

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA

Maestría en Ciencias Químicas



Tesis

“Caracterización Fitoquímica Mediante Perfiles

Cromatográficos y Actividad Hipoglucemiante de *Jatropha curcas* L”

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias Químicas

Presenta

María Teresa Luis Ramírez

Tijuana, B.C.

Diciembre de 2009

RESUMEN

Las plantas producen una gran diversidad de componentes, resultado del metabolismo secundario, algunas participan en el mecanismo de defensa, pigmentación y aromas de flores y frutos y en interacciones ecológicas, como es el caso de la atracción de polinizadores. Mediante evaluaciones fitoquímicas se han podido conocer y clasificar plantas medicinales y metabolitos secundarios bioactivos de origen vegetal. Los estudios quimiotaxonómicos se han incrementado últimamente, para usarlos como caracteres químicos para confirmar la taxonomía de las plantas.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar y establecer las diferencias desde el punto de vista fitoquímico, las variedades de *Jatropha curcas* (L) del estado de Veracruz y Chiapas en México. Esta planta es una *Euphorbiacea*, nativa de América central y conocida comúnmente como “piñón de tempate”. Se reconoce principalmente por el uso de su semilla para la generación de biodiesel y por otras propiedades medicinales.

ÍNDICE

Capítulo I Introducción.

Objetivo general

Objetivos específicos

Capítulo II Antecedentes

2.1 Generalidades de las Euforbiaceas

2.2 Descripción botánica de *Jatropha curcas*

2.3 Usos etnobotánicos y aplicaciones de *Jatropha curcas*.

2.4 Estudios fitoquímicos y biológicos de *Jatropha curcas*.

2.5 Uso plantas medicinales como agentes hipoglucemiantes

Capítulo III Desarrollo experimental

3.1 Recolección e identificación taxonómica de la planta

3.2 Secado y maceración del material

3.3 Generación de extractos

3.4 Identificación preliminar de metabolitos por cromatogramas de capa fina

3.5 Identificación de metabolitos secundarios por cromatografía de gases-
espectrometría de masas(CG-EM).

3.6 Actividad hipoglucemiante

Capítulo IV Resultados y discusión.

4.1 Del estudio Fitoquímico

4.2 Del estudio preliminar de la actividad hipoglicemiante de *J.curcas*

Capitulo V Conclusiones

Apendices o Anexos

Lista de abreviaturas

Lista de Figuras

Lista de Tablas

Referencias

CAPITULO I INTRODUCCION

Capítulo I Introducción.

El uso de plantas y preparados de hierbas con propósitos medicinales es una forma común de atender problemas de salud a nivel mundial, su empleo ha sido documentado desde la antigüedad y que mantiene su popularidad por razones históricas y culturales, aunque la medicina moderna esté disponible. Desde la antigüedad el hombre ha utilizado las plantas como

medicina en sus distintas formas de preparación tales como infusión, decocción, tinturas, jarabes, zumos cataplasmas, etc. El conocimiento que la humanidad ha tenido sobre el uso medicinal de las plantas ha sido transmitido de padres a hijos, de chamanes, médicos y sacerdotes a los aprendices (Martínez, 2007).

De los primeros registros en el Papiro de Ebers (1700 a. C.) se describen algunas enfermedades y su tratamiento con plantas; Hipócrates (377 a. C.) médico griego conocía las propiedades medicinales del ajeno (vermífugo), la cicuta (veneno usado por Sócrates); Plinio (23 a 79 d. C.) fue autor de 37 volúmenes de “Historia Natural”, fruto de la información recogida de más de 2000 libros, en ella recopila importantes conocimientos científicos de la antigüedad que abarcan la botánica, la zoología, la mineralogía, la medicina y la etnografía; Dioscórides (40-90 d. C.) médico griego fue autor de “Materia Médica”, obra precursora de la moderna farmacopea, donde se describen aproximadamente 600 plantas medicinales (Martínez, 2007).

En el siglo XVIII se dieron los primeros pasos en la purificación de productos naturales sin embargo la mayoría de ellos permanecieron como mezclas. Fue hasta finales del siglo XIX que los químicos aislaron, en forma relativamente pura principios activos presentes en extractos brutos. La determinación estructural de estos compuestos llevó muchos años de investigación dada la complejidad de las metodologías utilizadas, de ahí que el tiempo transcurrido desde el aislamiento y la determinación de su estructura fue bastante largo; por ejemplo la quinina se aisló por primera vez en 1820 y su estructura se determinó en 1907 (Martínez, 2007).

Con la introducción de nuevos métodos de análisis los tiempos se redujeron, así por ejemplo la penicilina se aisló en 1942 y para 1946 ya se había determinado su estructura y en 1957 ya se había sintetizado. Durante el desarrollo de la química de Productos Naturales se

aislaron, identificaron y sintetizaron muchos compuestos contribuyendo a un enriquecimiento de la química orgánica con nuevos conceptos y métodos de trabajo. El desarrollo alcanzado en los llamados métodos instrumentales de análisis como: ultravioleta, infrarrojo, espectrometría de masas, resonancia magnética nuclear y las diferentes técnicas cromatográficas, facilitaron el trabajo y aumentaron la velocidad de análisis de los productos naturales (Martínez, 2007).

En el contexto Latinoamericano y de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), al hacer referencia a la medicina tradicional, se habla de la utilización de hierbas que poseen ingredientes activos, y por consiguiente se emplean por periodos prolongados considerándose inocuos y eficaces (Sáenz D., 2004).

Las plantas contienen múltiples componentes químicos que se pueden tipificar como activos porque provocan diversos efectos en el organismo. En el contexto tradicional se propone que la actividad deriva de las combinaciones químicas presentes en la planta en forma natural, en vez de considerar un componente específico como responsable de la actividad biológica o de los beneficios atribuidos. Algunas plantas son la fuente primaria para producir diversos fármacos empleados en la terapéutica actual ya que se han logrado tipificar un compuesto activo a partir de la preparación natural. Muchos han sido evaluados con ensayos preclínicos y clínicos para con la finalidad establecer su seguridad y eficacia; de ahí que se disponga de fitofármacos o medicamentos de origen natural que han sido autorizados para su utilización clínica como medicamento por las respectivas autoridades sanitarias (Sáenz D., 2004).

Por otra parte, la clasificación quimiotaxonómica parcial de los vegetales sobre la base de los principios activos ha demostrado tener muchos inconvenientes (Swain, T. 1996) lo que ha obligado a considerar otras características distintivas, especialmente cuando se trata de plantas

que poseen componentes volátiles y muchas veces con propiedades farmacológicas importantes. La aplicación de métodos instrumentales que son muy sensibles, rápidos y específicos al análisis de los productos naturales tienen la ventaja de poder verificar su autenticidad y, en consecuencia, la calidad comercial de los mismos. En la actualidad la quimiotaxonomía vegetal hace uso de muy diversas metodologías analíticas (Bendz *et al* 1974; Smith, P. M. 1976; Barberia, *et al* 1991) con la que se ha llegado a determinar hasta la época de recolección del material estudiado o aún hasta su ubicación geográfica (Marengo, E. *et al.*, 1991).

En los últimos años se ha dado un crecimiento acelerado del empleo de este recurso natural. En Estados Unidos, se ha documentado que entre 21 y 50% de las personas que asisten a una consulta médica han empleado diversas formas de terapias alternativas, siendo los remedios herbolarios los más usados; cerca de la mitad de ellas no lo comentan con sus médicos. En Latinoamérica, la Oficina Regional de la OMS para las Américas informó que el 71% de la población en Chile y el 40% de la población en Colombia utiliza la medicina tradicional; de la misma forma, el porcentaje de la población que ha utilizado la medicina complementaria y alternativa es 46% en Australia, 49% en Francia, 46% en Suiza, y 70% en Canadá. (Sáenz D., 2004).

De acuerdo a la Sociedad Latinoamericana de la Medicina Natural Tradicional la industria herbolaria mexicana comercializa alrededor de 1200 toneladas mensuales. México es considerado el segundo país del mundo con el mayor número de plantas medicinales inventariadas, con casi 4500 especies, después de China que cuenta con 5000. Sin embargo, solo la tercera parte del territorio ha sido estudiado, lo que corresponde a los estados del centro y sur del país, por lo que la zona norte es un potencial en la investigación sobre plantas medicinales. El

80% de la población total en México hace uso frecuente de la herbolaria para sanar sus enfermedades, y utilizan las plantas medicinales en combinación con la medicina alópata. Uno de los centros más grandes de este tipo en el país es el Mercado Sonora localizado en la Ciudad de México, y el cual es conocido internacionalmente y en donde se comercializan 60 toneladas mensuales de estos productos (<http://www.innatia.com/noticias-c-salud-bienestar/a-plantas-medicinales-mexic-10602.html>).

Si bien las plantas medicinales tienen principios activos con propiedades terapéuticas, también pueden provocar intoxicaciones y reacciones adversas si se emplean en dosis inadecuadas o por periodos prolongados. La falta de información objetiva y actualizada sobre los posibles riesgos y beneficios que pueden provocar el uso de las plantas medicinales, es una de las causas principales de que la población se automedique, alegando que son inocuas y más seguras por el hecho simple de ser naturales (Sáenz D., 2004).

Debido al papel importante que juegan las plantas en la salud humana, la ciencia actual tiene como propósito la transformación del conocimiento tradicional en científico, los hábitos y costumbre en terapias comprobadas, es decir validar la acción terapéutica y establecer los usos correctos de los recursos vegetales. De ahí la importancia de una mayor información en la población para el uso racional, eficaz y seguro de las plantas medicinales.

OBJETIVOS GENERALES

- Caracterizar especies de *Jatropha curcas* del estado de Veracruz y Chiapas mediante perfiles cromatográficos en fase gaseosa.
- Evaluar de manera preliminar la actividad hipoglucemiante de los tallos de *Jatropha curcas*

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Generar extractos de las especies de *J. curcas* mediante procesos de solubilidad diferencial.
- Identificar metabolitos secundarios de *Jatropha curcas* mediante cromatografía de capa fina y utilizando un cromatógrafo de gases acoplado a masas.
- Llevar a cabo un estudio preliminar de actividad hipoglucemiante *in vivo* de extractos de los tallos de *Jatropha curcas* con ratones normogluceemicos.

METAS.

- Establecer las posibles diferencias quimiotaxonómicas de las especies de *Jatropha curcas* estudiadas.
- Realizar estudios *in vitro* con líneas celulares para evaluar la capacidad antidiabética de los tallos de *Jatropha curcas*.
- Publicar resultados en revista internacional arbitrada

CAPITULO II. ANTECEDENTES

Capítulo II Antecedentes

2.1 Generalidades de las Euforbiáceas

La familia Euphorbiaceae es una de la más grande a nivel mundial ocupando el sexto lugar. Su distribución es cosmopolita aunque está mejor representada en las regiones tropicales y subtropicales (Heywood, 1985). Consta de 5 subfamilias, 49 tribus, entre 317 y 339 géneros (Webster, 1994; Radcliffe-Smith, 2001) y cerca de 8100 especies (Mabberley, 1998).

La variación morfológica es enorme, lo que dificulta su caracterización. En general pueden ser hierbas, arbustos y árboles con látex a veces carnosos y cactiformes (Rasolofo, 2002); las hojas pueden ser simples, compuestas, palmeadas, alternas u opuestas, con estípulas que se pueden transformar en espinas o glándulas; las flores son unisexuales monoicas o dioicas, dispuestas en espigas o racimos; el perianto de manera general de cinco piezas simples, sepaloides o de manera totalmente ausente; estambres de filamentos libres o soldados con anteras bitecas y con dehiscencia longitudinal; ovario súpero con tres lóculos que tienen 1 o 2 óvulos; los frutos típicamente esquizocarpo, algunas veces drupa; el embrión recto o curvo en ocasiones con abundante endospermo oleaginoso. Algunos de los géneros mas importantes son: *Euphorbia*, *Croton*, *Phyllanthus*, *Acalypha*, *Tragia*, *Jatropha*, *Manihot*, *Hevea*, *Ricinus* y *Aleurites*. (Casco, S., 2003).

Muchas de las euforbiáceas poseen látex que contiene caucho, aceites, taninos, resinas y sustancias gomosas; en algunos casos el látex es venenoso e irritante como el árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*), la yuca (*Manihot utilissima*) y el ricino (*Ricinus communis*). También

tienen sustancias colorantes como en la kamala (*Mallotus philippensis*). Otras especies tienen savias que contienen sustancias irritantes y/o citotóxicas. A menudo también se observan en otras partes de la planta por ejemplo la fracción resinosa del aceite de *Croton tiglium*, que posee ésteres forbólicos altamente irritantes y generadores de tumores. De *Croton cajucara* se han aislado algunos diterpenos tóxicos como la cis-deshidro-crotonina (Bittner, M. *et al.*, 2001).

A muchas especies de esta familia se le han atribuido efectos curativos por ejemplo a *Euphorbia fischeriana*, que ha sido utilizada en China como una droga anti cancerígena; *Croton flavens* para tratar problemas de próstata, congestión nasal, dolores de estómago, enfermedades de la piel, sífilis y neumonía; *Croton nivens* ha sido usada como tónico, antipirético, en el tratamiento de hemorroides, diarrea crónica, dolores reumáticos, colon irritado, y molestias menstruales (Bittner, M. *et al.*, 2001).

Las Euforbiáceas en México

Esta familia contribuye en forma significativa a la riqueza de la flora nacional. Se calcula que en México está representada por 43 géneros y 782 especies, además de 32 taxa intraespecíficos (8 subespecies y 24 variedades), lo que representa más del 3% de la flora vascular. En relación al número de esta familia a nivel mundial, el país contiene el 9% de las especies y el 13% de los géneros. (Steinmann, V.W., 2002) .

Webster (1975, 1994) dividió a la familia en 5 subfamilias, y todas ellas se encuentran representadas en México (Tabla 1).

Tabla 1. Subfamilias de las Euforbiaceas

Subfamilia	Géneros	Especies
Phyllanthoideae	8	55
Oldfieldioideae	2	5
Acalyphoideae	16	203
Crotonoideae	7	223
Euphorbioideae	10	296

Existe gran disparidad de especies en los géneros mexicanos, *Euphorbia* con 241 (31%), *Croton* 124 (16%), *Acalypha* 108 (14%), *Jatropha* 48 (6%) y *Phyllanthus* 41 (5%). Juntos representan el 72% de las especies de Euforbiáceas, mientras que 27 géneros tienen cinco especies o menos y 11 de ellos representados por una sola. *Euphorbia* es el segundo género más grande de la flora mexicana, después de *Salvia* (Steinmann, V.W., 2002).

En México todas las formas de crecimiento están representadas en la familia, incluyendo plantas herbáceas anuales, hierbas perennes, geófitas, arbustos, árboles y bejucos. Está ampliamente distribuida, desde el nivel del mar hasta más de 3000 m de altitud, y está representada en los diez principales tipos de vegetación (Rzedowski, 1978), sin embargo alcanza su máxima diversidad en los bosques tropicales caducifolios. (Steinmann, V.W., 2002).

Género *Jatropha*

El género *Jatropha* pertenece a la Tribu Jatropeae, subfamilia Crotonoidea y tiene entre 165 y 175 especies distribuidas en lugares secos, semisecos y subhúmedos de América, África, Península Arábiga, India e islas del Pacífico (Dehgan y Webster, 1979). En México existen 41 especies (Jiménez y Martínez, 1991; Jiménez 1992), de las que 75.6% son estrictamente endémicas de la República Mexicana (Jiménez y Martínez, 1994).

2.2 Descripción botánica de *Jatropha curcas*

Etimológicamente, la palabra *jatropha* proviene del griego *iatrós* que significa médico y *trophe* alimento. *Jatropha curcas* es una planta perenne, nativa de México y Centroamérica, cultivada también en Asia y África, crece en forma silvestre, su altura normal es de 2 a 3 m, pero en condiciones especiales llega a medir hasta 8 m. El tronco presenta un fuste ramificado a poca altura y una corteza lisa, una medula desarrollada poco resistente, de aproximadamente 20 cm de diámetro de color blanco grisáceo, floema con largos canales que se extienden hasta las raíces, por el cual circula un látex, un jugo lechoso que brota con abundancia de cualquier herida. (Alfonso, J.A., 2008). Se distribuye en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Sinaloa, Sonora, Puebla, Hidalgo y Morelos.

Nombre común de *Jatropha curcas* en diferentes países

Piñón, tempate yupur, coquito, capate, piñoncito, piñol, piñón botija, higos del duende, barbasco, piñones purgativos, higos de infierno, purga de fraile, Tua tua, physic nut, pinhao manso, piñón-paraguayo, piñón-de-purga, purgante de caballo, mandigaçu, higo-del-infierno, purgueira, pinhão croá (Alfonso, J.A., 2008).

Descripción de la planta *Jatropha curcas* (Alfonso, J.A., 2008; Samayoa, M. O., 2008)

1.- Raíces cortas y poco ramificadas, (Figura 1) cuando las plántulas proceden de semilla se forman 5 raíces, una central y cuatro periféricas (2 secundarias y 2 terciarias).



Figura 1. Raiz de *J. curcas*

2.- Tallos no uniformes en su crecimiento (Figura 2). El tronco se divide desde la base en ramas largas, con numerosas cicatrices producidas por la caída de las hojas en la estación seca (Cortêsão, 1956; Brasil, 1985).



Figura 2. Tallo de *J. curcas*

3.- Las hojas son grandes, amplias y alternas en forma de palmas pecioladas, gruesas de color verde claro a oscuro, con ápice puntiagudo acorazado. La mayoría de 7-16 cm de largo, con nervaduras blanquecinas en el envés. Normalmente se forman de 5 a 7 lóbulos pocos profundos y grandes, con pecíolos de 10 a 15 cm. Permanecen hasta 60-70 días, pero al final de la estación

lluviosa se caen (Figura 3).



Figura 3. Hoja de *J. curcas*

4.- Las flores son monoicas, esto es, presentan los órganos masculinos y femeninos en la misma planta, ocasionalmente se encuentran flores hermafroditas o con flores de un solo sexo. Ambas flores, son pequeñas (6-8 mm) de color verdoso amarillo y pubescente (Figura 4). La inflorescencia es una panícula. El periodo de floración va de 3 a 5 días para las flores femeninas y de 12 a 14 días para las masculinas. El número de flores femeninas son menos que las masculinas. En la panícula las flores femeninas están en el centro y las masculinas en la periferia.



Figura 4. Flores de *J. curcas*

5.- Los frutos son cápsulas drupáceas y ovoides con diámetro de 1.5 a 3.0 cm; trilocular (dividido en 3 partes) con una semilla en cada cavidad, formado por un pericarpio o cáscara dura y leñosa, indehiscente (que no se abre para que salga la semilla), hasta llegada la madurez.

Inicialmente es de color verde, pasando a amarillo, luego café y finalmente negro cuando alcanza el estado de maduración (Figura 5). Para su desarrollo se requiere hasta 90 días desde la floración hasta la maduración de la fruta.



Figura 5. Fruto de *J. curcas*

6.- Las semillas son relativamente grandes, cuando está seca mide de 1.5 a 2.0 cm de largo y 1.0 a 1.3 cm de diámetro. Debajo de la envoltura (tegumento) existe una película blanca cubriendo la almendra; el albumen es abundante, blanco, oleaginoso, conteniendo el embrión provisto de dos largos cotiledones achatados (Figura 6). Se ca pesa de 0.69 a 0.86 g. Generalmente es de color negra en estado fresco, seca es negra con rayado claro. El albumen puede contener de 32.7 a 40 % de aceite.



Figura 6. Semilla de *J. curcas*

Ecología

Se localiza en los climas tropicales y subtropicales (Figura 7) plantada completamente al sol, resiste el calor (35° C), pero poco las bajas temperaturas (18° C) y escarchas ligeras; precipitaciones desde las 520 a 2000 mm. Se desarrollan desde 0 m hasta 1600 m de altitud, pero su óptima respuesta es entre los 7 hasta los 500 m. Su requerimiento de agua es sumamente bajo y puede soportar periodos largos de sequedad. Se desarrolla en suelos que van desde los franco-arenosos o arcillosos con abundante materia orgánica, preferentemente con buen drenaje y aireación, con un pH de 6.0 hasta 7.0 (Alfonso, J. A., 2008).



Figura 7. Mapa ubicación de *J. curcas*

Reproducción

Se puede reproducir por semilla o por partes vegetativas, esquejes o estacas lo cual tiene como ventaja que mantiene la calidad genética y acelera la cosecha, por hibridación a través de mejoramiento genético y por micro propagación manteniendo la calidad de las futuras plantas

(Samayoa, M. O., 2008). Es una planta de crecimiento rápido que comienza a producir dependiendo de las condiciones de suelo entre los 6 meses y un año de la siembra; su ciclo productivo se extiende hasta 45 ó 50 años (Alfonso, J. A, 2008).

Plagas y Enfermedades

Provocan daño a las hojas y tallos gusanos, grillos y zomposos (Alfonso, J. A, 2008). Causan enfermedad más frecuentemente el insecto *Podagrica* spp., y el hongo *Cercospera* spp. Las variedades de *Jatropha* toxica son menos susceptibles a las plagas por razón de su misma toxicidad. Las enfermedades de mayor frecuencia son mancha angular, peca del tempate, requemo o escaldadura, corrugamiento mosaico amarilla (De la Vega, J. A.2007).

Fitoquímica del género *Jatropha*.

Los extractos de raíces, tallos y hojas de las especies de *Jatropha* han sido con frecuencia utilizados en la medicina tradicional, y los estudios de los principios activos han sido publicados en reportes recientes de productos naturales (García, D. G., *et al* 2006).

En *Jatropha zeyheri* se ha encontrado que el alcohol tetracíclico jaherin tiene propiedades antimicrobianas (Dekker, *et al.*, 1987). *Jatropha macrorhiza* (Figura 8) produce un diterpeno tricíclico jatrophano denominado Jatrophationa (Figura 9), el cual es inhibidor para leucemia linfocítica (Torrance *et al.*, 1976).



Figura 8. *Jatropha macrorhiza*

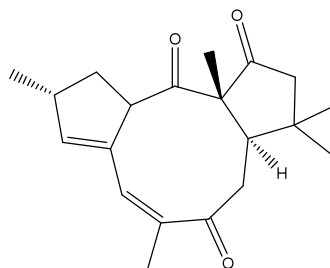


Figura 9. Jatrophatriona

Jatropha dioica (Figura 10) se localizada en diferentes estados del país, siendo su uso muy variado ya que todas las partes son utilizadas, por ejemplo, la raíz y el látex se usan para las hemorroides en forma de infusión (Martínez, 1969), para várices toda la planta (González, 1984), mala digestión y úlceras el látex (Rzedowski, 1985, Manzanero, 1985); también ha sido utilizada para el dolor de muelas y cáncer de piel. De la raíz de esta especie se ha aislado el diterpeno riolozatrion tricíclico (Dominguez, *et al.*, 1988).



Figura 10. *Jatropha dioica*

En *Jatropha aethiopica* se encontraron taninos, saponinas, alcaloides y compuestos cianogénicos. En Etiopia se muele la raíz en agua, la cual se utiliza para dolor de oídos y la constipación (Labrada, J. *et al.*, 2001). *Jatropha andrieuxii* presenta un látex rojo el cual

contiene polifenoles y derivados de pectinas y aceites (Paredes, C. *et al*, 2001). De *Jatropha neopauciflora* (Figura 11) ha sido utilizada la savia para fijar las encías y la dentadura, en la eliminación de fuegos bucales, pie de atleta y también como un colorante rojo (Téllez, O. *et al.*, 2009).



Figura 11. *Jatropha neopauciflora*

De *Jatropha multifida* (Figura 12) se aisló del látex un nuevo cianoglucósido no cianogénico, 1-ciano-3- β -D-glucopiranosloxy-(Z)-1-metil-1-propeno. Este compuesto fue nombrado multifidina. La planta completa es tóxica, ya que además contiene ácido cianhídrico (Van den Berg *et al.*, 1995). *Jatropha gossypifolia*, Tua-Tua, (Figura 13), se propaga por semillas, las partes utilizadas son las raíz, corteza del tallo, látex y las semillas; se utiliza como diurético, purgante, antidiabético, en las úlceras gástricas, como cicatrizante, en lavados vaginales, estreñimiento y para adelgazar. En estudios fitoquímicos previos se han encontrado jatrofona (Figura 14), flavonoides, mucílagos, curcina, toxoalbúmina y lignanos (Marcano, D., 2002).



Figura 12. *Jatropha multifida*



Figura 13. *Jatropha gossypifolia*

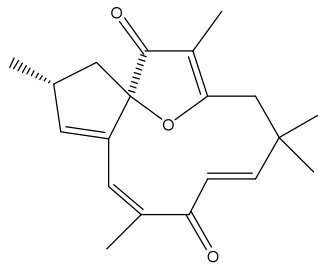


Figura 14. Jatrophona

Jatropha hieronymy y *Jatropha macrocarpa* (Figura 15 y 16) son potencialmente productoras de aceites para ser usadas como materia prima para producir biodiesel, con una calidad similar a los de soya y girasol, así como a los de *Jatropha curcas* (Casotti y Font, 2006).



Figura 15. *J. macrocarpa*

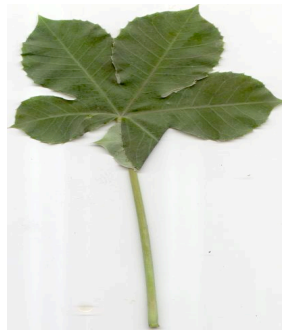


Figura 16. *J. hieronymy*

Jatropha cardiophylla (Figura 17) es un arbusto perenne de 1.2 m de alto o más, su nombre común es “sangre de Cristo”; las flores son de color amarillo pálido y sus hojas tienen

forma de corazón con peciolo rojizo. Los tallos son flexibles y contienen una savia clara que causa manchas permanentes cuando cae en la ropa (Phillips y Wentworth, 2000).



Figura 17. *Jatropha cardiophylla*

Jatropha podagrica es una planta ampliamente cultivada como ornamental, posee un tallo grueso y flores rojas en forma de coral (Figura 18), se localiza en zonas cálidas tropicales. Contiene curcina que se encuentra principalmente en semilla y también en frutas y savia. Se le aisló un ácido alifático denominado ácido japódico (Figura 19), que tiene propiedades insecticidas; también se aislaron otros dos compuestos más con propiedades antibacterianas (Figura 20 y 21), fradixina y una cumarina erythrinasinato (Olapeju, 2008).



Figura 18. *Jatropha podagrica*

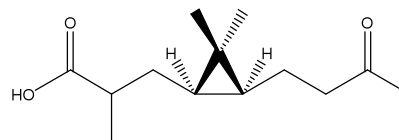


Figura 19. Ácido japódico

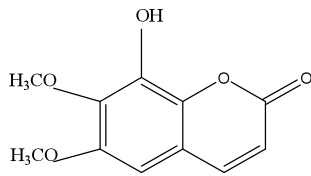


Figura 20. Fradixina

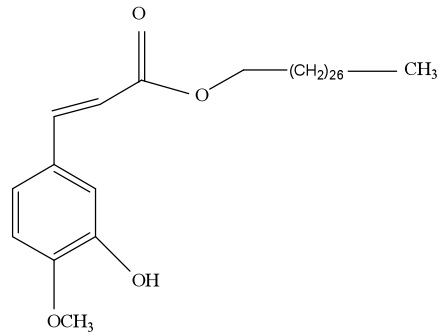


Figura 21. Erythrasinato

2.4 Usos etnobotánicos y aplicaciones de *Jatropha curcas* (Alfonso J.A. 2008)

- a) **Reforestación agrícola:** Se ha utilizado en áreas deforestadas, constituyendo una excelente alternativa en suelos marginales y agotados. En los trópicos como cercas vivas (Figura 22), ya que ni las hojas, ni tallos ni los frutos son consumidos por el ganado. En México y Guatemala se usa como planta hospedera de un insecto que produce una laca que se utiliza como barniz para pulir guitarras y otros productos de madera, así como planta de ornato. En Madagascar se usa como tutor para soporte de vainilla y en Cabo Verde y Bolivia se ha plantado en zonas áridas en altas densidades para control de la erosión del suelo.



Figura 22. Cerca de *J. curcas*

- b. **Comestible:** Las semillas suelen tostarse en algunas regiones de México para quitarle parcialmente la propiedad purgativa y poder ser ingeridas. Solo en México se ha encontrado variedades con muy bajo contenido de toxinas, las cuales son consumidas después de tostar y en la preparación de platillos tradicionales por los habitantes de la región de Papantla, en Veracruz, Othón P. Blanco en Querétaro (Makkar *et al.*, 1998), Pueblillo en Veracruz y Huitzilán en Puebla (Martínez *et al.*, 2004). La pasta resultante de la extracción del aceite, si proviene de variedades tóxicas, solo se puede utilizar para fabricar abonos, pero si proviene de semillas comestibles puede ser utilizada en alimentación animal.
- c. **Medicinal:** Se le atribuyen propiedades abortivas. Las hojas maceradas en aceite de ricino se utiliza en forma casera en la supuración de granos infectados. El látex del tronco se emplea como hemostático, para contener hemorragias en heridas no graves. El látex también tienen también propiedades antibióticas contra algunas bacterias por lo que puede aplicar directamente en heridas, y para salpullidos, quemaduras e infecciones en la piel. El aceite tiene poder purgativo.
- d. **Industrial:** El aceite de la semilla se usa para preparar barniz después de ser quemado con óxidos de hierro, mientras que en Europa en el hilado de lana y manufacturas textiles; con las cenizas de quemar plátano para hacer jabón casero. El jugo de la hoja tiñe las telas de un color negro indeleble. La corteza tiene taninos que dan un color azul oscuro. El látex tienen un 10% de taninos por lo se puede usar como tinta, y el aceite de la semilla se utiliza para la iluminación y como lubricante y para hacer jabones y pinturas.

- e. **Combustible:** El aceite de la semilla es una fuente de energía renovable, de bajo costo e inofensivo con el ambiente. Este aceite fue utilizado durante la segunda guerra mundial en África. Al quemarse no produce humo por lo que ha sido empleado para la iluminación de de alguna calles cerca de Río de Janeiro. La cáscara del fruto y semillas se puede emplear como combustible. Las semillas seca se pueden cubrir con aceite de palma y utilizarse como antorcha, la cual puede mantenerse encendida aun con la presencia de fuerte viento.
- f. **Captura de carbono:** Esto se lleva a cabo en cualquier plantación, ocurriendo durante el desarrollo de las plantas hasta llegar al estado de madurez. En troncos y ramas queda almacenado el carbono, cuya cantidad consiste en el pequeño incremento anual que se presenta en la madera del árbol multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono. De ahí la necesidad de la conservación de los árboles para evitar que el CO₂ contenido en ellos se emita a la atmósfera.
- g. **Insecticida y Veneno:** Partes de los frutos pueden ser utilizados como venenos de ratas; el aceite y los esteres sirven como insecticidas.

2.4 Estudios fitoquímicos y biológicos de *Jatropha curcas*

Se le han atribuido diferentes propiedades medicinales y aplicaciones de tipo industrial, por lo que se le han realizado diferentes estudios fitoquímicos y biológicos.

Raíz: Se han realizado extracciones con éter y metanol para inducir edema agudo en patas de ratas con carragina y a otras con formalina; el extracto de metanol exhibió actividad sistémica y antiinflamatoria significativa. La actividad antiinflamatoria resultante pudo ser

debido a los efectos sobre varios mediadores y el metabolismo del ácido araquidónico que implica la vía de la ciclo-oxigenasa dando como resultado la formación de prostaglandinas, con actividad antiproliferativa que lleva a la reducción granular del tejido y a la migración de leucocitos de los vasos (Mujumdar y Misar, 2003).

Hojas: Extracto de hojas en ungüento fue probado para curar heridas; cada 10 g de ungüento contenían distintas cantidades del extracto metanólico (0.5, 1.0 y 1.5 g). A grupos de ratas albinas se les hizo heridas que midieron 177 mm², se les aplicó en forma tópica al área de dicha herida, la cual fue medida en intervalos de 3 días hasta la completa epitelización y cierre de la herida. Se utilizó como ungüento control blanco y un estándar con gentamicina al 1%. El ungüento que contenía extracto al 1.5% redujo el periodo de epitelización de manera significativa a 14.8 días contra 18.8 días del ungüento blanco. Se concluyó que el ungüento es eficaz para el cuidado de la herida y que debe ser explorado en el aprovechamiento de los potenciales de la planta en el tratamiento de enfermedades tópicas (Esimone *et al.*, 2009).

Cordana musae es un hongo que afecta severamente a las plantas del plátano desde su estado joven causando mermas considerables en la producción y es favorecida por las altas temperaturas y alta humedad relativa. Se han realizado ensayos *in vivo* e *in vitro* usando extractos crudos de diferentes partes de la planta de *J. curcas* y su efecto en *C. musae*. Los resultados de los bioensayos revelaron que de los 10 extractos, *in vitro* fueron muy efectivos los extractos de semilla, fruto joven- semilla, raíz-hojas por su efecto inhibitorio de *C. musae* basado en la zona del diámetro de inhibición después de 72 horas de incubación en agar. *In vivo* fueron efectivos los mismos extractos ya mencionados, ya que se utilizaron para proteger, ya que retardaron la infección hasta 14 días después de la inoculación, asimismo redujo la severidad de

la infección cuando estaba en curso de manera significativa comparada con otros tratamientos (Dela Torre y Tangonan, 2008).

También se ha reportado que el extracto etanólico de raíz y hojas muestran actividad contra *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, y *Streptococcus viridans* (Cáceres, 1996). El extracto clorofórmico y etanólico de las hojas y tallos han mostrado actividad contra la línea celular P388 de leucemia linfocítica (Hufford y Oguntimein, 1978).

En la India se realizó una investigación fitoquímica de la parte aérea de *Jatropha curcas* donde se aislaron 20 compuestos de los cuales 4 fueron diterpenoides desconocidos y 6 compuestos tetradecil-(*E*)-ferulato, ácido 3-*O*-(*Z*)-comaroil oleanolico, heudelotinona, *epi*-isojatrogrossidiona, 2a-hidroxi-*epi*-isojatrogrossidiona, y 2-mettlantraquinona que no habían sido reportados en esta especie. De los 4 compuestos no conocidos (Figura 23) dos eran de tipo Latirano (A, B) y dos de tipo Podocarpano (C y D).

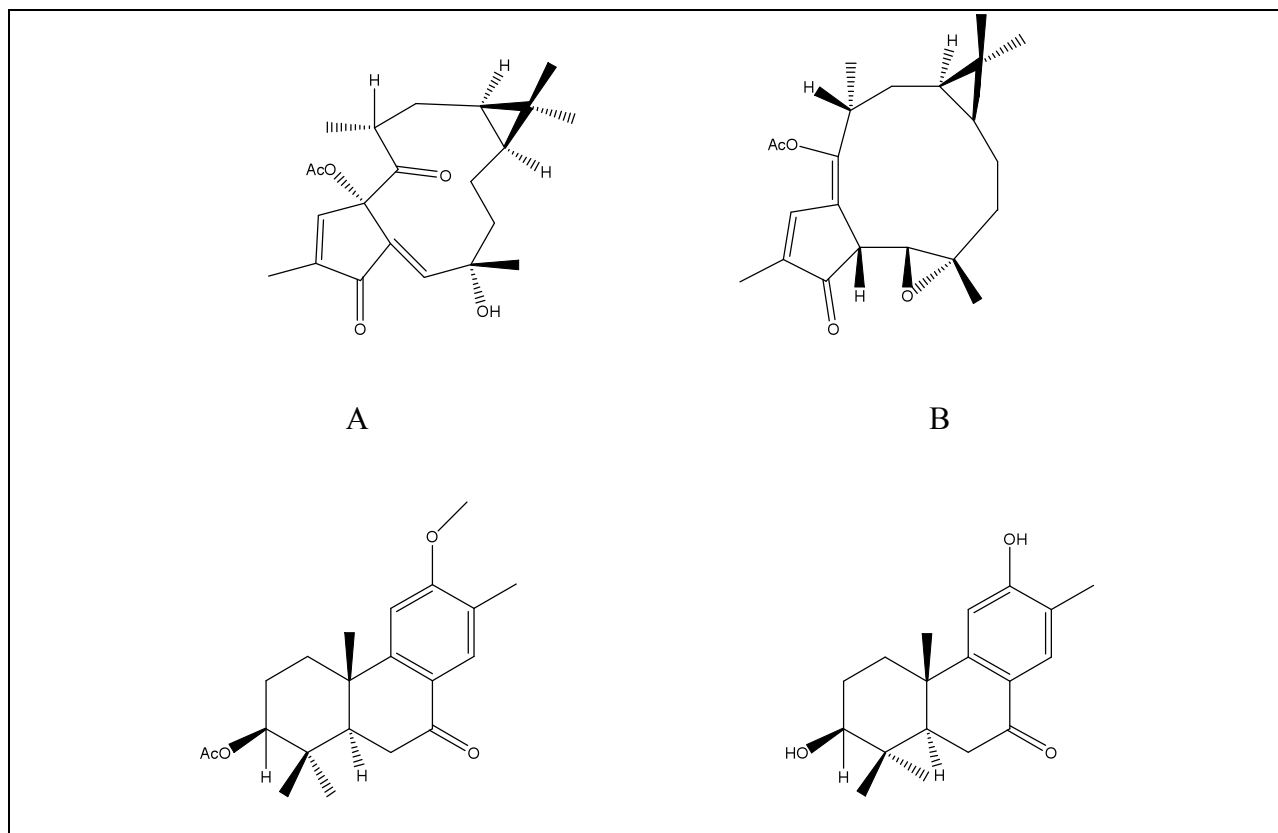


Figura 23. Latiranos y podocarpanos de *Jatropha curcas*

Tallo: Se han aislado tres desoxipresumerinas, la primera caracterizada como un compuesto conocido (Figura 24) y denominado Palmarumicina CP1 (Krohn *et al.*, 1994a); los otros dos son nuevos compuestos los cuales se nombraron como Palmarumicina JC1 y JC2 (Figura 25 y 26). Los tres componentes exhibieron actividad antibacteriana significativa contra *S. aureus* (Raavindranath *et al.*, 2004).

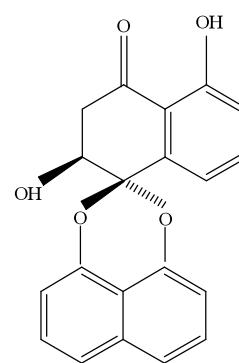
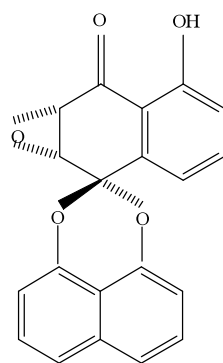
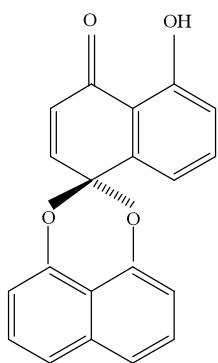


Figura 24. Palmarumicina CP1 **Figura 25.** Palmarumicina JC1 **Figura 26.** Palmarumicina JC2

Extracto de etanol, metanol, y acuoso de la corteza, exhibieron *in vitro* actividad antimicrobiana en un rango de zona de 5 a 12, 8 a 20 y 0 a 8 mm para los extractos del etanol, metanol y agua respectivamente. La actividad bactericida mínima para diversas bacterias fue entre 2.0 y 12.50 mg/mL para el de etanol y de 2.0 y 20 mg/mL para el de metanol. El extracto acuoso no fue activo contra ningún organismo en la concentración de 10 mg/mL que fue la más alta probada. El extracto del metanol fue el más activo, lo cual se puede atribuir a la presencia de compuestos fenólicos y polifenólicos solubles (Kowalski y Kedzia, 2007). Todos los extractos

fueron activos contra las especies fungicidas en una concentración de 10 mg/mL. Las zonas de inhibición exhibidas por los extractos contra las especies fungicidas fueron entre 15 y 18, 15 y 20 y 5 y 10 mm para los extractos del etanol, del metanol y del agua respectivamente. La investigación fitoquímica reveló la presencia de saponinas, de esteroides, de taninos, de glucósidos, de alcaloides y de flavonoides en los extractos (Tabla 2). La capacidad de los extractos del tallo de *J. curcas* de inhibir el crecimiento de bacterias y de hongos es una indicación de su potencial antimicrobiano de amplio espectro que se puede emplear en el manejo de infecciones microbianas (Igbinsosa *et al.*, 2009).

Semilla: En un estudio fitoquímico llevado en a cabo en semillas provenientes de tres regiones del Estado de Veracruz (Castillo de Teayo, Pueblillo y Coatzacoalcos), y una en Morelos (Yautepec), se obtuvieron los siguientes resultados (Martínez-Herrera, *et al*, 2006):

1. Proteína cruda (PC) 31-34.5%, Los niveles de aminoácidos esenciales, excepto lisina, fueron más altos que los que tiene por la FAO/WHO como referencia de proteína para un niño de 5 años.
2. El contenido de almidón y azúcares totales fueron por debajo del 6 %.
3. Lípidos 55-58%, los ácidos grasos encontrados son: ácido oleico, linoleico, palmítico, esteárico (Tabla 2), así como los ácidos *cis*-11 eicosanoico y *cis*-11,14 eicosanodioico. Esteres de forbol se encontraron en altas concentraciones en una muestra de Coatzacoalcos pero no en las otras regiones.
4. También se encontraron antinutrientes, como son: inhibidor de tripsina, fitatos, saponinas y lecitinas (curcina). Se han llevado a diversos tratamientos para neutralizar la mayoría de dichos antinutrientes.

Por otra parte, se puede producir biodiesel a partir del aceite de las semillas, el cual pasa por un proceso de esterificación (pretratamiento) y posteriormente una transesterificación y así obtener un combustible renovable, biodegradable y no tóxico. Los rendimientos reportados son superiores al 98 % con propiedades comparables al diesel de acuerdo a los estándares Americanos y Europeos (Foidl *et al.*, 1996; Francis *et al.*, 2005).

En la India se han hecho estudios en el desarrollo de la semilla con respecto a su fenología, el contenido de aceite, el perfil de lípidos y la concentración de esteroides. Las semillas se colectaron por etapas empezando una semana después de fertilizar, en intervalos de 5 días. Las semillas se clasificaron por etapas de la I hasta VII. El estudio mostró la variación de ácidos grasos libres (FFA sus siglas en inglés), ésteres de glicerol (TAG), ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME sus siglas en inglés) en las diferentes etapas. Este estudio podría ayudar a comprender las vías de biosíntesis de los lípidos y la mejora genética de *J. curcas* L (Sanjay *et al.*, 2008).

Schistosoma es un género de platelmintos que causa una de las infecciones más importantes entre todos los gusanos planos. Las especies de este género tienen a un molusco como vector; los caracoles *Oncomelania hupensis* y *Biomphalaria glabrata* son vectores de *Schistosoma japonicum* y *S. mansoni*. Extractos de semilla mostraron actividad biológica contra ambos vectores, siendo *O. hupensis* el caracol más sensible. Esta actividad antimolusca es asociada con los ésteres de forbol extraídos del aceite de la semilla. El éster de forbol puro ensayado fue 4 β -13-decanoato aniquilo ambos vectores (Liu, S. *et al.*, 1997).

Un estudio en el desarrollo de la secuencia de los signos clínicos y lesiones en los órganos de ovejas de desierto y cabras de Nubian cuando se les suministro dosis de semilla de

0.05, 0.5 y 1.0 g/kg por día. Los principales signos de envenenamiento que presentaron fue diarrea, reducción de consumo de agua, deshidratación, ojos hundidos e inapetencia. Su patología principal fue hemorragia en el estomago, retículo, pulmón, riñón y corazón, enteritis hemorrágica, cambio graso hepático, congestión pulmonar y edema, y fluido color pajizo en cavidades serosas. En suero se detectaron un incremento en la concentración de aspartato aminotransferasa, amoniaco, K y Na; un decrecimiento en proteínas totales y Ca. Los cambios hematológicos fueron hemoconcentración y leucocitosis (Ahmed, 1995). Solo en México existen variedades denominadas como “no tóxicas” pues no presentan los ésteres de forbol responsables de la toxicidad, siendo posible su empleo en la alimentación humana y/o animal (Martínez *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2006).

Látex: Es utilizado como coagulante y anticoagulante, ya que reduce significativamente el tiempo de coagulación en sangre humana, y diluido prolonga el tiempo de coagulación; en altas diluciones no ocurre coagulación. Del látex se aisló un ciclo octapéptido, el cual fue nombrado curcacliclina A (Tabla 2), constituido por una treonina, una valina, dos glicinas, y 4 residuos de leucinas. Su secuencia es Gli1-Leu2-Leu3-Gli4-Tre5-Val6-Leu7-Leu8-Gli1 (Van Den *et al.*, 1995).

Fruto: Diferentes extractos de la fruta se han administrado vía oral por varios periodos de tiempo a ratas preñadas para determinar su efecto regulatorio de fertilidad. La resorción fetal fue observada con el metanol, el éter de petróleo y los extractos del diclorometano indicando las características abortivas de la fruta. Los resultados también sugieren que la interrupción del embarazo ocurre en un primer periodo después de la implantación. Este efecto podría ser observado incluso cuando los extractos fueron dados a partir del 6to a 8vo día de embarazo. La pérdida de peso corporal durante el período de dosificación, extendiéndose de leve a severo fue

considerada en los animales tratados. La marcada toxicidad con algunos extractos fue observado aun cuando fueron dados sobre un comparativamente largo periodo de cerca de 10 días (Goonasekera *et al.* 1995).

Al utilizar una combinación con cascarilla de fruta y estiércol de ganado en varias proporciones para la obtención de biogás, se obtuvo una máxima producción en la proporción de 2:1 de estiércol y cascarilla de la fruta obteniéndose 403.84 L/kg de materia seca seguida por 3:1, 1:2, 1:1 y 1:3 teniendo 329.66, 219.77, 217.79, 203.64 L /kg dm respectivamente con respecto a 178.49 L/kg dm de estiércol de ganado. La cascarilla de fruta solo produjo el 91% de biogás total que se obtuvo del estiércol de ganado. Esto demuestra que la mezcla de estos dos materiales en diferentes proporciones realzaron la producción del gas utilizando más de los substratos complejos que cuando se utilizaban solos. El efecto puede ser debido a la acción sinérgica de una variedad de especies bacterianas celulolíticas e hidrolíticas en la subdivisión de las materias primas (Dhanya *et al.*, 2009).

Tabla 2. Compuestos reportados de los órganos de *Jatropha curcas* L.

Órganos	Composición	Autor
Raíz	5 α -Estigmastano-3,6-diona, Nobiletina, β -sitosterol, Taraxerol, 5-Hidroxi-6,7-dimetoxi-coumarina, 6-metoxi-7-hidroxi-coumarina, Jatrololona A, Jatrololona B, 3-hidroxi-4-metoxi-benzaldehido, ácido 3-metoxi-4-hidroxi-benzoico, Daucosterol, Caniojano, 2S-monoglicerido del ácido tetracosanoico (Figura 27)	Ling-yi <i>et al.</i> , (1996)
Tallo	Saponinas, esteroides, taninos, glucósidos, alcaloides y flavonoides.	Igbinosa <i>et al.</i> , 2009
Hoja	α -amirina, estigmasterol, campesterol, β -sitosterol, vitexina, isovitexina, 1-triacontanol, Daucosterol,	Huffor <i>et al.</i> (1978) Morton (1981)

Fruto		
Semilla	<p>Monosacaridos y disacáridos: sacarosa, glucosa, fructosa y galactosa.</p> <p>Aceites: ácido oleico, linoleico, araquidonico, miristico, palmítico y estearico</p>	Huffor <i>et al</i> , (1978)
Látex	Curcaciolina A y B. Curcina A y B, esterres de forbol,	Van Den <i>et al.</i> , 1995

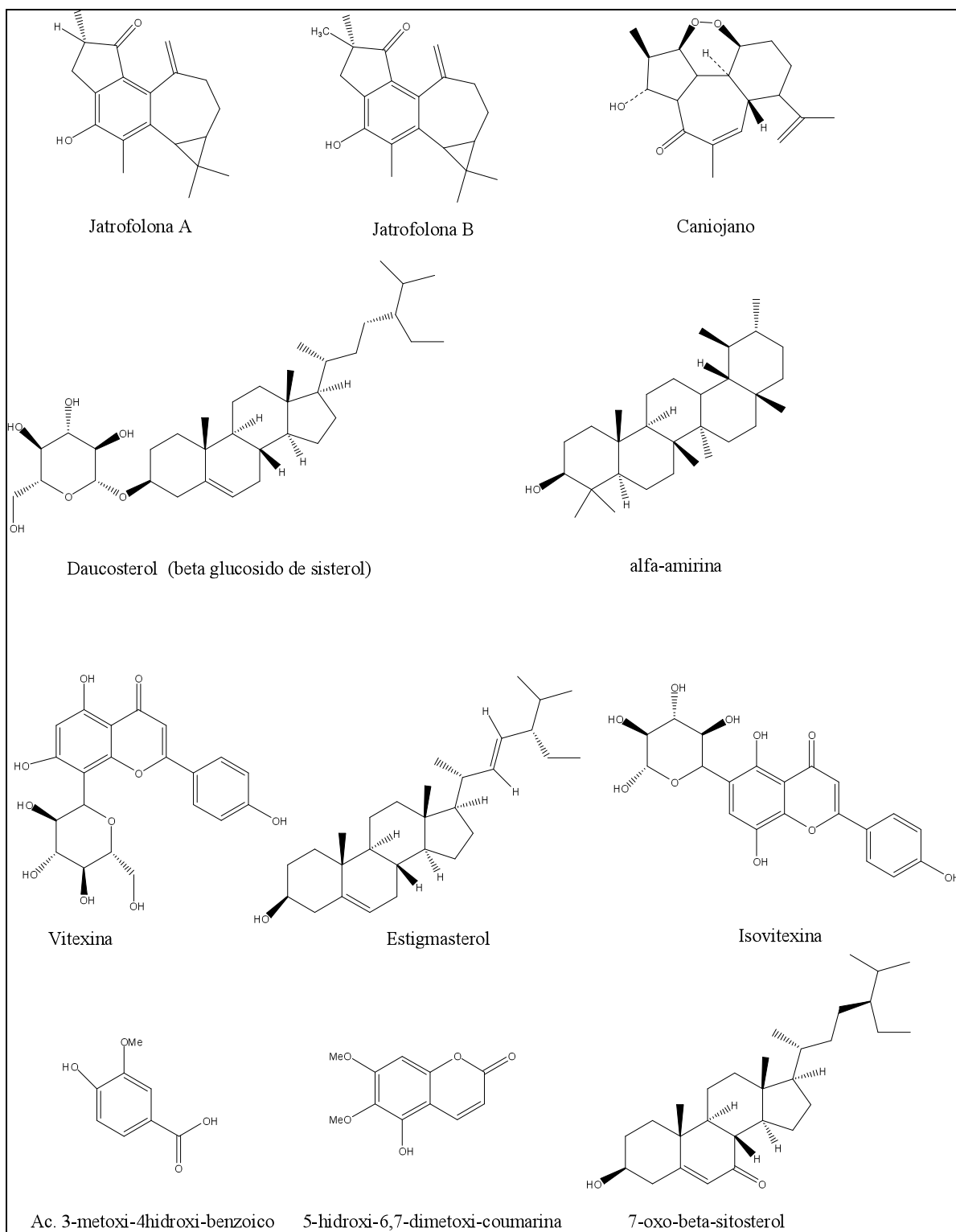


Figura 27. Estructuras de algunos compuestos extraídos de algunos órganos

2.5 Diabetes y plantas medicinales

La diabetes es un síndrome metabólico del sistema endócrino. Se caracteriza por hiperglucemia, consecuencia de defecto en la secreción y/o en la acción de la insulina. La hiperglucemia crónica se asocia en el largo plazo daño, disfunción e insuficiencia de diferentes órganos especialmente de ojos, riñones nervios, corazón y vasos sanguíneos (Arteaga A. *et al.*, 1997).

