación (NMX-F-077-1976), Determinación de Cenizas (NMX-F-607-NORMEX-2002), Índice de refracción (NMX-K-129-1976), Solubilidad en etanol (NMX-K-081-1976).

➤ **Densidad relativa**

Para el desarrollo de este control, se utilizó el método de picnómetro. Los picnómetros secos y limpios se mantuvieron en una estufa a 20° C, se pesaron vacíos. En seguida se llenaron con agua destilada a la misma temperatura y se pesaron de inmediato. Posteriormente se lavaron con etanol y éter etílico, se secaron interiormente con una corriente de aire seco y exteriormente con un material absorbente. Se colocaron de nuevo dentro de la estufa, hasta alcanzar la temperatura de 20° C, se llenaron con el aceite esencial, puesto previamente a la misma temperatura, se colocó el tapón y se retiró el excedente e inmediatamente se pesaron (NMX-F-075-1987).

La densidad relativa del aceite esencial, se calculó por las ecuaciones (9), (10) y (11):

$$G_1 = M_1 - M \quad (9)$$

$$G_2 = M_2 - M \quad (10)$$

$$\delta_{20^\circ C} = G_1/G_2 \quad (11)$$

donde:

M_1 = Masa del picnómetro con muestra

M_2 = Masa del picnómetro con agua

M = Masa del picnómetro vacío

G_1 = Masa neta del aceite esencial

G_2 = Masa neta del agua

$\delta_{20^\circ C}$ = Densidad relativa del aceite o grasa a temperatura T (°C) con respecto a la temperatura de referencia del agua

➤ **Residuo a la evaporación**

Se utilizaron cápsulas de vidrio a peso constante, las cuales se colocaron en baño de vapor por una hora. Se secaron y enfriaron por triplicado 2 g de aceite esencial en cada cápsula. Se colocaron en baño maría hasta sequedad total, se retiraron del baño maría, se secaron cuidadosamente con un material absorbente. Se enfriaron en desecador durante veinte minutos e inmediatamente se pesaron las cápsulas (NMX-F-077-1976).

Los resultados se expresaron en porcentajes y se calcularon con la siguiente ecuación (12):

$$\% \text{ de Residuo a la evaporación} = \frac{\text{peso del residuo (g)}}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100 \quad (12)$$

➤ **Determinación de Cenizas**

Se pesaron por triplicados 1 g de muestra en crisoles de porcelana a peso constante. Los crisoles se colocaron en una parrilla de calentamiento para la carbonización de la muestra. Posteriormente, se colocaron en la mufla a 550° C durante dos horas. Los crisoles se sacaron de la mufla cuando ésta alcanzó la temperatura de 100° C y se enfriaron en un desecador durante 30 minutos e inmediatamente se pesaron.

El porcentaje de cenizas totales se calculó con la siguiente ecuación (13):

$$\% \text{ de Cenizas totales} = \frac{P_c - P_v}{M} \times 100 \quad (13)$$

donde:

Pc = Peso del crisol con cenizas totales (g)

Pv = Peso del crisol vacío a peso constante (g)

M = Peso de la muestra (g)

➤ Índice de refracción

Para la determinación de este índice se empleó un refractómetro Atago con una precisión de ± 0.0002 . El refractómetro se ajustó con agua destilada y se tomó la lectura de ésta (1.3333). Se registraron las temperaturas del agua empleada, del aceite esencial y del ambiente. Posteriormente se colocó una gota de la muestra en el prisma y se tomó la lectura. Se corrigió con el factor de corrección y se ajustó la temperatura ambiente con la estándar a 20° C (NMX-K-129-1976).

Esta índice se calculó con la ecuación (14):

$$n_D^t = n_D^{t'} + K(T' - T) \quad (14)$$

donde:

n = Lectura de la temperatura de referencia.

n' = Lectura a la temperatura t' en K (°C).

t = Temperatura de referencia.

t' = Temperatura a la cual se hizo la lectura n'.

K = 0.00045 para aceites esenciales.

➤ **Solubilidad en etanol (NMX-K-081-1976)**

Se prepararon soluciones de etanol/agua a diferentes concentraciones 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 y 95% (V/V).

En una matraz Erlenmeyer se colocó 1.0 mL del aceite esencial y se sumergió en un baño de agua a 20° C. Se adicionó la solución etanólica con bureta a la muestra del aceite en volúmenes sucesivos de 0.1 mL, agitando hasta la aparición de turbidez. La adición de la solución etanólica terminó cuando desapareció la turbidez y se registró este volumen (NMX-K-081-1976). Este proceso se realizó por triplicado para cada concentración etanólica.

5.6.3.4 Control estadístico

Se realizó un análisis de comparación de medias para muestras independientes con el fin de conocer el comportamiento de los parámetros de calidad (transmitancia, residuo, cenizas, índice de refracción y densidad relativa) entre años y entre localidades, se aplicó la prueba t de student debido al tamaño de la muestra y en un paquete estadístico que mostró resultados del análisis de Welch al problema de Behrens-Fisher cuando no existe homogeneidad en las varianzas y resultados de la t student normal (Mandeville, 2007). Los resultados de la prueba de solubilidad fueron analizados mediante un gráfico de superficie donde se observó el comportamiento de los valores de solubilidad registrados.

VI. RESULTADOS

6.1 Muestreo

De acuerdo con los datos tomados en campo y de diferentes mapas temáticos, las condiciones fisiográficas de los sitios de estudio fueron variables. Se encontraron plantas en todas las orientaciones con respecto al relieve, pendiente y altitud. En cuanto a las condiciones ambientales estas fueron similares entre las localidades de estudio. En las figuras 12 y 13 se señalan los sitios de muestreo.



Figura 12. Sitios de muestreo El Troncón

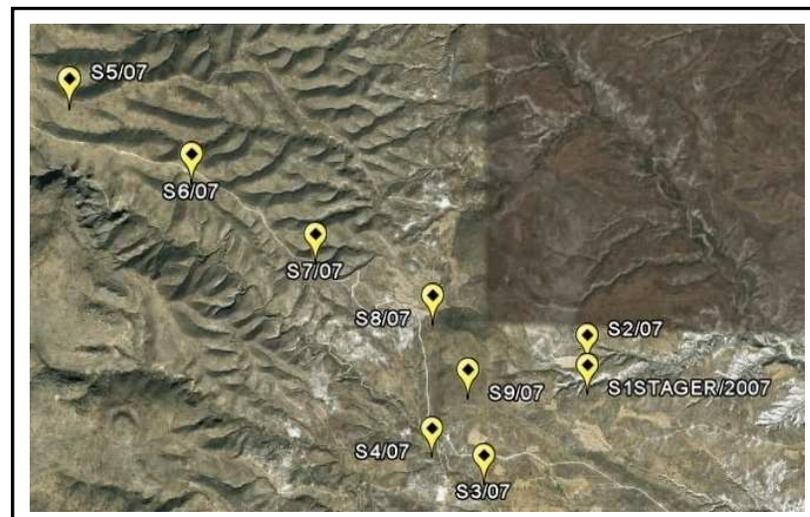


Figura 13. Sitios de muestreo Santa Gertrudis

6.2 Estimación del potencial productivo

El cálculo del tamaño de muestra del material vegetativo para cada unidad experimental, fue de diez plantas por unidad. Información que se uso para obtener la matriz general de datos (Cuadro 5), que incluye los pesos de hoja seca del orégano, los valores digitales de las banda espectrales y los valores categóricos de las variables ambientales de cada uno de los sitios de muestreo, se realizó la normalización de datos y se obtuvo una matriz constituida por 32 variables integrada por los valores de las bandas originales, al cuadrado, al cubo y a la cuarta potencia, así como los valores de los diferentes mapas temáticos (Anexo 1).

Cuadro 5. Matriz de datos correspondiente a los valores originales de cada sitio de muestreo

Sitio	PHS	B10	B20	B30	B40	B50	B70	Pendiente	Altitud	NDVI	Isoterma	Isoyeta	Suelo
Santa Gertrudis													
1	188	106	51	63	67	154	89	0	1590	0.0370	21	450	10
2	244	114	54	66	72	149	85	0	1597	0.008	21	450	10
3	147	108	54	72	77	165	94	2	1572	0.0326	21	450	10
4	177	102	51	64	71	153	85	0	1602	0.0468	21	450	10
5	221	122	58	71	75	178	91	1	1899	0.0697	19	450	8
6	454	123	58	69	68	154	84	7	1808	0.02325	21	450	8
7	249	116	55	68	69	159	91	2	1686	0.03496	21	450	10
8	106	113	52	63	63	133	76	0	1661	0.03649	21	450	10
9	94	112	53	67	69	156	89	2	1628	0.0518	21	450	10
El Troncón													
1	209	90	52	70	79	173	92	19	1432	0.0467	21	550	6
2	849	92	44	60	72	182	99	19	1713	0.0566	21	550	6
3	450	95	51	68	80	182	98	12	1697	0.1029	21	550	6

*PHS= Peso de hoja seca; NDVI: Índice diferencial de vegetación normalizado; B= Banda

Después de realizar la estandarización de las diferentes variables, se analizaron mediante el método de regresión progresiva *Forward* (Anexo 2). El resultado de este análisis con un nivel de significancia del 0.05 (Cuadro 6) mostró las variables significativas fueron: tres bandas del visible (bandas uno, dos y tres), dos bandas del infrarrojo medio (bandas cinco y siete) y las variables de pendiente, altitud y NDVI. (Cuadro 7). Los coeficientes de correlación de PHS con B10, B20, B30, B40, B50,

B70, Pendiente, Altitud, NDVI, Isoterma Isoyeta y Suelo son: -0.37, -0.52, 0.38, 0.18, 0.56, 0.54, 0.69, 0.34, 0.27, 0.09, 0.63 y -0.69 respectivamente.

Cuadro 6. Análisis de varianza resultado de la regresión

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Modelo	9	10.99939	1.22215	3975.55	0.0003
Error	2	0.00061483	0.00030742		
Total corregido	11	11.00000			

Cuadro 7. Variables incluidas del análisis de regresión Forward

Variable	Parámetro Estimado	R ² Parcial	F	p
Intercepto	2.625535E-9	---	0.00	1.0000
PEND	2.35572	0.4802	923.94	0.0209
ALTITUD	1.90847	0.2169	10669.7	0.0062
B20	1.75026	0.1319	549.70	0.0271
NDVI	-1.09414	0.0742	10275.7	0.0063
B104	-15.53870	0.0356	710.24	0.0239
B10	14.10988	0.0314	593.95	0.0261
B304	0.45209	0.0119	1.01	0.4984
B50	1.24712	0.0154	342.43	0.0344
B704	-0.79582	0.0024	199.76	0.0450
B303	-1.30216	0.0000	7.09	0.2287

Resultando como modelo final de probabilidad de producción de hoja seca de orégano, la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{PHS} = & 2.625535\text{E-}9 + 14.10988*(\text{B10}) + 15.53870*(\text{B10}^4) + 1.75026*(\text{B20}) + \\ & 1.30216*(\text{B30}^3) + 0.45209*(\text{B30}^4) + 1.24712*(\text{B50}) + -0.79582*(\text{B70}^4) + \\ & -0.79582*(\text{PENDIENTE}) + 1.90847*(\text{ALTITUD}) + -1.09414*(\text{NDVI}) \end{aligned}$$

Este modelo cuenta con un nivel de confianza del 95% y un coeficiente de determinación (R²) de 0.976.

Las bandas uno y tres correspondientes a las bandas visibles azul y rojo presentan una relación polinomial con el peso seco y la banda dos correspondiente a al color verde, una relación lineal con el peso seco y todas presentan una relación indirecta. La banda dos fue la de la correlación parcial más alta con $R^2 = 0.1319$, mientras que la banda uno con $R^2 = 0.0314$ y banda uno a la cuarta potencia con $R^2 = 0.0356$ y las bandas tres a la tercera potencia con $R^2 = 0.0000$ y tres a la cuarta potencia con una $R^2 = 0.0119$ tienen una relación débil.

En cuanto a las bandas infrarrojas, ambas tienen una correlación parcial débil, con un valor de $R^2 = 0.0154$ para la banda cinco y de $R^2 = 0.0024$ para la banda siete con respecto al PHS.

Con lo anterior, se puede decir que de todas las bandas espectrales, la banda dos es la de mejor correlación parcial con PHS dentro del modelo, es decir el vigor de la planta es un factor que determina el PHS y esta relacionado con el color verde captado. El análisis de regresión, muestra que las bandas uno, tres, cinco y siete complementan el modelo para explicar el peso seco.

Estudios realizados para determinar la producción de cultivos que hacen uso de imágenes de satélite, emplean combinación de bandas espectrales para detectar alguna característica del terreno así como datos de producción del terreno para efectuar la clasificación supervisada del cultivo de estudio ó bien se apoyan de formulaciones para obtener el parámetro de interés para posteriormente realizar la clasificación. En comparación con lo anterior, en este estudio no se realizó una clasificación supervisada previa para estimar la producción, como en los trabajos antes mencionados. La aplicación directa del modelo predictivo resultante de la regresión progresiva en el software Idrisi realiza la selección de áreas de presencia del orégano así como de su producción y permite también analizar el comportamiento de todas las bandas espectrales y determinar que factor influencia más en la predicción del PHS para este tipo de modelo de predicción.

En cuanto a la correlación parcial de las variables pendiente, altitud y NDVI es de las más altas, siendo las dos primeras las que determinan el modelo en más del 50%. Donde pendiente y NDVI se relacionan de manera directa con la variable dependiente (Cuadro 7).

La variable pendiente con una R^2 de 0.4802, es la que tiene mayor peso dentro del modelo predictivo, pues la pendiente es uno de los componentes físicos más importantes del medio ambiente y por ende, de la distribución de organismos. (Ramos, 2005). Por lo que la pendiente es un factor biofísico de alta influencia sobre el PHS, no solo cuantitativo sino también de distribución.

Asimismo se concluye de la variable pendiente que, en lugares con pendientes de 0 a 2° ó de 0 a 4.4%, se obtiene en promedio 2.27 Kg/ha de PHS de orégano y conforme aumenta la pendiente, se da un incremento en el PHS, datos que no concuerdan con lo dicho por Villavicencio (2007), quién considera áreas de potencial productivo alto a aquellas con pendientes no mayores al 8% y áreas con potencial productivo medio a las que presentan pendientes mayores al 8%. La influencia de factores tanto ambientales como sociales pueden dar respuesta a esta variación. De los factores ambientales se puede mencionar la influencia de micrositos cuyas características sean favorables y aprovechadas por las poblaciones de orégano. Entre los factores sociales que afectan la producción se encuentran el pastoreo y el nivel de aprovechamiento (Cavazos, 1991).

El parámetro altitud se ubica como segunda variable de respuesta con una R^2 de 0.2169, es decir la relación de esta variable con el PHS es alta. Presenta una relación directa entre alturas y pesos, donde en alturas entre los 1500–1650 m se analizaron valores de PHS de entre los 1.17 a 2.71 Kg/ha. Esta información varía de un año a otro debido a las condiciones ambientales que pueden afectar la variación cuantitativa de las poblaciones de orégano y por ende la expresión de caracteres

como es el PHS, por lo que su influencia cuantitativa sobre la variable dependiente puede ser cambiante, no así como variable determinante de su distribución, pues utilizando criterios de elevación se puede estratificar diferentes coberturas vegetales debido a que algunas especies de plantas tienen una distribución relacionada a la elevación (Killeen, 2005).

El índice de vegetación (NDVI) se integra a la ecuación con una R^2 de 0.0742 y aumenta la correlación en 90%. En 2008 Pennecc, detectó una relación lineal positiva entre los índices de vegetación y la producción de forraje en sitios con baja cobertura de arbustos pero no en los sitios con alta cobertura de arbustos. Por lo que este parámetro se puede considerar como favorable en áreas con coberturas homogéneas bajas, como las estudiadas en este proyecto, además de considerarlo como un índice adecuado para predecir rendimientos (Soria, 2000).

Las variables incluidas en el modelo se complementan unas con otras, ya que al emplear las herramientas cartográficas adecuadas se puede reproducir la distribución de los principales atributos que representan la diversidad biológica. (Lobo, 2003).

El modelo resultante de la regresión, se implementó en IDRISI con el módulo IMAGE CALCULATOR, generando el mapa predictivo con datos estandarizados (Figura 14) y posteriormente con este mismo módulo se obtuvieron los valores reales de producción (Figura 15).

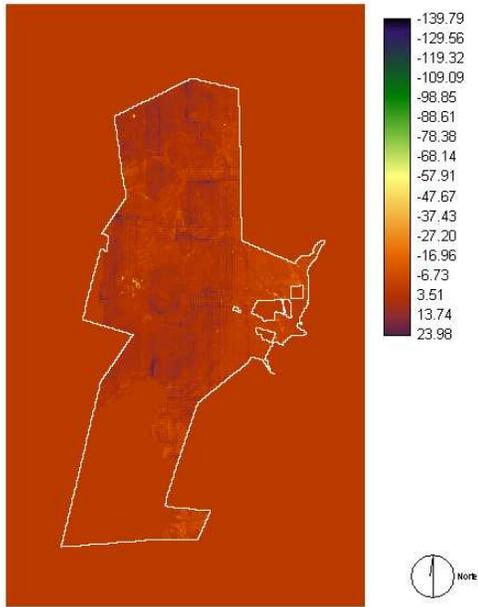


Figura 14.- Mapa predictivo con datos estandarizados

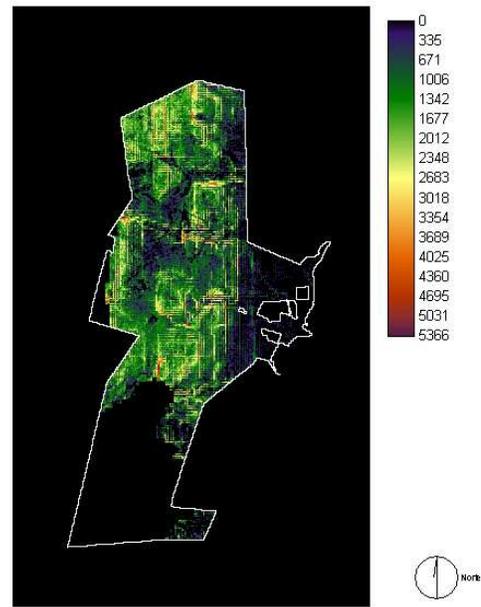


Figura 15.- Mapa predictivo con valores reales de producción (g)

Al realizar un primer cotejo del mapa predictivo de producción, utilizando los valores reales obtenidos de cada sitio de muestreo, se logró coincidir entre los datos de campo y los valores dados por el mapa (Cuadro 8). Posteriormente el mapa predictivo fue reclasificado en intervalos de 100 g (Figura 16), el cotejo de este mapa con los valores de los doce puntos de muestreo tuvieron una buena precisión (Cuadro 8).

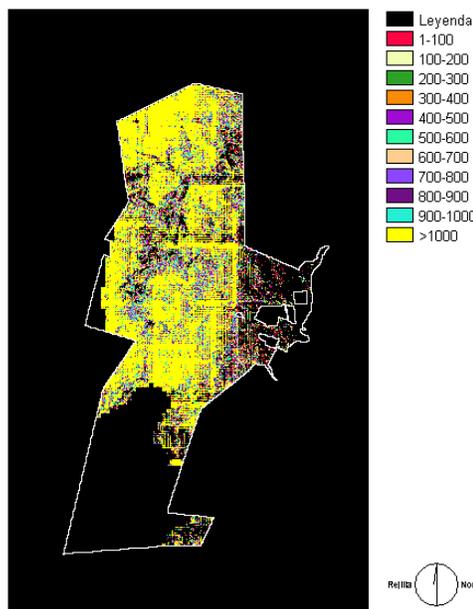


Figura 16. Mapa predictivo con valores reales de producción reclasificado (g)

La precisión del mapa predictivo en la presencia o ausencia, se pudo validar con el cotejo de 929 puntos conocidos de orégano (Anexo 3), distribuidos 541 en Santa Gertrudis y 388 en El Troncón (Figura 17), de los cuales 824 quedaron en una proporción 0.88 vs 0.12 (presencia vs ausencia) y en base a la tabla de decisión creada por López (2004), podemos decir que el mapa de probabilidad en base a la presencia-ausencia de orégano, se encuentra dentro de una precisión excelente

Cuadro 8. Comparación de pesos de hoja seca (g) de los doce sitios de muestreo

Sitio	PHS* Real	PHS Modelo	PHS Modelo reclasificado
SG1	188.66	188.84	2
SG2	244.83	243.79	3
SG3	147.93	148.04	2
SG4	177.60	178.42	2
SG5	221.12	220.80	3
SG6	454.50	455.17	5
SG7	249.55	249.56	3
SG8	106.57	105.94	2
SG9	94.91	95.59	1
T1	209.64	209.56	3
T2	849.00	849.03	9
T3	450.33	449.89	5

*PHS=Peso de hoja seca; SG= Santa Gertrudis; T=Troncón



Figura 17. Ubicación de los puntos conocidos de orégano, utilizados para validar la precisión del mapa

De acuerdo al mapa generado con este modelo predictivo, podemos decir que existen un total de 6,432 ha aprovechables de orégano de las cuales se pueden obtener un total de 57,160.2 Kg de hoja seca, con intervalo de confianza al 95% de la población de 0.798, 0.800 Kg por pixel y de 8.87 a 8.88 Kg por hectárea, en nuestras áreas de interés. De acuerdo con las recomendaciones dadas en la norma NOM-007-RECNAT-1997 se obtuvo una existencia real total de peso de hoja seca de 32,009 Kg (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cálculos de peso de hoja seca, existencias reales y hectáreas resultantes

Clase	Rango PHS* (g)	Frecuencia del pixel	μ Rango	PHS (g)	PHS (Kg)	ha	ERT**(Kg)
1	1-100	2470	50	123500	123.5	222.3	69.16
2	100-200	2677	150	401550	401.55	240.93	224.868
3	200-300	2695	250	673750	673.75	242.55	377.3
4	300-400	2853	350	998550	998.55	256.77	559.188
5	400-500	2942	450	1323900	1323.9	264.78	741.384
6	500-600	3273	550	1800150	1800.15	294.57	1008.084
7	600-700	3316	650	2155400	2155.4	298.44	1207.024
8	700-800	3366	750	2524500	2524.5	302.94	1413.72
9	800-900	3555	850	3021750	3021.75	319.95	1692.18
10	900-1000	3657	950	3474150	3474.15	329.13	1945.524
11	>1000	40663	1000	40663000	40663	3659.67	22771.28
Totales					57160.2	6432.03	32009.7

*Peso de hoja seca

**Existencia real total

6.3 Calidad del Aceite Esencial

6.3.1 Material botánico

Fue colectado el follaje de quince plantas. Las cuales presentaron un estado fenológico de inmadurez en todos los sitios muestreados, para los dos años en que se realizó la colecta.

