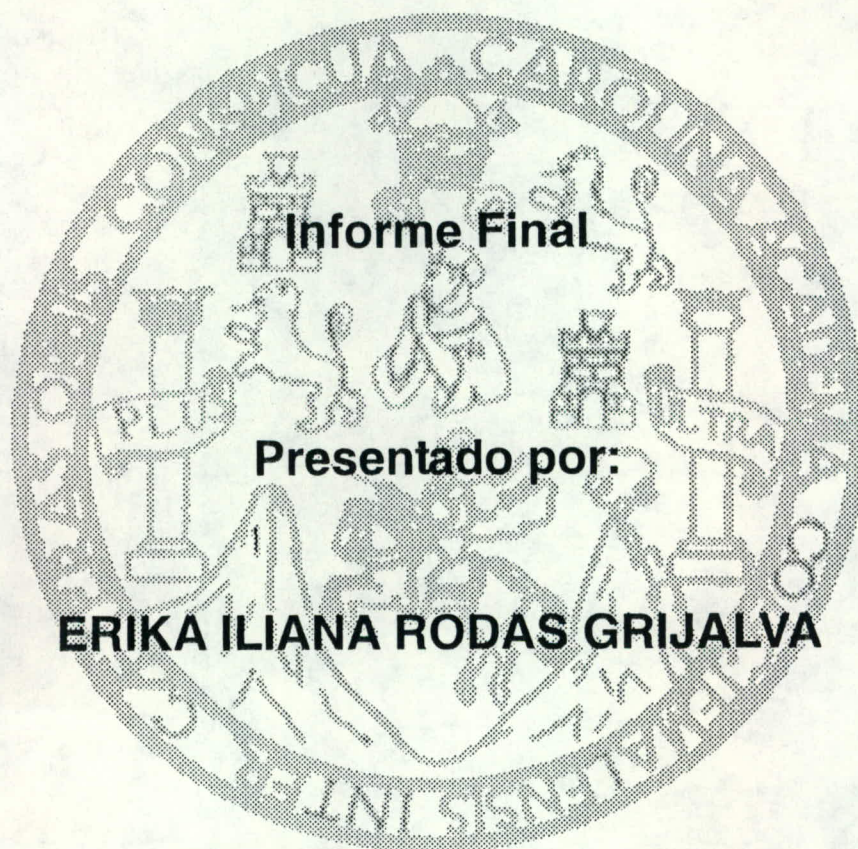


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA**

**RELACION ENTRE LA PUREZA Y LA ENERGIA  
DE VISCOSIDAD DE ACEITES COMESTIBLES  
COMERCIALES**



**Informe Final**

**Presentado por:**

**ERIKA ILIANA RODAS GRIJALVA**

**Para optar al Título de**

**QUIMICO**

**Guatemala marzo del 2001.**

**PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central**

DL  
06  
†(2117)

**JUNTA DIRECTIVA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Decana: Licda. Hada Marieta Alvarado Beteta  
Secretario: Lic. Oscar Federico Nave Herrera.  
Vocal I: Dr. Oscar Manuel Cobar Pinto.  
Vocal II: Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda  
Vocal III: Dr. Federico Adolfo Richter Martínez  
Vocal IV: Br. Cesar Alfredo Flores López  
Vocal V: Br. Manuel Anibal Leal Gómez.

## *DEDICATORIA*

*A Dios:* Por que en su infinita sabiduría, me ha dado la constancia para alcanzar mis sueños.

*A mis papás:* Por su apoyo, paciencia y ejemplo.  
Pero principalmente por enseñarme a volar.

*A mis hermanos:*

*Ale:* Porque a pesar de las mil carreras y locuras, siempre has tenido tiempo para darme ánimo.

*Sergio:* Por esa alegría, compañerismo y confianza en que puedo lograr las cosas que me propongo.

*A Otto:* Por su paciencia, amor y por ese apoyo incondicional para enfrentar cualquier reto en mi vida.

*A la Promo 98 de Químicos:*

Por todos esos inolvidables momentos.

## *Agradecimientos*

*Al Departamento de Fisicoquímica, por haberme abierto las puertas, para realizar este trabajo de tesis.*

*A la Unidad de Análisis Instrumental por su apoyo técnico, pero principalmente por el apoyo moral.*

*Al Lic. Adolfo León Gross por guiar este trabajo de investigación.*

*A mis compañeros de trabajo por apoyarme en la elaboración de esta investigación.*

*A Manolita, por su apoyo y cariño.*

## INDICE

I.	RESUMEN	1
II.	INTRODUCCION	3
III.	ANTECEDENTES	4
	III.1 Métodos para la Determinación de Adulteración en Aceites Comestibles	4
	III.1.1 Determinación de la Adulteración del aceite de olivo por precipitación con plata por Cromatografía de Capa Fina	4
	III.1.2 Detección de Adulteración en Aceites	5
	III.1.3 Propiedades Físicas de Esteres de Metilo de Acidos Grasos. Viscosidad	6
	III.1.4 Determinación del contenido de Grasas Sólidas en aceites líquidos tomando en cuenta su viscosidad	7
	III.2 Viscosidad	8
	III.2.1 Tipos de Viscosidad	8
	III.2.2 Tipos de Fluidos	9
	III.2.3 Medida de la Viscosidad	9
IV.	JUSTIFICACION	11
V.	OBJETIVOS	12
	V.1 Generales	12
	V.2 Específicos	12
VI.	HIPOTESIS	13
VII.	MATERIAL Y MÉTODOS	14
	VII.1 Universo de Trabajo	14
	VII.1.1 Muestra	14
	VII.2 Materiales	15
	VII.3 Método	16
	VII.3.1 Determinación de Viscosidad	16
	VII.3.2 Perfil de Acidos Grasos en Aceites	17
	VII.3.2.1 Preparación de Soluciones	17
	VII.3.2.2 Procedimiento	17
	VII.3.3 Análisis Estadístico	18
VIII.	RESULTADOS	20

VIII.1	Perfil de Acidos Grasos	20
	VIII.1.1 Perfil de Acidos Grasos de Aceite de Maíz	20
	VIII.1.2 Perfil de Acidos Grasos de Aceite de Oliva	21
	VIII.1.3 Perfil de Acidos Grasos de Adulterantes	22
VIII.2	Energías de Viscosidad	23
IX.	DISCUSION DE RESULTADOS	24
X.	CONCLUSIONES	29
XI.	RECOMENDACIONES	30
XII.	REFERENCIAS	31
XIII.	ANEXOS	33
	Anexo No.1	
	Tabla No.1 Composición aproximada de algunos aceites	33
	Anexo No.2	
	Gráfica No.1 Viscosidad Vrs Longitud de Cadena	34
	Anexo No.3	
	Tabla No.2 Variación de los Tiempos de Relajación con la temperatura	34
	Anexo No. 4	
	Viscosidad de varios Aceite Medidas a diferentes temperaturas	35
	Anexo No.5	
	Tabla No.3 Clasificación de Aceites	35
	Anexo No.6	
	Generalidades del Aceite de Oliva	35
	Anexo No.7	
	Generalidades del Aceite de Maíz	36
	Anexo No.8	
	Generalidades del Aceite de Girasol	36
	Anexo No.9	
	Generalidades del Aceite de Palma	36
	Anexo No. 10	
	Perfil de Acidos Grasos de M1	37
	Anexo No.11	
	Perfil de Acidos Grasos de M2	38
	Anexo No.12	
	Perfil de Acidos Grasos de M3	39
	Anexo No.13	
	Perfil de Acidos Grasos de M4	40
	Anexo No.14	
	Perfil de Acidos Grasos de M5	41

Anexo No.15		
Perfil de Acidos Grasos de O1		42
Anexo No.16		
Perfil de Acidos Grasos de O2		43
Anexo No.17		
Perfil de Acidos Grasos de O3		44
Anexo No.18		
Perfil de Acidos Grasos de O4		45
Anexo No.19		
Perfil de Acidos Grasos de O5		46
Anexo No. 20		
Perfil de Acidos Grasos de Girasol		47
Anexo No. 21		
Perfil de Acidos Grasos de Mz		48
Anexo No. 22		
Tabla No.4 Estándares y Tiempos de Retención		49
Anexo No. 23		
Valores de Energía de Viscosidad de aceites de Maíz puros y adulterados con Girasol		50
Anexo No.24		
Valores de Energía de Viscosidad de aceites de Maíz puros y adulterados con Mezcla		51
Anexo No. 25		
Valores de Energía de Viscosidad de aceites de Oliva puros y adulterados con Girasol		52
Anexo No.26		
Valores de Energía de Viscosidad de aceites de Oliva puros y adulterados con Mezcla		53
Anexo No.27		
Análisis estadístico para aceites de Maíz con el mismo porcentaje de adulteración		54
Anexo No.28		
Análisis estadístico para aceites de Oliva con el mismo porcentaje de adulteración		55
Anexo No.29		
Análisis estadístico para aceites de Maíz con diferentes porcentajes de adulterante		56
Anexo No.30		
Análisis estadístico para aceites de Oliva con diferentes porcentajes de adulterante		57
Anexo No.31		
Graficas de Energia de Viscosidad contra Porcentaje de adultracion de Aceites de Maiz aduterados con Girasol		58
Anexo No.32		
Graficas de Energia de Viscosidad contra porcentaje de adulteracion de Aceites de Oliva adulterados con Mezcla		59

Anexo No.33	
Gráfica de Energía de Viscosidad contra sumatoria de porcentajes de ácidos grasos insaturados, para aceites puros de Maíz	60
Anexo No.34	
Gráfica de Energía de Viscosidad contra porcentaje de C18.1 para aceites de Oliva puros	61



## I. RESUMEN

En la presente investigación se determinó la existencia de una relación entre la pureza de aceites comestibles y su Energía de Viscosidad, que depende tanto del tipo de aceite como del adulterante.

Se utilizaron como aceites puros, cinco marcas comerciales de aceite de oliva y aceite de maíz, los cuales se adulteraron en porcentajes de 10 y 20 en volumen, con aceite de girasol y una mezcla comercial de aceites ( girasol, oleína de palma y soya). Para determinar la energía de viscosidad, se siguieron varios pasos; siendo ellos:

- 1) Determinación de la lectura de viscosidad de los aceites puros y mezclas, esto se realizó a diferentes temperaturas desde 8 a 18 °C, tomando lecturas cada 2 o 3 grados.
- 2) Determinación de la viscosidad aparente utilizando el factor de conversión dependiente del número de rotor y velocidad de corte.
- 3) Determinación de la Energía de Viscosidad, la cual se obtuvo graficando el logaritmo natural ( $\ln$ ) de la viscosidad aparente contra el inverso de la temperatura y la pendiente de la gráfica obtenida representa la energía de viscosidad, de acuerdo a la ley de Arrhenius.

Se encontró que existe una variación en la Energía de Viscosidad de los aceites al ser adulterados. Se determinó que las propiedades físicas y las características organolépticas del aceite se conservan siempre y cuando el porcentaje de adulteración no exceda un 10%.

Para determinar los porcentajes y tipo de ácidos grasos, tanto de las muestras puras como de los adulterantes, se determinaron sus perfiles de ácidos grasos por medio de cromatografía de gases. Se corroboró que los aceites con mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados de cadena larga, presentan una energía de viscosidad mayor que los de menor porcentaje.

En los aceites de Maíz adulterados con aceite de girasol y en los aceites de Oliva adulterados con una mezcla comercial de aceites se encontró una correlación lineal entre la pureza del aceite y la energía de viscosidad.

En los aceites de Maíz adulterado con una mezcla comercial de aceites y en los aceites de Oliva adulterados con girasol se determinó que existe variación en la Energía de Viscosidad, pero no existe una correlación lineal en la misma.

La relación encontrada entre la Energía de Viscosidad y la pureza del aceite, presenta un comportamiento diferente para cada tipo aceite y para cada adulterante, por lo cual este parámetro podría tomarse como una prueba preliminar para detectar la pureza de un aceite comercial comestible, sin que llegue a ser un análisis concluyente, ya que no podría conocerse ni el tipo del adulterante, ni el porcentaje de adulteración.

## II. INTRODUCCION

Las características físicas y químicas de un aceite dependen del tipo de ácido graso y de su posición en la molécula del triglicérido. Los aceites comestibles de mayor calidad presentan en su composición mayor cantidad de ácidos grasos insaturados de cadenas entre  $C_{16}$  a  $C_{18}$ . ( Anexo No.1. Tabla 1)

En la presente investigación se determinaron las Viscosidades y Energías de Viscosidad de dos tipos de aceites comestibles puros: de Oliva y Maíz, en cinco marcas diferentes. También se hicieron mezclas de estos aceites con aceites de girasol y una mezcla de aceites de bajo costo(oleína de palma, girasol y/o soya), en porcentajes de 10, 20 y 30%, para determinar si existe una variación en las Energías de Viscosidad al adulterar el producto, con aceites de menor contenido de ácidos grasos insaturados de cadena larga.

A través de estos datos se estableció una relación entre la Energía de Viscosidad de los aceites estudiados, con la pureza de los mismos, con el fin de obtener un parámetro para el control de calidad de estos productos, ya en la actualidad este es un requisito indispensable para la competitividad de los mismos y protección del consumidor.

Se obtuvo el perfil de los ácidos grasos de los aceites puros utilizando Cromatografía de Gases, para correlacionar la composición de los aceites con la Energía de Viscosidad.

### III. ANTECEDENTES

Los aceites de Oliva y Maíz son comercializados a precios más altos que otros aceites comestibles, debido a que tienen mayor contenido de ácidos grasos insaturados de alto peso molecular.

Estos aceites pueden ser adulterados en pequeños porcentajes con el fin de disminuir los costos de producción de los mismos; comúnmente los aceites son adulterados con aceites de menor calidad como el de girasol o mezclas de aceites que contienen menor porcentaje de ácidos grasos insaturados de alto peso molecular. (Ver Tabla No.1 Anexo 1) (1)

Los aceites como el de oliva y maíz pueden ser adulterados con pequeños porcentajes de otros aceites de menor calidad; estas adulteraciones pueden realizarse hasta un rango de 25-30%, porcentajes en los cuales aún se conservan algunas de las características organolépticas del aceite original, pero arriba de este porcentaje el aceite toma las características del adulterante (3)

Para detectar la adulteración de aceites, existen varios métodos reportados:

#### III.1 Métodos para la Determinación de Adulteración en Aceites Comestibles

##### *III.1.1 Determinación de la Adulteración del Aceite de Oliva por Precipitación con Plata por Cromatografía de Capa Fina:*

En este método las adulteraciones fueron detectadas por análisis en Cromatografía de Capa Fina de los ácidos grasos insaturados, corroborándose los datos por Cromatografía de Gases. Para separar los ácidos insaturados se utilizaron cromatoplacas de vidrio, sobre las cuales se depositó una capa de Silica gel G saturada con una solución de Nitrato de Plata al 12.5%. Estas placas fueron secadas al aire y activadas a 110°C durante 1 hora. Para desarrollar las placas se utilizó una mezcla de benceno:cloroformo:etanol (18:20:1 v/v) durante aproximadamente 30 minutos. Las placas fueron reveladas con una disolución de diclorofluoresceína al

0.5%, y las manchas correspondientes a los ácidos grasos fueron visualizadas con luz UV.

En este estudio se obtuvieron patrones repetitivos en los aceites puros, en las mezclas adulteradas y en la comparación entre ambas. Este método se corroboró utilizando Cromatografía de Gases, analizando las diferentes porciones de sílica, lo cual confirmó los patrones de adulteración relacionando los ácidos grasos de mayor tamaño con el contenido de los mismos en las muestras.(4)

### ***III.1.2 Detección de la Adulteración de Aceites***

En 1,965 Galanos et al (3) publicaron este estudio en el cual utilizaron Cromatografía en Papel (CP), para la detección de las adulteraciones, basándose en una separación incompleta de los triglicéridos. Utilizaron como aceite puro, el de Oliva, y como adulterante el aceite de Algodón; como solvente utilizaron una mezcla de acetona:metanol, en diferentes proporciones a fin de incrementar la polaridad y obtener diferentes porciones de ácidos grasos. Obtuvieron resultados satisfactorios, comparando las diferentes porciones con los patrones, basándose en el contenido proporcional de ácidos grasos saturados, insaturados, oleico y linoleico, los cuales variaban del aceite puro al adulterado.

