

03045 2ef



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PIROLISIS DEL ACEITE DE RICINO POR MEDIO DE UN CONCENTRADOR SOLAR (PARA OBTENER HEPTALDEHIDO Y ACIDO UNDECILENICO)

T E S I S A

QUE PRESENTA:

JUAN ALBERTO MEDINA DOMINGUEZ

Para obtener el diploma de:

ESPECIALISTA EN HELIODISEÑO

México, D.F.

1998



Posgrado en Energía Solar de la Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades

División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Arquitectura, UNAM



TESIS CON FALLA

1998 286610



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **SINODALES.**

---

Tutor: M. en Ing. Alberto Valdés Palacios.

Asesor: Dr. Rafael Almanza Salgado. (Inst. de Ingeniería)

Asesor: Dr. Agustín Muhlia Velázquez.

Suplente: Dr. Manuel Jiménez Estrada. (Inst. de Química)

Suplente: M. en Arq. Francisco Reyna Gómez.

*A mi Madre y Familia.  
Los saludo.*

---

## Agradecimientos.

**D**eseo agradecer a todas las personas, entre muchos otros, que hicieron correcciones, sugerencias y que contribuyeron en la realización de este trabajo. Por parte del Instituto de Ingeniería a Alvaro Lentz y Ceferino Figueroa por su cooperación y ayuda en la Planta Solar y por el Instituto de Química a Dagoberto Alavez y Ricardo Reyes por darme características y ubicación de la planta.

También agradezco a los Doctores, Agustín Muhlia, Manuel Jiménez, Rafael Almanza, Alberto Valdés y Francisco Reyna de la UNAM, por su cooperación y ayuda.

Por último, pero ciertamente sin que esto quite méritos a su colaboración, doy las gracias a Elena Delgado por ser tan servicial, amable y profesional durante los muchos meses que me tomó escribir esta tesina.

*«... Toda nueva era de crecimiento económico debe, por tanto, utilizar menos energía que en el pasado. Las políticas de eficiencia energética deben ser la punta de lanza de las estrategias energéticas nacionales de desarrollo sostenible...», «...La eficiencia energética sólo permite ganar tiempo mientras se desarrollan medios de bajo consumo de energía basados en fuentes renovables, que son los que deberán constituir el fundamento de la estructura energética mundial durante el siglo XXI. La mayoría de estas fuentes son actualmente problemáticas, pero si se innova en el desarrollo pueden suministrar el mismo volumen de energía primaria que el consumido actualmente en el planeta...»*

*« Nuestro Futuro » , ONU.*

# Contenido

---

	Pág
Introducción	1
Higuerilla	4
Estructura del aceite de ricino	6
Naturaleza de la radiación solar	7
Constante solar	9
Evaluación de la radiación directa	10
Mapas de trayectorias	13
Concentradores	14
Calibración del pirheliómetro	20
Pirólisis del aceite de ricino	22
Discusión	27
Conclusiones	29
Parte experimental	31
Referencias	32
Espectros	33

## Introducción

---

En la historia del hombre el empleo de las grasas animales y vegetales como agentes lubricantes fue una práctica común. Sin embargo, a partir del siglo XIX, dichas grasas empezaron a ser reemplazadas con aceites minerales, los cuales garantizaban una mejor estabilidad contra la oxidación y cumplían con mayores estándares técnicos de calidad. Actualmente, la industria, con el propósito de disminuir al máximo todo impacto negativo sobre el medio ambiente, ha revivido el interés en la utilización de grasas vegetales como lubricantes o como materia prima para un proceso de industrialización.

Está comprobado que estos nuevos desarrollos y alternativas energéticas, son signos del inicio de una nueva era, período en el cual, tanto producción como consumo de energéticos, se basan en una nueva concepción tecnológica del aprovechamiento de la naturaleza en el proceso productivo y en un predominio de las relaciones entre el hombre y su medio ambiente.

Desde hace algunos años se ha profundizado el debate sobre el impacto de las diferentes actividades industriales en el medio ambiente ya que se ha reconocido que habitamos un ecosistema con dotaciones limitadas y no renovables de recursos como el petróleo, el aire que respiramos y de áreas apropiadas para el cultivo de productos agrícolas.

Con la utilización de materias primas renovables no sólo se reemplaza el uso de recursos no renovables, adicionalmente se completa un circuito cerrado de formación y eliminación de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), lo que contribuye, parcialmente, a evitar el «efecto invernadero».

Además, el empleo técnico de productos agrícolas con la energía solar contribuirá al uso más eficiente de las tierras cultivables y el desarrollo de la agroindustria.

El progreso en las industrias de transformación ha abierto horizontes amplios a la técnica agrícola que, como conjunto de conocimientos aplicados al aprovechamiento integral de una planta, da oportunidad a que se formen en algunas regiones de México nuevas industrias y de que se modernicen y amplíen las existentes.

En relación con las higuierillas o ricinos, desarrolladas espontánea y abundantemente, en áreas numerosas y dispersas del país, encuéntrase que, esa espontaneidad señala condiciones apropiadas de climas de suelos, para establecer higuierillales o ricinales, sin restar las superficies actuales ocupadas por otros cultivos.

La idea de darle mayor importancia a las higuierillas o ricinos y de establecer plantaciones de ese vegetal, es la de abrir al cultivo, suelos no utilizados o vírgenes, estableciendo en algunos lugares de México fábricas de aceites. Creándose así unidades agrícolas-industriales, que cubrirían en proporciones elevadas, las necesidades nacionales (domésticas) de esos artículos y posiblemente con el tiempo, formar un renglón de cuantía en el comercio exterior del país [1]. Estimular la industrialización de las semillas y de las partes todas, de las higuierillas o ricinos, generando en forma indiscutible, como lo es toda creación de riqueza que nacida del aumento de áreas en cultivo y por tanto de la producción por hectarea; la transformación moderna de productos agrícolas y la ampliación y diversificación de estos productos y de sus mercados, podrán dar a México ingresos niveladores y estables en sus balanzas comerciales.

Con la pirólisis del aceite de ricino a temperaturas altas (mayores de 400 °C) bajo presión de vacío se obtiene heptaldehído y ácido undecilénico, el cual es una fuente de valor en perfumería, farmacia y en materiales poliméricos. Además el heptaldehído sirve como solvente para plásticos, hules, resinas y es una fuente emulsificante para insecticidas y plastificantes. Similarmente el ácido undecilénico sirve como bactericida y fungicida.

La deshidratación del aceite se polimeriza y da como resultado un gel y un producto esponjoso que dificulta el análisis de estos constituyentes.

En varios trabajos publicados [2-7] se considera que la pirólisis del aceite de ricino en el intervalo de 400-700 °C. bajo presión de vacío, se obtiene heptaldehído y ácido undecilénico con rendimientos que van de 16-24% y 17-35% respectivamente.

Los concentradores de radiación solar son un excelente medio para incrementar la eficiencia de los reactores térmicos principalmente por su ahorro en energía y de ahí su indudable interés. La complejidad que supone su implementación, derivada de la necesidad de moverse para focalizar la imagen del sol en el receptor, podría suponer un freno para su utilización. Tal complejidad sólo se justifica para tamaños del receptor que donde las exigencias del mercado fueran de alta producción.

Sin embargo, la evolución de la energía solar en general, hace pensar que esta situación se superará en un futuro inmediato y por ello, he juzgado de interés el analizar aquí las disponibilidades de radiación para estos concentradores.

Los métodos utilizados con la energía solar pueden ser divididos en diferentes ramas como se muestra en la figura 1. La energía térmica puede ser usada directamente en la química térmica solar para proceder posteriormente a la química fina y obtener productos mas refinados que es lo que se trata de proyectar con este trabajo.

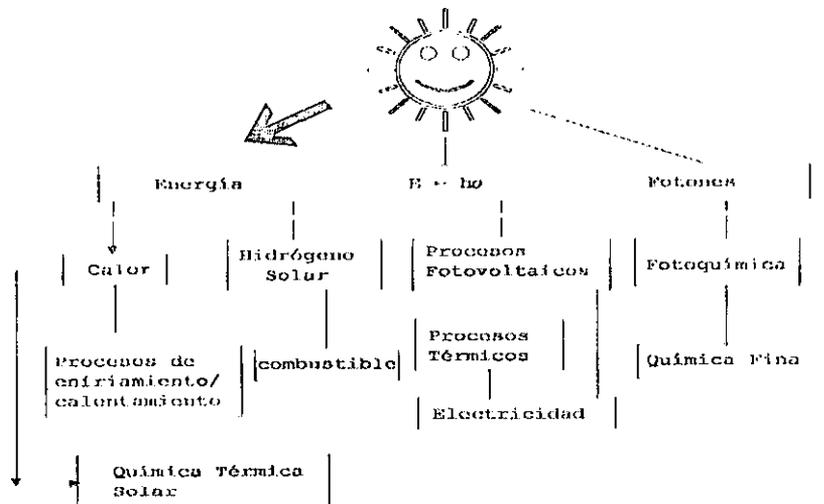


Figura 1. Proceso de producción basado en tecnología solar para diferentes procesos industriales.

## HIGUERILLA

**Botánica.**-Es una planta arbustiva de 1 a 5 m de altura, con los tallos huecos que están ramificados y son de color verde o rojizos. Las hojas están partidas de 5 a 8 partes, en forma de estrella, con los nervios de color rojizo, sus bordes tienen diente de sierra de tamaño irregular. Sus flores se encuentran en racimos, los frutos son como cápsulas espinosas rojizas y contiene sólo 3 semillas grandes, lisas algo aplanadas y con líneas oscuras. La higuierilla o ricino es, particularmente, sensible al frío, necesitando para su vida, desarrollo y fructificación óptimos de 25 a 35 °C. La Figura 2a muestra la planta de higuierilla a las temperaturas indicadas.



Fig. 2a. Planta de Higuierilla.

La higuierilla como planta es cultivada durante 6 a 10 meses al año, requiere temperaturas medias mensuales a las mencionadas en líneas anteriores, necesitándose coeficientes medios de riego de 10,000 m<sup>3</sup> por hectárea, para un ciclo vegetativo industrial y económico.

Esta planta se encuentra en climas cálido, semicálido y templado, desde el nivel del mar hasta los 3000 m de altura.

Esta planta crece en terrenos de cultivo abandonados, a las orillas de caminos, ríos y riachuelos, está asociada a bosques tropicales caducifolio, subcaducifolio y perennifolio. El aceite de ricino resulta del prensado de las semillas o por la extracción de solventes.

En climas cálidos, o templados, sin heladas, con humedad suficiente y suelos ricos en nutrientes vegetales, las higerillas o ricinos, son arboriformes, llamándose así cuando su altura sobrepasa los 5 m, pudiendo llegar a más de 12 m en climas tropicales, con diámetros de los tallos de 30 cm o más.

La figura 2b muestra los estados de la República donde se ubica esta planta (*Ricinus Cummunis L.*).

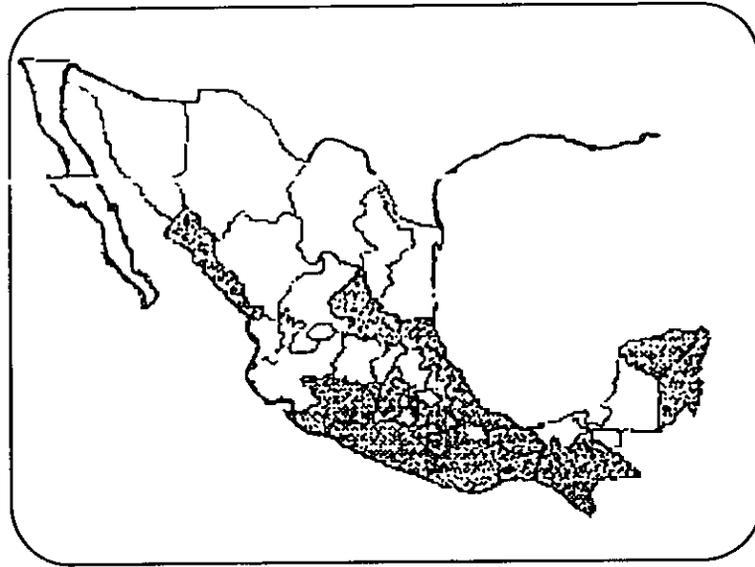


Fig. 2b. Localización de la planta.

En algunos libros sobre temas agrícolas, se dice que las higerillas o ricinos se cultivan como el maíz. Las aseveraciones anteriores han dado lugar a confusiones y a errores costosos.

Posiblemente la idea de igualdad o similitud, en los cultivos citados, se deben a que en el Estado de Oaxaca (México), por ejemplo, se cultivan las plantas del maíz asociadas o intercaladas a las de higerillas o ricinos, sin que eso indique las mismas operaciones agrícolas y agronómicas en estos cultivos [8].

Numerosos trabajos agrícolas son comunes a todos los cultivos si se ven en conjunto, pero separadamente poseen modalidades específicas que obligan a reseñar las particularidades relativas a los vegetales y al modo de cultivarlos.