Su etiología es origen desconocido pero existen factores de riesgo entre ellos: genética, se han identificado genes de susceptibilidad en las formas comunes de diabetes de tipo 2; origen fetal, una nutrición pobre del feto aumenta el riesgo y la sobre nutrición agrava la situación; la obesidad afecta a todas las edades y está asociada a la resistencia a la insulina; el estrés, estudios en animales sugieren una relación entre el estrés y la resistencia a la insulina y la predisposición a desarrollar diabetes tipo 2 ; algunos virus, de la hepatitis, parotiditis entre otros.

La Asociación Americana de Diabetes (ADA) propuso en 1997 una clasificación que incluyen 4 categorías de pacientes y un 5º grupo que tienen glucemias anormales con alto riesgo de desarrollar diabetes.

1.- Diabetes mellitus tipo 1: Se caracteriza por una destrucción de las células beta pancreáticas, deficiencia absoluta de insulina por lo tienen necesidad de tratamiento con insulina para vivir (insulinodependiente).

2.- Diabetes mellitus tipo 2: Se caracteriza por insulino-resistencia y deficiencia (no absoluta) de insulina. Es un grupo heterogéneo de pacientes, la mayoría obesos, con fuerte predisposición genética no bien definida. Responden a una dieta e hipoglucemiantes orales.

3.- Otros tipos específicos de diabetes: Incluyen pacientes con defectos genéticos en la función de la célula beta (MODY), asociadas a enfermedades (rubeola congénita, síndrome de Down etc.) o a fármacos (corticoides, ácido nicotínico).

4.- Diabetes gestacional: Se caracteriza por hiperglucemia, que aparece en el curso del embarazo. La diabetes puede o no persistir después del parto.

5.- Prediabetes: Alteración metabólica intermedia entre la normalidad y la diabetes.

La diabetes se ha convertido en una importante causa de morbilidad y mortalidad en las Américas, al igual que en el resto del mundo; se calcula que las personas con diabetes pasaran de los 13 a 33 millones para 2030. El aumento será aun más marcado en América Latina y el Caribe, en donde la mayoría de las naciones se consideran países en vías de desarrollo (Torres-Barceló, 2009).

En México, desde el año 2000 la diabetes mellitus ha sido la primera causa de la muerte. Actualmente ocupa el noveno lugar en el mundo con 6.1 millones de diabéticos. Para el 2025 la IDF (Federación Internacional de Diabetes) estima que contara con 10.8 millones de personas ocupando el sexto lugar a nivel mundial (ucs@profeco.gob.mx).

A pesar de que existe en el mercado un número considerable de medicamentos para el control de la enfermedad, un amplio sector de la población muchas veces no puede hacer uso de ellos en virtud de su precaria situación económica, viéndose así en la necesidad de recurrir a la naturaleza a través del uso de plantas que se han considerado desde tiempos muy remotos como una fuente económica o gratuita de medicamentos útiles para tratar esta enfermedad (Hernández-Callejas 2006).

El estudio de las plantas medicinales es uno de los temas de mayor importancia para la humanidad. De acuerdo con la Organización Mundial para la Salud de las Naciones Unidas, más de 3300 millones de personas en naciones en vías de desarrollo utilizan plantas medicinales en forma regular, por otra parte, más de la mitad de los medicamentos que usa la medicina moderna proviene de las plantas (Hernández-Callejas 2006) .

Las plantas con propiedades hipoglucemiantes pueden aportar una fuente útil de nuevos compuestos orales, ya sea como fármacos o como coadyuvantes de las terapias existentes. Otra razón para estudiar el uso de tales plantas es validar científicamente su uso, lo cual podría contribuir a disminuir el costo del cuidado de la salud de los pacientes (Isaza, G. *et al* 2006).

En México se tienen registradas 269 especies que se utilizan empíricamente para el control de la diabetes, 80 de la cuales ya han sido estudiadas, demostrándose que la mitad de ellas poseen efectos hipoglucémicos. Las conocidas son: tronadora, sauco amarillo (*Tecoma stans*) y una especie de nopal (*Opuntia streptacantha*) son las más comunes utilizadas en nuestro país (Hernández-Callejas 2006).

Dado el uso de plantas medicinales empíricamente como hipoglucemiantes, es necesario validarlas mediante la investigación de sus efectos, aislar sus principios activos, realizar pruebas de toxicidad aguda y crónica en animales para finalmente llevar a cabo estudios clínicos en humanos (Isaza G. *et al* 2006).

En esfuerzos por comprender mejor la enfermedad y buscar soluciones se han desarrollado diversos modelos experimentales, que van desde nivel subcelular, así como líneas celulares humanas y de otras especies; órganos aislados de animales sanos para estudios *in vitro* bajo un ambiente fisiopatológico parecido al diabético, órganos provenientes de animales

diabéticos y animales íntegros con diabetes inducida por diferentes métodos (Fernández *et al*, 2007).

Es de importancia señalar que los modelos de animales íntegros siguen vigentes porque permiten evaluar al individuo completo, mientras que las preparaciones de órganos aislados *in vitro* y las líneas celulares tienen información valiosa pero limitada, por lo que es necesaria la integración de la información de varios modelos. Los resultados *in vitro* a nivel celular arrojan resultados alentadores pero al probarlos en animales íntegros no siempre hay una correlación directa (Fernández *et al*, 2007).

En la revisión bibliográfica no se encontraron estudios previos sobre el efecto hipoglucemiante del tallo de *Jatropha curcas* L., aunque pocos artículos mencionan este uso, la parte utilizada son las hojas.

CAPITULO III. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Capítulo III Desarrollo experimental

3.1 Recolecta y Determinación taxonómica

La recolecta del material vegetal se llevó a cabo en su hábitat natural efectuándose en forma aleatoria en dos periodos en las siguientes localidades:

- a. Enero del 2009: Poblado de Palo Seco, Municipio de Tapachula de Córdova y Ordoñez del Estado de Chiapas. Su altitud es 59 m, y sus coordenadas geográficas $14^{\circ}48'50.60''$ Latitud Norte y $92^{\circ}18'0.33''$ Longitud Oeste (Figura 28).
- b. Abril del 2007: poblado de Minzapan, Municipio de Pajapan del Estado de Veracruz en. Su altitud es de 20 m. y sus coordenadas geográficas son $18^{\circ}8'0''$ Latitud Norte y $94^{\circ}43'0''$ Longitud Oeste (figura 29).



Figura 28. Estado de Chiapas

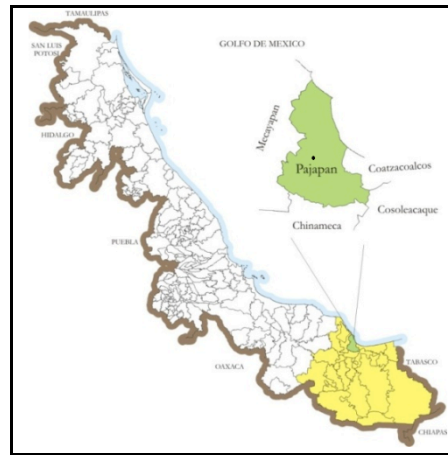


Figura 29. Estado de Veracruz

Debido a que *J. curcas* es un arbusto, la parte aérea estudiada fueron los tallos, los cuales se cortaron primero en forma transversal para tener pedazos más cortos, posteriormente en forma longitudinal de 2 a 3 partes dependiendo del grosor del tallos, ya que contienen una gran cantidad de humedad y de esa manera pudieran secarse con mayor rapidez, además de evitar contaminación por hongos, ya que tenían que transportarse en bolsas de papel y cajas de cartón.

La determinación taxonómica la realizó el Dr. José Delgadillo Rodríguez catedrático de la Universidad Autónoma de Baja California, campus Ensenada.

3.2. Secado y maceración del material

Por el gran contenido de humedad el secado se llevó a cabo al sol por 10 días en el lugar de la colecta. El diámetro de los tallos fue variado y por su dureza se tuvieron que cortar y así poder triturar el material en una licuadora Oster modelo 465-42. La cantidad de material de la planta proveniente del Estado de Veracruz fue de 500 g y la de Chiapas fue de 300 g (Figura 30).



Figura 30. *Jatropha curcas* triturada

3.3 Generación de extractos

Para la obtención de los extractos se montaron 4 equipos de extracción Soxhlet, conteniendo cada uno de 75-80 g de material seco envuelto en toallas de papel absorbente y 300 mL de disolvente (figura 31). Los extractos de los tallos pulverizados fueron extraídos secuencialmente en el aparato Soxhlet utilizando disolventes de distinto grado de polaridad, *n*-hexano, diclorometano, acetato de etilo y butanol para la muestra de Veracruz, y metanol para la muestra de Chiapas.



Figura 31. Sistema de extracción Soxhlet

Los disolventes fueron eliminados a sequedad a presión reducida utilizando un rota evaporador BÜCHI, modelo R-215 (Figura 32), a temperatura de 40°C y a 80-120 rpm, excepto los disolventes alcohólicos cuya temperatura fue de 60°C.



Figura 32. Eliminación del disolvente

Los extractos generados fueron sometidos a liofilización durante 48 h a una temperatura de -50°C (Figura 33)



Figura 33. Liofilización de los extractos

Extracto Acuoso

Se obtuvo el extracto acuoso del material de Veracruz empleándose la siguiente técnica:

- 1.- A 100 g de material seco y triturado se le agregó 2 L de agua destilada.
- 2.- Se calentó a 70°C durante 30 min manteniendo el conjunto en agitación constante.
- 3.- Se filtró y se hicieron dos lavados con 100 mL (Figura 34).
- 4.- Se reunieron las disoluciones y se concentró con un rotaevaporador a presión reducida, a una temperatura entre 60 y 70°C.
- 5.- El extracto obtenido no requirió liofilización.

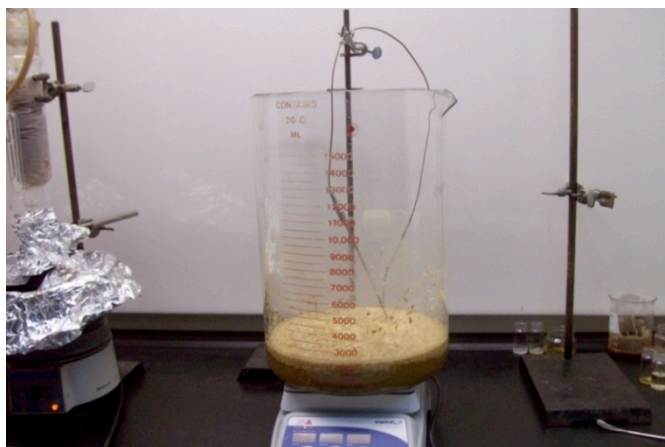


Figura 34. Obtención del extracto acuoso

3.4 Identificación preliminar de metabolitos por cromatogramas de capa fina

Para la identificación preliminar de grupos químicos presentes en cada uno de los extractos que se obtuvieron se utilizó la técnica de cromatografía de capa fina (CCF).

Se utilizaron placas de gel de sílice, como fase estacionaria, y como fase móvil, diferentes mezclas de disolventes según el extracto. Para el extracto hexano se utilizó como eluyente hexano/AcOEt al 30%, para los extractos diclorometano y de acetato de etilo hexano/éter al 50%, y finalmente para los extractos de Butanol y metanol Hex/CHCl₃/MeOH en una proporción 3:5:2.

Se utilizaron las siguientes soluciones químicas reveladoras: vainillina para la identificación de terpenoides, reactivo de Dragendorff para alcaloides, solución de sulfato de cobre-citrato de sodio para la identificación de compuestos fenólicos y solución de fenol-ácido sulfúrico para identificar azúcares, así como mediante el uso de radiación ultravioleta.

Cuantificación de Polifenoles

Se cuantificaron compuestos polifenólicos de los extractos de acetato de etilo, butanólico y acuoso de la muestra proveniente del Estado de Veracruz. De los extractos de Chiapas se analizaron los de acetato de etilo y el metanólico.

Este estudio fue realizado por espectrofotometría, basada en una reacción colorimétrica de óxido-reducción. El agente oxidante utilizado fue el reactivo de Folin-Ciocalteu.

Se diseñó una curva de calibración utilizando una solución estándar de ácido gálico (0.1mg/mL) utilizando volúmenes de 20 µL hasta llegar a los 160 µL aforando cada uno de ellos a 500 µL con agua destilada.

Para la muestra se pesó 5 mg disolviéndose en 1 mL de agua destilada para el extracto acuoso, y 1 mL de metanol para el extracto metanólico, butanólico, y de acetato de etilo,

posteriormente se diluyó 1:10 en agua destilada y de ésta solución se tomaron 100 μL para después completar 500 μL con agua destilada.

A cada uno de los estándares y muestras preparadas se le adicionó 250 μL de reactivo de Folin-Ciocalteu 1N y se sonificó por 5 minutos. Posteriormente se adicionaron 1250 μL de Na_2CO_3 al 20% y se dejó reposar durante 2 horas. La absorbancia fue medida a 760 nm. Los resultados fueron expresados en mg de ácido gálico por g de extracto (mgGA/g extracto).

3.5 Identificación de metabolitos secundarios por cromatografía de gases-espectrometría de masas (CG-EM)

Los diferentes extractos se analizaron por cromatografía de gases-espectrometría de masas, utilizando un cromatógrafo de gases Agilent 7890A equipado con una columna capilar HP-5MS de 30 m X 0.25 mm X 0.25 μm y como detector un espectrómetro de masas serie 5975C. Para tal propósito se siguió un programa de temperaturas que inicia a 35 $^{\circ}\text{C}$, permaneciendo 2 min a esta temperatura y luego incrementándose 35 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta 100 $^{\circ}\text{C}$; finalmente la temperatura se incrementa 12 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta 320 $^{\circ}\text{C}$ y se queda 5 min en este punto. Se utilizó un flujo de helio de 1 mL/min.

La identidad de cada metabolito secundario se estableció por comparación de los espectros de masas obtenidos experimentalmente con los del archivo de espectros de masas NIST98. El procedimiento de búsqueda en los archivos utiliza el algoritmo PBM (basado en probabilidad) desarrollado por el Profesor Fred McLafferty y colaboradores en la Universidad de Cornell. En esta búsqueda se identifica a aquellos espectros del archivo que tienen mayor semejanza con el espectro desconocido, verificándose que los principales picos del espectro de

referencia se encuentren en el espectro de masas desconocido. La semejanza espectral se mide por una cantidad llamada calidad de comparación y se representa por la letra Q, cuyos valores oscilan de 0-100. Se considera que valores de Q de 80 a 100 se asocian a una comparación casi perfecta y podemos tener la confianza de que se ha confirmado la identidad del compuesto desconocido por la semejanza del espectro de referencia con el espectro experimental.

El análisis semicuantitativo se realizó integrando los cromatogramas obtenidos en la cromatografía de gases de cada extracto por determinación de la composición porcentual de cada componente.

3.6 Actividad hipoglucemiante

Materiales

El extracto acuoso proveniente del Estado de Veracruz se utilizó para hacer bioensayos preliminares para establecer si poseen propiedades hipoglucemiantes, ya que las personas que utilizan estas plantas con la finalidad de controlar o disminuir los niveles de glucosa, lo hacen en forma de infusión o té, de ahí que el extracto acuoso sea el más conveniente.

Los animales utilizados en la experimentación fueron ratones de ambos sexos provenientes del bioterio Claude Bernard de la Universidad Autónoma de Puebla (UAP) de la cepa NIHCD1 con un peso promedio de 28 gramos y con 3 meses de edad.

Se determinó la glicemia mediante el sistema de tirillas reactivas para análisis de glucosa en sangre capilar, con un glucómetro marca Ascencia Elite.

Método

Se prepararon soluciones de extracto acuoso de concentración 0.05%, 0.5% y 0.7% y un control negativo, todos ellos por triplicado. Se emplearon 60 ratones normoglucémicos de ambos sexos y se distribuyeron en grupos de 5. Inicialmente se les midió el nivel de glucosa en un tiempo cero, los ratones tenían sus porciones normales de comida y agua, posteriormente se inocularon por vía intraperitoneal las dosis respectivas del extracto acuoso a cada grupo, para entonces los ratones permanecieron con agua pero sin alimento. Se obtuvieron muestras de sangre de la cola de los ratones y se les determinó los valores de glucosa en sangre por medio de tiras reactivas a las 2 y 4 horas después de la inoculación del extracto (Figura 35).



Figura 35. Determinación de glucosa mediante tirillas reactivas

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capítulo IV. Resultados y Discusión

4.1 Estudio fitoquímico

Tabla 3. Cantidades de los extractos de Veracruz

Extracto	Cantidad (g)
Hexano	4.2
Diclorometano	3.9
Acetato de etilo	2.4
Butanol	3.4
Acuoso	6.5

Tabla 4. Cantidades de los extractos de Chiapas

Extracto	Cantidad (g)
Hexano	2
Diclorometano	1.7
Acetato de etilo	1.2
Metanol	4.3



Figura 36. Extractos de *Jatropha curcas*

Resultados de las pruebas químicas para la identificación de metabolitos secundarios

Tabla 5. Metabolitos identificados en los extractos de Veracruz

Compuestos	Prueba	Extractos				
		n-Hex	DCM	AcOEt	BuOH	Acuoso
Alcaloides	Dragendorff	-	-	-	-	-
Terpenoides	Vainillina/ácido fosfórico	+	+	+	-	-
Compuestos fenólicos	Cloruro de aluminio/etanol	-	-	-	-	-
Azúcares	Fenol/ácido sulfúrico	-	-	+	+	+

Tabla 6. Metabolitos identificados en los extractos de Chiapas

Compuestos	Prueba	Extractos			
		n-Hex	DCM	AcOEt	MeOH
Alcaloides	Dragendorff	-	-	-	-
Terpenoides	Vainillina/ácido fosfórico	+	+	+	-
Compuestos fenólicos	Cloruro de aluminio/etanol	-	-	-	-
Azúcares	Fenol/ácido sulfúrico	-	-	+	+

El contenido total de fenoles se estimó como equivalentes de ácido gálico (EAG), expresados como mg de ácido gálico/g de extracto. Estos datos cuantitativos se calcularon con respecto a la curva de calibración realizada, la cual aparece en la figura 37. Los extractos evaluados fueron los de mayor polaridad (AcOEt, alcoholicos y acuoso), los resultados se muestran en la tabla 7. Las cantidades obtenidas no son significativas, sin embargo los extractos tenían baja solubilidad, aún cuando se probaron varios disolventes polares.

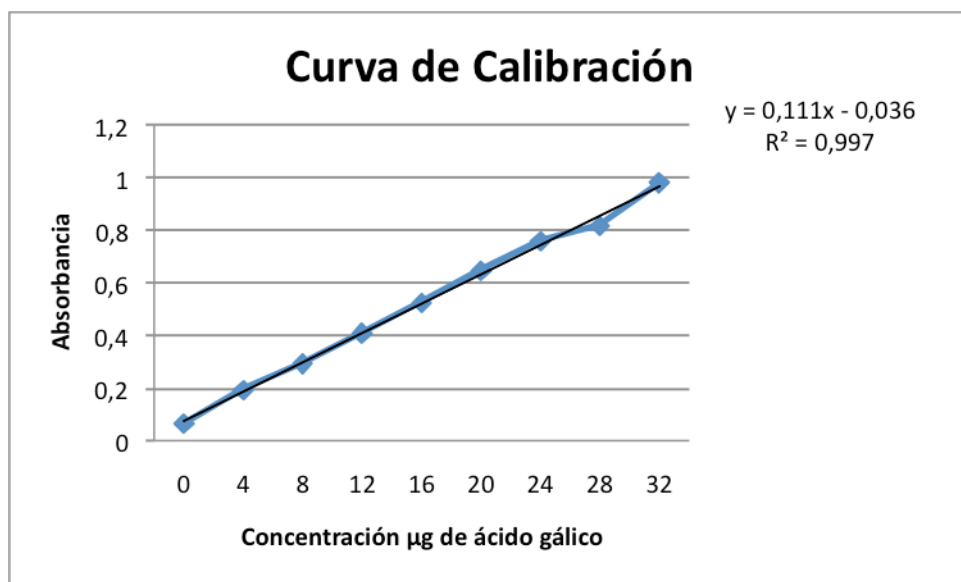


Figura 37. Curva de calibración utilizando ácido gálico

Tabla 7. Contenido de compuestos fenólicos en los extractos más polares de Chiapas y Veracruz

Veracruz	mg GA / g extracto	Chiapas	mg GA / g extracto
BuOH	45	MeOH	50.6
AcOEt	54.8	AcOEt	40.8
Acuoso	40.36	_____	

GA: Ácido gálico

Los resultados de la identificación de metabolitos secundarios por cromatografía de gases-espectrometría de masas (CG-EM) se muestran en las tablas 8, 9, 10 y 11.

Tabla 8. Extracto de Hexano

Tiempo de retención (min)	Nombre	Composición (%)* <i>Jatropha c. (Chis.)</i>	Composición (%)* <i>Jatropha c. (Ver.)</i>
8.38	β -bourboneno	0.22	0.05
8.41	Isovainillina	0.07	0.04
9.23	Germacreno-D	0.31	0.08
9.35	α -Gurgujeno	0.08	----
11.42	Ácido mirístico	0.33	0.28
12.29	Ácido pentadecanoico	0.39	1.29
12.87	Palmitato de metilo	0.49	0.60
13.21	Ácido palmítico	15.4	19.68
13.97	Ácido heptadecanoico (Margarico)	0.72	0.76
14.28	Ester metílico del ácido (9Z,12Z) octadienoico	2.16	0.84
14.59	Ácido linoleico	4.53	5.39
14.62	Ácido oleico	11.8	7.68
14.77	Ácido esteárico	5.24	5.21
22.12	Campesterol	1.02	0.72
22.37	Estigmasterol	1.72	1.69
22.90	β -sitosterol	20.1	17.98
23.35	β -amirina	2.89	3.18
23.75	Lupeol	3.45	3.92
24.19	Estigmast-4-eno-3-	3.11	2.73

	ona (Sitosterona)		
--	----------------------	--	--

Los resultados de esta tabla, muestran la identificación de productos naturales realizada con un cromatógrafo de gases acoplado a masas del extracto hexánico de las especies de *Jatropha curcas* de los estados de Veracruz y Chiapas. La información obtenida indica que la producción de metabolitos secundarios de estas plantas no presenta variaciones de tipo cualitativas sinificativas, quizás por la analogía climatológica y geográfica de los sitios de recolección. Todos los compuestos identificados son metabolitos de baja polaridad, correspondientes al tipo de la extracción realizada. Los compuestos son del perfil de ácidos grasos, terpénicos y algunos de la familia de esteroides relacionados éstos dos últimos por la secuencia de la ruta metabólica.

Tabla 9. Resultado de Extracto de Diclorometano

Tiempo de retención (min)	Componente	Composición (%) <i>Jatropha c.</i> (Chis.)	Composición (%) <i>Jatropha c.</i> (Ver)
5.11	Glicerol	1.49	0.44
7.67	4-Vinilguaiacol	0.13	0.34
8.41	Isovainillina	0.91	1.02
8.83	Fenol, 2-metoxi-5-propenil-, (E)-	0.38	0.57

10.52	Oxido de ledeno (II)	0.12	-----
10.70	Siringaldehido	0.29	0.11
13.17	Ácido palmítico	20.77	15.22
14.59	Ácido linoleico	16.01	12.2
14.64	Ácido linolenico	14.72	11.9
14.75	Ácido oleico	0.61	1.38
14.83	Sebacato de dibutilo	2.29	-----
22.23	1-Docoseno	2.49	2.53
22.85	β -sitosterol	4.83	4.59
23.33	β -amirina	1.68	3.00
23.77	Tremulona	5.12	4.28
24.17	Estigmast-4-eno-3-ona (Sitostenona)	3.83	2.01

Los resultados para el extracto de diclorometano, muestran también que no hay diferencias significativas en relación a los metabolitos identificados de ambas especies. Los principales productos encontrados son de la familia de los ácidos grasos, esteroides, sesquiterpenos como el óxido de ledeno, triterpenos como la beta-amirina y productos de fragmentación de triglicéridos con la glicerina.

El estudio analítico permitió determinar que los componentes mayoritarios de este extracto presentes en las dos plantas son los ácidos grasos tales como: palmítico, linoleico, linolenico y oleico. Cabe mencionar que los ácidos más hidrofóbicos como el esteárico, ya no se observan en los productos de esta extracción.

Tabla 10. Extracto de Acetato de Etilo

Tiempo de retención (min)	Componente	Composición (%) Jatropha c. (Chis.)	Composición (%) Jatropha c. (Ver)
5.60	Glicerol	23.1	34.6
5.97	Monoacetato de glicerol	15.6	13.9
6.76	Naftaleno	0.62	0.28
6.97	Trietilenglicol	22.8	2.5
8.26	Acetato de trietilenglicol monometil éter	0.40	2.70
9.26	Tetraetilenglicol	0.86	3.79
9.76	Ácido vainillínico	0.50	20.2
11.40	Alcohol coniferílico	1.72	7.29
17.29	O-metil-podocarpino	-----	2.17
22.84	β -sitosterol	2.10	2.10
23.33	β -amirina	0.76	0.64
23.76	Tremulona	1.48	1.20

En éste extracto se identifican un mayor número de productos polares relacionados con la hidrólisis de los triglicéridos: glicerina, monoacetato de glicerol y trietilenglicoles.

También se observan metabolitos que se biosintetizan en la ruta metabólica de los fenilpropanoides como el alcohol coniferílico y el ácido vainillínico. Realizando un monitoreo más exhaustivo podríamos encontrar algunos productos como el eugenol, estilbenceno y

coumarinas, ya que el alcohol coniferílico es un intermediario e la síntesis biológica de estos productos naturales.

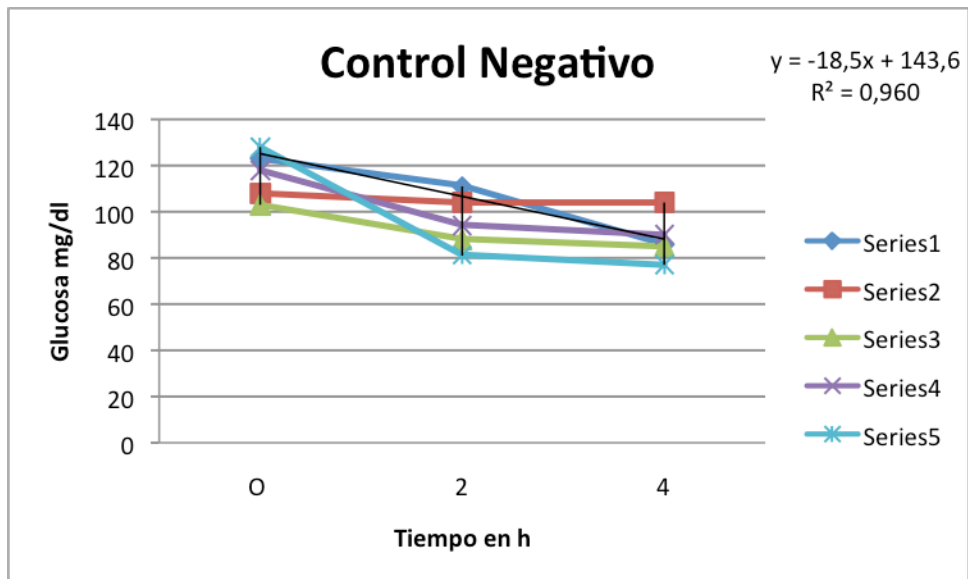
Tabla 11. Extracto metanólico

Tiempo de retención (min)	Componente	Composición (%) Jatropha c. (Chis.)	Composición (%) Jatropha c. (Ver)
6.36	2,3-dihidro-3.5-dihidroxi-4H-piran-4-ona		2.34
6.93	Trietilenglicol		1.74
7.67	<i>p</i> -vinilguiacol		0.58
8.41	Vainillina		1.50
8.63	2-[hidroximetil]-piperidin-2-ona		6.74
8.83	2-metoxi-5-(1-propenil--E)-fenol		0.32
9.24	Tetraetilenglicol		3.05
9.75	Ácido vainílico		0.85
10.42	5-[ciclohexilmetil]-pirrolidin-2-ona/ 5-oxo-L-prolina (ácido pidólico)		6.05
11.40	Alcohol coniferílico		5.35
11.74	Pentaetilenglicol		2.42
12.88	Palmitato de metilo		0.17
13.14	Acido palmítico		4.40
14.28	Ester metílico del ácido (9Z,12Z) octadienoico		0.18
14.54	Ácido linoleico		2.20

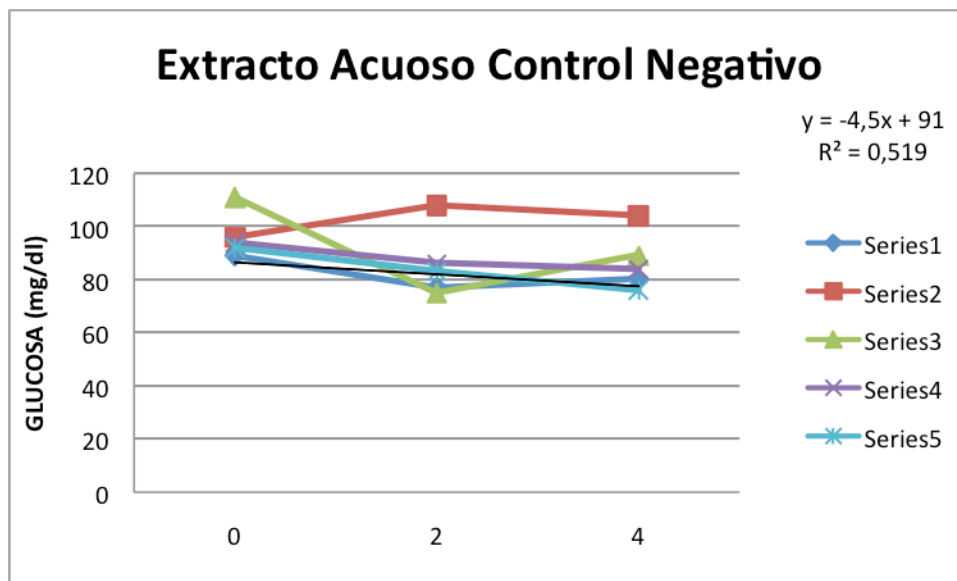
14.58	Ácido oleico		2.20
14.73	Ácido esteárico		0.77
14.93	Palmitato de butilo		2.30
17.25	2-monopalmitino (monoglicérido)		_____
18.43	2-monoleino (monoglicérido)		_____
22.84	β -sitosterol		1.26
23.33	β -amirina		0.81

4.2 Estudio preliminar de la actividad hipoglucemiante de Jc

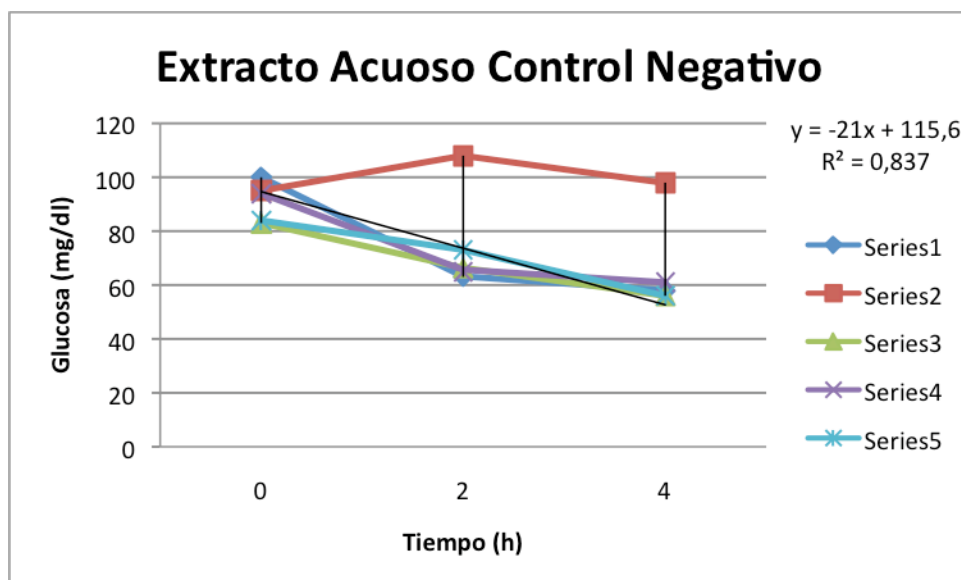
		TIEMPO (h)		
RATONES CONTROL NEGATIVO	NO. DE RATÓN	0	2	4
GLUCOSA (mg/dl)	1	123	111	86
	2	108	104	104
	3	103	88	85
	4	118	94	90
	5	128	81	77



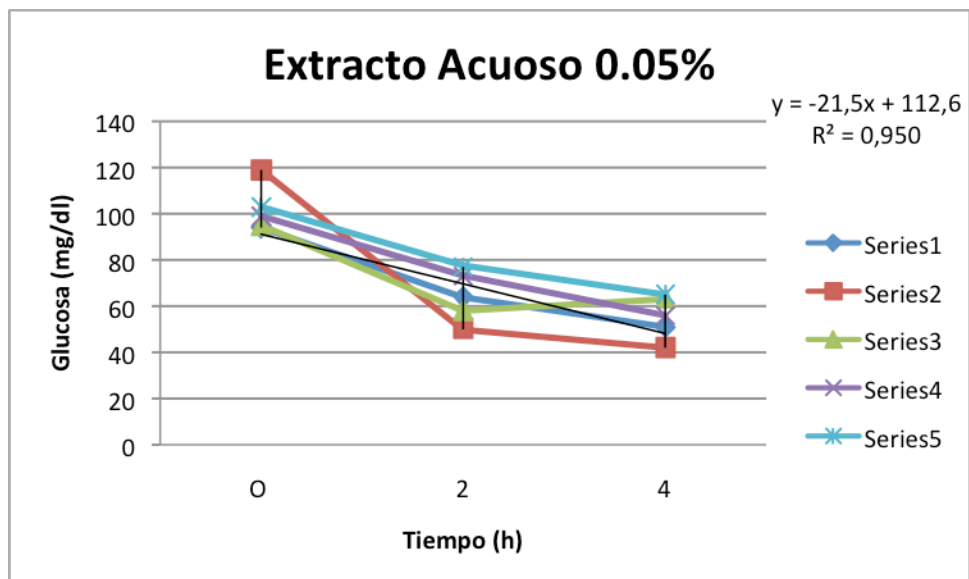
		TIEMPO (h)		
RATONES CONTROL NEGATIVO	NO. DE RATÓN	0	2	4
GLUCOSA (mg/dl)	1	89	77	80
	2	96	108	104
	3	111	75	89
	4	94	86	84
	5	92	83	76



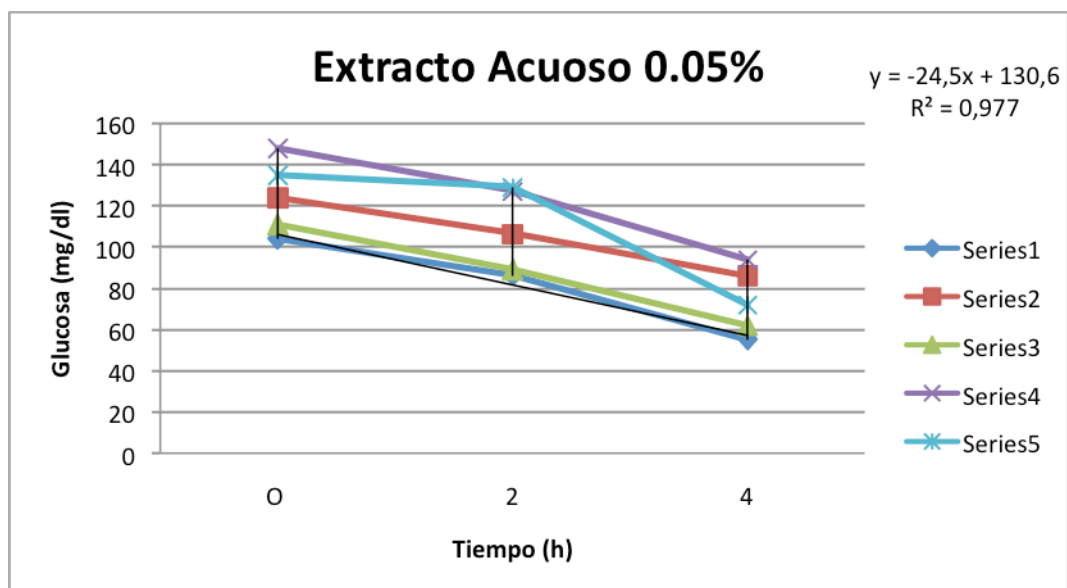
		TIEMPO (h)		
RATONES CONTROL NEGATIVO	NO. DE RATÓN	0	2	4
GLUCOSA (mg/dl)	1	100	63	58
	2	95	108	98
	3	83	66	56
	4	94	65	61
	5	84	73	56



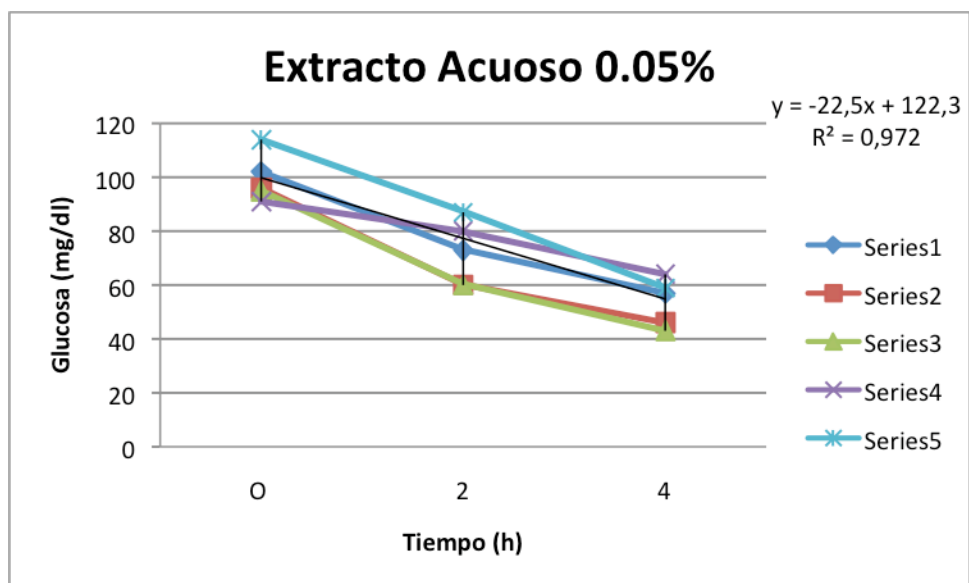
RATONES EXTO. ACUOSO 0.05%	NO. DE RATÓN	TIEMPO (h)		
		0	2	4
GLUCOSA (mg/dl)	1	94	64	51
	2	119	50	42
	3	95	58	63
	4	99	73	56
	5	103	77	65



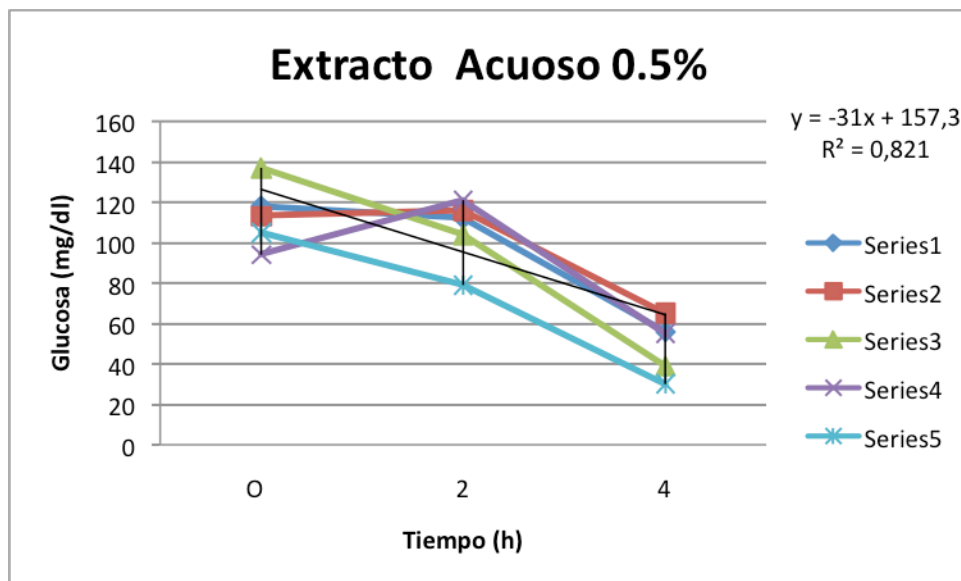
		TIEMPO (h)		
RATONES EXTO. ACUOSO 0.05%	NO. DE RATÓN	0	2	4
GLUCOSA (mg/dl)	1	104	86	55
	2	124	106	86
	3	111	89	62
	4	148	127	94
	5	135	129	72



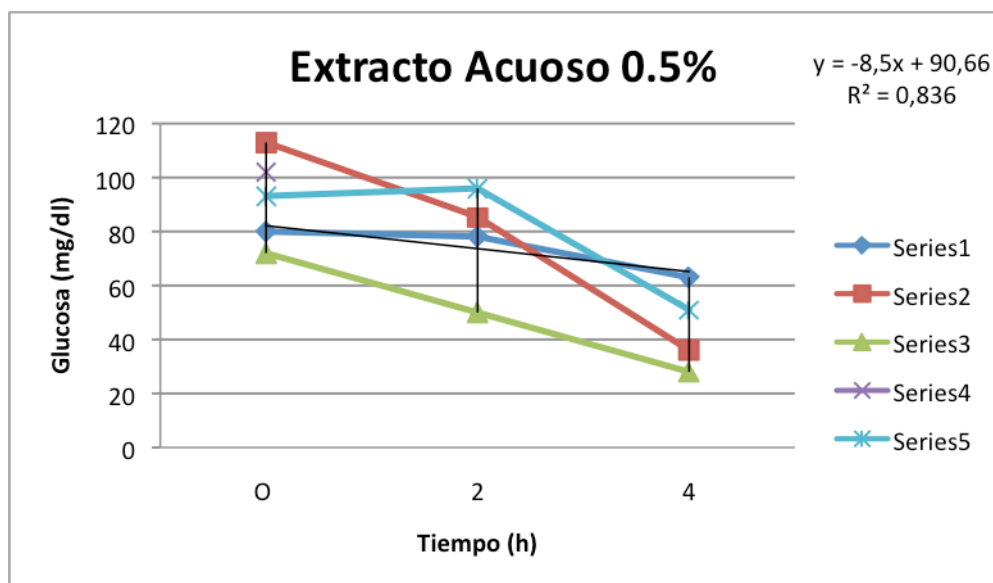
		TIEMPO (h)		
RATONES EXTO. ACUOSO 0.05%	NO. DE RATÓN	0	2	4
GLUCOSA (mg/dl)	1	102	73	57
	2	96	60	46
	3	95	60	43
	4	91	80	64
	5	114	87	59



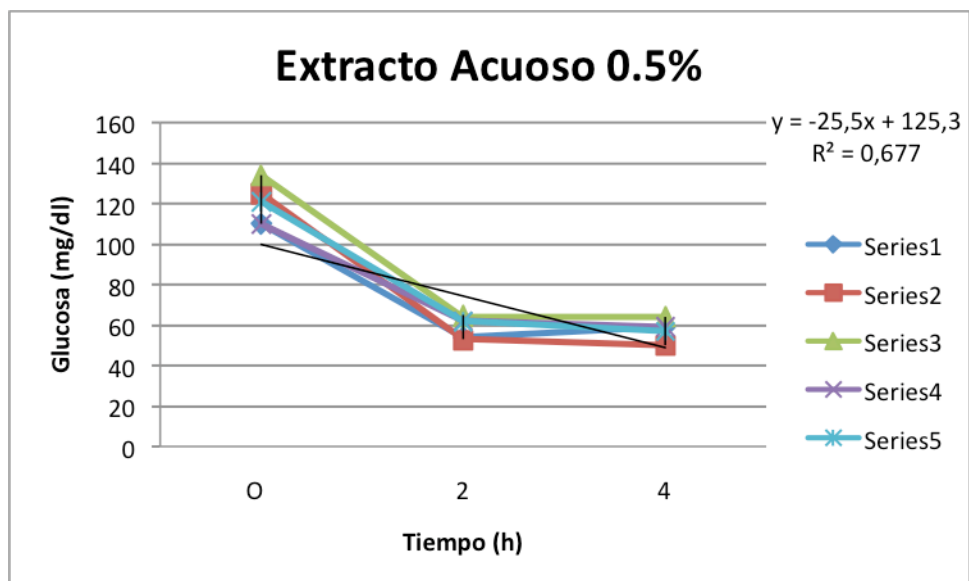
		TIEMPO (h)		
RATONES EXTO. ACUOSO 0.5%	NO. DE RATÓN	0	2	4
GLUCOSA (mg/dl)	1	118	112	56
	2	113	116	65
	3	137	104	39
	4	94	121	55
	5	105	79	30



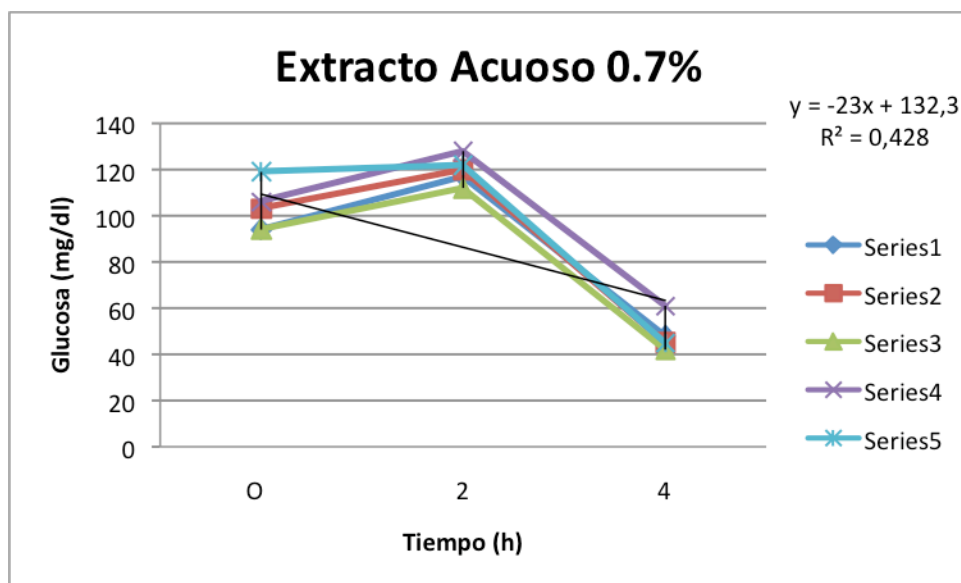
		TIEMPO (h)		
RATONES EXTO. ACUOSO 0.5%	NO. DE RATÓN	0	2	4
GLUCOSA (mg/dl)	1	80	78	63
	2	113	85	36
	3	72	50	28
	4	102	M	M
	5	93	96	51



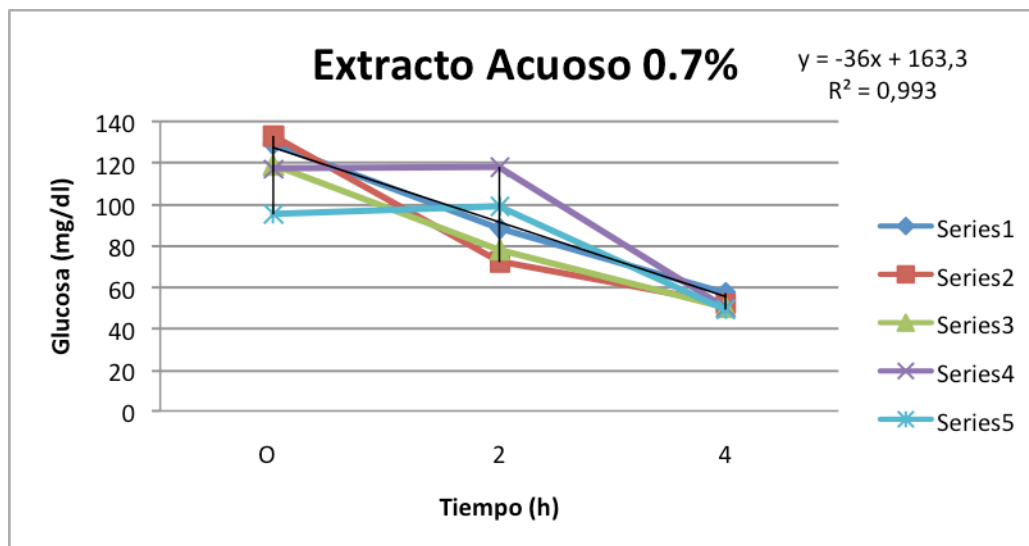
		TIEMPO (h)		
RATONES EXTO. ACUOSO 0.5%	NO. DE RATÓN	0	2	4
GLUCOSA (mg/dl)	1	110	54	59
	2	125	53	50
	3	134	65	64
	4	110	62	59
	5	121	62	57