Paralelamente a esto, hicieron extracciones de los ácidos grasos tanto de los aceites puros como de los adulterados con acetona:metanol en las mismas proporciones utilizadas en las corridas de CP, corriéndose los extractos líquidos en Cromatografía de Gases (CG), con lo cual se corroboró la diferencia en los porcentajes de los patrones establecidos. (3)

El tipo de Acido Graso y su posición estructural en la molécula del triglicérido determinan en alto grado, las propiedades químicas y físicas de los triglicéridos resultantes, y por ende del aceite que componen, por lo cual es posible relacionar diferentes propiedades físicas de los aceites con su contenido de ácidos grasos (5). En los dos estudios citados a continuación se relaciona la longitud de la

cadena y el porcentaje de insaturaciones de los ácidos grasos y la manera como estos parámetros afectan la viscosidad:

### ***III.1.3 Propiedades Físicas de Esteres de Metilo de Acidos Grasos. Viscosidad:***

Gouw et al (6) realizaron en 1964 un estudio de las propiedades físicas de los metil ésteres de ácidos grasos, midiendo la viscosidad cinemática a 20,40 y

70 °C del metil oleato, metil linoleato, metil linolenato y metil eucarato; así como los metil ésteres de los ácidos grasos saturados desde acetato hasta nonadecanato, para lo cual utilizaron inicialmente la ecuación:

$$\log (1.200 + \log \eta) = A - S \log (1 + t/135)$$

siendo:

$\eta$  : viscosidad cinemática

A: constante

S: índice de correlación entre viscosidad y temperatura

t: temperatura en grados centígrados

En dicho estudio observaron que:

En la serie homóloga de ácidos grasos saturados obtuvieron una correlación satisfactoria entre el logaritmo de la viscosidad cinemática y la longitud de la cadena carbonada, pero observaron desviaciones significativas en los extremos de la gráfica ( Figura 1. Anexo No. 2 ).

En relación a los ácidos grasos insaturados observaron que la viscosidad decrece cuando se incrementa el número de insaturaciones; pero que este cambio no es proporcional al incremento de dobles enlaces.

Debido a esto experimentaron una nueva ecuación relacionando la viscosidad dinámica ( viscosidad cinemática por la densidad) con la temperatura:

$$H = A + S \theta$$

donde

H :  $\log (1.200 + \log \eta)$

$\eta$  : viscosidad dinámica en centipoises

A : constante

$\theta$  :  $-\log (1 + t/135)$  si la temperatura está en °C.

con esta ecuación obtuvieron una correlación de 0.95, con lo cual determinaron que es posible caracterizar un punto (ácido graso específico) determinando el parámetro S (energía de viscosidad), que es dependiente de la viscosidad. Con lo cual determinaron que la energía de viscosidad de los metil ésteres de los ácidos grasos depende de la longitud de la cadena como del porcentaje de insaturaciones de la misma.(6)

#### ***III.1.4 Determinación del Contenido de Grasas Sólidas en aceites líquidos por RMN tomando en cuenta la Viscosidad:***

En este estudio realizado en 1,974 por Haightow et al (7) encontraron una dependencia entre la señal de RMN con la viscosidad de los aceites, la cual se debía al porcentaje de saturación de los mismos.

Para este estudio midieron el tiempo de relajación de 16 aceites a temperaturas de 20°, 40° y 60°C y lo relacionaron con el porcentaje de saturación de los mismos.

En teoría los sólidos de grasas y aceites pueden ser determinados en RMN por extrapolación en la gráfica de tiempo de relajación contra temperatura; pero en la práctica no es posible utilizar esta relación para la mayoría de aceites ya que se obtiene una mala correlación, entre el tiempo de relajación T1 y la temperatura causada por el porcentaje de insaturación en los triglicéridos.

Como parte de su estudio, con respecto a la viscosidad encontraron que existe un efecto sobre el tiempo de relajación T1 al variar la viscosidad (tabla No 2, Anexo No.3), y la relacionaron por medio de la ecuación:

$$\log \eta = \alpha + \beta \log \eta/T$$

donde  $\alpha$  y  $\beta$  son parámetros establecidos (Tabla No.3, Anexo No.4)

Esta ecuación puede ser utilizada para calcular T1 a un valor de viscosidad con una desviación estándar del 9%

Al graficar el  $\log T1$  contra el  $\log \eta/t^\circ$  lograron una recta con pendiente  $-1$ . Con esta correlación encontraron que existe una dependencia entre la viscosidad y el tiempo de relajación; y más específicamente entre el tiempo de retención y la longitud y número de insaturaciones de la cadena de triglicéridos.(7)

La relación entre la viscosidad y la temperatura, es la energía de viscosidad, con lo cual puede concluirse que esta depende directamente de la longitud de la cadena carbonada y el porcentaje de insaturaciones que la misma presente.

### III.2 Viscosidad:

La viscosidad es la medida de la resistencia interna de un líquido a fluir, ésta es newtoniana cuando la Fuerza de cizalladura ( $\tau$ ) es proporcional al gradiente de velocidad ( $dv/dx$ ) entre dos planos, definiéndose:

$$\tau = \eta \, dv/dx$$

siendo  $\eta$  la viscosidad; para la mayoría de líquidos puros y para muchas soluciones y dispersiones  $\eta$  es una cantidad bien definida a una temperatura y presión dadas que es independiente de  $\tau$  y de  $dv/dx$  siempre que el flujo sea laminar. (8)

La viscosidad es uno de los parámetros principales para caracterizar las propiedades de un fluido, ya sea líquido, semisólido o gaseoso, por lo cual es ampliamente utilizado en control de calidad de diversos productos.(8)

#### III.2.1 Tipos de Viscosidad:

Existen básicamente tres tipos de viscosidad:



**Absoluta:** Es medida en un sistema geométrico que no esté bajo la influencia de la gravedad al obtener la lectura, ésta es expresada en poise o centipoise.

**Cinemática:** Esta es medida por un sistema geométrico que utilice la gravedad para obtener la lectura, las unidades de este tipo de viscosidad son centistokes que equivale a poise/densidad del fluido.

**Aparente:** Es la viscosidad de un líquido no newtoniano, esta es medida en un único punto y se expresa en poise o centipoise. (8)

### **III.2.2 Tipos de Fluidos:**

Los fluidos son clasificados de diferente manera de acuerdo a su comportamiento al fluir, siendo estos:

**Newtonianos:** Cuando la viscosidad es independiente de la velocidad de corte, es decir que la viscosidad de estos materiales es medida a diferentes velocidades con un viscosímetro rotacional y estas son equivalentes. Ejemplos de este tipo de fluidos son: el agua, aceites minerales, algunos jarabes, fructosa en agua, aceite de algodón y vinagre. (9)

**No Newtonianos:** La viscosidad de estos fluidos depende de la velocidad de corte a la cual es medida, además estos pueden ser clasificados como dependientes o independientes del tiempo, esto se refiere a que la viscosidad puede variar de acuerdo al tiempo que el fluido se someta a una velocidad de corte.(9)

### **III.2.3 Medida de la Viscosidad:**

**Capilar:** Se basa en el flujo a través de un tubo capilar, la presión bajo la cual el líquido fluye proporciona la tensión de cizalladura. La presión que en cualquier instante mueve al líquido a través del capilar es proporcional a su densidad. El método capilar es de manejo sencillo y de resultados precisos, pero tiene la desventaja de que la velocidad de cizalladura varía de cero en el centro del capilar a un máximo en la pared del tubo lo cual puede ocultar la orientación de las partículas dentro del fluido.(8)

**Rotacional:** Son especiales para estudiar el comportamiento de los líquidos no newtonianos, en este tipo de aparatos se logra un gradiente de cizalladura aproximadamente uniforme en toda la muestra, cizallando una lámina delgada de líquido entre cilindros concéntricos; a una distancia  $r$  del eje del cilindro. Este tipo de instrumentos, permite que el gradiente de velocidad sea el mismo en todos los puntos de la muestra.(10)

#### IV. JUSTIFICACIÓN

Los aceites comestibles con mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados como el aceite de oliva y el de maíz son comercializados con precios altos debido a su calidad y el beneficio que presentan a la salud de los consumidores. Estos pueden ser fácilmente adulterados con aceites de menor cantidad de ácidos grasos insaturados como por ejemplo el aceite de Girasol o Mezclas Comerciales de Aceites ( algodón, soya y/o oleína de palma), con el fin de abaratar los costos.

En la presente investigación se pretende determinar cuál es la relación entre la pureza de los aceites de Oliva y Maíz con su Energía de Viscosidad; debido a que la Energía de Viscosidad es un parámetro que está directamente relacionado con la longitud de la cadena y el porcentaje de insaturaciones que presentan los ácidos grasos que conforman el aceite; y que los aceites adulterantes presentan un menor porcentaje de ácidos grasos insaturados, ( Tabla No.1 Anexo No.1)se espera obtener una variación significativa en las Energías de Viscosidad.

La viscosidad de los aceites es para muchos líquidos un parámetro bien definido a una temperatura y presión dadas, por lo cual puede ser utilizada para caracterizarlos.

Los perfiles de los ácidos grasos de cada aceite,se utilizarán como parámetros para confirmar la influencia que tienen el largo de la cadena así como el número de insaturaciones de la misma en las propiedades físicas de los aceites.

Debido a las variaciones que existen entre los aceites de un mismo tipo, en cuanto a su composición de acuerdo a los métodos de extracción y origen de la materia prima, se utilizarán cinco marcas diferentes de cada aceite puro para la determinación de las relaciones.

## V. OBJETIVOS

### V.1 Generales:

- Determinar la Pureza de los aceites comestibles de Oliva y Maíz evaluando su Viscosidad y Energía de Viscosidad

### V.2 Específicos:

- Relacionar las Energías de Viscosidad de los aceites puros con su perfil de ácidos grasos.
- Determinar la Viscosidad y Energía de Viscosidad de cinco marcas diferentes de aceite de Maíz.
- Determinar la Viscosidad y Energía de Viscosidad de cinco marcas diferentes de aceite de Oliva.
- Determinar la Viscosidad y Energía de Viscosidad de los aceites de Maíz adulterados en un 10, 20 y 30% con aceite de Girasol y una Mezcla comercial de aceites de oleína de palma, girasol y/o soya.
- Determinar la Viscosidad y Energía de Viscosidad de los aceites de Oliva adulterados en un 10, 20 y 30% con aceite Girasol y una Mezcla comercial de aceites de girasol, oleína de palma y/o soya.

## VI. HIPOTESIS

Existe una relación entre la pureza de un aceite comestible comercial y su Energía de Viscosidad.

## VII. MATERIALES Y METODOS

### VII.1 Universo de Trabajo.

Cinco marcas Comerciales de Aceite de Oliva y Maíz puros.

#### VII.1.1 Muestra:

Aceites de Olivo Puro: O1  
O2  
O3  
O4  
O5

Aceites de Maíz Puro: M1  
M2  
M3  
M4  
M5

Aceites de Olivo Adulterados:	O1G10%	O1Mz10%
	O2G10%	O2Mz10%
	O3G10%	O3Mz10%
	O4G10%	O4Mz10%
	O5G10%	O5Mz10%
	O1G20%	O1Mz20%
	O2G20%	O2Mz20%
	O3G20%	O3Mz20%
	O4G20%	O4Mz20%
	O5G20%	O5Mz20%
	O1G30%	O1Mz30%
	O2G30%	O2Mz30%
	O3G30%	O3Mz30%
	O4G30%	O4Mz30%
	O5G30%	O5Mz30%

Aceites de Maíz Adulterados: M1G10%	M1Mz10%
M2G10%	M2Mz10%
M3G10%	M3Mz10%
M4G10%	M4Mz10%
M5G10%	M5Mz10%
M1G20%	M1Mz20%
M2G20%	M2Mz20%
M3G20%	M3Mz20%
M4G20%	M4Mz20%
M5G20%	M5Mz20%
M1G30%	M1Mz30%
M2G30%	M2Mz30%
M3G30%	M3Mz30%
M4G30%	M4Mz30%
M5G30%	M5Mz30%

## VII.2 Materiales:

### *Aparatos:*

- 1 Viscosímetro Brookfield LVT
- 1 Cromatógrafo de Gases con Detector de Ionización de Llama Perkin Elmer Autosystem XL
- 1 Balanza Analítica A&D Company Limited HR-120

### *Cristalería:*

- 15 Beaker de 100 cc
- 2 Varillas de Agitación
- 5 Balones aforados de 25 ml
- 3 Pipetas volumétricas de 10 ml
- 1 Balón aforado de 500 ml
- 2 Beaker de 250 ml
- 20 Viales de 4 ml
- 20 Micropipetas

Otros:

- 1 Termómetro escala 0-100 °C
- 1 Rollo de toallas de Papel

Reactivos:

- 5 litro de aceite de oliva ( 5 marcas diferentes)
- 5 litros de aceite de maíz (5 marcas diferentes)
- 1 litro de aceite de girasol
- 1 litro de mezcla de aceite de girasol, oleína de palma y/o soya

Solución de Hidróxido de Sodio en metanol 0.5N (grado reactivo)

Trifloruro de Boro en metanol al 20% (grado reactivo)

Solución saturada de Cloruro de Sodio (grado reactivo)

Agua destilada

Sulfato de Sodio Anhidro Granulado (grado reactivo)

### VII.3 Método:

#### *VII.3.1 Determinación de la Viscosidad*

- Colocar la muestra de aceite en un enfriador, hasta que alcance una temperatura estable entre 6 y 8 °C.
- Colocar la muestra de aceite en un beaker de 500 ml.
- Para la determinación de la viscosidad, utilizar el rotor #1.
- Humedecer el rotor con el aceite de manera que no forme burbuja al sumergirlo en el aceite.
- Someter la muestra a una velocidad constante (con el viscosímetro) de 30 r.p.m. durante 20 minutos, tomando la lectura de viscosidad conforme se incremente la temperatura cada dos o tres grados hasta llegar aproximadamente a la temperatura ambiente.(11)



### ***VII.3.2 Perfil de Acidos Grasos de un Aceite:***

#### ***VII.3.2.1 Preparación de Soluciones:***

***Solución de Hidróxido de Sodio en Metanol:*** Pesar 10 gramos de Hidróxido de Sodio GR , disolver y diluir con 500 ml de metanol GR.

***Solución Saturada de Cloruro de Sodio:*** Añadir con agitación magnética a un volumen determinado de agua destilada, la cantidad necesaria de cloruro de sodio GR para saturar la solución. ( Un gramo de NaCl se disuelve en 2.8 ml de agua destilada a 25°C. Dividir el volumen a utilizar de agua destilada entre 2.8 para determinar la cantidad mínima necesaria en gramos de NaCl)

#### ***VI.3.2.2 Procedimiento:***

Preparación de la Muestra:

- Pesar 0.5 gramos de la muestra en un balón aforado de 25 ml.
- Añadir 4.5 ml de solución de NaOH en metanol, calentar y agitar ocasionalmente hasta que las fases desaparezcan ( aproximadamente 35 minutos)
- Dejar enfriar a temperatura ambiente, agregar 3.5 ml de la solución de trifloruro de boro en metanol al 20% y agitar suavemente.
- Agregar 4 ml de n-heptano y seguir agitando ocasionalmente durante 5 minutos.
- Agregar solución saturada de NaCl hasta que la fase orgánica de n-Heptano suba al cuello del balón.
- Pipetear 1 ml aproximadamente de la capa superior de n-Heptano a un vial de 4 ml que contenga 0.5g de sulfato de sodio anhidro, tapar bien con papel aluminio y colocar el tapón.

- Encender el Cromatógrafo de gases bajo las siguientes condiciones:

Columna:	Dietilenglicol succinato al 15% (5-15%)
Detector:	Ionización de Llama.
Temperatura del Inyector:	200°C
Temperatura del Detector:	240 °C
Temperatura Inicial del horno:	100 °C
Tiempo de Temperatura Inicial:	1 minutos.
Rampa de Temperatura:	4 °C/ min
Temperatura Final del Horno:	220 °C
Tiempo de temperatura Final:	10 min
Flujo de Nitrógeno:	30 ml/minuto

- Inyectar 0.6 µL de la solución del vial al cromatógrafo .
- Determinar el perfil de ácidos grasos de la muestra en base a los porcentajes de las áreas de los componentes.(12), (13), (14).