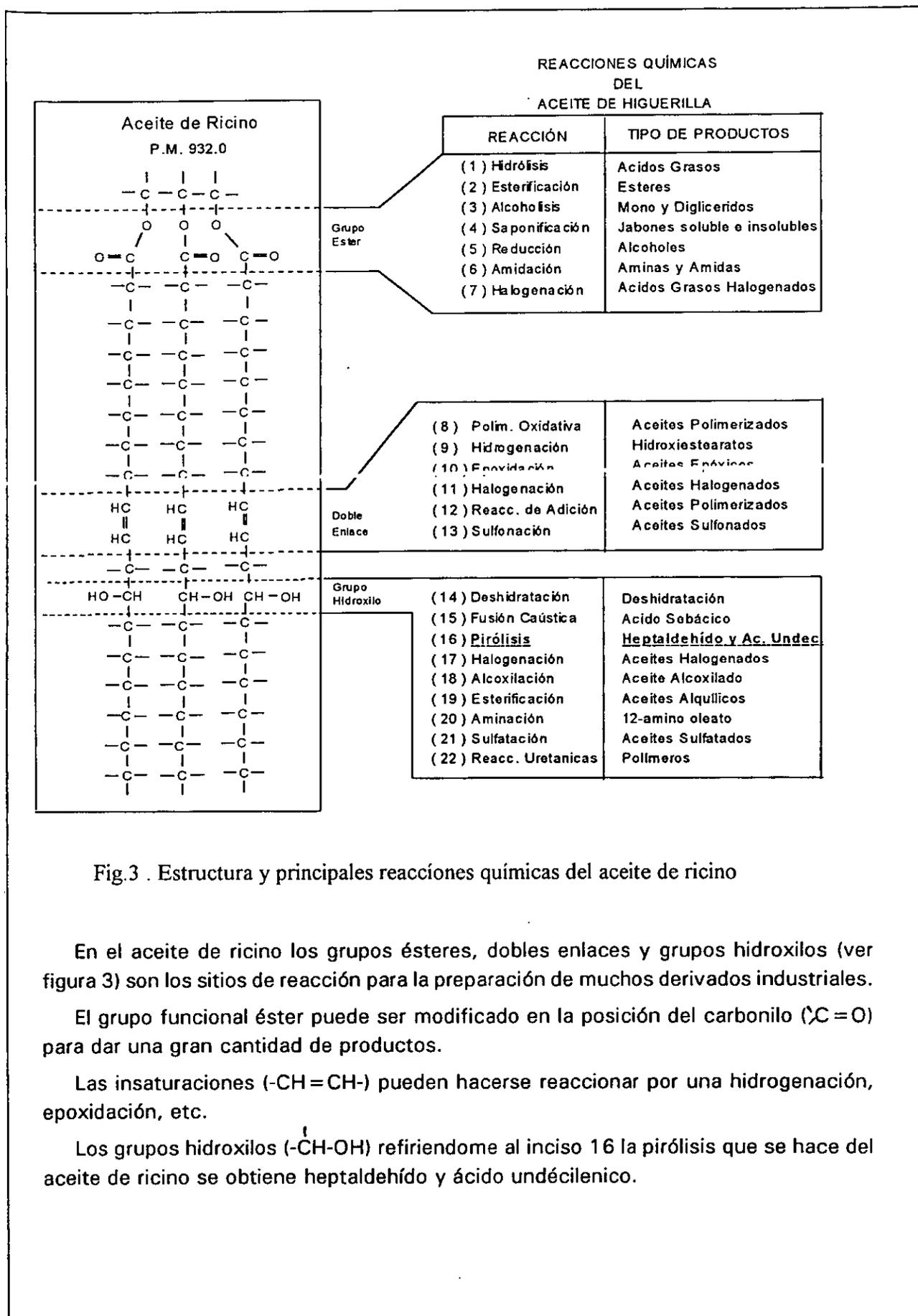


Fig.3 . Estructura y principales reacciones químicas del aceite de ricino

En el aceite de ricino los grupos ésteres, dobles enlaces y grupos hidroxilos (ver figura 3) son los sitios de reacción para la preparación de muchos derivados industriales.

El grupo funcional éster puede ser modificado en la posición del carbonilo ( $\text{C}=\text{O}$ ) para dar una gran cantidad de productos.

Las insaturaciones ( $-\text{CH}=\text{CH}-$ ) pueden hacerse reaccionar por una hidrogenación, epoxidación, etc.

Los grupos hidroxilos ( $-\text{CH}-\text{OH}$ ) refiriendome al inciso 16 la pirólisis que se hace del aceite de ricino se obtiene heptaldehído y ácido undécilenoico.

## Naturaleza de la Radiación Solar.

La figura 4 sirve de apoyo para una breve explicación sobre las diferentes componentes de la radiación solar que llega a un receptor terrestre.

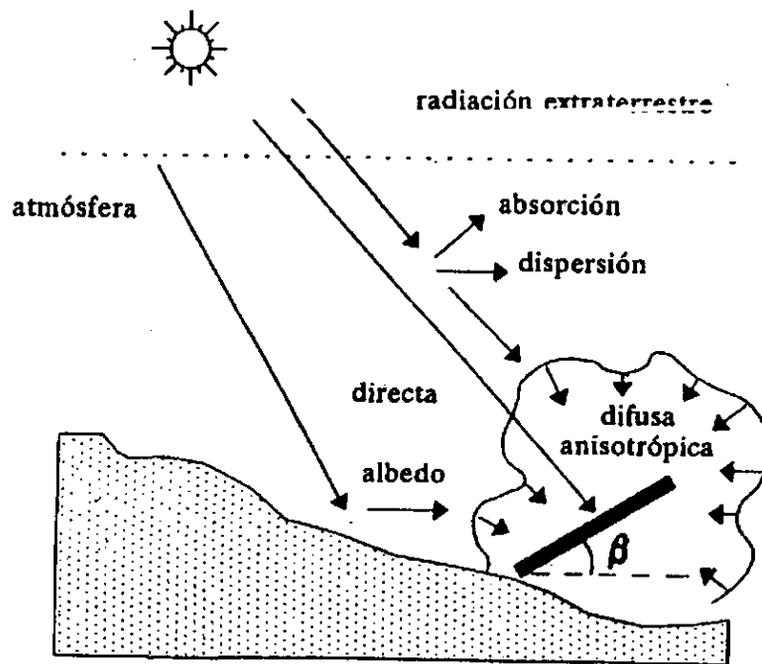


Fig.4. Diferentes componentes de la radiación solar.

La radiación incidente sobre un receptor situado fuera de la atmósfera, o radiación extraterrestre, proviene casi exclusivamente de la emitida en forma radial por el Sol (radiación directa) y al estar en el espacio exterior desprovisto de materia dispersa, la esfera celeste aparece negra (sin radiación) con pequeños puntos brillantes correspondientes a las estrellas, de importancia despreciable a nuestros efectos, y una de singularidad importante correspondiente al Sol.

La radiación solar contiene fotones de todas las longitudes de onda de acuerdo con la distribución espectral como la indicada en la figura 5.

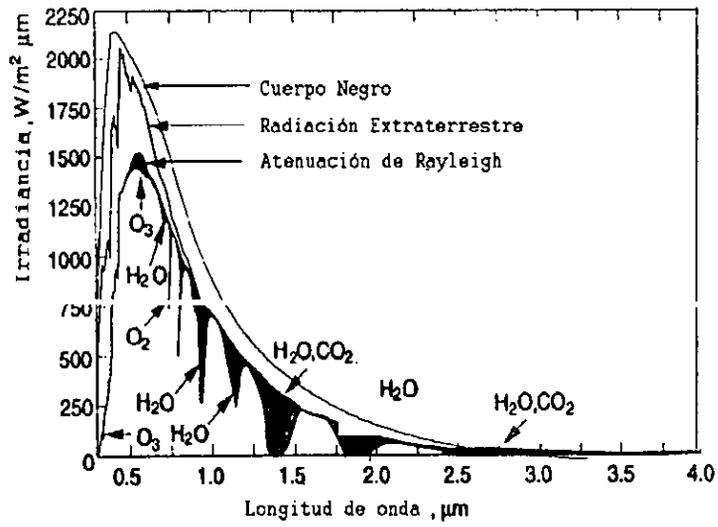


Fig. 5. Distribución espectral.

Fuera de la atmósfera, el espectro solar (radiación extraterrestre) se aproxima al de un cuerpo negro [10] a la temperatura de 5500 °C y el valor de la irradiancia es de 1367 W/m<sup>2</sup>. Según la ecuación de Stefan-Boltzmann por integración de las ecuaciones de

Planck para todas las longitudes de onda, el total de energía emitida por un cuerpo negro es:

$$E_b = \int_0^{\infty} I_{b\lambda} d\lambda = \sigma T^4$$

donde:

$\sigma$  = Constante de Stefan-Boltzmann  $5.6697 \times 10^{-8}$  [W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>].

$E_b$  = Energía por unidad de area por unidad de tiempo por intervalo de la longitud de onda( $\lambda$ ). La letra b subíndice representa el cuerpo negro.

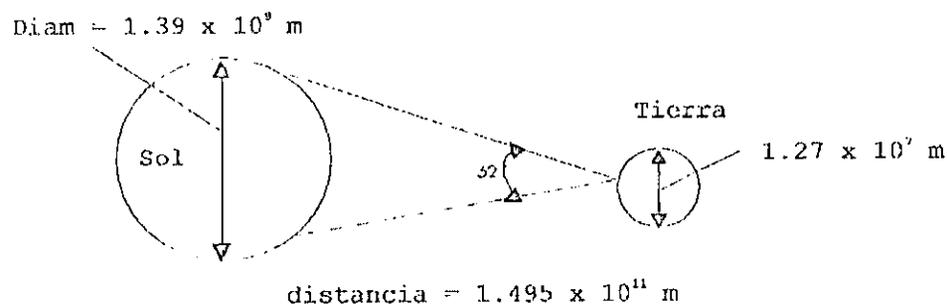


Fig. 6 Relacion Tierra-Sol.

$$E_s = A_s \sigma T^4 = \pi (D_s)^2 \sigma T^4$$

$$ICS = \{ \pi (D_s)^2 \sigma T^4 \} / \{ 4\pi D^2 \}$$

$$ICS = \{ \pi (1.39 \times 10^9 \text{ m})^2 (5.67 \times 10^{-8}) (5770)^4 \} / \{ 4\pi (1.49 \times 10^{11} \text{ m})^2 \}$$

$$= 1367.36 \text{ [W/m}^2]$$

La *constante solar* (Ics) es el nombre dado a la cantidad de energía radiante procedente del Sol que llega por unidad de tiempo (un segundo) y por unidad de área (un metro cuadrado), perpendicular a los rayos del Sol en un punto más allá de la atmósfera a una distancia del Sol igual al radio medio de la órbita de la tierra.

Pero toda la energía de la constante solar no llega a la superficie terrestre, parte de esta energía se atenúa debido a fenómenos de absorción, reflexión y difusión de la radiación por los gases que constituyen la atmósfera.

## **Evaluación de la componente directa instantánea de la radiación solar en días despejados.**

---

Para diseñar cualquier sistema de energía solar es preciso conocer los valores de las diferentes componentes de la radiación incidente sobre una superficie receptora. Abordar este cálculo desde una posición estrictamente teórica, únicamente dá buenos resultados cuando se trata de días totalmente claros. Un cálculo más general necesita utilizar valores medios de algunos parámetros meteorológicos como punto de partida. En la práctica, este problema puede tener diferentes formulaciones dependiendo de la naturaleza de los datos meteorológicos disponibles de la aplicación en particular.

Para eliminar los efectos de las condiciones particulares de cada localidad (naturaleza del suelo, obstrucciones del horizonte, etc.) las medidas rutinarias de radiación solar se limitan, normalmente, a superficies horizontales y libres de obstáculos. Por otra parte, razones de tipo fundamentalmente económico, hacen que las redes de estaciones de medida rutinaria de la radiación limiten sus observaciones a algunos parámetros sencillos como son la radiación global, el número de horas de sol, etc.

Para muchas aplicaciones los valores medios mensuales de la irradiación diaria constituyen una información suficiente. Sin embargo, para otras (concentradores, centrales, optimización, etc.) es preciso un mayor nivel de detalle y utilizar valores individuales de la irradiación horaria.

Básicamente, el procedimiento para abordar estas cuestiones consiste en estimar un parámetro a partir de otro, utilizando alguna correlación entre ellos. Estas correlaciones se establecen sobre la base de medidas simultáneas de dos parámetros, obtenidas en algún lugar en particular y a continuación, se aplican a otros lugares en los que sólo se dispone del registro de uno de los parámetros, para estimar el valor del otro. Las correlaciones así obtenidas son, en principio, dependientes de la localidad en la que se han hecho las medidas simultáneas y como consecuencia, es frecuente encontrar en la literatura diferentes correlaciones para los mismos parámetros.

Es necesario destacar que, con alguna rara excepción, la utilización de tales correlaciones sólo conduce a resultados aceptables cuando se aplican a valores resultantes del promedio de muchas medidas realizadas en largos períodos de tiempo.

Por ejemplo, no pueden aplicarse a la irradiación diaria del 13 de junio de 1996, obtenida como el valor promedio de las irradiaciones diarias de los 13 de junio de muchos años. Este hecho representa una severa limitación cuando el problema a abordar consiste en simular con mucho detalle el comportamiento de un sistema. Aun así, estas correlaciones son extremadamente útiles cuando se trata de tener una primera idea de tal comportamiento que a menudo, no resulta suficiente para dimensionar los componente del sistema.