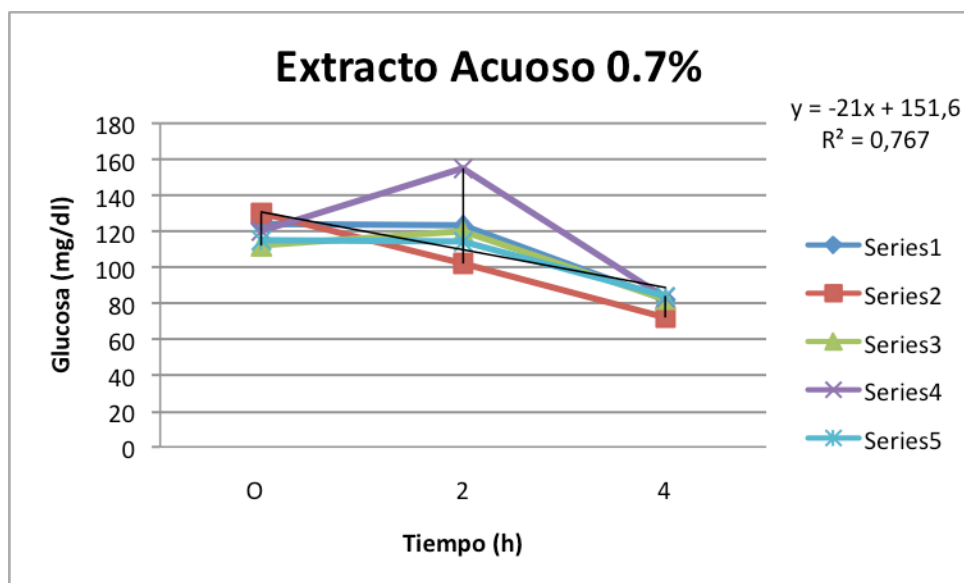
		TIEMPO (h)		
RATONES EXTO. ACUOSO 0.7%	NO. DE RATÓN	0	2	4
GLUCOSA (mg/dl)	1	94	117	48
	2	103	120	45
	3	94	112	42
	4	106	128	61
	5	119	122	45



		TIEMPO (h)		
RATONES EXTO. ACUOSO 0.7%	NO. DE RATÓN	0	2	4
GLUCOSA (mg/dl)	1	129	88	57
	2	133	72	52
	3	119	78	50
	4	117	118	50
	5	95	99	49



		TIEMPO (h)		
RATONES EXTO. ACUOSO 0.7%	NO. DE RATÓN	0	2	4
GLUCOSA (mg/dl)	1	124	123	82
	2	130	102	72
	3	112	120	82
	4	120	155	83
	5	115	114	84

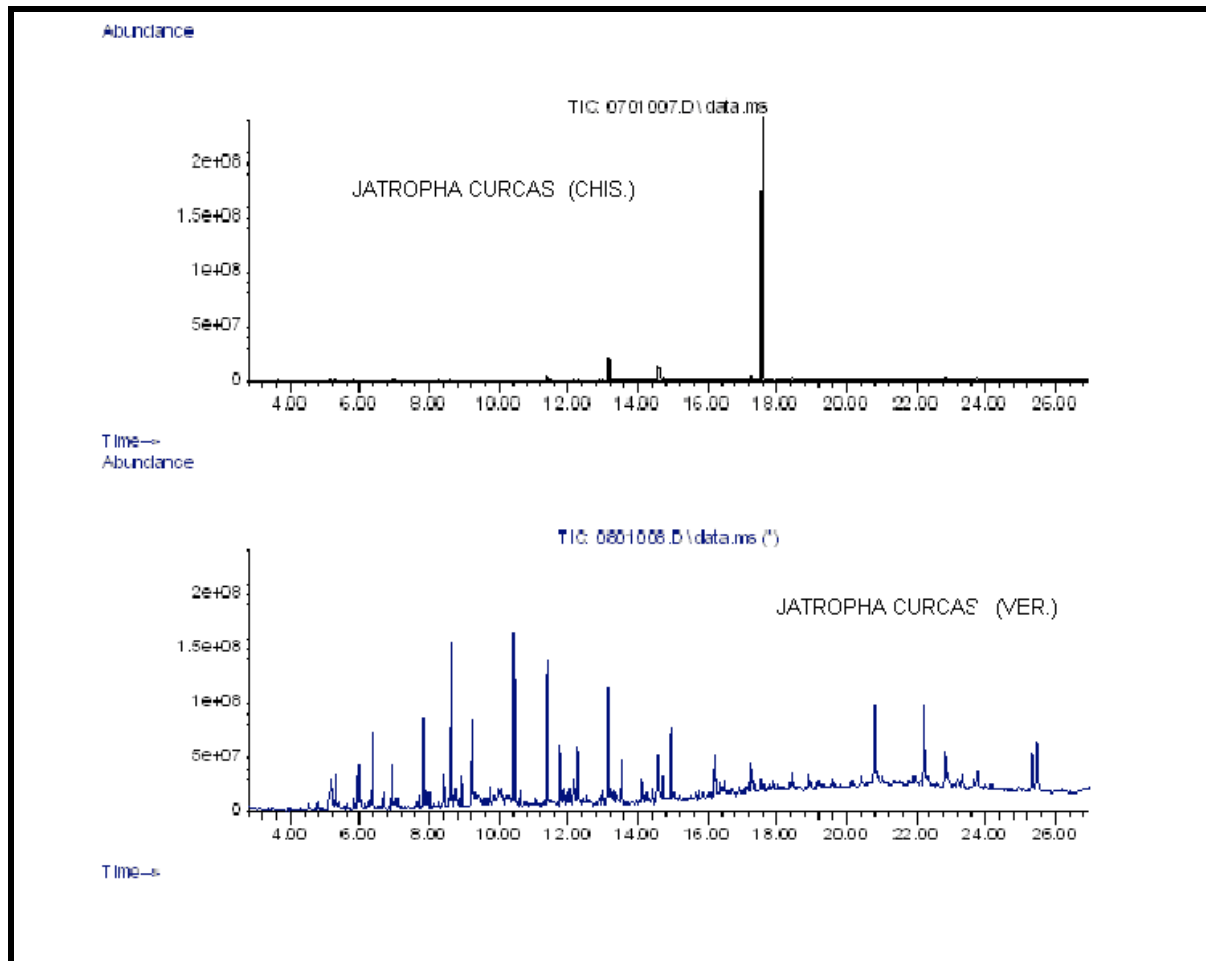


CONCLUSIONES

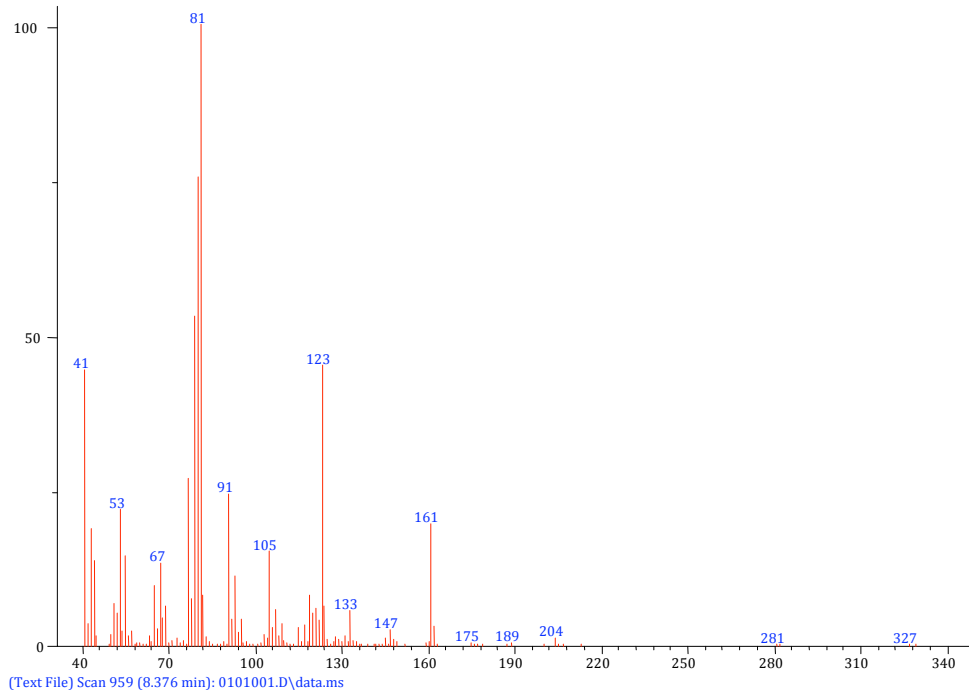
De acuerdo a los resultados obtenidos se pudo establecer de manera preliminar, que existen diferencias de carácter fitoquímico entre las variedades de Chiapas y Veracruz. Hasta el momento la única analogía entre las plantas en estudio, es la presencia del triterpeno α -amirina.

Sin embargo, es importante mencionar que la ausencia de metabolitos secundarios siempre será un factor relativo, ya que hay que considerar la posibilidad de que el compuesto se localice en otros órganos o tenga lugar en fases distintas al ciclo vital, la variación estacional o diaria en la producción y la destrucción del compuesto durante las fases previas a su identificación o durante su extracción. Por lo tanto, se recomienda estudiar de una manera mas exhaustiva la parte aérea de estas plantas, para poder establecer totalmente las diferencias fitoquímicas.

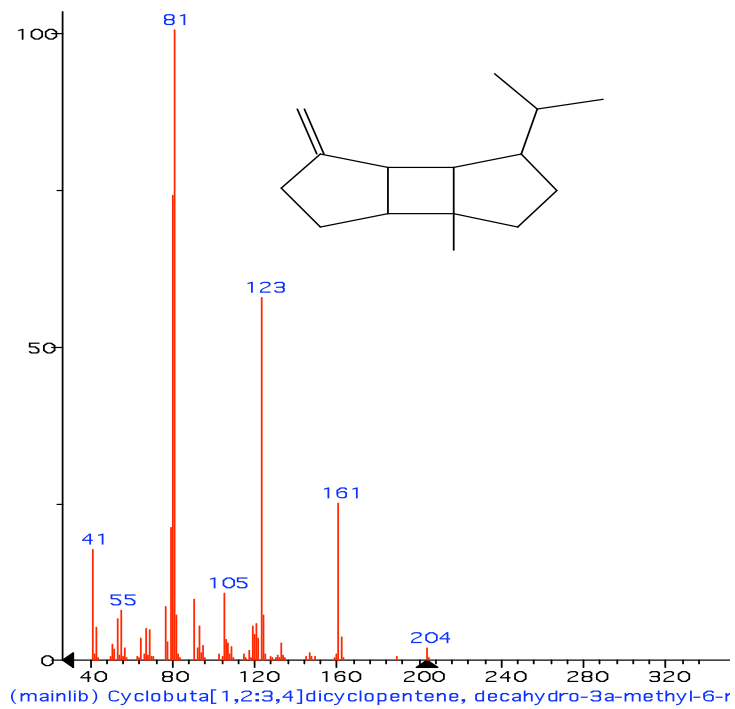
Apéndice



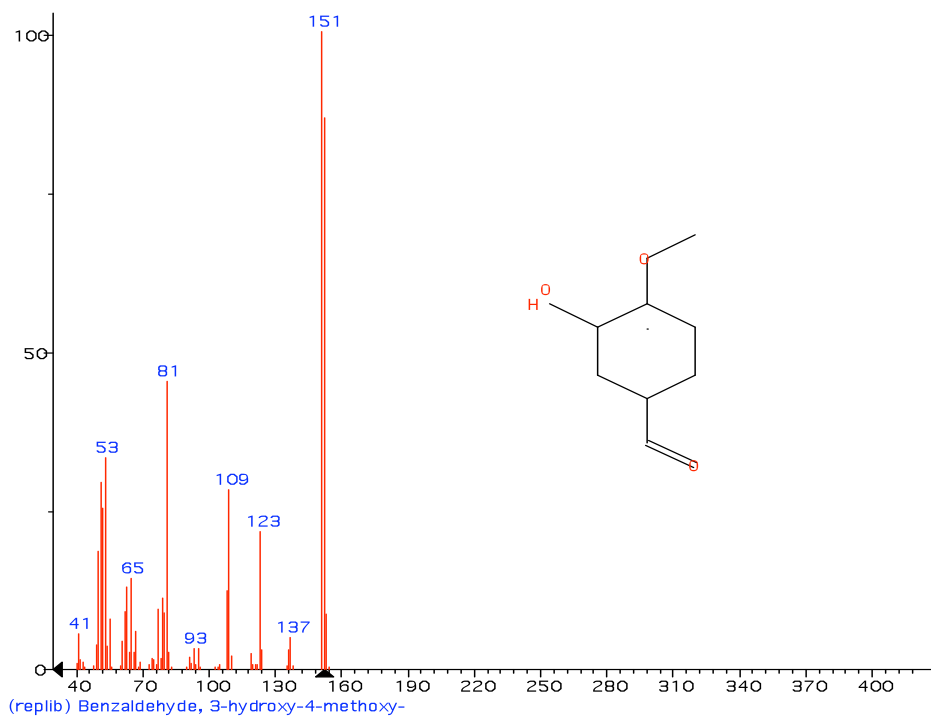
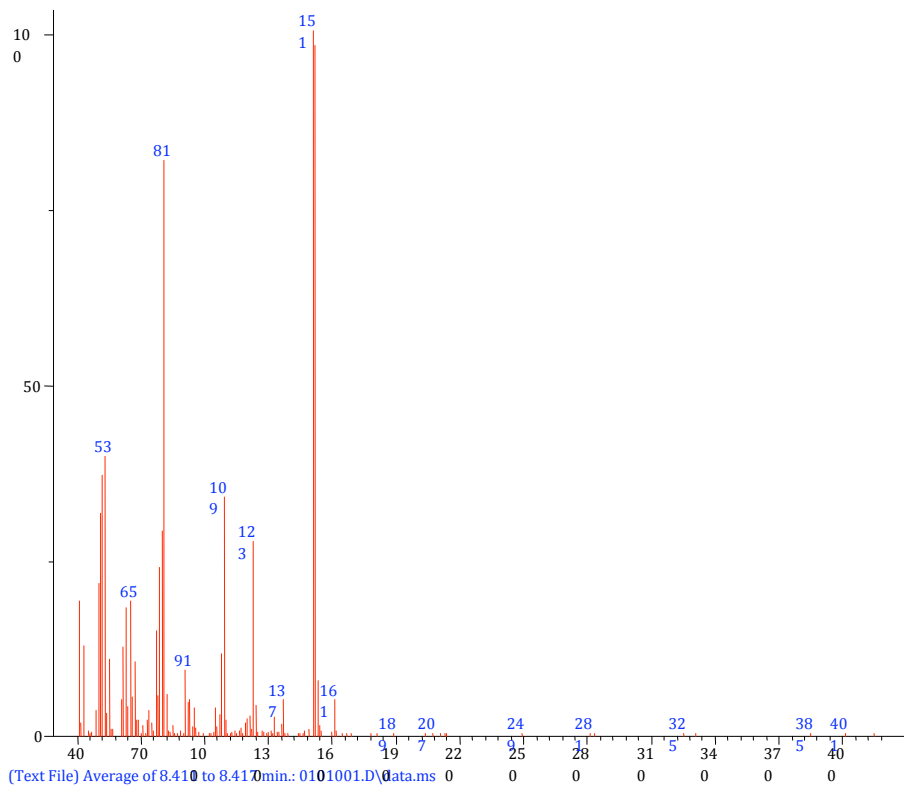
8.37 min



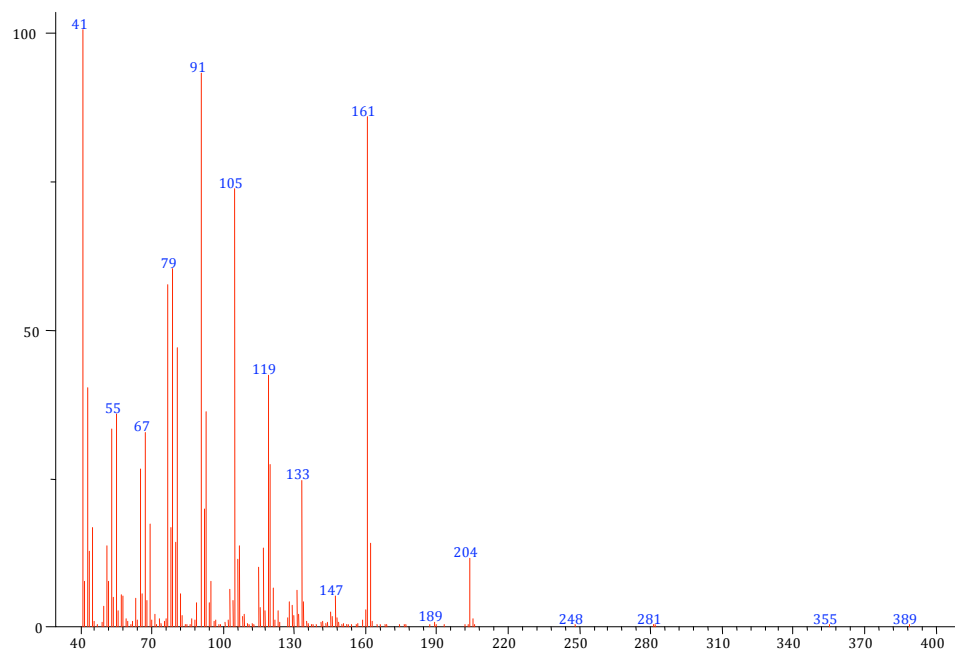
á-Bourbonene



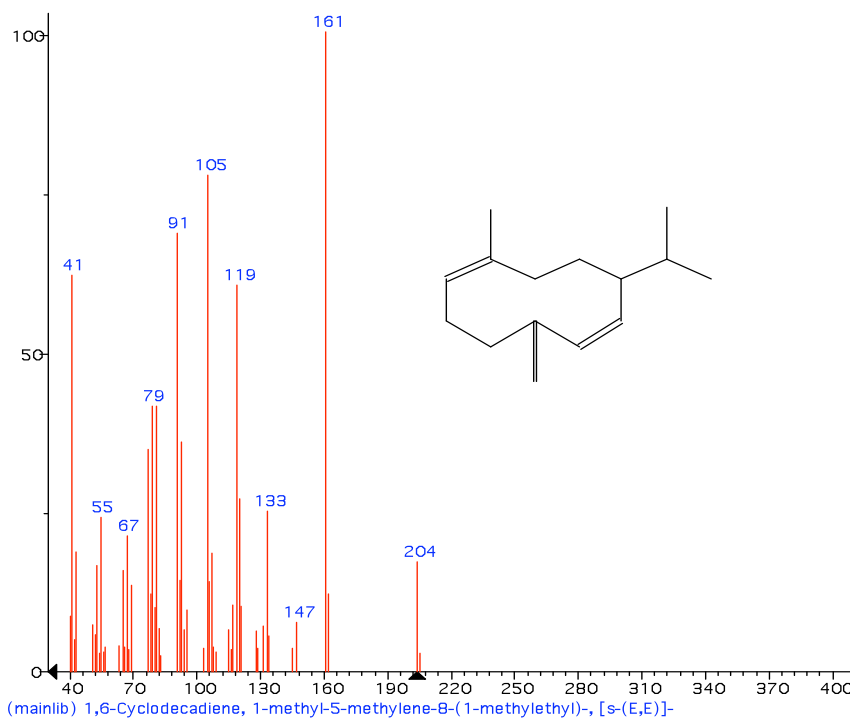
8.41 min.



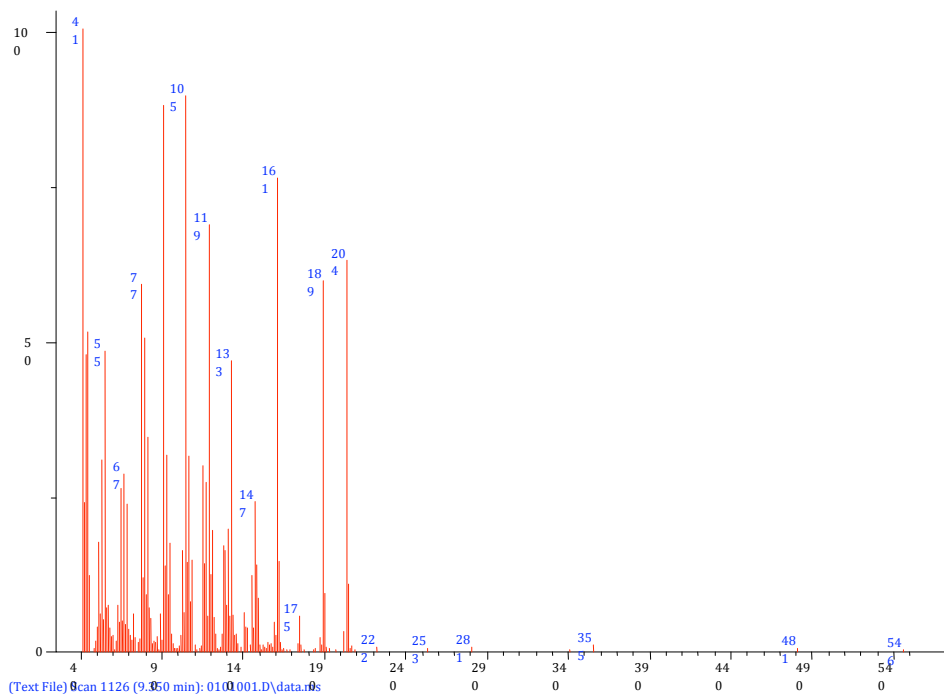
9.23 min



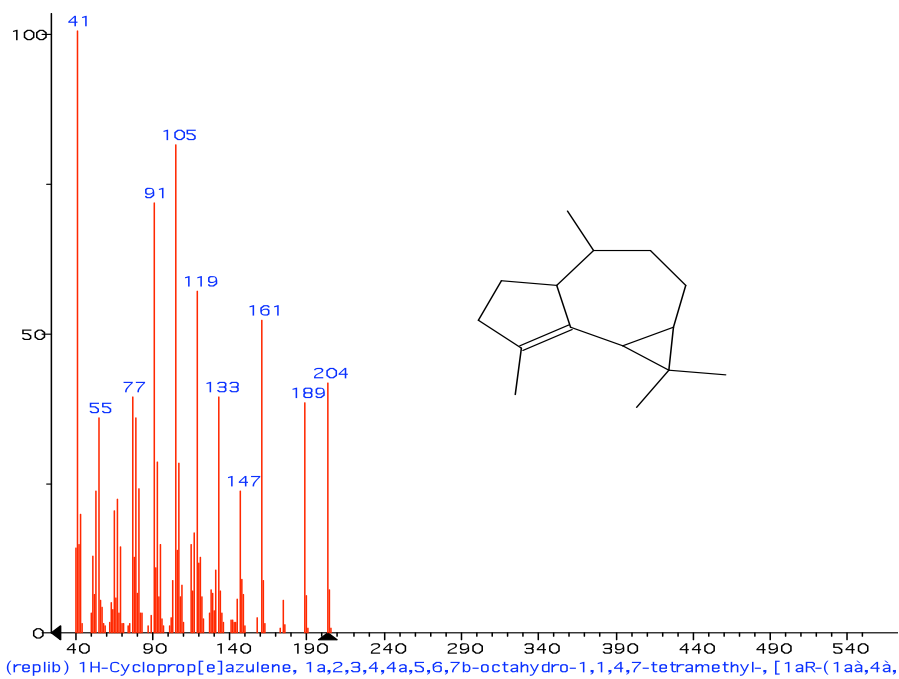
Germacrene-D



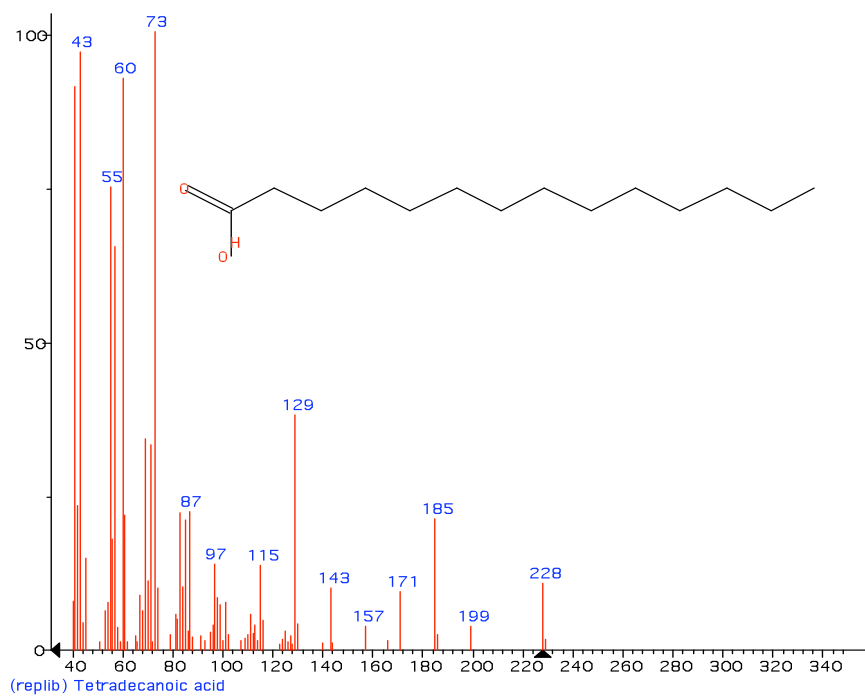
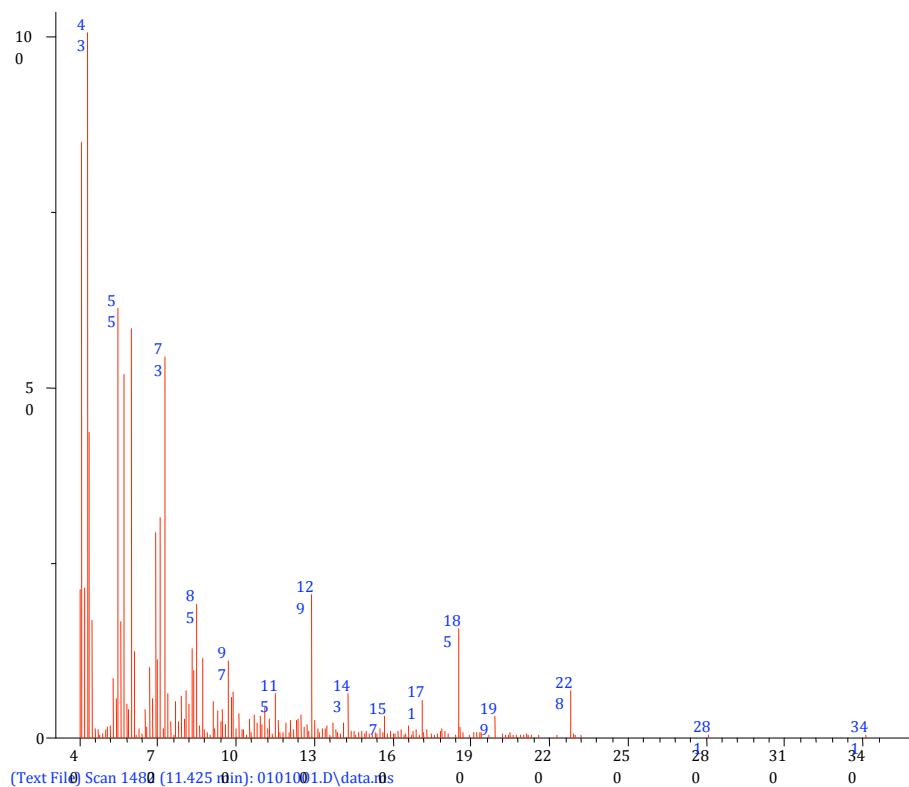
9.35 min



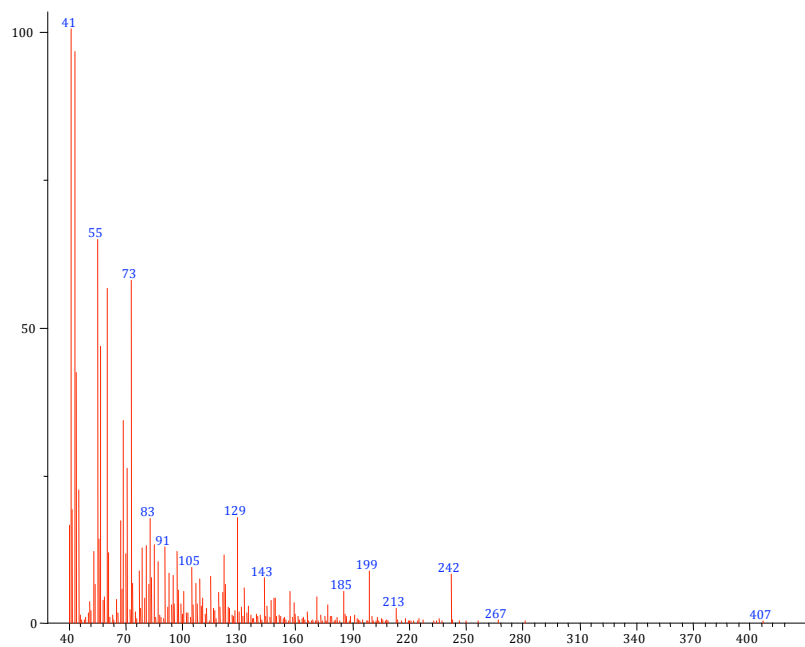
α -Gurjunene



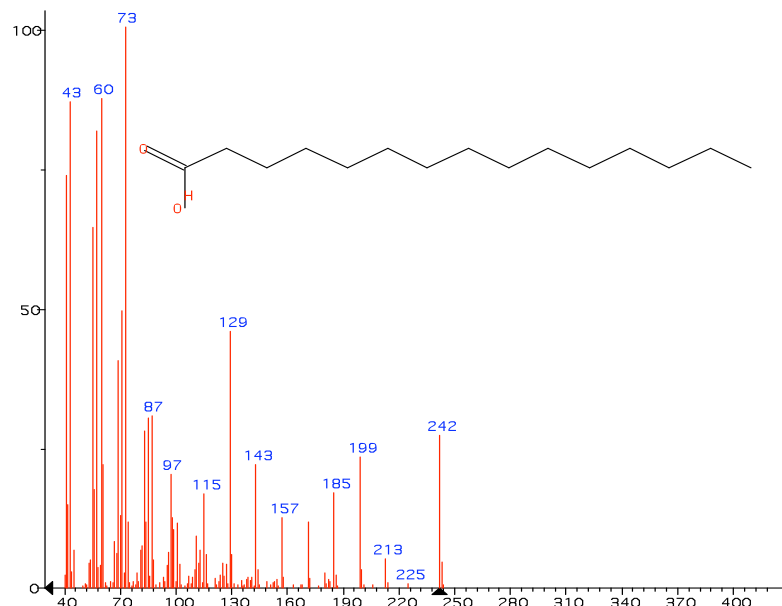
11.42 min



12.29 min

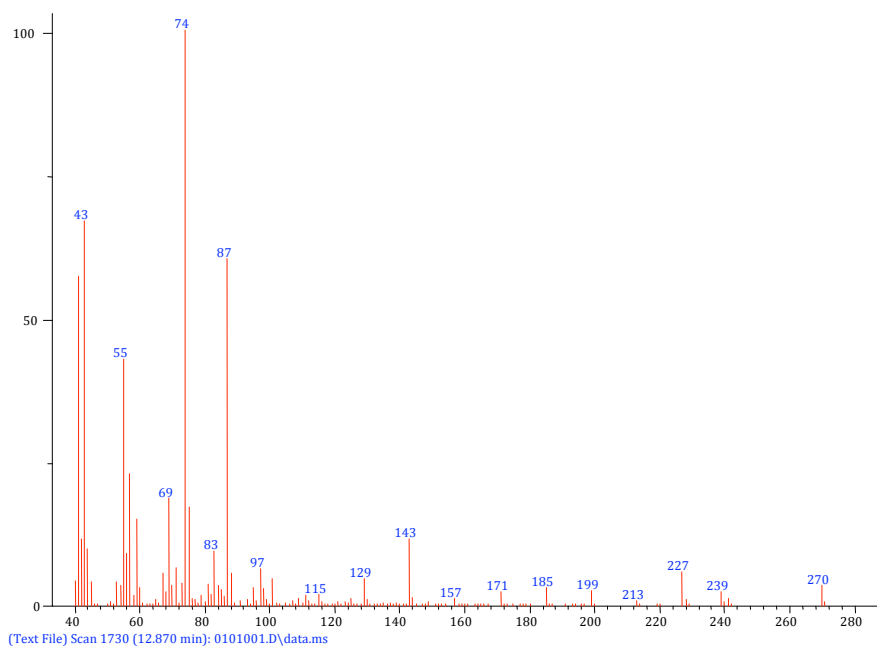


(Text File) Scan 1632 (12.299 min): 0101001.D\data.ms

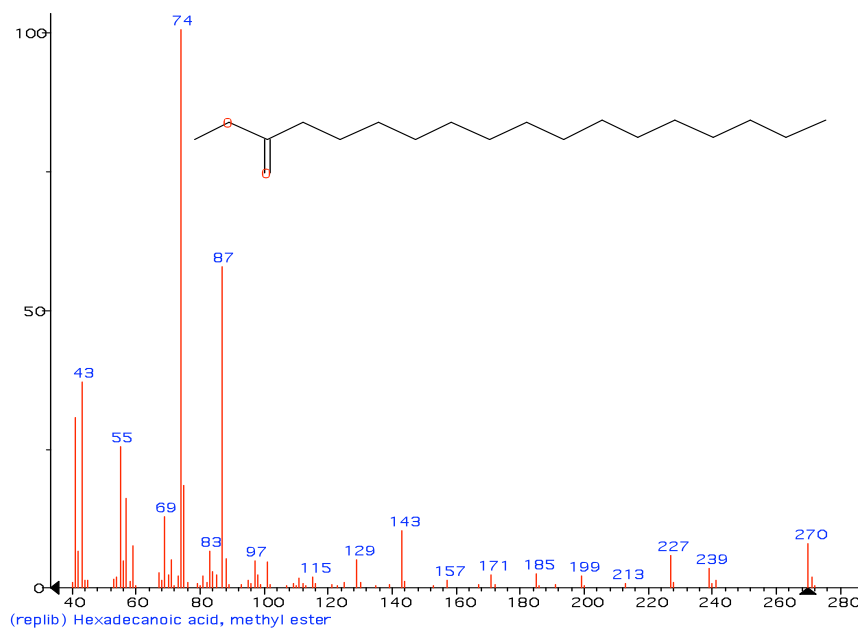


(replib) Pentadecanoic acid

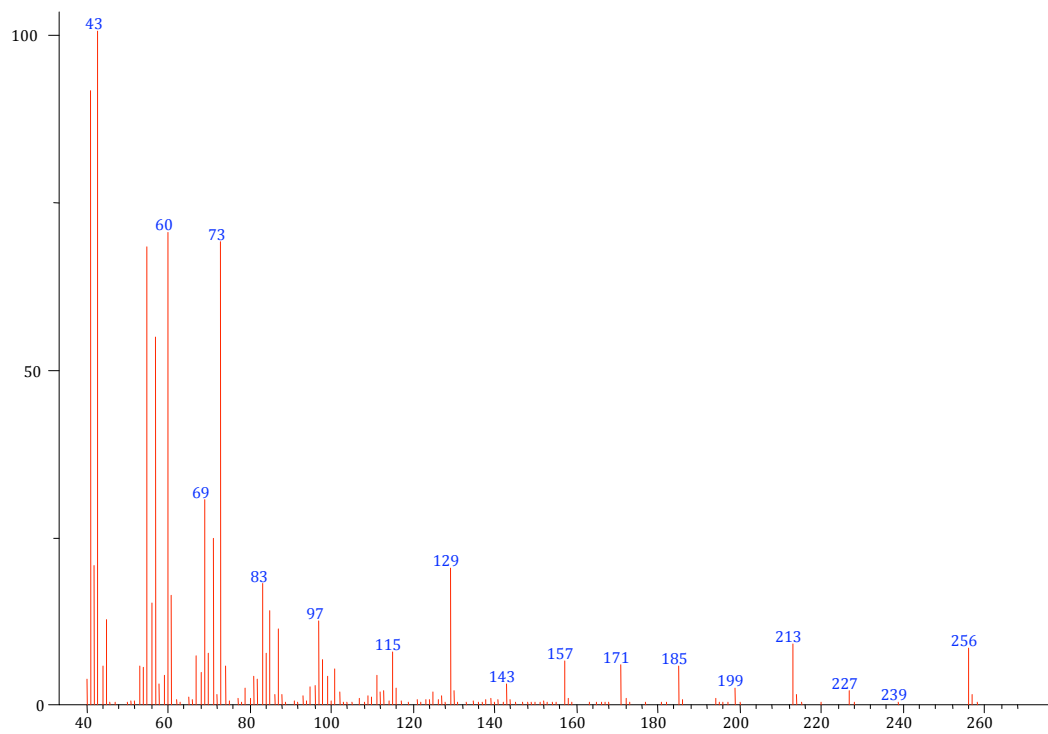
12.62 min



Methyl palmitate

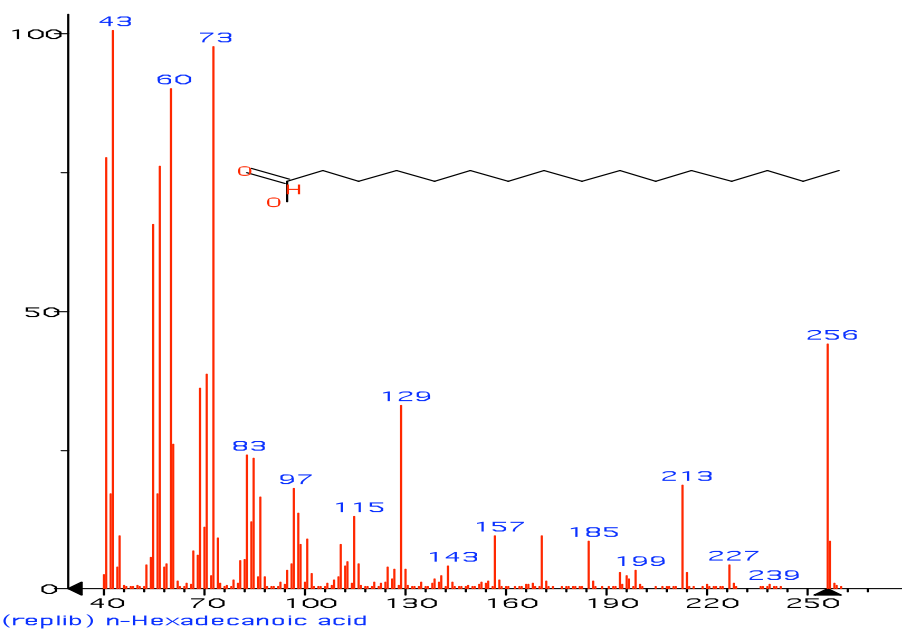


13.2min



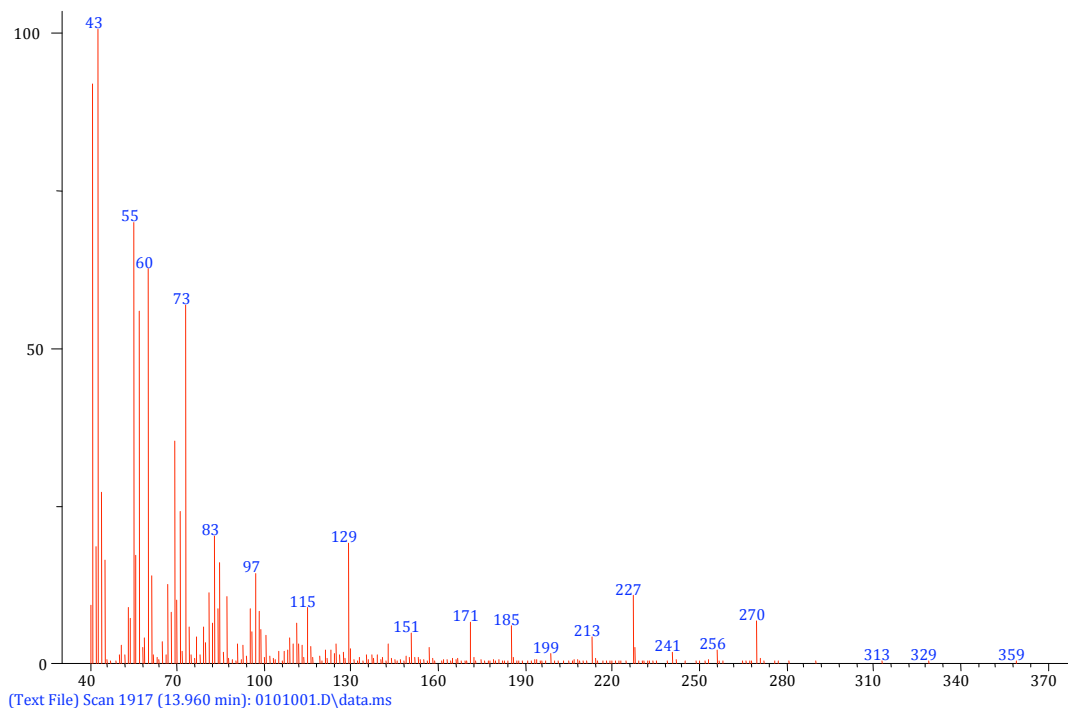
(Text File) Scan 1783 (13.179 min): 0101001.D\data.ms

Palmitic acid

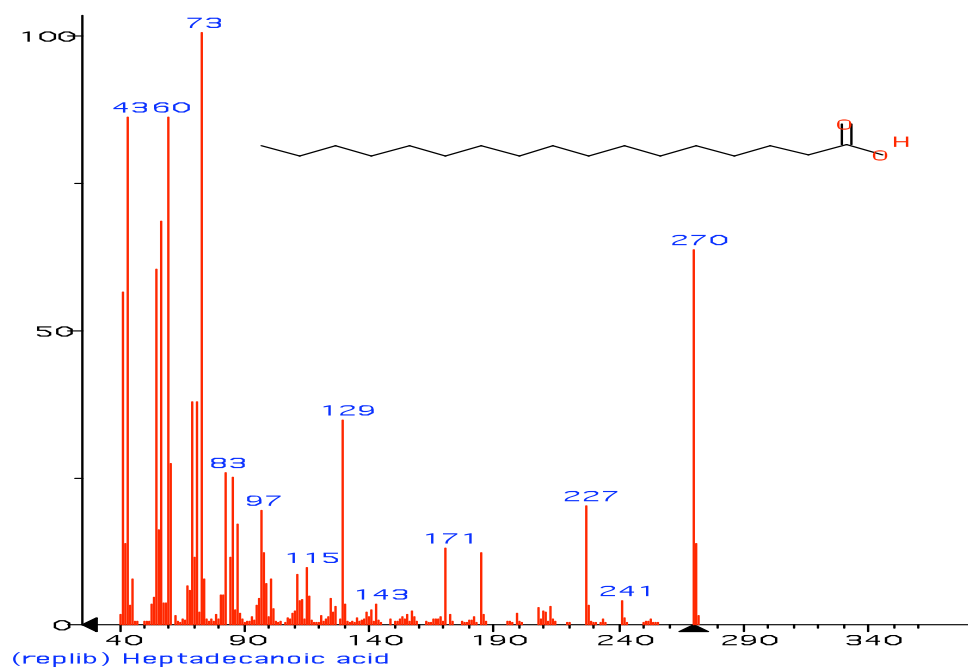


(replib) n-Hexadecanoic acid

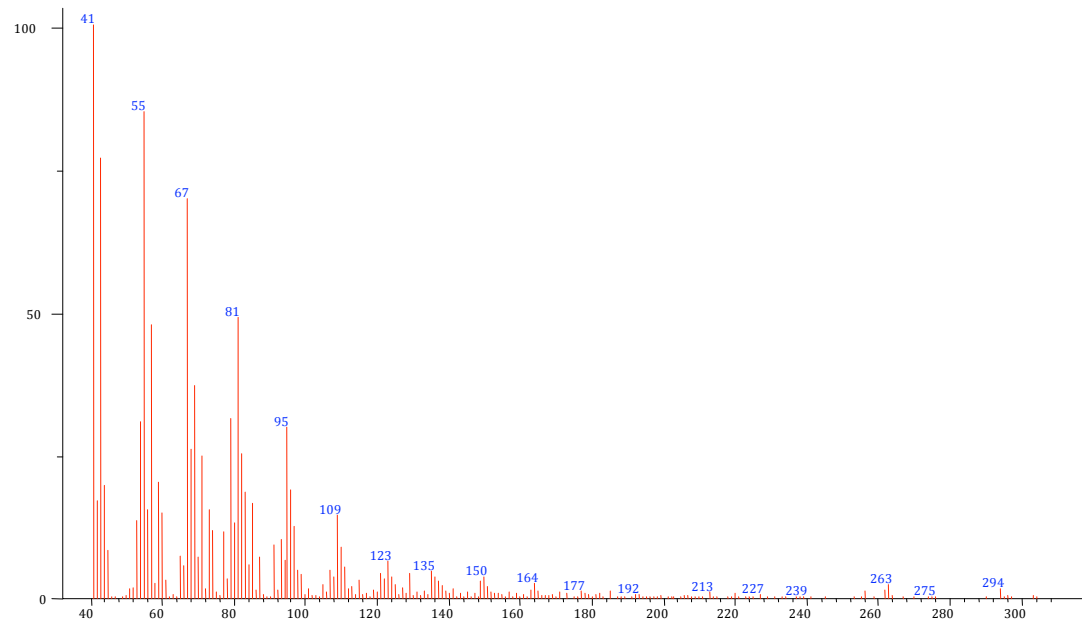
13.97 min



Acido heptadecanoico (Margaric acid)

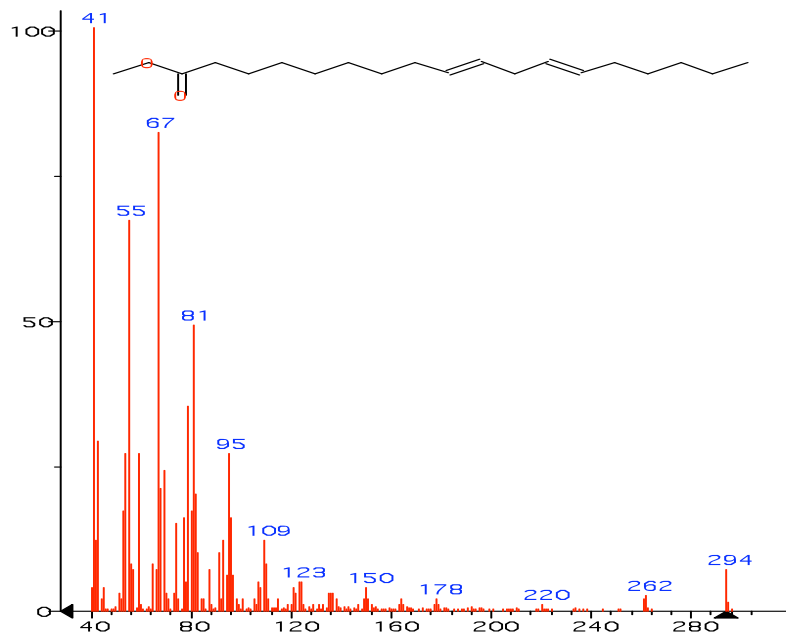


14.281 min



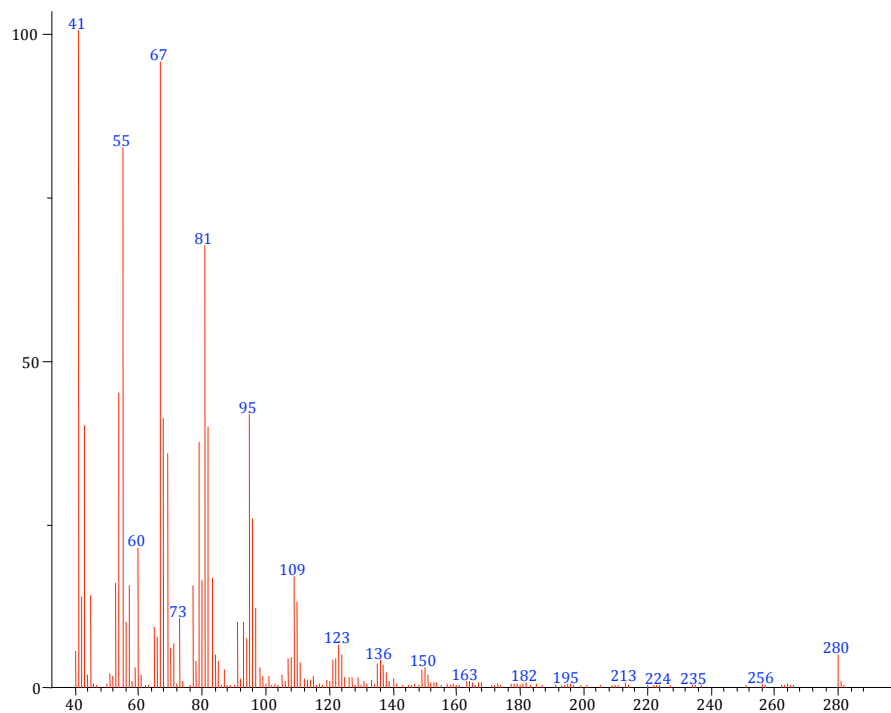
(Text File) Scan 1970 (14.269 min): 0101001.D\data.ms