6.3.2 Porcentaje de rendimiento

El rendimiento del aceite esencial de orégano analizado en los sitios de la localidad de Santa Gertrudis, señalan que en 2007 se registró un rango de 4.1- 6.5 % con un rendimiento medio del 5 % comparada con el obtenido en 2008, en el cual se obtuvo una media del 8.5 % con un rango de 6.1-12.1 % de rendimiento (Figura 18).

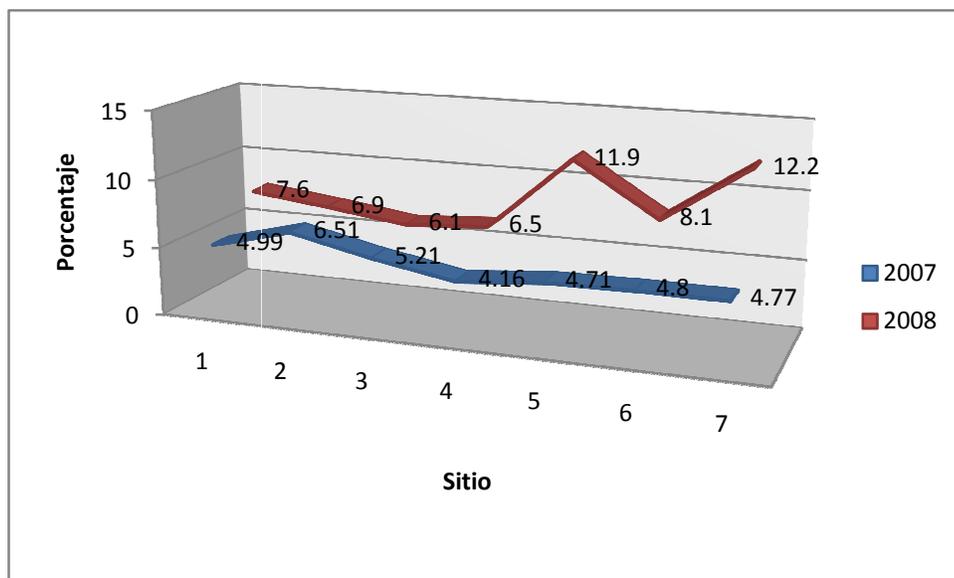


Figura 18. Porcentaje de rendimiento de aceite esencial para Santa Gertrudis

De acuerdo con la prueba de “t de student”, se observó una diferencia significativa $p < 0.011$ entre las medias, con un nivel de confianza del 95 % en esta localidad de estudio.

Este mismo comportamiento se observó en la localidad de Troncón (Figura 19), donde se registró un rendimiento de 4.6 - 4.8 % con una media de 4.7 % para el año 2007 y una media de 6.1 % y de 5.8 - 6.5 % para las muestras del 2008. Igualmente en esta localidad, se obtuvo una diferencia de medias con un valor $p < 0.015$.

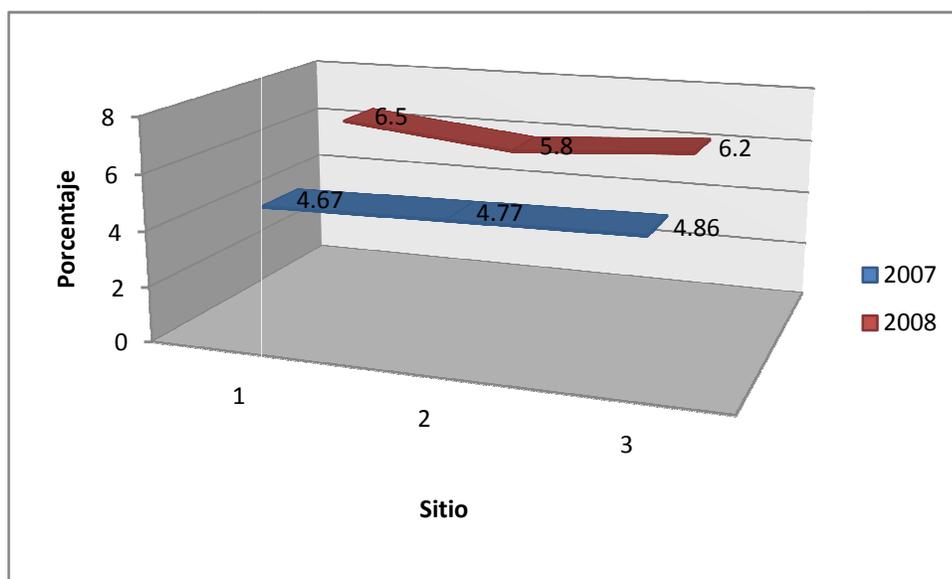


Figura 19. Porcentaje de rendimiento de aceite esencial para Troncón

Estos valores encontrados fueron superiores a los reportados por diversos autores Mendoza (2008) con rendimientos de 2.3 - 4.7 %; González (2000) con 0.6 - 3.5 %, Sánchez (1991) con 0.67 - 2.54 % y similares a los registrados por Alanís (1998) con 5.09 %. Esta discrepancia en los rendimientos del aceite esencial, está influenciada por varios factores que intervienen de manera directa, tales como estado fenológico de la planta, temporada de colecta, condiciones de estrés del material vegetal, sitio de muestreo, periodo y condiciones de almacenamiento de la planta, tamaño del equipo de extracción y control de parámetros del proceso de extracción. También se puede decir que estas variaciones son debidas a que las plantas utilizadas para la extracción contenían altas concentraciones de aceite esencial (Turgut, 2005).

6.3.3 Análisis organoléptico

El aceite obtenido es de consistencia fluida, con el olor característico de la planta. Su color es amarillo claro y los valores de densidad óptica expresados como porcentaje de transmitancia señalan que existe una diferencia significativa entre años para ambos sitios (Cuadro 10). Se registró una diferencia de medias para Santa Gertrudis con un valor de $p < 0.005$ y para El Troncón con una $p < 0.045$.

Realizando la comparación de medias entre localidades resulta que no existen diferencias significativas entre estas, pues el valor de p es mayor a 0.05, siendo de $p > 0.928$ para 2007 y de $p > 0.646$ para 2008

Cuadro 10. Transmitancia promedio para cada localidad de estudio

Localidad	Año	Media (%)	
Santa Gertrudis	2007	10.68	3.98 - 25.12
	2008	24.67	17.78 - 27.8
Troncón	2007	10.22	5.5 - 17.22
	2008	23.46	21.38 - 27.42

La densidad óptica al ser una magnitud específica de cada aceite, que determina que esté no está mezclado con otros productos, resulta ser un parámetro muy variable de un año a otro. Mostrando que una diferencia alta entre valores, no siempre está implicada a una adulteración del producto y que se ha de prestar especial atención a cada etapa del proceso de extracción, ya que puede afectar la magnitud final del parámetro y perder congruencia.

6.3.4 Análisis fisicoquímico

6.3.4.1 Densidad relativa

El análisis estadístico de los valores obtenidos en el parámetro de densidad relativa (DR) entre años, señalan que en la localidad de Santa Gertrudis, si hubo diferencias significativas con un valor de $p < 0.016$ (Cuadro 11), mientras que en Troncón la densidad fue igual para los dos años con una $p > 0.937$.

En cuanto al análisis realizado entre localidades, no existen diferencias significativas, con un valor de $p > 0.558$ para 2007 y de $p > 0.440$ para 2008, dentro del intervalo de confianza del 95 %.

Cuadro 11. Densidad relativa promedio para cada localidad de estudio

Localidad	Año	Media (ρ)	Rango (ρ)
Santa Gertrudis	2007	0.934	0.925 - 0.943
	2008	0.946	0.938 – 0.955
Troncón	2007	0.940	0.930 – 0.957
	2008	0.941	0.939- 0.942

Estos valores son similares a los reportados por Mendoza (2008) y Corral (2008). La semejanza de resultados fortalece lo dicho por Mendoza que muestra a la densidad relativa como un parámetro de aceptación para aceites esenciales de orégano pertenecientes al estado de Durango.

6.3.4.2 Residuo a la evaporación

El análisis de este parámetro mostró que en ambas localidades se presentaron diferencias significativas entre un año y otro. Con una diferencia de medias de $p < 0.039$ para Santa Gertrudis y para el Troncón con un valor de $p < 0.028$.

La comparación de los datos entre localidades mostró que si existen diferencias significativas entre éstos para los años muestreados, con un valor de $p < 0.030$ para 2007 y una $p < 0.012$ para 2008 (Cuadro 12).

Cuadro 12. Residuo a la evaporación promedio para cada localidad de estudio

Localidad	Año	Media (g)	Rango (g)
Santa Gertrudis	2007	0.45	0.24 – 1.17
	2008	0.15	0.03 – 0.24
Troncón	2007	1.06	0.74 – 1.46
	2008	0.32	0.26 – 0.43

La finalidad de este parámetro, es de mostrar que un aceite esencial no debe tener partículas en suspensión ni dejar residuo sólido al evaporarse (Ortuño, 2006). Los resultados mostraron valores cercanos a 1 g, por lo que no se cumple con lo dicho por Ortuño (2006) y a su vez impidiendo obtener magnitudes homogéneas. Cabe destacar, que cada muestra se sometió a diferentes tiempos de evaporación para lograr la sequedad total. Las características químicas del aceite esencial de orégano pueden influir en los resultados de esta prueba, generando residuos fácilmente visibles y difíciles de llevar a sequedad total.

6.3.4.3 Cenizas

En la prueba de medias realizada al parámetro de cenizas, los datos obtenidos demostraron que no existen diferencias significativas, por lo cual estos resultados son similares en los dos años de recolección para ambas localidades. Con un valor de $p > 0.844$ para Santa Gertrudis y con un valor de $p > 0.330$ para Troncón (Cuadro 13).

Así mismo, tampoco existen diferencias significativas de los valores de cenizas entre localidades, con un valor de $p > 0.766$ para el año 2007 y una $p > 0.234$ para el 2008.

Cuadro 13. Cenizas promedio para cada localidad de estudio

Localidad	Año	Media (g)	Rango (g)
Santa Gertrudis	2007	0.063	0.03 – 0.1
	2008	0.060	0.02 – 0.1
Troncón	2007	0.073	0.04 – 0.13
	2008	0.036	0.02 – 0.06

Los valores son mayores a los registrados por Mendoza (2008) y Corral (2008). En base a lo mencionado por Mendoza estas diferencias pueden deberse al contenido de componentes químicos presentes, cuya variación es afectada por factores como el estado fenológico de la planta, condiciones de estrés del material vegetal y control de parámetros del proceso de extracción.

6.3.4.4 Índice de refracción

Con respecto al índice de refracción, los resultados nuevamente fueron similares a los obtenidos en las pruebas anteriores. En la prueba de medias se observó que en las muestras analizadas de los dos años, se tuvieron diferencias significativas para los dos sitios de estudio, con una $p < 0.022$ para la localidad de Santa Gertrudis y una $p < 0.016$ para El Troncón (Cuadro 14).

La prueba de medias señaló que entre localidades, no existen diferencias significativas. Con un valor de $p > 0.453$ para 2007 y una $p > 0.903$ para 2008.

Cuadro 14. Índice de refracción promedio para cada sitio de estudio

Localidad	Año	Media (nm)	Rango (nm)
Santa Gertrudis	2007	1.504	1.499 – 1.508
	2008	1.508	1.508 – 1.510
Troncón	2007	1.503	1.502 – 1.504
	2008	1.508	1.5081 – 1.5087

Aunque estadísticamente los valores de índice de refracción no son significativos entre años, en promedio es un valor homogéneo tanto para años como entre localidades. Tomando en cuenta que este parámetro es una magnitud exclusiva de cada aceite esencial y que cambia si éste se diluye o mezcla con otras sustancias (Ortuño, 2006), se muestra como un buen indicador de calidad para el aceite esencial obtenido de esta zona.

6.3.4.5 Solubilidad en etanol

El análisis de los valores de solubilidad, mediante gráfico de superficie, mostró que para todos los sitios el comportamiento de la solubilidad del aceite esencial es homogéneo y este comportamiento se repite para los años muestreados. (Figura 20 y 21)

Resultando que el aceite es soluble en concentraciones etanólicas de 90-95%, poco soluble en concentraciones de 85-65% e insoluble en concentraciones mayores a 60

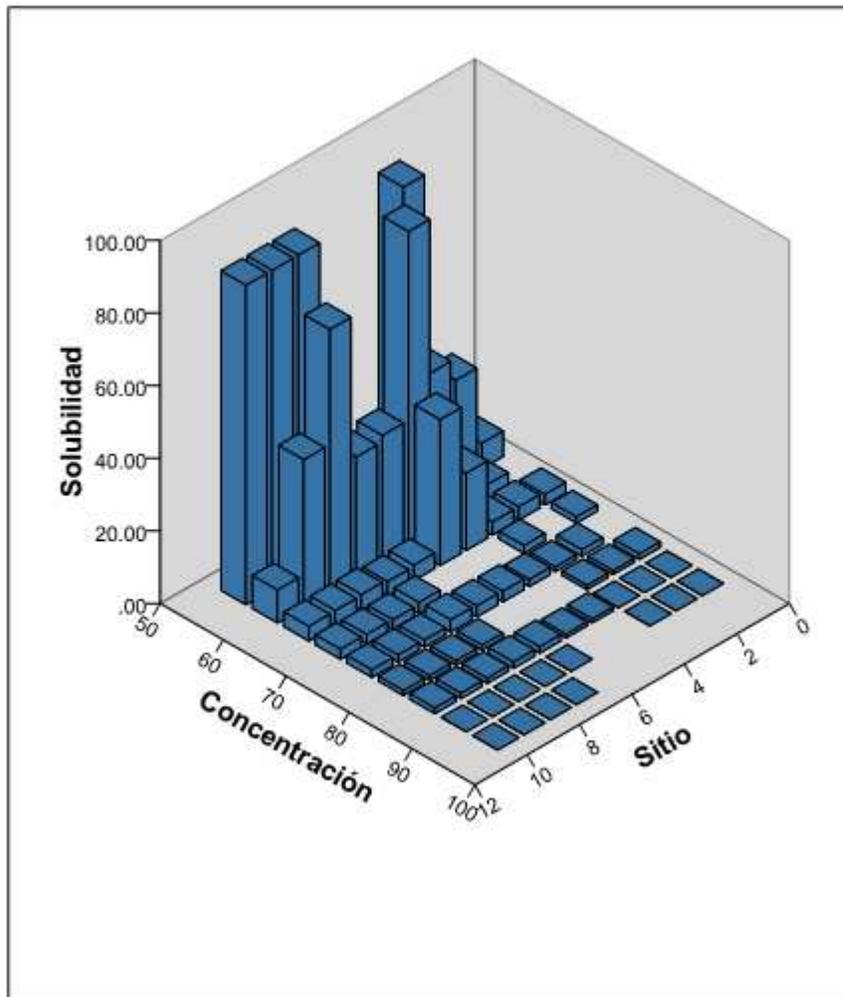


Figura 20. Comportamiento de la solubilidad del aceite esencial de los sitios 2007

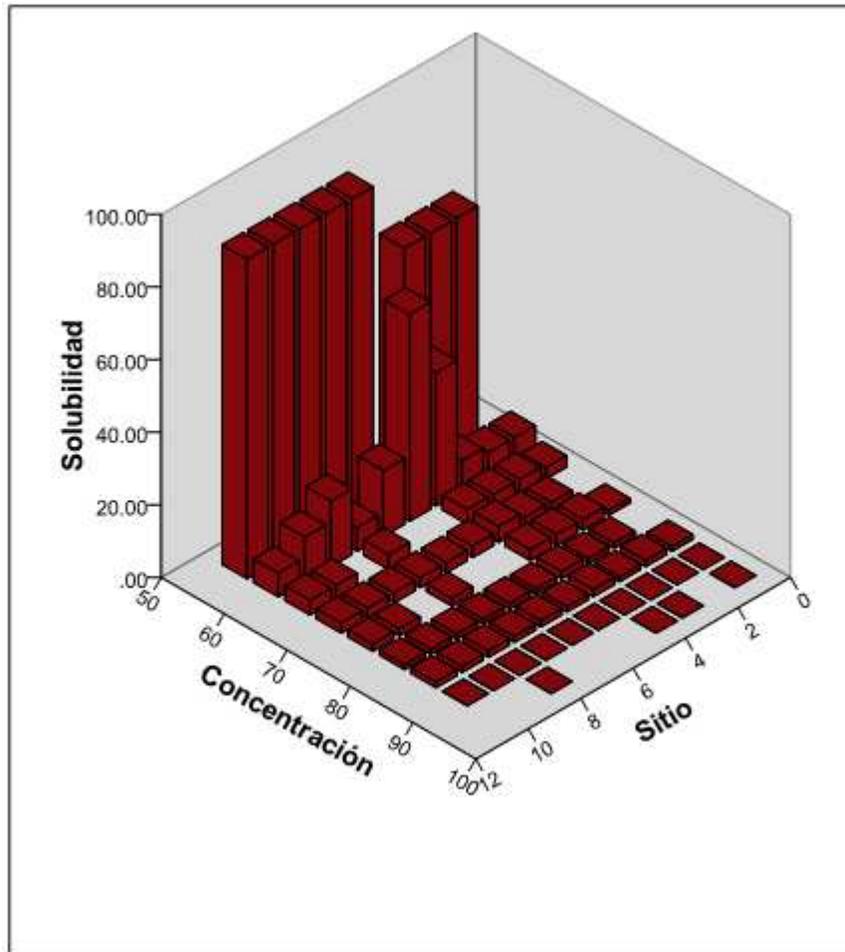


Figura 21. Comportamiento de la solubilidad del aceite esencial de los sitios 2008

El comportamiento de solubilidad es semejante al reportado por Mendoza (2008) y Corral (2008). La solubilidad resulta ser un control de calidad sencillo para la detección de adulteraciones, pues el rango de solubilidad total es pequeño de 95-90%, para el aceite esencial de orégano puro.

6.3.5 Caracterización química

6.3.5.1 Similitud química

El análisis estadístico realizado a la matriz generada con la presencia-ausencia de compuestos químicos detectados mediante la cromatografía de gases (Anexo 4), para el año 2007 mostró la formación de dos subgrupos o dos grupos químicos diferentes. Estos subgrupos químicos, fueron integrados por el mismo análisis “cluster”, en un solo grupo químico general, en donde según la regla de medición del dendograma (Figura 22), la diferencia entre sitios es menor al 40%, considerando que el nivel 25 corresponde al 100%. Lo cual indica una similitud química entre las localidades de estudio y que está dada por la alta cantidad de componentes químicos, en total, 59 registrados para este año. Se observa también la presencia de un sitio de muestreo, correspondiente a la muestra tres de El Troncón, que no se agrupa con los demás sitios y difiere de éstos con un 100%.

En cuanto al análisis de componentes principales (APC), para las muestras del año 2007, se observó que en el plano principal (Figura 23) formado por el componente uno que explica la varianza entre variables de 67.39% y el componente tres con una explicación de la varianza del 6.77%. En donde se observó una proximidad pequeña entre la mayor parte de los puntos de muestreo, es decir que existe una correlación alta entre ellos. Al igual que el dendograma, se formaron dos nubes de puntos, una en el cuadrante tres constituida por los sitios siete y cuatro de Santa Gertrudis y el sitio dos de El Troncón; la segunda se localizó en el cuadrante cuatro y la conformaron el sitio uno de El Troncón y los sitios uno, dos, tres, cinco, seis, ocho y nueve de Santa Gertrudis, lo que indicó la presencia de dos grupos químicos diferentes y también presentó la separación, marcada en otro cuadrante, del sitio tres correspondiente a El Troncón.

Figura 22. Dendrograma resultante del análisis de compuestos de 2007

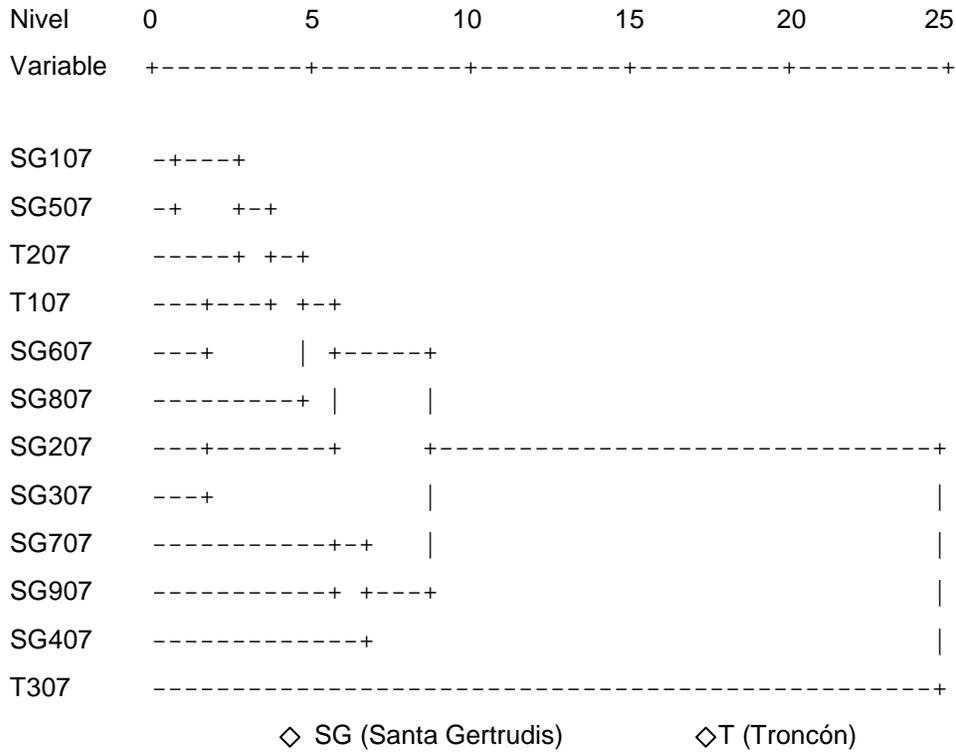
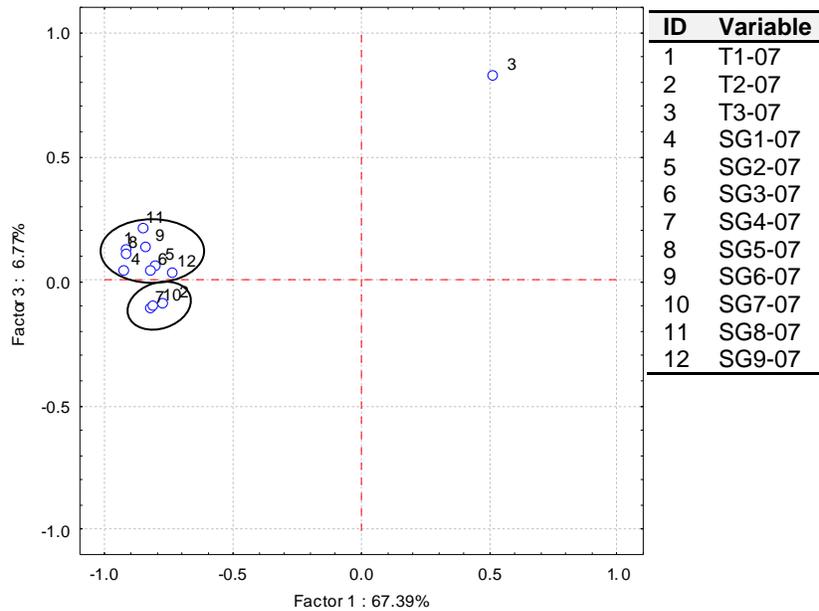


Figura 23. Análisis de componentes principales realizado a las muestras de 2007



Para el año 2008 el dendograma (Figura 25) mostró la formación de dos subgrupos químicos y que a su vez integró un solo grupo químico general, en donde según la regla del nivel medición, la diferencia entre sitios es menor del 60%, lo que indicó que la similitud química entre sitios de muestreo no es tan cercana. Esta similitud presenta una baja cantidad de componentes químicos, en total, 38 registrados para este año, sin embargo, entre localidades si existe similitud química, ya que los sitios de muestreo de Santa Gertrudis se correlacionaron con sitios de El Troncón.