Se ha demostrado que la única manera de realizar estimaciones aproximadas por períodos cortos de tiempo (por ejemplo horarios) es utilizando métodos parametrizados para días completamente despejados, los cuales han sido verificados en varias zonas del planeta. En estos métodos se considera que en la ausencia de nubes, la radiación solar total recibida en la superficie de la tierra es un residuo, después de que el flujo extraterrestre ha sido atenuado por la absorción y dispersión atmosférica.

La estructura de estos modelos permite realizar el cálculo de la radiación solar para varios tipos de atmósferas ideales y reales (limpia, turbia, seca, etc.). La mayor incertidumbre en estos métodos radica en la selección adecuada de las funciones de transmisión atmosférica.

Para una atmósfera sin nubes, Hoyt propone calcular la irradiancia solar directa recibida en una superficie horizontal con la siguiente fórmula.

$$G_{bc} = I_0 \cdot G_{sc} \cdot \cos \theta_z \cdot \left( 1 - \sum_j A_j \cdot \tau_{as} \cdot \tau_r \right)$$

donde:

$A_j$  ( $j=1$  a  $5$ ) son las razones de absorción para el vapor de agua ( $j=1$ ),  $CO_2$  ( $j=2$ ),  $O_3$  ( $j=3$ ), aerosoles ( $j=4$ ) y oxígeno ( $j=5$ );  $\tau_{as}$  y  $\tau_r$  son funciones de transmitancia debido a la dispersión por el polvo y por las moléculas de aire (dispersión de Rayleigh) respectivamente.  $G_{bc}$  es la radiación solar directa instantánea en  $W/m^2$ . [8a]

También otro método interesante es el Kuznetzov, que calcula la radiación directa, difusa y total. Alimentando datos los cuales involucran tres parámetros ambientales básicos: el espesor óptico de la atmósfera ( $\tau$ ), el albedo por dispersión simple ( $\alpha$ ), definido como  $\alpha = \tau(\text{disp})/\tau$  y la reflectividad del terreno definida como  $r = F^r/F_i$ .

$\tau(\text{disp})$  es el espesor óptico de la fase dispersa de la atmósfera,  $F^r$  y  $F_i$  son los flujos incidente y reflejado por la superficie subyacente, respectivamente.

Los parámetros ambientales  $\tau$ ,  $\alpha$ ,  $r$  formalmente son dependientes de la longitud de onda de la radiación, pero para propósitos prácticos pueden usarse valores promediados a lo largo del espectro actinométrico [9].

Para que quede claro lo anterior, se ilustra gráficamente (como ejemplo) el comportamiento diario de los flujos directo y total sobre una superficie horizontal, orientada al sur en un punto de latitud  $19.33^\circ N$ . para el día 24 de abril en la Cd. de México. Dadas las características que presenta el concentrador, la única componente que recibe es la radiación solar directa, de acuerdo con las ecuaciones originalmente desarrolladas por Kuznetzov (1942) [9a].

$$I = I_0 e^{-m} \quad \text{donde} \quad m = \frac{1}{\mu_0} \frac{1}{\cos \theta_z}$$

Posición geográfica del lugar:  $l$ : longitud,  $\phi$ : latitud  
 Día juliano {j(enero 1)=1, j(marzo 21)=81}:  $j = 1, \dots, 365$   
 Parámetros ambientales:  $\tau, \alpha, r$ .  
 Orientación de la superficie receptora  
 ( $\Omega$ =inclinación,  $\Gamma$ =acimut)  $\Omega, \Gamma$ .

Declinación:

$$\delta := \text{asen} \left[ \sin 23.5 \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \sin 2 \cdot \pi \cdot \frac{j-81}{365.25} \right]$$

Factor de corrección de  
 la constante solar Tierra-Sol.

$$f_{ts} := \text{asen} \left[ \sin(23.45) \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \sin \left[ 2 \cdot \pi \cdot \frac{j-81}{365.25} \right] \right]$$

$$t_0 := \text{acos}(-\tan(\delta) \cdot \tan(\phi)) \cdot \frac{12}{\pi} \quad (\text{tiempo solar verdadero})$$

Angulo horario ( $H_i$ ) y Coseno del angulo cenital ( $\mu_i$ ):

$$H_i := \frac{\pi}{12} \cdot t_i - 12 \quad f_{l_i} := \sin(\delta) \cdot \sin(\phi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\phi) \cdot \cos H_i$$

Parámetros de las ecuaciones de flujo:

$$a_i := \frac{2-\alpha}{2 \cdot \mu_i} \quad b := \alpha \quad c := 2-\alpha \quad d_i := \frac{\alpha}{2 \cdot \mu_i}$$

$$\delta_{1_i} := \frac{1}{2} \cdot c - a_i + \frac{1}{2} \cdot \left[ c + a_i^2 - 4 \cdot b \cdot d_i \right]^{0.5} \quad \delta_{2_i} := \frac{1}{2} \cdot c - a_i - \frac{1}{2} \cdot \left[ c + a_i^2 - 4 \cdot b \cdot d_i \right]^{0.5}$$

$$G_i := \frac{\delta_{2_i} + a_i - b \cdot r}{\delta_{1_i} + a_i - b \cdot r} \cdot \exp \left[ \delta_{2_i} - \delta_{1_i} \cdot \tau \right]$$

Flujo difuso hacia abajo:

$$F_{bd_i} := 1367 \cdot \mu_i \cdot \left[ \frac{1}{1+G_i} \cdot G_i \cdot \exp \delta_{1_i} \cdot \tau + \exp \delta_{2_i} \cdot \tau - \exp \frac{-\tau}{\mu_i} \right]$$

Flujo difuso hacia arriba:

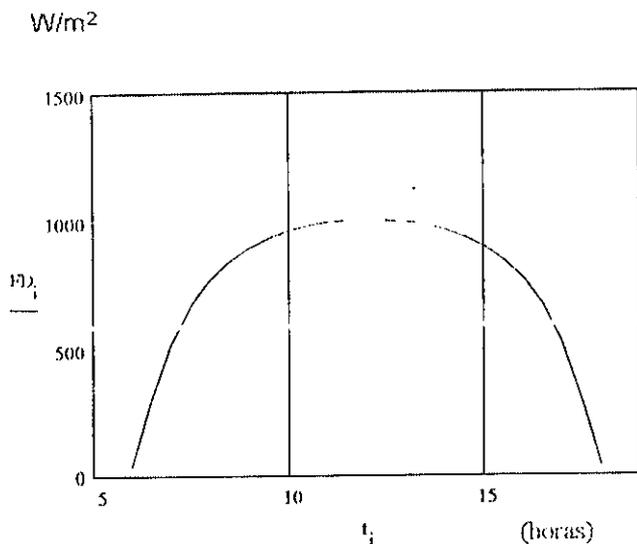
$$F_{sd_i} := r \cdot 1367 \cdot \mu_i \cdot \left[ \frac{1}{1+G_i} \cdot G_i \cdot \exp \delta_{1_i} \cdot \tau + \exp \delta_{2_i} \cdot \tau \right]$$

Flujo difuso total sobre una superficie con orientación ( $\Omega, \Gamma$ ):

$$F_{d_i} := \left[ (1 + \cos(\Omega)) \cdot F_{bd_i} + (1 - \cos(\Omega)) \cdot F_{sd_i} \right] \cdot 0.5$$

El programa fue instrumentado por A. Muhlia. Grupo Radiación Solar. Instituto de Geofísica. U.N.A.M.

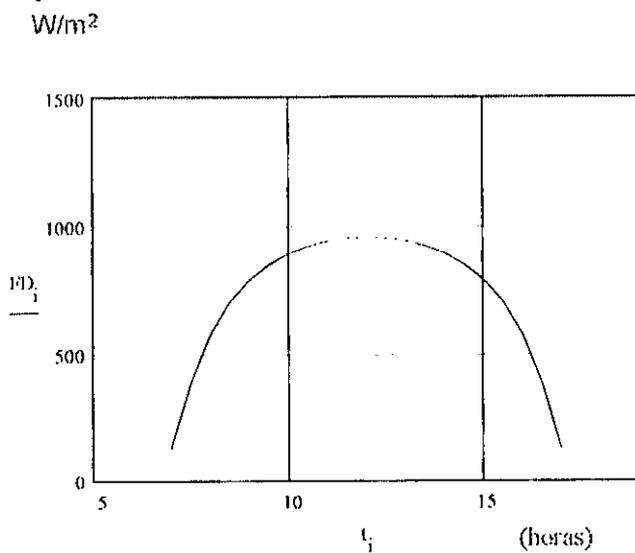
### EJEMPLOS



Tiempo Solar Verdadero

$FD_1$  Radiación Directa

$\tau_1$ 0.3	Esesor opt.
$r$ 0.2	Reflectividad
$l$ 99.18	Longitud ( $^\circ$ ).
$\phi$ 19.33	Latitud ( $^\circ$ ).
alt 2.24	Altitud (Km)
$j$ 114	Día juliano
$\Omega$ 19.33	Inclinación
$\Gamma$ 0	Acimut ( $^\circ$ ).
$t1 = 6AM$	$t2 = 18PM$
$i$ 0.24	



Tiempo Solar Verdadero

$FD_1$  Radiación Directa

$\tau_1$ 0.3	Esesor opt.
$r$ 0.2	Reflectividad
$l$ 99.18	Longitud ( $^\circ$ ).
$\phi$ 19.33	Latitud ( $^\circ$ ).
alt 2.24	Altitud (Km)
$j$ 324	Día juliano
$\Omega$ 19.33	Inclinación
$\Gamma$ 0	Acimut ( $^\circ$ ).
$t1 = 7AM$	$t2 = 17PM$
$i$ 0.24	

## Sombras y mapas de trayectorias

En algunas ocasiones es preciso ubicar los receptores en lugares totalmente libres de sombras. La figura 7, representa la elevación del Sol en función de su acimut para algunos días del año y para la latitud  $\phi = 19.33^\circ\text{N}$ .

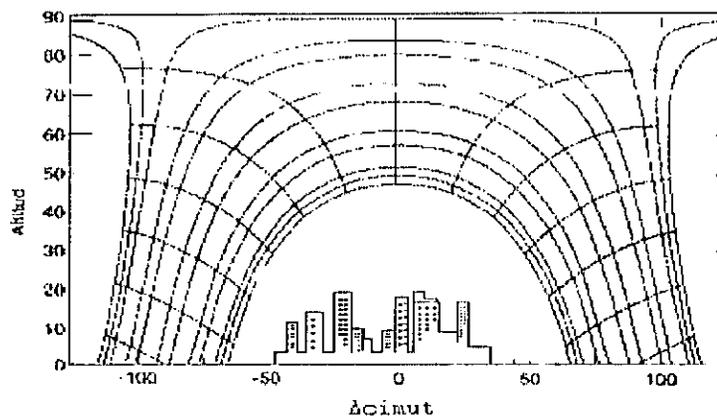


Fig.7 Mapa de trayectoria correspondiente a la latitud=19.33°N.

Este tipo de figuras, denominadas mapas de trayectorias del Sol constituyen una herramienta muy útil para determinar la duración y efecto de las sombras proyectadas por cualquier obstáculo. En efecto, la lectura directa de un teodolito bien estacionado permite obtener los ángulos de elevación y acimut de los puntos más relevantes (esquinas, cumbres, etc.) de cualquier posible obstáculo. Con ellos puede superponerse el horizonte local al mapa de trayectorias. La determinación del efecto de las sombras se hace, entonces, sin más que considerar que la radiación directa y la componente circunsolar de la radiación difusa asociadas a todas las posiciones del Sol situadas por debajo del horizonte local son nulas. Salvo casos de sombras muy exageradas, los efectos del horizonte local sobre las otras componentes de la radiación difusa pueden considerarse despreciables.

## CONCENTRADORES.

Los concentradores solares son dispositivos en los que se obtiene alta densidad de energía (radiación concentrada) sobre un absorbedor, suficiente para lograr temperaturas mayores de 200°C. La concentración de la radiación solar se logra mediante dispositivos ópticos que reflejen o refractan la radiación solar de manera que concentran el flujo incidente sobre un absorbedor de área mucho menor que la apertura [12] .

### **Ventajas del empleo de concentradores.**

a) Las pérdidas de calor se reducen al utilizar un absorbedor de menor área y no sólo se mejoran las eficiencias térmicas sino que también se reducen efectos transitorios, ya que la masa térmica es mucho más pequeña que en colectores planos.

b) La cantidad de energía colectada sobre la superficie de absorción por unidad de área se aumenta, con la cual se pueden alcanzar altas temperaturas aprovechables en algún ciclo termodinámico.

### **Desventajas del empleo de concentradores.**

a) Debido a que es difícil trabajar con espejos de vidrio (por la curvatura que presentan), el material utilizado es un folio de aluminio con adhesivo en la parte posterior, por la cuál su calidad óptica de la superficie reflectora requiere mantenimiento y protección intensiva contra su exposición a la intemperie.

En concentradores al aumentar la razón de concentración,  $A_a/A_r$ , manteniendo  $A_a$  constante, las pérdidas térmicas se reducen, permitiendo alcanzar altas temperaturas. Sin embargo, las pérdidas por reflexión, factor de forma y la no concentración de radiación difusa en los concentradores, reducen la energía absorbida comparada con la que capta un colector plano.

b) Trabajan sólo con la componente directa de la radiación solar; el criterio de selección de estos sistemas debe incluir características geográficas del lugar.