### ***VII.3.3 Análisis Estadístico:***

El presente trabajo es un estudio de tipo Experimental, con el siguiente diseño:

#### ***Número de repeticiones:***

Cuatro, para un nivel de confianza del 95%

#### ***Variables y su Manipulación:***

- a) Para la determinación de la pureza del aceite:
  - Viscosidad
  - Energía de Viscosidad

**b) Adulteración**

La adulteración de las muestras se determinará por medio de la comparación de la Viscosidad y Energía de Viscosidad de los aceites puros contra las muestras adulteradas a un 10, 20 y 30% en volumen con aceite de girasol y una mezcla de aceites de bajo costo (oleína de palma, girasol y/o soya)

***Análisis de Resultados:***

Se realizará un análisis tipo Pre-test-Post-test utilizando una T pareada con la formula:

$$T_p = \frac{X_d}{S_d / n}$$

Donde  $t_p$ : t pareada

$X_d$  : Promedio de las desviaciones

$S_d$ : Sumatoria de las desviaciones

$n$ : Número de muestras

## VIII. RESULTADOS

### VIII.1 Perfiles de Acidos Grasos:

#### VIII.1.1 Perfil de Acidos Grasos de Aceites de Maíz

Tabla 1:

Perfil de Acidos Grasos de Aceite de Maíz de marca comercial M1:

<i>Nombre</i>	<i>Número de Carbonos</i>	<i>Número de Insaturaciones</i>	<i>Porcentaje de Area</i>
Palmítico	16	ninguna	16.67%
Oleico	18	una	36.96%
Linoleico	18	dos	44.13%
Estearico	19	ninguna	2.24%

Tabla 2:

Perfil de Acidos Grasos de Aceite de Maíz de marca comercial M2:

<i>Nombre</i>	<i>Número de Carbonos</i>	<i>Número de Insaturaciones</i>	<i>Porcentaje de Area</i>
Palmítico	16	ninguna	20.85%
Oleico	18	una	38.49%
Linoleico	18	dos	38.51%
Estearico	19	ninguna	2.15%

Tabla 3:

Perfil de Acidos Grasos de Aceite de Maíz de Marca Comercial M3:

<i>Nombre</i>	<i>Número de Carbonos</i>	<i>Número de Insaturaciones</i>	<i>Porcentaje de Area</i>
Palmítico	16	ninguna	16.50%
Oleico	18	una	38.63%
Linoleico	18	dos	43.01%
Estearico	19	ninguna	1.86%

Tabla 4:

Perfil de Acidos Grasos de Aceite de Maíz de marca comercial M4:

<i>Nombre</i>	<i>Tipo de Acido Graso</i>	<i>Número de Insaturaciones</i>	<i>Porcentaje de Area</i>
Palmítico	16	ninguna	13.74%
Oleico	18	una	36.76%
Linoleico	18	dos	43.02%
Esteárico	19	ninguna	2.37%

Tabla 5:

Perfil de Acidos Grasos de Aceite de Maíz de marca comercial M5:

<i>Nombre</i>	<i>Número de Carbonos</i>	<i>Número de Insaturaciones</i>	<i>Porcentaje de Area</i>
Palmítico	16	ninguna	17.08%
Oleico	18	una	67.72%
Linoleico	18	dos	12.96%
Esteárico	19	ninguna	2.24%

### VIII.1.2 Perfil de Acidos Grasos de Aceite de Oliva

Tabla 6:

Perfil de Acidos Grasos de Muestra de Aceite de Oliva de marca comercial O1:

<i>Nombre</i>	<i>Número de Carbonos</i>	<i>Número de Insaturaciones</i>	<i>Porcentaje de Area</i>
Palmítico	16	ninguna	13.66%
Oleico	18	una	72.04%
Linoleico	18	dos	14.30%

Tabla 7:

Perfil de Acidos Grasos de Muestra de Aceite de Oliva de marca comercial O2:

<i>Nombre</i>	<i>Número de Carbonos</i>	<i>Número de Insaturaciones</i>	<i>Porcentaje de Area</i>
Palmítico	16	ninguna	14.09%
Oleico	18	una	71.61%
Linoleico	18	dos	14.30%

Tabla 8:

Perfil de Acidos Grasos de Muestra de Aceite de Oliva de marca comercial O3:

<i>Nombre</i>	<i>Número de Carbonos</i>	<i>Número de Insaturaciones</i>	<i>Porcentaje de Area</i>
Palmítico	16	ninguna	13.77%
Oleico	18	una	70.68%
Linoleico	18	dos	15.55%

Tabla 9:

Perfil de Acidos Grasos de Muestra de Aceite de Oliva de marca comercial O4:

<i>Nombre</i>	<i>Número de Carbonos</i>	<i>Número de Insaturaciones</i>	<i>Porcentaje de Area</i>
Palmítico	16	ninguna	14.78%
Oleico	18	una	72.76%
Linoleico	18	dos	12.46%

Tabla 10:

Perfil de Acidos Grasos de Muestra de Aceite de Oliva de marca comercial O5:

<i>Nombre</i>	<i>Número de Carbonos</i>	<i>Número de Insaturaciones</i>	<i>Porcentaje de Area</i>
Palmítico	16	ninguna	11.48%
Oleico	18	una	80.66%
Linoleico	18	dos	7.86%

### VIII.1.2 Perfil de Acidos Grasos de Adulterantes:

Tabla 11:

Perfil de Acidos Grasos de Aceite de Girasol

<i>Nombre</i>	<i>Número de Carbonos</i>	<i>Número de Insaturaciones</i>	<i>Porcentaje de Area</i>
Palmítico	16	ninguna	23.27%
Oleico	18	una	31.97%
Linoleico	18	dos	41.54%
Esteárico	18	ninguna	3.22%

Tabla 12:  
Perfil de Acidos Grasos de Mezcla Comercial de Aceites

<i>Nombre</i>	<i>Número de Carbonos</i>	<i>Número de Insaturaciones</i>	<i>Porcentaje de Area</i>
Palmítico	16	ninguno	10.55%
Estearico	18	ninguno	5.63%
Oleico	18	uno	31.38%
Linoleico	18	dos	52.44%

### VIII.2 Energías de Viscosidad:

Tabla 13:  
Energía de Viscosidad de Aceite de Maíz adulterado con Girasol

<i>Muestra</i>	<i>0% G</i>	<i>10%G</i>	<i>20% G</i>	<i>Correlación lineal</i>
M1	5656.98 cal.	6004.25 cal	6633.89 cal	0.9863
M2	5404.74 cal	5880.27 cal	5243.92 cal	-0.9951
M3	5632.37 cal	6149.87 cal	6471.21 cal	0.9910
M4	5545.31 cal	6052.16 cal	6521.01 cal	0.9996
M5	6395.80 cal	6271.51 cal	5732.52 cal	-0.9406

Tabla 14:  
Energías de Viscosidad de Aceites de Maíz Adulterados con Mezcla

<i>Muestra</i>	<i>0%Mz</i>	<i>10% Mz</i>	<i>20% Mz</i>	<i>Correlación lineal</i>
M1	5775.43 cal	6109.89 cal	5180.62 cal	*
M2	6330.27 cal	6102.7 cal	4648.96 cal	*
M3	5902.41 cal	6328.20 cal	5446.97 cal	*
M4	5545.31 cal	7189.83 cal	4962.61 cal	*
M5	6492.25 cal	5901.69 cal	5799.28 cal	*

Tabla 15:  
Energías de Viscosidad de Aceite de Oliva Adulterados con Girasol

<i>Muestra</i>	<i>0% G</i>	<i>10%G</i>	<i>20%G</i>	<i>Correlación lineal</i>
O1	7788.54 cal	6254.13 cal	7276.32 cal	*
O2	7798.68 cal	6158.55 cal	7184.55 cal	*
O3	7846.60 cal	6222.39 cal	7242.85 cal	*
O4	8084.55 cal	6038.06 cal	7184.18 cal	*
O5	8022.14 cal	6524.53 cal	7223.3 cal	*

- No se obtuvo ninguna correlación lineal.

Tabla 16:  
Energías de Viscosidad de Aceites de Oliva Adulterados con Mezcla

<i>Muestra</i>	<i>0%Mz</i>	<i>10% Mz</i>	<i>20% Mz</i>	<i>Correlación lineal</i>
O1	7788.54 cal	6238.55 cal	6082.80 cal	-0.9032
O2	7798.68 cal	6333.46 cal	6060.10 cal	-0.9293
O3	7843.60 cal	6294.95 cal	6079.20 cal	-0.9167
O4	8084.55 cal	6209.90 cal	5974.16 cal	-0.9125
O5	8022.14 cal	6249.92 cal	5983.49 cal	-0.9198

Tabla 17:  
Energías de Viscosidad de Adulterantes

<i>Muestra</i>	<i>Energía de Viscosidad</i>
Mezcla de Aceites	6365.84 cal
Aceite de Girasol	6524.53 cal

**Nota:** Los valores dados de energía de viscosidad, son el promedio de las lecturas realizadas, y están dados en calorías, loas desviaciones y análisis estadístico se encuentra en los anexos No.23 al No. 30.



## IX. DISCUSION DE RESULTADOS

Se realizaron los perfiles de ácidos grasos de las muestras de aceites de *Maíz* y de *Oliva* puros, así como de los aceites utilizados como adulterantes *Girasol* y una *Mezcla comercial de Aceites* (oleína de palma, girasol y/o soya), con el fin de respaldar los resultados obtenidos con el análisis de Energía de Viscosidad.

El perfil de ácidos grasos en los aceites de *Maíz* no es uniforme en las cinco muestras estudiadas, dos de ellas presentan porcentajes de ácido oleico y linoleico significativamente diferentes a las tres muestras restantes y a los reportes en la literatura (ver tablas 1 a 5 en resultados y anexo No.1) (2)(6); por lo cual podría suponerse que estas muestras han sido adulteradas.

Los perfiles de ácidos grasos de las cinco muestras de aceite de *Oliva* analizadas, se encuentran dentro de los límites establecidos en la literatura (ver anexo No.1 y No.6)(2). Esto demuestra que los aceites de *Oliva* analizados no están adulterados, no obstante las muestras O4 y O5 presentaron porcentajes de ácidos insaturados que difieren del resto de las muestras analizadas (ver tablas 6 a 10 de resultados). Es importante notar que en las muestras O4 y O5 no existe evidencia de adulteración, ya que los porcentajes de ácido linoleico a pesar de ser diferentes, son relativamente bajos, en comparación con los porcentajes presentes en los aceites que pudieran utilizarse como adulterantes que presentan un porcentaje de ácido linoleico mayor de un 30% (ver tablas 11 y 12 de resultados).

Al determinar los valores de Energía de Viscosidad para los aceites de *Maíz* puros se determinó que las muestras M2 y M5 presentan valores significativamente diferentes, al resto de muestras analizadas (ver tabla 13 de resultados), lo cual se confirma por los datos obtenidos en los perfiles de ácidos grasos de estos aceites. En estudios paralelos sobredeterminación de antioxidantes en aceites comestibles y perfiles de ácidos grasos de aceites comestibles, se observó un comportamiento diferente en estas dos marcas

comerciales, por lo cual las muestras M2 y M5 fueron descartadas del estudio, ya que se asume que las mismas están adulteradas.(15)(16)

Al determinar los valores de Energía de Viscosidad de los aceites de *Oliva* puros se determinó que las muestras O4 y O5, presentan diferencias significativas (ver tabla 15 de resultados). Este comportamiento también se observó en el análisis de ácidos grasos de estas muestras.

Se comprobó que existe una relación entre la Energía de Viscosidad y la pureza del aceite, conforme se aumenta el porcentaje de adulteración. Esta variación es confirmada estadísticamente por el análisis de T pareada (ver anexos No.27 al 30).

Al determinar los valores de Energía de Viscosidad de las muestras de aceite de *Maíz* adulteradas con aceite de *Girasol*, se obtuvieron variaciones significativas al aumentar el porcentaje de adulteración (ver tabla 13 de resultados y anexo No .23). Para estos aceites adulterados con *Girasol* se pudo establecer una correlación lineal entre los valores de Energía de Viscosidad y el porcentajes de adulteración (ver anexo No. 31)

Al determinar los valores de Energía de Viscosidad de las muestras de aceite de *Maíz* adulteradas con la *Mezcla comercial de Aceites*, se obtuvieron variaciones significativas al aumentar el porcentaje de adulteración. Se pudo establecer para estos aceites una correlación lineal muy baja entre los valores de Energía de Viscosidad y los porcentajes de adulteración (ver tabla 14 de resultados). Esta baja correlación podría deberse a que al adulterarse el aceite de *Maíz* con la *Mezcla comercial de Aceites* a un 10%, la Energía de Viscosidad de la mezcla resultante es muy similar a la del adulterante, con esto se asume que el aceite de *Maíz* no puede adulterarse arriba de un 10 % con la *Mezcla comercial de aceites*.

Los valores obtenidos de Energía de Viscosidad de las Muestras de aceite de *Oliva* adulteradas con aceite de *Girasol*, presentan variaciones significativas al incrementarse el porcentaje de adulteración (ver tabla 15 de resultados). Para los aceites de *Oliva* adulterados con *Girasol*, no fue posible establecer una correlación lineal entre estos valores

de Energía de Viscosidad y los porcentajes de adulteración, esto puede deberse a que la Energía de Viscosidad del aceite puro es mucho mayor que la del adulterante, debido a la composición del mismo.

Al determinar los valores de Energía de Viscosidad de las muestras de aceite de *Oliva* adulteradas con *Mezcla comercial de aceites*, se obtuvieron variaciones significativas al aumentar el porcentaje de adulteración. También se obtuvo una correlación lineal entre la Energía de Viscosidad y el porcentaje de adulteración (ver tabla 16). Es importante establecer que en todas las muestras analizadas de aceite de *Oliva*, al ser adulteradas arriba de un 10% perdieron sus características organolépticas, por lo cual se considera que la correlación lineal obtenida entre la Energía de Viscosidad y el porcentaje de adulteración con *Mezcla comercial de Aceites* no es un parámetro determinante para establecer la pureza del aceite de *Oliva*.

En los aceites de *Oliva* se observó al realizar las lecturas de Viscosidad la formación de dos fases en las muestras adulteradas con la *Mezcla comercial de Aceites*, al estar a temperaturas menores a 10°C; la formación de estas dos fases puede indicar la existencia de un eutéctico; los eutécticos se forman por la diferencia en el ordenamiento de las cadenas carbonadas, así como por la diferencia en la longitud de la misma dentro del triglicérido.

Al graficar los valores de Energía de Viscosidad de los aceites de *Maíz* puros contra la sumatoria de los porcentajes de ácidos grasos insaturados, obtenidos a través de sus perfiles, se obtuvo una correlación lineal. Se tomó como parámetro la sumatoria de ácidos insaturados debido a que son los componentes mayoritarios del aceite de *Maíz*.

Al graficar los valores de Energía de Viscosidad de los aceites de *Oliva* contra el porcentaje de ácido oleico, se encontró que existe una correlación lineal. Al graficar la Energía de Viscosidad contra la sumatoria de los ácidos grasos insaturados, se obtuvo una correlación muy baja, lo cual indica que esta relación no es determinante para el aceite de *Oliva*.

La relación encontrada entre la Energía de Viscosidad y la pureza del aceite presenta un comportamiento diferente para cada tipo de aceite y para cada adulterante, por lo cual este parámetro podría tomarse como una prueba preliminar para detectar la pureza de un aceite comercial comestible, sin que llegue a ser un análisis concluyente, ya que no podría conocerse ni el tipo del adulterante ni el porcentaje de adulteración.

## X. CONCLUSIONES

- Existe una relación entre la pureza de un aceite comestible comercial y su Energía de Viscosidad, la cual se refleja en variaciones significativas estadísticamente en la Energía de Viscosidad del aceite al ser adulterado.
- La determinación del valor de la Energía de Viscosidad, de un aceite comestible comercial, puede utilizarse como una medición preliminar para realizar inferencias sobre la pureza del mismo.
- La relación entre la Energía de Viscosidad y la Pureza de un aceite varía dependiendo del aceite analizado y del adulterante.
- Existe una relación lineal entre la Energía de Viscosidad y la sumatoria de los porcentajes de ácidos grasos insaturados en las muestras comerciales de aceite de *Maíz*.
- Existe una relación lineal entre la Energía de Viscosidad y el porcentaje de ácido oleico en las muestras comerciales de aceite de *Oliva*.
- Después de alcanzar el máximo porcentaje de adulteración, las muestras presentan valores de Energía de Viscosidad variables, debido a la formación de eutécticos.

## XI. RECOMENDACIONES

Continuar la investigación sobre la relación entre la pureza y la Energía de Viscosidad de aceites comestibles comerciales, a fin de establecer todos los parámetros necesarios para poder utilizar la Energía de Viscosidad, como un método rápido y accesible de control de calidad para aceites comestibles comerciales.

Para esto será necesario realizar dos estudios posteriores que abarquen la determinación de Energías de Viscosidad y perfiles de ácidos grasos, utilizando porcentajes menores de adulterantes. Estos porcentajes pueden variar de acuerdo a la calidad del aceite que se tomará como puro; para aceite de oliva se recomienda utilizar porcentajes hasta un 10% como valor máximo y para maíz un 15%

## XII. REFERENCIAS

1. McMurry J. Química Orgánica. México: Grupo Editorial Iberoamerica SA de CV. 1994. 1055-1060 pp.
2. Bernardini E. Tecnología de Aceites y Grasas. España: Alhambra, 1981. xi+490 pp.
3. Galanos D., Kapoulas V., Detection of Adulteration of Plant Oils With Special Reference to Olive Oil. Journal of American Oil Chemist's Society. Vol 42 1965 815-816pp.
4. Galanos D., Kapoulas V., Voudouris E. Detection of Adulteration of Olive Oil by Argentation Thin layer Chromatography. Journal of American Oil Chemist's Society. Vol 45, 1968 825-828pp
5. Potter N. La Ciencia de los Alimentos. México: Eduton, 1973. x+280pp.
6. Gouw H., Vlugter J., Roelands J. Physical Properties of Fatty Acid Methyl Ester. VI. Viscosity. Journal of American Oil Chemist's Society. Vol43 1,966. 43-44pp.
7. Haighton A., Van Putte K. & Vermaas L. Journal of American Oil Chemist's Society. Vol 49 1972. 153-156 pp.
8. Shaw D. Introducción a la Química de Superficies y Coloides. España: Alhambra. 1977 2da. Ed. xi +272 pp.
9. Howard D. A Look at Viscometry. Brookfield Engineering Laboratories Inc.