Este análisis detectó un sitio de muestreo perteneciente al sitio siete de Santa Gertrudis, que no se agrupa con ninguno de los otros sitios muestreados y presenta una diferencia con éstos del 100%.

El análisis de APC, para las muestras del año 2008, mostró en el plano principal (Figura 24) formado por el componente uno, la varianza entre variables de 57.46% y el componente dos con una explicación de la varianza del 6.77%. La proximidad entre algunos puntos es alta con una correlación pequeña entre ellos. La formación de dos nubes de puntos, una en el cuadrante tres formada por los sitios tres, cuatro, ocho y nueve de Santa Gertrudis y uno y tres de El Troncón; y la segunda se ubicó en el cuadrante cuatro integrada por los sitios cinco y seis de Santa Gertrudis y el sitio dos de El Troncón, lo que indicó la presencia de dos grupos químicos diferentes. También se presentó la separación marcada en otro cuadrante, del sitio siete de Santa Gertrudis.

Figura 24. Análisis de componentes principales realizado a las muestras de 2008

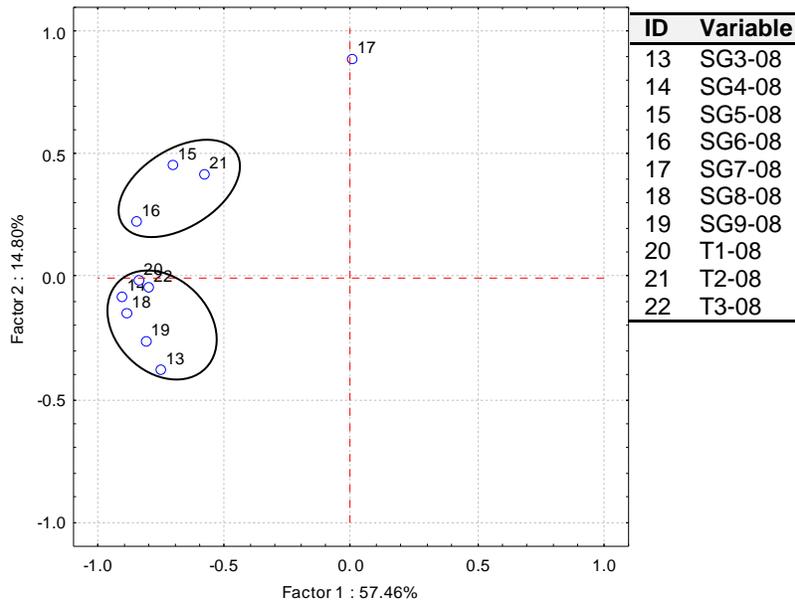
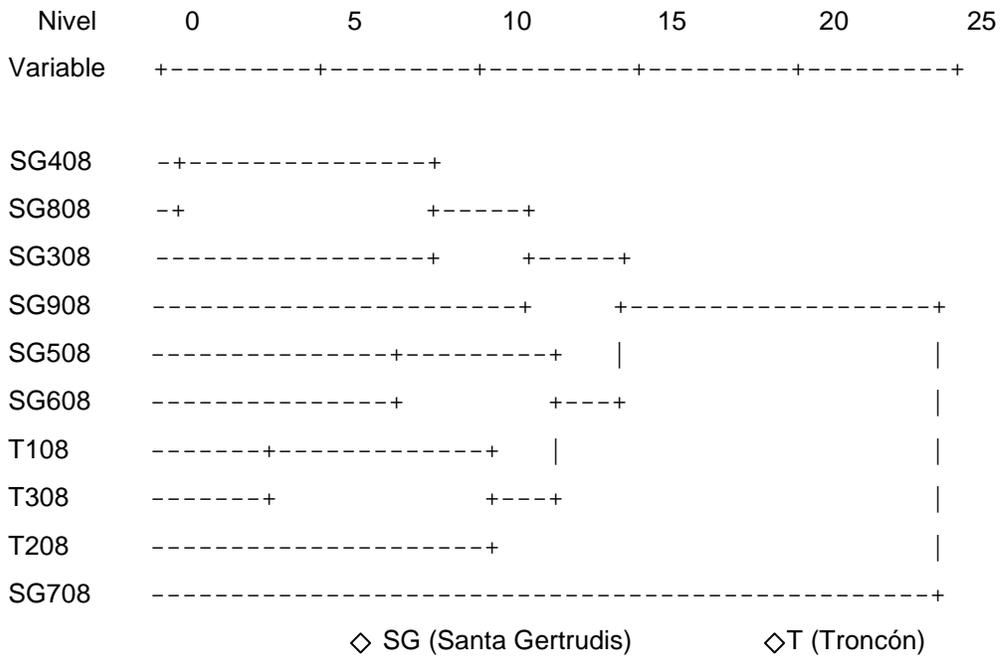


Figura 25. Dendrograma resultante del análisis de compuestos de 2008



La similitud entre sitios de muestreo difiere de un año a otro, esto puede ser debido a la precipitación presentada en cada año de muestreo (Cuadro 15). Donde en el año 2007 se presentó una precipitación menor y que según Harborne (1991) a mayor insolación y mayor estrés hídrico, se esperaría una mayor producción de terpenos, tal que para este año, la baja precipitación generó una producción alta de terpenos y por lo tanto una correlación grande entre sitios. En relación a lo mencionado antes, el comportamiento químico durante el año 2008 fue de una producción menor de terpenos, debido a un aumento en la precipitación, generando así una correlación pequeña entre sitios.

En lo que se refiere a los sitios cuya composición no se agrupa dentro de los otros, el género *Lippia* posee como característica la variación en la concentración de su composición química (Juliani, 2002). Esta variedad de muestras son totalmente diferentes al resto de la población y no implica necesariamente que no pertenezcan a ella.

Aunque la correlación entre sitios de muestreo fue variable de un año a otro, esto no influyó en la similitud química entre localidades para los dos años muestreados, pues ambas localidades mostraron correlación, con lo que se demuestra que son semejantes en sus componentes químicos.

Cuadro 15. Precipitación registrada en los años de colecta por la estación El Troncón*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2007	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	123.0	74.0	126.0	77.0	3.0	21.0	0.0	429.0
2008	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	34.6	182.9	118.7	124.0	0.0		0.0	483.2

*Fuente: CONAGUA, Delegación Durango

6.3.5.2 Componentes principales

Los resultados de las pruebas indicaron la presencia de concentraciones altas de timol y en cantidades menores e incluso la ausencia de los componentes de eucaliptol, γ -terpineno y p -cimeno (Cuadros 16 y 17). La presencia de carvacrol no fue detectada por este equipo; este resultado se repitió para los dos años muestreados.

La respuesta de la planta al estrés hídrico se reflejó en los porcentajes registrados, donde para el año 2007 los porcentajes de compuestos mayoritarios fueron más altos en comparación con el año 2008. Sin embargo, cabe mencionar aquí el comportamiento del compuesto timol, pues se observa el aumento de este compuesto de un año a otro, lo que concuerda con lo mencionado por Silva (2005), quien encontró que al adicionar mayor cantidad de agua se da un incremento en la producción de timol y a menor cantidad de agua se tienen cantidades menores de carvacrol. Cabe mencionar que este compuesto no se detectó en los dos años de colecta analizados.

Las condiciones ambientales y de manera particular la precipitación y la fenología de la planta fueron determinantes en la variabilidad de componentes. Las muestras colectadas presentaron un estado de inmadurez, lo que coincide con lo reportado por Silva (2005), quien menciona que las plantas más jóvenes tienden a contener mayores concentraciones de timol, lo que indica que la fase de crecimiento de la planta tiene un efecto significativo sobre la composición del aceite esencial de orégano, interactuando a su vez con la fisiología de la planta y las variaciones estacionales dadas por los tiempos de colecta (Alaníz, 1998).

A pesar de la variabilidad de componentes, el timol siempre está presente en cantidades altas, lo que coloca al aceite de esta región como un aceite con contenidos altos de timol.

Cuadro 16. Compuestos detectados por cromatografía de gases (2007)

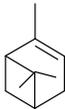
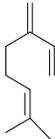
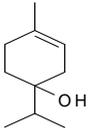
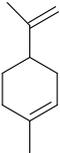
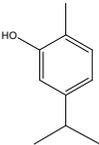
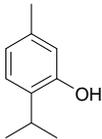
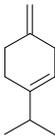
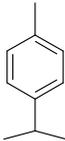
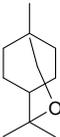
Localidad	Sitio	Compuesto (%)			
		Timol	Eucaliptol	γ -Terpineno	p-Cimeno
Troncón	1	60.09	0	6.66	13.71
	2	52.55	0	8.34	14.88
	3	57.57	0	0	8.14
Santa Gertrudis	4	62.14	0	5.79	13.11
	5	59.12	0.17	5.41	14.83
	6	54.28	0	5.63	19.72
	7	62.44	0	6.91	9.25
	8	66.23	0	5.71	11.66
	9	58.78	0	6.24	17.36
	10	39.71	0	10.37	18.47
	11	66.41	0	5.75	13.77
	12	55.32	0	5.67	15.4

Cuadro 17. Compuestos detectados por cromatografía de gases (2008)

Localidad	Sitio	Compuesto (%)				
		Timol	Eucaliptol	γ -Terpineno	p-Cimeno	
Santa Gertrudis	13	71.51	0	0	Trazas	
	14	73.27	0.18	0	Trazas	
	15	68.8	0.19	0	Trazas	
	16	62.91	0.17	0	Trazas	
	17	65.12	0.21	0	0	
	18	56.13	0.2	0	Trazas	
	19	69.74	0	0	Trazas	
	Troncón	20	69.42	0.2	0	0
		21	62.72	0.19	0	0
22		68.08	0.22	0	Trazas	

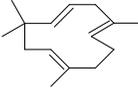
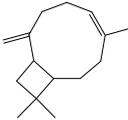
La ampliación de la caracterización de componentes químicos, reveló la presencia de los principales constituyentes fenólicos del orégano, el timol y carvacrol, este último no detectado en los cromatogramas (Cuadro 18 y 19).

Cuadro 18. Monoterpenos detectados en las muestras obtenidas de las localidades de estudio

Componente	Estructura química	Propiedades*
β -Pinoeno		Antiinflamatorio, antiséptico, candidacido, plaguicida, espasmogénico, alérgico
β -Myrceno		Antimutagénico, antibacteriano, antioxidante, plaguicida, alérgico, perfumería
4-Terpineol		Antialérgico, aniasmático, antiséptico, bacteriostático, antibacteriano, diurético, fungicida, herbicida, irritante, plaguicida, espermicida.
Limoneno		Antibacteriano, anticáncer, antiviral, antitumoral, saborizante, fungistático.
Carvacrol		Antiséptico, antibacteriano, antiinflamatorio, antimelanómico, antioxidante, antiplaquetas, anti radicales libres, antifúngico y antiacné.
Timol		Antiséptico, antiacné, aniarteriosclerótico, antibacteriano, antiinflamatorio, antioxidante, antimelanómico, antiplaquetario
γ -Terpineno		Antioxidante, plaguicida
p -Cimeno		Analgésico, antibacteriano, antigripal, antiviral, herbicida, fungicida, tricomonocida
1-8 Cineol (Eucaliptol)		Antialérgico, alérgico, antibronquítico, antifatiga, antihalitosis, candidicida, hipotensivo, expectorante, neurotóxico, nematocida

*Fuente: González (2008)

Cuadro 19. Sesquiterpenos detectados en las muestras obtenidas de las localidades de estudio

Componente	Estructura química	Propiedades*
α -Humuleno		Antitumoral
Isocariofileno		Insecticida

*Fuente: González (2008), Berger (2007)

VII. CONCLUSIONES

En las áreas de estudio se estimó una producción de 57,160.2 Kg de hoja seca en 6,432 ha aprovechables, con un intervalo de confianza al 95% de $0.1199 \leq \mu \leq 0.2986$ Kg.

El vigor de la planta fue un factor para estimar el PHS, determinado por la banda dos, que capta el color verde y el cual presento buena correlación dentro del modelo propuesto con una $R^2=0.1319$.

De las variables ambientales la pendiente y altitud fueron las de mayor correlación con el PHS con una $R^2=0.48.02$ para pendiente y $R^2=0.02169$. Se encontró que en pendientes de 0 a 2° ó de 0 a 4.4%, se obtuvo en promedio 2.27 Kg/ha de PHS de orégano y conforme aumenta la pendiente, se da un incremento en el PHS y en alturas entre los 1500–1650 m se analizaron valores de PHS de entre los 1.17 a 2.71 Kg/ha. Estos valores pueden variar de un año a otro debido a las condiciones ambientales que pueden afectar la variación cuantitativa de las poblaciones de orégano.

El modelo de probabilidad de PHS obtenido funciona adecuadamente para fines descriptivos ó estimativos, cuenta con la ventaja de no necesitar clasificar la vegetación, sino únicamente seleccionar las áreas de presencia del orégano. Asimismo tiene la ventaja de unificar valores estimados de producción, de manera transitoria, lo cual no ocurre en los inventarios forestales que se realizan para el aprovechamiento de esta especie.

El rango de rendimiento del aceite esencial obtenido vario de 4.6 a 12.2%, entre las dos localidades de estudio. Estos rangos son mayores a los registrados en otros trabajos.

No hay diferencias significativas entre las características organolépticas y fisicoquímicas del aceite de orégano de las dos localidades. Por lo que se rechaza la hipótesis inicial. Los datos obtenidos de las pruebas realizadas son similares a los reportados por otros autores para el aceite esencial de orégano.

El análisis estadístico realizado a cada parámetro, indico diferencias significativas entre años para las dos localidades de estudio, excepto para las pruebas de densidad y cenizas. La variación en las pruebas de color y residuo a la evaporación pueden ser debidas al estado fenológico, al manejo de la planta y al proceso de extracción, pues puede derivar en la pérdida de componentes químicos que originen estas variaciones. En cuanto al índice de refracción, los valores registrados estadísticamente no fueron significativos, pero los valores promedios fueron homogéneos entre años.

La prueba de cromatografía de gases masas no detectó carvacrol, en los dos años estudiados en ambas localidades. Los compuestos eucaliptol, γ -terpineno y p -cimeno, se encontraron en cantidades menores ó ausentes de un año a otro. La presencia de timol fue constante entre sitios y entre años y se encontró en concentraciones superiores al 50%. Por lo cual en este caso, la composición química entre localidades fue similar y el aceite esencial de orégano de esta región, es un aceite con contenidos altos de timol.

VIII. RECOMENDACIONES

Los registros de materia seca obtenidos de los muestreos, no presentaron cantidades mayores a los 900 g, sería conveniente realizar una validación del mapa de probabilidad de producción dando especial atención a las zonas estimadas con más de 1,000 g de materia seca, pues son las de mayor ocurrencia.

Habría que aplicar la misma metodología en otras regiones con características similares a la zona de estudio para validar la estimación del PHS de estos lugares y contar con la información digital referente a este aspecto del orégano.

Los resultados de este trabajo, correspondientes a la calidad del aceite esencial y los ya existentes para esta especie, pueden formar parte de una base de datos para proponer una Norma Mexicana para el aceite esencial de orégano mexicano.

IX. BIBLIOGRAFÍA

ALANÍZ G. L. 1998. Contribución al estudio de la calidad de aceite esencial en orégano *Lippia graveolens* H.B.K. Tesis profesional. URUZA-UACH. Bermejillo, Durango, México.

ARCILA L. C. C., Loarca P. G., Lecona U. S., González M. E. 2004. El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. (Disponible en línea en: http://www.alanrevista.org/ediciones/20041/oregano_propiedades_composicion_actividad_biologica.asp) (Revisado el 12 de septiembre de 2007).

BAUTISTA Z. F., Delfín G. H., Palacio P. J., Delgado C. M. C. 2004. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. DGEP-UNAM. México. pp 303-327.

BELA A. J. D., Néstor H. C. C. 2009. Control de calidad de materias primas vegetales para fines farmacéuticos: “manzanilla ” (*Matricaria recutita* L.). Facultad de Agroindustrias. (Disponible en: <http://www1.unne.edu.ar/cyt/2002/08-Exactas/E-023.pdf>) (Revisado el 6 de marzo de 2008).

BERGER R. G. 2007. Flavours and fragrances: chemistry, bioprocessing and sustainability. Springer, Germany. Pp 87-115.

CAMPBELL J.B. 1996. Introduction to remote sensing. 2nd ed. The Guilford Press, New York, p 622 .

CAROT A. V. 2001. Control estadístico de la Calidad. México. Editorial Alfaomega, p 15

CARROLL M.L., DiMiceli C.M., Sohlberg R.A. and Townshend J.R.G. 2004. 250m MODIS Normalized Difference Vegetation Index, 250 m. University of Maryland. Maryland. (Disponible en: <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/ndvi/gallery.shtml>) (Revisado el 17 de noviembre de 2008).

CASTRO I., Casado M. A., Ramírez-Sanz L. D. M., Costa J. M., Díaz M. P. F. 1996. Funciones de estimación de la biomasa aérea de varias especies del matorral mediterráneo del centro de la península Ibérica. (Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/Orsis/article/viewFile/24382/89556>) (Revisado el 4 abril 2008).

CAVAZOS D. J. R. 1991. Análisis dimensionales de plantas de orégano (*Lippia berlandieri*) para la estimación de biomasa aérea. En: Estado Actual del conocimiento sobre el orégano en México. Bermejillo, Dgo. pp 110-117.

CECADER-SAGARPA. 2007. Industria extractora de aceite de orégano (*Lippia spp.*) Sociedad Cooperativa de R.L. de C.V. "Capitán Martín Pérez". Boletín No. 28 Experiencias Relevantes en la prestación de servicios para el desarrollo rural. (Disponible en: <http://www.cecader.gob.mx/boletin/b28/experiencias/experiencia2.htm>) (Revisado el 30 noviembre 2007).

CONABIO. 1999. Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO. Escala 1: 1 000 000. México. (Disponible en: <http://conabioweb.conabio.gob.mx/>). (Revisado el 18 de noviembre de 2008).

CONAFOR. 2007. Orégano mexicano, oro verde del desierto. *México Forestal*, Revista Electrónica de la Comisión Nacional forestal. (Disponible en: http://www.mexicoforestal.gob.mx/nuestros_arboles.php?id=29) (Revisado el 15 septiembre 2007).

CORRAL T. C. L. 2008. Monitoreo de control de calidad sobre el efecto de diferentes materiales en la composición del aceite esencial de orégano. Tesis profesional. Instituto Tecnológico de Durango. Durango, Méx.

CHACÍN F., Ascanio, M., Hernández, A., García, J., Cobo, M., Ascanio, A. 2005. Predicción de cosechas en plátanos (*Musa* AAB 'Hartón') mediante modelos de regresión (Forward y Stepwise).

DE LA CRUZ E. 1997. Efecto del tamaño de partícula y método de extracción en la obtención de aceite de orégano. Seminario. UJED-Escuela de Ciencia y Tecnología de los alimentos. Gómez Palacio, Dgo.

DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. NMX-F-077-1976. Determinación de residuo a la evaporación en aceites esenciales. México, D. F. 2p. (Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-077-1976.PDF>) (Revisado el 19 de octubre de 2007).

DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. MX-K-081-1976. Determinación de la solubilidad en etanol en aceites esenciales y productos aromáticos. México, D. F. (Disponible en: www.colpos.mx/bancodenormas/index.php?option=com_bookmarks&Itemid=40&catid=-1&task=view&mode=1&id) (Revisado el 19 de octubre de 2007).

DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. NMX-F-074-S-1981. Determinación del índice de refracción con el refractómetro de Abbé. México, D. F. (Disponible en: http://www.colpos.mx/bancodenormas/index.php?option=com_bookmarks&Itemid=40&catid=4&task=view&mode=0&id=15&search=*) (Revisado el 19 de octubre de 2007).

DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. NMX-F-075-1987. Determinación de la densidad relativa de aceite esencial y productos aromáticos. México, D. F. (Disponible en: www.colpos.mx/bancodenormas/index.php?option=com_bookmarks&Itemid=40&catid=-1&task=view&mode=3&id) (Revisado el 19 de octubre de 2007).

DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. NMX-F-607-NORMEX-2002. Determinación de cenizas en alimentos. México, D. F. (Disponible en: <http://www.normex.com.mx/Normas-que-Expedimos.html>) (Revisado el 19 de octubre de 2007).

DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. NMX-F-062-1974. Alimentos. Aceite esencial destilado de limón mexicano. Normas mexicanas. (Disponible en: www.colpos.mx/bancodenormas) (Revisado el 19 de octubre de 2007).

ESTI-MONTES. 2009. Cromatografía de gases. Departamento de Ingeniería Forestal (Disponible en: <http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoIngForestal/OperacionesBasicas/Docencia/PDF/Temas/TEMA5.pdf>) (Revisado el 2 de marzo de 2008).