Cuanto más alta es la temperatura a la cual la energía va a ser entregada en un concentrador, mayor deberá ser la razón de concentración; para lograr esto, la geometría del concentrador necesita ser la más precisa posible, así como del sistema que permite seguir al Sol; en la figura 8 se muestran los valores de razón de concentración y tipos de concentradores con los que se puede entregar energía a diferentes temperaturas sobre un absorbedor.

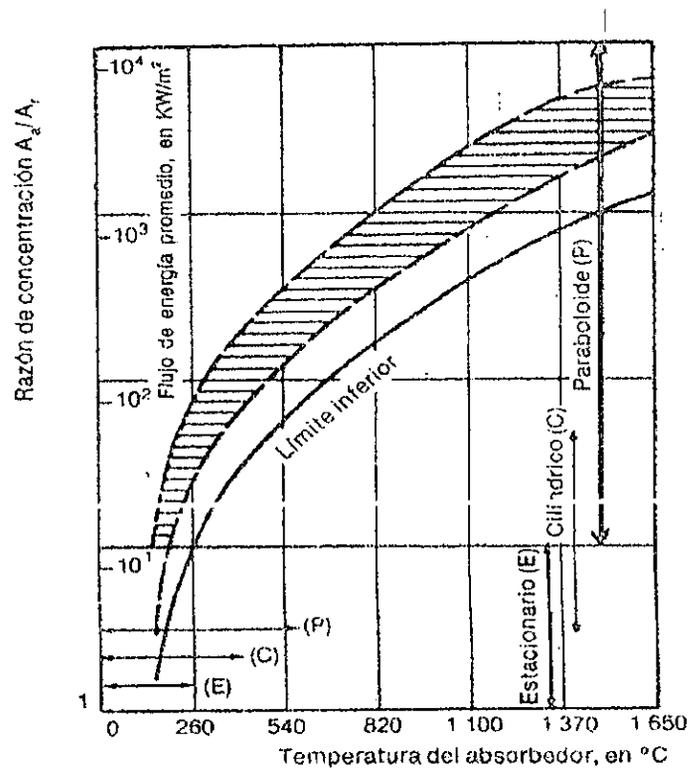


Fig. 8. Razón de concentración de la temperatura de operación del absorbedor.

## Concentrador.

El concentrador es un parabolóide de revolución de 1.5 m de diámetro hecho de fibra de vidrio y con dos grados de libertad en su movimiento, el material reflector es un folio de aluminio que tiene en su parte posterior un adhesivo de contacto (3M FEK-244).

Este concentrador tiene seguimiento en dos ejes, permitiendo colectar la máxima cantidad de energía posible en el absorbedor.

También hay que señalar que este tipo de seguimiento impone la utilización de estructuras de soporte sofisticado y caras. El seguimiento solar se realizó en forma manual durante el experimento por falta de equipo electromecánico.

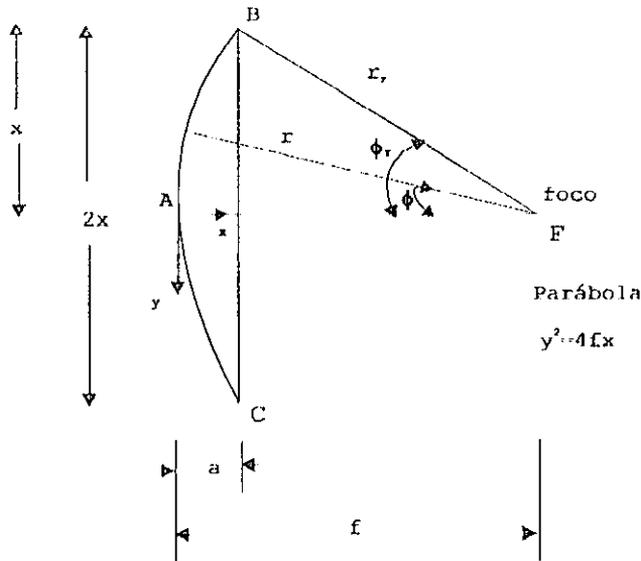


Fig. 9. Dimensionamiento del concentrador parabólico.

$x : 0.755\text{m}$  radio del concentrador       $a : 0.25\text{m}$  profundidad del concentrador

Area del concentrador    Arca :  $\frac{2}{3} \cdot a \cdot (2 \cdot x)$       Arca = 0.252 m

Longitud del arco ABC    Arc :  $\frac{1}{2} \cdot \sqrt{(2 \cdot x)^2 + 16 \cdot a^2} + \frac{(2 \cdot x)^2}{8 \cdot a} \cdot \ln \left| \frac{4 \cdot a + \sqrt{(2 \cdot x)^2 + 16 \cdot a^2}}{2 \cdot x} \right|$       Arc = 1.614 m

La ecuación de la parábola, en términos del sistema coordenado es:

$$y^2 = 4fx \quad \dots\dots\dots (1)$$

La abertura es  $2x$  y la longitud focal (distancia del punto focal al vértice) es  $f$ .

El ángulo  $\phi_r$  es el ángulo de borde representado por AFB (fig. 9), esta dado por:

$$\phi_r = \tan^{-1} \frac{f}{2x} \quad \dots\dots\dots (2)$$

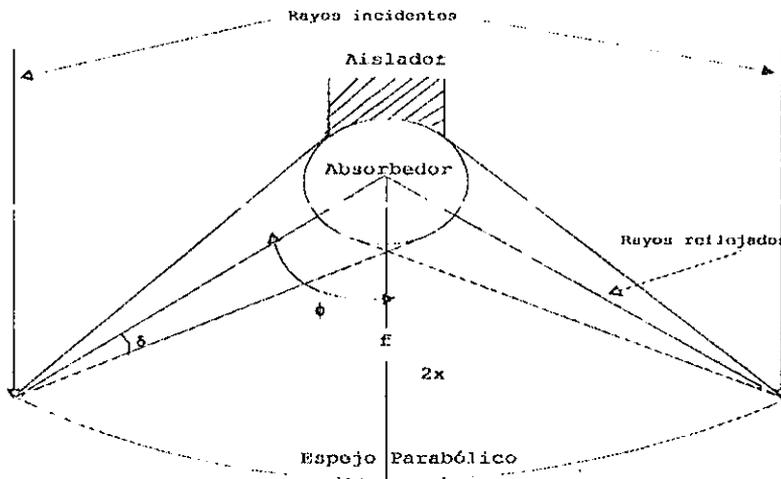


Fig. 10. Incidencia de rayos solares en el absorbedor.

De la geometría de la figura 10 se puede deducir que para un concentrador de forma perfecta y bien alineado, el diámetro del receptor cilíndrico que intercepta todos los rayos reflejados esta dado por:

$$D = \frac{2x \cdot \sin \theta_s}{\sin \phi_r} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Para un receptor planar y normal al eje de la parábola la anchura  $W$  que intercepta toda la radiación reflejada es:

$$W = \frac{2x \cdot \sin \theta_s}{\sin \phi_r \cdot \cos \phi_r} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Ahora, para un receptor parabólico, la distancia focal  $f$ , es una constante en la ecuación de la superficie

$$y^2 = 4fx$$

De la figura 9.  $y = r \cdot \sin(\phi)$      $x = f + r \cdot \cos(\phi)$

sustituyendo en la ecuación de la parábola y simplificando se obtiene

$$r = \frac{2 \cdot f}{1 + \cos(\phi)} \quad \dots\dots\dots(5)$$

Cuando  $\phi$  varía desde 0 hasta  $\phi_r$ ,  $r$  aumenta desde  $f$  hasta  $r_r$  y el tamaño teórico de la imagen aumenta desde  $W(r = f)$  hasta  $W(r = r_r)$ .

Por lo tanto hay un tamaño finito y disperso de la imagen aún cuando el concentrador es geoméricamente perfecto. La distancia focal juega un papel determinante en el tamaño de la imagen como se muestra en las ecuaciones 3,4 y 5, y la abertura  $2x$ , es el factor determinante en la energía total que se recibe, por lo tanto la brillantes o la concentración de flujo radiativo en el captador será función de la razón  $f/2x$ . [11]

**EJEMPLO.**

El concentrador parabólico tiene un diámetro de 1.51 m y una longitud de foco de 0.67 m la reflectancia del espejo  $\rho = 0.90$ . El experimento se realizó el 24 de Abril de 1997 a las 11:30 A.M. en Cd Universitaria (UNAM). La irradiancia en cada momento fue  $820 \text{ W/m}^2$ .

¿Calcular la declinación, el factor de forma del concentrador, el ángulo de borde, la profundidad de la parábola y el ancho de imagen?

Solución:

$j = 114$  día del año       $\omega = 7.5$  ángulo horario       $\text{deg} = \frac{\pi}{180}$   
 $f = 0.67 \cdot \text{m}$  foco       $x = 0.755 \cdot \text{m}$  radio del concentrador

declinación:

$$\delta = \text{asin} \left( \sin(23.5 \cdot \text{deg}) \cdot \sin 2 \cdot \pi \cdot \frac{j}{365.25} \right) \quad \delta = 12.38$$

$\frac{f}{x} = 0.887$  razón de concentración de la parábola

De la ecuación (2)

$$\phi_r = \text{atan} \left( \frac{8 \cdot \frac{f}{2 \cdot x}}{16 \cdot \frac{f^2}{2 \cdot x^2} + 1} \right) \quad \phi_r = 58.797$$

De la ecuación (5)

profundidad del concentrador

$$r = \frac{2 \cdot f}{1 + \cos \phi_r \cdot \text{deg}} \quad r = 0.883 \cdot \text{m} \quad a = \frac{2 \cdot x \cdot f}{2 \cdot \tan \phi_r \cdot \text{deg}} \quad a = 0.254 \cdot \text{m}$$

$\theta_s = 0.53 \cdot \text{deg}$  ángulo solar en radianes

De la ecuación (3)

$$D = \frac{2 \cdot x \cdot \sin^2 \theta_s}{\sin \phi_r \cdot \text{deg}} \quad D = 0.008 \cdot \text{m}$$

De la ecuación ( 4 )

$$W := \frac{2 \cdot x \cdot \sin \frac{\theta_s}{2}}{\sin(\phi_r \cdot \text{deg}) \cdot \cos \phi_r \cdot \text{deg} + \frac{\theta_s}{2}} \quad W = 0.01588 \cdot \text{m}$$

La razón de concentración: Se define como el cociente entre el área de apertura colectora y el área del absorbedor.

$$C := 2 \cdot \frac{x}{W} \quad C = 95.077$$

## Calibración del Pirheliómetro.

Un pirheliómetro portátil (aparato de prueba # 634) fue utilizado para medir la intensidad de insolación sobre el concentrador en el momento del experimento.

El pirheliómetro portátil fue calibrado el día 18 de Octubre de 1996 junto con un pirheliómetro de referencia (aparato # 640089) en el Instituto de Geofísica U.N.A.M.

Determinación de la constante de calibración.

¿Cómo se calibra un instrumento de medición solar?

Los pirheliómetros (dos ó más) se colocan en posición horizontal separadas una distancia aproximadas de un metro. De preferencia no debe haber obstrucciones en todo el plano del horizonte.

La señal de salida de cada instrumento se mide simultáneamente utilizando un voltmetro (mV) de alta impedancia para evitar alterar significativamente las lecturas. Los voltajes se comparan con el de referencia calculando su razón, la cual es igual a la razón de sus constantes de calibración; de esta forma la constante del pirheliómetro se obtiene en términos de la constante de referencia y la razón de voltajes, esto es:

$$K = (V/V_0)K_0$$

en donde:

K es la constante de calibración del equipo calibrado.

V es el voltaje (mV) del pirheliómetro calibrado.

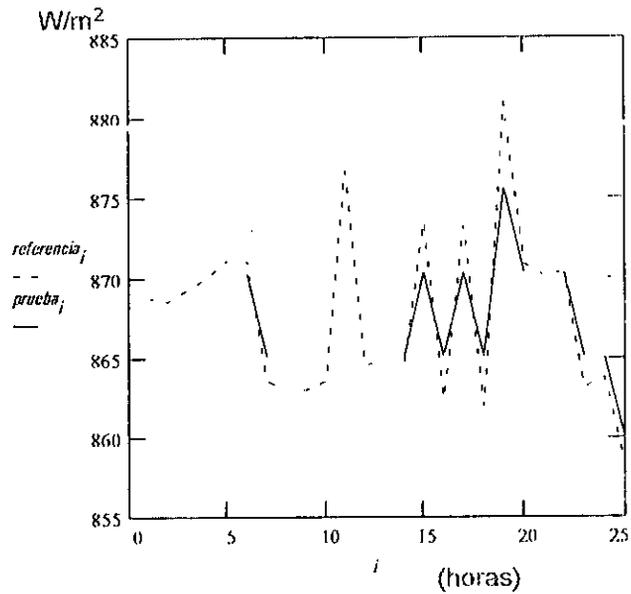
$K_0$  es la constante de calibración del equipo de referencia.

$V_0$  es el voltaje del equipo de referencia.