10. Green Henry. Industrial Rheology and Rheological Structures. U.S.A.: Editorial John Wiley & Son, Inc, 1949. vii + 311pp.
11. American Society for Testing and Materials. USA 1991, D 2196-86
12. American Society for Testing and Materials Standards on Cromatography USA 1981, D 2800-75
13. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá INCAP. Técnica de Determinación del Perfil de ácidos grasos por Cromatografía de Gases. Laboratorio de Composición de Alimentos. Revisión No.1 1996.
14. Método Fácil para Preparación de Acidos Grasos para ser Analizados por Cromatografía de Gases. Unidad de Análisis Instrumental. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
15. Gudiel E. Entrevista personal.
16. Anleu M. Determinación de Antioxidantes en Aceites Comestibles Comerciales por Cromatografía de Gases. Tesis de Graduación. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Noviembre de 2000.
17. Rossell J. Aceites y Grasas para usos específicos. Dragoco Report. 2-1983. 27-39pp
18. Lovegren N. Effect of Liquid Fat on Melting Point an Polimorphic Behavior of Cocoa Butter and Cocoa Butter Fraction. Journal of American Oil Chemist's Society. Vol 53. 1976. 815-816pp
19. Schum H. El Olivo. Dragoco Reporte. 1/1990. 24-30pp.



## XIII. ANEXOS

*Anexo No.1*

Tabla No.1. Composición aproximada de algunos Aceites (1)

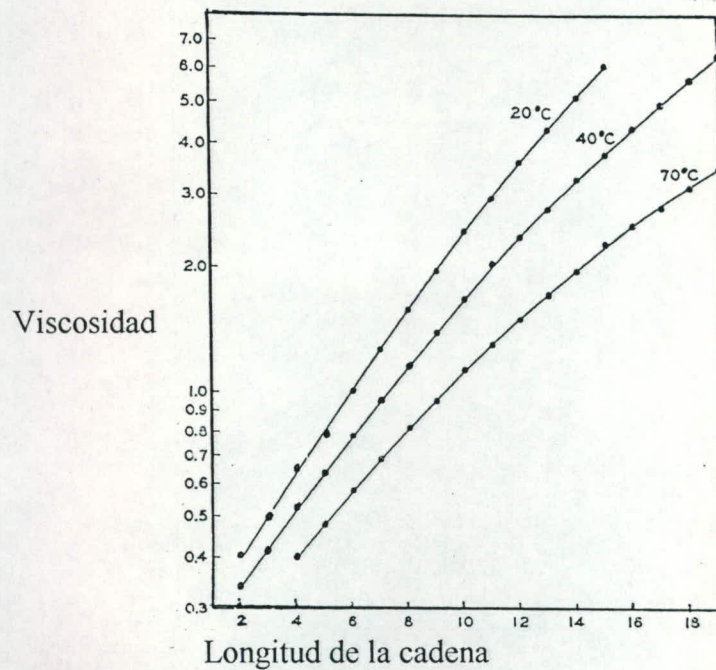
<b>Aceite</b>	<b>Laurico</b>	<b>Mirístico</b>	<b>Palmítico</b>	<b>Estearico</b>
Coco	50	18	08	2.0
Maíz	--	1	10	4.0
Oliva	--	1	05	5.0
Oleína de Palma	--	--	40	3.0
Algodón	--	--	20	2.0
Girasol	--	--	07	4.5

<b>Aceite</b>	<b>Oleico</b>	<b>Ricinoleico</b>	<b>Linoleico</b>
Coco	6	--	1
Maíz	35	--	45
Oliva	80	--	07
Oleína de Palma	45	--	15
Algodón	30	--	40
Girasol	40	--	35

Nota: son contenidos aproximados, los porcentajes restantes pertenecen a otros ácidos grasos en cantidades menores al 1 %

## Anexo No.2

Gráfica No.1 Viscosidad Vrs Longitud de Cadena (5)



## Anexo No.3

Tabla No.2. Variación de los Tiempos de Relajación con la Temperatura (7)

Aceite	Tiempo de relajación		
	20°	40°	60°
Soya	153	265	189
Girasol	145	176	476
Maíz	117	237	406
Oliva	109	196	333
Algodón	--	158	295
Oleína de Palma	--	176	327

## Anexo No.4

Tabla No.3. Viscosidad de varios aceites, medidas a diferentes temperaturas(7)

<u>Aceite</u>	<u>Viscosidad (cp)</u>			<u>Constantes</u>	
	20°C	40°C <sup>o</sup>	60°C	a	b
Soya	60	28	15	-0.073	46.6
Girasol	63	29	16	-0.038	44.8
Maíz	70	30	16	-0.142	49.9
Oliva	82	35	17	-0.080	50.1
Algodón	--	45	23	-0.166	55.9
Oleína de Palma	--	37	19	-0.145	52.2

## Anexo No.5

Tabla No.4. Constantes de algunos Aceites (2)

<u>Aceites</u>	<u>Indice de Yodo</u>	<u>Indice de Saponificación</u>
Soya	120-141	189-195
Girasol	125-136	188-194
Maíz	103-128	187-193
Algodón	99-113	189-198
Olivo	80-88	188-196
Palma	44-54	195-205

*Anexo No.6*

Generalidades del Aceite de Oliva(2):

Se obtiene del fruto de la *Olea europea*, el aceite está contenido casi en su totalidad en la pulpa. Sus componentes mayoritarios son el ácido oleico, linoleico y palmítico. en la siguiente composición:

ácido oleico	77-86%
ácido linoleico	7%
ácido palmítico	9-10%
ácido esteárico	2%

### *Anexo No. 7*

Generalidades del Aceite de Maíz(2):

Se obtienen de la semilla de la *Zea mays*, y contienen generalmente de un 18-20% de aceite. Los mayores componentes del aceite de maíz son el ácido oleico y linoleico, aproximadamente 40% de cada uno.

### *Anexo No.8*

Generalidades del Aceite de Girasol (2):

Se obtiene de las semillas de la planta *Helianthus annuus*, las cuales contienen de un 22-30% de aceite. El porcentaje de ácidos saturados varía de 12 a 14; y el resto está constituido por ácidos oleico y linoleico.

### *Anexo No.9*

Generalidades del Aceite de Palma(2):

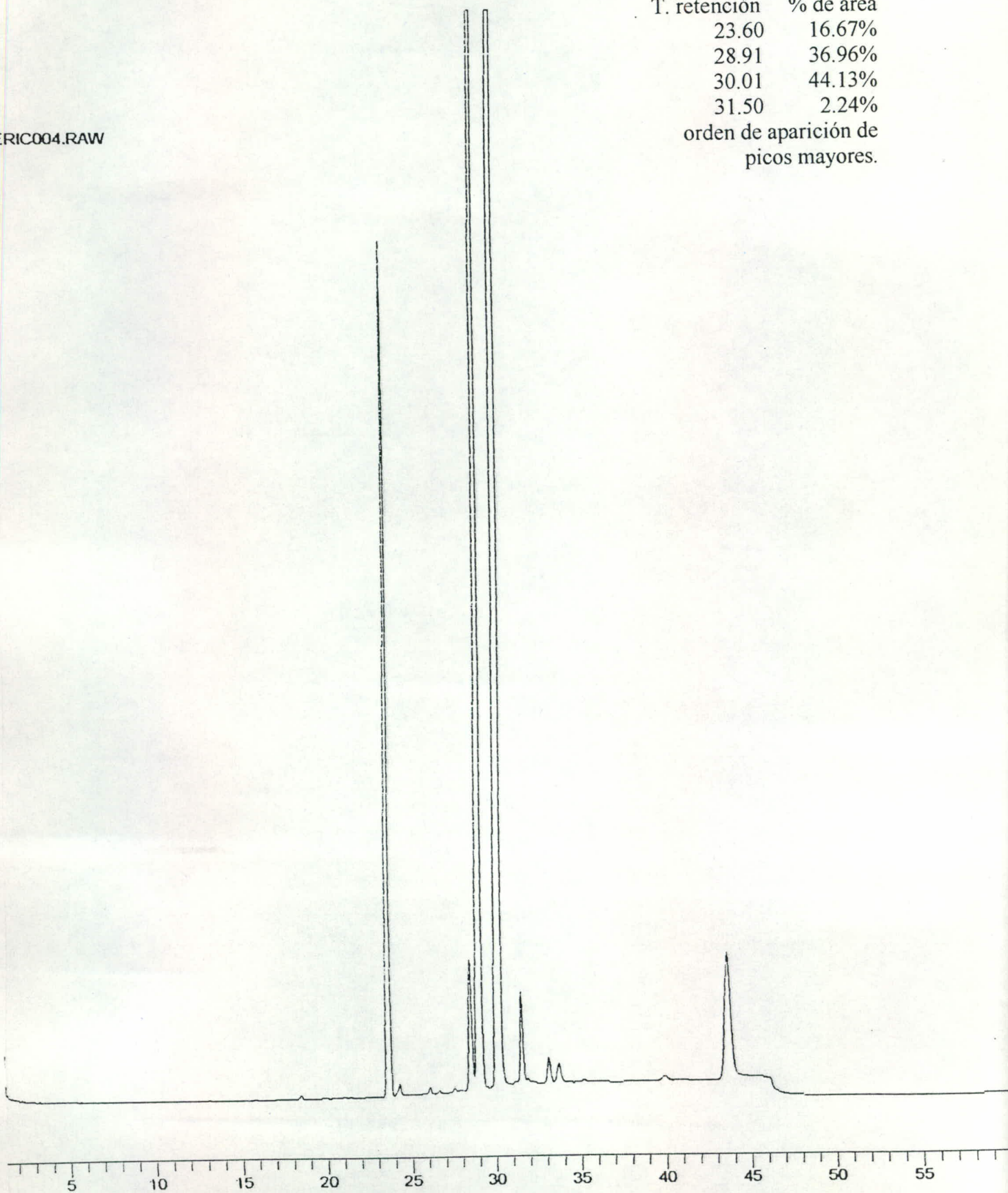
Se obtiene de la pulpa del fruto del árbol *Elaeis guincensis*, originario de Africa Occidental, el contenido de aceite en la pulpa varía del 30 al 70 %. El ácido palmítico es su componente principal con un porcentaje alrededor del 40%.

Anexo No.10  
Perfil de Acidos Grasos de M1

T. retención	% de área
23.60	16.67%
28.91	36.96%
30.01	44.13%
31.50	2.24%

orden de aparición de  
picos mayores.

ERIC004.RAW

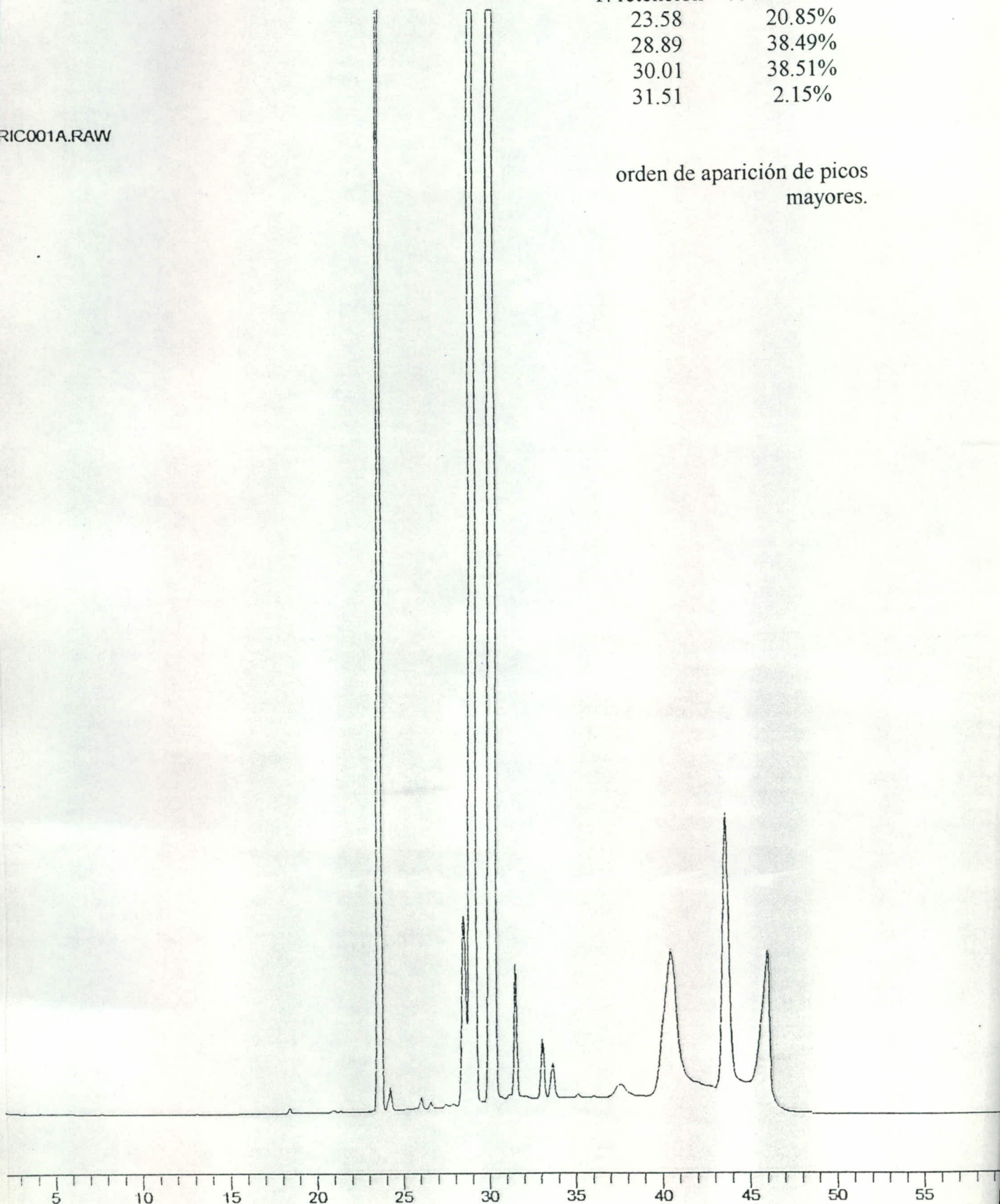


Anexo No. 11  
Perfil de Acidos Grasos de M2

T. retención	% de área
23.58	20.85%
28.89	38.49%
30.01	38.51%
31.51	2.15%

ERIC001A.RAW

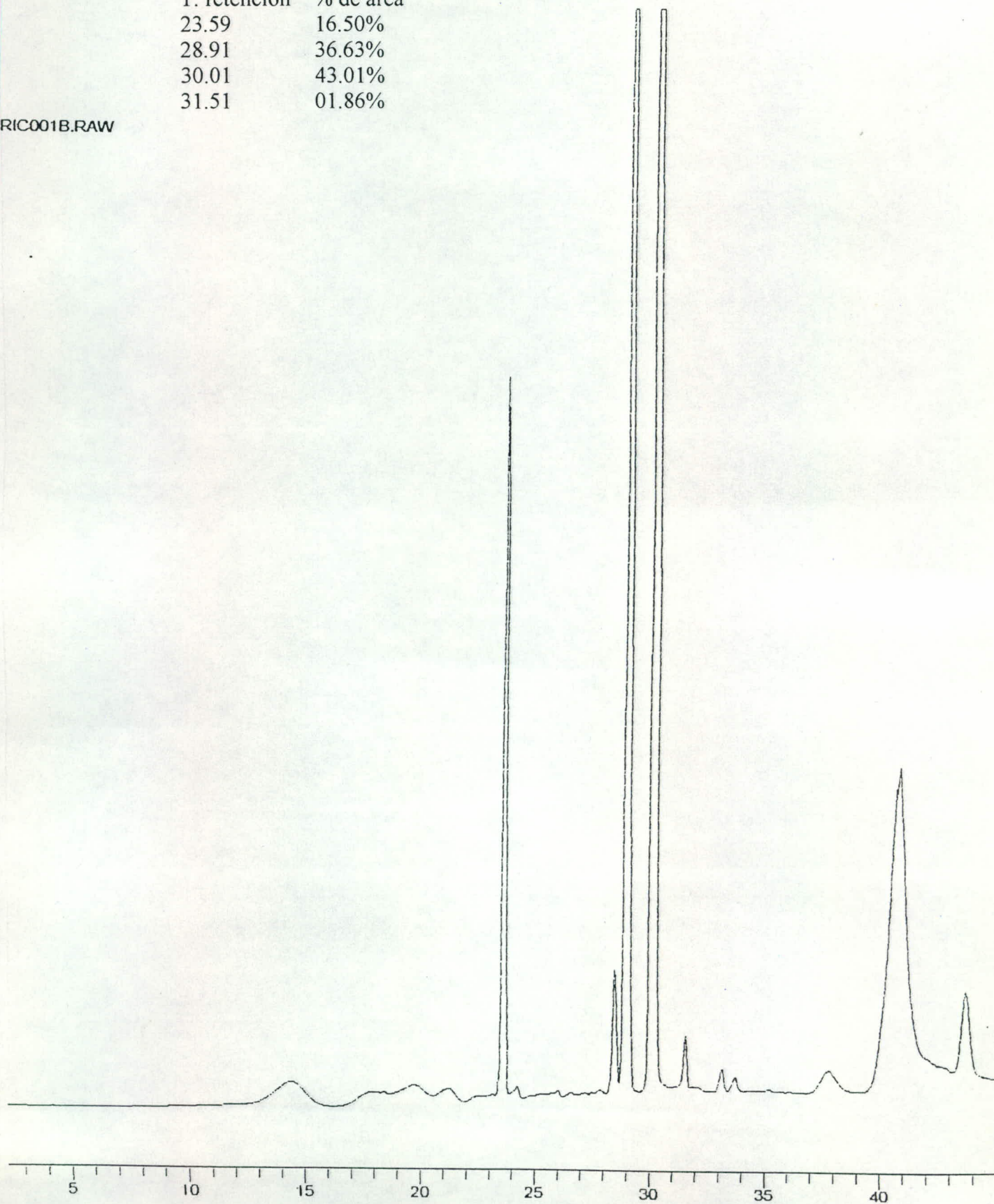
orden de aparición de picos  
mayores.