Methyl linolelaidate



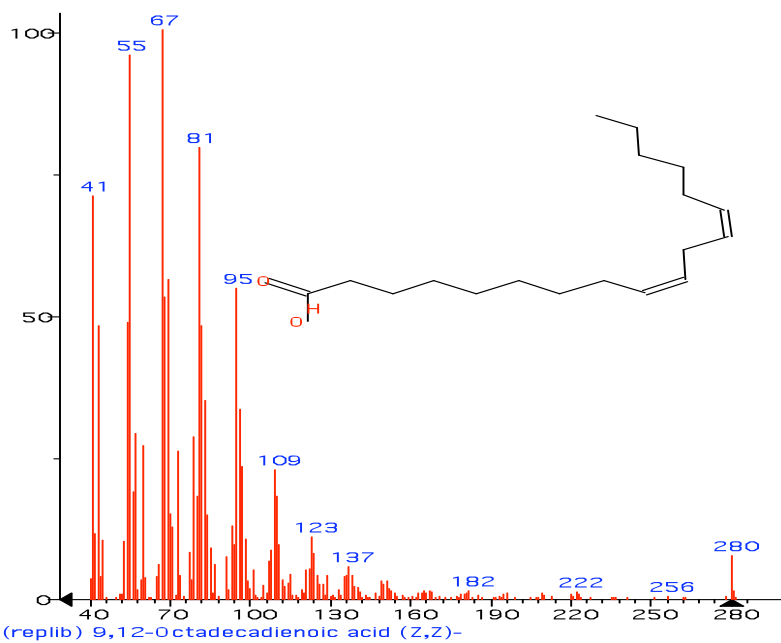
(mainlib) 9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester, (E,E)-

14.59 min



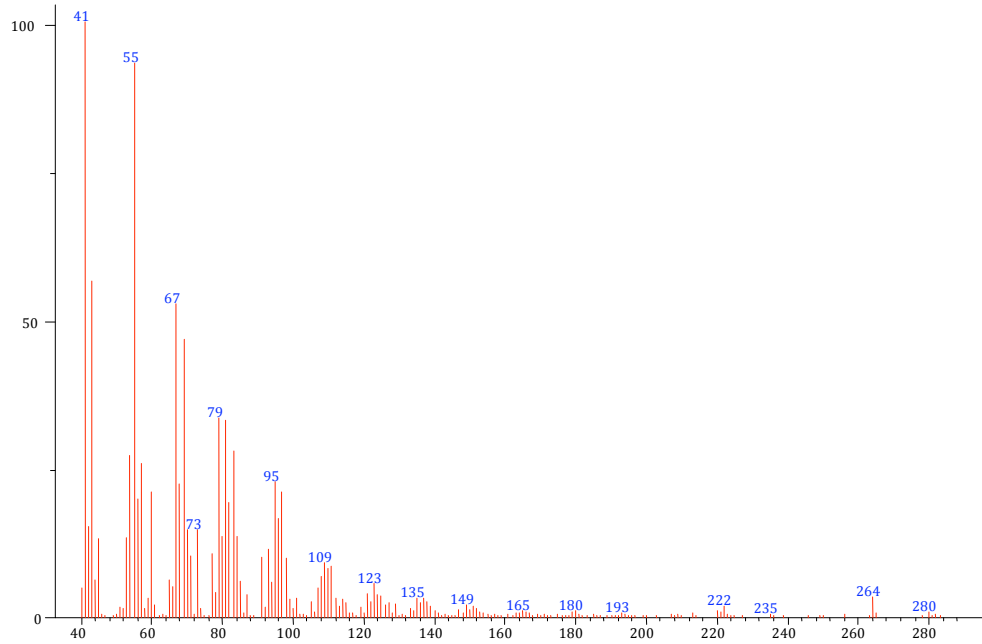
(Text File) Scan 2025 (14.590 min): 0101001.D\data.ms (-2013)

Linoleic acid

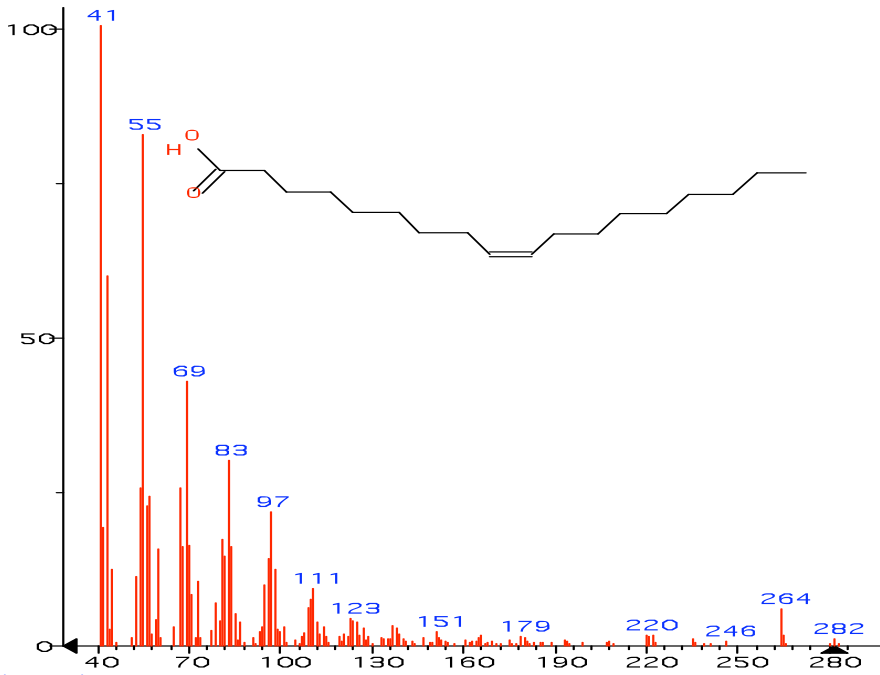


(replib) 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-

14.63 min

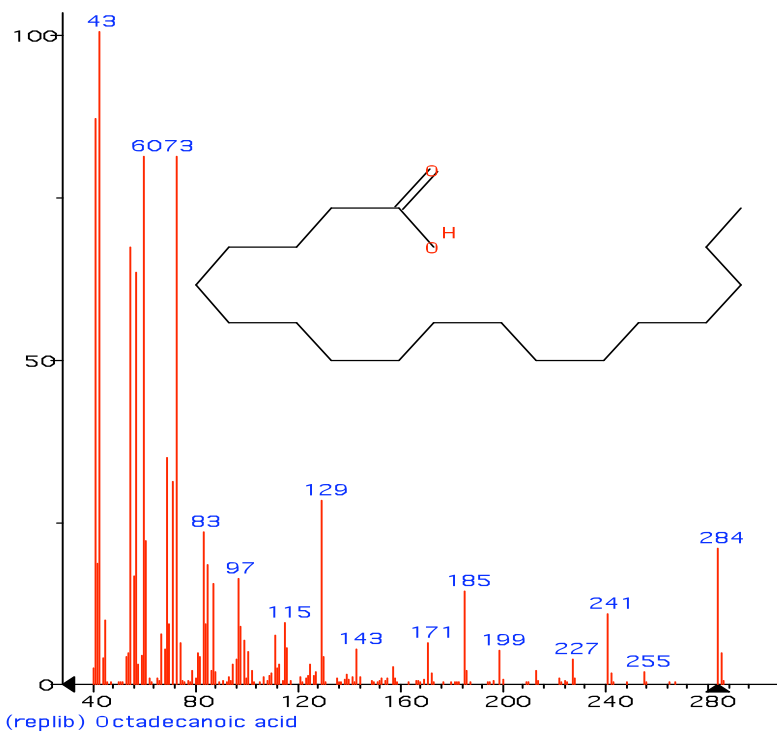
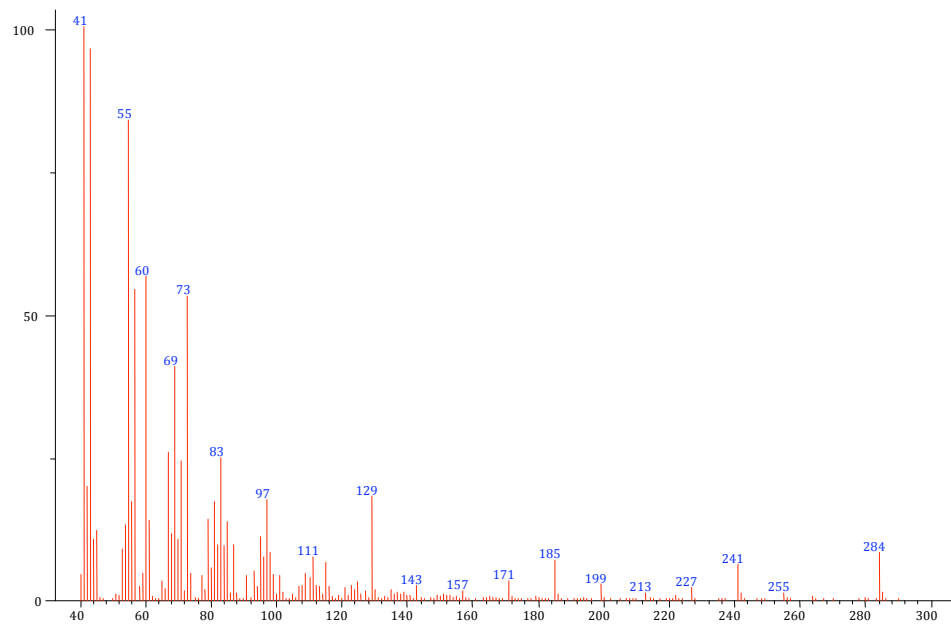


(Text File) Scan 2035 (14.648 min): 0101001.D\data.ms

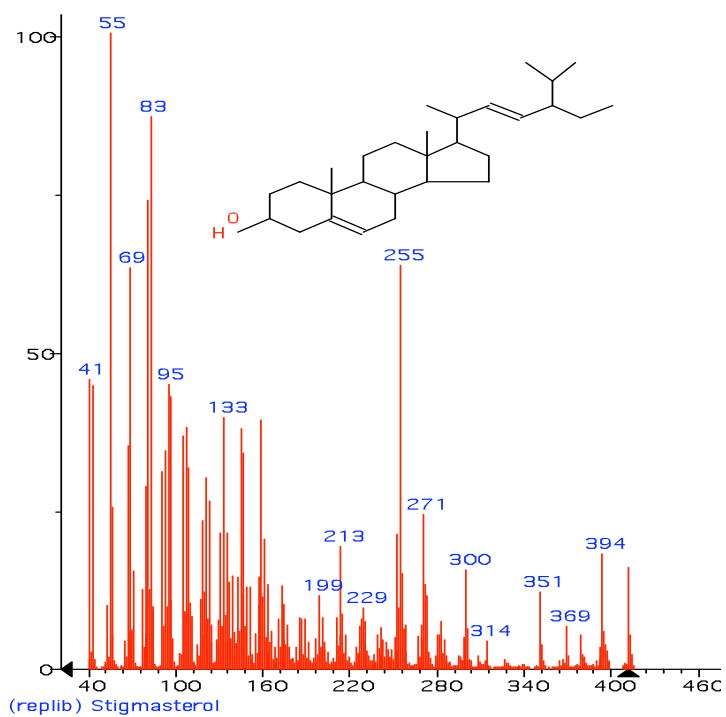
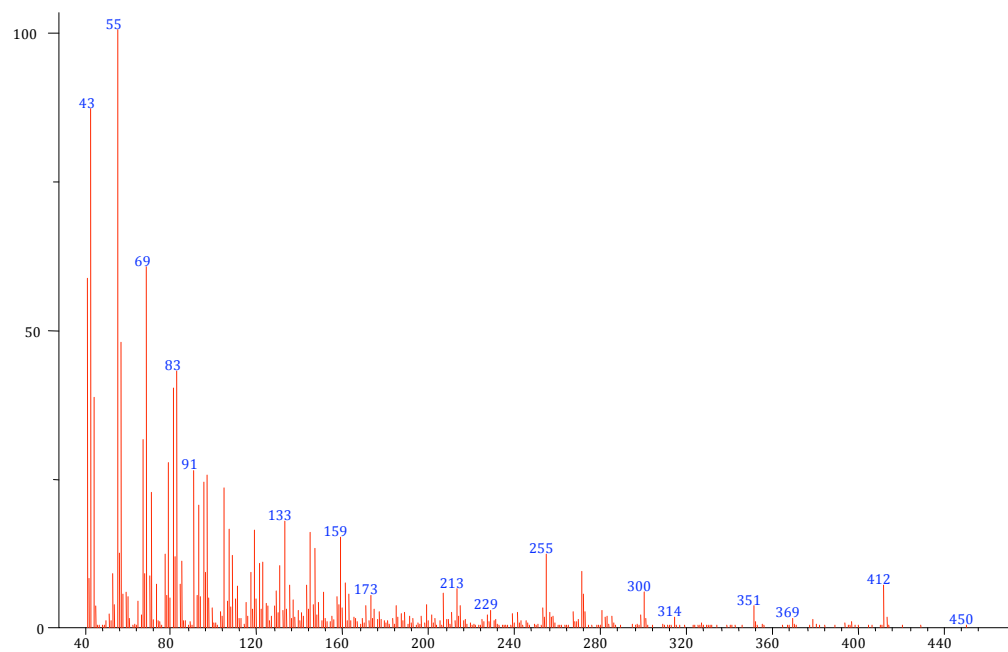


(replib) Oleic Acid

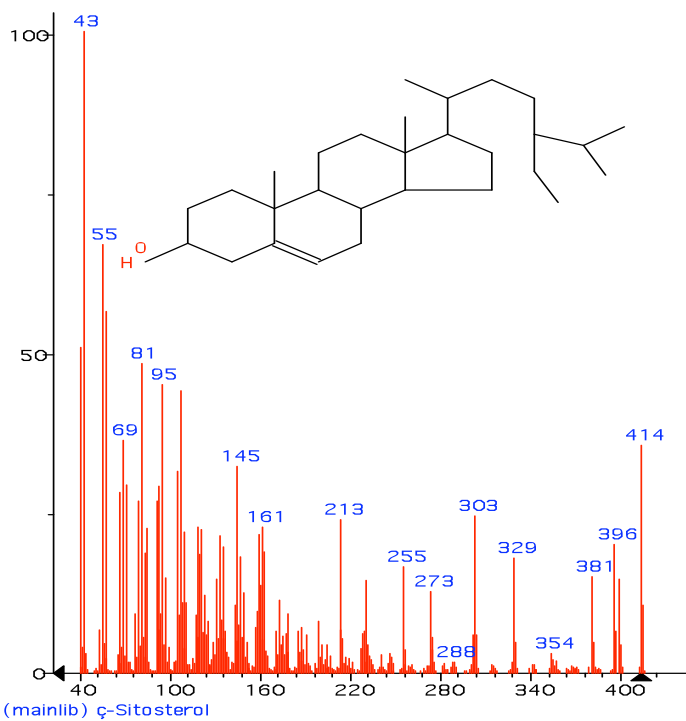
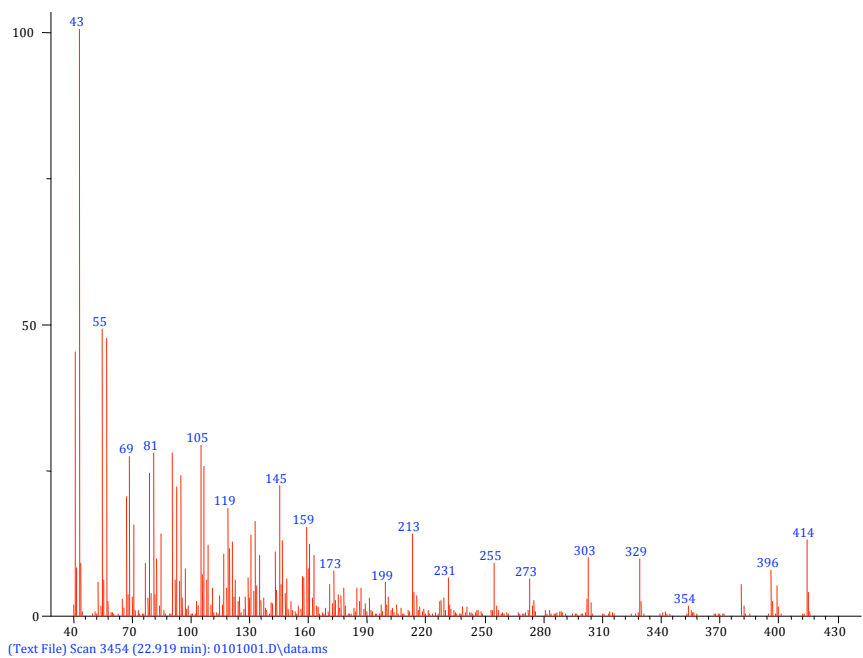
14.77 min



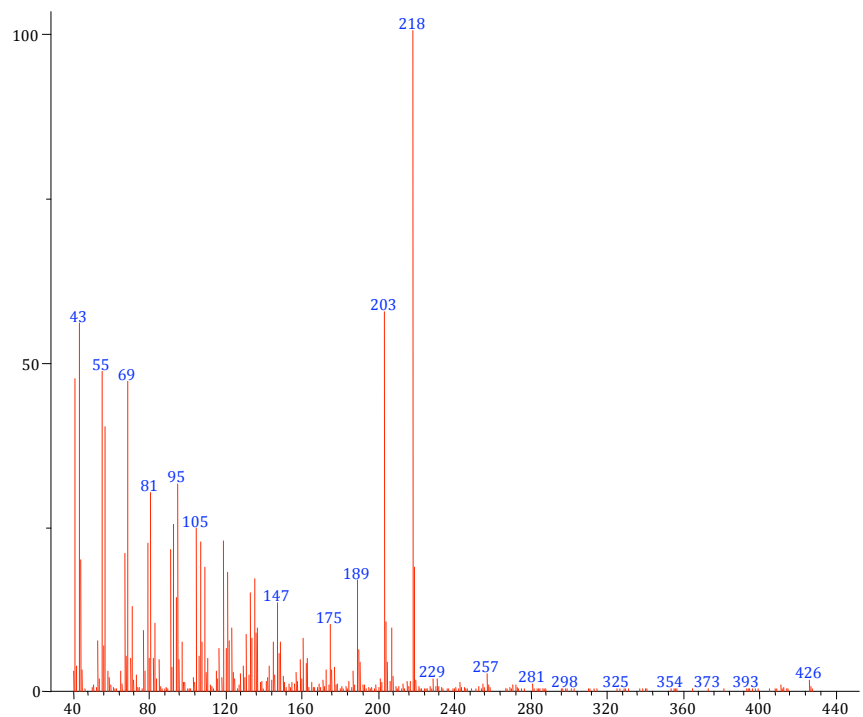
22.37 min



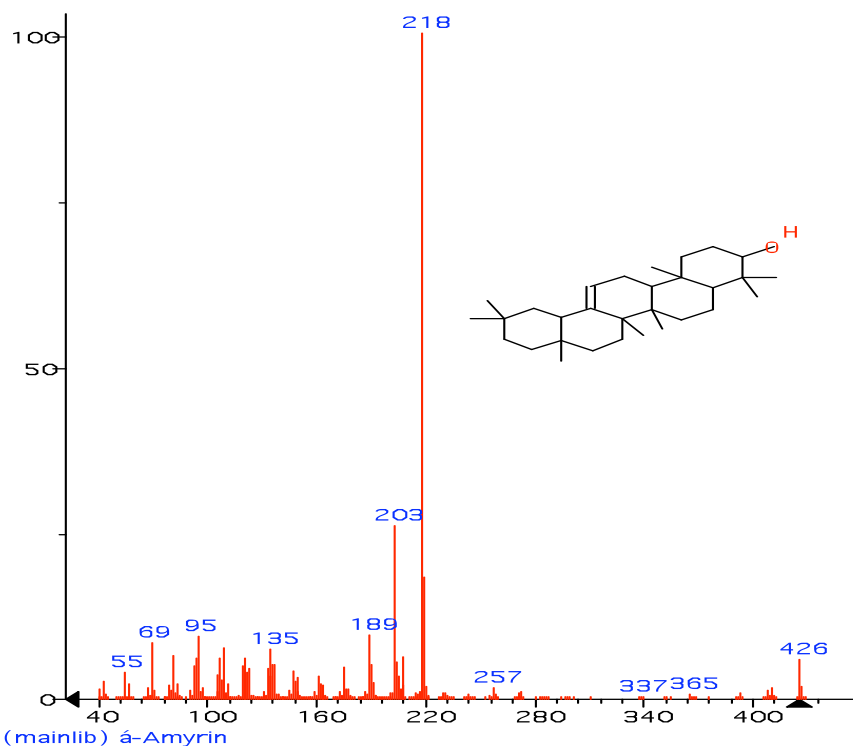
20.10 min



23.35 min

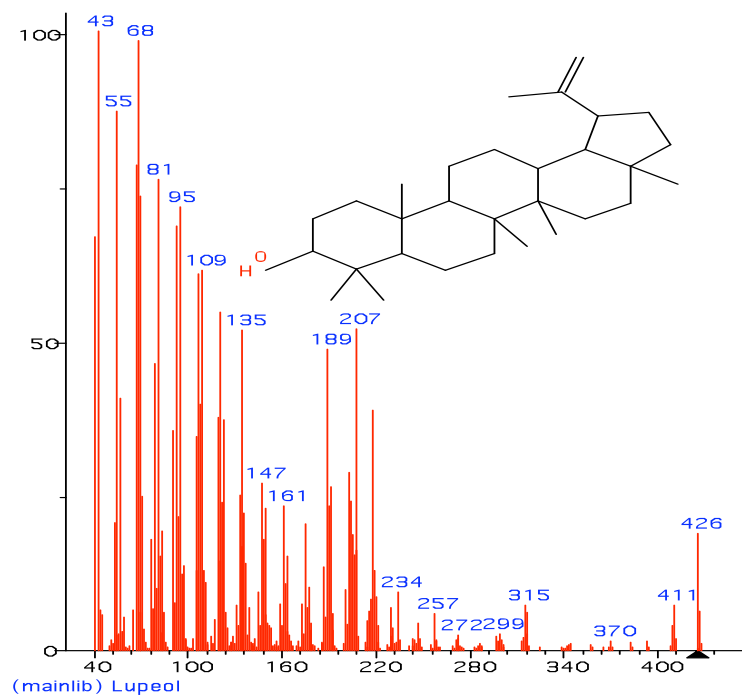
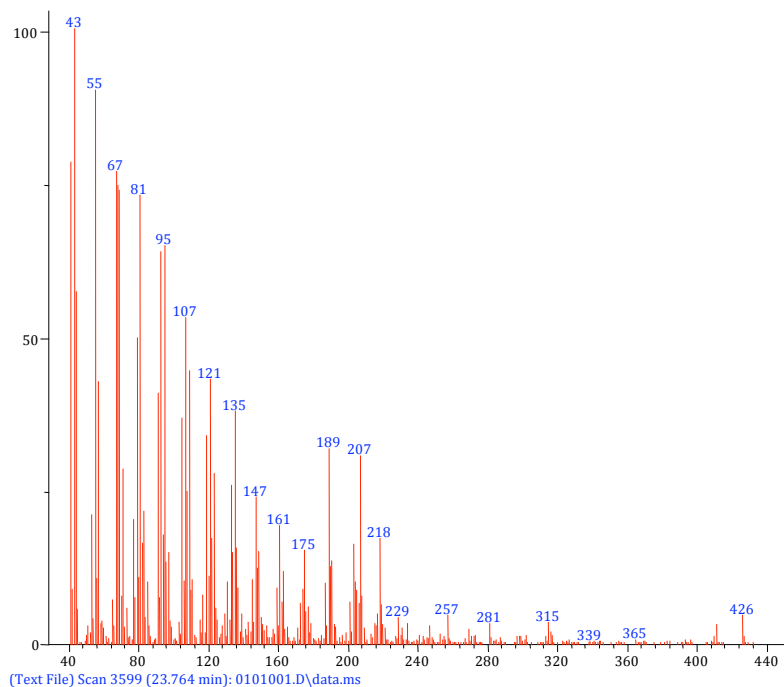


(Text File) Scan 3529 (23.356 min): 0101001.D\data.ms

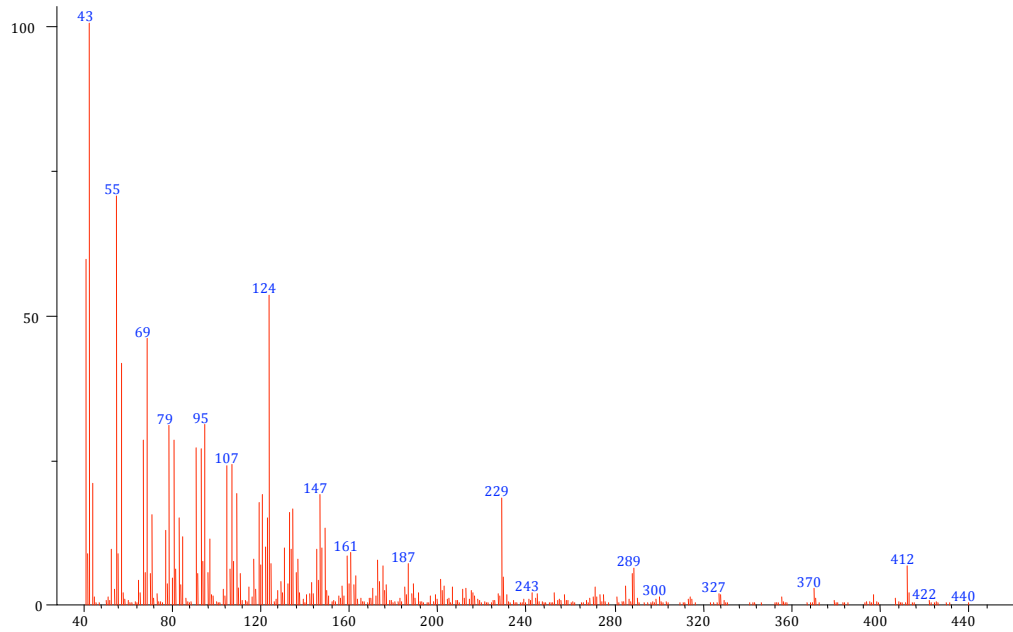


(mainlib) α -Amyrin

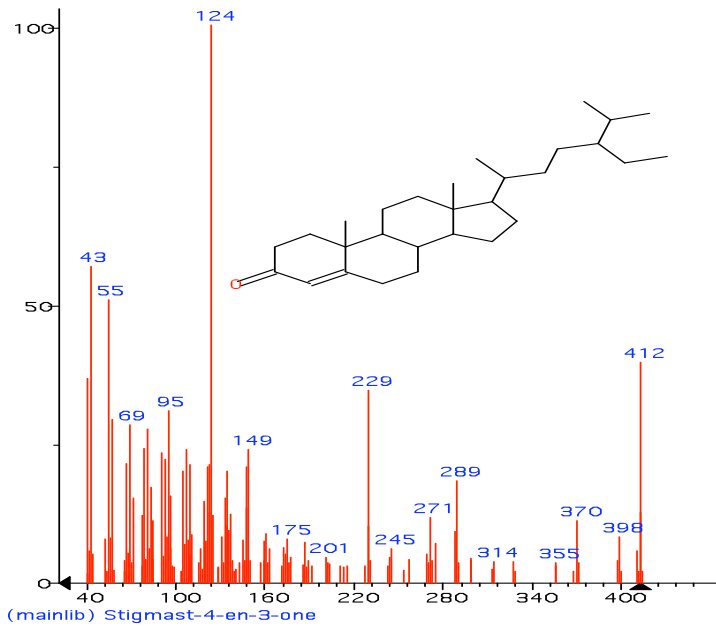
23.75 min



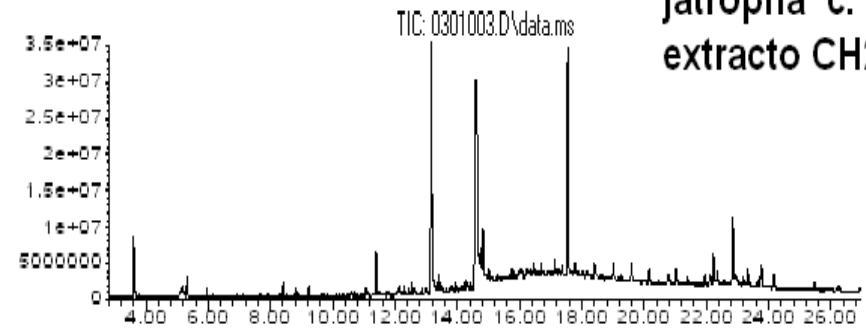
24.195 min



Sitostenone

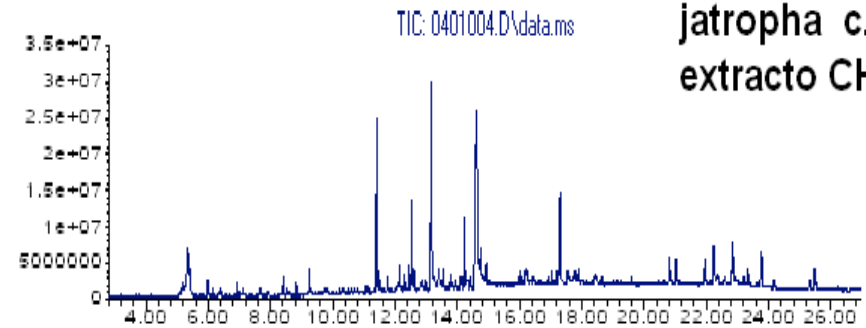


Abundance



**jatropha c. (Chis.)
extracto CH₂Cl₂**

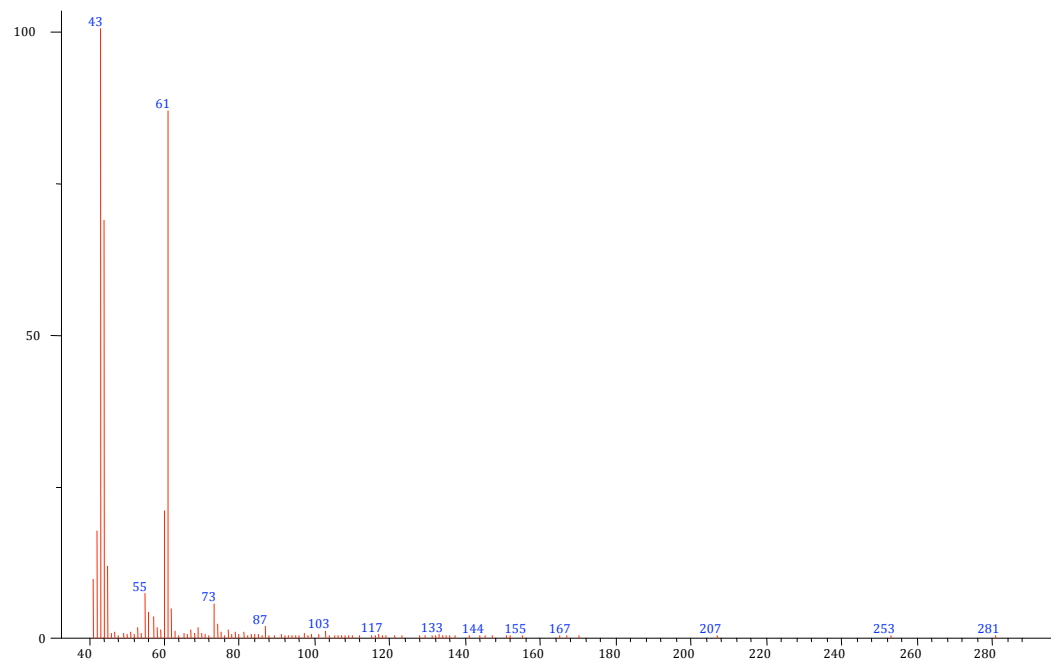
Time-->
Abundance



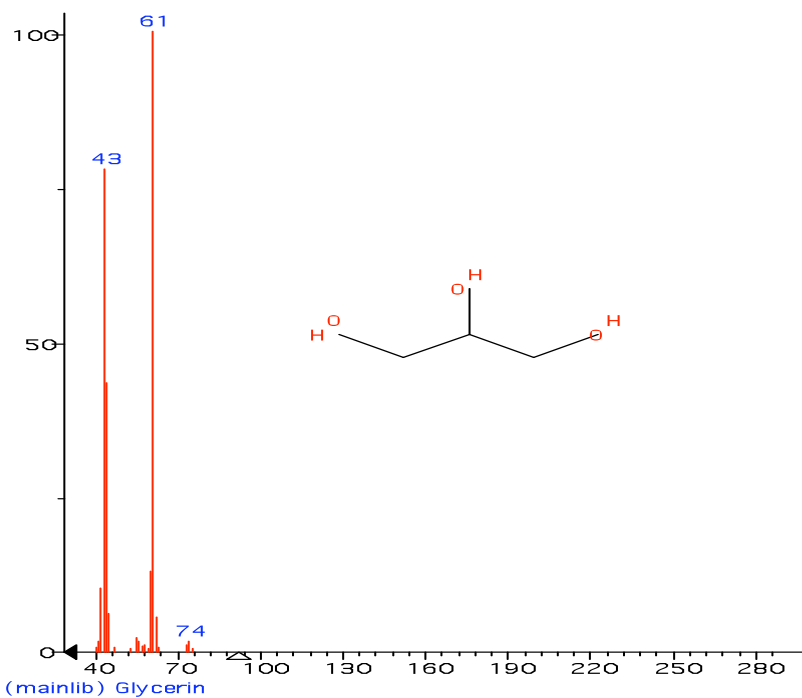
**jatropha c. (Ver.)
extracto CH₂Cl₂**

Time-->

5.17 min

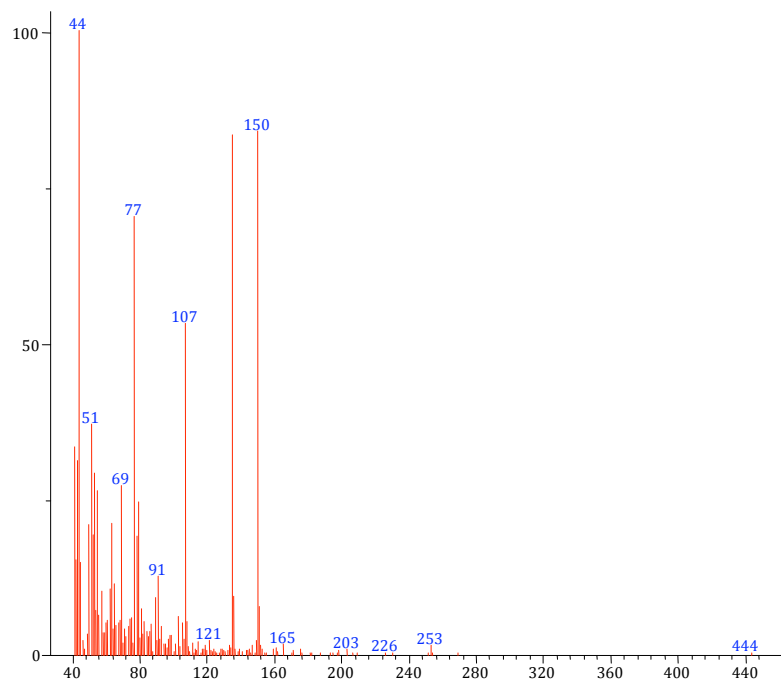


(Text File) Average of 5.177 to 5.182 min.: 0301003.D\data.ms



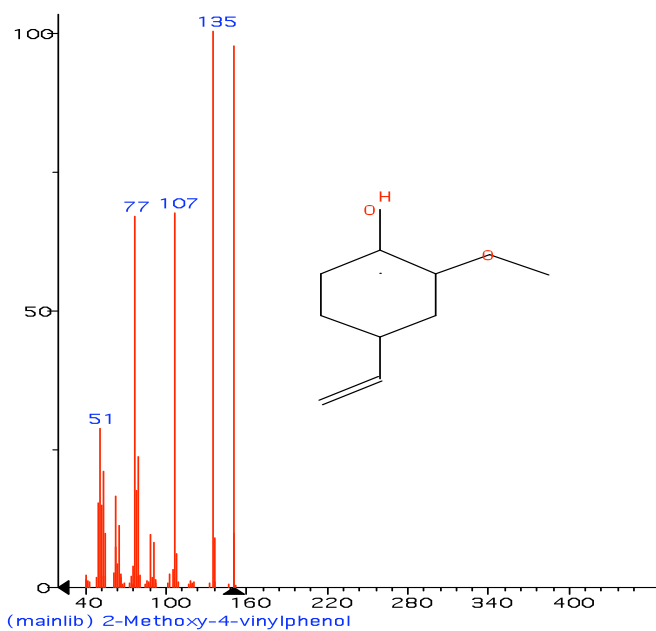
(mainlib) Glycerin

7.67 min



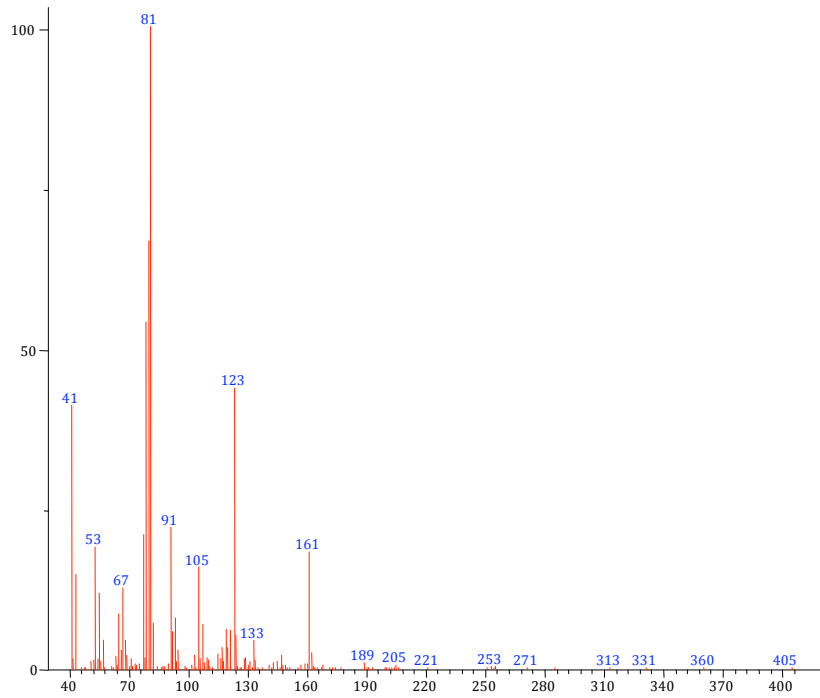
(Text File) Scan 838 (7.671 min): 0301003.D\data.ms

4-Vinylguaiacol

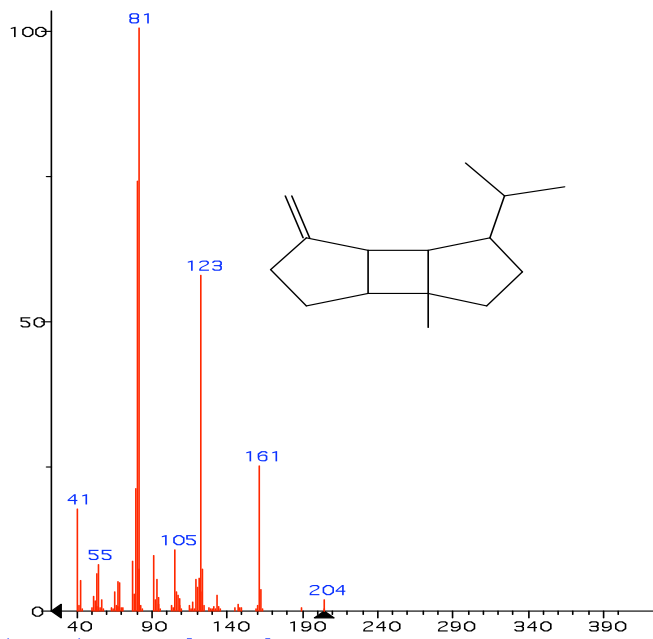


(mainlib) 2-Methoxy-4-vinylphenol

8.37

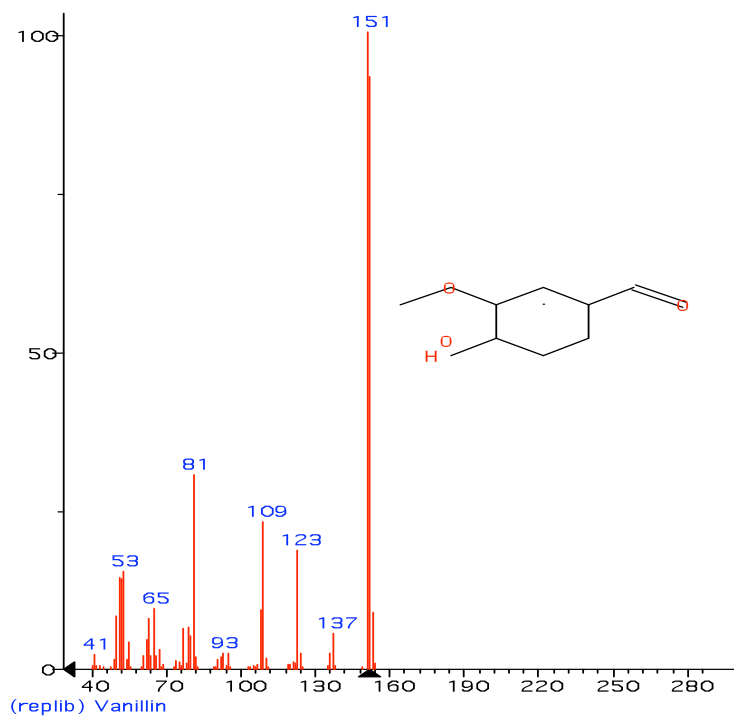
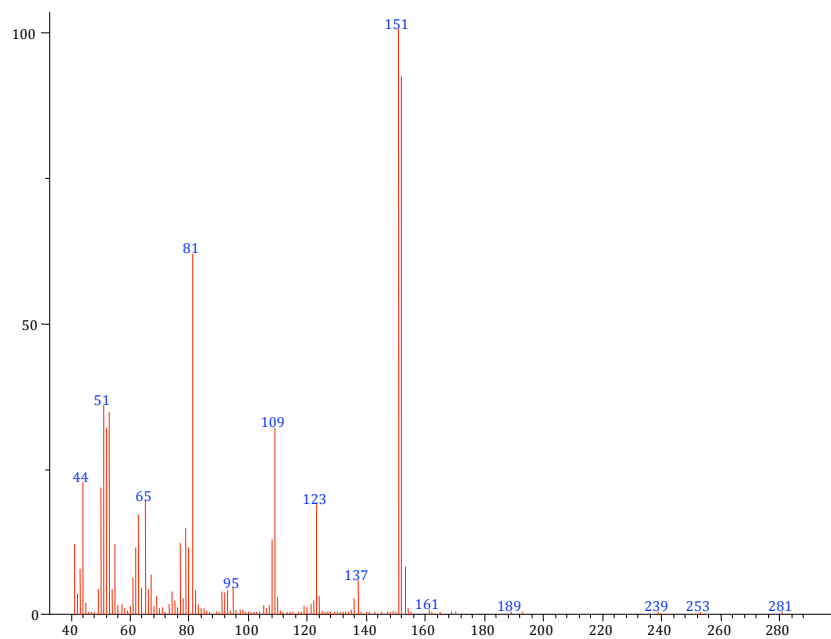


(Text File) Average of 8.371 to 8.376 min.: 0301003.D\data.ms

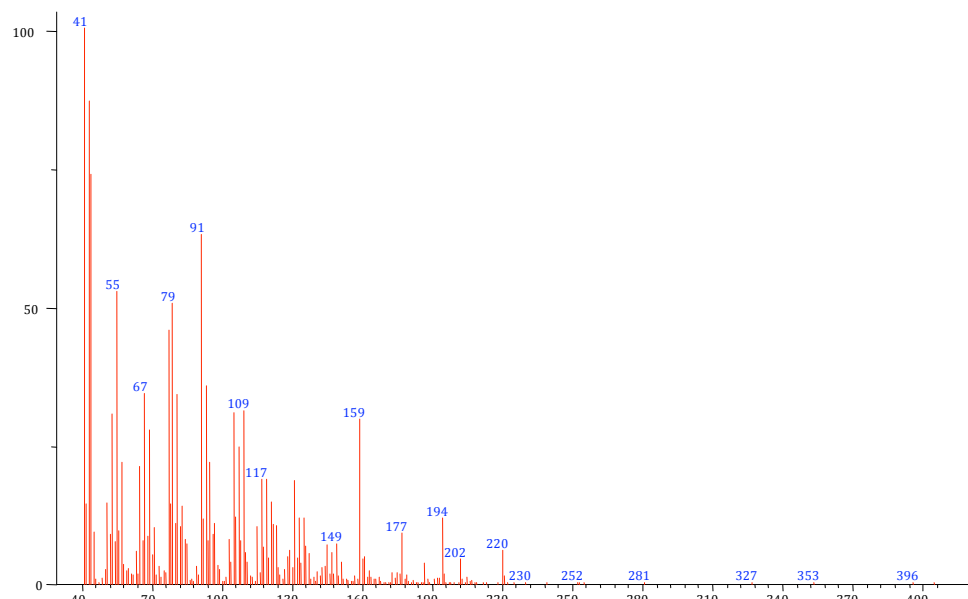


(mainlib) Cyclobuta[1,2:3,4]dicyclopentene, decahydro-3a-methyl-6-

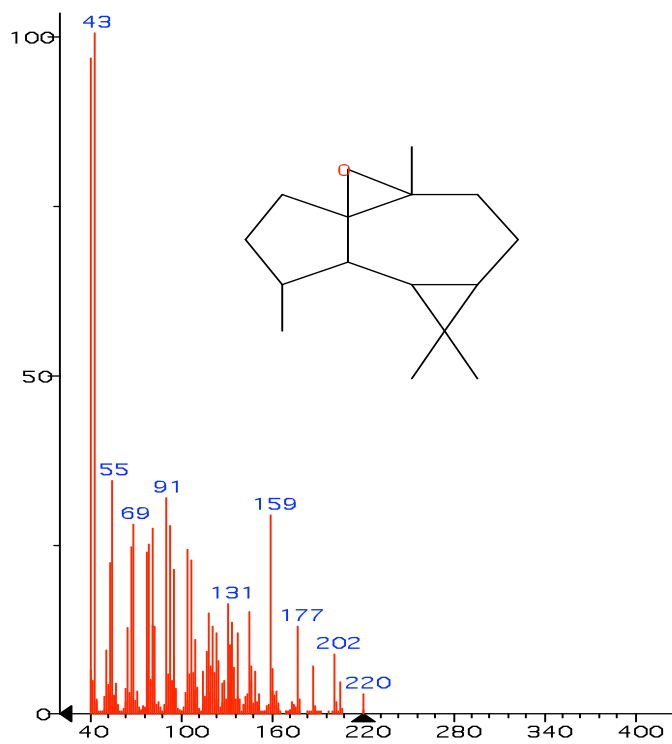
8.41 min



10.52 min

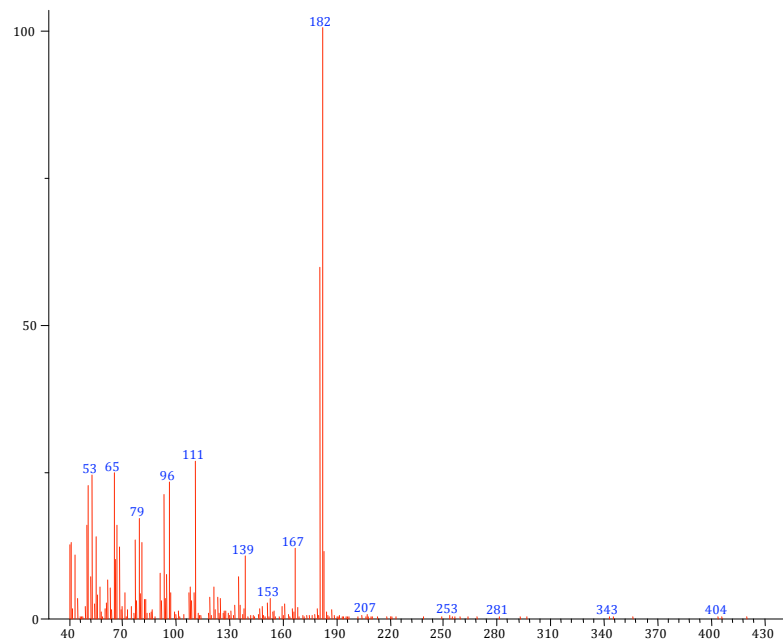


(Text File) Average of 11.052 to 11.069 min.: 0301003.D\data.ms



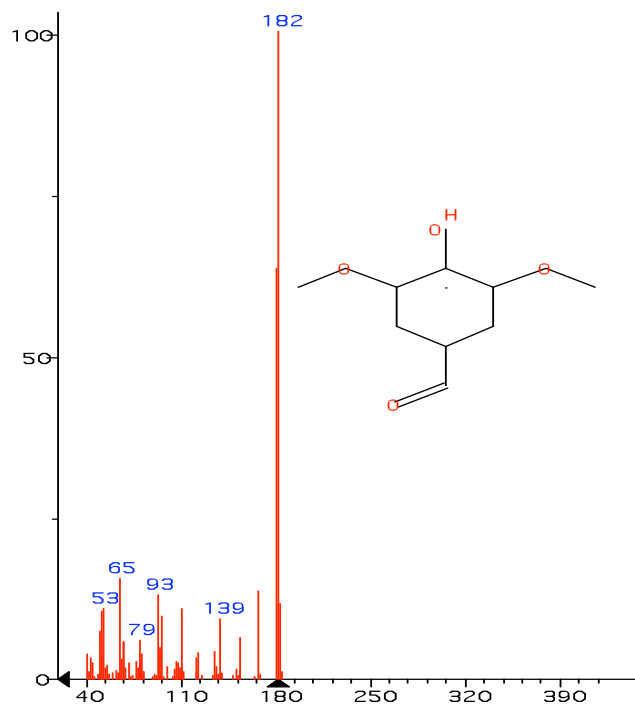
(mainlib) Ledene oxide-(II)