Después de haberse estabilizado por al menos media hora, debe procederse a tomar series de datos suficientemente grandes y calcular las razones promedio en base a las cuales se procede a calcular las constantes de calibración. Este procedimiento permite reducir los errores debidos por ejemplo a diferencias en la respuesta dinámica, altura angular del sol, respuesta espectral, etc.

Las condiciones climaticas deben ser tales que puedan ser fácilmente reproducibles, la calibración debe hacerse en días lo más claros posibles cerca del medio día en épocas del año cuando el sol esté lo más cercano posible al cenit.

referencia <sub>i</sub>	prueba <sub>i</sub>
868.82	870.415
868.56	870.415
869.34	870.415
870.084	870.415
871.129	870.415
871.109	870.415
863.585	865.172
863.066	865.172
863.049	865.172
863.549	865.172
876.762	865.172
864.607	865.172
864.848	865.172
864.83	865.172
873.579	870.415
862.483	865.172
873.266	870.415
861.966	865.172
881.013	875.659
870.93	870.415
870.156	870.415
870.401	870.415
863.141	865.172
863.842	865.172
858.192	859.928



## Pirólisis del Aceite de Ricino.

Para la pirólisis a altas temperaturas con el aceite de ricino, su mecanismo de transformación es a través de la formación de radicales libres como se ha observado en el caso de los hidrocarburos [2-6, 13-15].

Es posible que la reacción de la pirólisis de los derivados del ácido ricinoleico puedan involucrar un mecanismo de radicales libres. Figura 11.

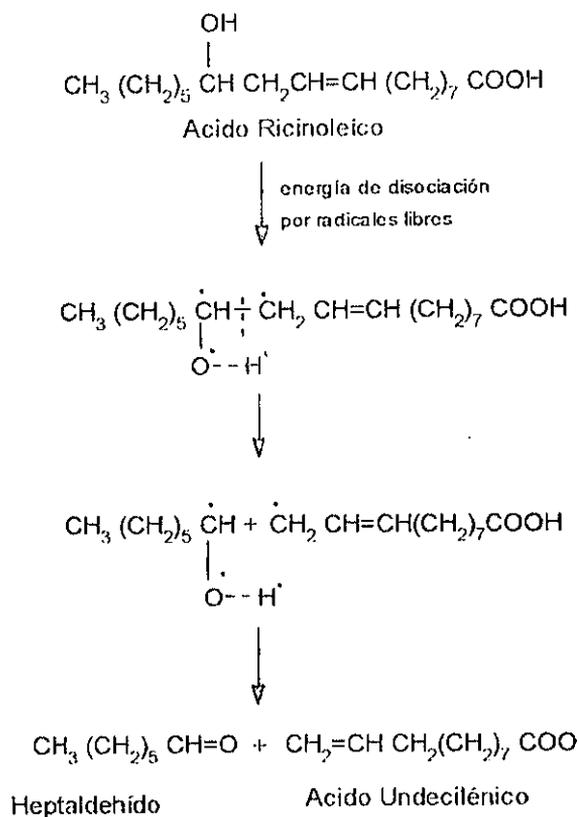


Fig. 11. Mecanismo de reacción por radicales libres.

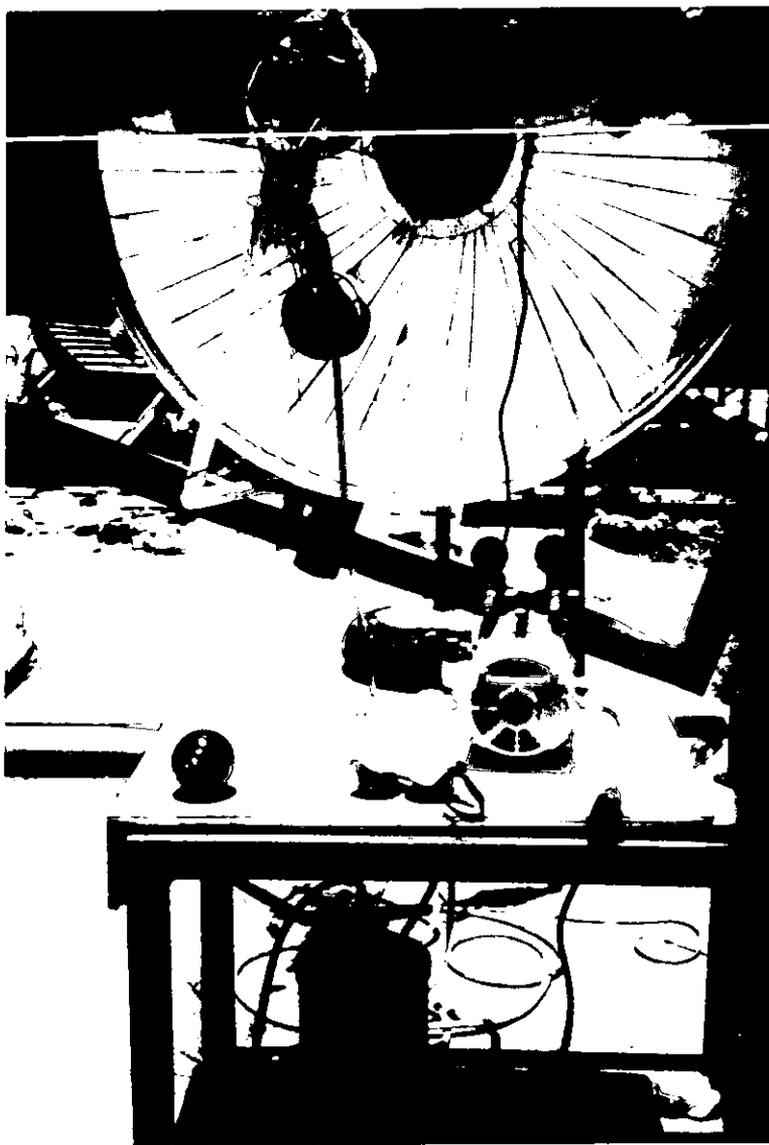
### Procedimiento Experimental.

Las características fisicoquímicas del aceite de ricino (color, índice de refracción, densidad, valor de acidez, saponificación y materia insaponificable) y los procedimientos para medirlos se tomaron de los estándares AOAC [16]. La composición de ácidos grasos del aceite de ricino se determina por cromatografía de líquidos por el método de Jameison y Reid [17].

## Pirólisis Térmica Solar.

### Método.

Una muestra de 49.0 gramos de aceite de ricino fue colocado en un matraz bola de 250 ml, fue pirólizado a una temperatura de 250-300 °C., bajo presión de vacío de  $120 \pm 3$  mm (Hg) en presencia de Zinc en polvo como catalizador (1 %, peso/peso).



Al matraz bola de 250 ml se le conectó una columna de vidrio con su refrigerante y en medio de la columna de vidrio se introdujo un termopar (Niquel-Cromo) de modo que estuviera midiendo la temperatura en el seno del aceite.

La columna y el refrigerante se cubrieron con papel aluminio y fibra de vidrio para evitar pérdidas de calor por convección.

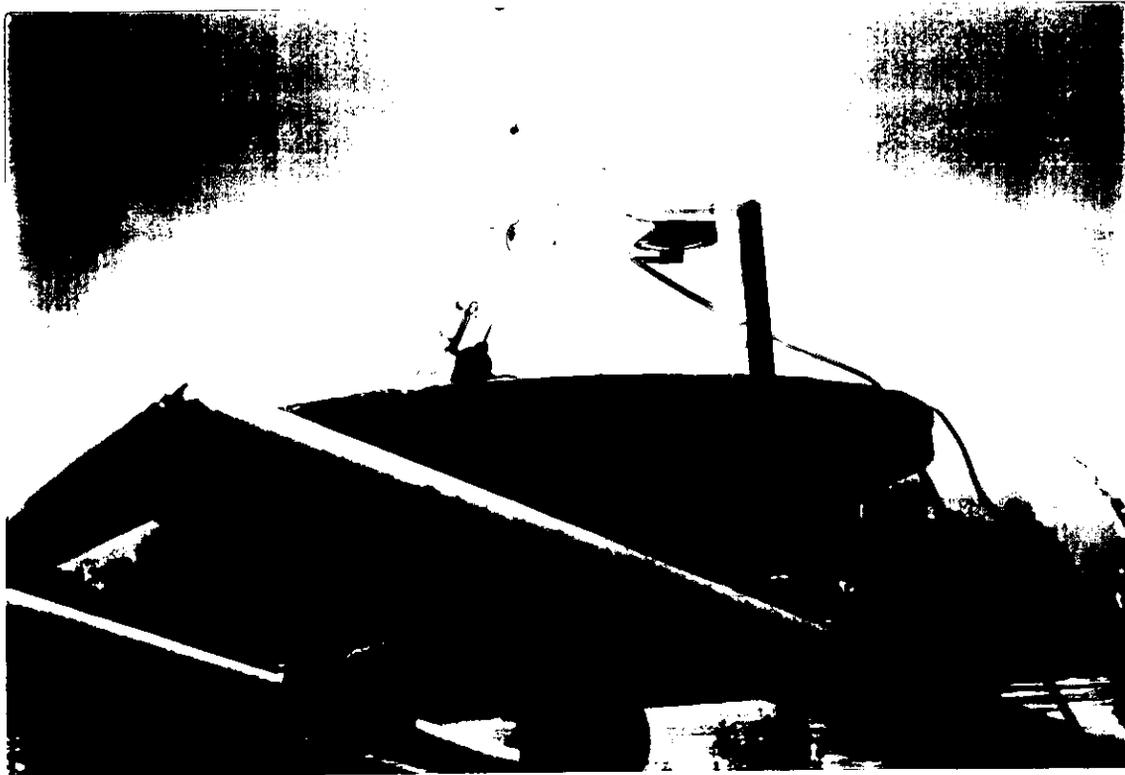
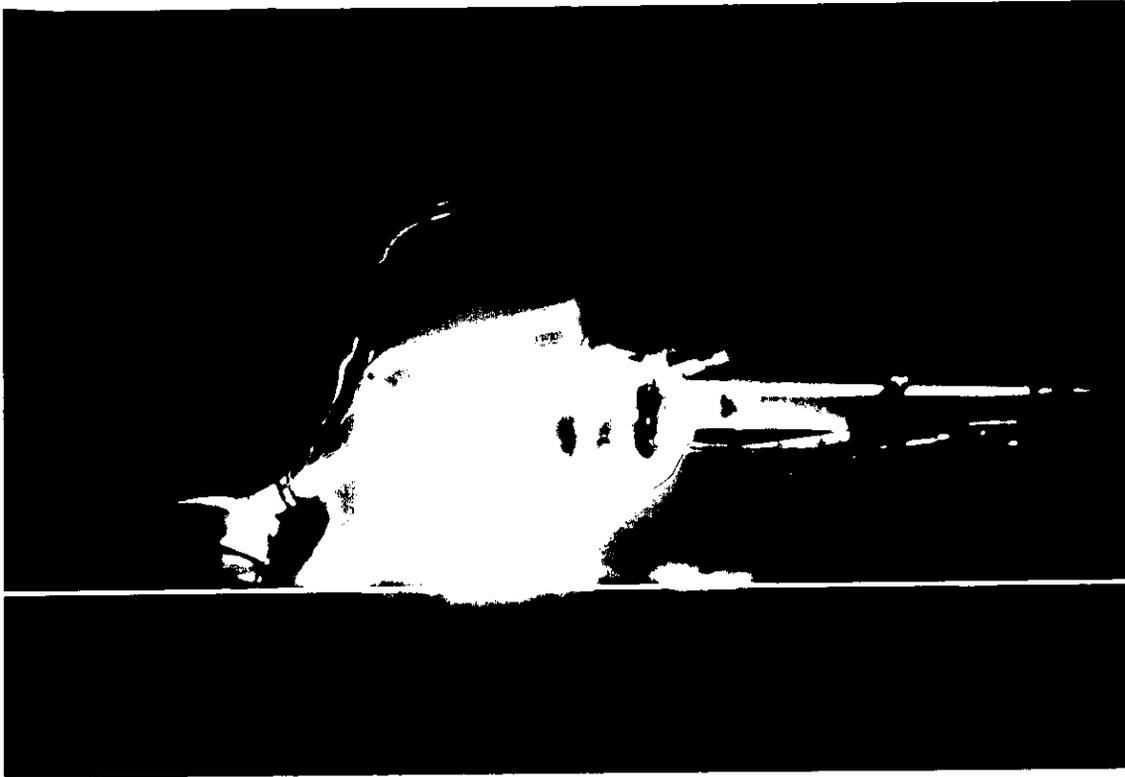
Los datos medidos y obtenidos en el experimento son los siguientes:

Hora	Irradiancia (W/m <sup>2</sup> )	T. amb. (°C.)	T. reacción (°C)	Presión de vacío (mmHg)
11:58	901	25	50	120
11:59	882.35	25	150	120
12:00	892.15	25	250	120
12:01	872.55	25	300	120
12:08	882.35	25	250	120
12:09	892.15	25	250	120
12:10	882.35	25	250	120
12:14	892.1	25	230	120
12:15	892.1	25	320	120

Los productos de la pirólisis fueron condensados y colectados para su análisis e identificación posterior en otro matraz de recepción, estos compuestos presentan un olor picante y son lacrimógenos, irrita fácilmente las fosas nasales y su manejo debe ser cuidadoso. Debemos manejarlos en lugares bien ventilados y con precaución.