Anexo No. 12  
Perfil de Acidos Grasos de M3

T. retención	% de área
23.59	16.50%
28.91	36.63%
30.01	43.01%
31.51	01.86%

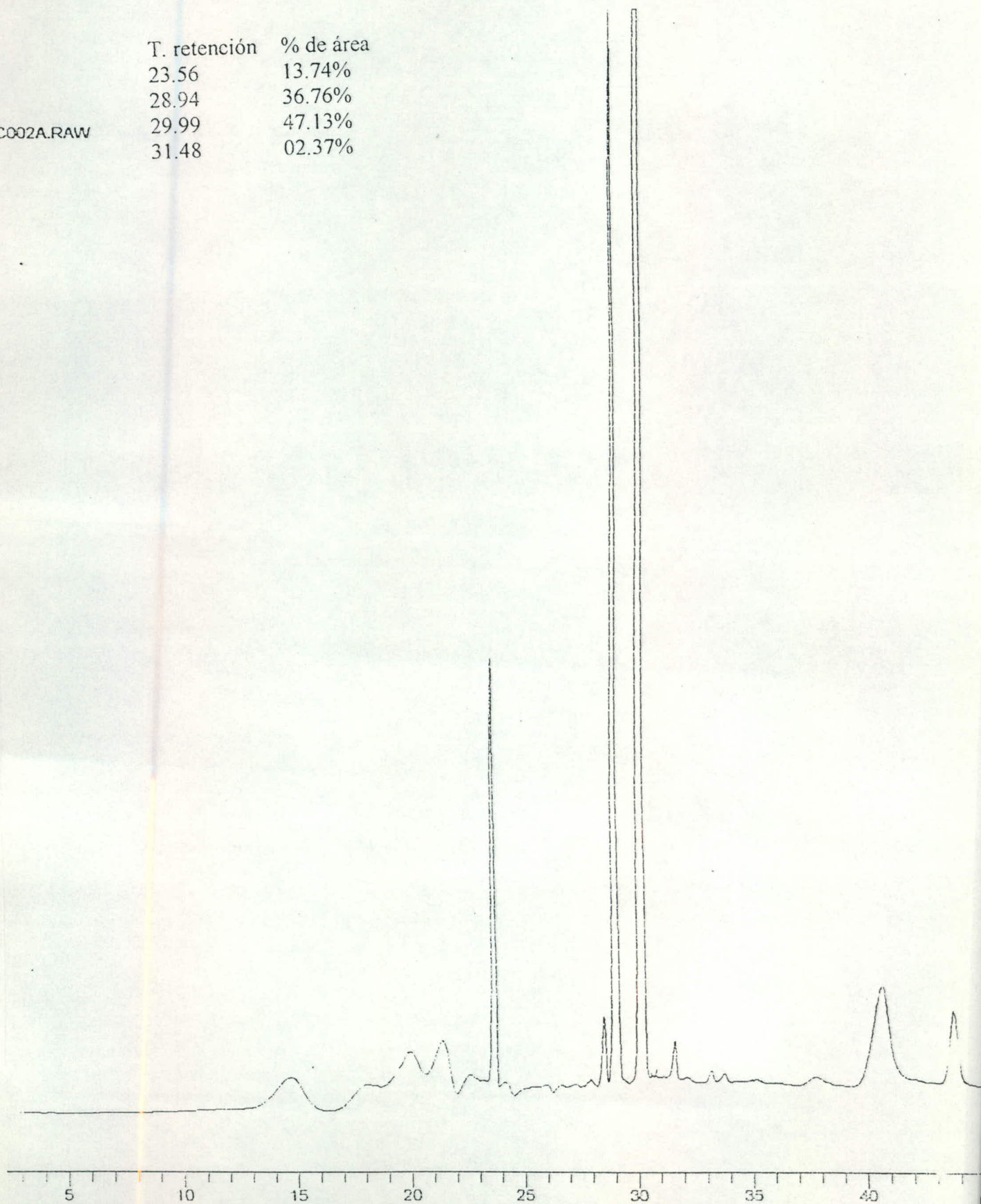
RIC001B.RAW



Anexo No. 13  
Perfil de Acidos Grasos de M4

T. retención	% de área
23.56	13.74%
28.94	36.76%
29.99	47.13%
31.48	02.37%

IC002A.RAW



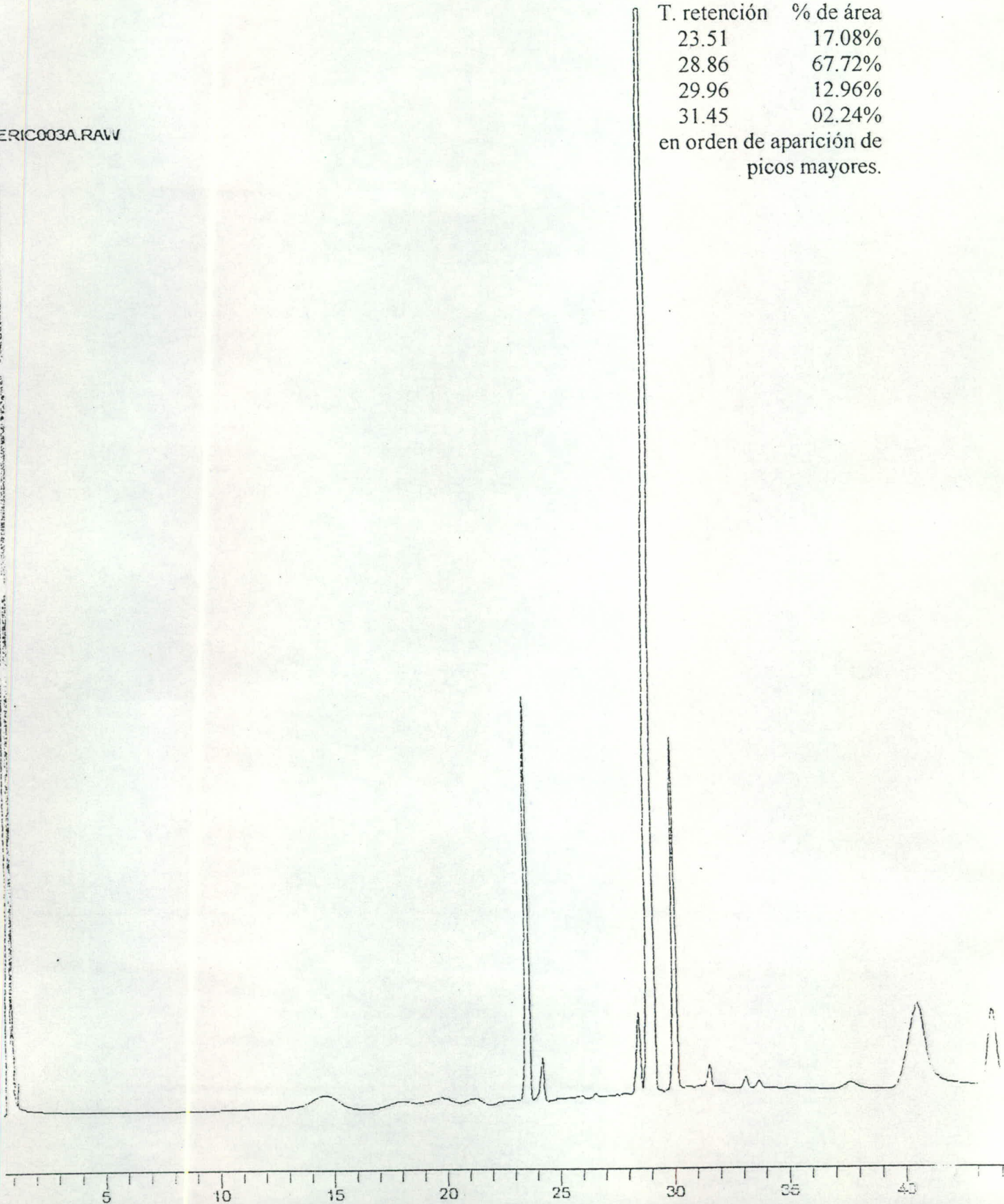


Anexo No.14  
Perfil de Acidos Grasos de M5

ERIC003A.RAW

T. retención	% de área
23.51	17.08%
28.86	67.72%
29.96	12.96%
31.45	02.24%

en orden de aparición de  
picos mayores.



Anexo No.15  
Perfil de Acidos Grasos de O1

T. retención    % de área

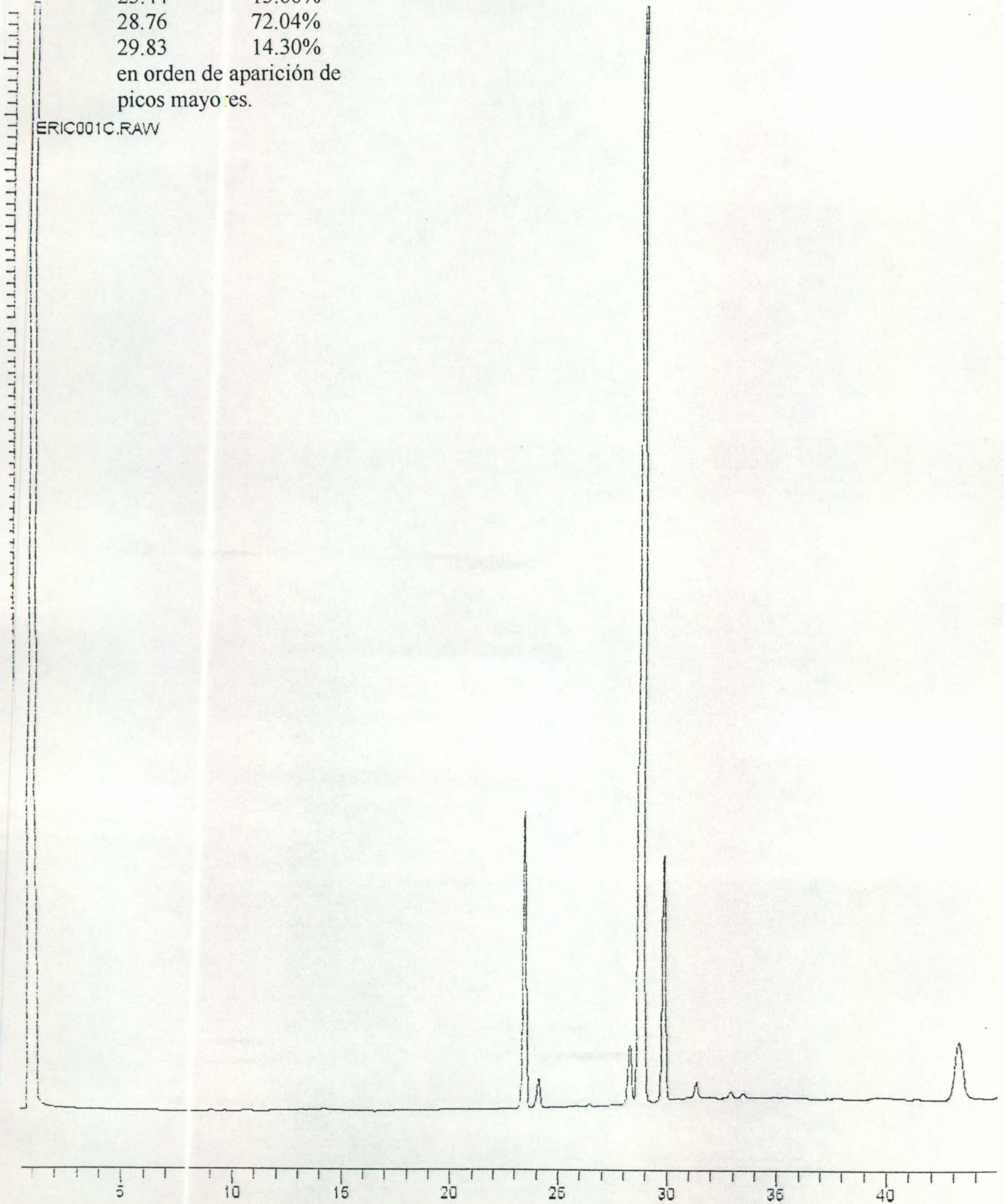
23.44            13.66%

28.76            72.04%

29.83            14.30%

en orden de aparición de  
picos mayores.

