



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**Identificación de ácidos grasos en grasas alimenticias ex-  
pendidas en los supermercados de la ciudad de Cuenca, me-  
diante espectrometría infrarroja**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**

**INGENIERA EN ALIMENTOS**

**Autora**

**MARÍA GABRIELA GÁLVEZ UZHO**

**Director**

**PIERCÓSIMO TRIPALDI CAPPELLETTI**

**CUENCA – ECUADOR**

**2017**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo primeramente a Dios, por ser mí guía en cada etapa de mi vida desde mis primeros pasos, mismos que me han permitido llegar a este punto de formación profesional. A mi madre, por ser mi luz y fuerza para asumir mi día a día, por haber estado siempre pendiente y demostrarme su apoyo incondicional. A mi padre, por ser mi pilar y consejero, por enseñarme que con voluntad y decisión todo es posible. A mi hermanito David, porque el amor de hermanos hace que seas mi inspiración. A mi querido esposo, por ser el amor de mi vida y todas aquellas personas que estuvieron presentes en cada una de las etapas de mi vida regalándome una sonrisa o aquella palabra de aliento durante todo el tiempo que he estado lejos de casa.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar a la Universidad del Azuay, cuna que me permitió forjar cada uno de los conocimientos, agradezco infinitamente a Dios, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida y así poder culminar una etapa más.

A mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada, por recibir de ella siempre consejos oportunos, y celebrado junto a mi cada uno de mis logros.

A mi padre, porque siempre ha estado presente en cada paso que doy en mi vida, porque me siento orgullosa de ser su hija.

A mi esposo, por su apoyo incondicional, por ser mi consejero fiel desde siempre.

A mi director de tesis Dr. Tripaldi, director de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma así como también para Andrés Pérez por aportar con su conocimiento y tiempo.

Gracias a cada uno de mis profesores que me brindaron cada uno de sus conocimientos sabios, que hoy permiten que me desenvuelva con ética en el campo profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	IX
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCION .....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEORICO.....	3
1.1 Ácidos grasos .....	3
1.1.1 Características de los ácidos grasos.....	3
1.1.2 Clasificación de los ácidos grasos .....	4
1.2 Grasas.....	9
1.2.1 Definición .....	9
1.2.2 Conformación de las grasas.....	9
1.2.3 Clasificación de las grasas.....	10
1.2.4 Funciones de las grasas alimenticias .....	12
1.3 Aceites.....	13
1.3.1 Aceites vegetales representativos .....	13
1.4 Mantecas .....	18
1.5 Margarinas.....	19
1.6 Espectrofotometría infrarroja .....	20
1.6.1 Definición.....	20
1.7 Tipos de regiones del IR .....	21
1.7.1 Espectrofotómetros del IR.....	22
1.8 Infrarrojo medio, FTIR.....	22
1.8.1 Fundamentos del FTIR-MIR (espectroscopia del infrarrojo medio).....	22
1.8.2 Aplicaciones .....	23
1.9 Transformada de Fourier.....	24
1.9.1 Mecanismo de acción .....	24