En el laboratorio, el siguiente paso fue hacer una destilación fraccionada del producto (22 g.), obteniéndose varias fracciones a diferentes temperaturas de destilación.

El seguimiento de los productos se hicieron en cromatofolios de silica-gel con una mezcla de hexano-acetato de etilo 9:1 (en volumen) para correr las muestras. Posteriormente las muestras se aislaron, purificaron y fueron llevadas a ser analizadas a equipos de Infrarrojo (IR) y Resonancia Magnética Nuclear (RMN) para comprobar la estructura de cada compuesto (ver espectros más adelante).



Montaje del Equipo

## Pirólisis Térmica Laboratorio.

### Método.

Una muestra de 49.5 gramos de aceite de ricino fue colocado en un matraz bola de 250 ml, fue pirólizado a una temperatura de 250-300 °C. (temperatura máxima que proporciona la canastilla de calentamiento), bajo presión reducida de  $120 \pm 3$  mm (Hg) en presencia de Zinc en polvo como catalizador (1%, peso/peso).

Se prosiguió con el mismo procedimiento de la «Pirólisis Térmica Solar» descrito en la página anterior.

La columna y el refrigerante se cubrieron con papel aluminio y fibra de vidrio para evitar pérdidas de calor por convección. Los productos de la pirólisis (20 g.) fueron condensados y colectados para su análisis e identificación posterior en otro matraz de recepción, estos compuestos presentan un olor picante y son lacrimógenos, irrita fácilmente las fosas nasales y su manejo debe ser cuidadoso. Debemos manejarlos en lugares bien ventilados y con precaución.

En el laboratorio, el siguiente paso fue hacer una destilación fraccionada del producto (20 g.) con un equipo de destilación Quifickt, obteniéndose varias fracciones a diferentes temperaturas de destilación. Se pesaron las muestras y se obtuvo 3.64 gramos de heptaldehído y 7.39 gramos de ácido undecilénico, los cuales tienen un rendimiento de 8.99 y 14.95% respectivamente, la figura 13 muestra los compuestos obtenidos.

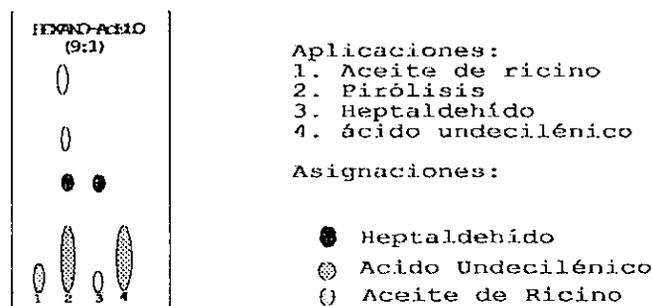


Fig.13. Cromatografía de capa fina.

El seguimiento de los productos se hicieron en cromatofolios de silica-gel con una mezcla de hexano-acetato de etilo 9:1 (en volumen) para correr las muestras. Posteriormente las muestras fueron llevadas a ser analizadas a equipos de Infrarrojo (IR) y Resonancia Magnética Nuclear (RMN) para comprobar la estructura de cada muestra (ver espectros más adelante).

## Discusión:

Para conocer la autenticidad del aceite de ricino utilizado, fue necesario comprobar su estructura química por espectroscopia de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) e Infrarojo (IR) (ver espectros 1 y 2).

Una vez comprobado que el aceite es genuino y después de cambiar en varias ocasiones el montaje del equipo de vidrio (para llegar a obtener buenos rendimientos) se procedió a realizar varios experimentos, uno de ellos con zinc en polvo y otro con colofonia como catalizador. La cantidad de catalizador fue de 1% en la mayoría de los experimentos con zinc y con 0.5% de colofonia. Durante la pirólisis cada uno de ellos tiene un comportamiento diferente, al calentar el aceite con la colofonia por ejemplo, tiende a formar espuma, subir por el refrigerante y al enfriarse taponar o bloquea el conducto de salida.

Un exceso de polvo de zinc provoca la formación de una grasa como residuo, pero no los productos esperados.

Al realizar la pirólisis sin catalizador se obtienen los compuestos con rendimientos bajos.

La reacción se comporta mejor utilizando zinc en polvo que colofonia, debido al residuo (jalea esponjosa) que se forma en el matraz contenedor. El producto obtenido después de la pirólisis es un líquido amarillo de olor penetrante y lacrimógeno que va acompañado de agua que se arrastra por la deshidratación del aceite.

Los compuestos se identificaron por cromatografía de capa fina. Las condiciones de prueba se muestran en la tabla 1.

experimento	Condiciones de la pirólisis					Rendimiento (% p/p)		
	T. amb (°C)	Irradiancia (Wm <sup>2</sup> )	T. reacción (°C)	Presión (mmHg)	Catalizador (% p/p)	Producto de la pirólisis	Heptaldehído	Acido Undecilénico
1	22	—	290	120 ± 3	1.0 <sup>a</sup>	40.4	9.0	17.3
2	22	—	300	120 ± 3	0.5 <sup>b</sup>	37.57	6.0	9.3
3	24	870	300	120 ± 3	1.0 <sup>a</sup>	28.8	19.4	62.3
4	24	850	320	120 ± 3	0.5 <sup>b</sup>	28.8	16.1	25.4

<sup>a</sup>polvo de zinc

<sup>b</sup>colofonia

Los dos primeros datos de la tabla se realizaron en el laboratorio (el primero con zinc y el segundo con colofonia) y los restantes en la planta solar.

Como se observa en la tabla 1, el porcentaje obtenido de heptaldehído y ácido undecilénico es mayor que en laboratorio debido a la velocidad de calentamiento del concentrador comparado con el de las resistencias eléctricas de las canastillas.

El agitador utilizado, fue para controlar la temperatura y el buen mezclado del catalizador (ver fotografías), pero el inconveniente que se presentaba es que cada vez que se realizaba un experimento el material se rompía por la vibración y temperatura del mismo. Lo que se hizo fue introducir un capilar (diámetro pequeño) para que controlara la ebullición dentro del matraz y evitar el estrellamiento del vidrio por vibraciones en el sistema.

Para un manejo apropiado del concentrador se debe dimensionar a las medidas apropiadas del usuario, es decir, debe tener la confiabilidad para moverlo y ser muy seguro por el grado de calentamiento que proporciona al sistema.

La demanda existente, tanto interna y externa, del aceite de semillas de higuierillas, usado principalmente como lubricante, secante para pinturas, barnices y esmaltes, puede dar lugar a que se crea equivocadamente en la conveniencia actual de substituir ciertos cultivos por el de la planta oleaginosa en cuestión. Se hace hincapié en que:

a) Deben abrirse al cultivo tierras nuevas en regiones poco aptas, por su topografía, para otros cultivos; por ejemplo, en lugares escarpados, pero que reúnan las condiciones adecuadas de calor y de humedad, precisadas anteriormente y cuando se cuente con la proximidad de molinos o fábricas de aceites o de mercados seguros para las semillas, que deban industrializarse, siguiendo las normas de la Química y Tecnología de los Aceites, Grasas y Derivados.

b) Deben establecerse higuierillales o ricinales, aclimatadas y naturalizadas, en la región, o en regiones semejantes en temperatura, suelo, humedad, y sin el peligro de heladas o fuertes fríos. Las simientes de higuierillas del tipo de variedad Criolla Mexicana, Sanguínea, son en México, las que reúnen las condiciones mejores para los cultivos, y para la obtención industrial de innumerables productos derivados de los aceites modificados. El empleo de otras simientes aún siendo de registro conocidas, también, como semillas híbridas, o mejoradas, sin haber sido debidamente experimentadas en México, pueden originar fracasos completos.

c) El productor de semillas de higuierillas en la República Mexicana encuentra poco incentivo (estímulo) en superarse, al estar, en lo general, desorganizado, carente de la fuerza necesaria para asegurar, dentro de las modalidades del comercio y de ayudas gubernamentales, mercados diversos y firmes a base de convenios comerciales, como los que puede haber entre el mayor consumidor de semillas y aceites de semillas de higuierillas.

## Conclusiones

- La pirólisis del aceite de ricino se llevó a cabo por dos vías diferentes; la primera en el laboratorio por calentamiento eléctrico de resistencias y el segundo en la planta solar por medio de un concentrador solar parabólico de punto focal.
- Los productos ácido undecilénico y heptaldehído se obtuvieron con mejor rendimiento utilizando energía solar porque el calentamiento es más rápido y eficiente.
- El equipo utilizado en este experimento se consigue con facilidad, porque es material de uso cotidiano en cualquier laboratorio. Así también se puede construir un concentrador pequeño con relativa facilidad.
- Los resultados que obtuvimos son buenos y se encuentran dentro de los reportados en la literatura para estos compuestos. Es claro que se debe de optimizar el proceso para obtener mejores rendimientos, pero el objetivo de este trabajo es identificar los compuestos obtenidos de la pirólisis del aceite de ricino por medio de la energía solar y las pruebas se dan con los espectros de identificación para cada compuesto (ver espectros al final del libro).
- Se sabe también que los productos de la pirólisis decrece con el incremento en la temperatura de la reacción, quizá debido a la polimerización de alguno de los productos pirólizados.
- Es importante saber desde el inicio el número ácido del aceite por que de esto dependen los rendimientos de los productos. No en todos los casos se darán los mismos resultados aunque se hayan hecho en las mismas condiciones.
- Se observo que a una irradiancia minima de  $600 \text{ W/m}^2$  se efectua la pirólisis del aceite de ricino aunque le lleve mas tiempo en realizarse la reacción.
- Al finalizar este trabajo, considero que se tiene un adelanto de 94% para concretar el proyecto. El 6% restante faltaría purificar los compuestos obtenidos perfectamente y diseñar un reactor mas grande para pirólizar mayor cantidad de aceite.
- Los resultados reportados en este trabajo se realizaron por lotes, calentando siempre con un concentrador solar de plato de revolución parabólico.
- Se propone para que un proceso sea continuo, utilizar un modulo de concentradores solares lineales para que la pirólisis del aceite se efectue en el absorbedor del concentrador y obtener cantidades de producción mayores que por lote e implementar el equipo a las necesidades de reacción.

- Consultando en el manual de reactivos químicos (ICN FLOW 1992) los precios de los reactivos obtenidos son los siguientes; el heptaldehído tiene un valor de US\$11.30 los 100 gramos, el ácido undecilénico tiene un valor de US\$20.80 los 100 gramos y el costo de aceite de ricino en un establecimiento local en el segundo semestre de 1996 fue de \$16.00 pesos el litro. Los productos secundarios derivados de esta pirólisis (p.ej. heptanol, heptano, hexano, etc) también son altos.

- Siendo México un país con grandes recursos de energías renovables, en particular la solar, donde más de la mitad de su territorio nacional recibe radiación solar de alta calidad, resulta natural pensar en las aplicaciones de ésta tecnología.

- Actualmente estas sustancias son de importación, sin embargo al utilizar la radiación solar como fuente para realizar la pirólisis se concluye que dichas sustancias pueden producirse en México, principalmente en lugares de alta insolación y donde se cuente con un buen potencial de higuera. Por esta razón debe promoverse este tipo de aplicación para que se puedan implementar como micro empresas, principalmente en medio rural con un mínimo de conocimientos técnicos.

- Tal como aparece en esta breve explicación, las materias primas regenerables son hoy parte integrante del abastecimiento de materias primas. En el futuro próximo también seguirán siendo en el sector industrial y técnico.

- Las materias primas fósiles son ciertamente cada vez mas escasas y caras, pero se estiman relativamente inferiores a mediano plazo sus alzas de precios. Además la industria se esfuerza por practicar el ahorro y el reciclaje. Por otro lado, desde comienzos de los 80's se hace sentir la presión de los excedentes en el mercado de productos agrícolas; en los países desarrollados, las alternativas de producción y aprovechamiento de materias primas vegetales brindan una posibilidad de aplicación de excedentes y reportan asimismo otra fuente de ingresos para los agricultores y productores de materias primas.

- En estos momentos, todavía, es más barato utilizar materias primas fósiles; pero, es hora de preguntarse si ese cálculo de rentabilidad resulta siempre acertado, aún incluyendo los costos ecológicos. En todo caso los especialistas están convencidos de que las materias primas regenerables jugarán un papel de creciente importancia, y a medio y largo plazo será inconcebible prescindir de ellas en la vida diaria.

## Parte Experimental.

Las reacciones químicas fueron seguidas por cromatografía en placa fina empleando cromatofolios ALUGRAMSILG-UV254 de 0.54 mm de espesor, se utilizaron como reveladores luz ultravioleta y solución de sulfato cérico al 1% en ácido sulfúrico 2N.