FAO. 2000. Estado de la información forestal en México. (Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/006/AD398S/AD398S00.HTM>) (Revisado el 28 septiembre 2007).

FAO. 1995. Memoria - Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe. (Disponibles en: <http://www.fao.org/docrep/t2354s/t2354s00.HTM>) (Revisado el 30 septiembre 2007).

FLORES G. J. G. 1987. Ensayo de predicción del rendimiento de orégano (*Lippia berlandieri*) en la zona norte de Jalisco. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

GANDIA S., Meliá J. 1991. La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos renovables: agricultura. Universidad de Valencia. España, p 315.

GARCÍA. E. – CONABIO. 1998. Isotermas Medias Anuales. Escala 1:1 000 000, México. (Disponible en: <http://conabioweb.conabio.gob.mx/>). (Revisado el 18 de noviembre de 2008).

GARCÍA. E. – CONABIO. 1998. Precipitación Total Anual. Escala 1: 1 000 000. México. (Disponible en: <http://conabioweb.conabio.gob.mx/>). (Revisado el 18 de noviembre de 2008).

GONZÁLEZ G. M. C., Meré R. A. A. Y Pérez S. G. 2008. Orégano mexicano y orégano europeo: usos y propiedades. Revista Divulgación. COCyTED. Durango, pp 12-13.

GONZÁLEZ G. M. C. 2005. Flavonoides de orégano mexicano (*Lippia graveolens* HBK. var. *berlandieri* Schauer) y su actividad antioxidante, antiinflamatoria y citotóxica. Tesis de posgrado. Colegio de Posgraduados. Texcoco, México, p 219.

GONZÁLEZ G. M. C., Cháirez H. I., Calderón P. J.. 2000. Composición química del orégano en el Estado de Durango. Revista INTERCIENCIA. 1:61-64

GONZÁLEZ G. M. C., González V. L. S. 1998. Estado actual de la producción de orégano en Durango. IX Semana de la Investigación Científica. CIIDIR-IPN Unidad Durango, pp 63-69.

HERNÁNDEZ R. A. Arias, M. C. G. 1991. Aspectos ecológicos del orégano en el Altiplano Potosino. En: Estado Actual del conocimiento sobre el orégano en México. Bermejillo, Dgo, pp 67-73.

HUERTA, C. 1997. Orégano mexicano: oro vegetal. Biodiversitas 15:8-13.

INEGI. 2003. Cuaderno estadístico municipal, Mezquital, Durango, pp 146.

INE. 2007. Evaluación de riesgo de extinción de *Lippia graveolens* de acuerdo al numeral 5.7 de la NOM-059-SEMARNAT-2001. (Disponible en: <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/534/cap8.pdf>) (Revisado el 28 de marzo 2008).

INFDM. 2005. Enciclopedia de los municipios de México, Durango. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (Disponible en: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/durango/mpios/10014a.htm>) (Revisado el 2 diciembre 2007).

IPN. 1998. Densimetría II y Fotocolorimetría. Manual de prácticas de laboratorio de técnicas instrumentales pp.: 82-83 y 118-122.

JULIANI R. H Jr., Koroch R. A., Juliani R. H., Trippi V. S. and Zygadlo A. J. 2002. Intraespecific variation in leaf oils of *Lippia junelliana* (Mold.) Tronc. Biochemical Systematics and Ecology 30: 163–170.

KILLEEN T. J., Siles T., Soria L., Correa L. 2005. Estratificación de vegetación y cambio de uso de suelo en los Yungas y Alto Beni de La Paz. Ecología en Bolivia: Revista del Instituto de Ecología. 40:32-69.

KOKKINI S., Karousou R., Dardiot A., Krigas N., Lanaras T. 1997. Autumn essential oils of greek oregano. Phytochemistry. 44: 883-886.

LENCINAS J. D. y Mohr-Bell D. 2007. Estimación de clases de edad de las plantaciones de la provincia de Corrientes, Argentina, con base en datos satelitales Landsat. Bosque 28:06-118

LILLESAND T.M. and Kiefer R.W. 1994. Remote sensing and Image Interpretation. (3rd Edition). John Wiley & Sons, Inc. New York, p 750.

LOBO J. M. Es posible predecir la distribución geográfica de las especies basándonos en variables ambientales. 2000. Proyecto para Iberoamérica de Entomología Sistemática. (Disponible en: <http://entomologia.rediris.es/pribes2000>) (Revisado el 9 de febrero 2008).

LOBO J.M. y Hortal, J. 2003. Modelos predictivos: Un atajo para describir la distribución de la diversidad biológica. Ecosistemas 2003/1 (Disponible en: <http://www.aeet.org/ecosistemas/031/investigacion3.htm>) (Revisado el 17 de Junio de 2009).

LÓPEZ C. Chanfón, S. Segura, G. 2005. La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera. Experiencia de comunidades rurales. SEMARNAT, pp 60-65.

LÓPEZ C. H. 2004. Variabilidad espacial y temporal de los sistemas de dunas en el suroeste de Coahuila, México. Tesis de Maestría. FAZ-UJED. Venecia, Dgo.

MALDONADO A. L. J. 1991. Descripción botánica, distribución y usos del orégano en México. En: Estado Actual del conocimiento sobre el orégano en México. Bermejillo, Dgo, pp 41-44.

MANDEVILLE B. P. 2007. Tema:15 Análisis de dos muestras independientes con SPSS. Ciencia UANL. Monterrey, México, 10: 350-353.

MEDINA B. R. 1982. Técnicas usadas en los inventarios forestales de México. INIF. Ciencia Forestal. México, D.F. 37: 46-60.

MENDOZA M. M. P. 2008. Influencia del tiempo de almacenamiento en la calidad del aceite esencial de orégano *Lippia graveolens* H.B.K. f. *berlandieri* Schauer. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas. UJED. Durango.

NAVARRO M. C., Rodríguez P. A. J. y Muñoz R. A. 2005. Estimación de la superficie y producción de la presa en la provincia de Huelva en base a teledetección. XI Congreso Nacional de Teledetección. (Disponible en: <http://www.aet.org.es/congresos/xi/ten23.pdf>) (Revisado el 10 de Diciembre 2008)

NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-007-RECNAT-1997. Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semilla. SEMARNAT. (Disponibe en: http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM_07_REC NAT.pdf) (Revisado el 27 de septiembre de 2007).

OLGUÍN P. L.P., Rodríguez M. H. M. 2004. Métodos en biotecnología: Cromatografía de gases. Instituto de Biotecnología. UNAM. (Disponible en: http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/cromatografia_de_gases.pdf) (Revisado el 10 de marzo de 2008).

OLHAGARAY R. E. C. 2005. Cuantificación de orégano (*Lipia berlandieri*, Schawer) en diez localidades del municipio de Nazas, Durango, México. En: Segunda Reunión Nacional sobre Orégano. Aprovechamiento, cultivo e industrialización en México. Universidad Autónoma Chapingo. Salaces, Chihuahua, pp 49-58.

ORTUÑO S. M. F. 2006. Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes. Aiyana Ediciones. España, pp 275.

PENNEC F., Blanco L. J. y Ferrando C. 2008. Estimación de la producción forrajera de Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) utilizando imágenes satelitales. Revista Argentina de Producción Animal 28: 349-543.

PIEDRASANTA B. R. B. 2007. Comparación química y de rendimiento del aceite esencial de hoja y raíz de *Valeriana prionophylla* Standl. de dos diferentes localidades de Guatemala. Tesis de Posgrado. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala.

QUINTERO D. A., Gutiérrez G. A. 1991. Manual para la identificación de los oréganos mexicanos. En: Estado Actual del conocimiento sobre el orégano en México. Bermejillo, Dgo, pp 268-274.

RAMÍREZ L. 2009. Precio record de orégano favorece a miles de familias. El Siglo de Durango. (Disponible en: <http://www.elsiglodedurango.com.mx/noticia/233850.precio-record-de-oregano-favorece-a-miles-de.html>) (Revisado el 10 de noviembre de 2009)

RAMOS M. C. 2005. ¿La pendiente modifica el efecto borde en fragmentos de Bosque Montano? Seminario: ecosistemas fragmentados. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. Universidad de Chile, pp 1-3.

REUTER F. 2002. Transformaciones de la imagen: Clasificaciones supervisadas y no supervisadas. Facultad de Ciencias Forestales. UNSE. (Disponible en: <http://fcf.unse.edu.ar/pdf/lpr/p11.PDF>) (Revisado el 23 de junio de 2009).

ROMERO, M. U. 2006. Modelo probabilístico de la distribución geográfico-espacial de la cactácea *Astrophytum myriostigma* LEM. (1983) en la sierra "El Sarnoso", Durango, México. Tesis de Maestría. FAZ-UJED. Venecia, Dgo.

RZEDOESKI J., Rzedowski G.G. 2002. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. INE. Michoacán, México, pp 78-79.

SÁNCHEZ N. A., Uribe H. C. J., Hurtado R. J. B. y Martínez S. M. A. 1991. Evaluación fisicoquímica del aceite esencial de orégano de poblaciones naturales localizadas en la zona norte del estado de Jalisco. En: Estado Actual del conocimiento sobre el orégano en México. Bermejillo, Dgo. pp 281-289.

SANTAMARÍA P.J. 2001. Integración de ortofotografía digital en sistemas de información geográfica y su aplicación a la revisión de la superficie catastral rústica. Tesis de Doctorado. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. (Disponible en: <http://descargas.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/04706286466837395454480/013213.pdf>) (Revisado el 14 junio 2009).

SARRIA F. A. 2003. Clasificación. Teledetección. (Disponible en: <http://ceagi.org/portal/node/8>) (Revisado el 27 de Agosto de 2009).

SEMARNAP. 1998. Mapa de suelos dominantes de la República Mexicana. CONABIO. Escala 1:4 000 000. México. (Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/información/gis/?vns=gis_root/edafo/tsuelo/edafo4mgw) (Revisado en 17 de Noviembre 2008).

SEMARNAT. 2009. Aprovechamiento Forestal. SEMARNAT, Delegación Durango. (Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/estados/durango/temas/Paginas/aprov_forestal.aspx) (Revisado en 23 de Octubre 2007).

SEMARNAT. 2006. Estudio técnico para el aprovechamiento de orégano en el predio particular “Agua Escondida”, Mpio. de El Mezquital, Dgo. SEMARNAT, Delegación Durango, pp 12

SILVA V. R., Nurhan T. D. 2005. Bioactive components of mexican oregano oil as affected by moisture and plant maturity. *The Journal of Essential Oil Research*. 17: 668-672.

SORIA R.J, Ortiz S. C., Islas G. F. y Volke H. V. 2000. Sitios de ocurrencia y predicción de rendimientos de maíz a través de índices de vegetación de imágenes de satélite. *Terra* 18: 27-34.

TER BRAAK C.J.F., Looman C.W.N. 1995. Regression. In Jongman R.H.G., Ter Braack C.J.F. y Van Tongeren, O.F.R. (eds.), pp. 29-77. *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.

TRUJILLO, R. 2006. Estudio técnico para el aprovechamiento de orégano “Ejido El Troncón y Agua Zarca” Municipio de El Mezquital, Dgo. Departamento de Recursos Naturales. SEMARNAT, Durango.

TRUJILLO, R. 2003. Estudio técnico para el aprovechamiento de orégano “Ejido Santa Gertrudis” Municipio de El Mezquital, Dgo. Departamento de Recursos Naturales. SEMARNAT, Durango.

TURGUT D. N. and Silva V. R. 2005. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions. *Journal of Applied Horticulture*, 7:20-22.

VELÁZQUEZ S. M. 1993. Sistema de Información Geográfica: Manual de Idrisi. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (Disponible en: <http://books.google.com.mx>) (Revisado en 23 de Julio 2009).

VILLAVICENCIO G. E. E. 2008. Tablas de predicción del rendimiento de hoja seca de orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) para las poblaciones naturales de Coahuila. Ficha Tecnológica. INIFAP. (Disponible en: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/consultasubsectornueva.php?subsec=1>) (Revisado en 28 de Julio 2009).

VILLAVICENCIO G. E. E. 2007. Orégano, recurso con alto potencial. *Revista Ciencia y Desarrollo*. 33:60-66.

WILLMAN D. E. M., Schmidt M. H., Rimpler H. 2000. Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlan. Fascículo 27, pp 31-4.

GLOSARIO

Banda espectral: Selección de longitudes de onda con comportamientos electromagnéticos similares. Término utilizado en el procesamiento de datos de sensores remotos.

Cromatografía de Gases: Método físico de separación en el cual la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte. A diferencia de los otros tipos de cromatografía, la fase móvil no interacciona con las moléculas del analito; su única función es la de transportar el analito a través de la columna.

Datum: Parámetro o conjunto de parámetros que sirven como referencia o base para el cálculo de otros parámetros. Un datum define la posición del origen, la escala y la orientación de los ejes del sistema de coordenadas.

Datum geodésico: Datum que describe la relación de un sistema de coordenadas con la Tierra.

Elipsoide terrestre: Modelo matemático de la tierra utilizado para los cálculos geodésicos. Ya que la forma de la Tierra es distinta de un área geográfica a otra, para obtener el mejor ajuste, se usan distintos elipsoides para describir áreas particulares.

Formato Raster: Un formato "raster" divide la imagen en una malla de cuadrados de tamaño fijo llamados "pixels" y almacena el color de cada pixel. El número de colores que un fichero puede contener está determinado por los bits por pixel.

Formato Vector: Una imagen vectorial es una imagen digital formada por objetos geométricos independientes (segmentos, polígonos, arcos, etc.), cada uno de ellos definido por distintos atributos matemáticos de forma, de posición, de color, etc.

Sensor ETM+: Sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) por sus siglas en inglés, que va a bordo del satélite Landsat-7. Este presenta mejoras frente al TM, por ejemplo una banda pancromática de 15 m de resolución y una mayor resolución de las bandas infrarrojas térmicas.

Sensor TM: El sensor remoto Thematic Mapper (TM) por sus siglas en inglés, es el sucesor en la serie Landsat del MSS. Supone grandes mejoras en las resoluciones espacial, espectral y radiométrica: de 79 a 39 metros, de 4 a 7 bandas y de 6 a 8 bits.

Metadatos: Datos altamente estructurados que describen información, describen el contenido, la calidad, la condición y otras características de los datos.

NDVI: El Índice diferencial de vegetación normalizado, es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base en la medición, por medio de sensores remotos instalados comúnmente desde una plataforma espacial, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.

Pixel: Abreviatura de **Picture Element**, es un único punto en una imagen gráfica. Los monitores gráficos muestran imágenes y dividen la pantalla en miles (o millones) de pixeles, dispuestos en filas y columnas. Los pixeles están tan juntos que parece que estén conectados. El número de bits usados para representar cada pixel determina cuántos colores o gamas de gris pueden ser mostrados. Por ejemplo, en modo color de 8-bits, el monitor en color utiliza 8 bits para cada pixel y permiten mostrar 2 elevado a 8 (256) colores diferentes o gamas de gris.

Proyección cartográfica: Sistema que se utiliza para transferir la información de la superficie esférica de la tierra a un plano o mapa. Este proceso se logra con cálculos matemáticos que son relacionados con la geometría y las coordenadas geográficas de la Tierra.

Rendimiento: En el contexto de aceites esencial, se dice así al contenido de aceite esencial que puede extraerse de la planta.

Teledetección: La ciencia de obtener información acerca de la superficie de la Tierra sin entrar en contacto con ella. Detecta y graba la energía emitida o reflejada para posteriormente procesar, analizar y aplicar esa información.

ANEXOS

ANEXO. 1

Matriz de datos de las variables consideradas a analizar por el método de selección progresiva *Forward*.

PHS	B10	B102	B103	B104	B20	B202	B203	B204	B30	B302	B303	B304	B40	B402	B403	B404	B50	B502	B503	B504	B70	B702	B703	B704	PEND	ALTITUD	NDVI	ISOTM	ISOYT	SUELO
189	106	11236	1191016	126247696	51	2601	132651	6765201	63	3969	250047	15752961	67	4489	300763	20151121	154	23716	3652264	562448656	89	7921	704969	62742241	0	1590	0.037	21	450	10
245	114	12996	1481544	168896016	54	2916	157464	8503056	66	4356	287496	18974736	72	5184	373248	26873856	149	22201	3307949	492884401	85	7225	614125	52200625	0	1597	0.008	21	450	10
148	108	11664	1259712	136048896	54	2916	157464	8503056	72	5184	373248	26873856	77	5929	456533	35153041	165	27225	4492125	741200625	94	8836	830584	78074896	2	1572	0.032	21	450	10
178	102	10404	1061208	108243216	51	2601	132651	6765201	64	4096	262144	16777216	71	5041	357911	25411681	153	23409	3581577	547981281	85	7225	614125	52200625	0	1602	0.046	21	450	10
221	122	14884	1815848	221533456	58	3364	195112	11316496	71	5041	357911	25411681	75	5625	421875	31640625	178	31684	5639752	1003875856	91	8281	753571	68574961	1	1899	0.069	19	450	8
455	123	15129	1860867	228886641	58	3364	195112	11316496	69	4761	328509	22667121	68	4624	314432	21381376	154	23716	3652264	562448656	84	7056	592704	49787136	7	1808	0.023	21	450	8
250	116	13456	1560896	181063936	55	3025	166375	9150625	68	4624	314432	21381376	69	4761	328509	22667121	159	25281	4019679	639128961	91	8281	753571	68574961	2	1686	0.034	21	450	10
107	113	12769	1442897	163047361	52	2704	140608	7311616	63	3969	250047	15752961	63	3969	250047	15752961	133	17689	2352637	312900721	76	5776	438976	33362176	0	1661	0.036	21	450	10
95	112	12544	1404928	157351936	53	2809	148877	7890481	67	4489	300763	20151121	69	4761	328509	22667121	156	24336	3796416	592240896	89	7921	704969	62742241	2	1628	0.051	21	450	10
210	90	8100	729000	65610000	52	2704	140608	7311616	70	4900	343000	24010000	79	6241	493039	38950081	173	29929	5177717	895745041	92	8464	778688	71639296	19	1432	0.046	21	550	6
849	92	8464	778688	71639296	44	1936	85184	3748096	60	3600	216000	12960000	72	5184	373248	26873856	182	33124	6028568	1097199376	99	9801	970299	96059601	19	1713	0.056	21	550	6
450	95	9025	857375	81450625	51	2601	132651	6765201	68	4624	314432	21381376	80	6400	512000	40960000	182	33124	6028568	1097199376	98	9604	941192	92236816	12	1697	0.102	21	550	6

*PHS= Peso de hoja seca; B=Banda; PEND=Pendiente; ISOTM=Isoterma; ISOYT=Isoyeta.

ANEXO 2

Resultado del análisis de regresión.

Model: MODELO PHS
Dependent Variable: HOJA

Number of Observations Read 12
Number of Observations Used 12

Forward Selection: Step 1

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	5.28231	5.28231	9.24	0.0125
Error	10	5.71769	0.57177		
Corrected Total	11	11.00000			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	1.13213E-16	0.21828	1.53805E-31	0.00	1.0000
PEND	0.69297	0.22799	5.28231	9.24	0.0125

Forward Selection: Step 2

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	7.66843	3.83422	10.36	0.0046
Error	9	3.33157	0.37017		
Corrected Total	11	11.00000			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	1.08879E-16	0.17564	1.42255E-31	0.00	1.0000
PEND	0.77215	0.18608	6.37420	17.22	0.0025
ALTITUD	0.47243	0.18608	2.38612	6.45	0.0318

Forward Selection: Step 3

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	9.11904	3.03968	12.93	0.0020
Error	8	1.88096	0.23512		
Corrected Total	11	11.00000			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	-3.7275E-11	0.13998	1.66727E-20	0.00	1.0000
B20	-0.44730	0.18008	1.45061	6.17	0.0379
PEND	0.56450	0.17024	2.58516	11.00	0.0106
ALTITUD	0.59977	0.15691	3.43524	14.61	0.0051

Forward Selection: Step 4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	9.93494	2.48373	16.32	0.0012
Error	7	1.06506	0.15215		
Corrected Total	11	11.00000			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	-4.3658E-11	0.11260	2.28726E-20	0.00	1.0000
B20	-0.52390	0.14859	1.89139	12.43	0.0097
PEND	0.67416	0.14491	3.29336	21.65	0.0023
ALTITUD	0.73306	0.13873	4.24835	27.92	0.0011
NDVI	-0.32578	0.14068	0.81590	5.36	0.0537

Forward Selection: Step 5

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	10.32672	2.06534	18.41	0.0014
Error	6	0.67328	0.11221		
Corrected Total	11	11.00000			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	9.36381E-11	0.09670	1.05217E-19	0.00	1.0000
B104	-1.13115	0.60537	0.39178	3.49	0.1109
B20	-0.00749	0.30441	0.00006799	0.00	0.9812
PEND	0.48394	0.16078	1.01662	9.06	0.0237
ALTITUD	1.34507	0.34853	1.67127	14.89	0.0084
NDVI	-0.72858	0.24712	0.97543	8.69	0.0257

Forward Selection: Step 6

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	10.67266	1.77878	27.17	0.0012
Error	5	0.32734	0.06547		
Corrected Total	11	11.00000			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	8.96483E-10	0.07386	9.64418E-18	0.00	1.0000
B10	4.52019	1.96643	0.34593	5.28	0.0699
B104	-5.84990	2.10424	0.50599	7.73	0.0389
B20	0.38770	0.28917	0.11768	1.80	0.2377
PEND	1.09872	0.29430	0.91250	13.94	0.0135
ALTITUD	1.71566	0.31123	1.98947	30.39	0.0027
NDVI	-0.88771	0.20105	1.27636	19.50	0.0069

Forward Selection: Step 7

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	10.80382	1.54340	31.47	0.0024
Error	4	0.19618	0.04904		
Corrected Total	11	11.00000			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	1.253237E-9	0.06393	1.88472E-17	0.00	1.0000
B10	6.35514	2.03856	0.47664	9.72	0.0356
B104	-7.99600	2.24481	0.62227	12.69	0.0235
B20	0.98570	0.44312	0.24268	4.95	0.0902
B304	-0.29800	0.18222	0.13117	2.67	0.1773
PEND	1.41503	0.31983	0.96001	19.57	0.0115
ALTITUD	1.88529	0.28866	2.09212	42.66	0.0028
NDVI	-0.93879	0.17679	1.38292	28.20	0.0060

Forward Selection: Step 8

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	10.97306	1.37163	152.76	0.0008
Error	3	0.02694	0.00898		
Corrected Total	11	11.00000			

Forward Selection: Step 8

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	1.430472E-9	0.02735	2.4555E-17	0.00	1.0000
B10	7.36964	0.90300	0.59805	66.61	0.0038
B104	-8.79608	0.97801	0.72629	80.89	0.0029
B20	1.26337	0.20010	0.35794	39.86	0.0080
B304	-0.61838	0.10735	0.29792	33.18	0.0104
B50	0.35495	0.08176	0.16924	18.85	0.0226
PEND	1.50261	0.13833	1.05950	118.00	0.0017
ALTITUD	1.67662	0.13253	1.43702	160.05	0.0011
NDVI	-0.94506	0.07566	1.40095	156.03	0.0011

Forward Selection: Step 9

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	10.99939	1.22215	3975.55	0.0003
Error	2	0.00061483	0.00030742		
Corrected Total	11	11.00000			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	2.29751E-9	0.00506	6.33426E-17	0.00	1.0000
B10	12.79683	0.60986	0.13536	440.30	0.0023
B104	-14.21539	0.61299	0.16532	537.79	0.0019
B20	1.56246	0.04915	0.31069	1010.64	0.0010
B304	-0.74524	0.02414	0.29309	953.39	0.0010
B50	1.10469	0.08243	0.05522	179.62	0.0055
B704	-0.68201	0.07371	0.02632	85.62	0.0115
PEND	2.17647	0.07719	0.24439	794.99	0.0013
ALTITUD	1.88703	0.03344	0.97875	3183.80	0.0003
NDVI	-1.08516	0.02062	0.85132	2769.27	0.0004

Forward Selection: Step 10

Variable B303 Entered: R-Square = 0.976

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	10.99992	1.09999	14470.9	0.0065
Error	1	0.00007601	0.00007601		
Corrected Total	11	11.00000			

Forward Selection: Step 10

Variable B303 Entered: R-Square = 0.976

Analysis of Variance

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	2.625535E-9	0.00252	8.27212E-17	0.00	1.0000
B10	14.10988	0.57896	0.04515	593.95	0.0261
B104	-15.53870	0.58306	0.05399	710.24	0.0239
B20	1.75026	0.07465	0.04179	549.70	0.0271
B303	-1.30216	0.48909	0.00053882	7.09	0.2287
B304	0.45209	0.44987	0.00007676	1.01	0.4984
B50	1.24712	0.06739	0.02603	342.43	0.0344
B704	-0.79582	0.05631	0.01518	199.76	0.0450
PEND	2.35572	0.07750	0.07023	923.94	0.0209
ALTITUD	1.90847	0.01848	0.81105	10669.7	0.0062
NDVI	-1.09414	0.01079	0.78110	10275.7	0.0063

No other variable met the 0.5000 significance level for entry into the model.