ERIC001C.RAW

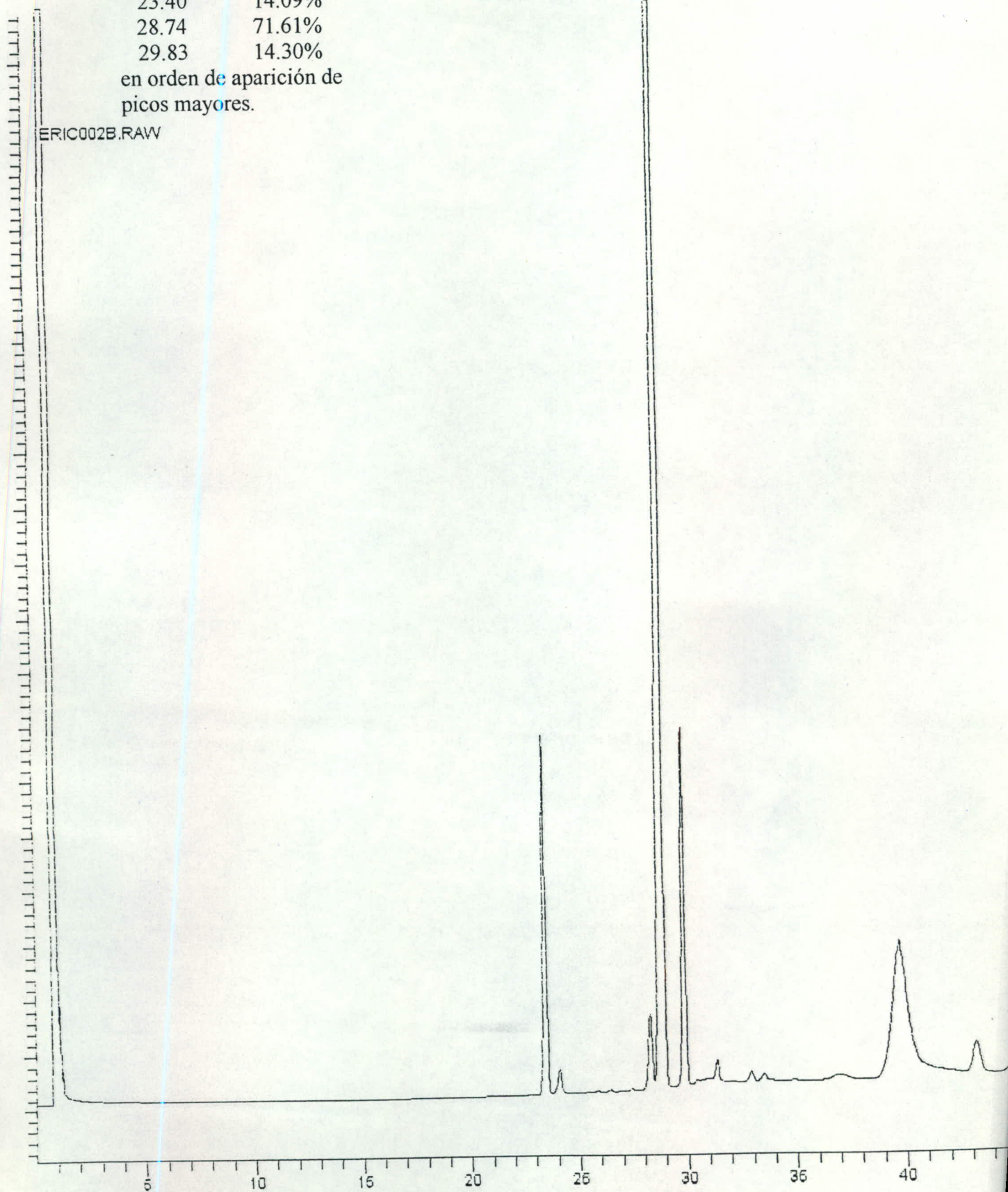


Anexo No.16  
Perfil de Acidos Grasos de O2

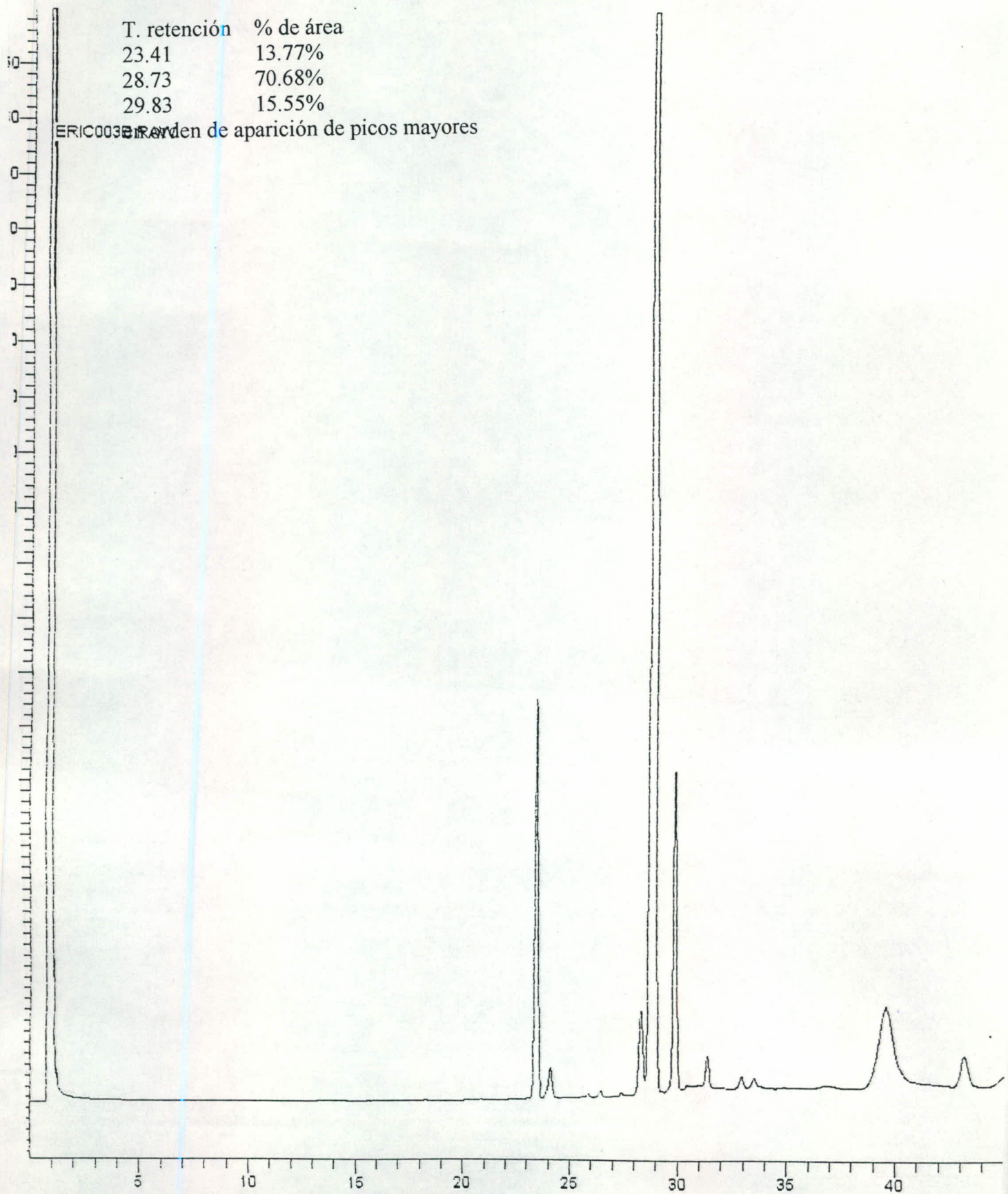
T. retención	% de área
23.40	14.09%
28.74	71.61%
29.83	14.30%

en orden de aparición de  
picos mayores.

ERIC002B.RAW



Anexo No. 17  
Perfil de Acidos Grasos de O3

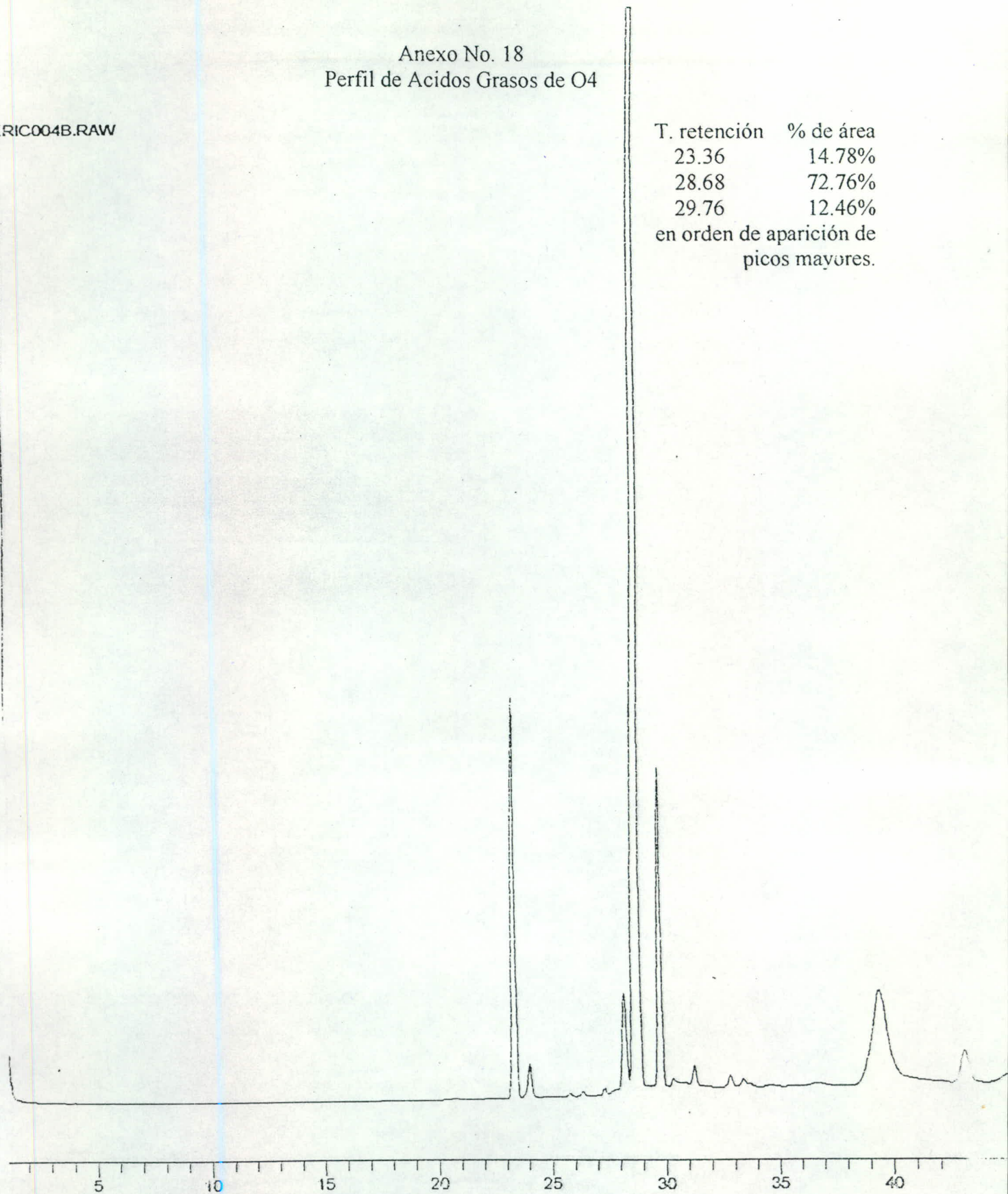


Anexo No. 18  
Perfil de Acidos Grasos de O4

ERIC004B.RAW

T. retención	% de área
23.36	14.78%
28.68	72.76%
29.76	12.46%

en orden de aparición de  
picos mayores.

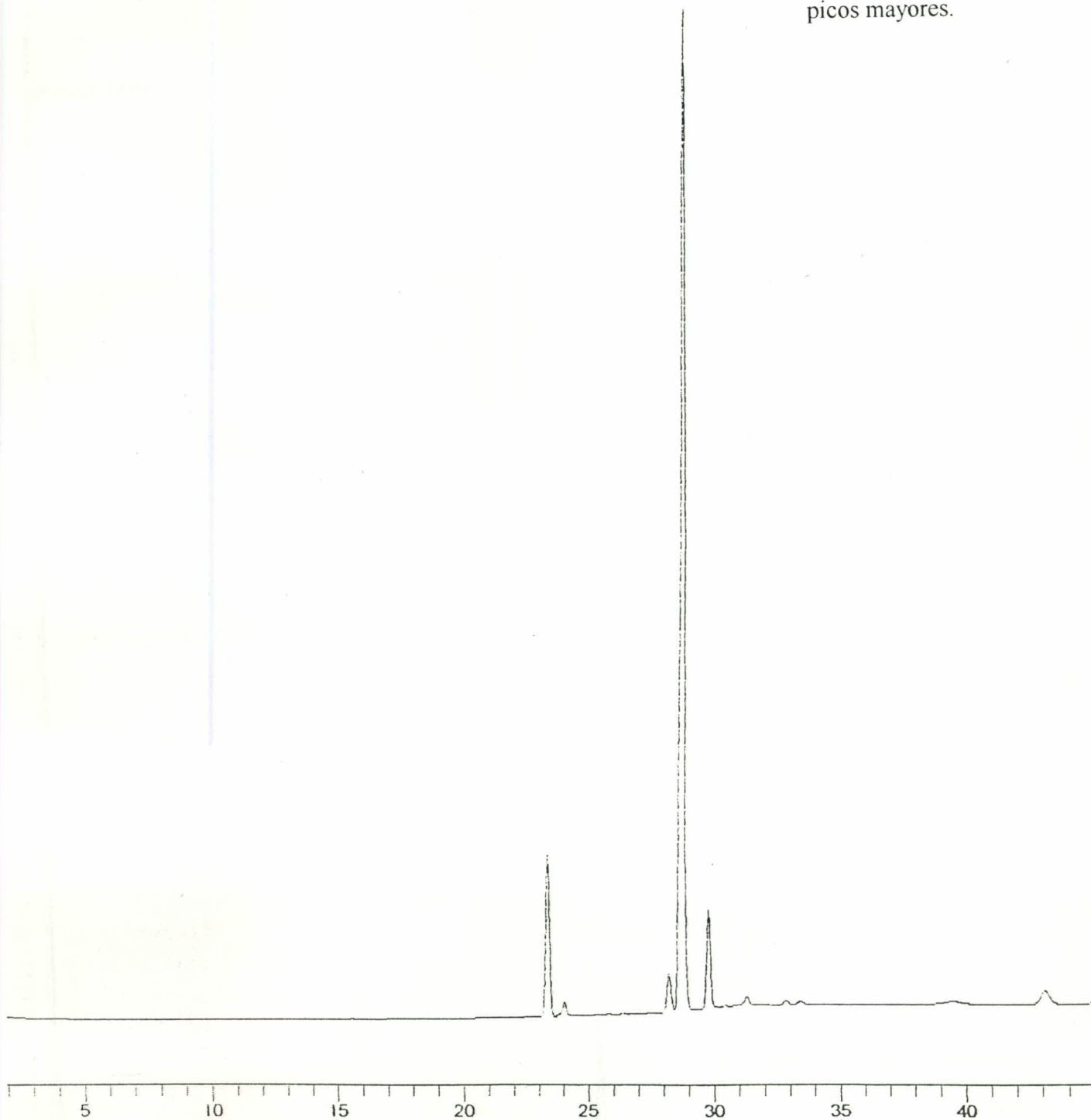


Anexo No. 19  
Perfil de Acidos Grasos de O5

RIC002C.RAW

T. retención	% de área
28.34	11.48%
28.72	80.66%
29.76	07.86%

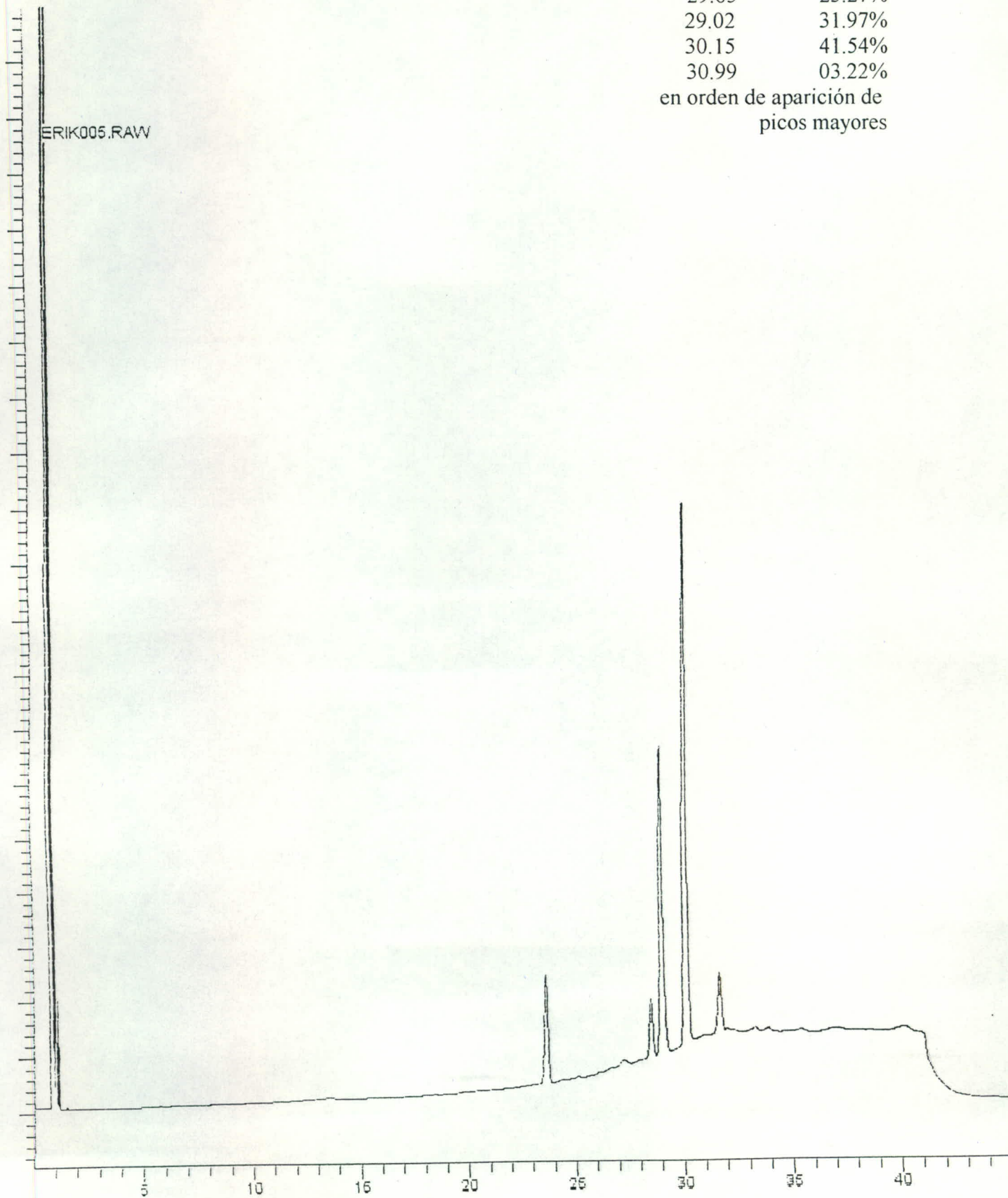
en orden de aparición de  
picos mayores.