10.70 min



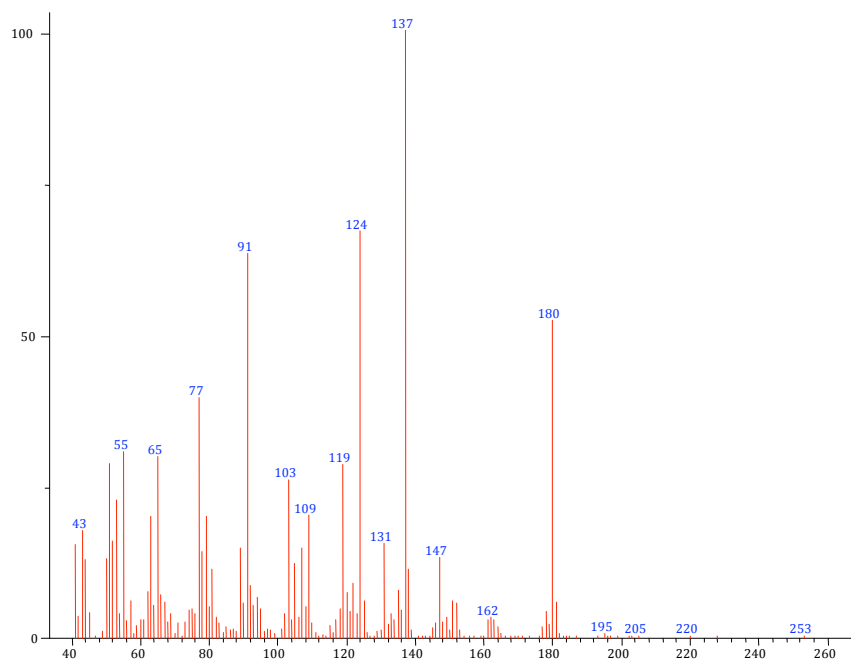
(Text File) Average of 10.696 to 10.720 min.: 0301003.D\data.ms

Syringaldehyde

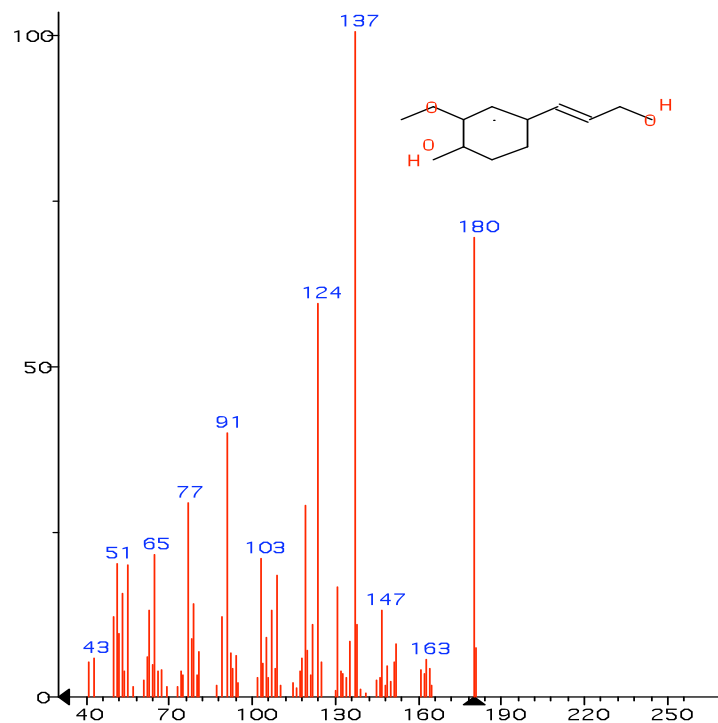


(replib) Benzaldehyde, 4-hydroxy-3,5-dimethoxy-

11.399 min

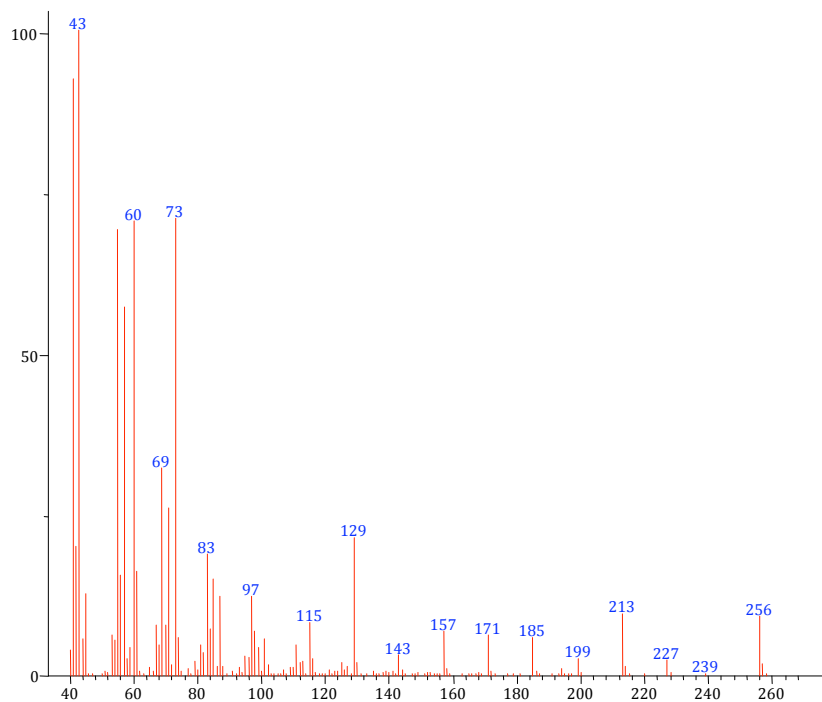


(Text File) Scan 1478 (11.402 min): 0301003.D\data.ms

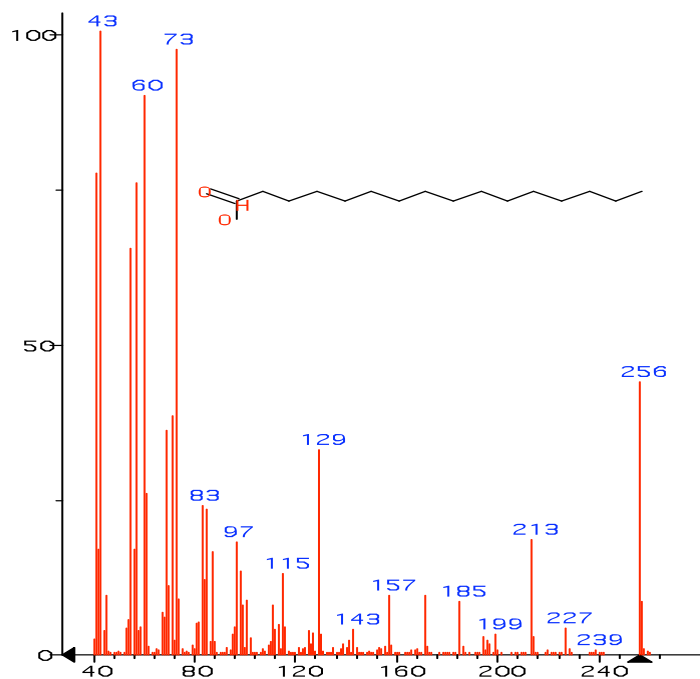


(mainlib) 4-((1E)-3-Hydroxy-1-propenyl)-2-methoxyphenol

13.17 min

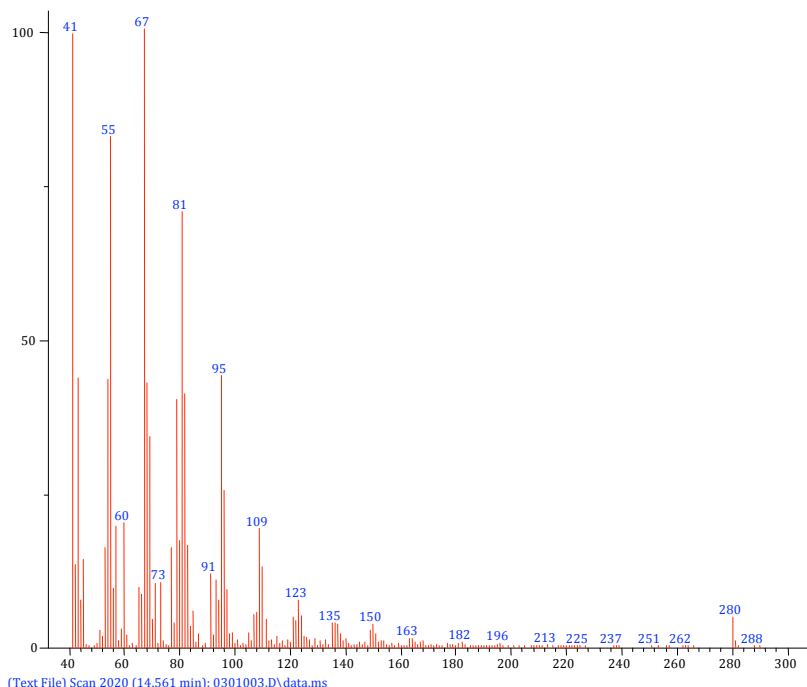


(Text File) Scan 1781 (13.168 min): 0301003.D\data.ms

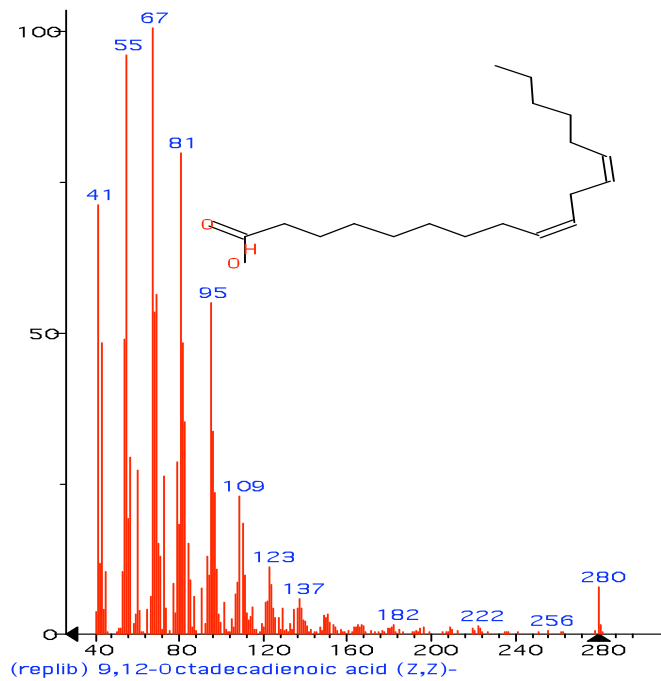


(replib) n-Hexadecanoic acid

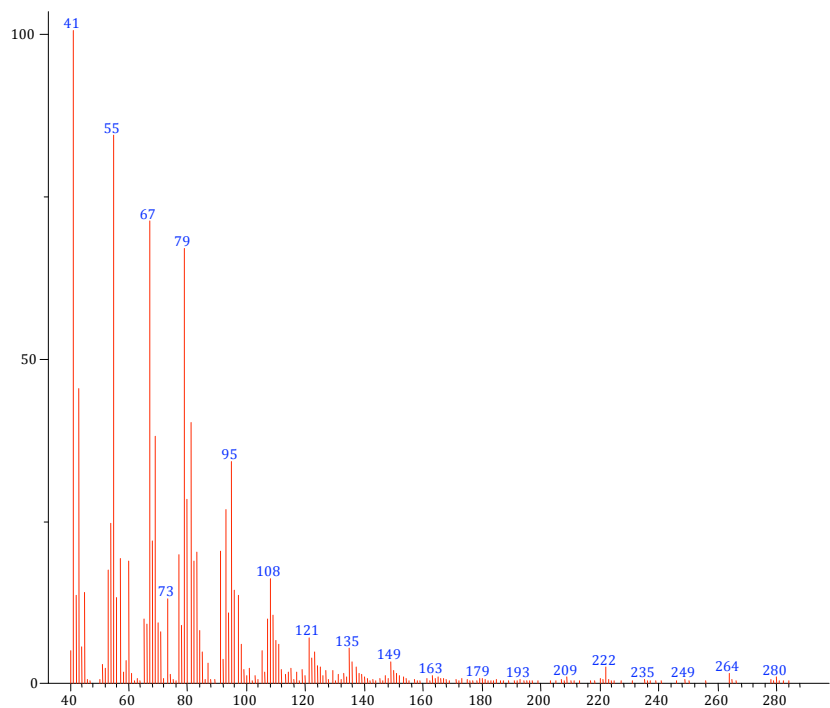
14.59 min



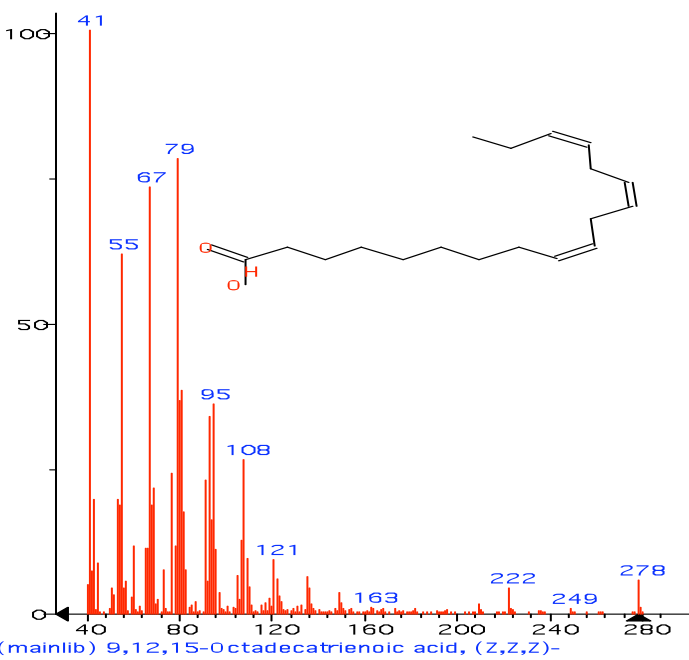
Linoleic acid



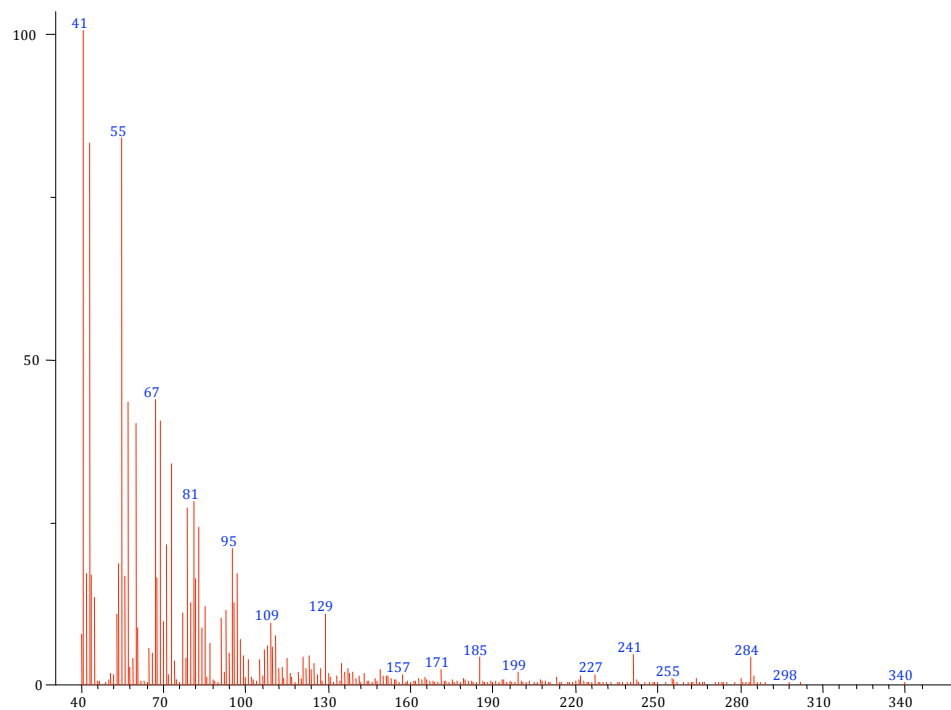
14.64 min



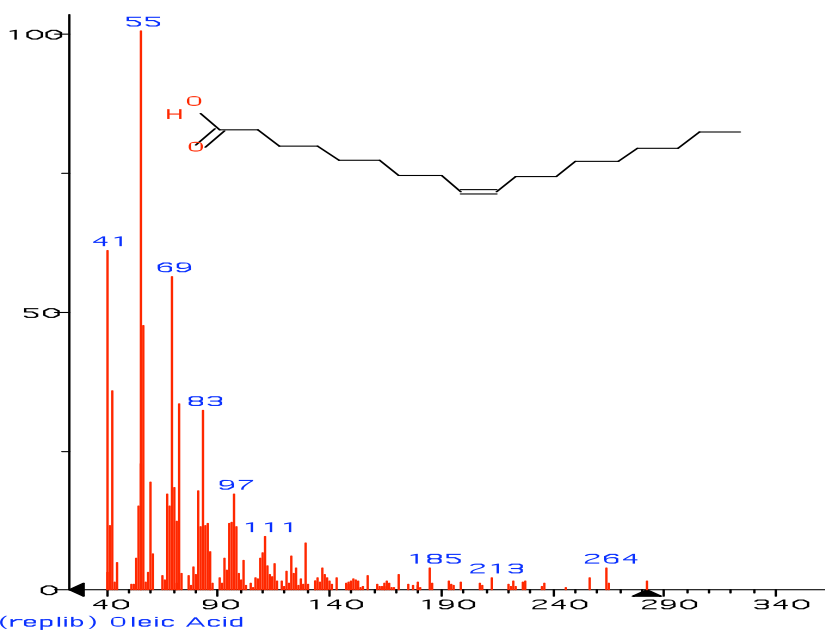
Linolenic acid



14.75 min

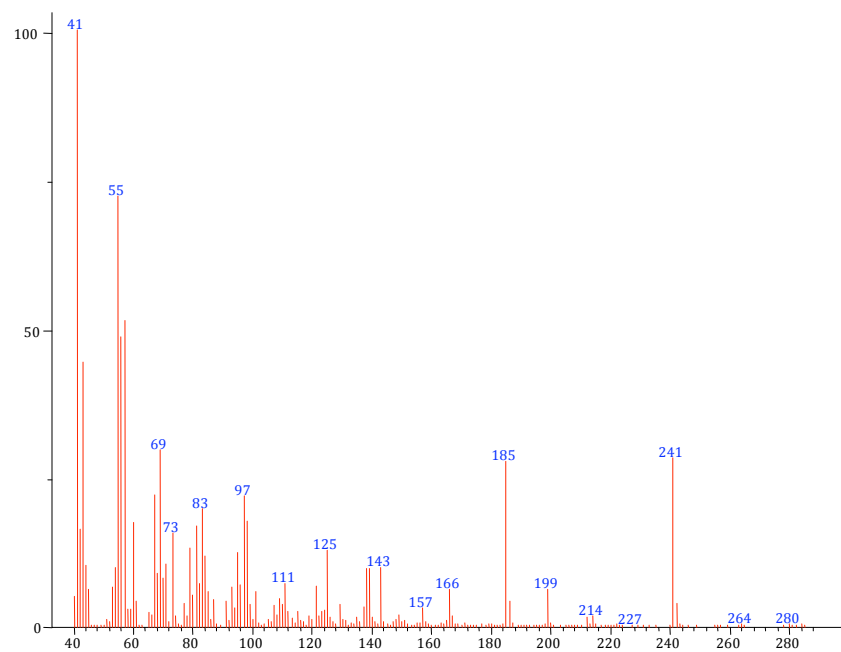


(Text File) Scan 2054 (14.759 min): 0301003.D\data.ms

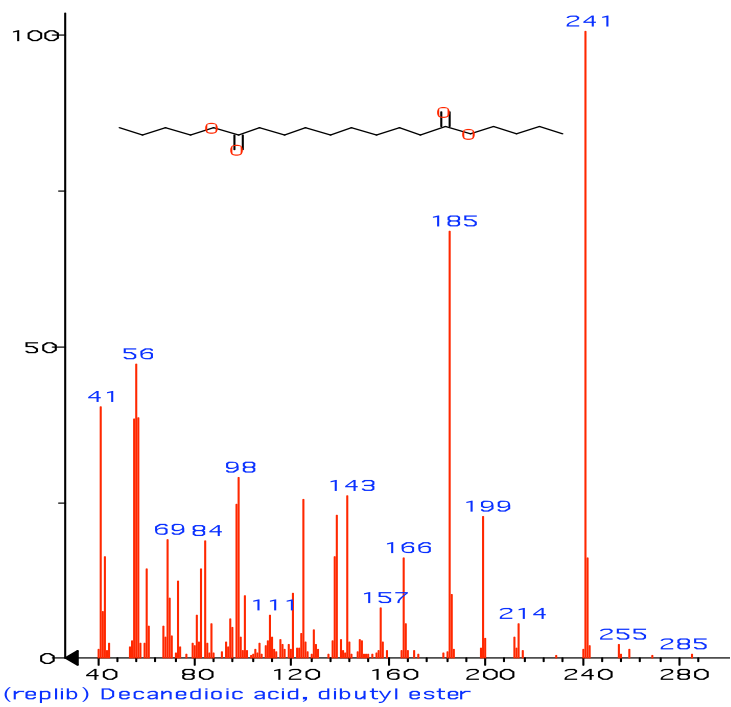


(replib) Oleic Acid

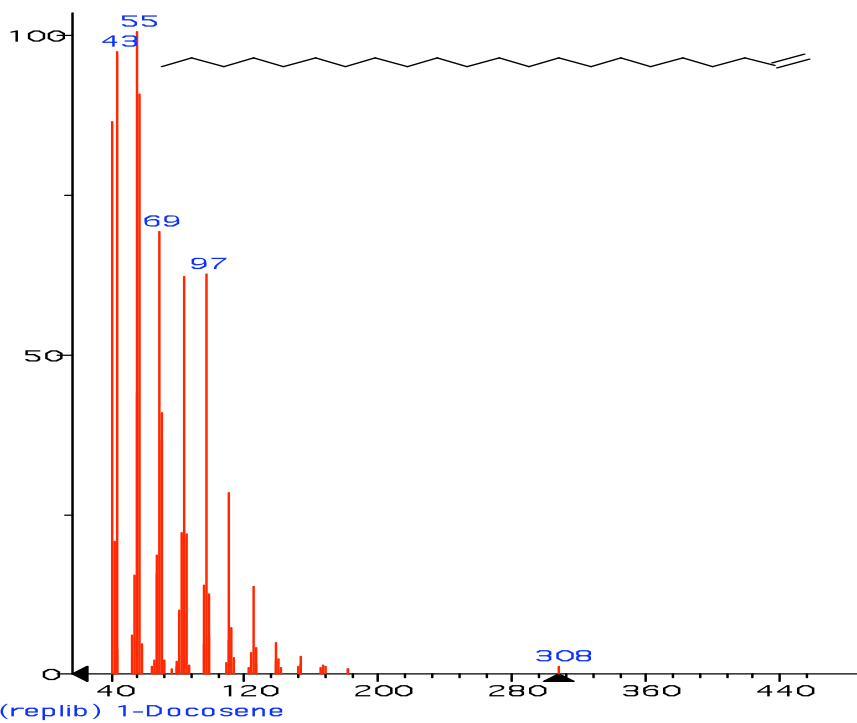
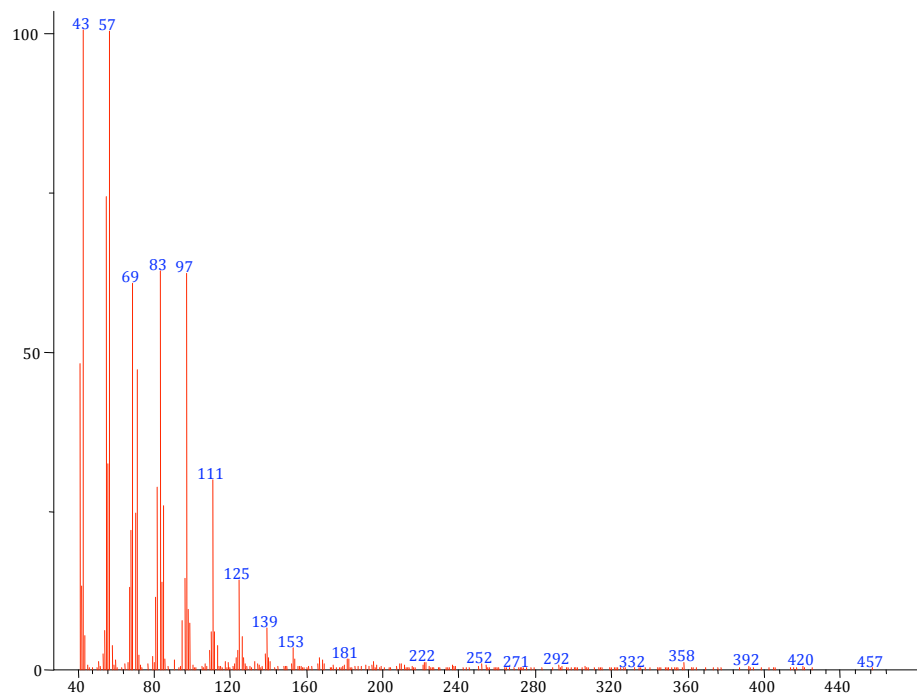
14.83 min



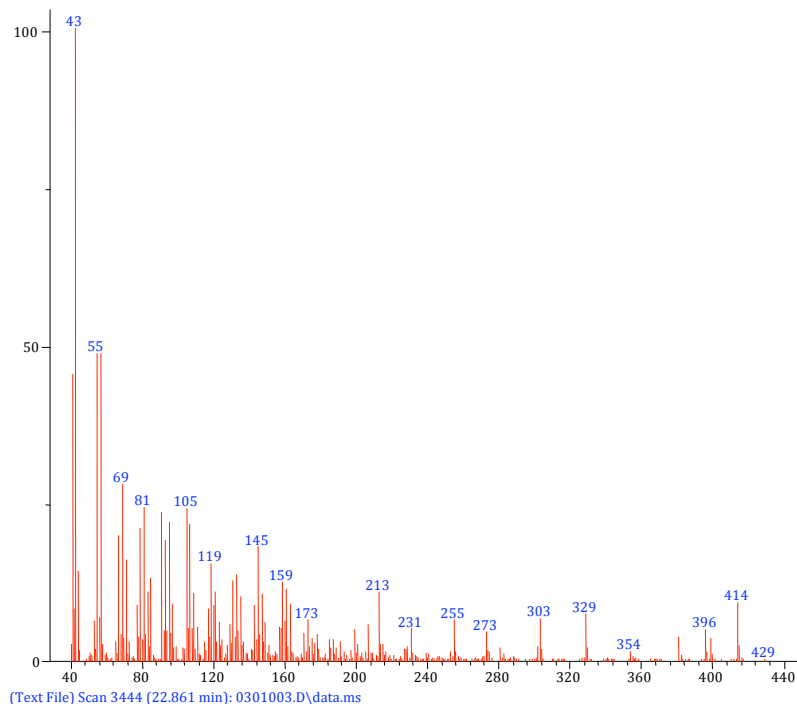
Dibutyl sebacate



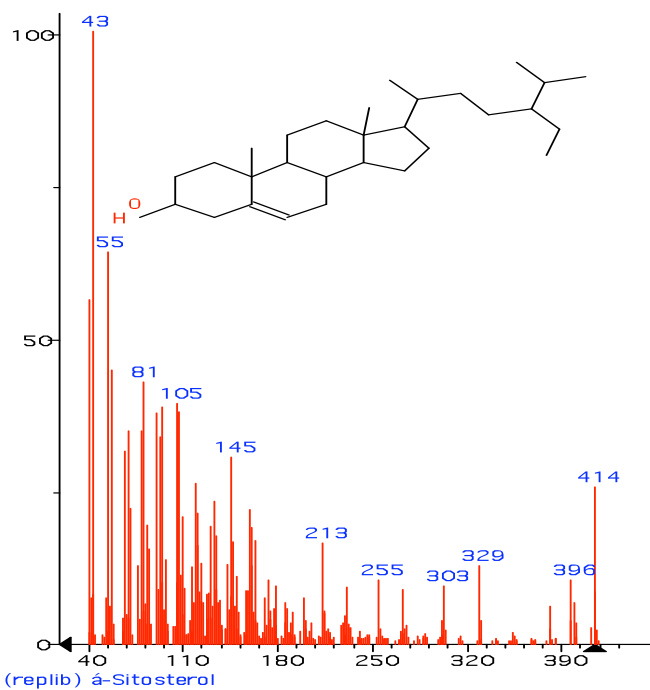
22.23 min



22.857 min

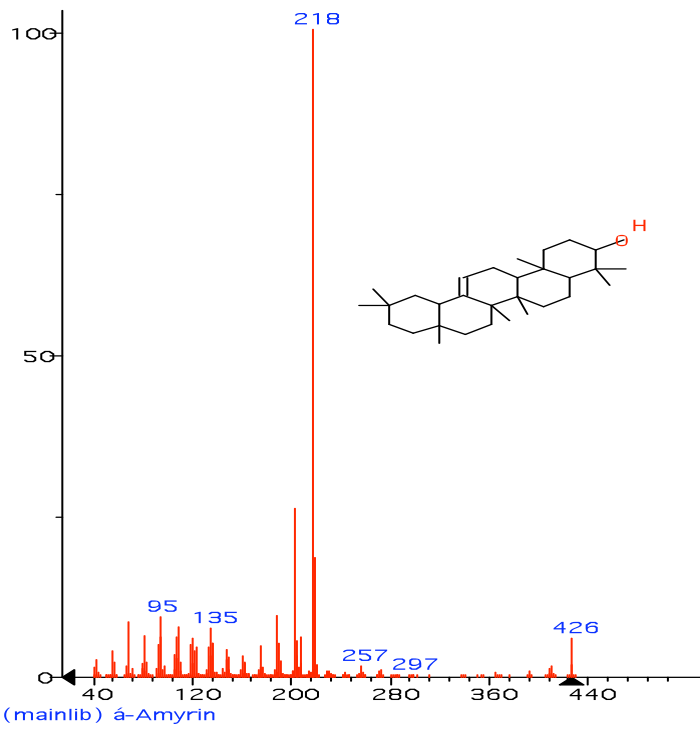
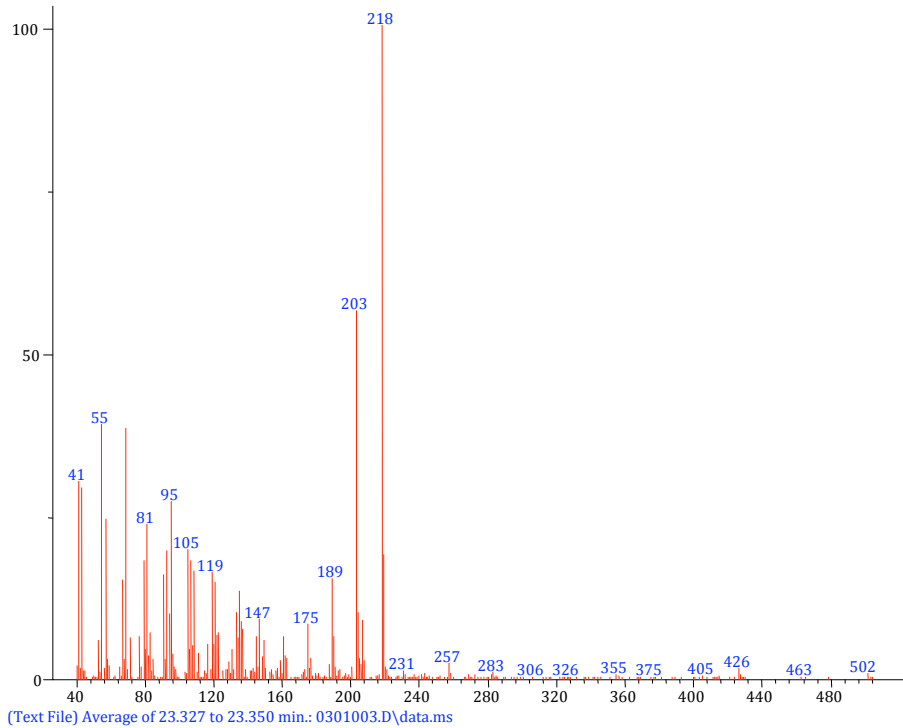


(Text File) Scan 3444 (22.861 min): 0301003.D\data.ms

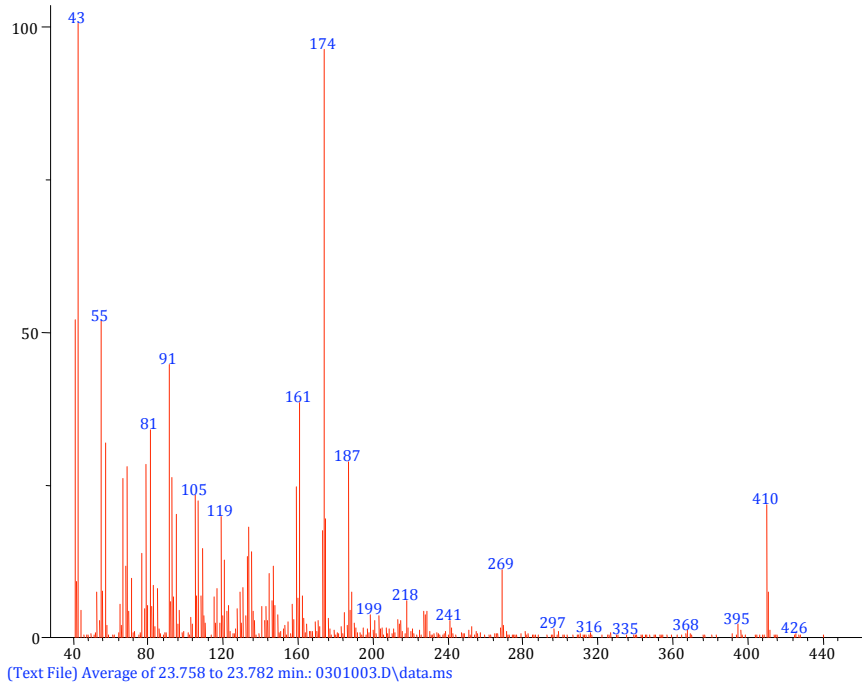


(replib) α -Sitosterol

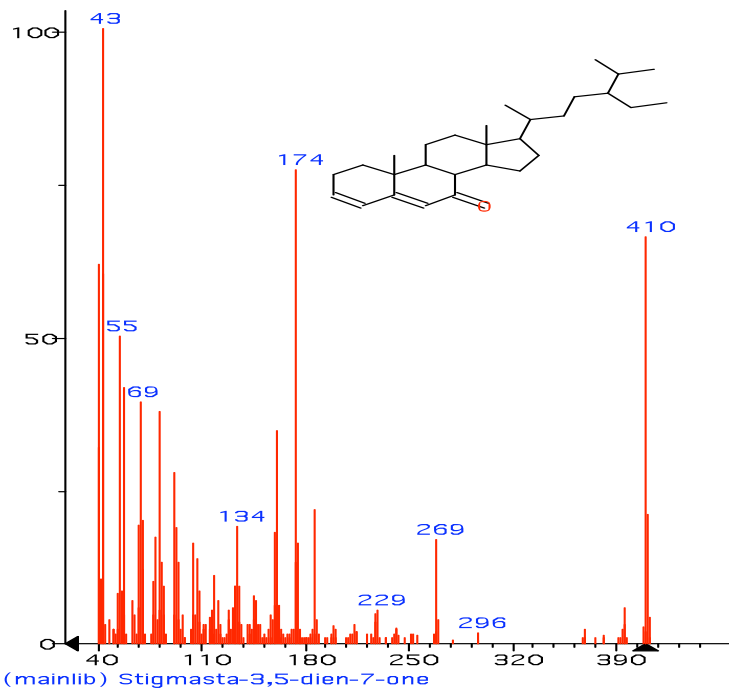
23.337 min



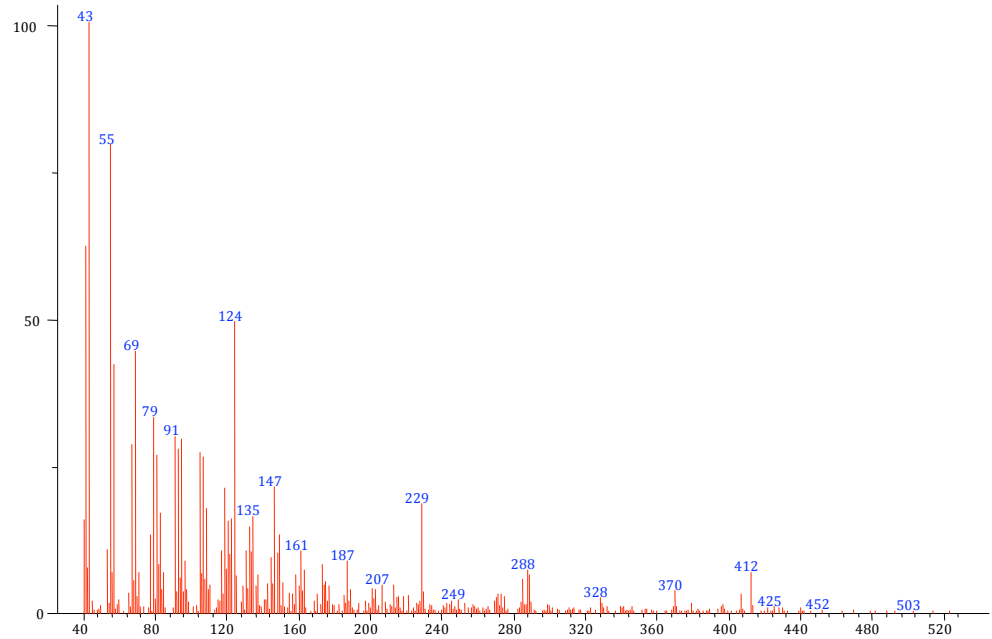
23.772 min



Tremulone

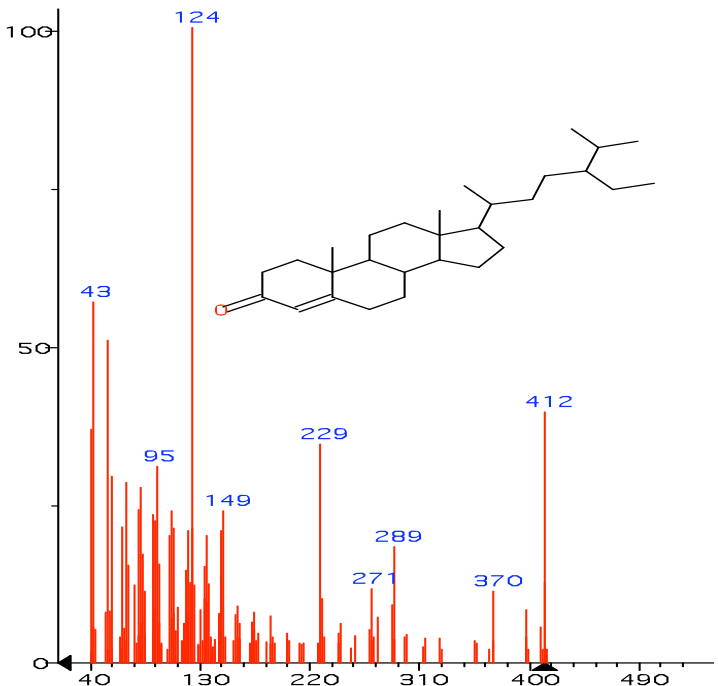


24.172 min



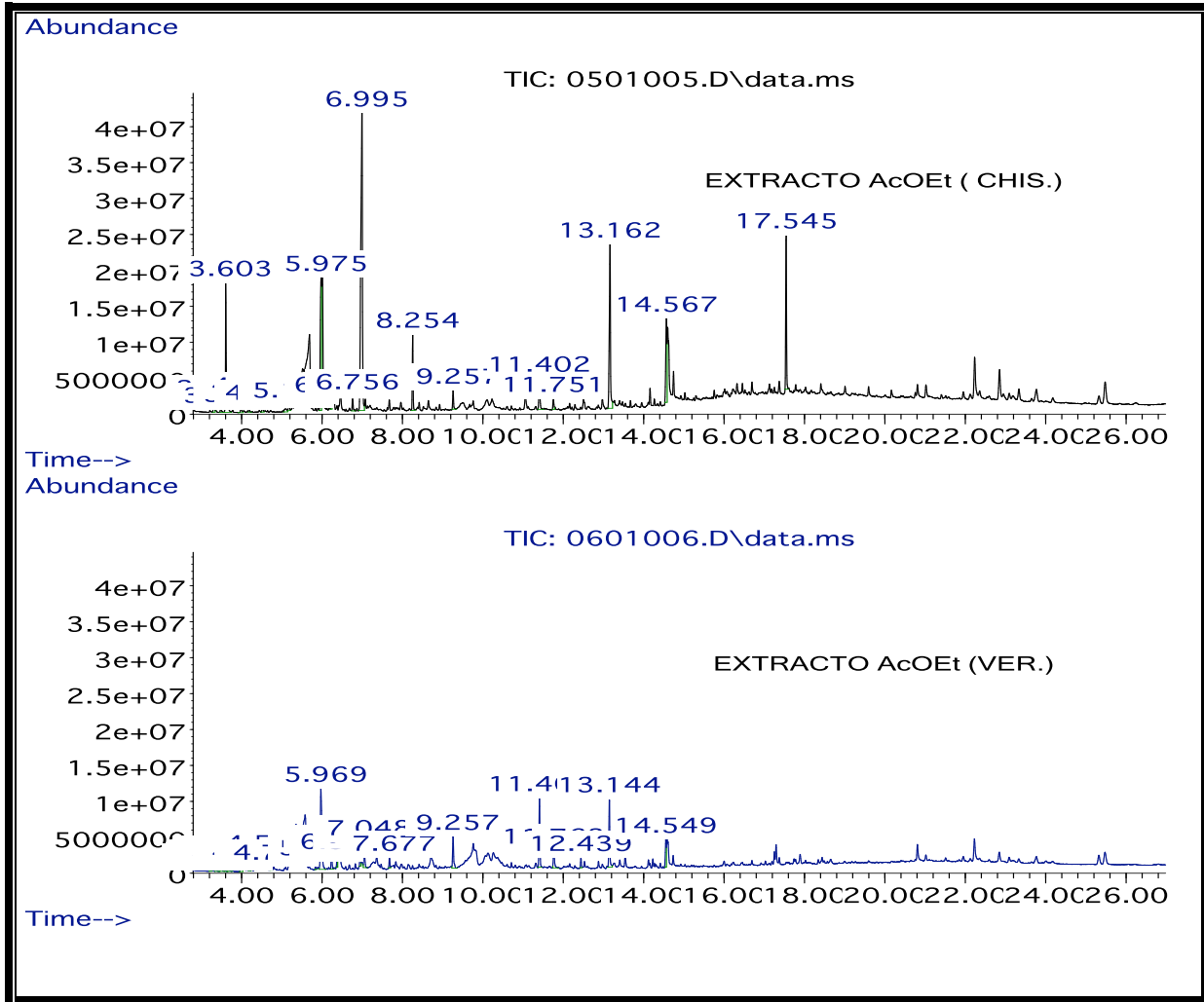
(Text File) Scan 3670 (24.178 min): 0301003.D\data.ms (-3656)

Sitostenone

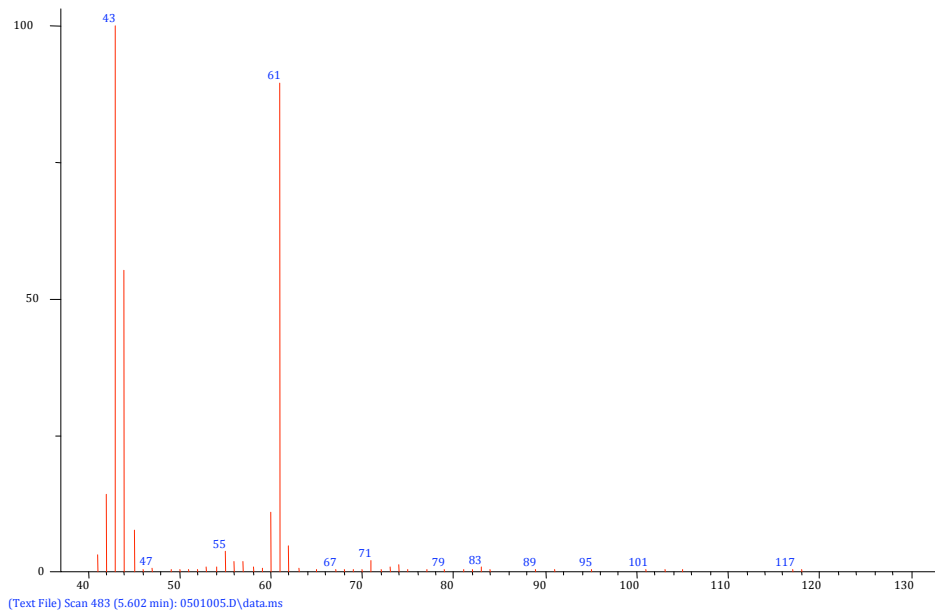


(mainlib) Stigmast-4-en-3-one

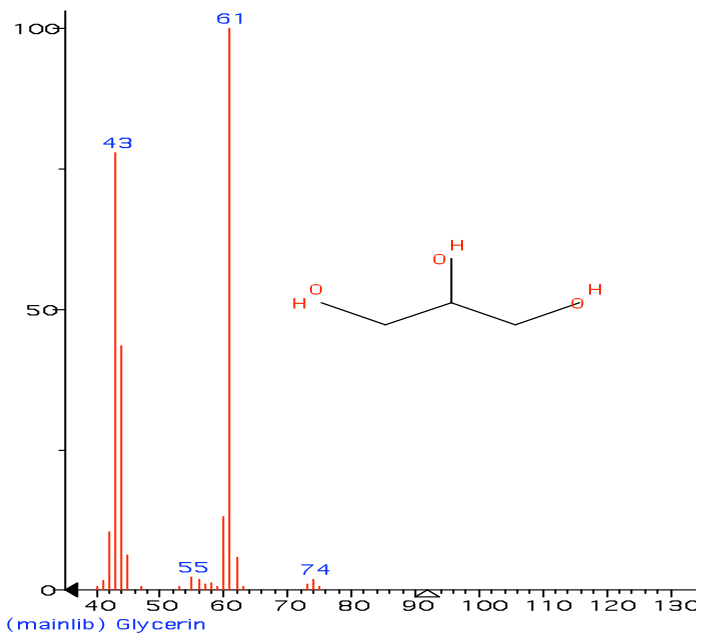
EXTRACTO ACOEt



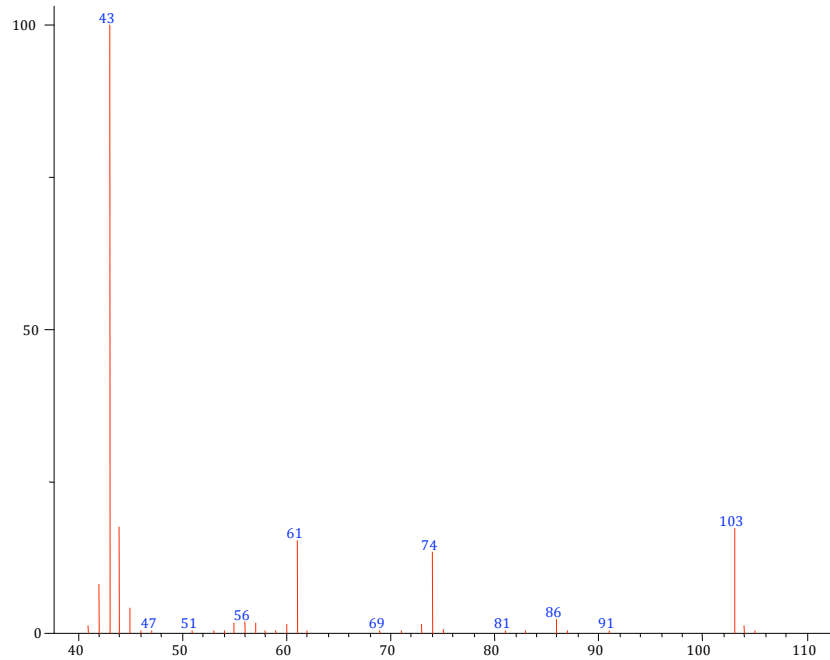
5.60 min



Glycerol

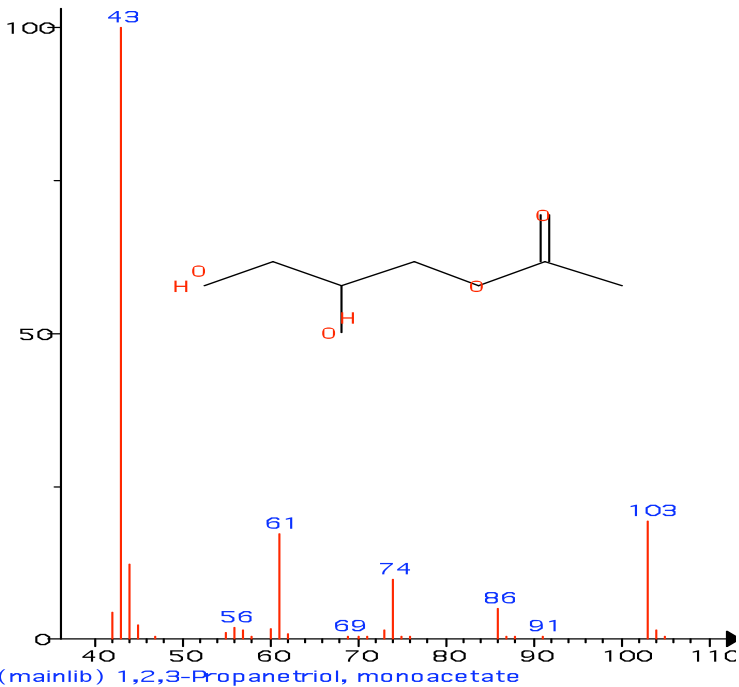


5.97 min



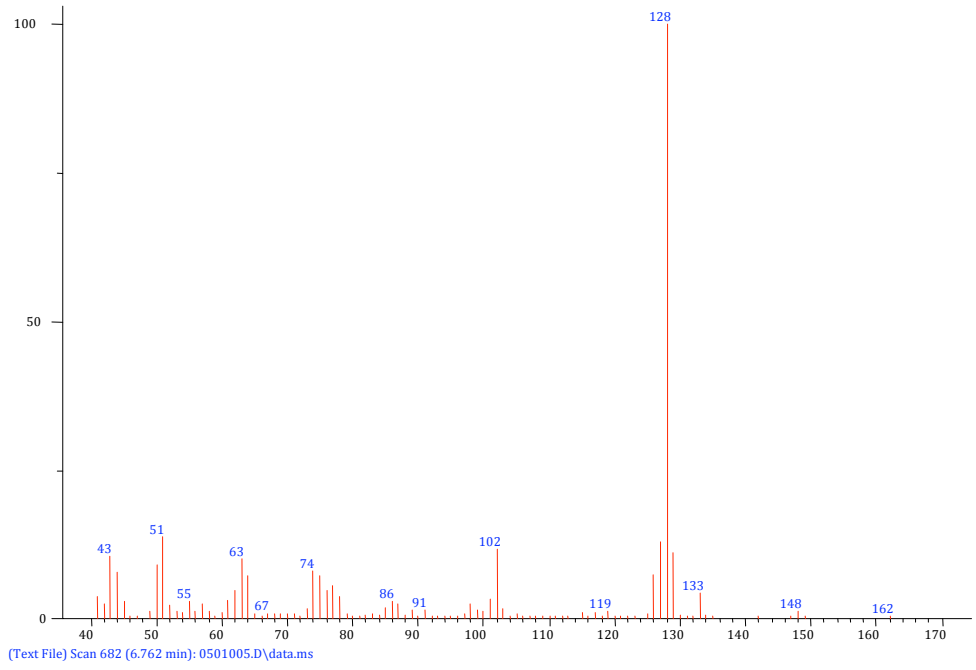
[Text File] Scan 547 (5.975 min): 0501005.D\data.ms