ANEXO 3

Se muestra la información referente a los puntos de control utilizados en la validación del mapa predictivo.

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
1	556581	2606230	1	1
2	557999	2606200	1	1
3	557036	2607250	1	1
4	558401	2607650	1	1
5	558423	2606220	1	1
6	555692	2603940	1	1
7	555840	2603320	1	1
8	556041	2604090	1	1
9	557460	2603320	1	1
10	558031	2602810	1	1
11	558423	2602830	1	1
12	554750	2604290	1	1
13	559185	2600470	1	1
14	558935	2599220	1	1
15	558685	2600220	1	1
16	558435	2599470	1	1
17	558185	2600220	1	1
18	557685	2602720	1	1
19	557435	2602970	1	1
20	556185	2602970	1	1
21	556185	2601970	1	1
22	555935	2601720	1	1
23	558935	2598970	1	1
24	558185	2596970	1	1
25	556685	2596720	1	1
26	557428	2606620	2	1
27	557819	2608310	2	1
28	558020	2607100	2	1
29	558211	2607960	2	1
30	558211	2607400	2	1
31	558401	2607000	2	1
32	555121	2603690	2	1
33	556041	2604250	2	1
34	556041	2603940	2	1
35	556232	2604200	2	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
37	558020	2603490	2	1
38	558423	2602670	2	1
39	554105	2604270	2	1
40	558685	2600970	2	1
41	558685	2599720	2	1
42	558185	2601220	2	1
43	558185	2600720	2	1
44	557685	2601220	2	1
45	556935	2602720	2	1
46	555685	2603720	2	1
47	555935	2602220	2	1
48	554935	2601220	2	1
49	554185	2600720	2	1
50	558185	2598720	2	1
51	557685	2596470	2	1
52	555935	2603700	2	1
53	556803	2607820	3	1
54	557809	2607810	3	1
55	558211	2606480	3	1
56	557407	2608580	3	1
57	555491	2603450	3	1
58	555671	2603790	3	1
59	555660	2603640	3	1
60	555861	2603820	3	1
61	556041	2603760	3	1
62	556613	2603000	3	1
63	557661	2603300	3	1
64	558444	2603830	3	1
65	558624	2603040	3	1
66	558645	2602260	3	1
67	554105	2604110	3	1
68	554094	2604440	3	1
69	558935	2599720	3	1
70	558685	2600470	3	1
71	558185	2601720	3	1

36	557449	2603180	2	1
ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
73	557685	2600720	3	1
74	556935	2601970	3	1
75	556685	2602470	3	1
76	555935	2603220	3	1
77	555435	2603220	3	1
78	555185	2600970	3	1
79	554185	2600220	3	1
80	558185	2598970	3	1
81	557935	2596720	3	1
82	556185	2595970	3	1
83	556010	2608470	4	1
84	556793	2606510	4	1
85	557608	2606660	4	1
86	557798	2607450	4	1
87	557819	2606260	4	1
88	555639	2603490	4	1
89	555861	2603660	4	1
90	556623	2604210	4	1
91	556602	2603520	4	1
92	557015	2603040	4	1
93	558222	2603700	4	1
94	558222	2602410	4	1
95	558947	2601220	4	1
96	558947	2600970	4	1
97	558935	2600220	4	1
98	558685	2602720	4	1
99	558685	2601220	4	1
100	558185	2602970	4	1
101	558185	2599470	4	1
102	558185	2599220	4	1
103	557685	2600220	4	1
104	556185	2599720	4	1
105	555435	2603470	4	1
106	555185	2601220	4	1
107	554935	2602720	4	1
108	558685	2598970	4	1

72	558185	2601470	3	1
ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
109	557685	2598720	4	1
110	555682	2596000	4	1
111	554708	2607140	5	1
112	555597	2606480	5	1
113	556401	2606290	5	1
114	556581	2606400	5	1
115	557428	2606440	5	1
116	557618	2606330	5	1
117	558010	2607290	5	1
118	558401	2608340	5	1
119	555861	2604090	5	1
120	556041	2603350	5	1
121	556253	2604040	5	1
122	557460	2603600	5	1
123	557661	2603000	5	1
124	554750	2604090	5	1
125	554570	2604530	5	1
126	554560	2604180	5	1
127	558685	2602470	5	1
128	558685	2600720	5	1
129	558435	2598970	5	1
130	558185	2600470	5	1
131	557435	2602470	5	1
132	556435	2600720	5	1
133	556185	2599220	5	1
134	555435	2603720	5	1
135	555685	2601220	5	1
136	554935	2602220	5	1
137	554685	2600970	5	1
138	554685	2600220	5	1
139	558435	2596720	5	1
140	557185	2596470	5	1
141	554708	2606840	6	1
142	556793	2606200	6	1
143	557428	2608120	6	1
144	557629	2608400	6	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
145	557608	2607400	6	1
146	558380	2606790	6	1
147	554771	2603790	6	1
148	555311	2603770	6	1
149	555523	2603740	6	1
150	555861	2603960	6	1
151	556433	2604300	6	1
152	556814	2603360	6	1
153	556825	2603170	6	1
154	554337	2604690	6	1
155	558685	2602220	6	1
156	558435	2599220	6	1
157	558185	2602720	6	1
158	558185	2602470	6	1
159	558185	2601970	6	1
160	558185	2600970	6	1
161	557435	2603220	6	1
162	557435	2602720	6	1
163	557435	2601470	6	1
164	556685	2601720	6	1
165	556685	2600970	6	1
166	556685	2600220	6	1
167	556185	2601470	6	1
168	556185	2600220	6	1
169	555935	2601970	6	1
170	555685	2603470	6	1
171	555685	2601720	6	1
172	554935	2600970	6	1
173	554435	2601720	6	1
174	558435	2598720	6	1
175	558435	2596970	6	1
176	558185	2597470	6	1
177	557685	2598470	6	1
178	557185	2596720	6	1
179	556010	2606650	7	1
180	555999	2606320	7	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
181	556200	2606240	7	1
182	556803	2608720	7	1
183	556793	2608000	7	1
184	557417	2607590	7	1
185	557407	2607420	7	1
186	557999	2607660	7	1
187	558010	2607480	7	1
188	558401	2607450	7	1
189	555692	2604270	7	1
190	555861	2604230	7	1
191	556031	2603210	7	1
192	556412	2603480	7	1
193	556623	2604390	7	1
194	557026	2603670	7	1
195	554750	2604470	7	1
196	554570	2603820	7	1
197	558185	2602220	7	1
198	557935	2602720	7	1
199	557935	2602220	7	1
200	557685	2603220	7	1
201	557435	2600970	7	1
202	557435	2600720	7	1
203	556935	2600720	7	1
204	556935	2600470	7	1
205	556685	2603220	7	1
206	556685	2599720	7	1
207	555685	2602720	7	1
208	555435	2602970	7	1
209	555435	2602470	7	1
210	555435	2599970	7	1
211	554685	2599470	7	1
212	556185	2596220	7	1
213	554687	2606710	8	1
214	556200	2607050	8	1
215	556200	2606510	8	1
216	556391	2606800	8	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
217	556793	2607440	8	1
218	556793	2607000	8	1
219	557999	2606370	8	1
220	558211	2606970	8	1
221	558412	2607880	8	1
222	555523	2603910	8	1
223	556041	2603640	8	1
224	556253	2603870	8	1
225	556803	2603730	8	1
226	557026	2603860	8	1
227	557438	2602740	8	1
228	558433	2602340	8	1
229	558613	2603280	8	1
230	554941	2604020	8	1
231	554570	2604010	8	1
232	554316	2603910	8	1
233	557935	2602470	8	1
234	557935	2601720	8	1
235	557685	2601720	8	1
236	557685	2601470	8	1
237	557685	2599220	8	1
238	557185	2602720	8	1
239	557185	2601720	8	1
240	556685	2599970	8	1
241	556435	2600970	8	1
242	556185	2599470	8	1
243	555435	2601720	8	1
244	555185	2603470	8	1
245	555185	2602970	8	1
246	558685	2596720	8	1
247	556935	2598720	8	1
248	553893	2606480	9	1
249	554221	2606690	9	1
250	556010	2608160	9	1
251	556401	2606630	9	1
252	556401	2606450	9	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
253	556793	2607250	9	1
254	556782	2606660	9	1
255	557216	2606810	9	1
256	557216	2606690	9	1
257	557428	2608440	9	1
258	557438	2607100	9	1
259	557809	2607650	9	1
260	555332	2603900	9	1
261	555851	2604350	9	1
262	556814	2604290	9	1
263	557629	2603470	9	1
264	557661	2602820	9	1
265	557650	2602660	9	1
266	557206	2602820	9	1
267	555332	2604200	9	1
268	554083	2604740	9	1
269	558939	2601470	9	1
270	558685	2601470	9	1
271	557435	2601720	9	1
272	557185	2600970	9	1
273	557185	2600720	9	1
274	556935	2600970	9	1
275	556935	2600220	9	1
276	556685	2601220	9	1
277	556435	2599470	9	1
278	556185	2599970	9	1
279	556185	2598970	9	1
280	555685	2602470	9	1
281	555435	2601470	9	1
282	554685	2599970	9	1
283	554435	2600970	9	1
284	557935	2597220	9	1
285	556935	2598470	9	1
286	556435	2596220	9	1
287	556185	2596720	9	1
288	554062	2606360	10	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
289	554200	2606330	10	1
290	554369	2606490	10	1
291	554718	2607420	10	1
292	555417	2606380	10	1
293	556020	2607130	10	1
294	556602	2607130	10	1
295	557449	2607800	10	1
296	557618	2606480	10	1
297	557618	2606210	10	1
298	557809	2606770	10	1
299	554941	2603720	10	1
300	555692	2604120	10	1
301	556052	2603480	10	1
302	556444	2604000	10	1
303	556623	2604050	10	1
304	556613	2603880	10	1
305	558232	2603520	10	1
306	558444	2603640	10	1
307	554316	2604570	10	1
308	554105	2604610	10	1
309	558685	2601970	10	1
310	557435	2601970	10	1
311	557185	2600220	10	1
312	556935	2601720	10	1
313	556685	2601970	10	1
314	556435	2599720	10	1
315	556185	2603720	10	1
316	556185	2601220	10	1
317	556185	2600470	10	1
318	555935	2601470	10	1
319	555935	2602720	10	1
320	555935	2600720	10	1
321	555435	2602220	10	1
322	555435	2601220	10	1
323	555185	2599970	10	1
324	554935	2600720	10	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
325	554935	2600470	10	1
326	554685	2600720	10	1
327	554435	2599720	10	1
328	554185	2600470	10	1
329	557935	2596970	10	1
330	557435	2596970	10	1
331	553745	2606410	11	1
332	553745	2606580	11	1
333	553745	2606720	11	1
334	553755	2606870	11	1
335	553755	2607010	11	1
336	553766	2607130	11	1
337	553755	2607250	11	1
338	553639	2607290	11	1
339	553650	2607150	11	1
340	553681	2606990	11	1
341	553925	2607310	11	1
342	553914	2607170	11	1
343	553904	2607050	11	1
344	553904	2606920	11	1
345	553904	2606790	11	1
346	553893	2606680	11	1
347	553893	2606580	11	1
348	553893	2606390	11	1
349	554073	2607520	11	1
350	554073	2607380	11	1
351	554073	2607260	11	1
352	554073	2607110	11	1
353	554062	2606970	11	1
354	554062	2606840	11	1
355	554062	2606710	11	1
356	554062	2606570	11	1
357	554062	2606450	11	1
358	554221	2607480	11	1
359	554221	2607350	11	1
360	554221	2607220	11	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
361	554221	2607090	11	1
362	554221	2606960	11	1
363	554221	2606840	11	1
364	554210	2606560	11	1
365	554200	2606450	11	1
366	554380	2607540	11	1
367	554359	2607130	11	1
368	554359	2607010	11	1
369	554369	2606890	11	1
370	554369	2606740	11	1
371	554369	2606610	11	1
372	554369	2606370	11	1
373	554539	2607600	11	1
374	554549	2607460	11	1
375	554549	2607320	11	1
376	554549	2607170	11	1
377	554560	2607030	11	1
378	554539	2606910	11	1
379	554528	2606790	11	1
380	554528	2606660	11	1
381	554528	2606550	11	1
382	554517	2606420	11	1
383	554718	2607680	11	1
384	554718	2607550	11	1
385	554708	2607280	11	1
386	554708	2606990	11	1
387	554687	2606570	11	1
388	554666	2606460	11	1
389	554666	2606330	11	1
390	554909	2607800	11	1
391	554898	2607650	11	1
392	554888	2607490	11	1
393	554888	2607330	11	1
394	554898	2607170	11	1
395	554877	2606980	11	1
396	554877	2606830	11	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
397	554856	2606670	11	1
398	554867	2606510	11	1
399	554856	2606310	11	1
400	555110	2607860	11	1
401	555089	2607730	11	1
402	555099	2607580	11	1
403	555078	2607390	11	1
404	555068	2607260	11	1
405	555047	2607080	11	1
406	555057	2606930	11	1
407	555047	2606770	11	1
408	555036	2606640	11	1
409	555036	2606470	11	1
410	555036	2606300	11	1
411	555301	2607990	11	1
412	555301	2607870	11	1
413	555301	2607700	11	1
414	555269	2607550	11	1
415	555269	2607400	11	1
416	555269	2607280	11	1
417	555258	2607150	11	1
418	555258	2606990	11	1
419	555258	2606850	11	1
420	555248	2606720	11	1
421	555248	2606580	11	1
422	555237	2606430	11	1
423	555237	2606280	11	1
424	555470	2608080	11	1
425	555470	2607900	11	1
426	555449	2607750	11	1
427	555438	2607590	11	1
428	555417	2607450	11	1
429	555428	2607270	11	1
430	555428	2607110	11	1
431	555428	2606940	11	1
432	555428	2606790	11	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
433	555417	2606660	11	1
434	555417	2606510	11	1
435	555639	2608190	11	1
436	555639	2608050	11	1
437	555639	2607920	11	1
438	555639	2607770	11	1
439	555639	2607620	11	1
440	555639	2607450	11	1
441	555618	2607280	11	1
442	555618	2607120	11	1
443	555618	2606940	11	1
444	555607	2606790	11	1
445	555597	2606630	11	1
446	555586	2606290	11	1
447	555819	2608380	11	1
448	555819	2608210	11	1
449	555819	2608050	11	1
450	555819	2607900	11	1
451	555819	2607720	11	1
452	555819	2607590	11	1
453	555830	2607440	11	1
454	555819	2607310	11	1
455	555809	2607170	11	1
456	555798	2607000	11	1
457	555798	2606840	11	1
458	555798	2606730	11	1
459	555787	2606570	11	1
460	555777	2606430	11	1
461	555777	2606280	11	1
462	556031	2608320	11	1
463	556031	2608000	11	1
464	556031	2607830	11	1
465	555999	2607630	11	1
466	555988	2607460	11	1
467	556020	2607290	11	1
468	556020	2606990	11	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
469	556020	2606810	11	1
470	556010	2606470	11	1
471	556211	2608430	11	1
472	556211	2608260	11	1
473	556200	2608100	11	1
474	556221	2607950	11	1
475	556200	2607780	11	1
476	556211	2607620	11	1
477	556190	2607440	11	1
478	556200	2607230	11	1
479	556190	2606890	11	1
480	556190	2606690	11	1
481	556200	2606370	11	1
482	556391	2608660	11	1
483	556391	2608520	11	1
484	556401	2608350	11	1
485	556401	2608170	11	1
486	556401	2608010	11	1
487	556391	2607840	11	1
488	556391	2607680	11	1
489	556380	2607480	11	1
490	556359	2607330	11	1
491	556369	2607140	11	1
492	556391	2606960	11	1
493	556592	2608720	11	1
494	556592	2608580	11	1
495	556581	2608420	11	1
496	556592	2608250	11	1
497	556592	2608060	11	1
498	556592	2607870	11	1
499	556581	2607690	11	1
500	556592	2607510	11	1
501	556592	2607320	11	1
502	556592	2606950	11	1
503	556581	2606780	11	1
504	556581	2606570	11	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
505	556793	2608550	11	1
506	556803	2608370	11	1
507	556803	2608170	11	1
508	556803	2607630	11	1
509	556782	2606820	11	1
510	556793	2606330	11	1
511	557047	2608270	11	1
512	557057	2608160	11	1
513	557057	2608020	11	1
514	557057	2607890	11	1
515	557057	2607740	11	1
516	557057	2607580	11	1
517	557057	2607410	11	1
518	557237	2608350	11	1
519	557237	2608180	11	1
520	557237	2608020	11	1
521	557237	2607870	11	1
522	557237	2607690	11	1
523	557237	2607560	11	1
524	557248	2607400	11	1
525	557237	2607280	11	1
526	557227	2607140	11	1
527	557216	2606970	11	1
528	557206	2606540	11	1
529	557195	2606250	11	1
530	557449	2608290	11	1
531	557449	2607960	11	1
532	557438	2607260	11	1
533	557438	2606960	11	1
534	557438	2606780	11	1
535	557417	2606290	11	1
536	557618	2608550	11	1
537	557629	2608230	11	1
538	557618	2608070	11	1
539	557639	2607920	11	1
540	557618	2607750	11	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
541	557629	2607580	11	1
542	557618	2607200	11	1
543	557618	2607020	11	1
544	557608	2606850	11	1
545	557809	2608480	11	1
546	557819	2608130	11	1
547	557777	2607300	11	1
548	557809	2606930	11	1
549	557819	2606420	11	1
550	557999	2608390	11	1
551	558010	2608220	11	1
552	558010	2607840	11	1
553	558222	2608340	11	1
554	558222	2608130	11	1
555	558222	2607780	11	1
556	558222	2607590	11	1
557	556973	2608660	11	1
558	556994	2608430	11	1
559	557216	2608480	11	1
560	557216	2608650	11	1
561	557026	2607010	11	1
562	556983	2606780	11	1
563	556983	2606600	11	1
564	556983	2606370	11	1
565	556983	2606230	11	1
566	557428	2606150	11	1
567	558423	2608090	11	1
568	558391	2607230	11	1
569	555131	2604000	11	1
570	555131	2603840	11	1
571	555332	2604080	11	1
572	555523	2604190	11	1
573	555523	2604030	11	1
574	556422	2604140	11	1
575	556422	2603830	11	1
576	556433	2603660	11	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
613	557830	2602900	11	1
614	557830	2602700	11	1
615	557841	2602520	11	1
616	558042	2604020	11	1
617	558031	2603850	11	1
618	557999	2603340	11	1
619	558010	2603150	11	1
620	558042	2602640	11	1
621	558232	2603880	11	1
622	558232	2603330	11	1
623	558243	2603140	11	1
624	558232	2602960	11	1
625	558222	2602790	11	1
626	558222	2602580	11	1
627	558433	2603450	11	1
628	558433	2603260	11	1
629	558433	2603010	11	1
630	558433	2602520	11	1
631	557258	2603290	11	1
632	557248	2603050	11	1
633	555671	2604400	11	1
634	555512	2604330	11	1
635	555311	2604350	11	1
636	555131	2604120	11	1
637	555131	2604280	11	1
638	555121	2604490	11	1
639	554930	2604180	11	1
640	554920	2604330	11	1
641	554920	2604500	11	1
642	554750	2603910	11	1
643	554570	2604670	11	1
644	554316	2604440	11	1
645	554316	2604190	11	1
646	554316	2604070	11	1
647	556179	2596970	11	1
648	557929	2597710	11	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
649	556935	2599960	11	1
650	557030	2597500	11	1
651	558685	2601720	11	1
652	558435	2602970	11	1
653	558435	2602720	11	1
654	558435	2602470	11	1
655	558435	2602220	11	1
656	558435	2601970	11	1
657	558435	2601720	11	1
658	558435	2601470	11	1
659	558435	2601220	11	1
660	558435	2600970	11	1
661	558435	2600720	11	1
662	558435	2600470	11	1
663	558435	2600220	11	1
664	557935	2602970	11	1
665	557935	2601970	11	1
666	557935	2601470	11	1
667	557935	2601220	11	1
668	557935	2600970	11	1
669	557935	2600720	11	1
670	557935	2600470	11	1
671	557935	2600220	11	1
672	557935	2599470	11	1
673	557935	2599220	11	1
674	557685	2602970	11	1
675	557685	2602470	11	1
676	557685	2602220	11	1
677	557685	2601970	11	1
678	557685	2600970	11	1
679	557685	2600470	11	1
680	557685	2599470	11	1
681	557435	2602220	11	1
682	557435	2601220	11	1
683	557435	2600470	11	1
684	557435	2600220	11	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
685	557435	2599470	11	1
686	557435	2599220	11	1
687	557185	2603220	11	1
688	557185	2602970	11	1
689	557185	2602470	11	1
690	557185	2602220	11	1
691	557185	2601970	11	1
692	557185	2601470	11	1
693	557185	2601220	11	1
694	557185	2600470	11	1
695	557185	2599470	11	1
696	557185	2599220	11	1
697	557185	2598970	11	1
698	556935	2603470	11	1
699	556935	2603220	11	1
700	556935	2602970	11	1
701	556935	2602470	11	1
702	556935	2602220	11	1
703	556935	2601470	11	1
704	556935	2601220	11	1
705	556685	2603470	11	1
706	556685	2602970	11	1
707	556685	2602220	11	1
708	556685	2600720	11	1
709	556685	2600470	11	1
710	556435	2603470	11	1
711	556435	2603220	11	1
712	556435	2602970	11	1
713	556435	2602470	11	1
714	556435	2602220	11	1
715	556435	2601970	11	1
716	556435	2601720	11	1
717	556435	2601470	11	1
718	556435	2601220	11	1
719	556435	2600470	11	1
720	556435	2600220	11	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
721	556435	2599970	11	1
722	556185	2602470	11	1
723	556185	2602220	11	1
724	556185	2600970	11	1
725	556185	2600720	11	1
726	555935	2603470	11	1
727	555935	2602470	11	1
728	555935	2601220	11	1
729	555935	2600470	11	1
730	555935	2599970	11	1
731	555935	2599720	11	1
732	555935	2599220	11	1
733	555935	2602970	11	1
734	555935	2600970	11	1
735	555935	2600220	11	1
736	555935	2599470	11	1
737	555685	2602220	11	1
738	555685	2601970	11	1
739	555685	2601470	11	1
740	555685	2600970	11	1
741	555685	2600720	11	1
742	555685	2600470	11	1
743	555685	2600220	11	1
744	555685	2599970	11	1
745	555685	2599720	11	1
746	555685	2599470	11	1
747	555685	2599220	11	1
748	555685	2598970	11	1
749	555435	2600970	11	1
750	555435	2600720	11	1
751	555435	2600470	11	1
752	555435	2600220	11	1
753	555435	2599720	11	1
754	555435	2599470	11	1
755	555185	2602470	11	1
756	555185	2601970	11	1