Anexo No. 20  
Perfil de Acidos Grasos del Aceite de Girasol

T. retención	% de área
29.65	23.27%
29.02	31.97%
30.15	41.54%
30.99	03.22%

en orden de aparición de  
picos mayores

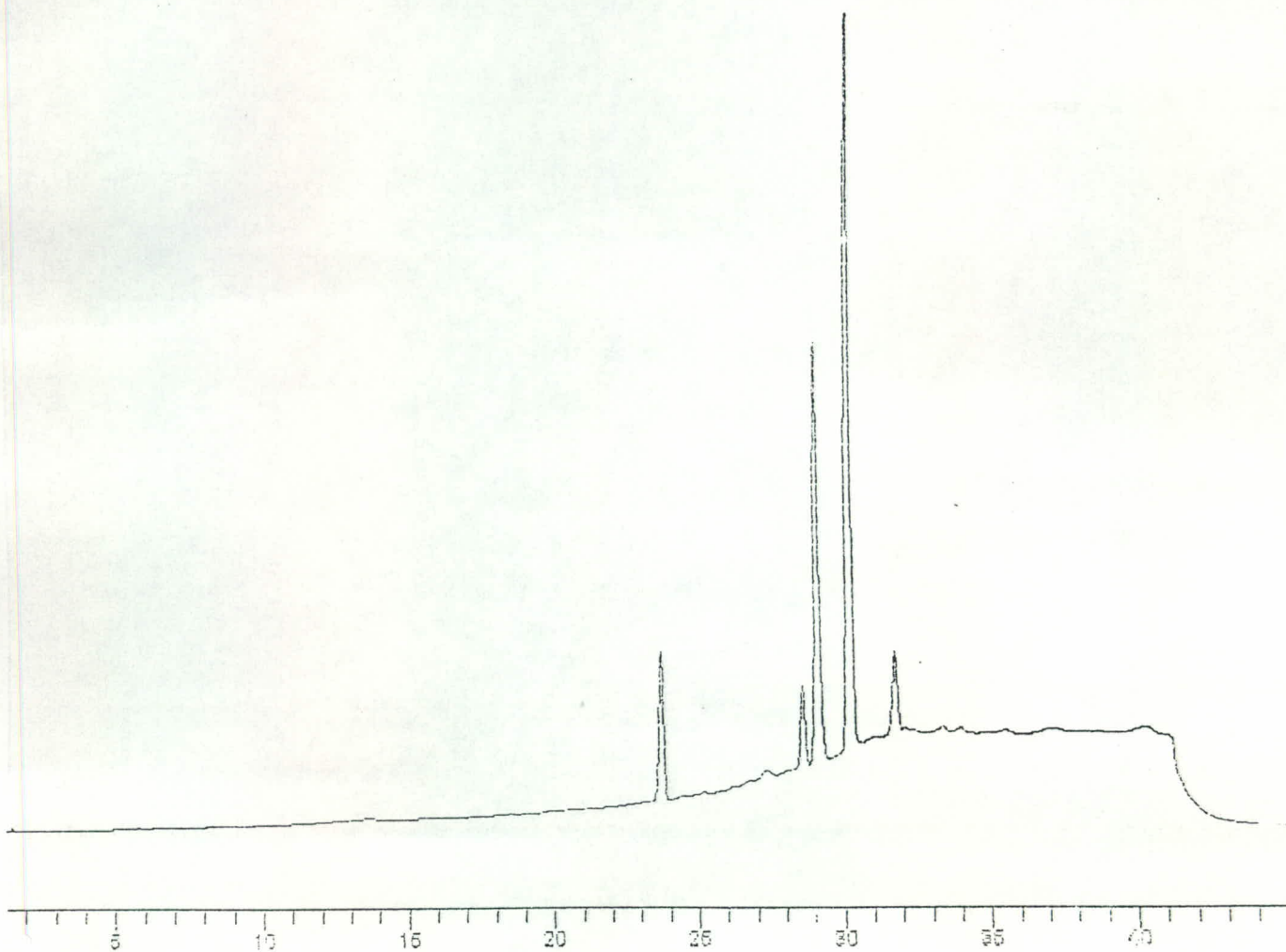


Anexo No. 21  
Perfil de Acidos Grasos de Mz

T. retención	% de área
23.65	10.97%
28.51	05.86%
29.01	32.64%
30.10	54.54%
30.97	01.14%

en orden de aparición de  
picos mayores

ERIK005.RAW





Anexo No. 22  
Tabla No. 4 Estándares y Tiempos de Retención

<u>Compuesto</u>	<u>Tiempo de Retención</u>
<u>C 12</u>	<u>13.14</u>
<u>C13</u>	<u>15.83</u>
<u>C14</u>	<u>18.47</u>
<u>C15</u>	<u>21.10</u>
<u>C16</u>	<u>23.66</u>
<u>C17</u>	<u>26.12</u>
<u>C18</u>	<u>28.49</u>
<u>C18.1</u>	<u>28.98</u>
<u>C18.2</u>	<u>30.12</u>
<u>C19</u>	<u>30.81</u>
<u>C20</u>	<u>33.33</u>
<u>C21</u>	<u>36.40</u>

Anexo No. 23  
Energías de Viscosidad de Aceites de Maíz adulterado con Girasol  
Valores dados en calorías

*Muestras puras*

M1L1	5721.86
M1L2	5584.63
M1L3	5664.46
M1L4	5656.90
Promedio	5656.98

*Muestras adulteras al 10%*

M1G10L1	6030.57
M1G10L2	6018.97
M1G10L3	5980.10
M1G10L4	5989.54
Promedio	6004.80

*Muestras adulteradas al 20%*

M1G20L1	7045.69
M1G20L2	7036.42
M1G20L3	6962.78
M1G20L4	5490.67
Promedio	6633.89

M2L2	3995.83
M2L2	8132.47
M2L3	4088.97
M2L4	9103.84
Promedio	6330.27

M2G10L2	6720.38
M2G10L2	6917.38
M2G10L3	4003.58
M2G10L4	5879.75
Promedio	5880.27

M2G20L2	4589.57
M2G20L2	5994.54
M2G20L3	5163.76
M2G20L4	5227.81
Promedio	5243.92

M3L1	5670.56
M3L2	5638.67
M3L3	5587.88
M3L4	5632.35
Promedio	5632.27

M3G10L1	6060.29
M3G10L2	6239.45
M3G10L3	5352.65
M3G10L4	6149.87
Promedio	6149.87

M3G20L1	6418.99
M3G20L2	6411.08
M3G20L3	6583.55
M3G20L4	4127.74
Promedio	6471.21

M4L1	6280.52
M4L2	5588.60
M4L3	4821.81
M4L4	5490.30
Promedio	5545.31

M4G10L1	6166.37
M4G10L2	5941.32
M4G10L3	6072.81
M4G10L4	6028.15
Promedio	6052.16

M4G20L1	6758.58
M4G20L2	6503.95
M4G20L3	6559.92
M4G20L4	6499.16
Promedio	6521.01

M5L1	6390.75
M5L2	6400.04
M5L3	6396.61
M5L4	6781.59
Promedio	6395.80

M5G10L1	6492.99
M5G10L2	6514.44
M5G10L3	6268.51
M5G10L4	7353.16
Promedio	6271.51

M5G20L1	5581.51
M5G20L2	5752.05
M5G20L3	9526.05
M5G20L4	5864.00
Promedio	5732.52

Anexo No. 24  
Energía de Viscosidad de Aceites de Maíz adulterados con Mezcla  
Valores dados en calorías

*Muestras Puras*

M1L1	5721.86
M1L2	5584.63
M1L3	5664.46
M1L4	5656.90
Promedio	5656.98

*Muestras adulteradas al 10%*

M1Mz10L1	6311.56
M1Mz10L2	6381.77
M1Mz10L3	6292.22
M1Mz10L4	6379.05
Promedio	6341.15

*Muestras adulteradas al 20%*

M1Mz20L1	5267.53
M1Mz20L2	4901.47
M1Mz20L3	5227.15
M1Mz20L4	5330.32
Promedio	5180.62

M2L2	3995.83
M2L2	8132.47
M2L3	4088.97
M2L4	9103.84
Promedio	6330.27

M2Mz10L1	5804.66
M2Mz10L2	6278.00
M2Mz10L3	6197.35
M2Mz10L4	6130.78
Promedio	6102.70

M2Mz20L1	45566.07
M2Mz20L2	4982.59
M2Mz20L3	4532.57
M2Mz20L4	4524.60
Promedio	4648.96

M3L1	5670.56
M3L2	5638.67
M3L3	5587.88
M3L4	5633.35
Promedio	5632.37

M3Mz10L1	6354.86
M3Mz10L2	6507.76
M3Mz10L3	6054.14
M3Mz10L4	6396.05
Promedio	6328.20

M3Mz20L1	5446.56
M3Mz20L2	5382.69
M3Mz20L3	5506.03
M3Mz20L4	5452.62
Promedio	5446.97

M4L1	6280.52
M4L2	5588.60
M4L3	4821.81
M4L4	5490.30
Promedio	5545.31

M4Mz10L1	6568.67
M4Mz10L2	6206.11
M4Mz10L3	6167.64
M4Mz10L4	6304.33
Promedio	6312.44

M4Mz20L1	4938.74
M4Mz20L2	4946.43
M4Mz20L3	5004.98
M4Mz20L4	4960.29
Promedio	4962.61

M5L1	6390.75
M5L2	6400.04
M5L3	6396.61
M5L4	6781.59
Promedio	6492.25

M5Mz10L1	5937.70
M5Mz10L2	5940.48
M5Mz10L3	5868.51
M5Mz10L4	5860.07
Promedio	5901.69

M5Mz20L1	5847.40
M5Mz20L2	5919.95
M5Mz20L3	5703.95
M5Mz20L4	5725.84
Promedio	5799.28

Anexo No. 25  
Energía de Viscosidad de Aceites de Oliva Adulterados con Girasol  
Valores dados en calorías

*Muestras Puras*

O1L1	7891.53
O1L2	7681.21
O1L3	7824.84
O1L4	7756.60

Promedio 7788.54

O2L1	7765.99
O2L2	7906.70
O2L3	7756.28
O2L4	7765.76

Promedio 7798.68

O3L1	7765.99
O3L2	7906.70
O3L3	7922.13
O3L4	7779.60

Promedio 7843.6

O4L1	8200.13
O4L2	7843.79
O4L3	8153.88
O4L4	8140.43

Promedio 8084.55

O5L1	7888.05
O5L2	7978.91
O5L3	8036.78
O5L4	8184.84

Promedio 8022.14

*Muestras adulteradas al 10%*

O1G10L1	6272.88
O1G10L2	6194.17
O1G10L3	6248.47
O1G10L4	6301.02

Promedio 6254.13

O2G10L1	6135.53
O2G10L2	6173.30
O2G10L3	6226.72
O2G10L4	6099.66

Promedio 6158.55

O3G10L1	6124.53
O3G10L2	6330.75
O3G10L3	6234.03
O3G10L4	6200.27

Promedio 6222.39

O4G10L1	6078.75
O4G10L2	6015.91
O4G10L3	6024.71
O4G10L4	6032.87

Promedio 6038.06

O5G10L1	6000.09
O5G10L2	6111.76
O5G10L3	6038.39
O5G10L4	5916.05

Promedio 6016.57

*Muestras adulteradas al 20%*

O1G20L1	7339.78
O1G20L2	7177.16
O1G20L3	7295.81
O1G20L4	7292.53

Promedio 7276.32

O2G20L1	7061.64
O2G20L2	7209.14
O2G20L3	7158.58
O2G20L4	7308.86

Promedio 7184.55

O3G20L1	7220.76
O3G20L2	7259.09
O3G20L3	7244.53
O3G20L4	7247.01

Promedio 7242.85

O4G20L1	7135.02
O4G20L2	7235.51
O4G20L3	7151.96
O4G20L4	7214.22

Promedio 7184.18

O5G20L1	7285.16
O5G20L2	7179.21
O5G20L3	7218.67
O5G20L4	7210.17

Promedio 7223.30

## Anexo No. 26

## Energías de Viscosidad de Aceites de Oliva Adulterados con Mezcla

*Muestras Puras*

O1L1	7891.53
O1L2	7681.21
O1L3	7824.84
O1L4	7756.60
Promedio	7788.54

*Muestras adulteras al 10%*

O1Mz10L1	6230.12
O1Mz10L2	6236.12
O1Mz10L3	6241.74
O1Mz10L4	6246.21
Promedio	6238.55

*Muestras adulteradas al 20%*

O1Mz20L1	5974.38
O1Mz20L2	6042.07
O1Mz20L3	6114.02
O1Mz20L4	6100.73
Promedio	6082.8

O2L1	7765.99
O2L2	7906.70
O2L3	7756.28
O2L4	7765.76
Promedio	7798.68

O2Mz10L1	6381.91
O2Mz10L2	6315.12
O2Mz10L3	6317.43
O2Mz10L4	6319.37
Promedio	6333.46

O2Mz20L1	6048.58
O2Mz20L2	6058.81
O2Mz20L3	6068.20
O2Mz20L4	6076.82
Promedio	6063.10

O3L1	7765.99
O3L2	7906.70
O3L3	7922.13
O3L4	7779.60
Promedio	7843.60

O3Mz10L1	6321.00
O3Mz10L2	6178.51
O3Mz10L3	6339.05
O3Mz10L4	6341.24
Promedio	6294.95

O3Mz20L1	6127.88
O3Mz20L2	6055.01
O3Mz20L3	5983.86
O3Mz20L4	6150.04
Promedio	6079.20

O4L1	8200.13
O4L2	7843.79
O4L3	8153.88
O4L4	8140.43
Promedio	8084.55

O4Mz10L1	6354.05
O4Mz10L2	6081.91
O4Mz10L3	6217.41
O4Mz10L4	6186.22
Promedio	6209.9

O4Mz20L1	6036.39
O4Mz20L2	5958.79
O4Mz20L3	5945.05
O4Mz20L4	5956.83
Promedio	5974.16

O5L1	7888.05
O5L2	7978.91
O5L3	8036.78
O5L4	8184.84
Promedio	8022.14

O5Mz10L1	6237.82
O5Mz10L2	6297.47
O5Mz10L3	6243.67
O5Mz10L4	6220.73
Promedio	6249.92

O5Mz10L1	6023.89
O5Mz10L2	5961.93
O5Mz10L3	5968.15
O5Mz10L4	5981.00
Promedio	5983.49

## Anexo No.27

## Análisis Estadístico entre muestras de aceite de Maíz al mismo porcentaje de adulteración

## Muestras de Aceite de Maíz Puras

	<i>Energía de Viscosidad</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Tpareada</i>
M1	5656.98		
M2	6330.27	3901.41	-0.17
M3	5632.37	450.28	-0.56
M4	5545.31	637.84	0.72
M5	6492.25	74.40	19.27

## Muestras de Aceite de Maíz adulteradas al 10% con aceite de Girasol

M1G10	6004.25		
M2G10	6839.17	1308.89	0.19
M3G10	6149.87	390.35	0.28
M4G10	6052.16	559.05	0.87
M5G10	6657.28	482.71	2.70

## Muestras de aceite de Maíz adulteradas al 20% con aceite de Girasol

M1G20	6633.89		
M2G20	5243.92	758.55	3.66
M3G20	6471.21	533.88	1.47
M4G20	6521.01	786.66	0.58
M5G20	6680.91	1870.11	0.05

## Muestras de aceite de Maíz adulteradas al 10% con Mezcla comercial de Aceites

M1Mz10	6341.15		
M2Mz10	6102.70	2.48	2.48
M3Mz10	6328.20	0.16	0.16
M4Mz10	6312.44	0.29	0.29
M5Mz10	5901.69	14.60	14.60

## Muestras de Aceite de Maíz adulteradas al 20% con Mezcla comercial de aceites

M1Mz20	5147.75		
M2Mz20	4648.96	385.17	2.57
M3Mz20	5449.59	128.71	2.57
M4Mz20	4995.14	132.55	2.3
M5Mz20	5714.89	248.21	5.24

Nota:

Para considerar equivalentes dos grupos de datos, el valor absoluto de  $T_p$  debe ser igual o menor a 3.16, para grupos de cuatro datos, con tres grados de libertad.

## Anexo No.28

Análisis Estadístico entre muestras de aceite de Oliva al mismo porcentaje de adulteración.

## Muestras de aceite de Oliva puras

	<i>Energía de Viscosidad</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Tpareada</i>
O1	7788.54		
O2	7798.68	75.98	-0.13
O3	7843.60	146.63	-0.08
O4	8084.55	119.04	4.97
O5	8022.14	181.36	3.57

## Muestras de aceite de Oliva adulteradas al 10% con girasol

O1G10	6254.13		
O2G10	6229.12	88.79	0.56
O3G10	6222.39	68.07	0.93
O4G10	6038.06	19.51	10.93
O5G10	6016.57	126.22	3.76

## Muestra de aceite de Oliva adulteradas al 20% con aceite de Girasol

O1G20	7276.32		
O2G20	7184.55	145.83	1.25
O3G20	7242.85	83.86	0.79
O4G20	7184.18	112.83	1.63
O5G20	7223.30	38.63	2.74

## Muestra de Aceite de Oliva adulterado al 10% con Mezcla comercial de Aceites

O1Mz10	6238.55		
O2Mz10	6282.25	108.65	-0.20
O3Mz10	6294.95	76.05	-1.48
O4Mz10	6209.90	115.54	0.50
O5Mz10	6249.92	36.32	-0.63

## Muestra de Aceite de Oliva adulterado al 20% con Mezcla comercial de Aceites

O1Mz20	6082.08		
O2Mz20	6063.1	52.73	-0.2
O3Mz20	6079.2	117.29	-0.36
O4Mz20	5974.16	2103.48	1.61
O5Mz20	5983.49	86.7	1.7

Nota:

Para considerar equivalentes dos grupos de datos, el valor absoluto de  $T_p$  debe ser igual o menor a 3.16, para grupos de cuatro datos, con tres grados de libertad.