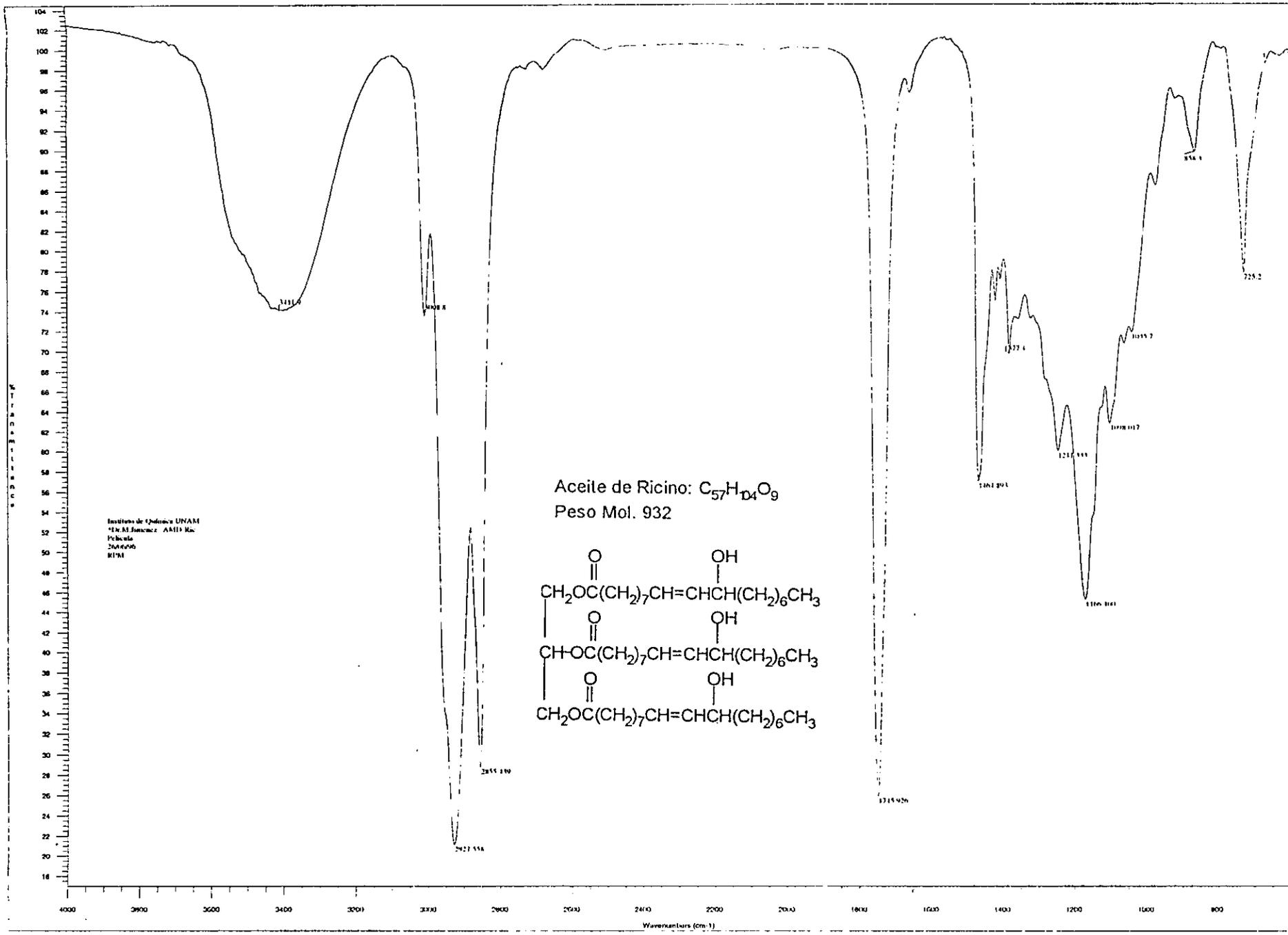
Los espectros de Infrarrojo fueron realizados en el espectrófotometro NICOLET FT-IR 55X. Los espectros de RMN  $^1\text{H}$  fueron realizados en los espectrómetros VARIANT GEMINI-200 y VARIANT VXR-300S.

Los espectros de masas fueron determinados en un espectrómetro de masas HEWLETT PACKARD modelo 5945A, mediante técnicas de impacto electrónico a 70eV.

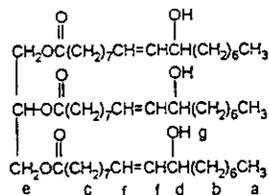
Los desplazamientos químicos se dan en partes por millón (ppm).

## Referencias.

- [1] Preciado Castillo, Alfonso. La Higuera o Ricino. Secretaria de Agricultura y Ganaderia. México (1959).
- [2] Gupta, A.S. and J.S. Aggarwal, J. Sci. Ind. Res. (India), 13 B:277, (1954).
- [3] Ishania, M.F., Yn. A. Stephenow and S. N. Danilov, Trudy Leningrad 42, 16, (1957)
- [4] U. S. Patent 2,807,633, (1957).
- [5] Atanasova, E., and M. Gardev, Campf. rend. Bulgare Sci. 10:379, (1957).
- [6] Perkins and Cruz, J. Am. Chem. Soc. 49, 1072-1073, (1927).
- [7] Domínguez X., et al. J. Chem. Ed. 446-448, (1952).
- [8] Becerril Toral Hector. Subdelegado de Agricultura. Oaxaca, Oax. Comunicado Personal.
- [8a] Almanza, R., et al. Estudio del comportamiento de sistemas solares térmicos para generar electricidad en 5 comunidades de Sonora o Baja California Instituto de Ingeniería. UNAM. (Abril 1990)
- [9] M. Iqbal. An introduction to Solar Radiation. New York: Academic Press, (1983)
- [9a] Wieder S. An introduction to Solar Energy for Scientists and Engineers. John Wiley & Sons. (1982).
- [10] Duffie, John A. Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. 2nd. edition. John Wiley & Sons, Inc. (1991)
- [11] Riveros, H.G., Oliva, A.I. Solar Energy 36, 313-322, (1986).
- [12] Almanza R., Muñoz, F. Ingeniería de la Energía Solar. El Colegio Nacional. México (1994).
- [13] Han Toe Li. J. Taiwan. Pharm. Assoc. 6:21, (1955)
- [14] Sonnatg, N.O., in Fatty Acids, Part 2, K.S. Markley (Ed.) Interscience Publisher, Inc., New York, 1029-1031, (1961).
- [15] G. Das, R.K. Trivedi and A.K. Vasishtha. JAOCS, 66, 938, (1989).
- [16] Official and Tentative Methods of the American Oils Chemist's Society, edited by W.E. Link. AOAC. Champaign. Illinois (1973).
- [17] Jameison, G.R., and Reid, E.H., J. Chromatogr. 17, 230, (1965).

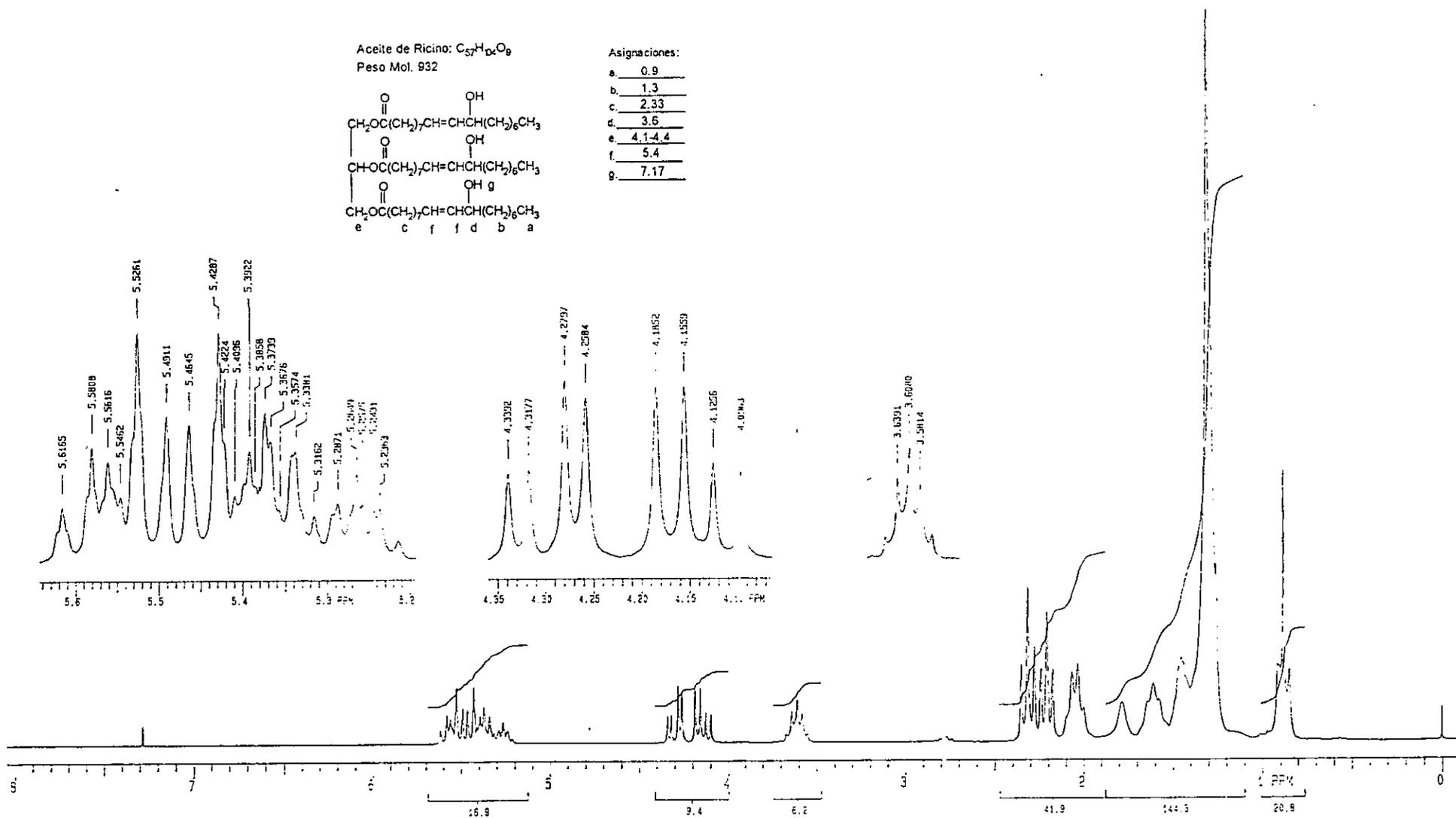


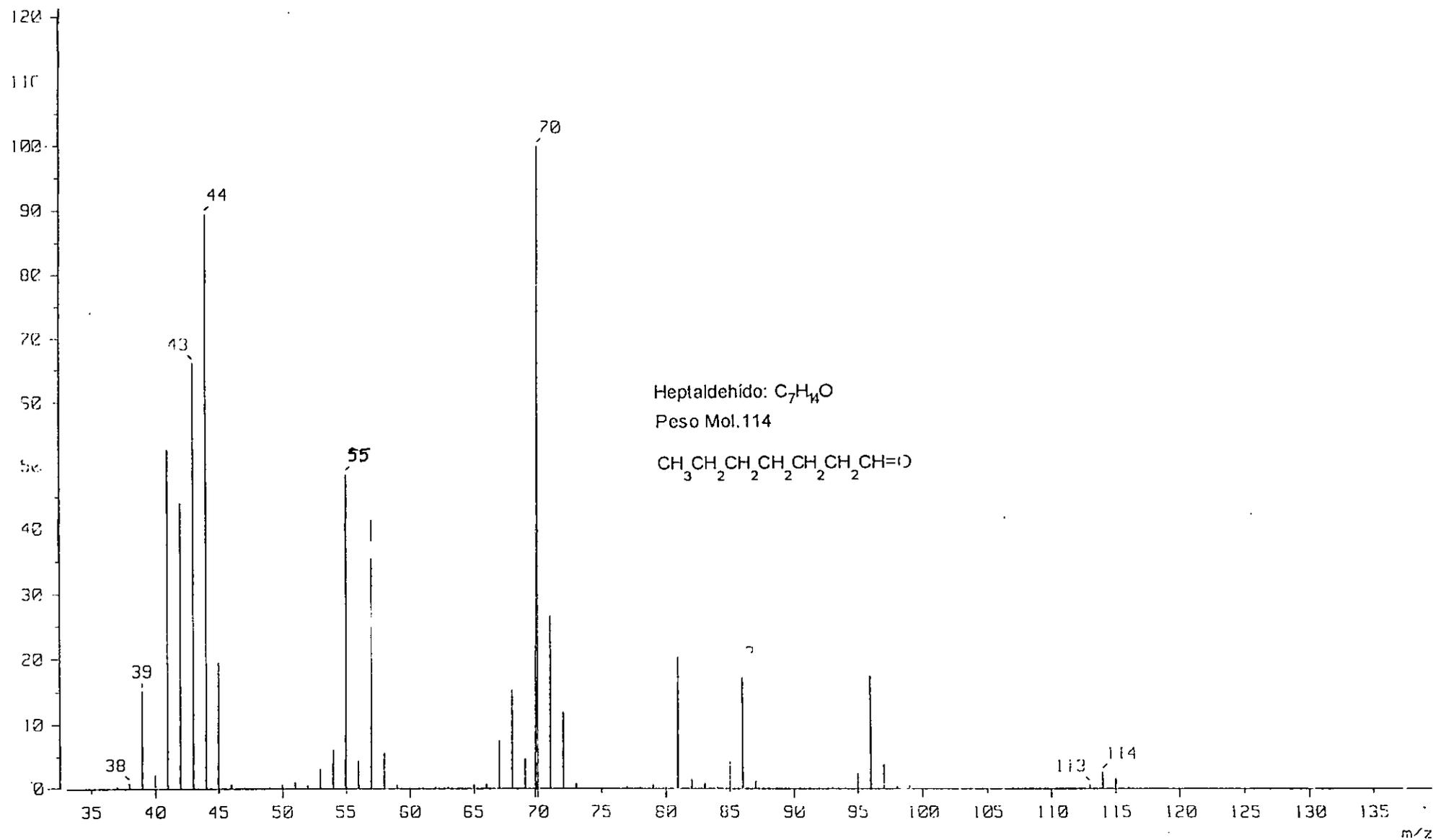
Aceite de Ricino: C<sub>57</sub>H<sub>104</sub>O<sub>8</sub>  
 Peso Mol. 932