Monoacetato de glicerol

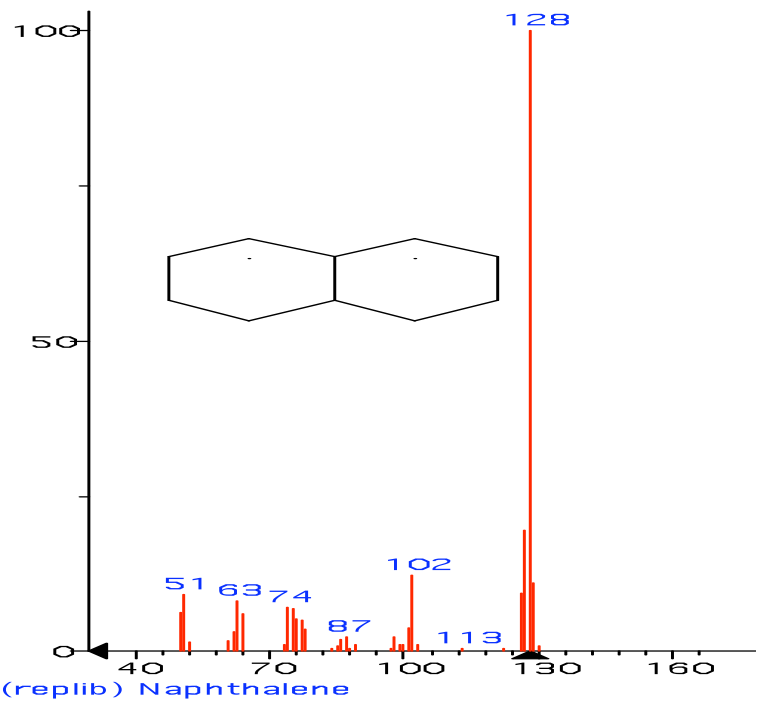


(mainlib) 1,2,3-Propanetriol, monoacetate

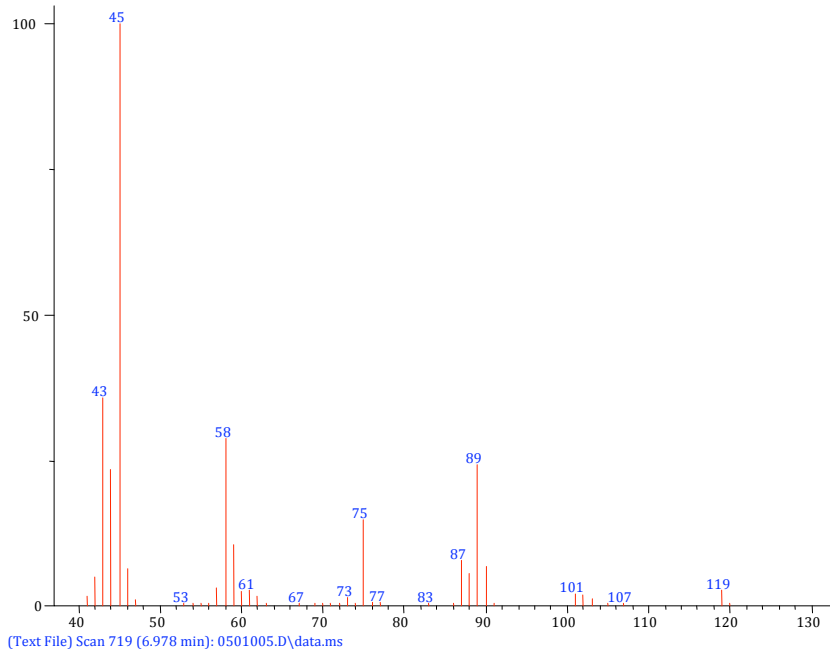
6.76 min



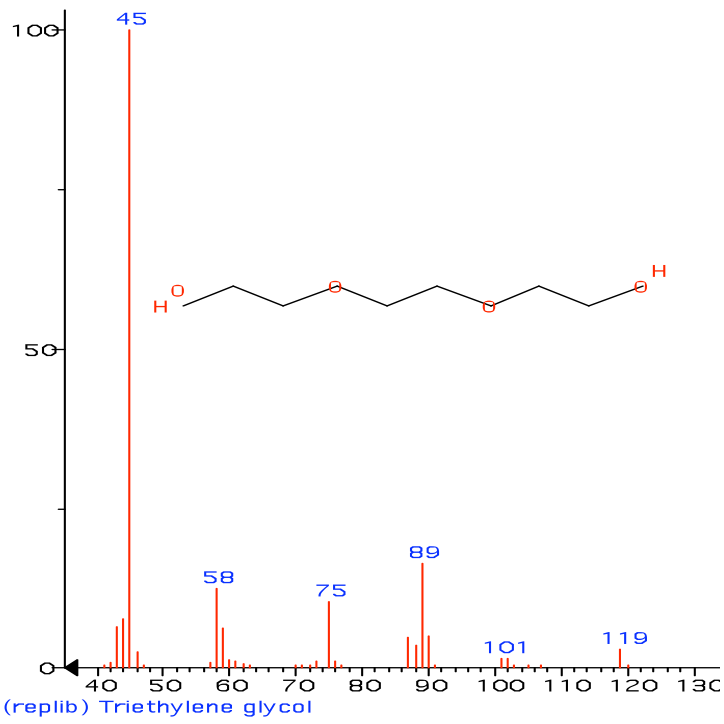
Naftaleno



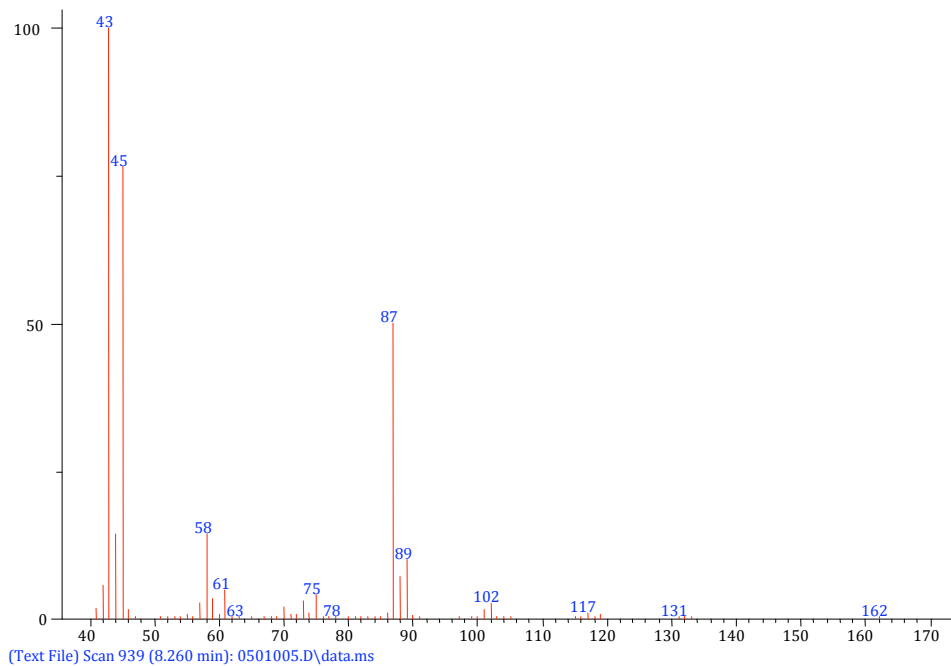
6.97 min



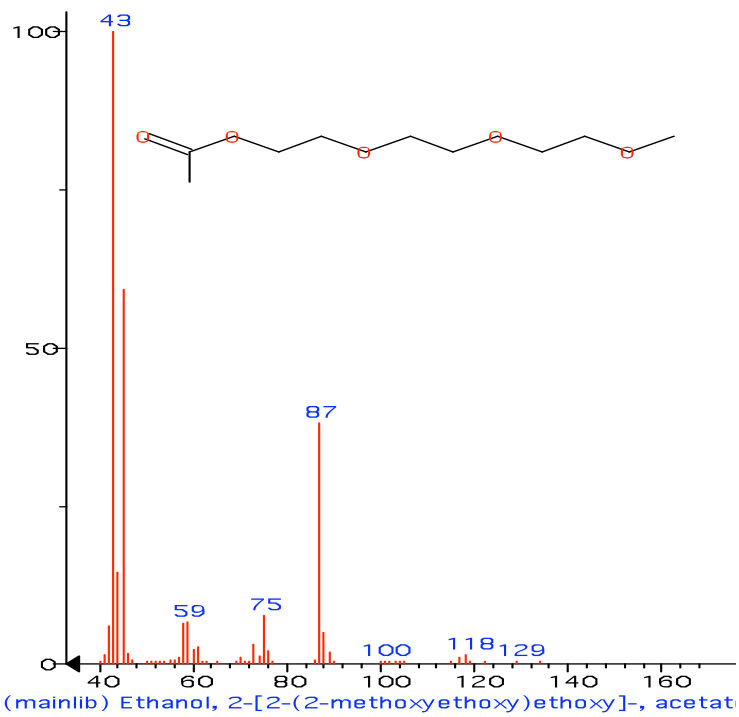
Trietilenglicol



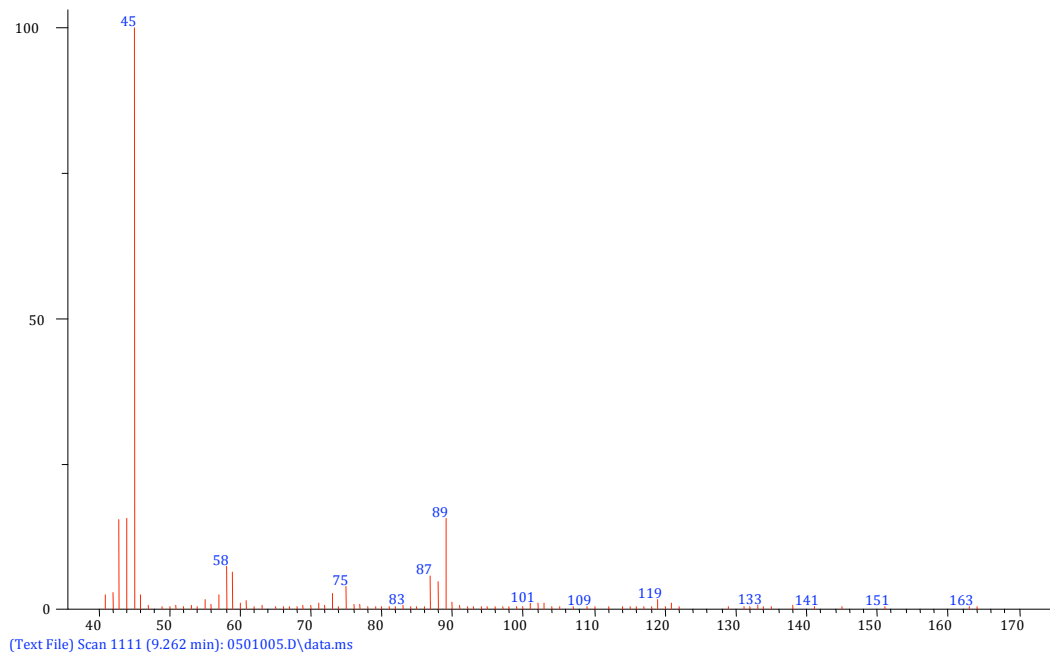
8.26 min



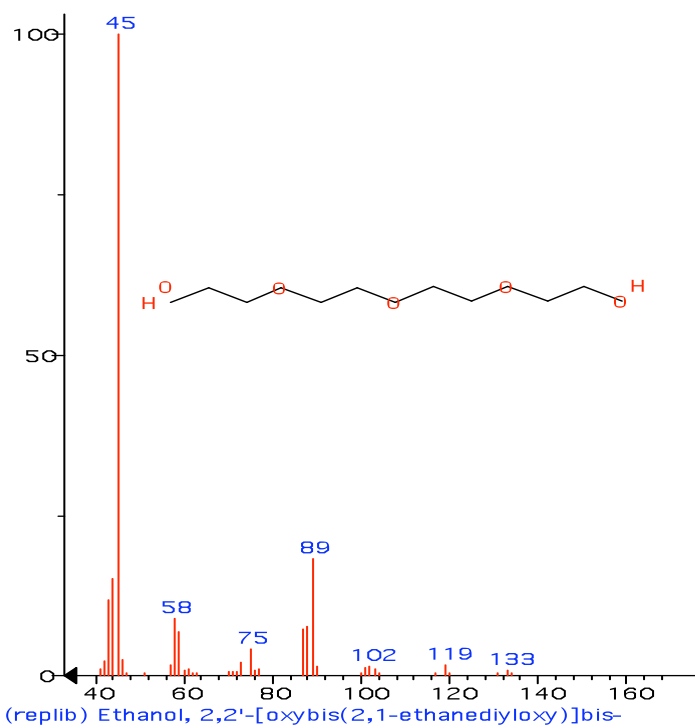
acetato de trietilenglicol monometileter acetato



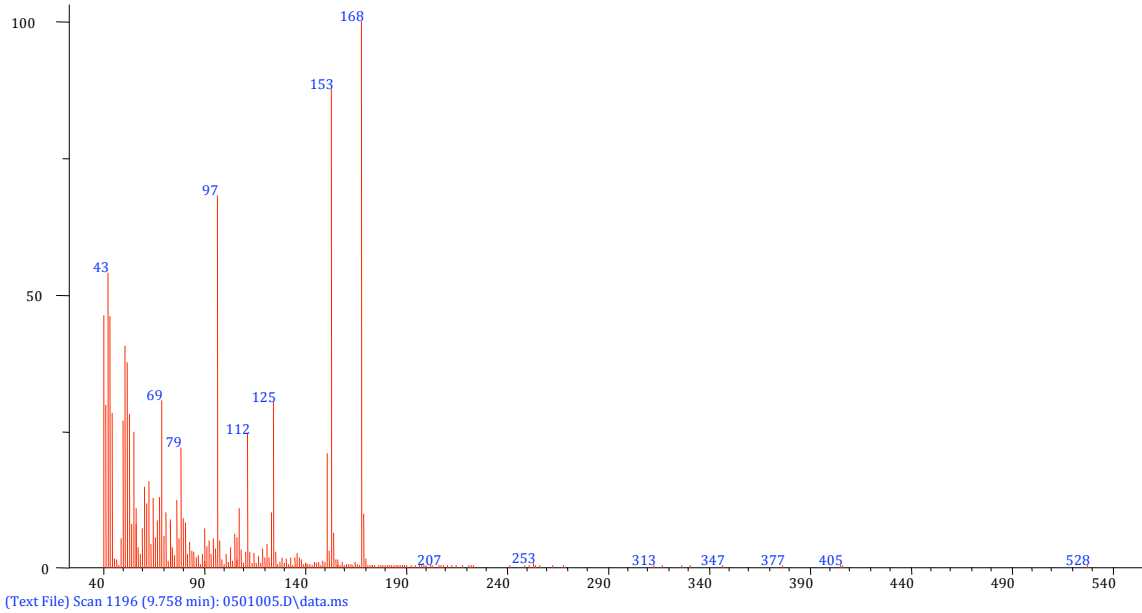
9.26 min



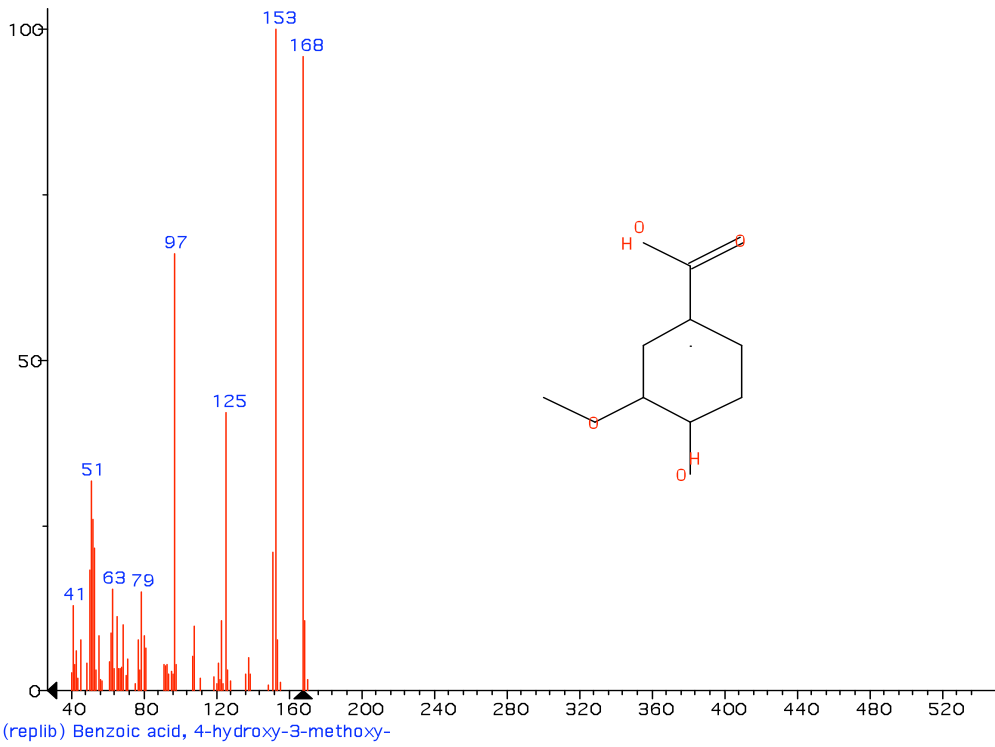
tetraetilenglicol



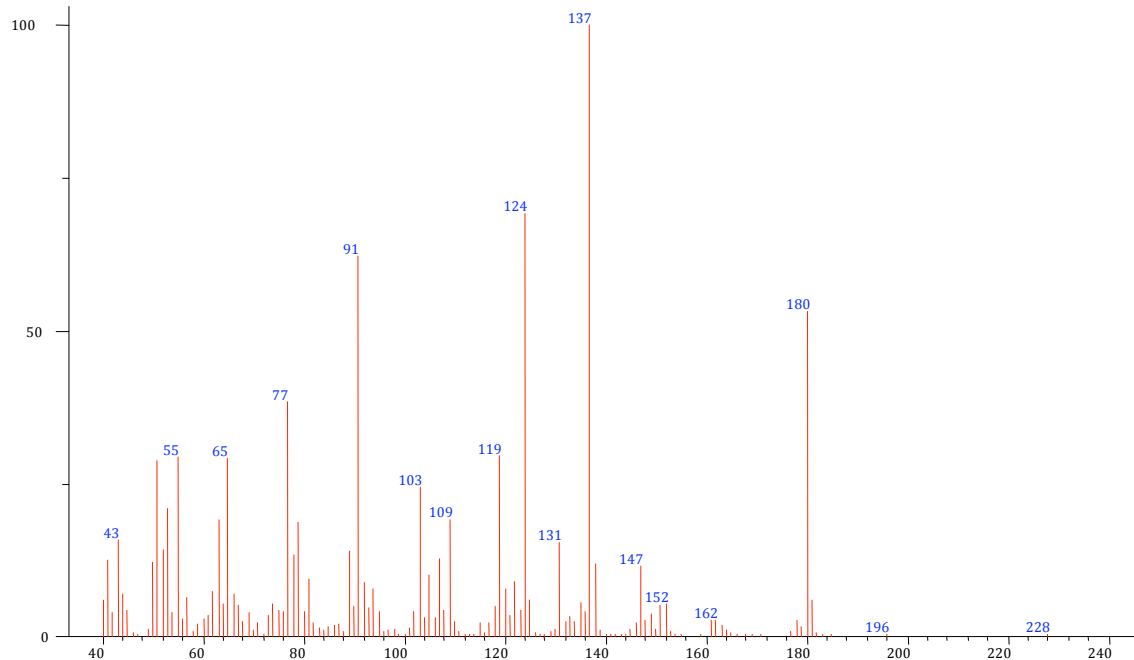
9.76 min



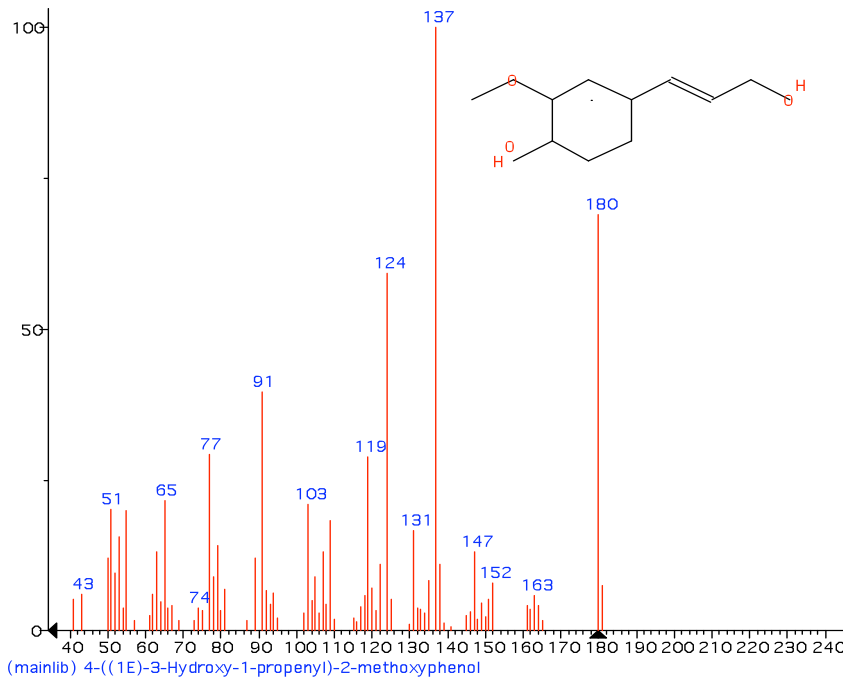
Acido vainillinico



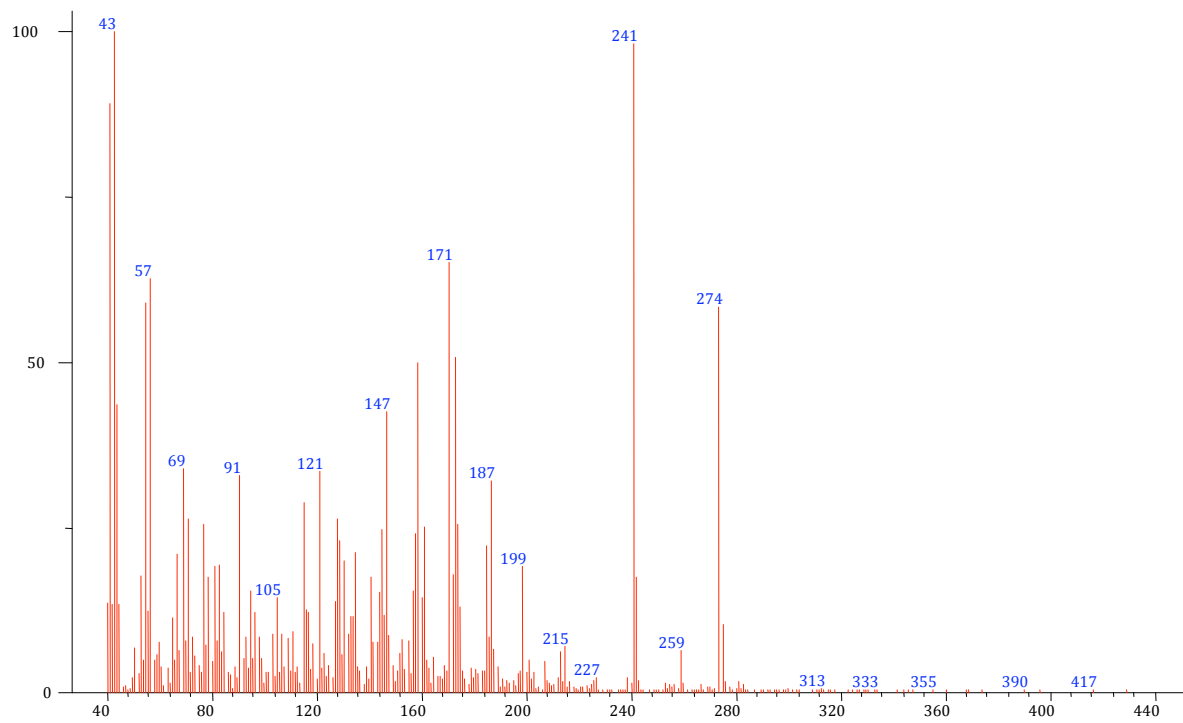
11.40 min



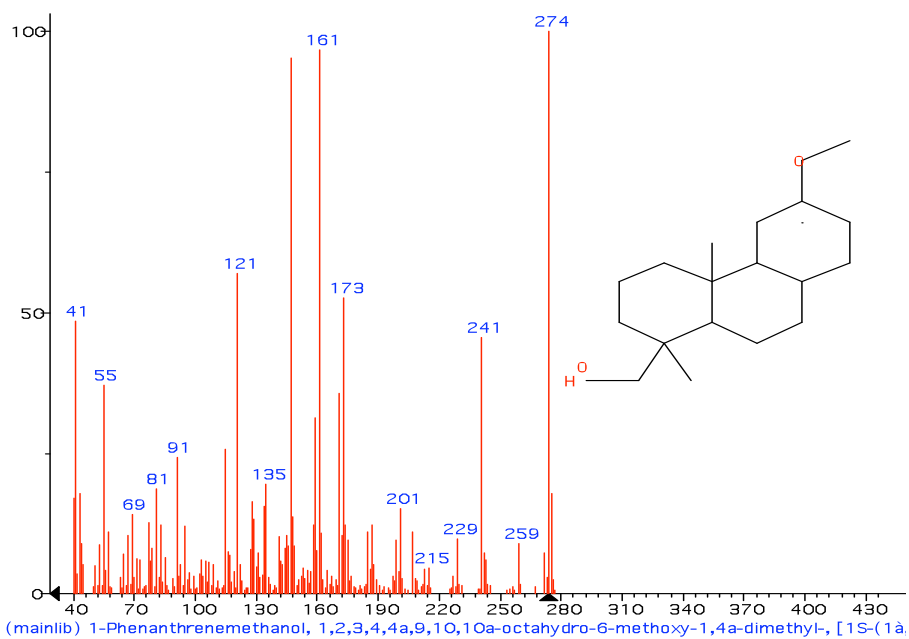
alcohol coniferilico



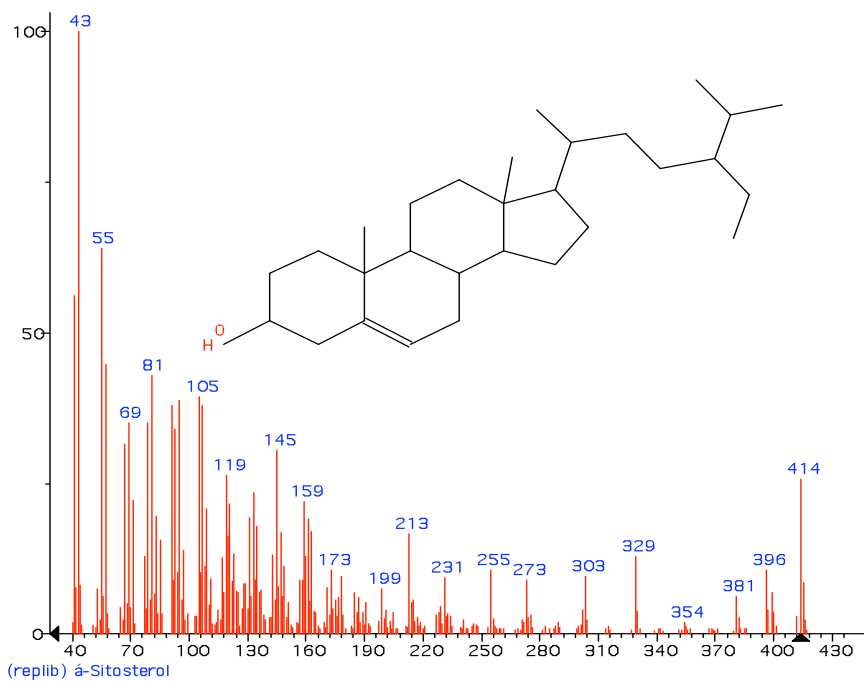
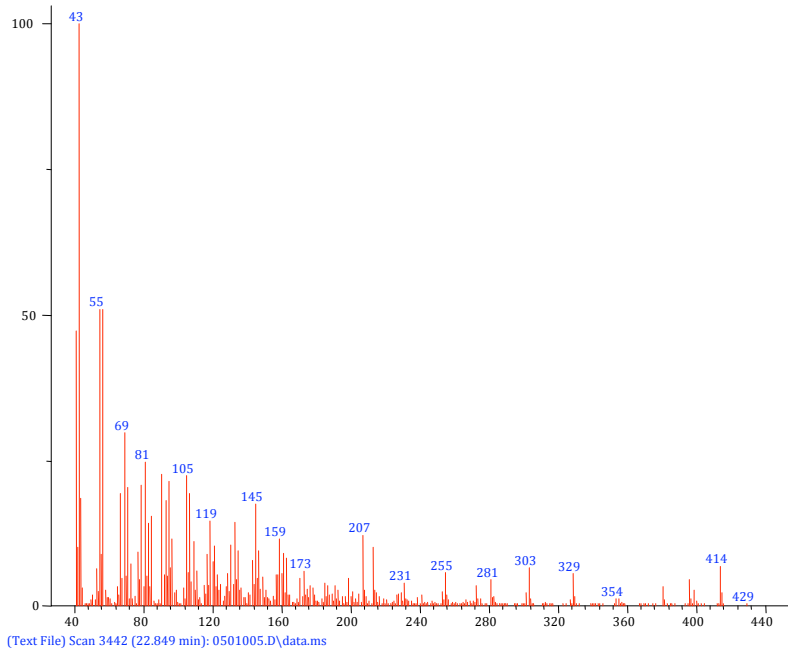
17.29 min



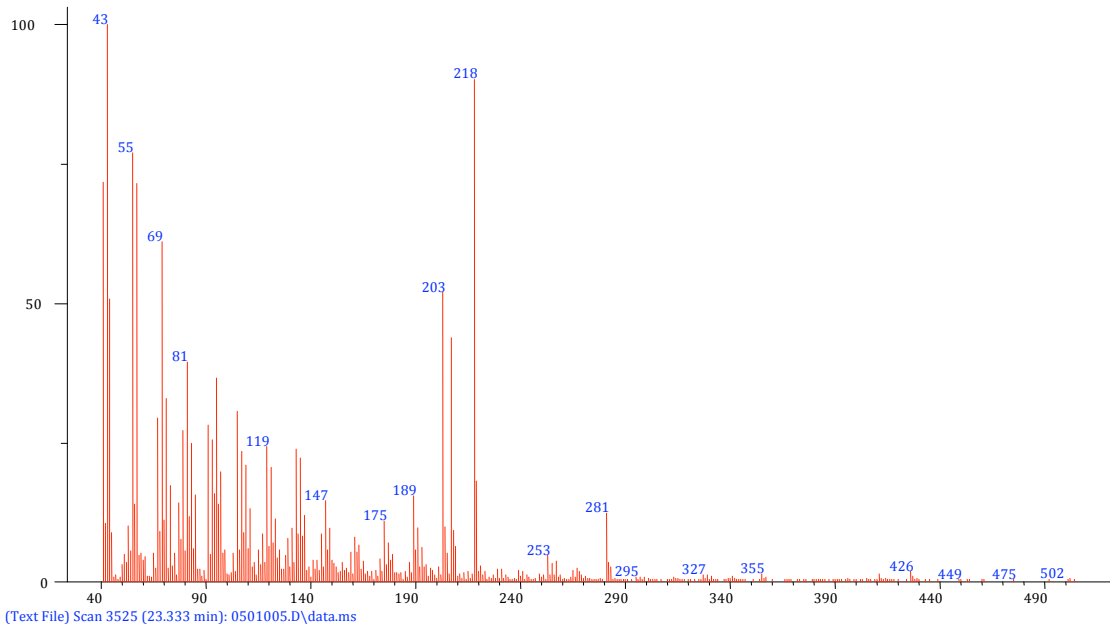
O-metil-podocarpinol



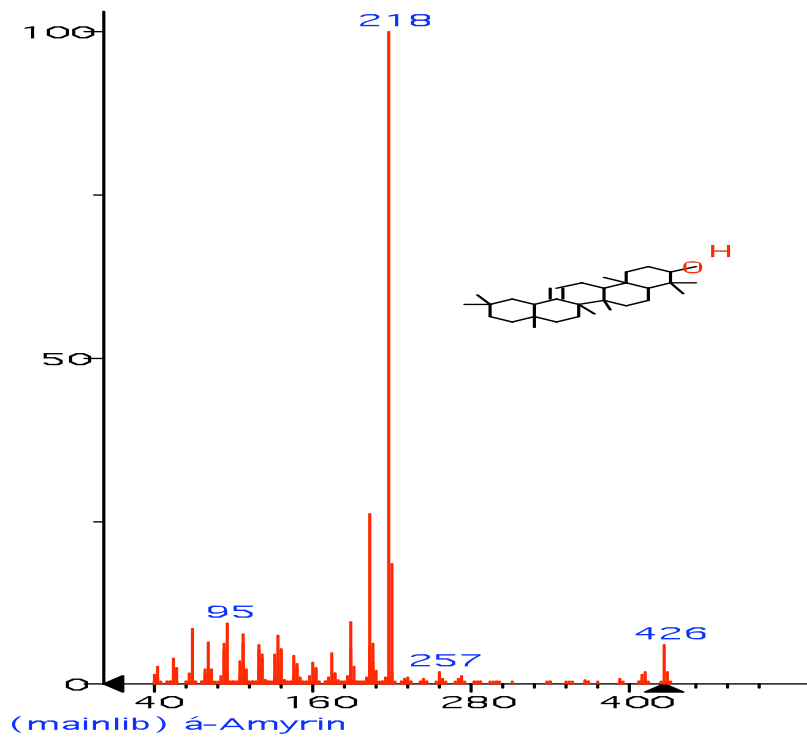
22.84 min



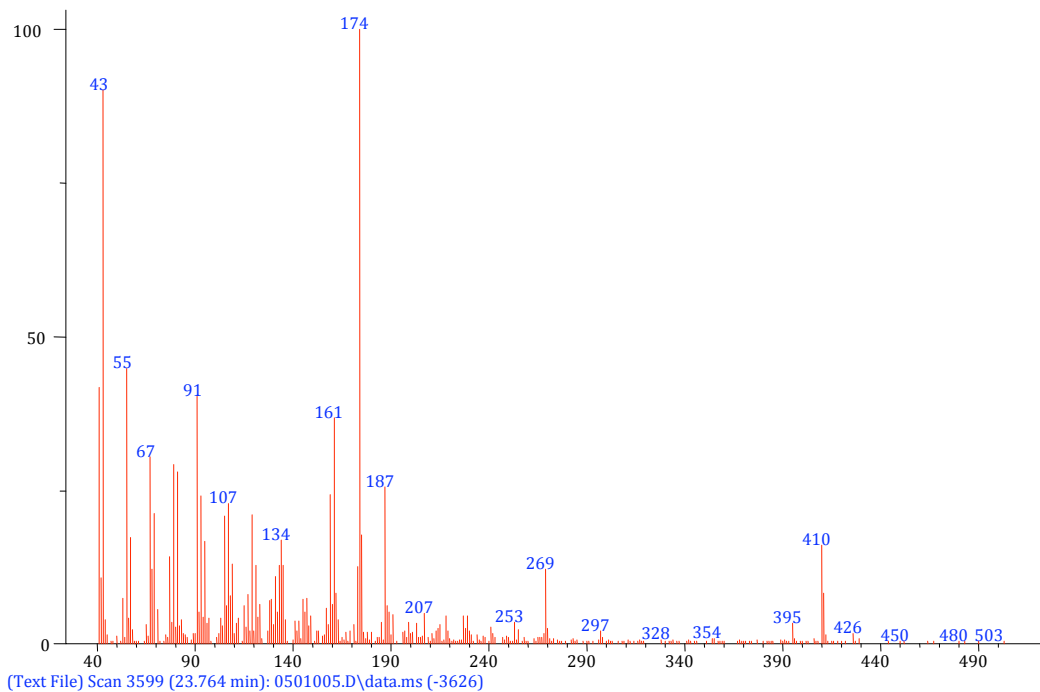
23.33 min



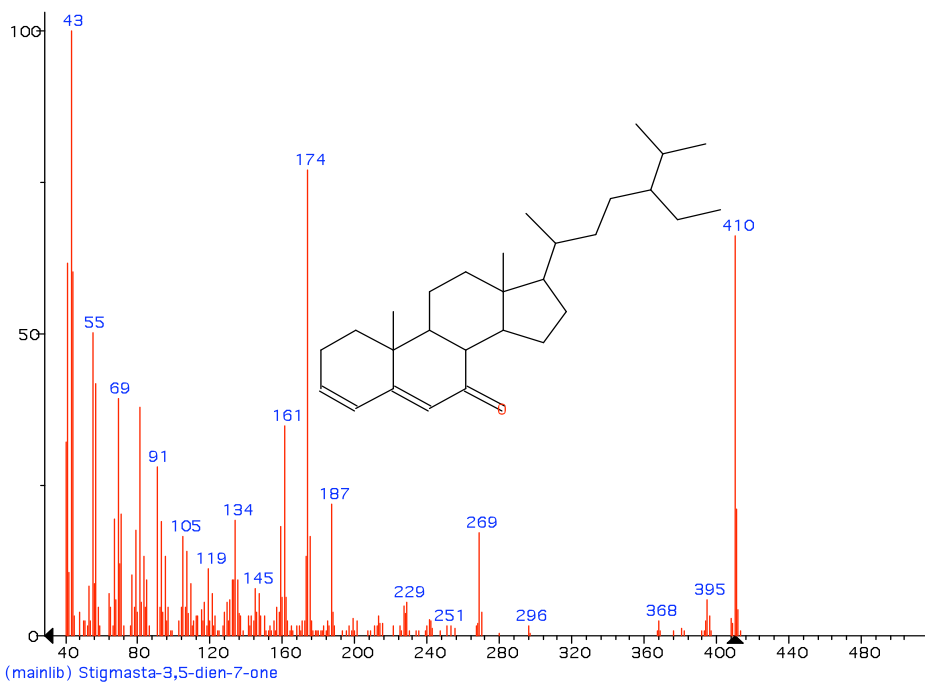
beta amyrina



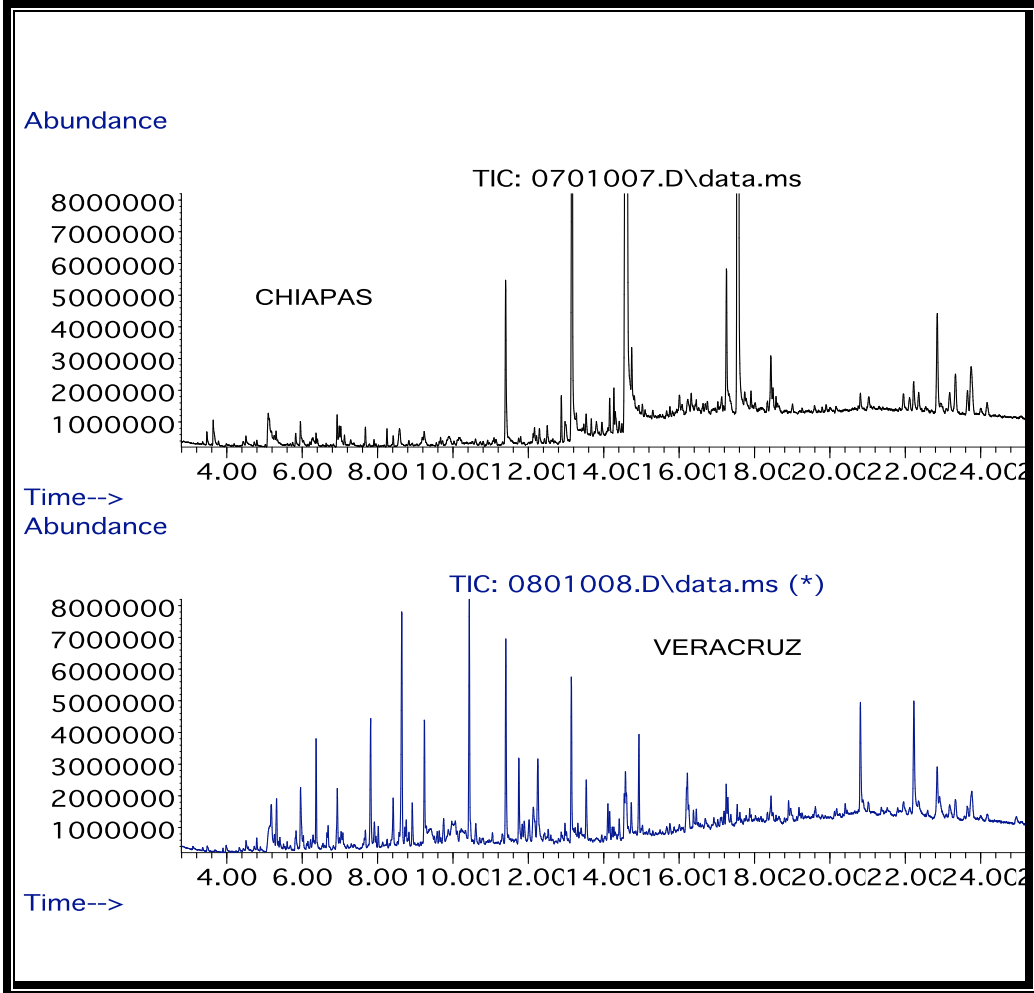
23.76 min



tremulona

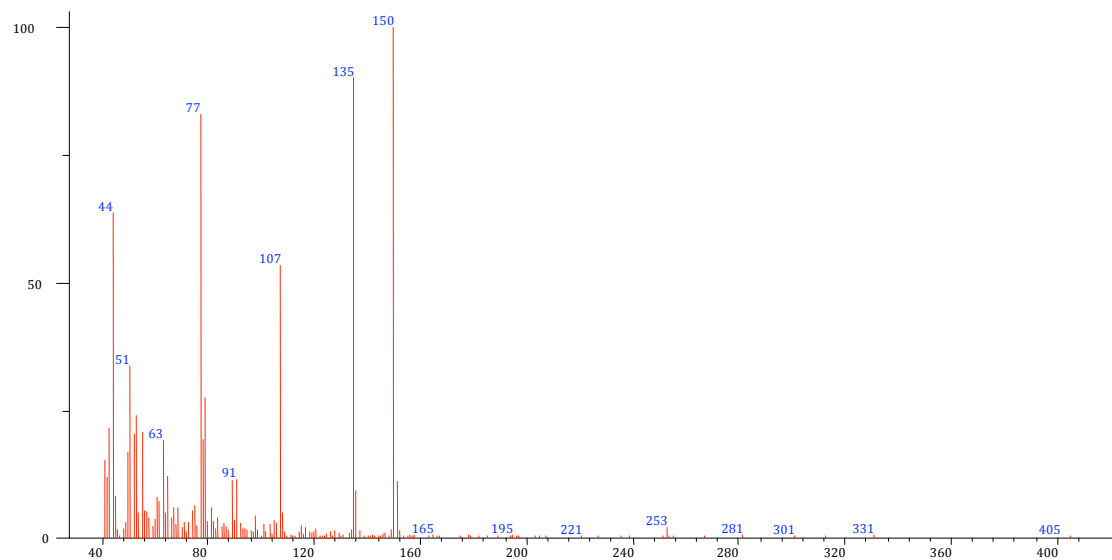


Metanolico



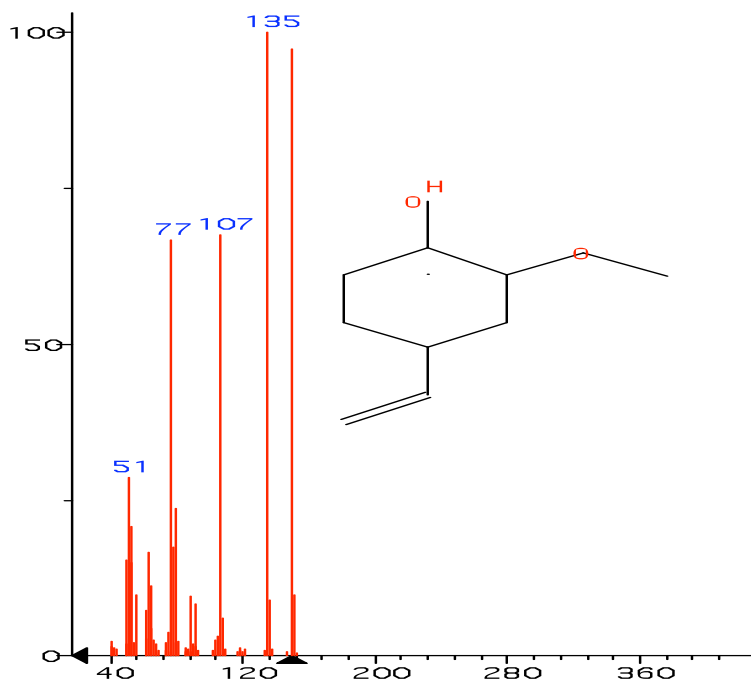
EXTRACTO METANOLICO (*Jatropha curcas* Chis.)