## Anexo No. 29

## Análisis estadístico para aceites de Maíz con diferentes porcentajes de adulterantes

## M1 adulterada con Girasol

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
M1G0	M1G10	70.62	9.90
M1G10	M1G20	19.43	103.47
M1G0	M1G20	82.24	33.03

## M1 adulterada con Mezcla de aceites

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
M1Mz0	M1Mz10	230.04	4.94
M1Mz10	M1Mz20	229.89	10.16
M1Mz0	M1Mz20	234.08	5.36

## M2 adulterada con Girasol

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
M2G0	M2G10	1016.6	0.09
M2G10	M2G20	787.36	3.14
M2G0	M2G20	2336.77	0.93

## M2 adulterada con Mezcla de Aceites

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
M2Mz0	M2Mz10	2568.27	0.18
M2Mz10	M2Mz20	215.34	13.48
M2Mz0	M2Mz20	2590.9	1.29

## M3 adulterada con Girasol

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
M3G0	M3G10	112.32	9.21
M3G10	M3G20	134.96	4.76
M3G0	M3G20	136.35	12.30

## M3 adulterada con Mezcla de aceites

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
M3Mz0	M3Mz10	200.76	6.33
M3Mz10	M3Mz20	241.53	7.30
M3Mz0	M3Mz20	62.68	6.54

## M4 adulterada con Girasol

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
M4G0	M4G10	443.02	3.31
M4G10	M4G20	147.86	5.3
M4G0	M4G20	535.16	4.21

## M4 adulterada con Mezcla de aceite

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
M4Mz0	M4Mz10	442.72	3.46
M4Mz10	M4Mz20	142.5	18.48
M4Mz0	M4Mz20	365.48	5.33

## M5 adulterada con Girasol

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
M5G0	M5G10	282.99	1.72
M5G10	M5G20	260.55	5.31
M5G0	M5G20	138.95	9.54

## M5 adulterada con Mezcla de aceites

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
M5Mz0	M5Mz10	193.32	6.12
M5Mz10	M5Mz20	62.39	3.28
M5Mz0	M5Mz20	257.75	5.37

Ds: Desviación estándar

Tp: T pareada

Para considerar equivalentes dos grupos de datos, el valor absoluto de Tp debe ser igual o menor a 3.16, para grupos de cuatro datos, con tres grados de libertad.



## Anexo No.30

Análisis estadístico para aceites de Oliva con diferentes porcentajes de adulterantes

## O1 adulterada con Girasol

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
O1G0	O1G10	75.98	40.39
O1G10	O1G20	41.26	49.54
O1G0	O1G20	37.55	27.28

## O1 adulterada con Mezcla de aceites

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
O1Mz0	O1Mz10	93.24	33.25
O1Mz10	O1Mz20	45.66	7.91
O1Mz0	O1Mz20	127.98	27.05

## O2 adulterada con Girasol

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
O2G0	O2G10	148.63	21.12
O2G10	O2G20	53.65	35.61
O2G0	O2G20	115.56	10.62

## O2 adulterada con Mezcla de aceites

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
O2Mz0	O2Mz10	62.39	48.61
O2Mz10	O2Mz20	41.15	10.64
O2Mz0	O2Mz20	72.28	45.51

## O3 adulterada con Girasol

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
O3G0	O3G10	53.83	60.23
O3G10	O3G20	71.82	28.43
O3G0	O3G20	72.66	16.53

## O3 adulterada con Mezcla de aceites

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
O3Mz0	O3Mz10	137.02	22.60
O3Mz10	O3Mz20	89.24	4.83
O3Mz0	O3Mz20	15.9	22.78

## O4 adulterada con Girasol

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
O4G0	O4G10	146.02	28.03
O4G10	O4G20	70.87	32.34
O4G0	O4G20	203.21	8.85

## O4 adulterada con Mezcla de aceites

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
O4Mz0	O4Mz10	88.85	42.19
O4Mz10	O4Mz20	54.43	9.66
O4Mz0	O4Mz20	151.82	27.79

## O5 adulterada con Girasol

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
O5G0	O5G10	184.48	21.74
O5G10	O5G20	106.26	22.71
O5G0	O5G20	152.41	10.48

## O5 adulterada con Mezcla de aceites

Muestra1	Muestra2	Ds	Tp
O5Mz0	O5Mz10	141.87	24.98
O5Mz10	O5Mz20	52.68	10.10
O5Mz0	O5Mz20	140.36	29.04

Ds: Desviación estándar

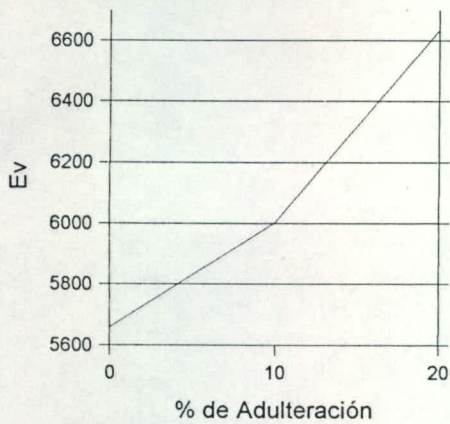
Tp: T pareada

Para considerar equivalentes dos grupos de datos, el valor absoluto de Tp debe ser igual o menor a 3.16, para grupos de cuatro datos, con tres grados de libertad.

Gráficas de Energía de viscosidad contra Porcentaje de Adulteración

Muestra de Aceite de Maíz M1 adulterada con Girasol

Muestra M1 adulterada con Girasol

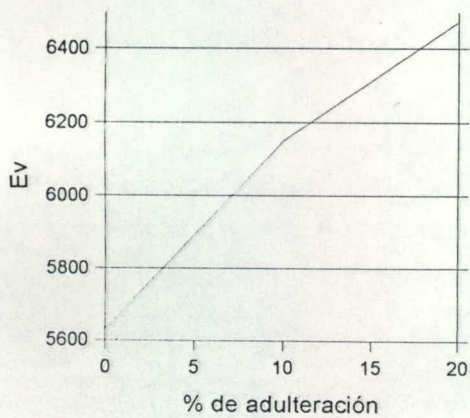


% Adulteración	Ev
0	5656.98
10	6004.25
20	6633.89

R = 0.9863

Muestra de Aceite de Maíz M3 adulterada con Girasol

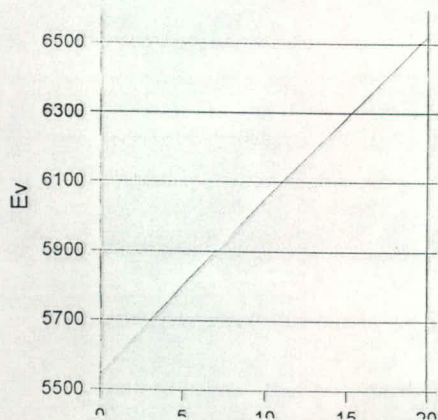
Muestra M3 adulterada con Girasol



% Adulteración	Ev
0	5632.37
10	6149.87
20	6471.21

R = 0.9863

Muestra M4 adulterada con Girasol



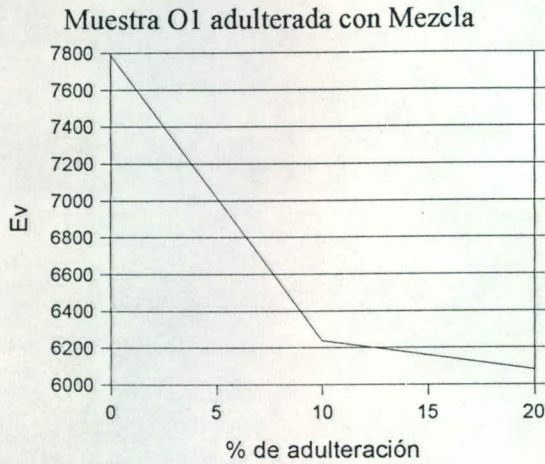
% Adulteración	Ev
0	5545.31
10	6052.16
20	6521.01

R = 0.9996

**Anexo No. 32**

**Gráficas de Energía de Viscosidad de Aceites de Oliva adulterados con Mezcla**

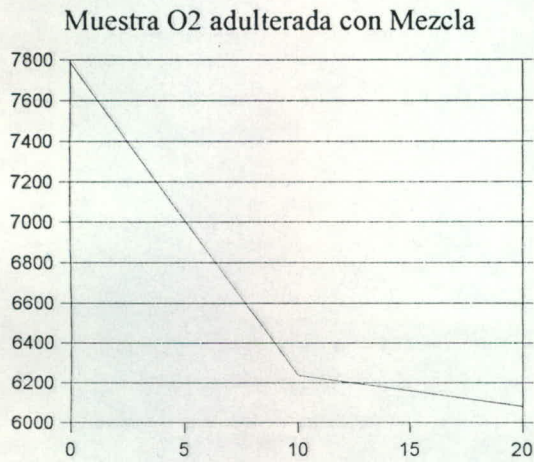
**Muestra de aceite de Oliva O1 adulterada con Mezcla**



% Adulteración	Ev
0	7788.54
10	6238.55
20	6082.8

R = -0.9032

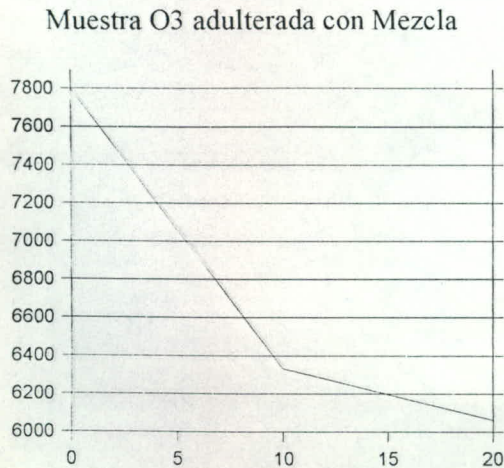
**Muestra de Aceite de Oliva O2 adulterada con Mezcla**



% Adulteración	Ev
0	7798.68
10	6333.46
20	6060.1

R = -0.9293

**Muestra de aceite de Oliva O3 adulterada con Mezcla**



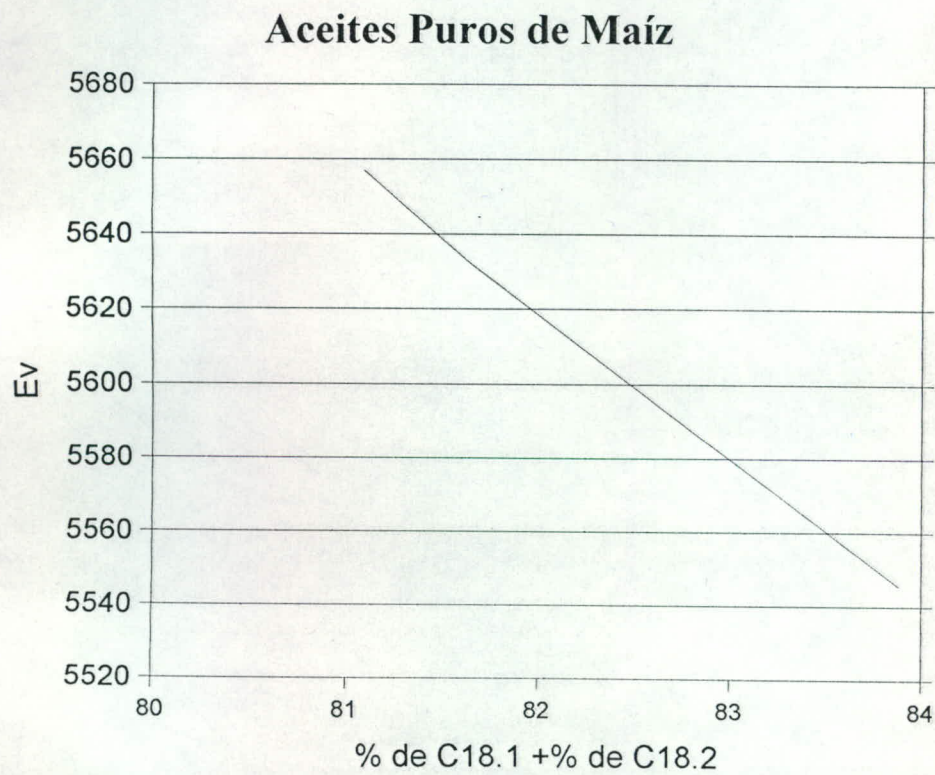
% Adulteración	Ev
0	7843.6
10	6294.95
20	6079.2

R = -0.9160

## Anexo No.33

Gráfica de Energía de Viscosidad contra sumatoria de % de ácidos graso insaturados para aceites puros de Maíz

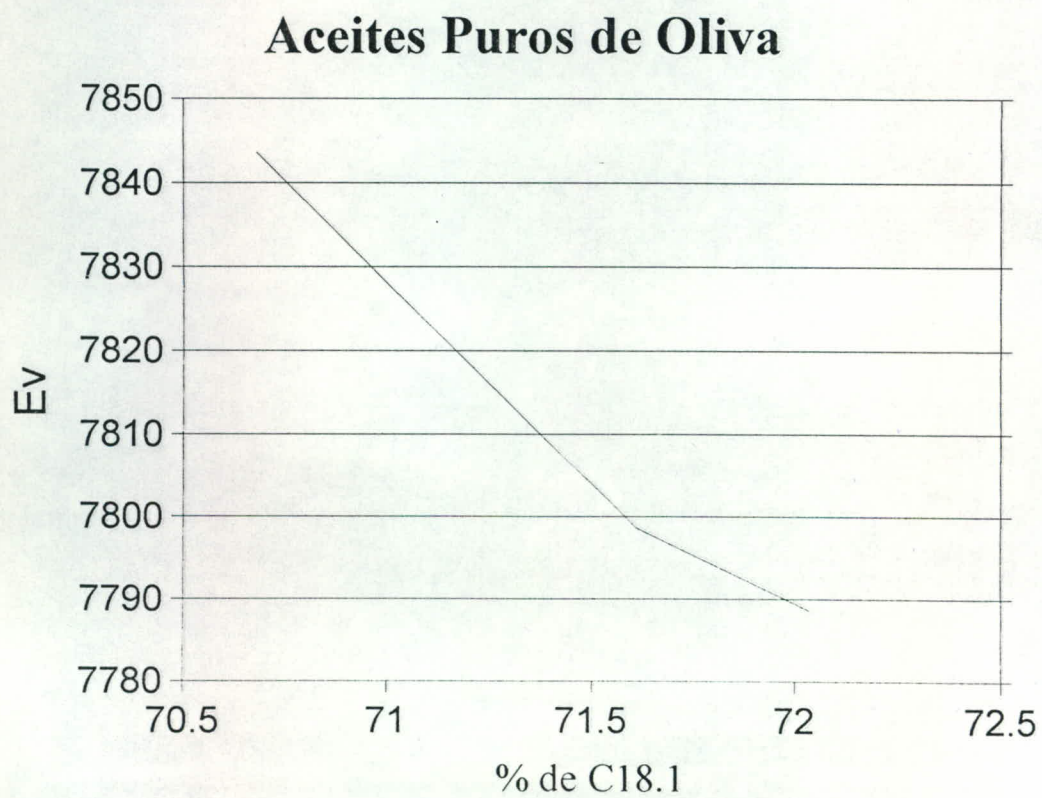
Ev	% C18.1 + % C18.2
5656.98	81.09
5632.37	81.64
5545.31	83.89



Anexo No. 34

Gráfica de Energía de Viscosidad contra % de C18.1 para aceites de Oliva puros

Ev	% C18.1
7788.54	72.04
7798.68	71.61
7843.6	70.68

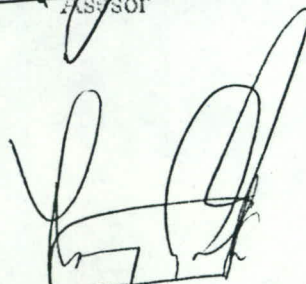





Erika Iliana Rodas Grijalva  
Tesisista



MSc. Adolfo León Gross  
Asesor



Lic. Rony Estuardo Ayala Jiménez  
Director



Licda. Hada Margarita Alvarado Beteta  
Decana