Asignaciones:

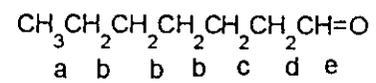
- |    |         |
|----|---------|
| a. | 0.9     |
| b. | 1.3     |
| c. | 2.33    |
| d. | 3.6     |
| e. | 4.1-4.4 |
| f. | 5.4     |
| g. | 7.17    |





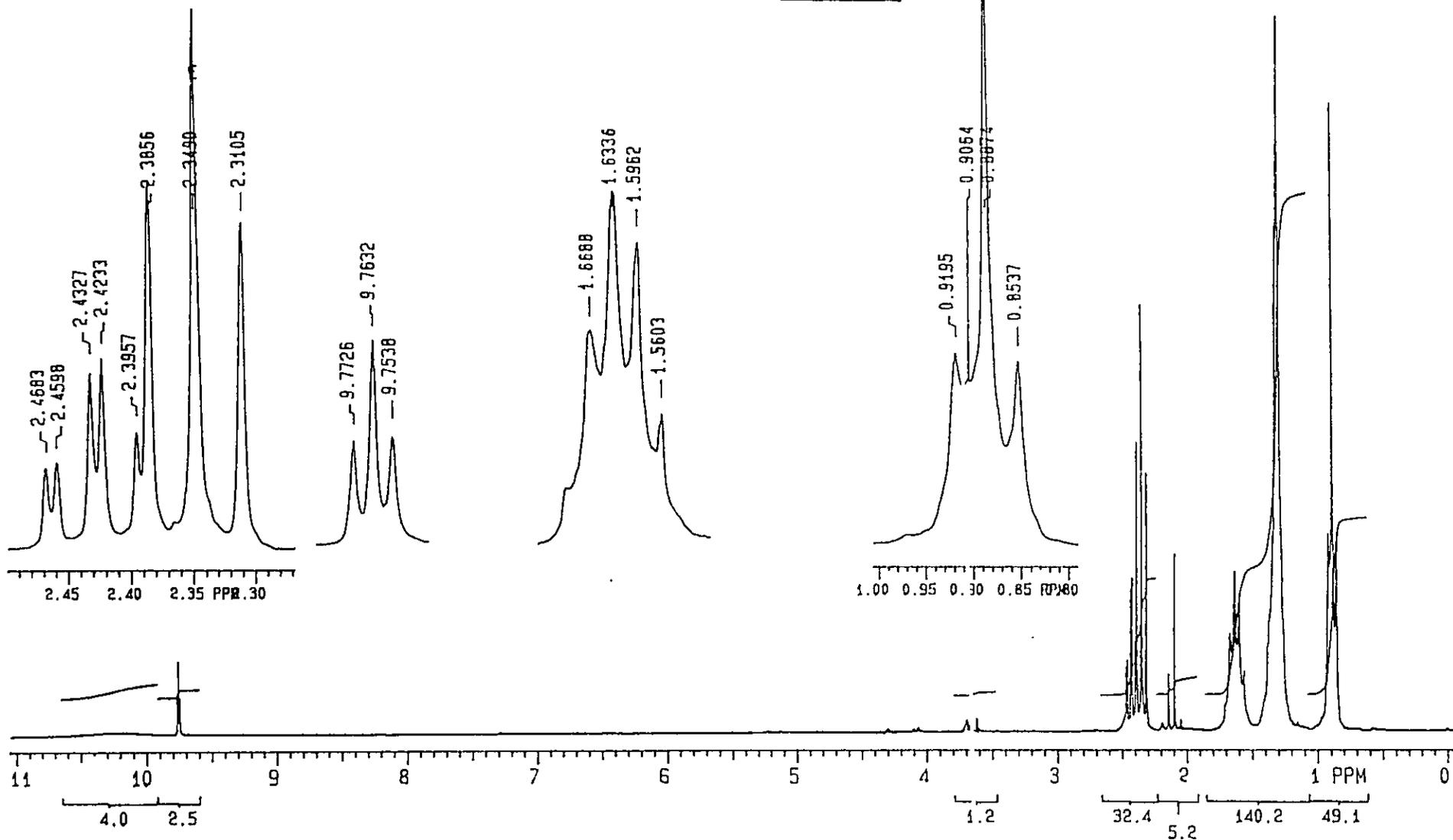
Heptaldehido: C<sub>7</sub>H<sub>14</sub>O

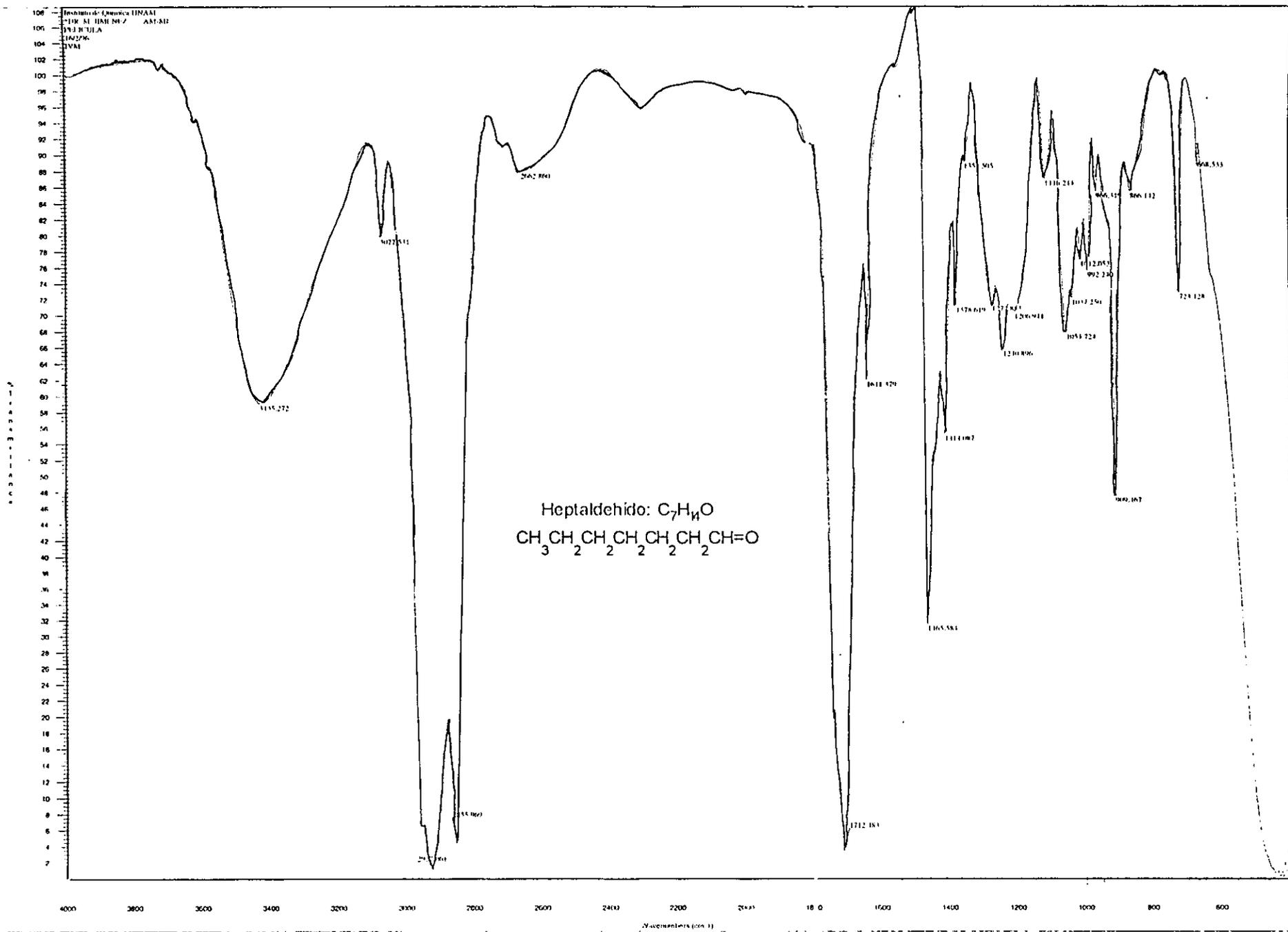
Peso Mol. 114

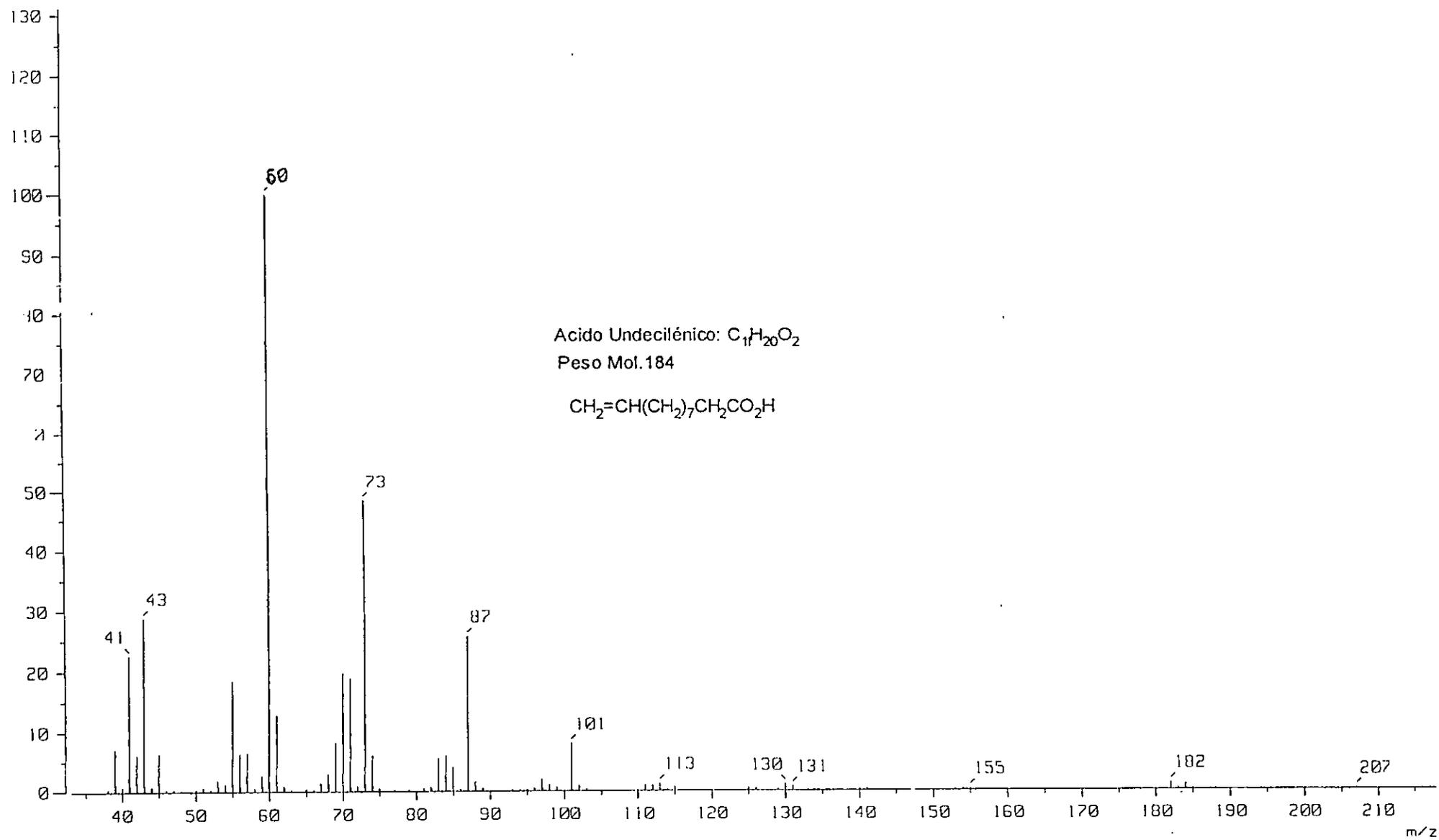


Asignaciones:

- a. 0.91
- b. 1.3
- c. 2.36
- d. 3.65
- e. 9.68

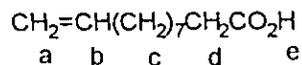






Acido Undecilénico: C<sub>11</sub>H<sub>20</sub>O<sub>2</sub>

Peso Mol. 184



Asignaciones:

- |    |      |
|----|------|
| a. | 1.65 |
| b. | 2.34 |
| c. | 5.0  |
| d. | 5.8  |
| e. | 11.0 |

DR. M. JIMENEZ MJE AM AC11  
EB