7.67 min



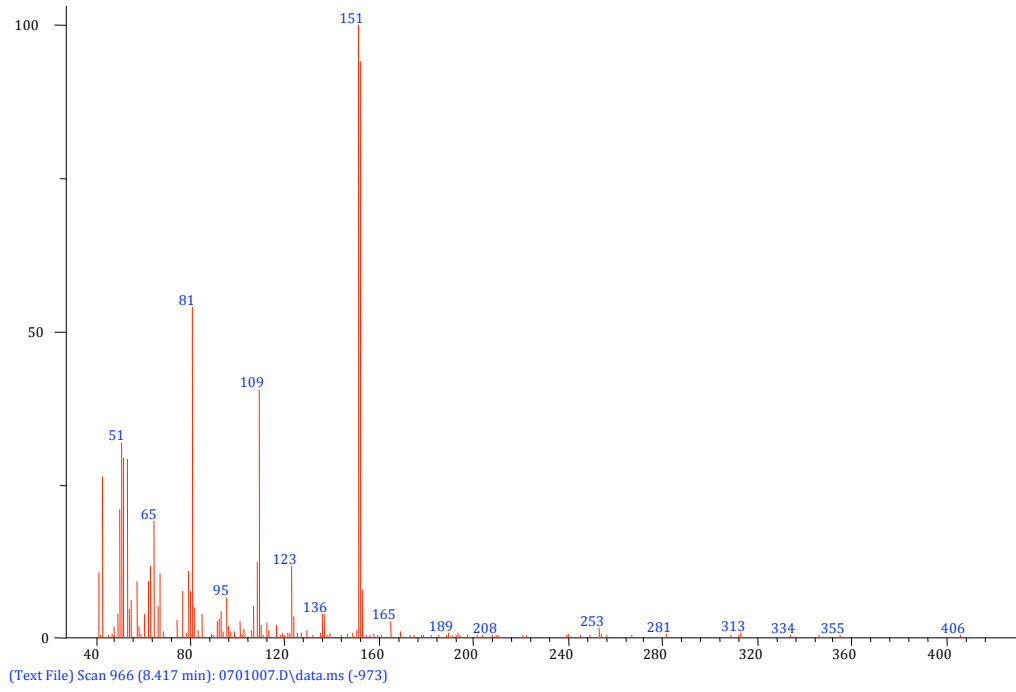
(Text File) Scan 838 (7.671 min): 0701007.D\data.ms

p-Vinilguaiacol

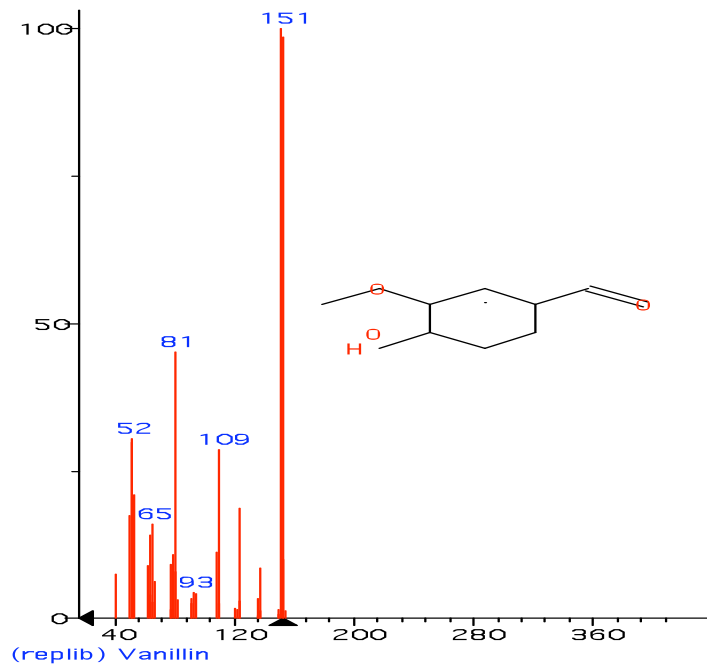


(mainlib) 2-Methoxy-4-vinylphenol

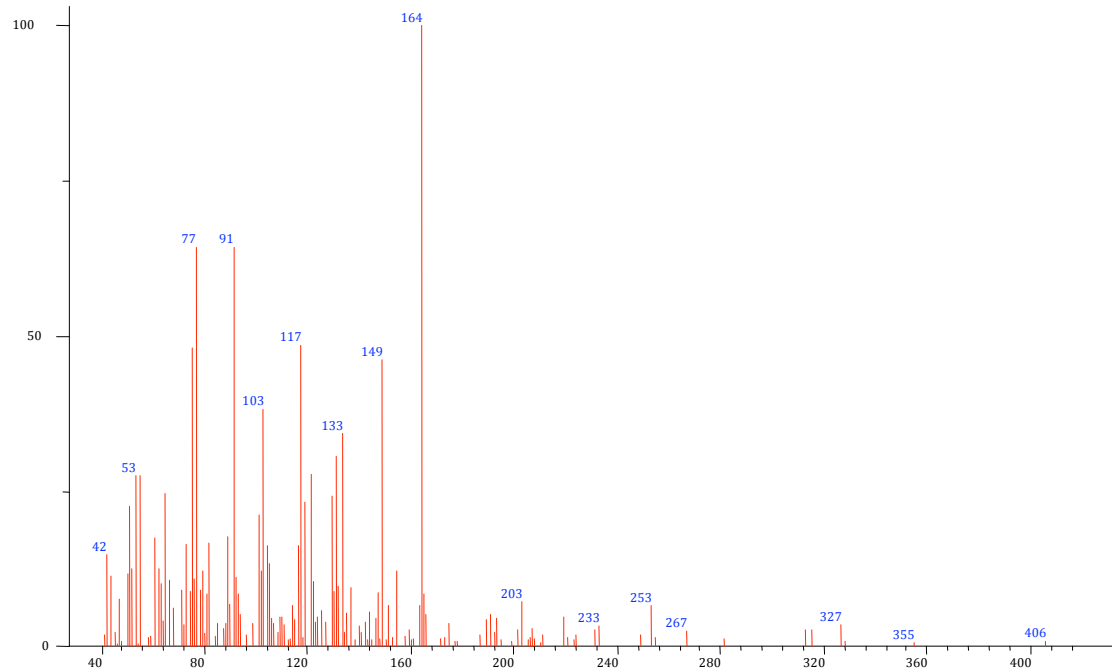
8.41 min



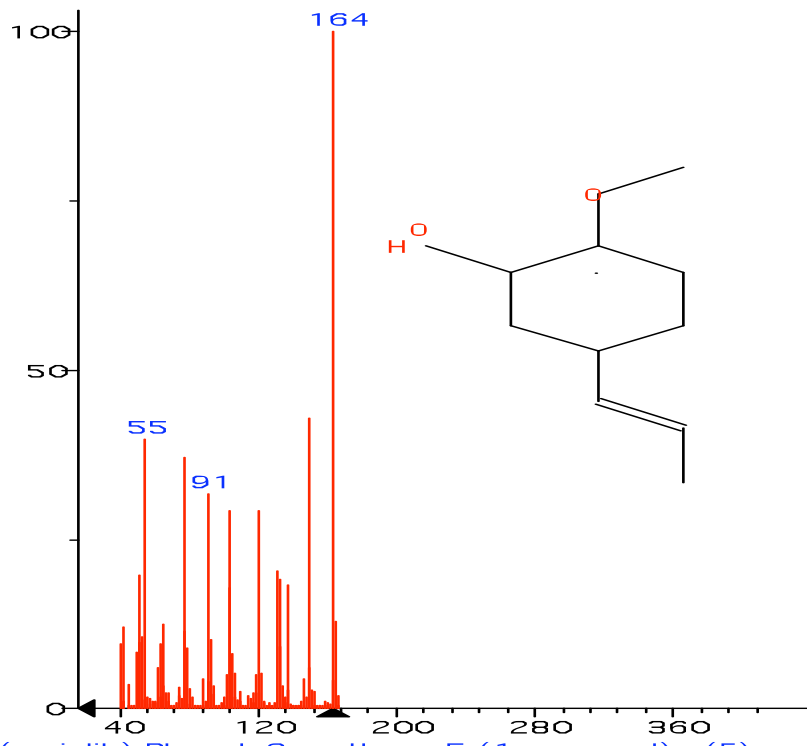
Vainillina



8.83 min

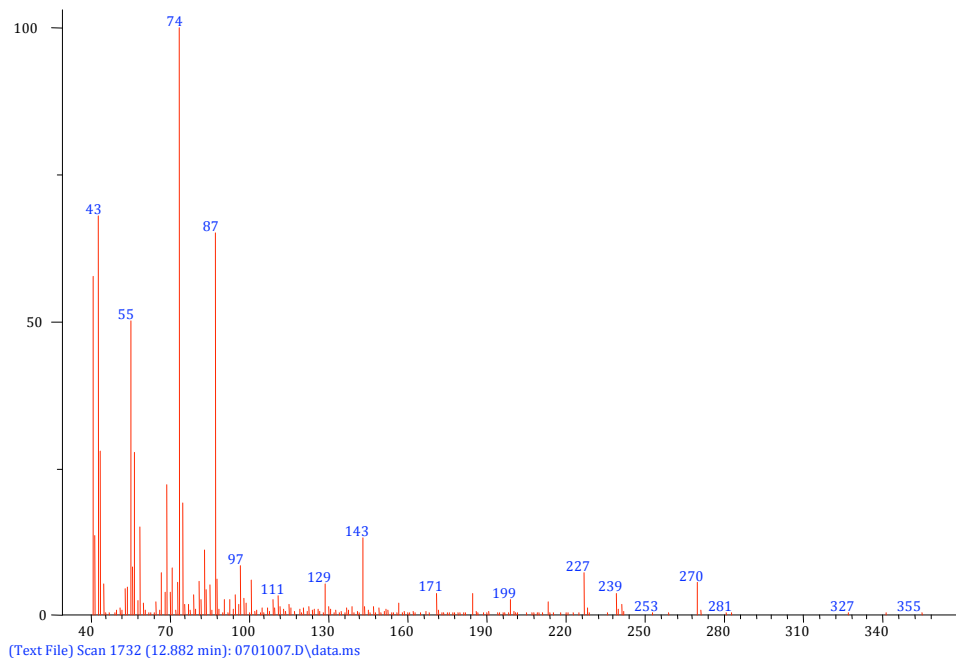


(Text File) Scan 1037 (8.831 min): 0701007.D\data.ms (-1018)

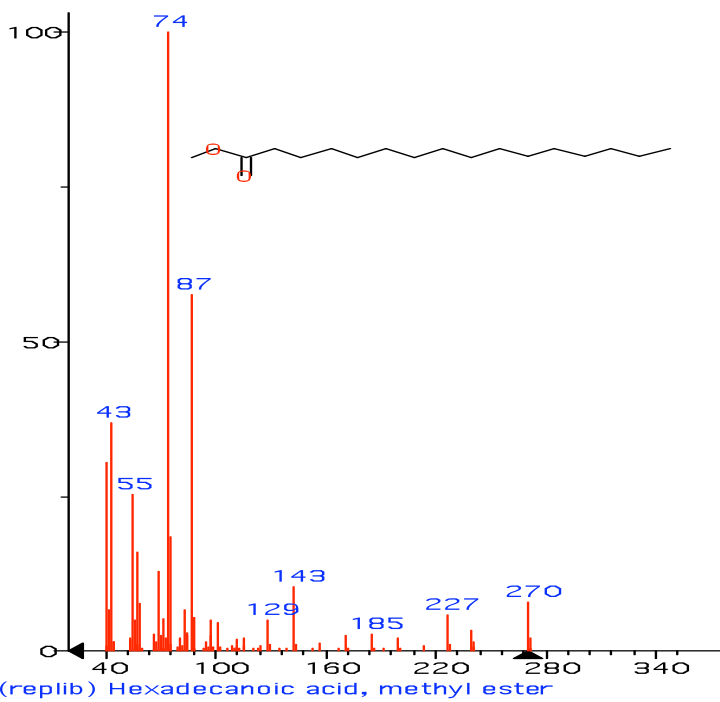


(mainlib) Phenol, 2-methoxy-5-(1-propenyl)-, (E)-

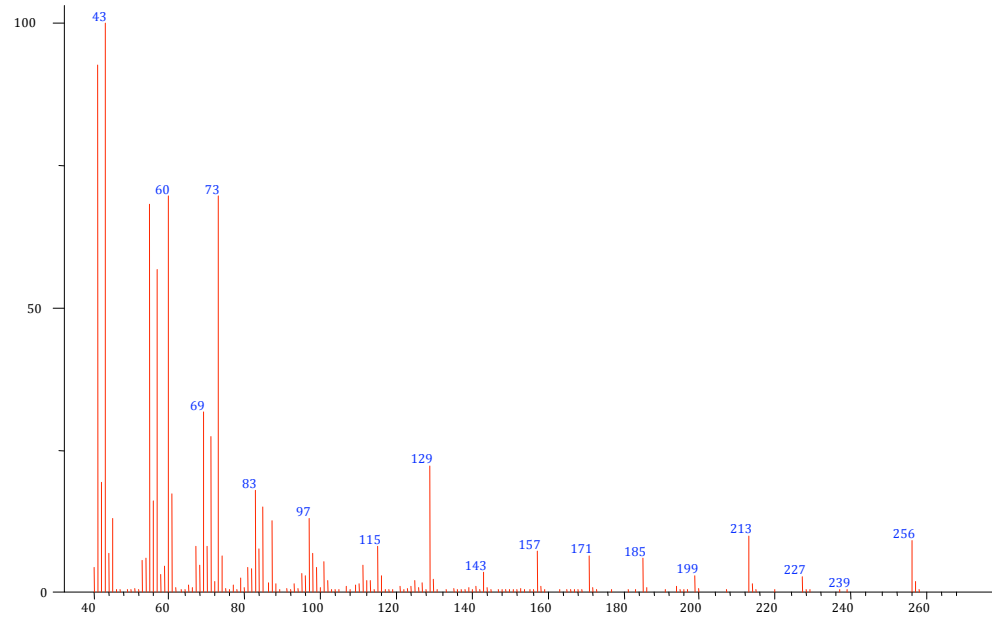
12.88 min



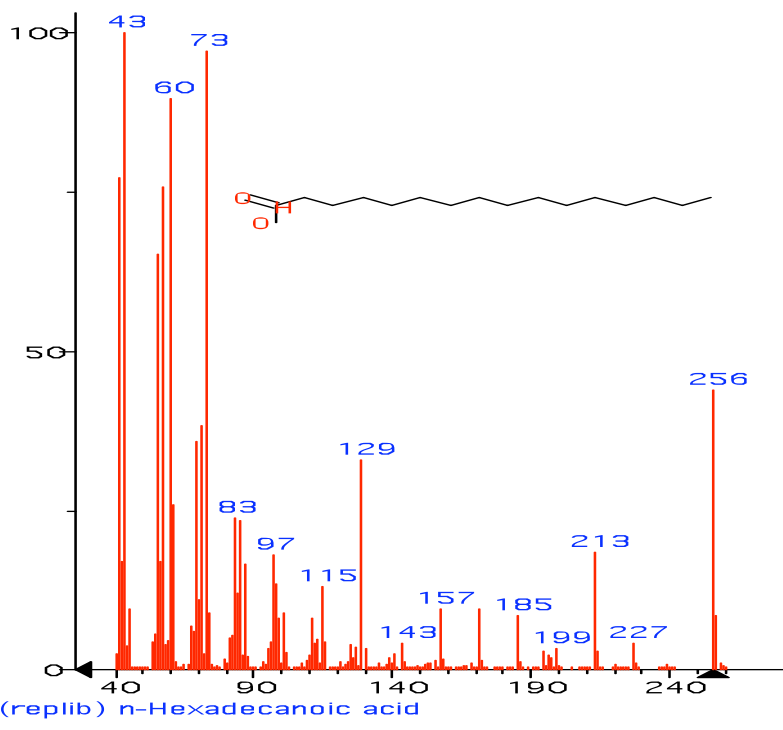
Palmitato de metilo



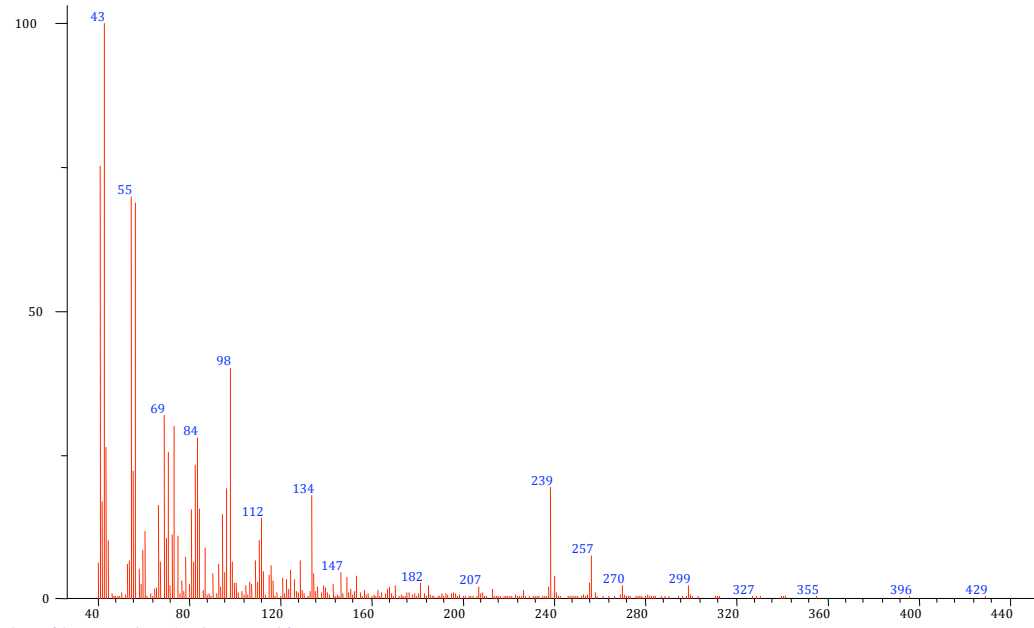
13.15 min



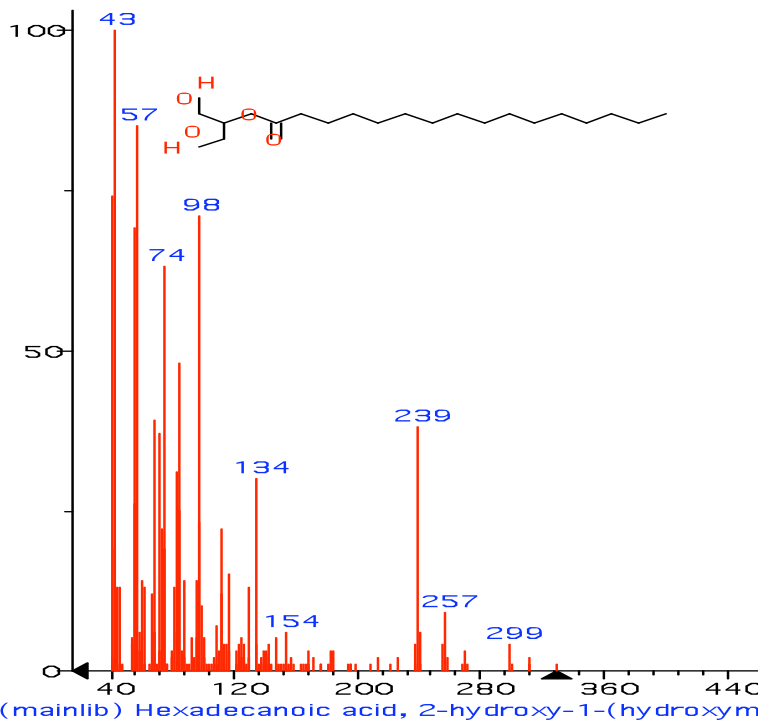
Acido Palmitico



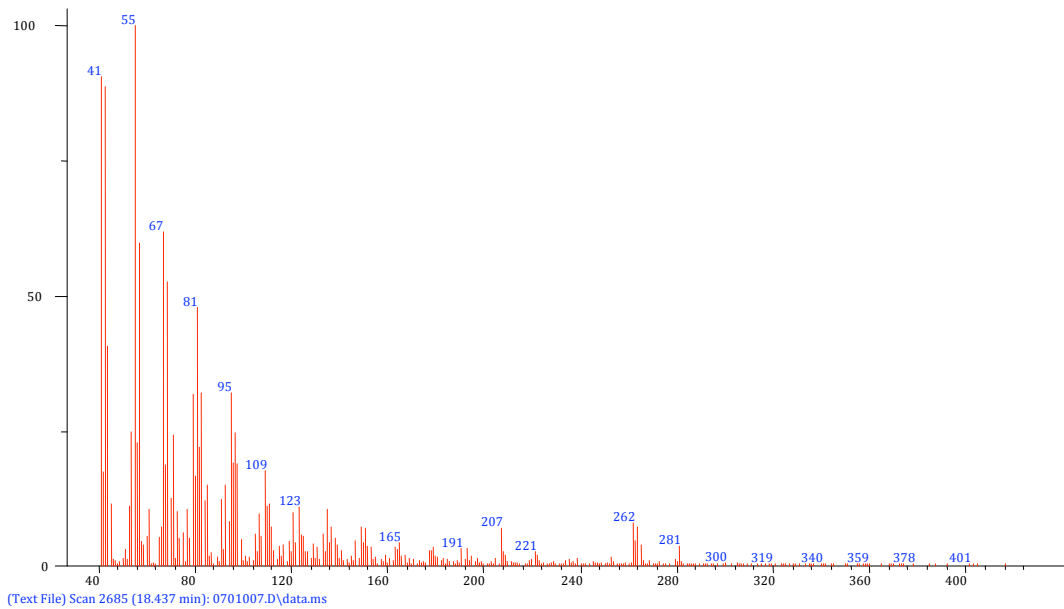
17.25 min



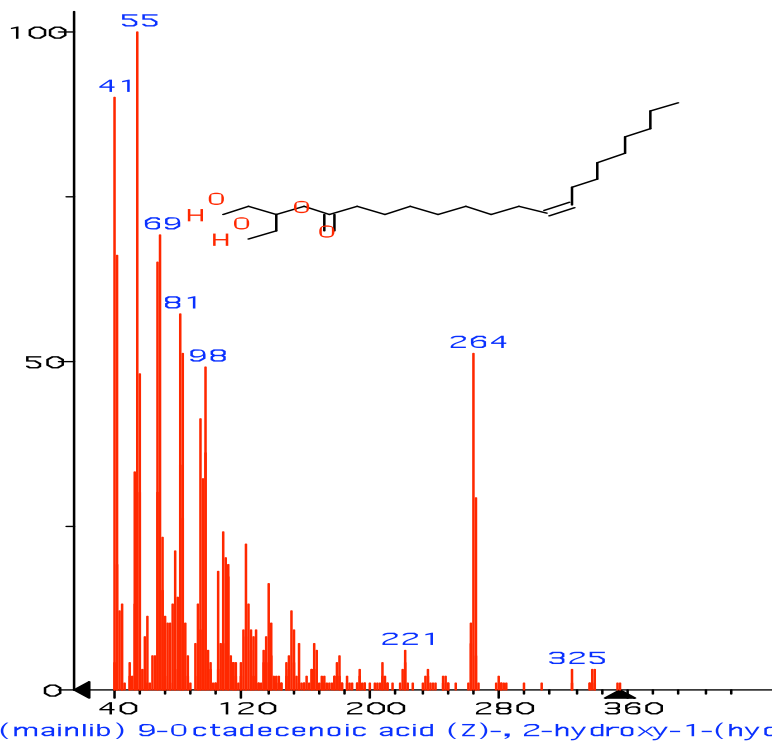
Monoglicerido 2-monopalmitin



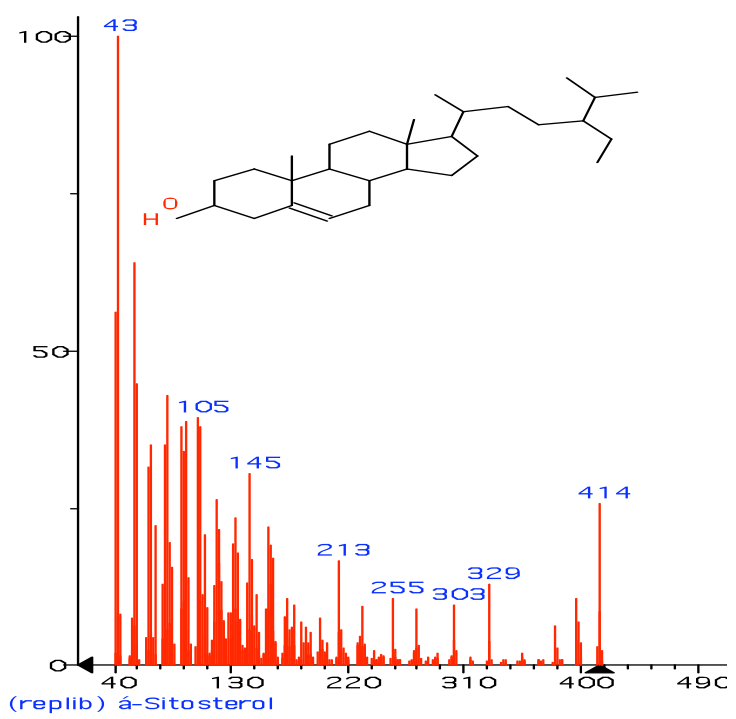
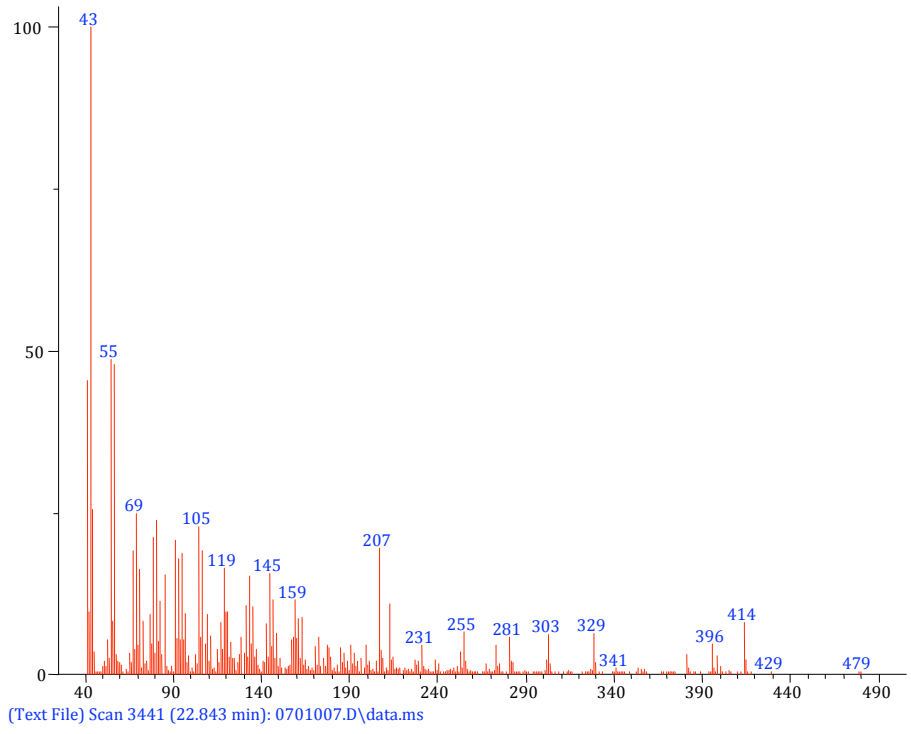
18.43 min



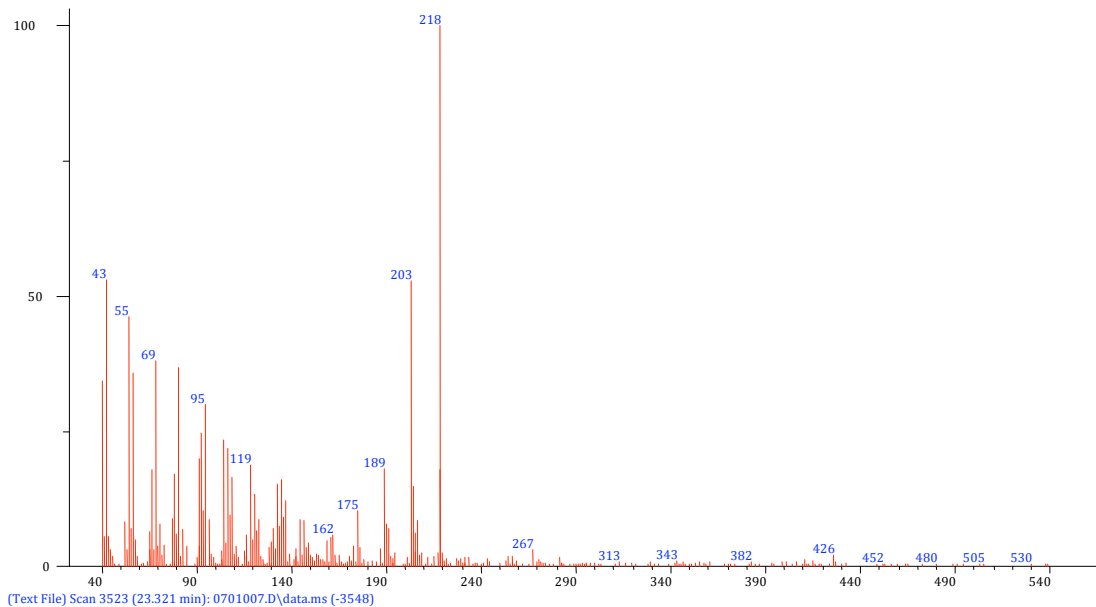
monoglicerido 2-mono olein



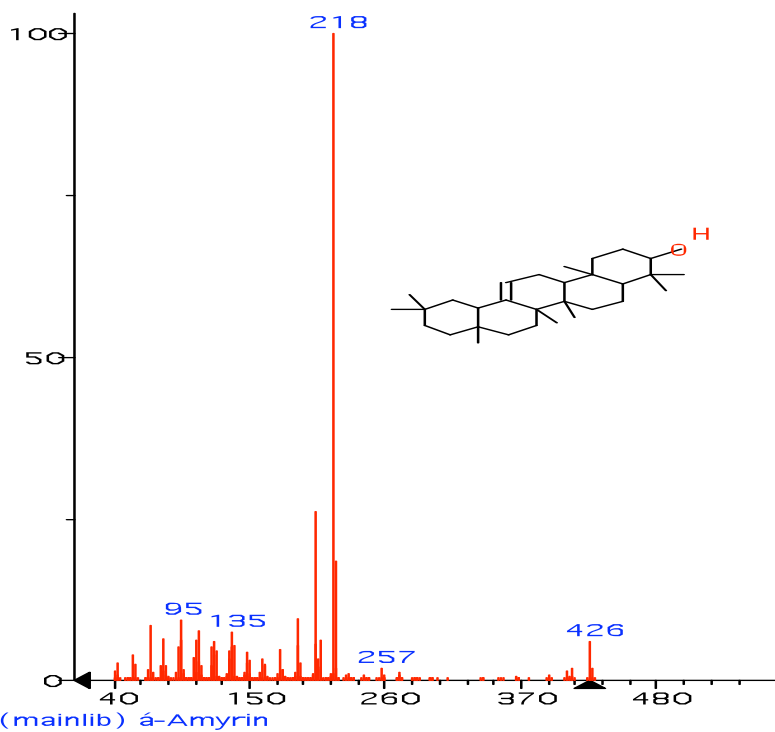
22.84 min



23.33 min

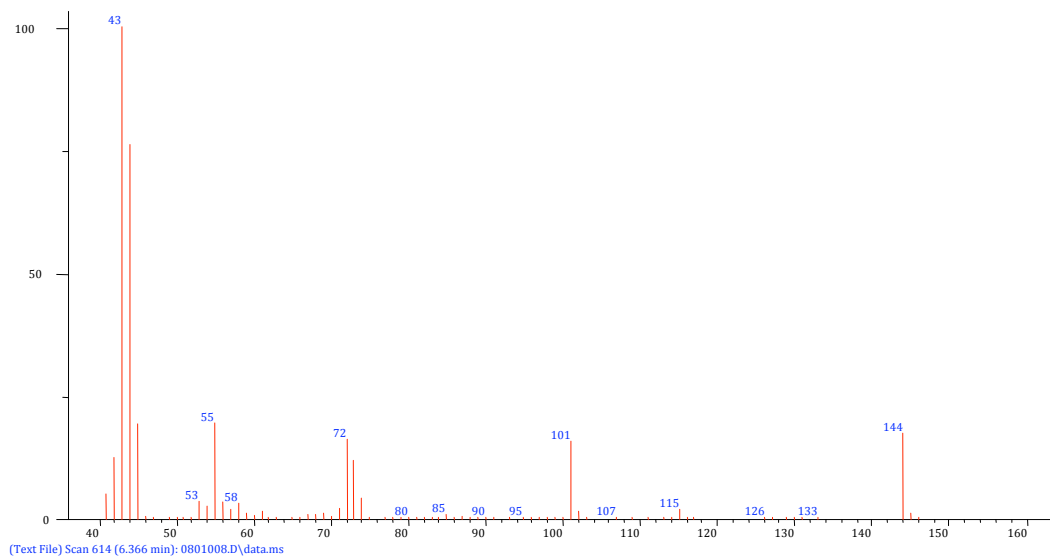


β- amirina

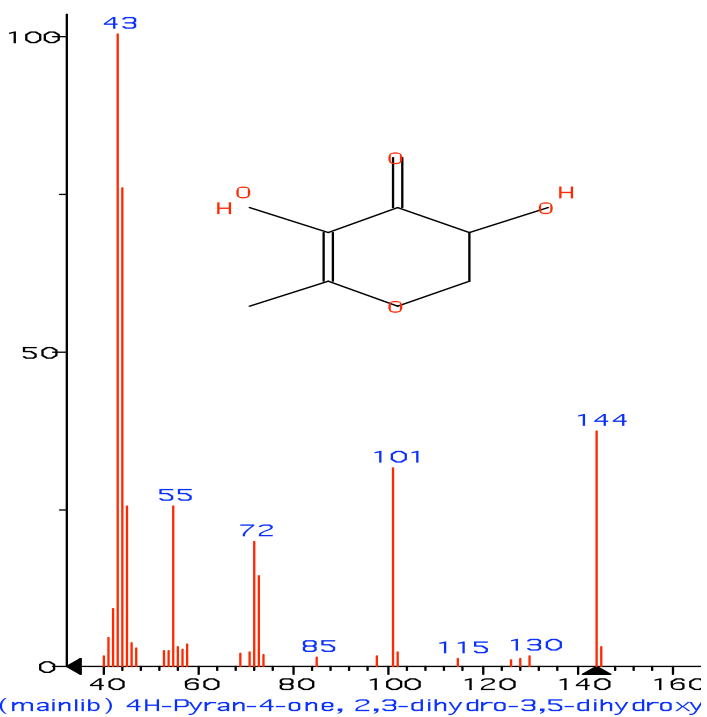


EXTRACTO METANOLICO (JATROPA C. VER.)

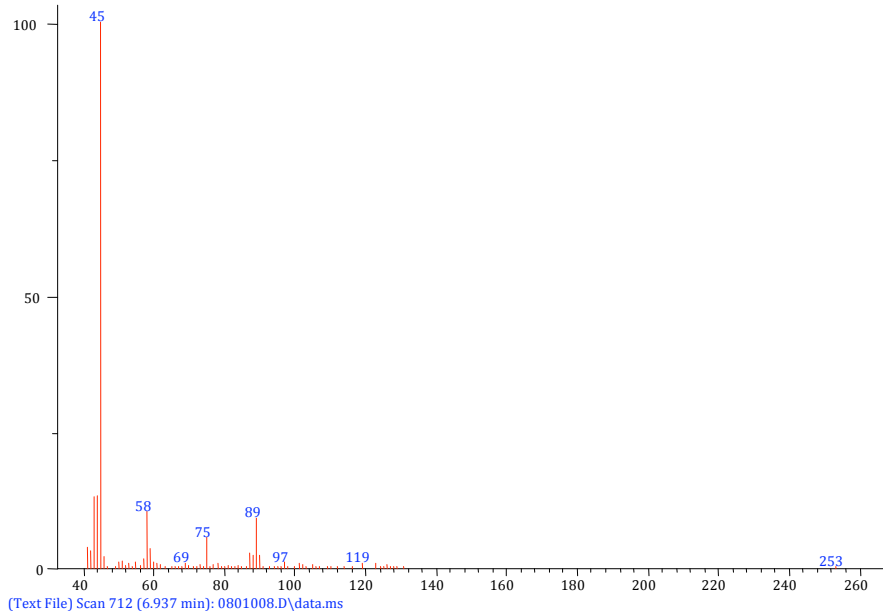
6.36 min



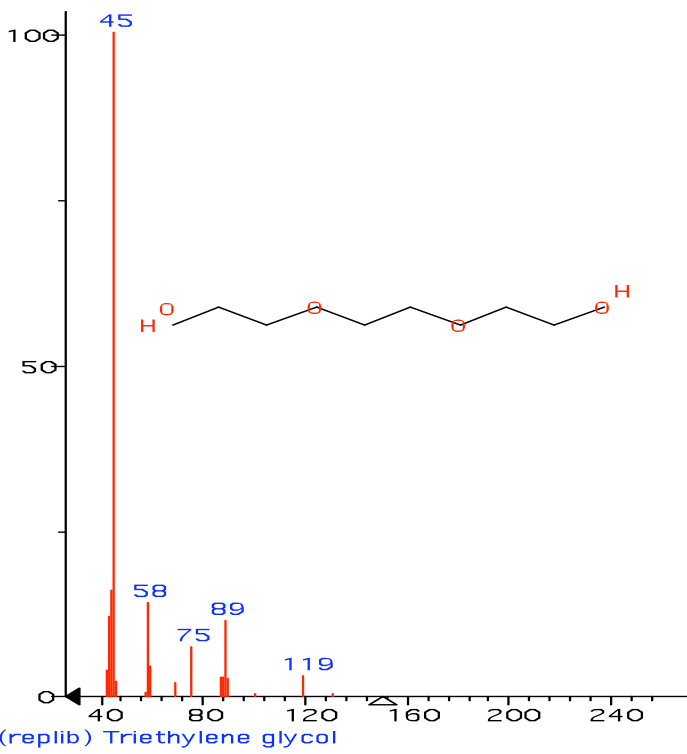
2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-4H- piran-4-ona



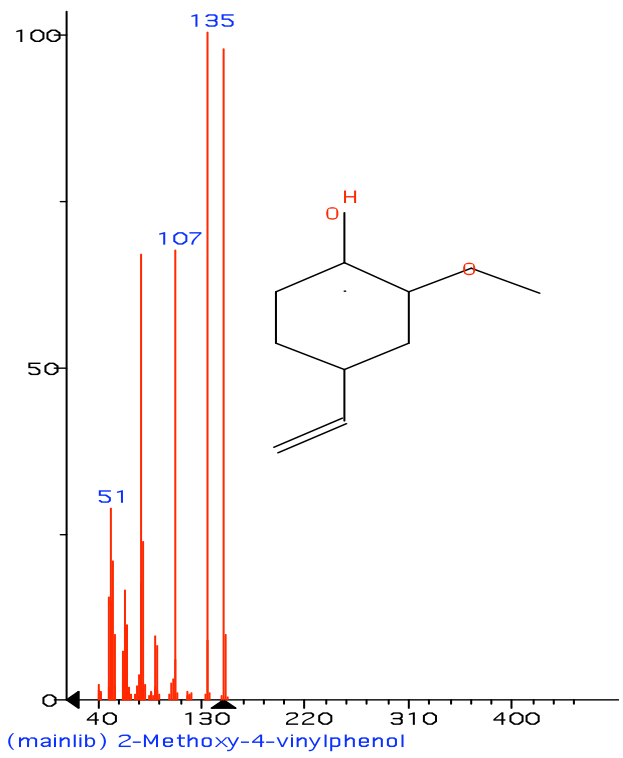
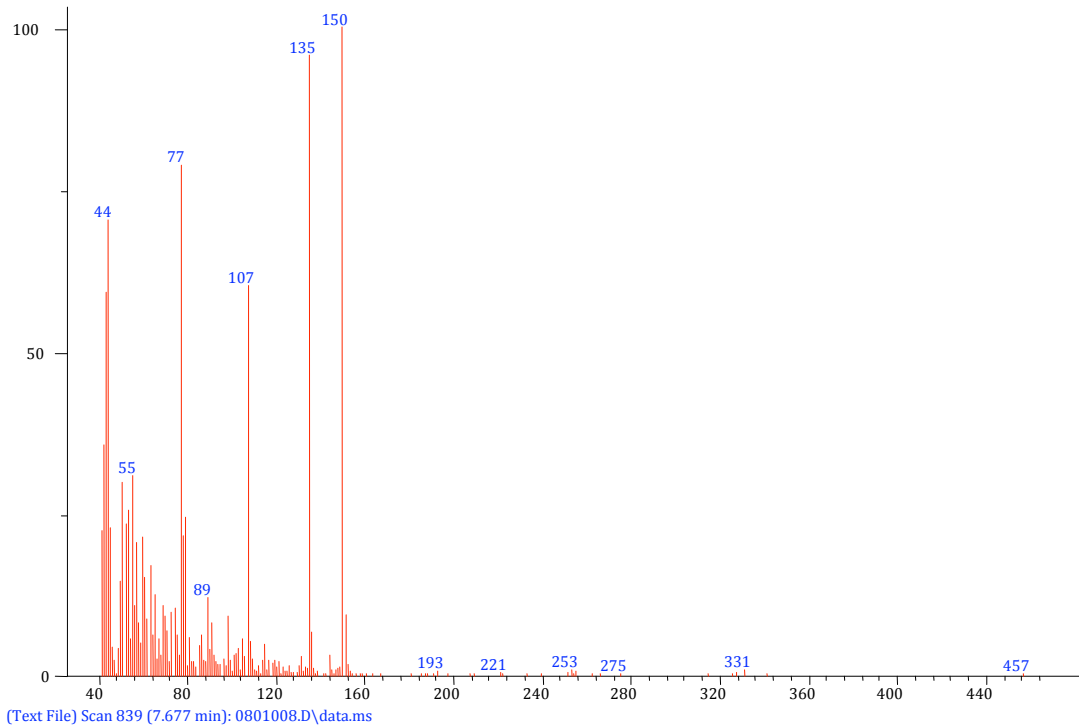
6.93 min



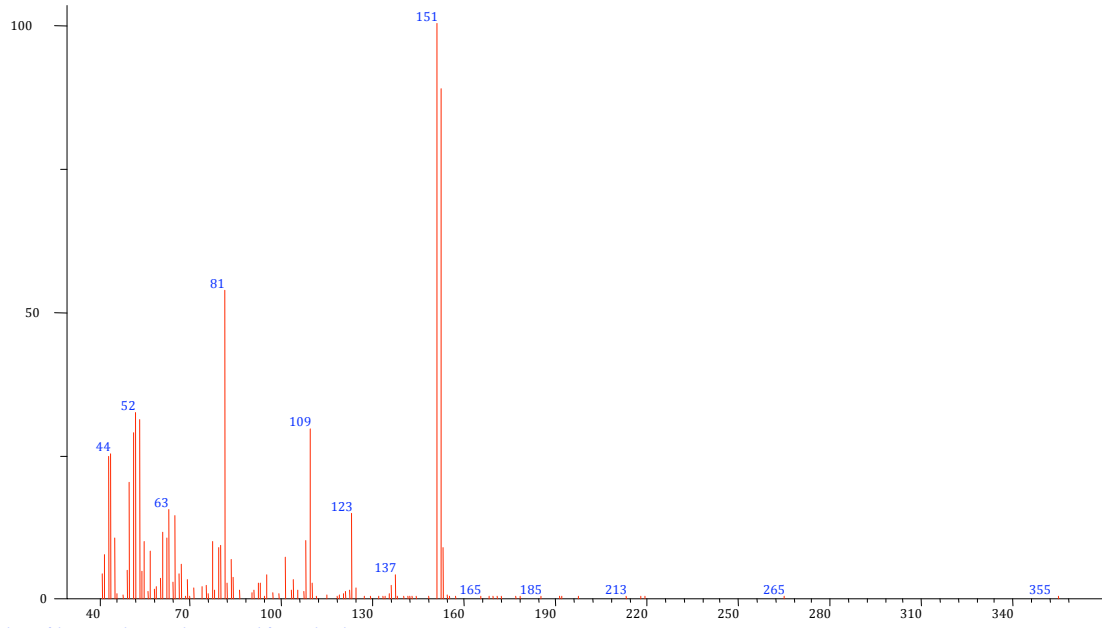
Trietilenglicol



7.67 min

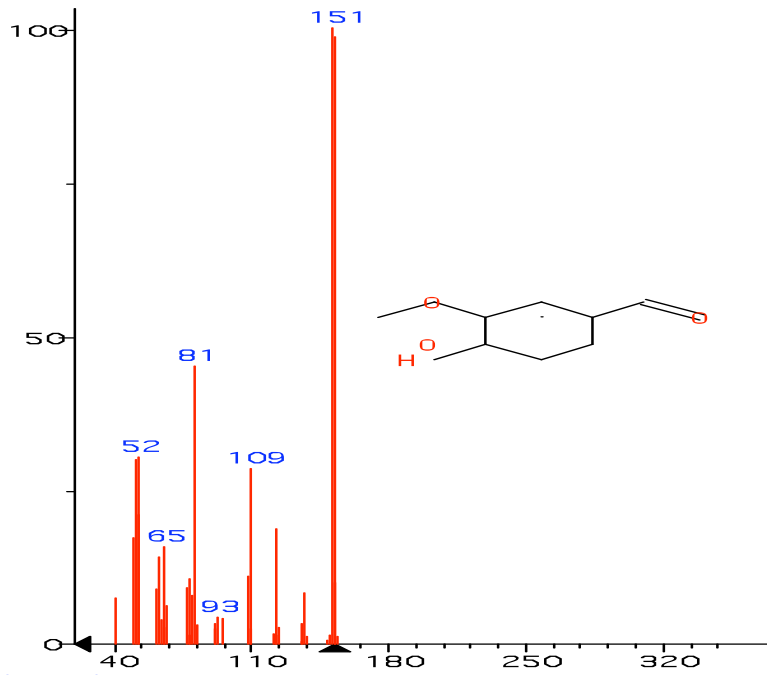


8.41 min



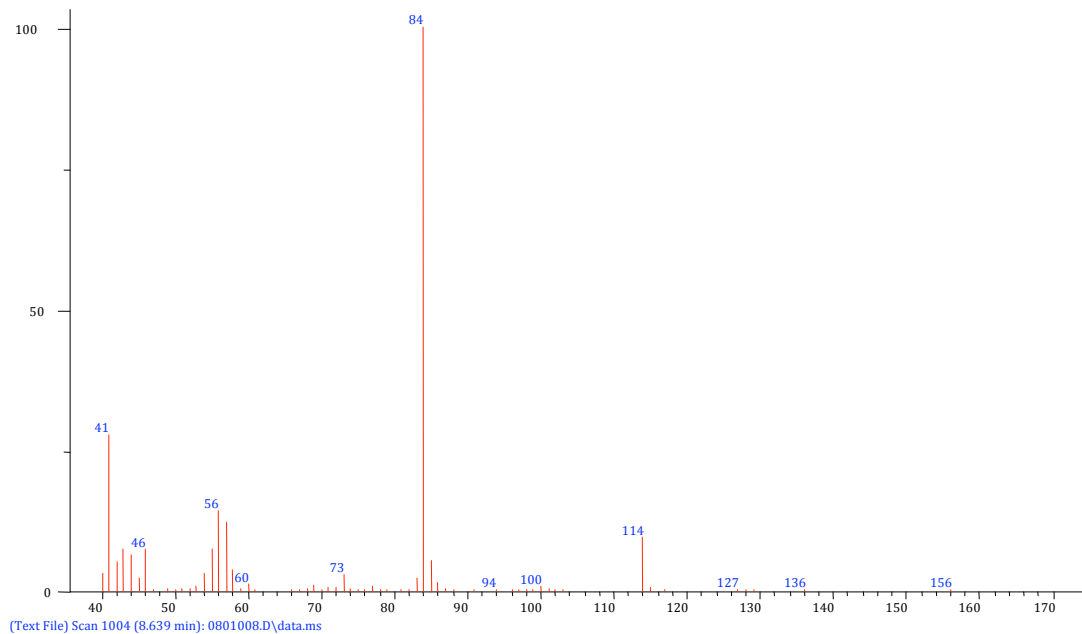
(Text File) Scan 966 (8.417 min): 0801008.D\data.ms (-974)

Vainillina

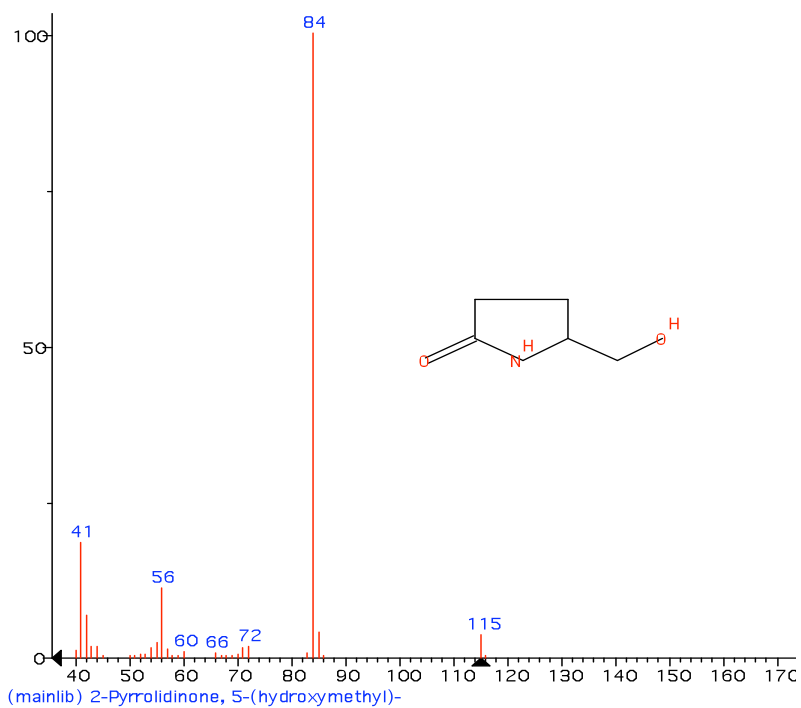


(replib) Vanillin

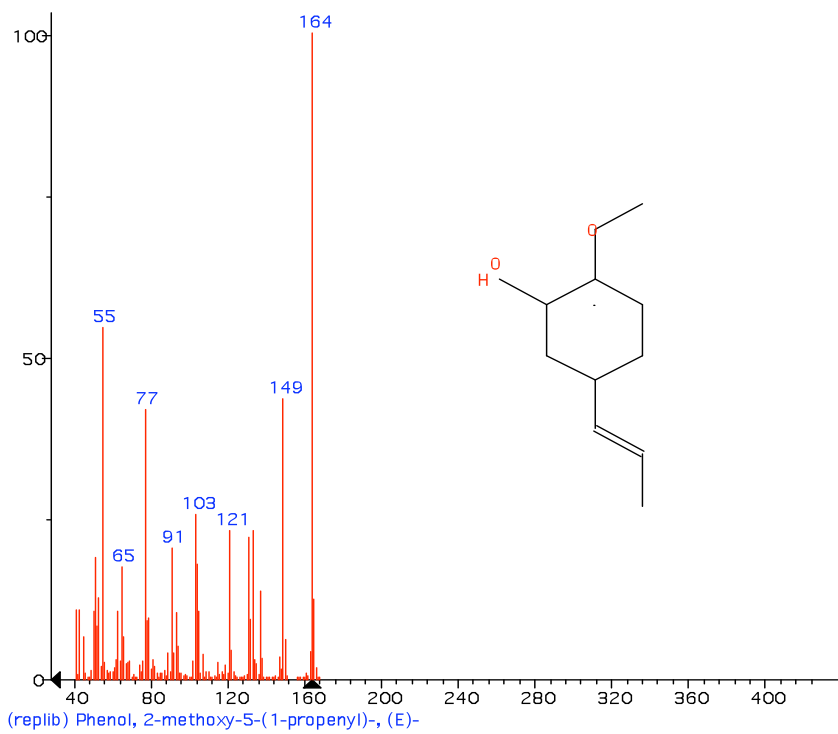
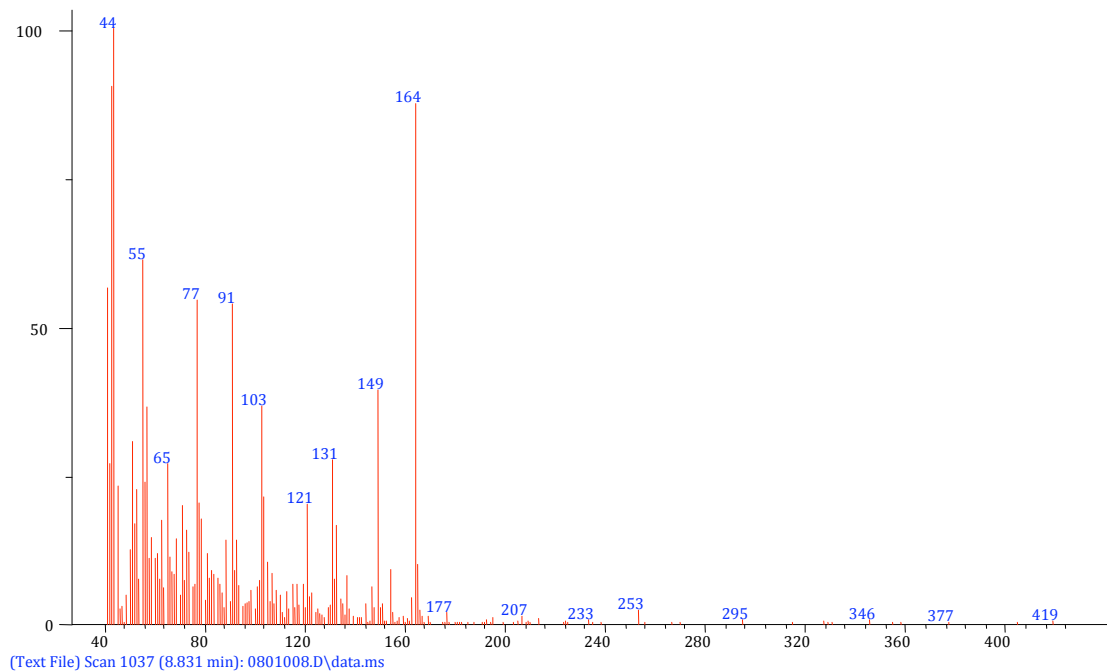
8.63 min