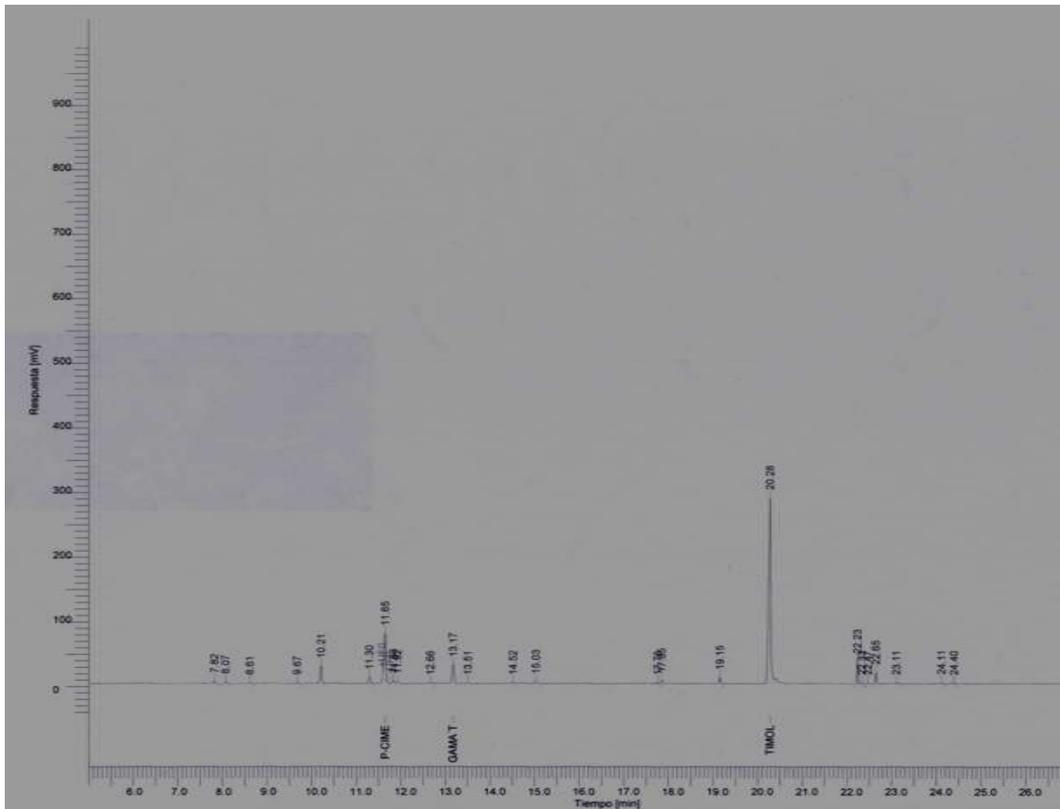
ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
757	555185	2601470	11	1
758	555185	2600720	11	1
759	555185	2600470	11	1
760	555185	2600220	11	1
761	555185	2599720	11	1
762	555185	2599470	11	1
763	554935	2602970	11	1
764	554935	2602470	11	1
765	554935	2600220	11	1
766	554935	2599970	11	1
767	554935	2599720	11	1
768	554935	2599470	11	1
769	554685	2599720	11	1
770	554435	2601470	11	1
771	554435	2601220	11	1
772	554435	2600720	11	1
773	554435	2599970	11	1
774	554185	2600970	11	1
775	554185	2599720	11	1
776	553935	2600220	11	1
777	553935	2599970	11	1
778	558185	2596470	11	1
779	557935	2598970	11	1
780	557935	2598720	11	1
781	557935	2598470	11	1
782	557935	2597470	11	1
783	557935	2596470	11	1
784	557685	2598970	11	1
785	557685	2596970	11	1
786	557435	2598970	11	1
787	557435	2598720	11	1
788	557435	2598470	11	1
789	557435	2598220	11	1
790	557435	2597970	11	1
791	557435	2597220	11	1
792	557435	2596720	11	1

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
793	557435	2596470	11	1
794	557185	2598720	11	1
795	557185	2598470	11	1
796	557185	2598220	11	1
797	557185	2597970	11	1
798	557185	2597720	11	1
799	557185	2596970	11	1
800	556935	2598970	11	1
801	556935	2596970	11	1
802	556935	2596720	11	1
803	556935	2596470	11	1
804	556935	2596220	11	1
805	556685	2596970	11	1
806	556685	2596470	11	1
807	556685	2596220	11	1
808	556435	2596970	11	1
809	556435	2596720	11	1
810	556435	2596470	11	1
811	556435	2595970	11	1
812	556185	2596470	11	1
813	555935	2598970	11	1
814	555935	2596720	11	1
815	555935	2596470	11	1
816	555935	2596220	11	1
817	555935	2595970	11	1
818	555935	2595970	11	1
819	555685	2596720	11	1
820	555685	2596470	11	1
821	555685	2596220	11	1
822	555435	2596470	11	1
823	555435	2596220	11	1
824	553935	2599720	11	1
825	553544	2607230	null	0
826	553565	2607120	null	0
827	553575	2606980	null	0
828	553597	2606850	null	0

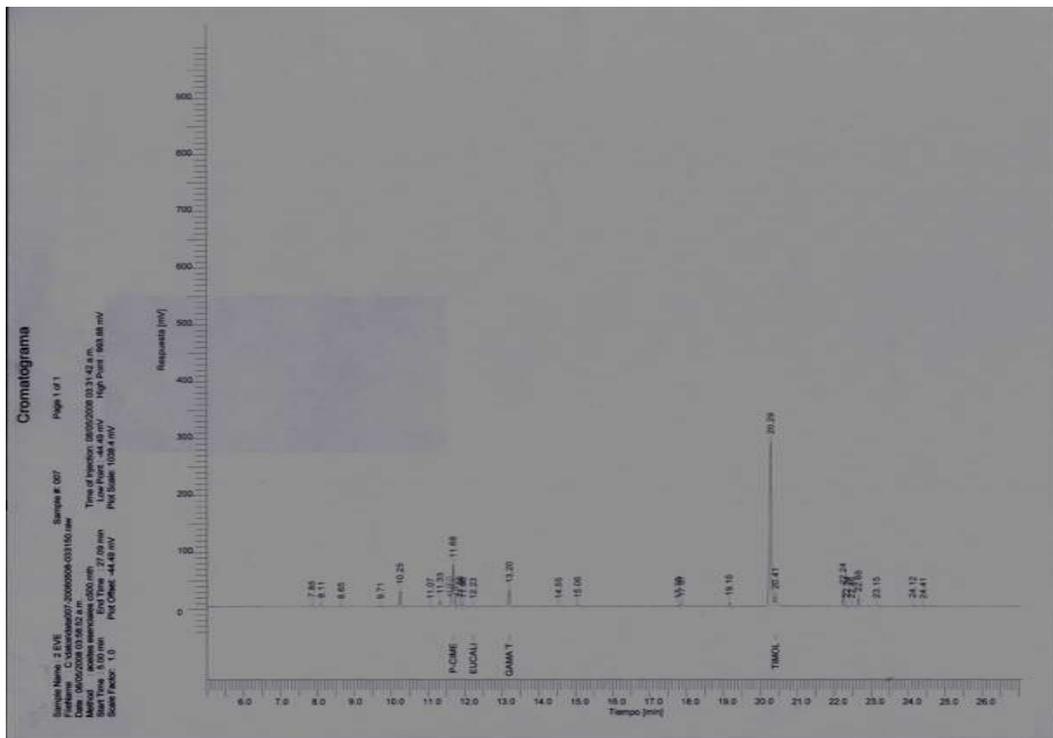
ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
825	553544	2607230	null	0
826	553565	2607120	null	0
827	553575	2606980	null	0
828	553597	2606850	null	0
829	553618	2606770	null	0
830	553628	2606640	null	0
831	553628	2606530	null	0
832	553639	2606430	null	0
833	553766	2607380	null	0
834	553925	2607460	null	0
835	554221	2607620	null	0
836	554380	2607680	null	0
837	554369	2607400	null	0
838	554369	2607290	null	0
839	554549	2607750	null	0
840	554729	2607840	null	0
841	554909	2607950	null	0
842	555110	2608040	null	0
843	555301	2608140	null	0
844	555470	2608230	null	0
845	555629	2608300	null	0
846	556200	2608580	null	0
847	557195	2606400	null	0
848	557819	2607980	null	0
849	557788	2607110	null	0
850	557819	2606600	null	0
851	558010	2608030	null	0
852	558010	2606920	null	0
853	557999	2606750	null	0
854	557999	2606540	null	0
855	558211	2607210	null	0
856	558200	2606790	null	0
857	558200	2606630	null	0
858	558211	2606300	null	0
859	558211	2606170	null	0
860	558401	2606590	null	0

ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
861	558423	2606390	null	0
862	554951	2603880	null	0
863	555322	2603630	null	0
864	555491	2603590	null	0
865	555861	2603490	null	0
866	556253	2604370	null	0
867	556221	2603670	null	0
868	556211	2603500	null	0
869	556242	2603330	null	0
870	556242	2603170	null	0
871	557015	2604040	null	0
872	557438	2603010	null	0
873	558031	2603690	null	0
874	558031	2602970	null	0
875	558042	2602460	null	0
876	558603	2602830	null	0
877	558624	2602630	null	0
878	558645	2602430	null	0
879	554560	2604330	null	0
880	554316	2604280	null	0
881	554115	2603990	null	0
882	553914	2604770	null	0
883	553904	2604600	null	0
884	553904	2604390	null	0
885	553925	2604180	null	0
886	559435	2599720	null	0
887	559185	2600720	null	0
888	559185	2600220	null	0
889	559185	2599720	null	0
890	558935	2600720	null	0
891	558935	2600470	null	0
892	558685	2599470	null	0
893	558685	2599220	null	0
894	556685	2602720	null	0
895	556685	2601470	null	0
896	556435	2602720	null	0

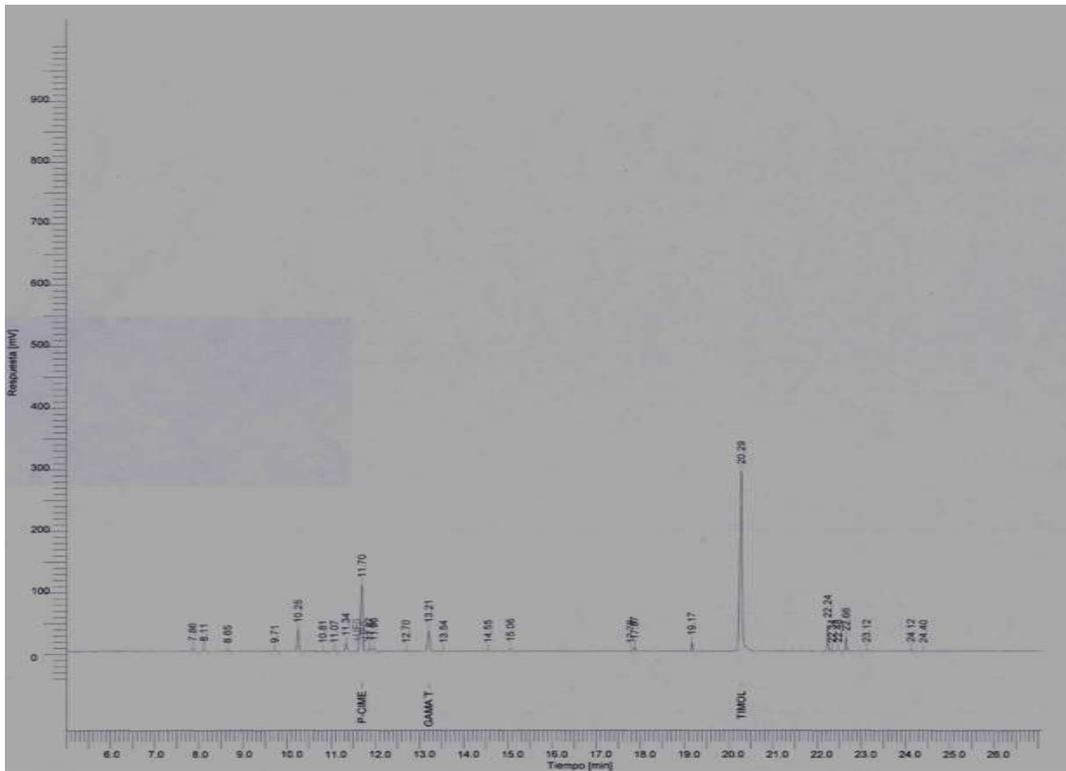
ID	X	Y	Valor Mapa	Proporción
897	556185	2603470	null	0
898	556185	2603220	null	0
899	556185	2602720	null	0
900	556185	2601720	null	0
901	555685	2603220	null	0
902	555685	2602970	null	0
903	555435	2602720	null	0
904	555435	2601970	null	0
905	555185	2603220	null	0
906	555185	2602720	null	0
907	555185	2602220	null	0
908	555185	2601720	null	0
909	554935	2603220	null	0
910	554935	2601970	null	0
911	554935	2601720	null	0
912	554935	2601470	null	0
913	554685	2601720	null	0
914	554685	2601470	null	0
915	554685	2601220	null	0
916	554685	2600470	null	0
917	554435	2600470	null	0
918	554435	2600220	null	0
919	554185	2599970	null	0
920	558685	2596470	null	0
921	558435	2596470	null	0
922	558185	2597220	null	0
923	558185	2596720	null	0
924	557685	2597220	null	0
925	557685	2596720	null	0
926	557685	2597470	null	0
927	555435	2595970	null	0
928	555185	2596220	null	0
929	555185	2595970	null	0



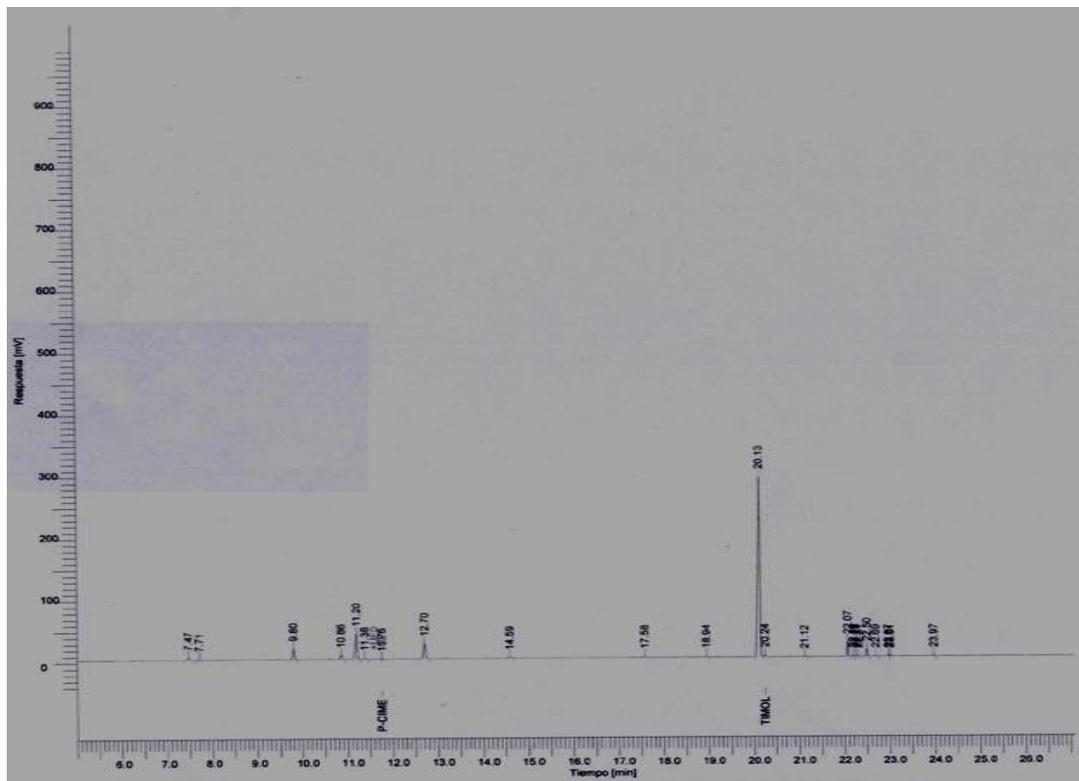
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 1 de Santa Gertrudis (Colecta 2007)



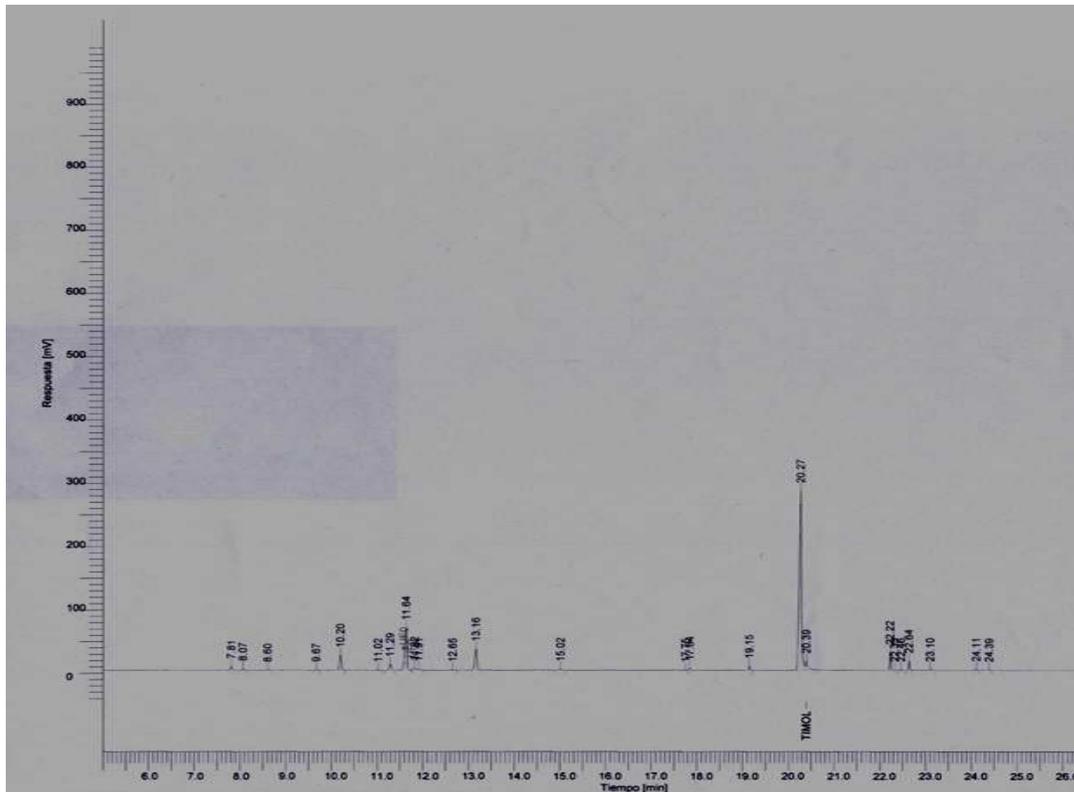
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 2 de Santa Gertrudis (Colecta 2007).