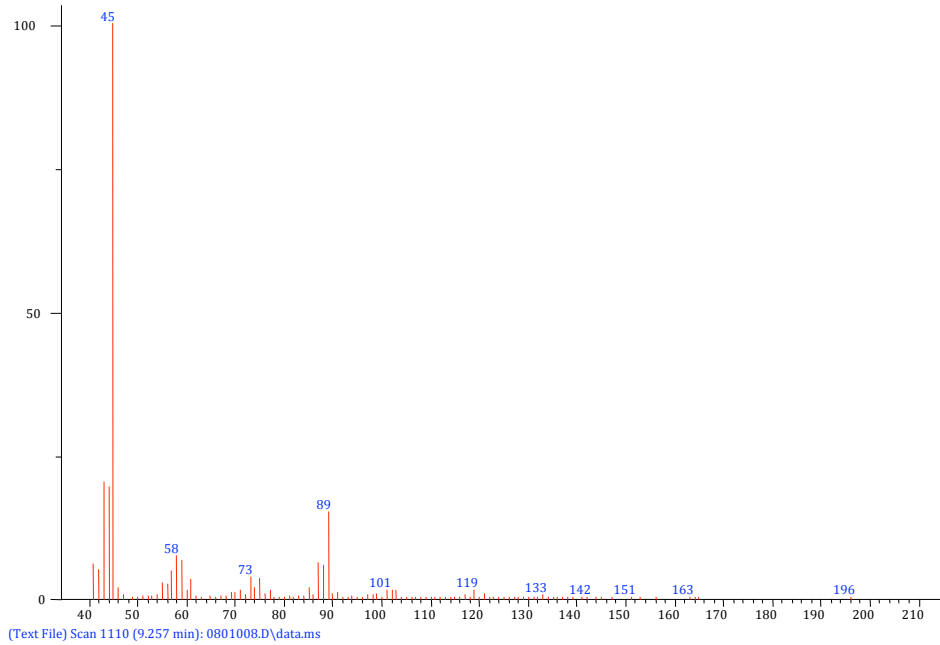
2-piperidinmetanol



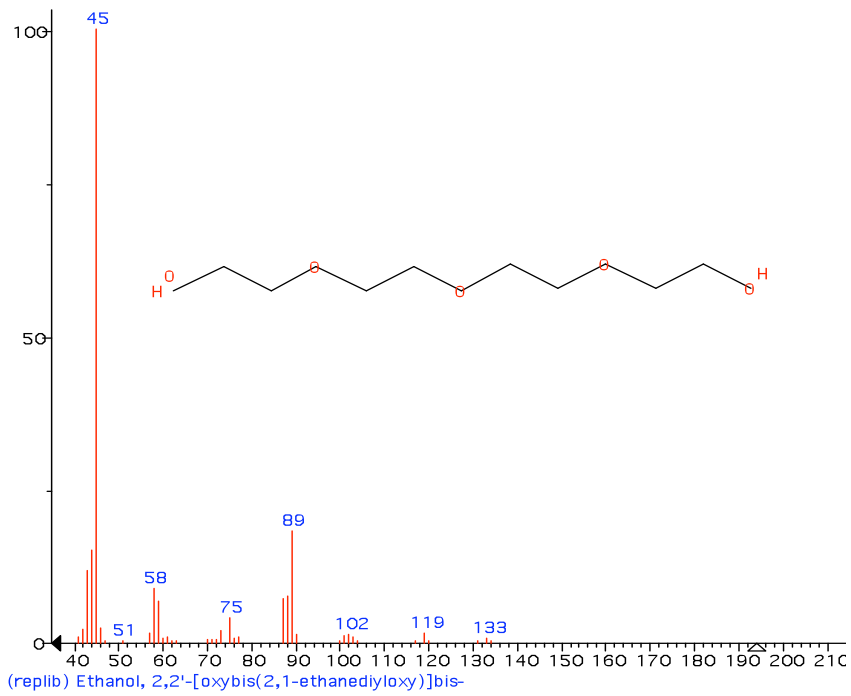
8.83 min



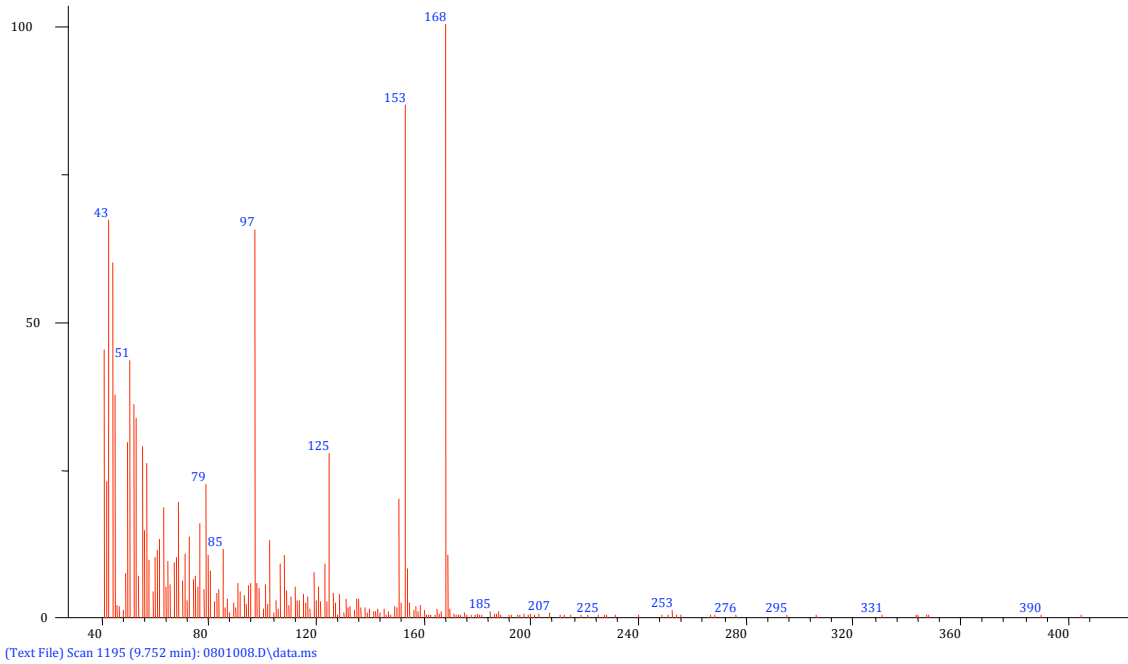
9.24 min



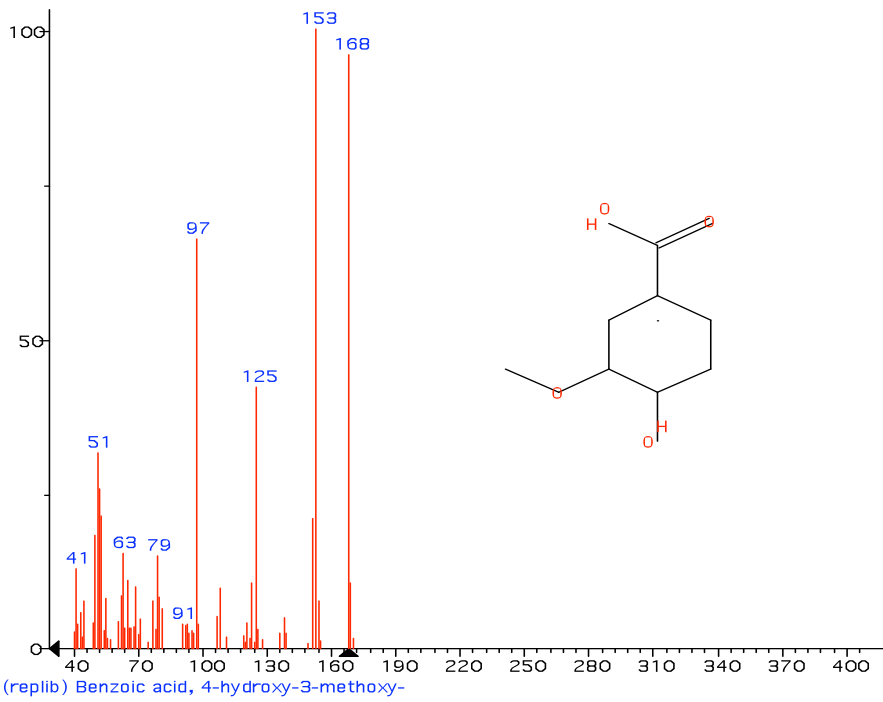
Tetraetilenglicol



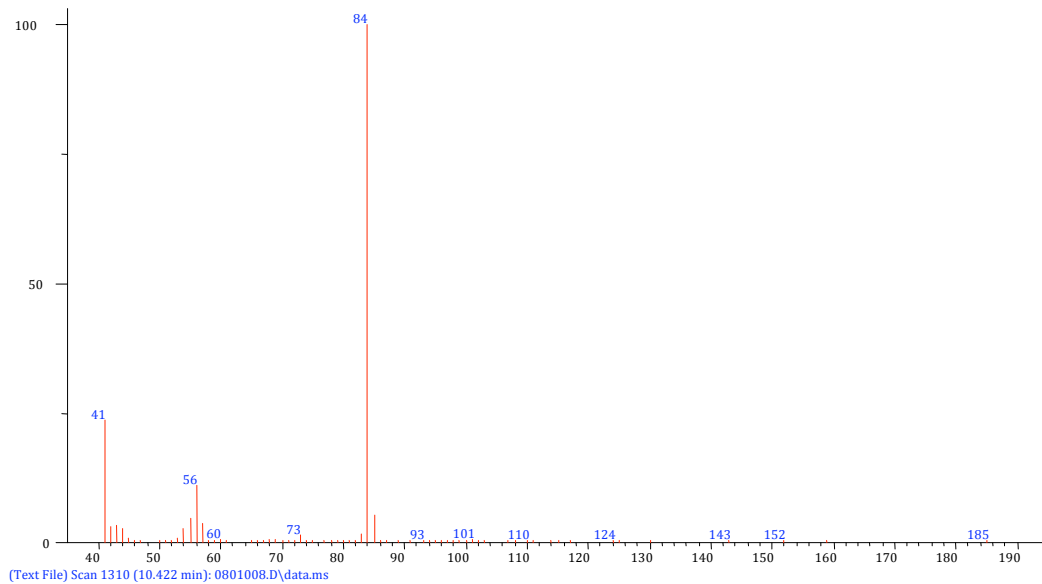
9.75 min



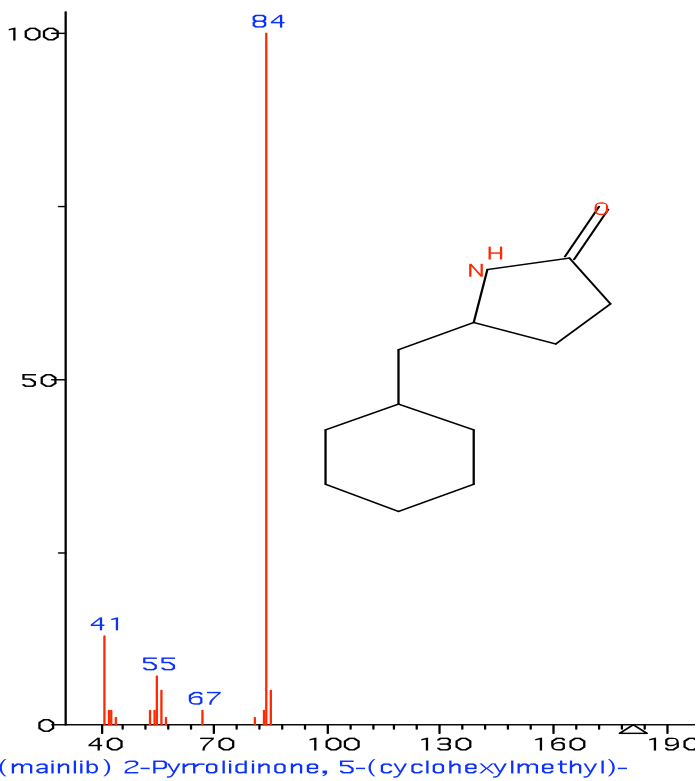
acido vainillico



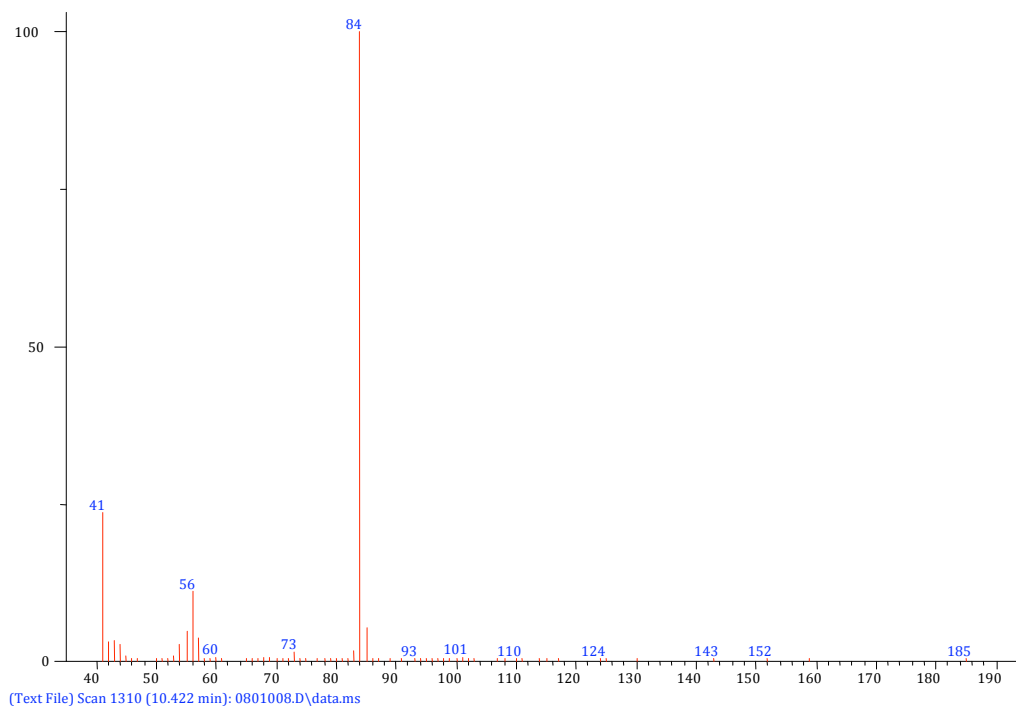
10.42 min



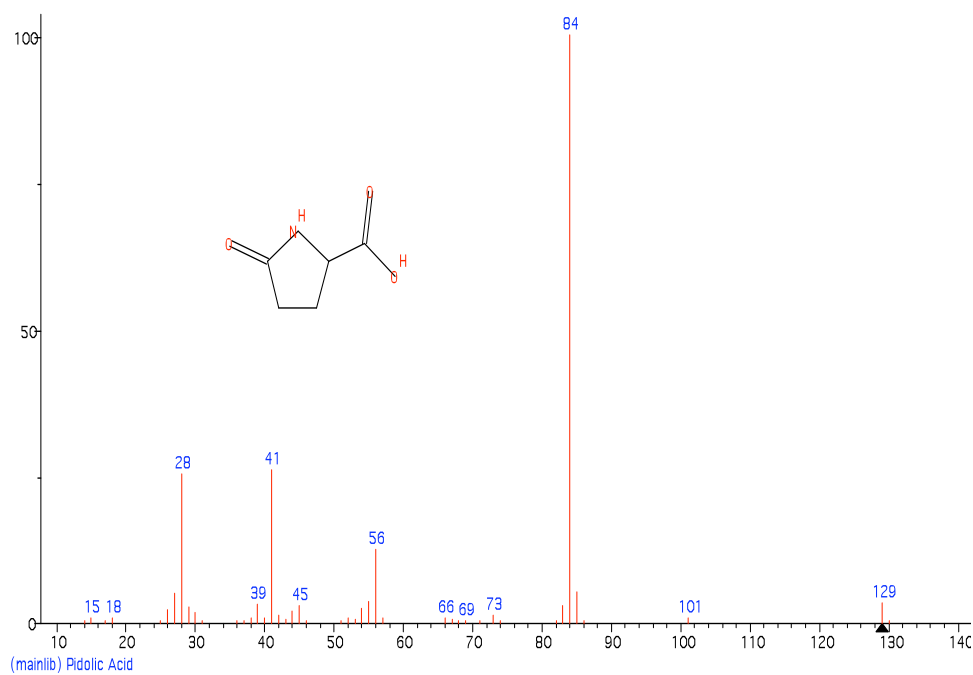
5-(ciclohexilmetil)-2-pirrolidinona



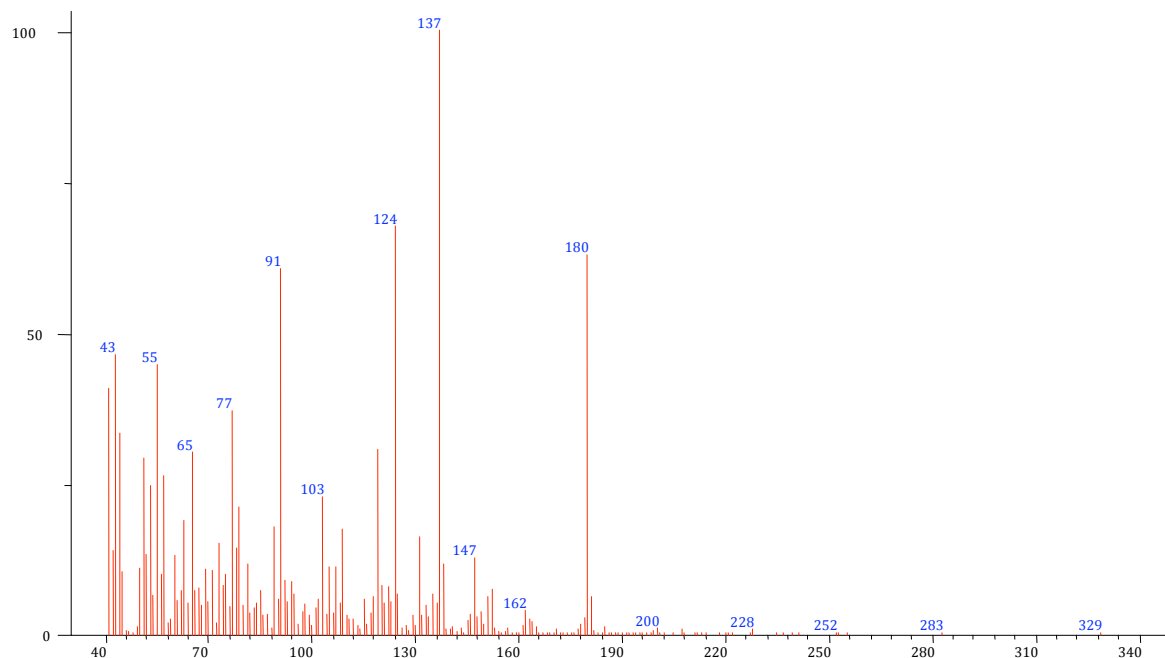
10.42 min



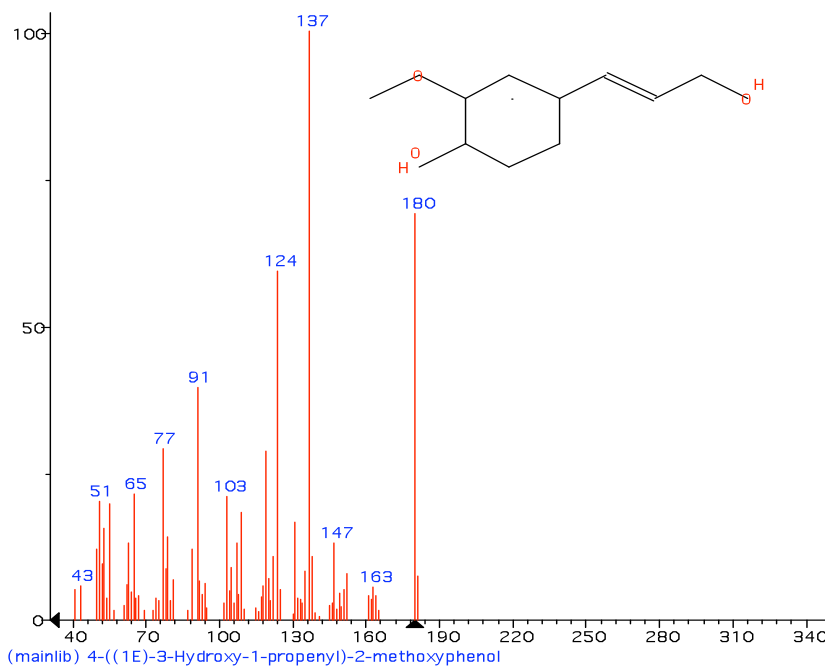
acido pidolico o 5-oxo-L- prolina



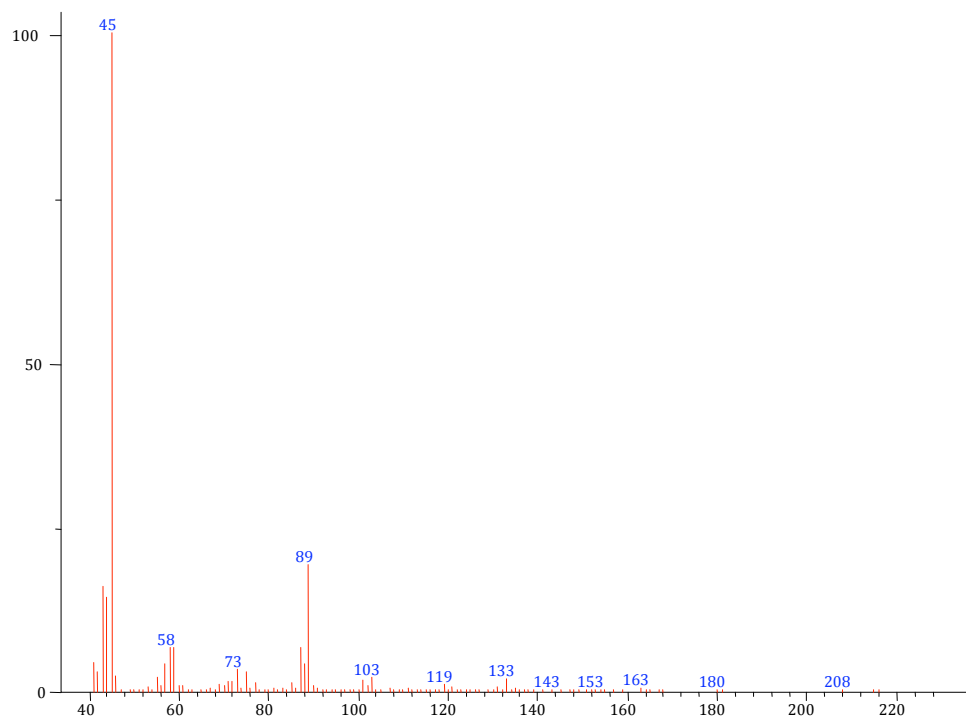
11.40 min



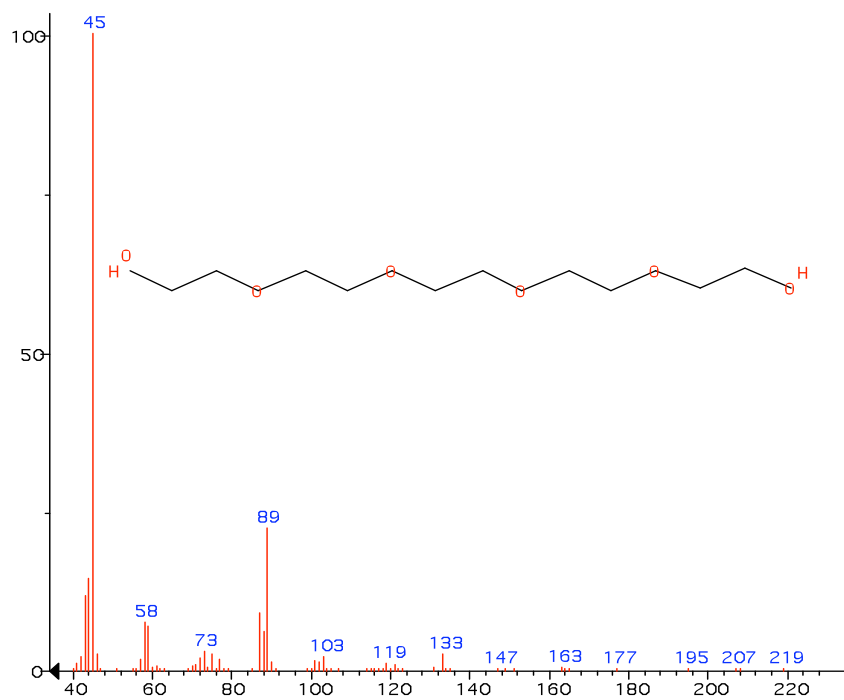
alcohol coniferico



11.74 min

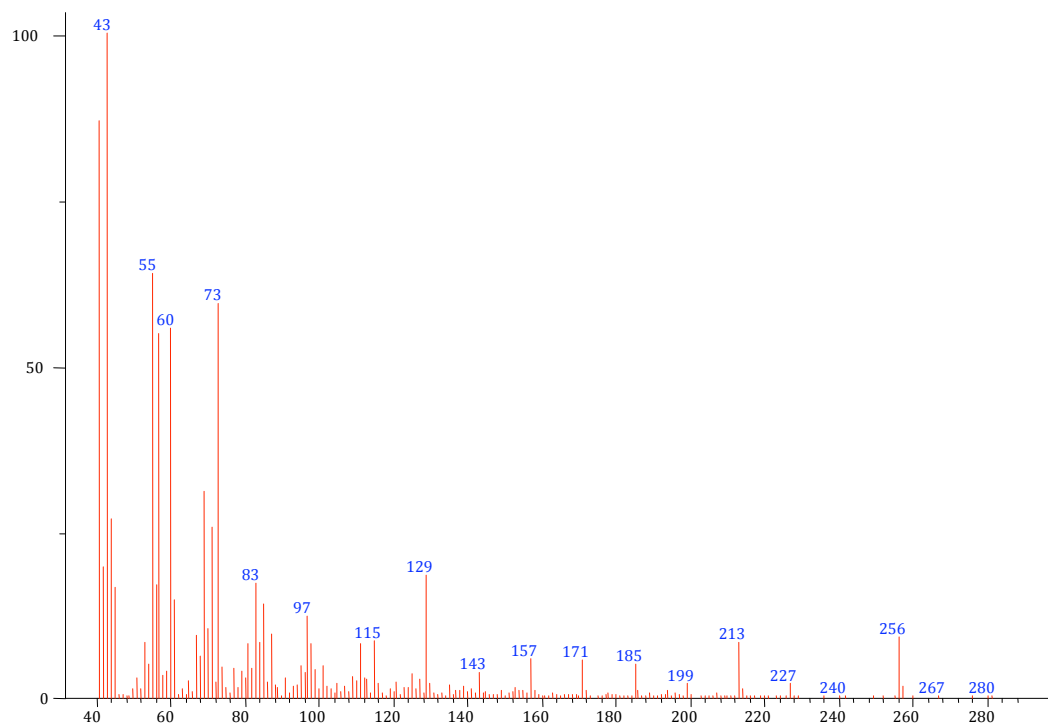


(Text File) Scan 1538 (11.751 min): 0801008.D\data.ms



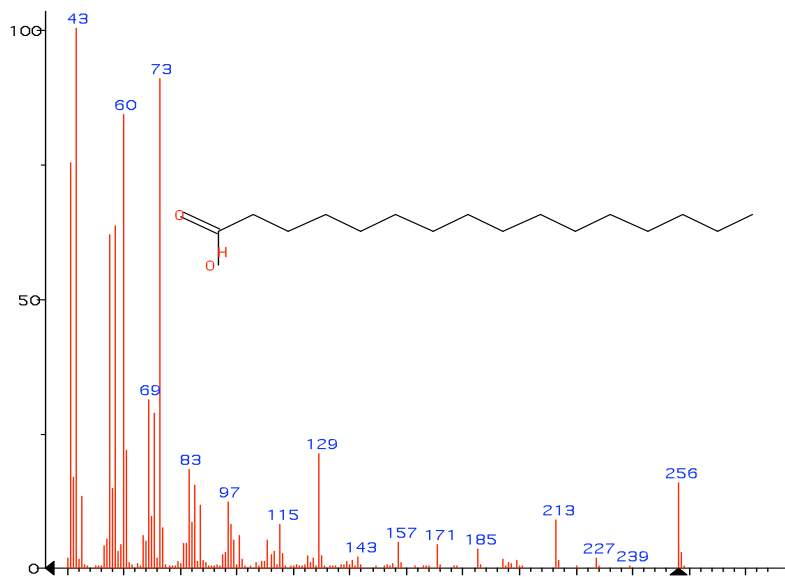
(replib) Pentaethylene glycol

13.139 min



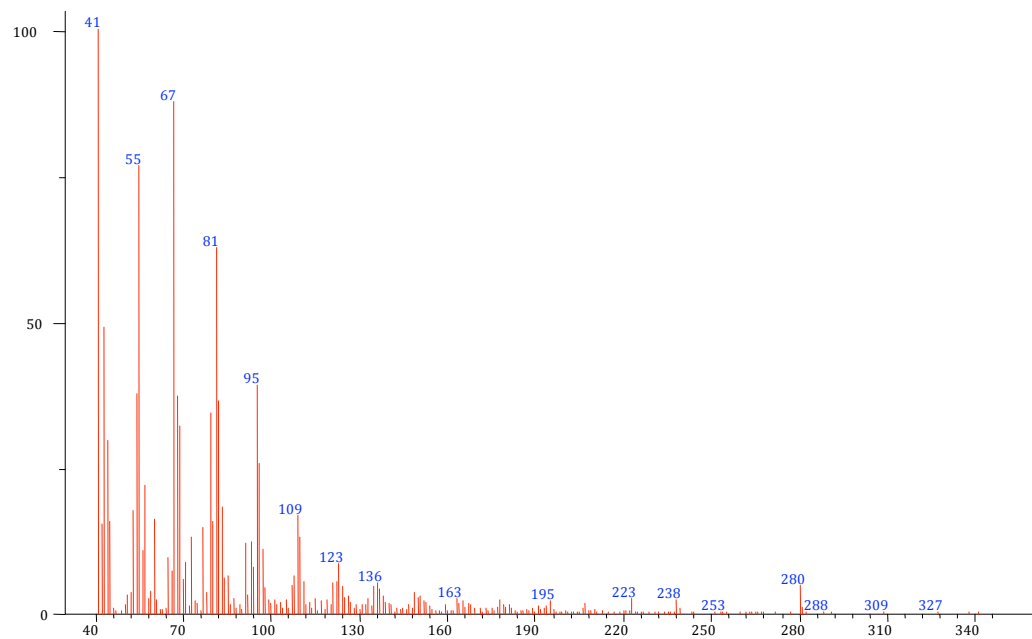
(Text File) Scan 1779 (13.156 min): 0801008.D\data.ms

Acido palmitico

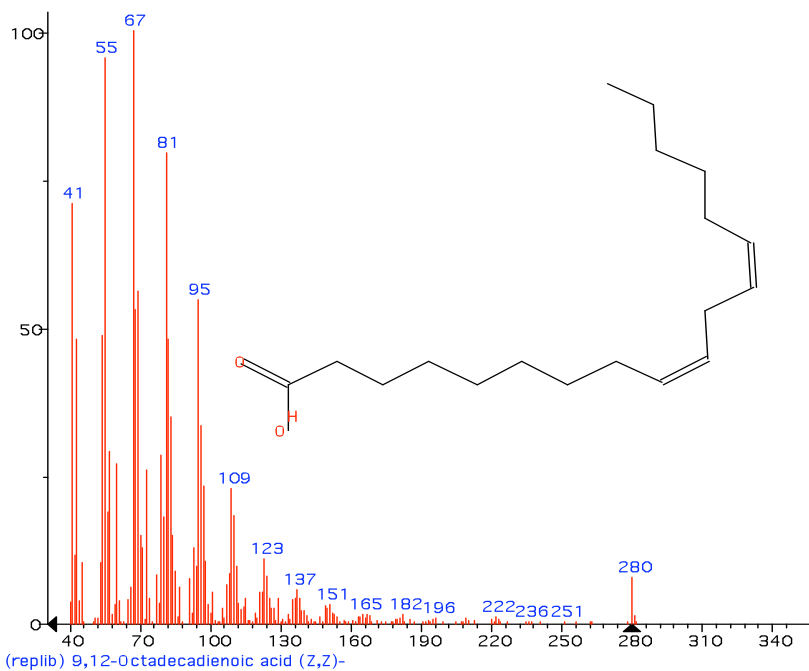


(mainlib) n-Hexadecanoic acid

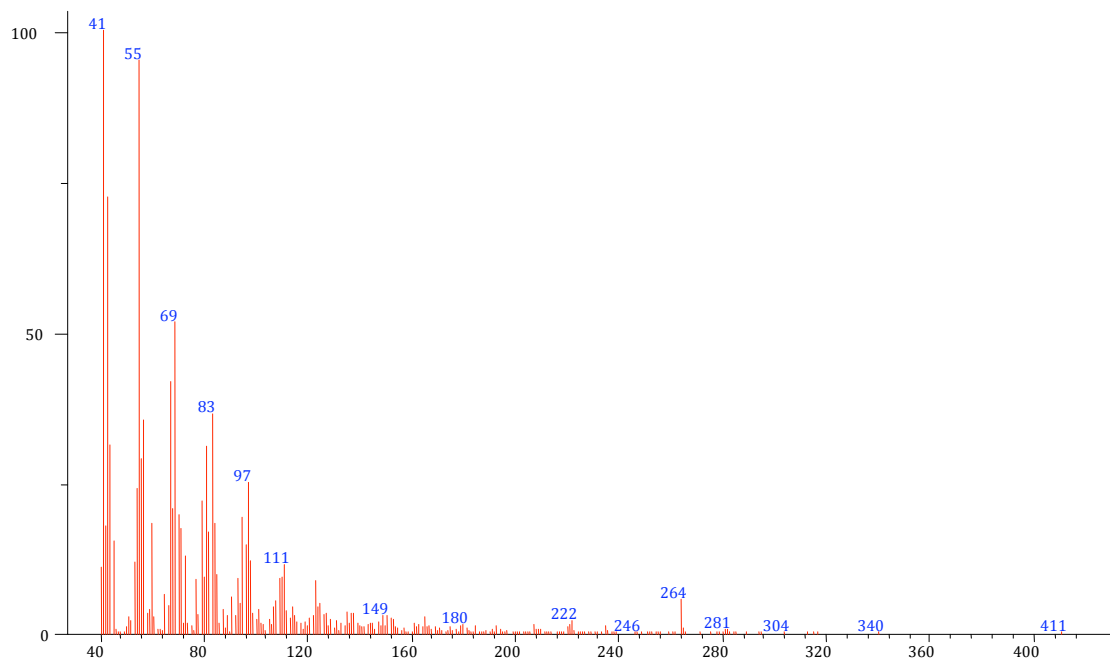
14.54 min



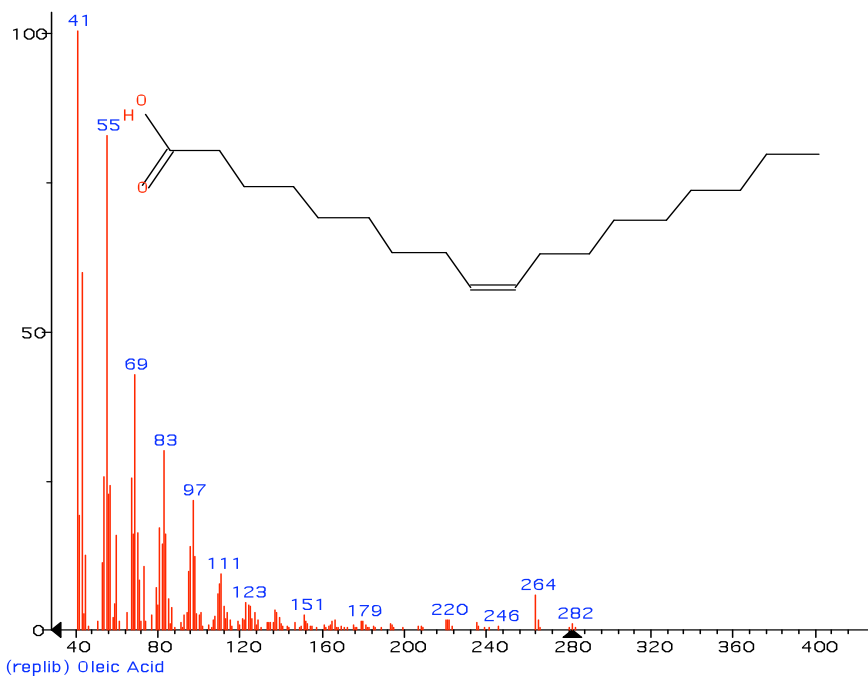
Acido linólico



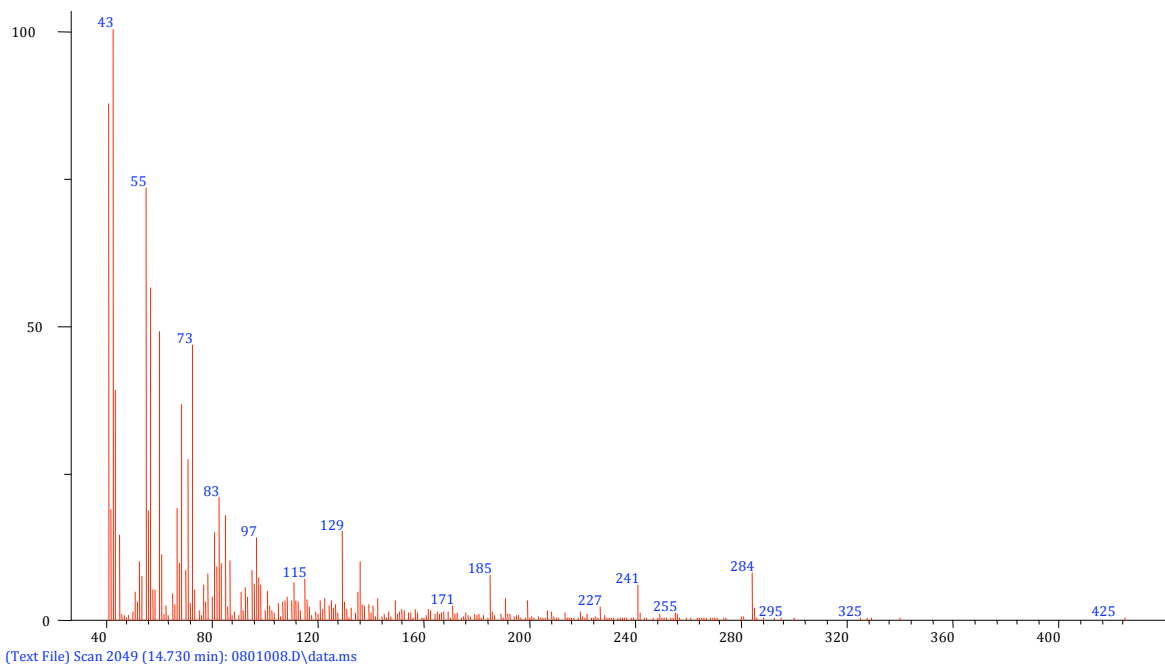
14.58 min



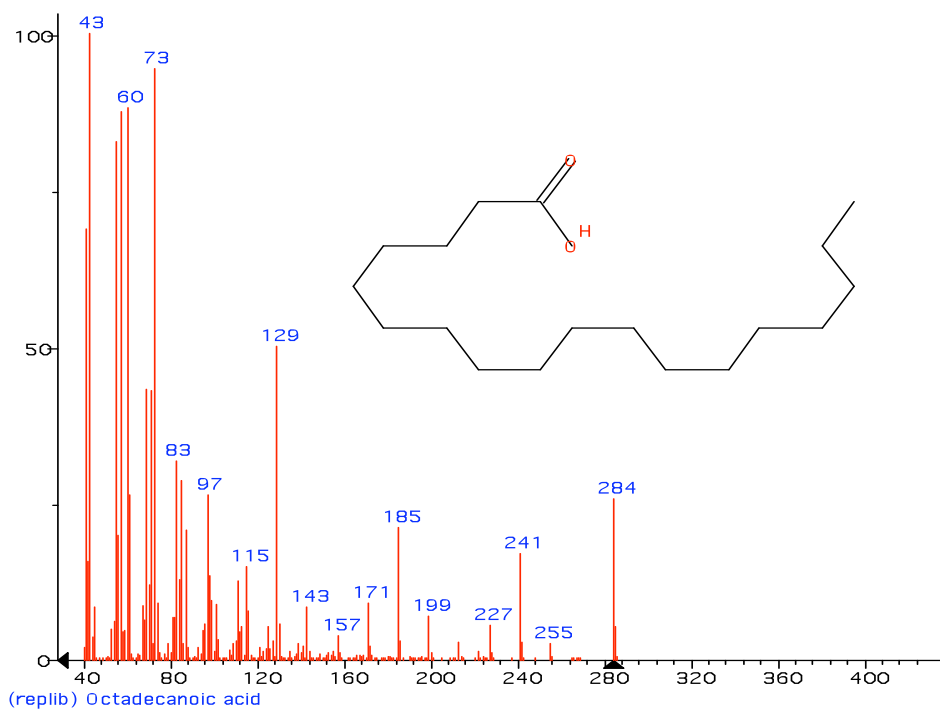
Acido oléico



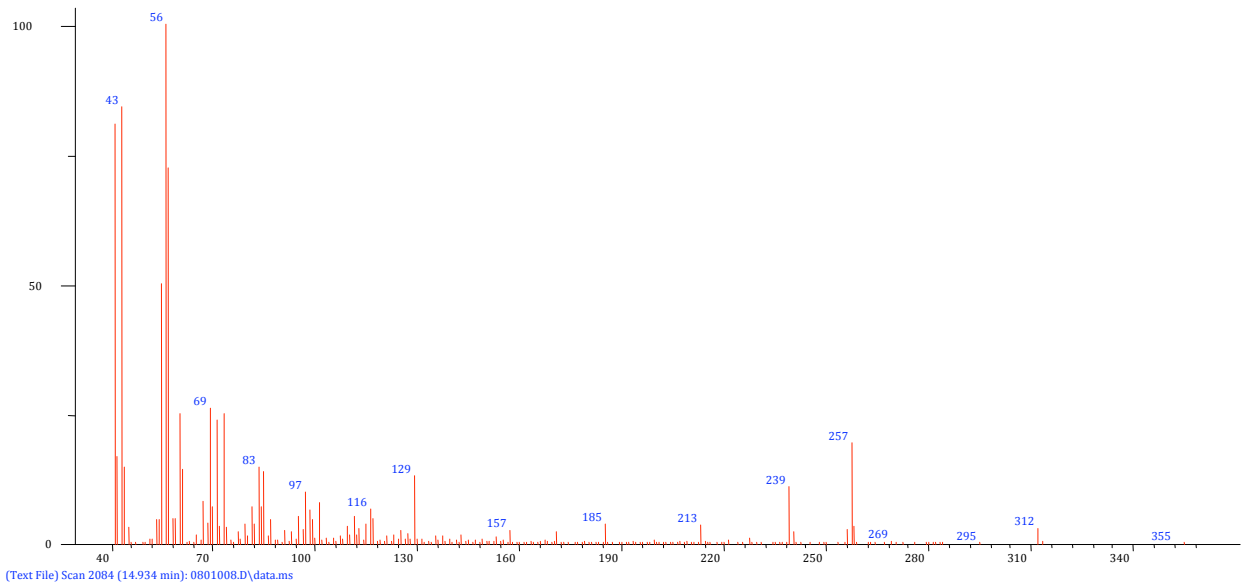
14.73 min



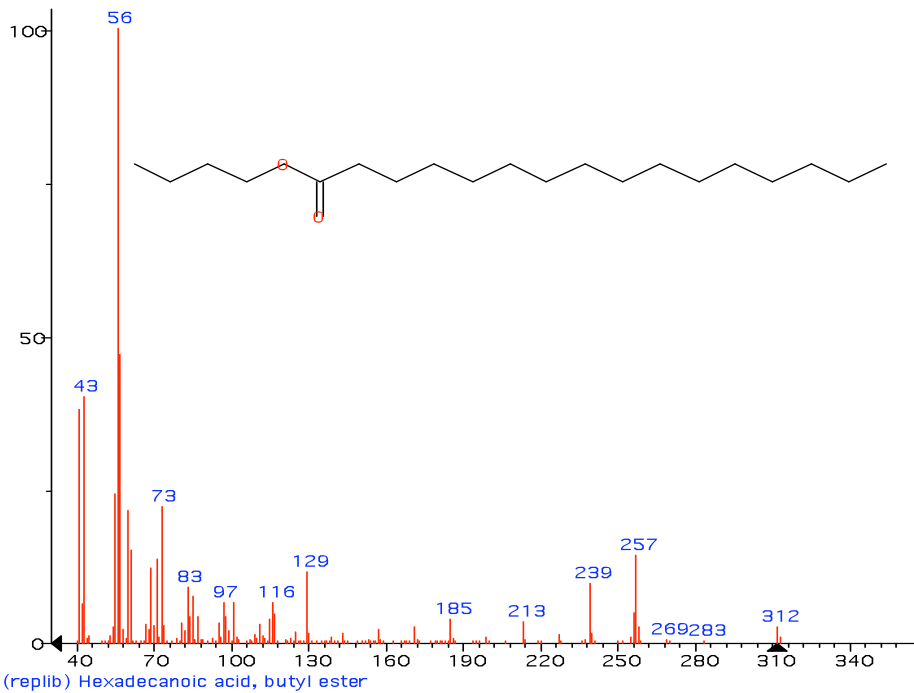
Acido esteárico



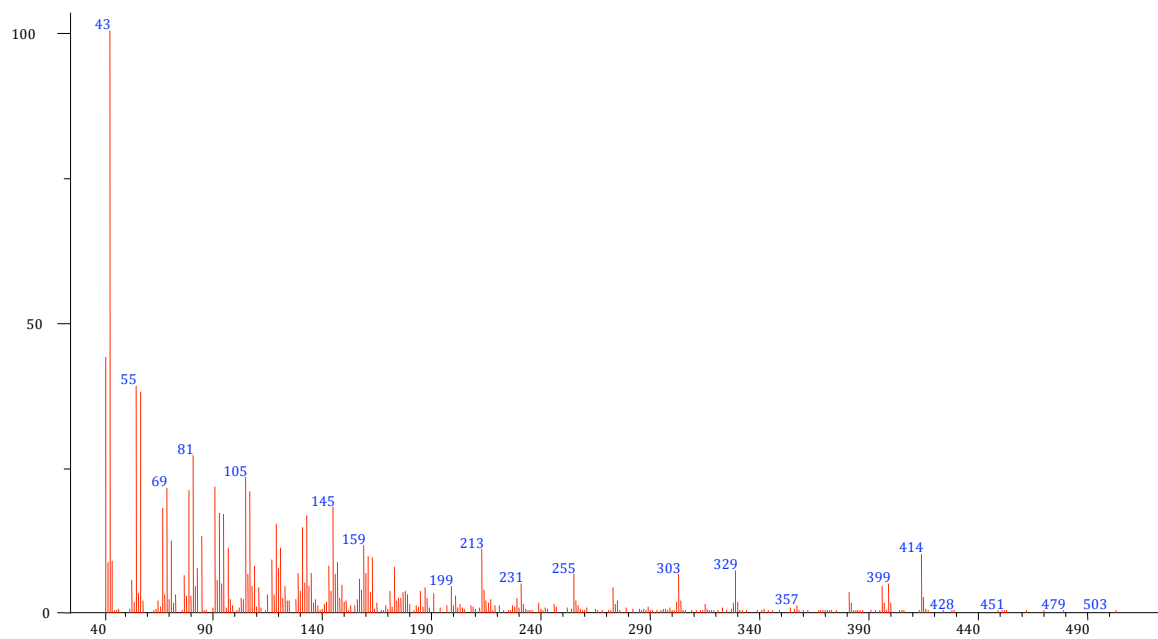
14.934 min



Palmitato de butilo



22.84 min



β - Sitosterol