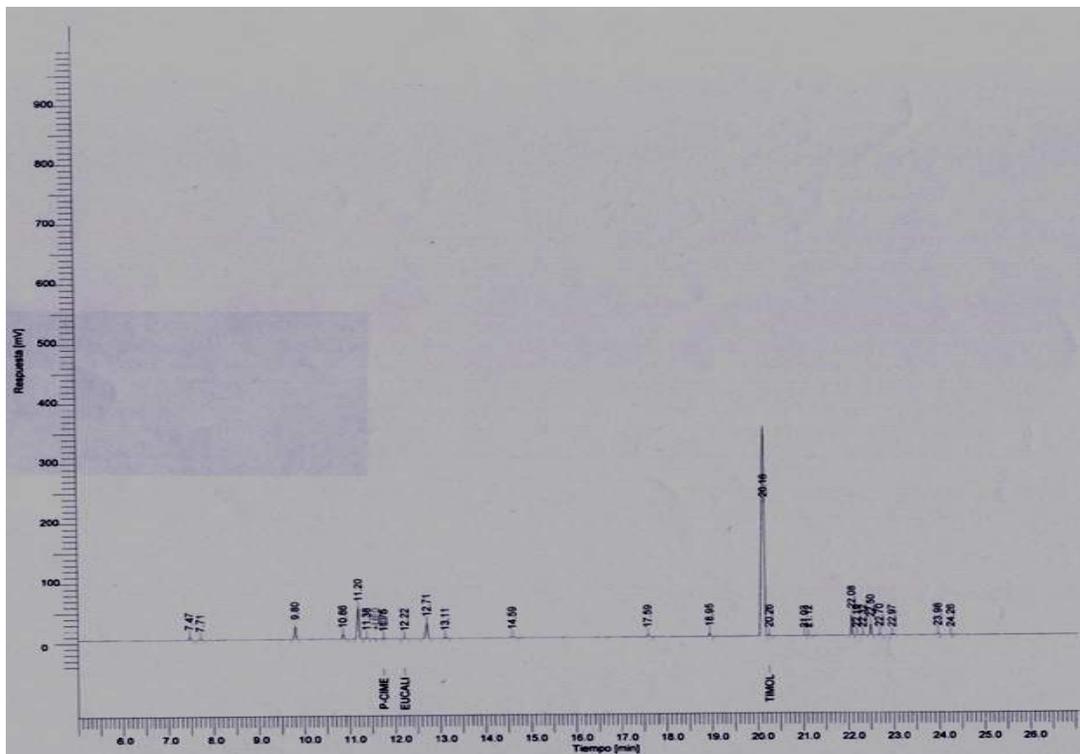
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 3 de Santa Gertrudis (Colecta 2007).



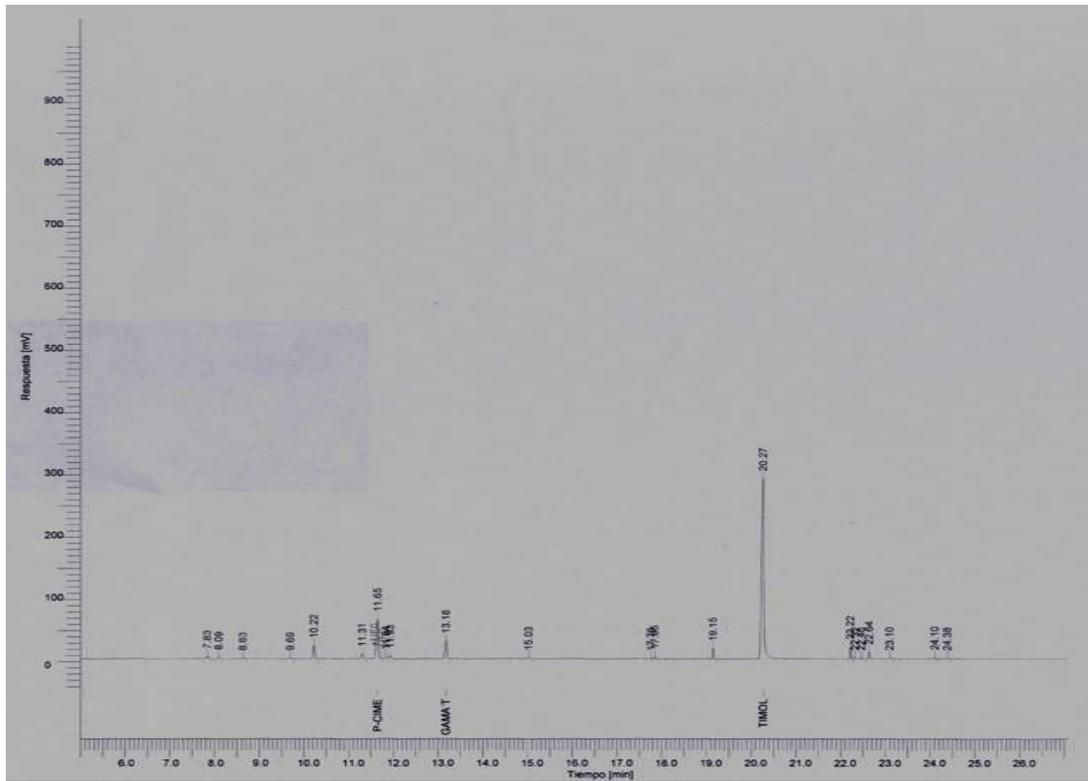
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 3 de Santa Gertrudis (Colecta 2008).



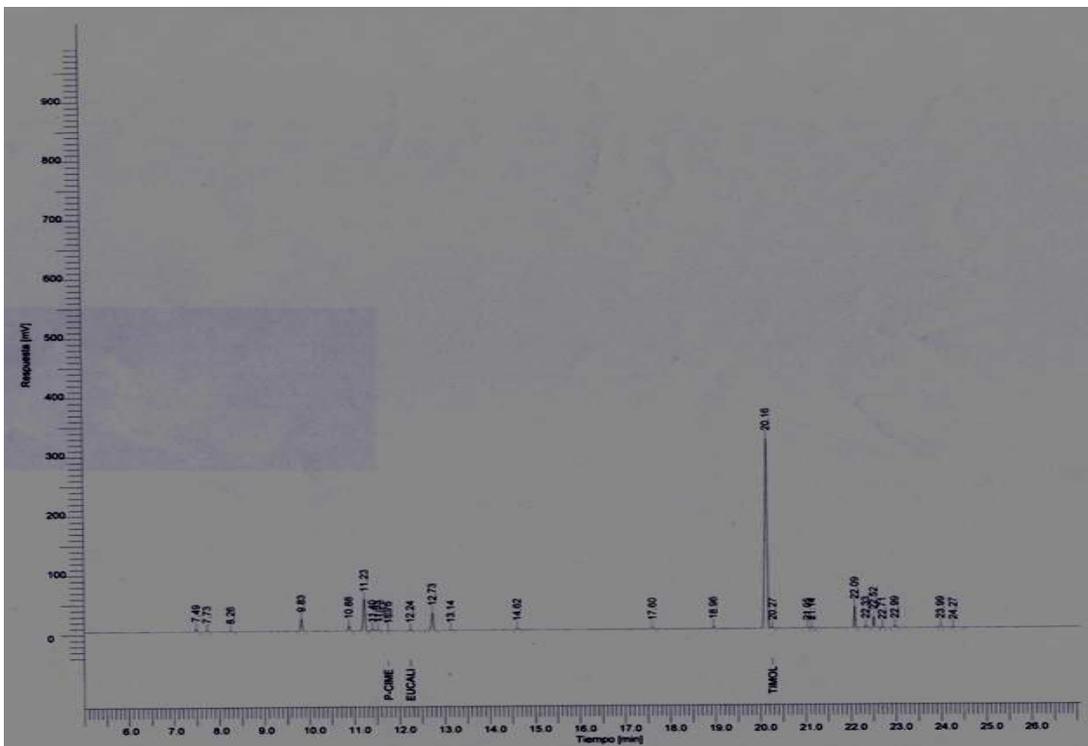
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 4 de Santa Gertrudis (Colecta 2007).



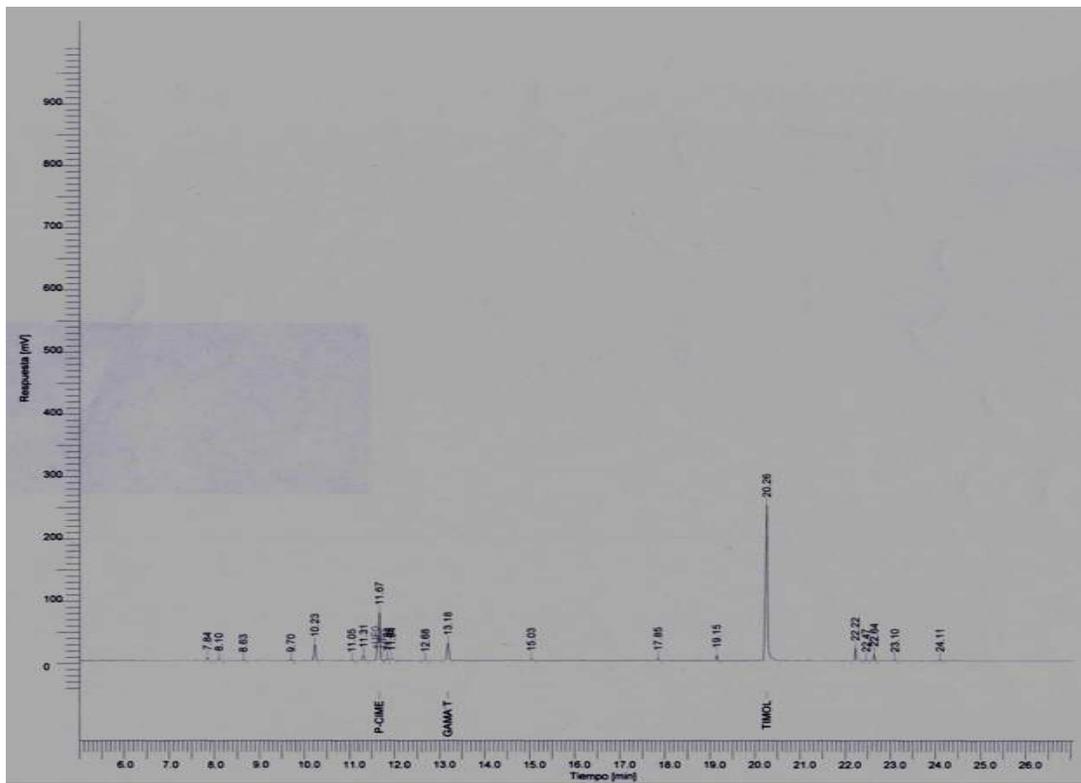
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 4 de Santa Gertrudis (Colecta 2008).



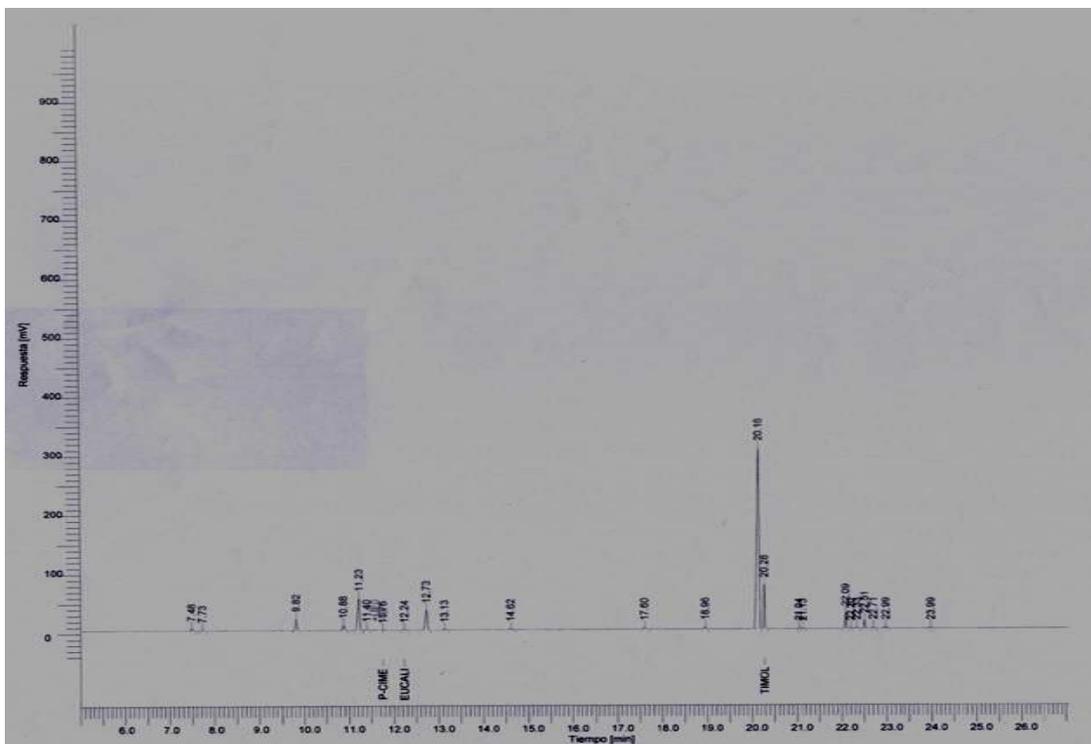
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 5 de Santa Gertrudis (Colecta 2007).



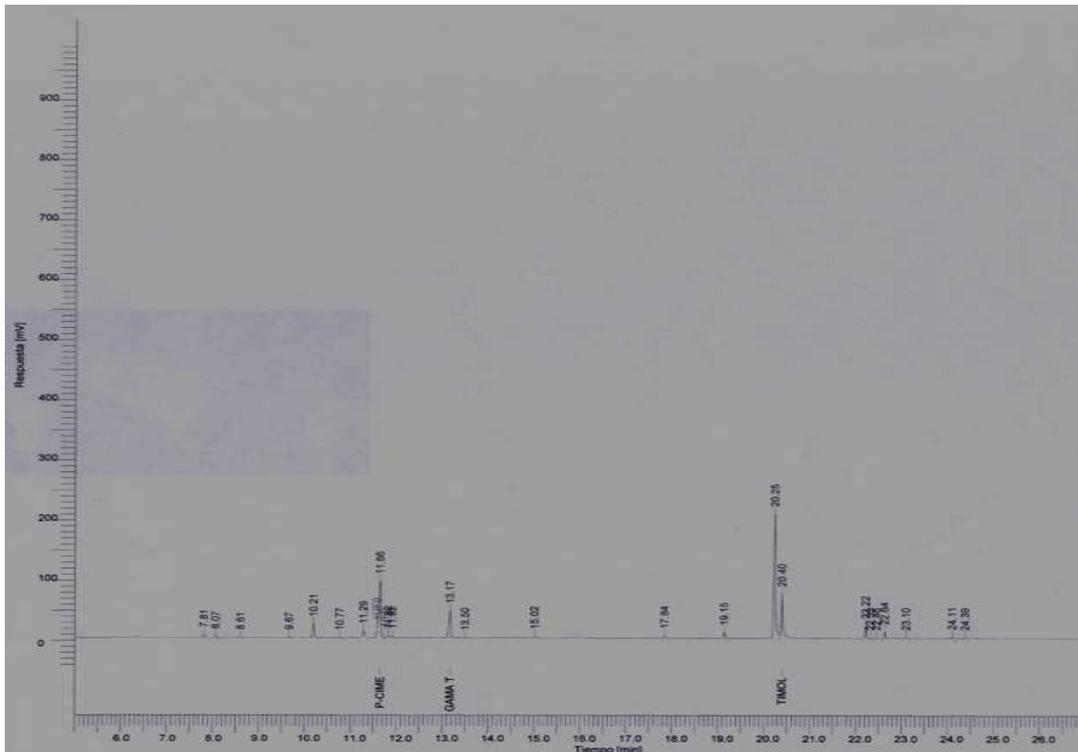
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 5 de Santa Gertrudis (Colecta 2008).



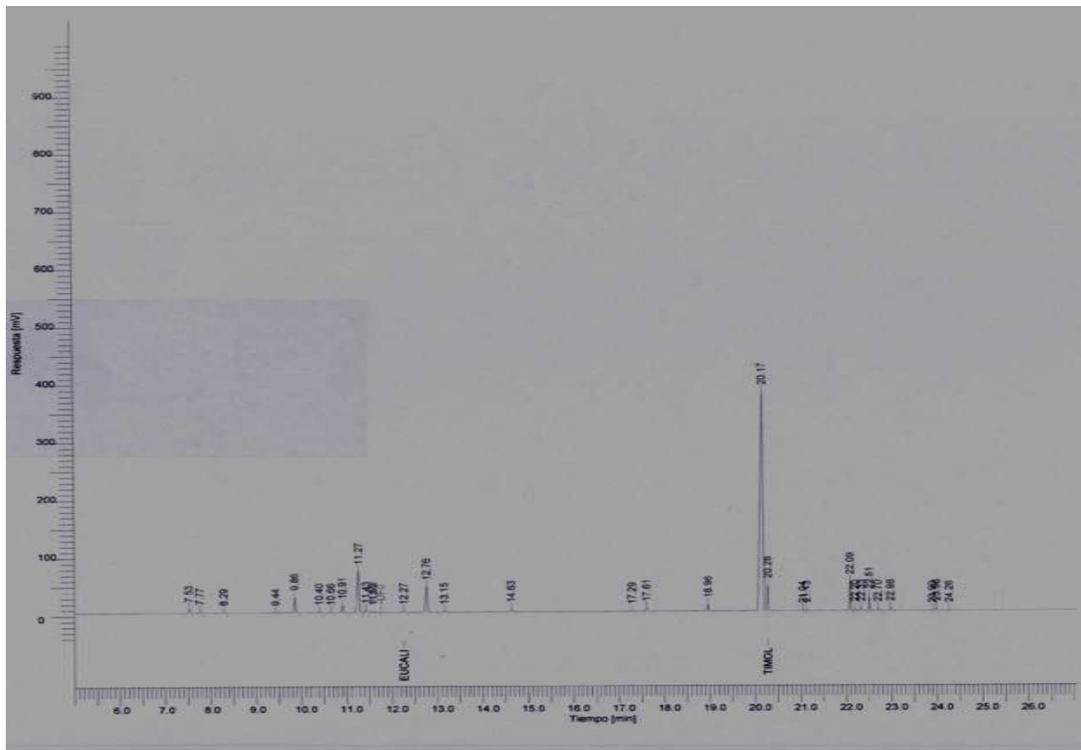
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 6 de Santa Gertrudis (Colecta 2007).



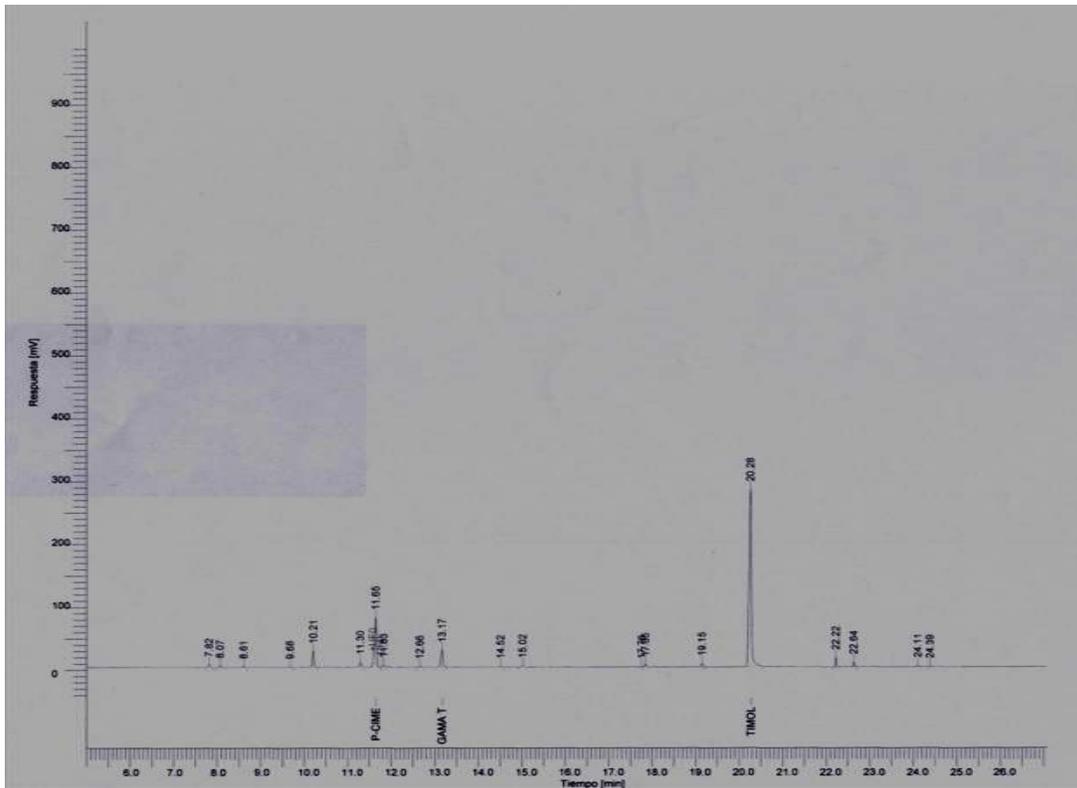
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 6 de Santa Gertrudis (Colecta 2008).



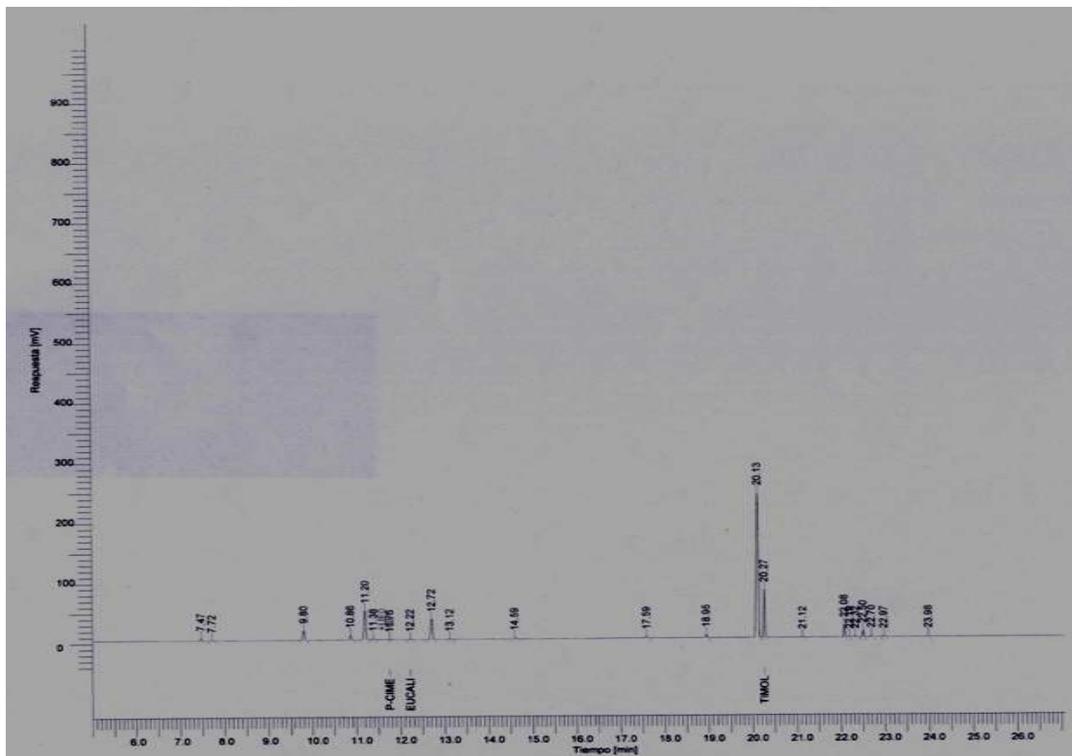
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 7 de Santa Gertrudis (Colecta 2007).



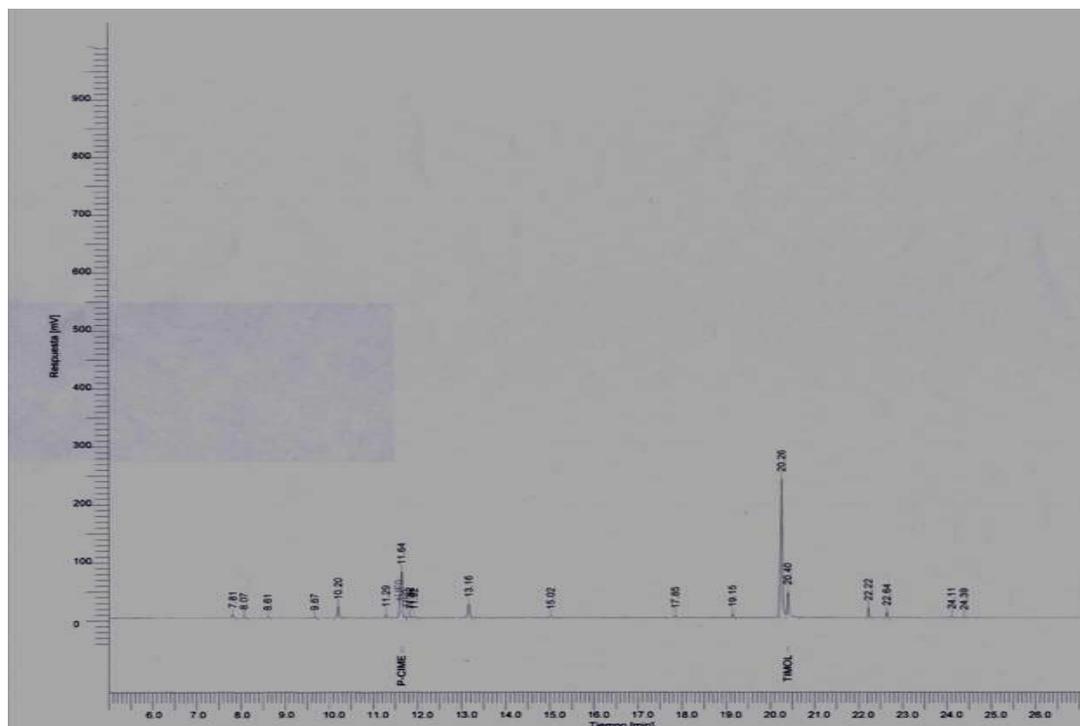
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 7 de Santa Gertrudis (Colecta 2008).



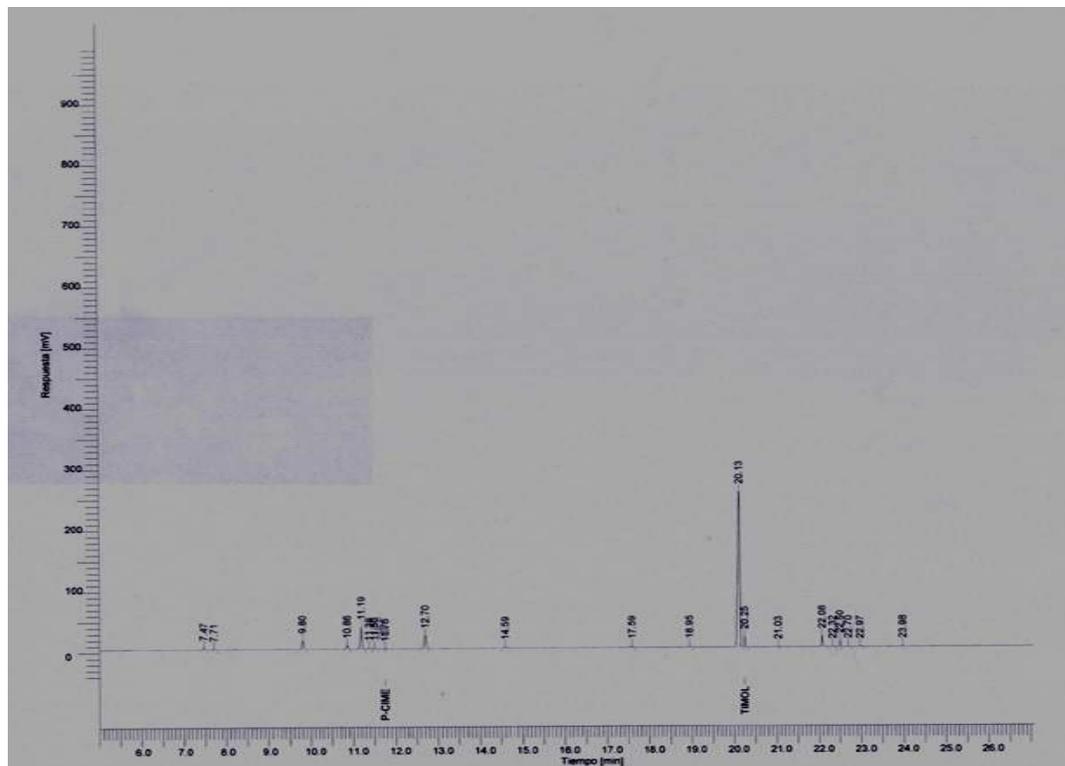
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 8 de Santa Gertrudis (Colecta 2007).



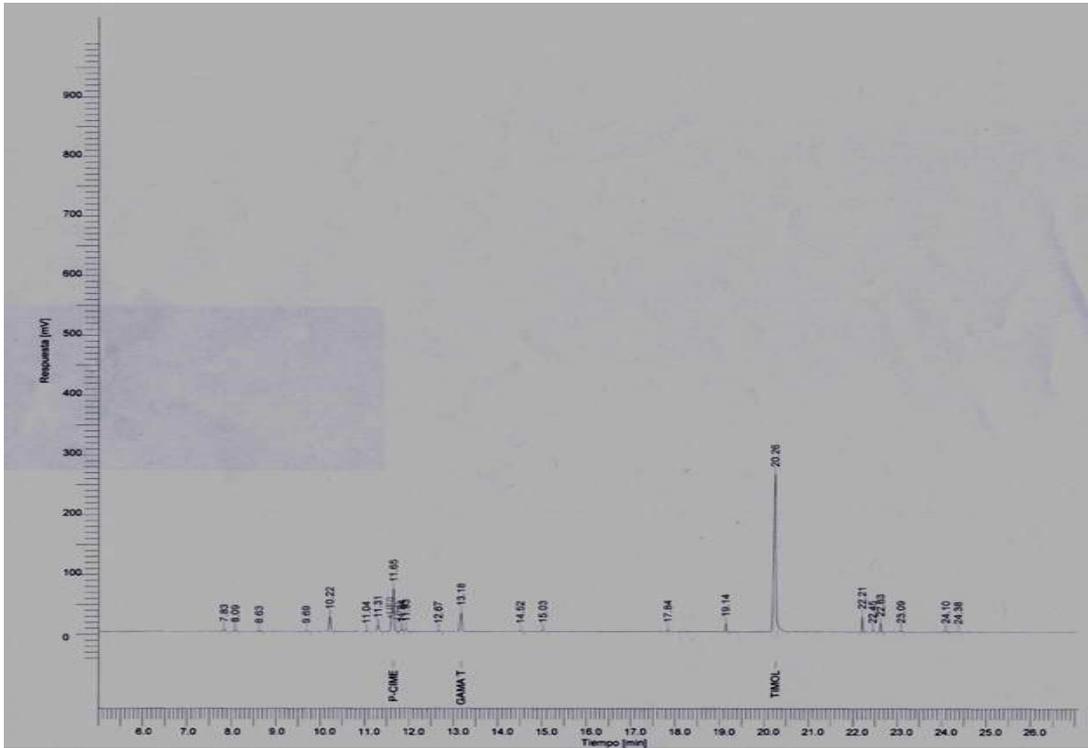
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 8 de Santa Gertrudis (Colecta 2008).



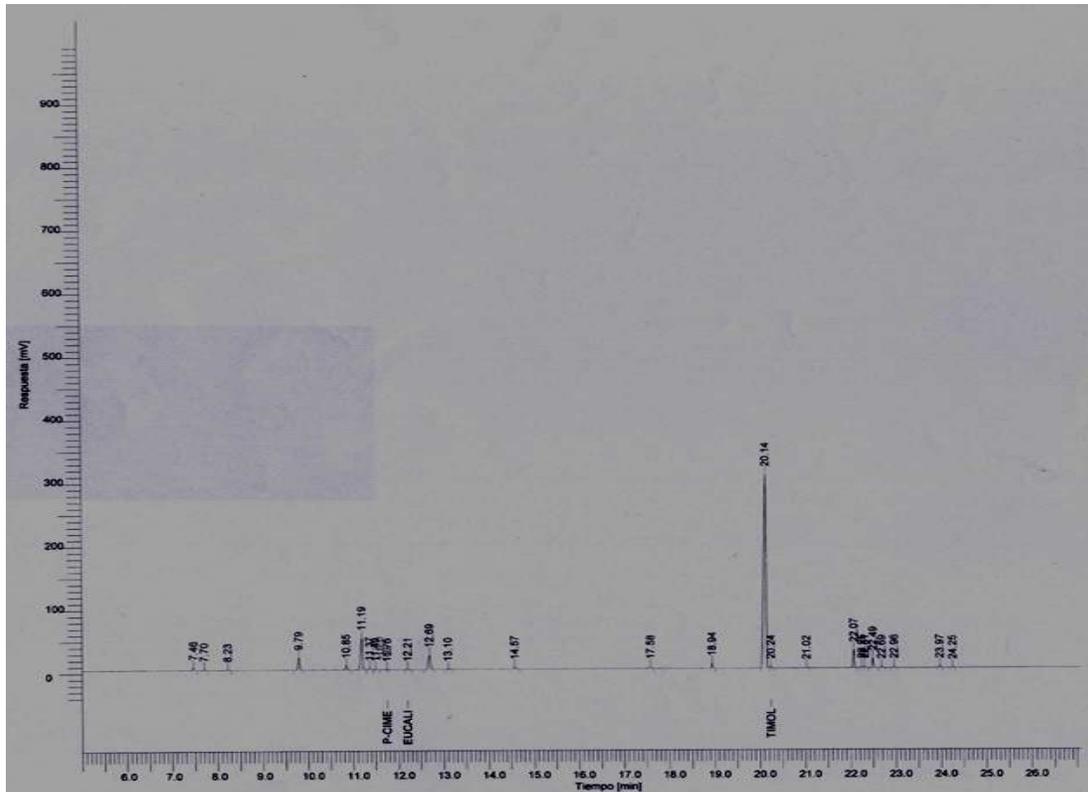
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 9 de Santa Gertrudis (Colecta 2007).



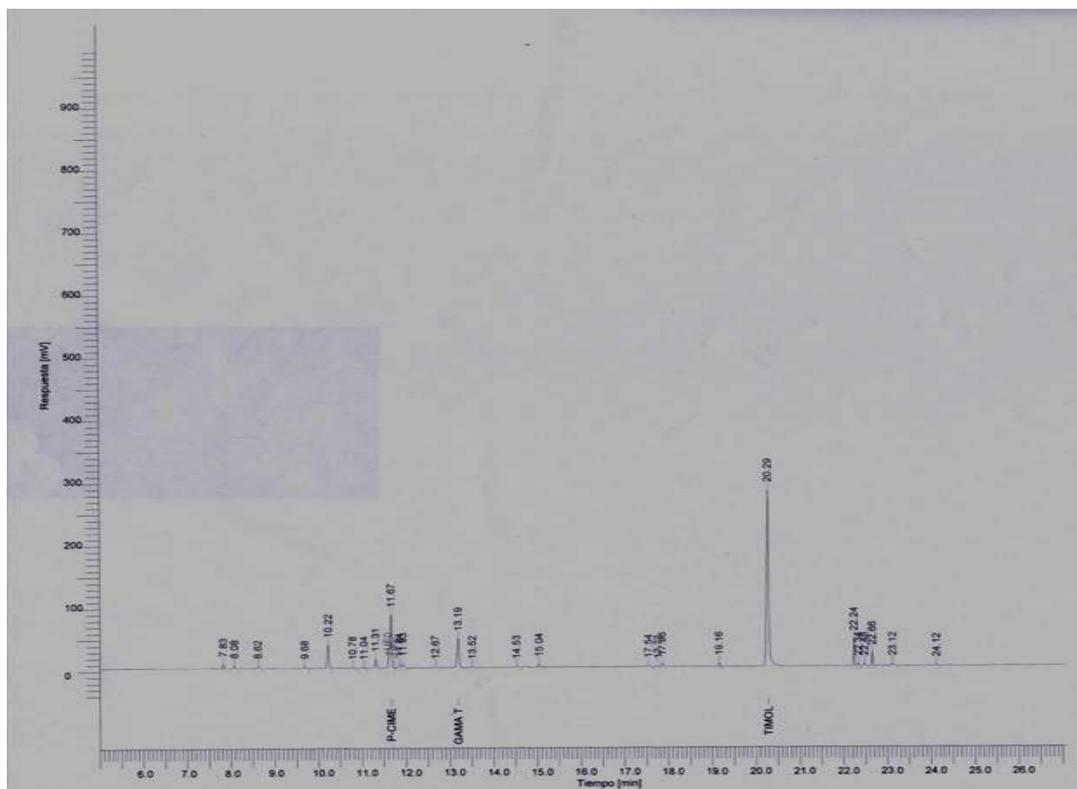
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 9 de Santa Gertrudis (Colecta 2008).



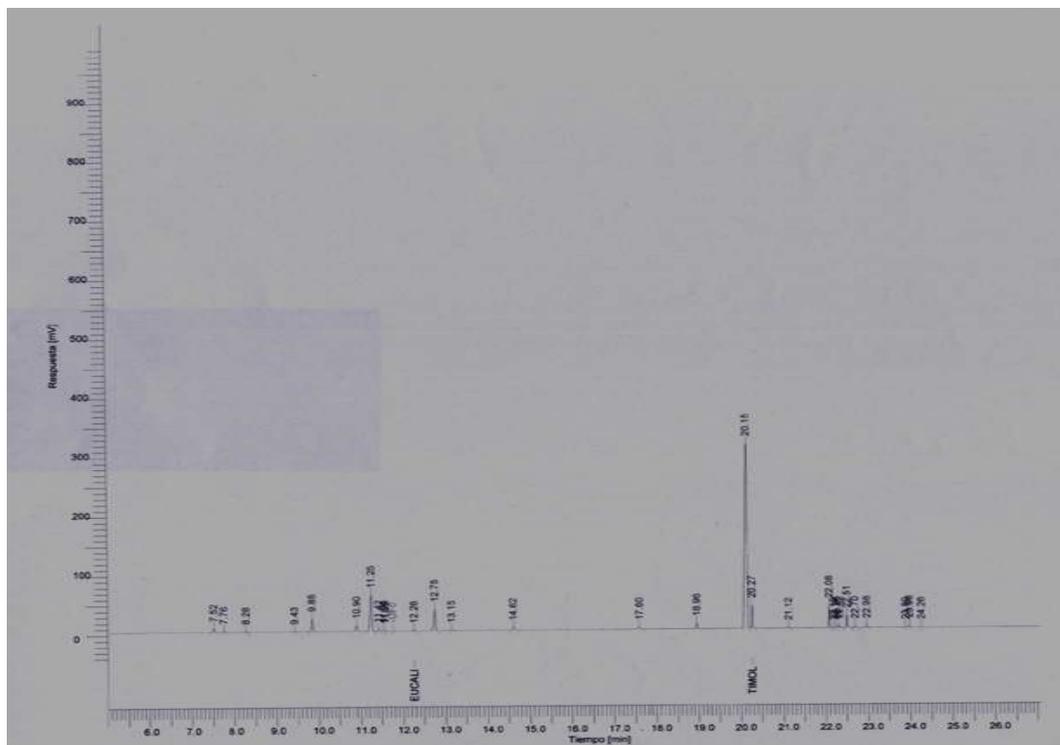
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 1 de El Troncón (Colecta 2007).



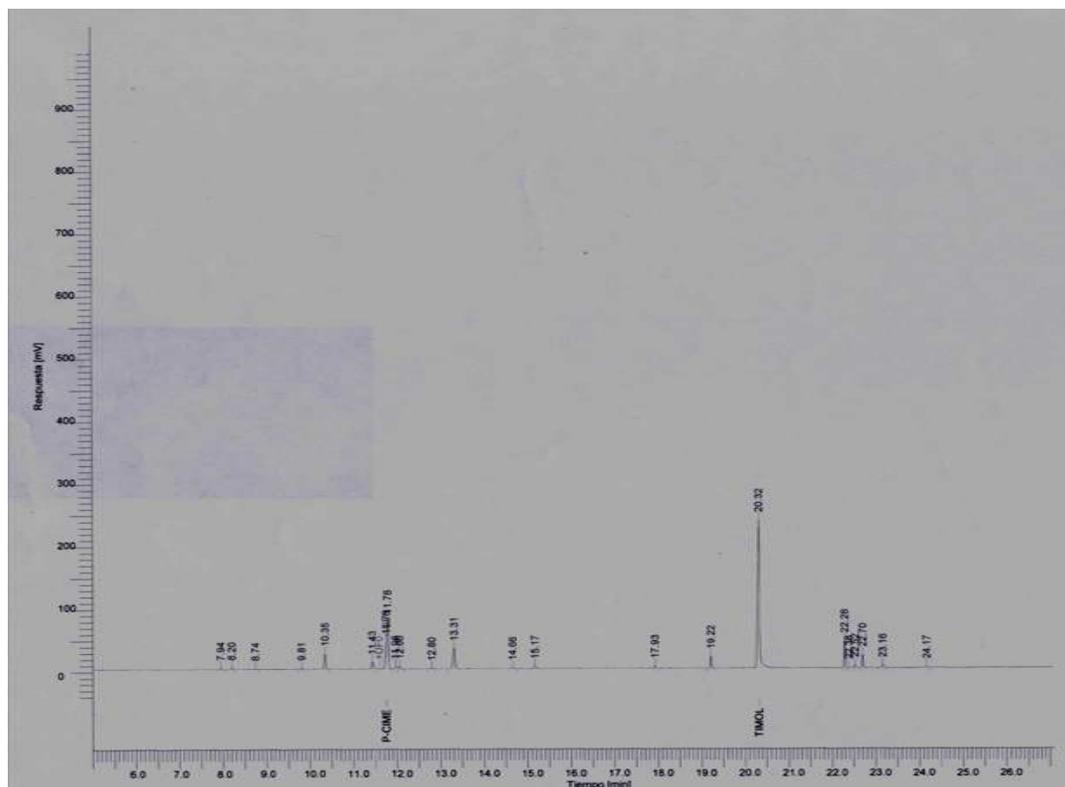
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 1 de El Troncón (Colecta 2008).



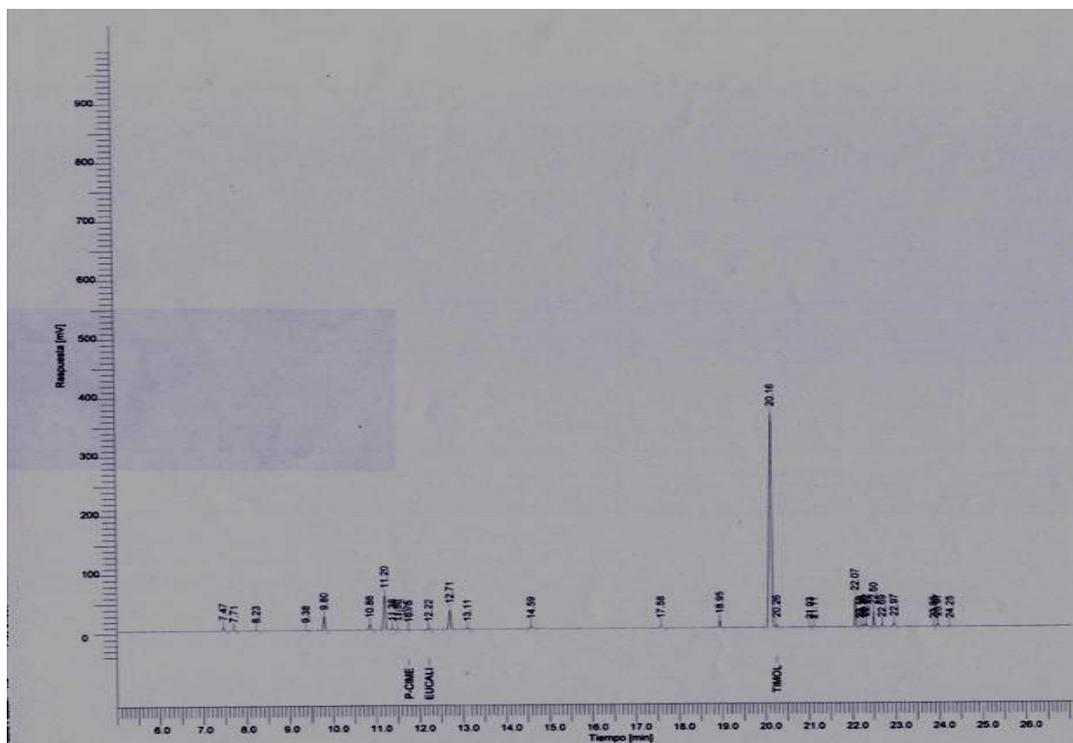
Cromatograma del aceite esencial del Sitio 2 de El Troncón (Colecta 2007).



Cromatograma del aceite esencial del Sitio 2 de El Troncón (Colecta 2008).



Cromatograma del aceite esencial del Sitio 3 de El Troncón (Colecta 2007).



Cromatograma del aceite esencial del Sitio 3 de El Troncón (Colecta 2008)

Potencial productivo del orégano (*Lippia graveolens* HBK.)
y calidad de su aceite esencial en dos localidades
de El Mezquital, Dgo.

Durango, Durango, Méx. Diciembre de 2009