1.10	Interferómetro de Michelson.....	25
1.11	Ventajas del método.....	25
1.12	Otros métodos de análisis para la identificación de las grasas.....	26
CAPITULO II: METODOLOGÍA.....		27
2.1	Proceso de extracción.....	27
2.1.1	Extracción de grasas.....	27
2.2	Preparación de patrones.....	30
2.3	Condiciones de trabajo del IR.....	31
2.4	Condiciones de trabajo del sistema de software OMNIC.....	32
2.5	Generación de la base de datos.....	32
2.6	Muestreo.....	34
2.6.1	Identificación de las muestras comerciales.....	34
2.6.2	Preparación de las muestra comerciales.....	36
2.7	Análisis de las muestras.....	37
2.8	Tratamientos estadísticos.....	38
2.9	Regresión PLS Regresión por Mínimos Cuadrados Parciales.....	38
2.9.1	Regresión multivariante.....	39
CAPITULO III.....		40
RESULTADOS.....		40
3.1	Visualización del espectro y sus rangos de lectura.....	40
3.2	Porcentajes de ácidos grasos calculados en relación de las 66 combinaciones 41	
3.3	Modelo PLS de interacción de variables seleccionadas.....	42
3.4	Tablas de resultados de porcentajes de ácidos grasos presentes en las 20 muestras de grasas comerciales analizadas.....	44
CONCLUSIONES.....		54
BIBLIOGRAFÍA.....		56
ANEXOS.....		60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1: Ácidos grasos saturados e insaturado .....	3
Figura 1. 2: Forma estructural de los ácidos grasos .....	8
Figura 1. 3: Contribución de los lípidos en tres atributos de los alimentos .....	10
Figura 1. 4: Región IR del espectro electromagnético .....	21
Figura 1. 5: Interferómetro de Michelson .....	25
Figura 2. 1: Molienda de granos de linaza .....	28
Figura 2. 2: Extracción de las muestras en Equipo Soxhlet.....	29
Figura 2. 3: Muestra de aceite de linaza obtenida por método Soxhlet .....	29
Figura 2. 4: Obtención de muestras de margarina sin sal .....	30
Figura 2. 5: Grupo de muestras comerciales destinadas a estudio.....	35
Figura 3. 1: Imagen del espectro como resultado de la lectura en el equipo .....	40
Figura 3. 2: Imagen de espectro suavizado mediante aplicación del sistema de software OMNIC.....	40
Figura 3. 3: Curva de relación entre las variables seleccionadas vs. Frecuencias de selección para el Ácido Oleico.....	42
Figura 3. 4: Nivel de interacción de las variables de Ácido Oleico experimental vs. Ácido Oleico calculado modelo PLS .....	43
Figura 3. 5: Clasificación de las grasas alimenticias, tomando como base su composición estructural de ácidos grasos presentes. ....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1: Ácidos grasos saturados .....	4
Tabla 1. 2: Ácidos grasos insaturados .....	5
Tabla 1. 3: PUFA n-6 importantes a nivel nutricional .....	6
Tabla 1. 4: PUFA n-3 importantes a nivel nutricional .....	7
Tabla 1. 5: Ácidos grasos saturados e insaturados .....	8
Tabla 1. 6: Contenido de grasas, ácidos grasos y colesterol en manteca animal .....	11
Tabla 1. 7: Contenido de grasas, ácidos grasos en aceites comestibles .....	12
Tabla 1. 8: Perfil de ácidos grasos del aceite de oliva (g/100 g) .....	14
Tabla 1. 9: Perfil de ácidos grasos del aceite de maíz (g/100 g) .....	14
Tabla 1. 10: Composición de ácidos grasos del aceite de aguacate (g/100 g) .....	15
Tabla 1. 11: Composición de ácidos grasos del aceite de ajonjolí (g/100 g) .....	16
Tabla 1. 12: Perfil de ácidos grasos del aceite de soja (g/100 g) .....	16
Tabla 1. 13: Perfil de ácidos grasos del aceite de girasol (g/100 g) .....	17
Tabla 1. 14: Perfil de ácidos grasos del aceite de canola (g/100g) .....	18
Tabla 1. 15: Perfil de ácidos grasos presentes en el aceite de palma .....	18
Tabla 1. 16: Perfil de ácidos grasos de la manteca de cerdo (g/100 g) .....	19
Tabla 1. 17: Perfil de ácidos grasos de la margarina (g/100 g) .....	20
Tabla 2. 1: Ejemplo de combinaciones realizadas entre dos patrones de grasas extraídas (aceite de linaza y manteca de cerdo) .....	31
Tabla 2. 2: Cálculo porcentual de ácido oleico por diferencia de pesos (calculo experimental) .....	33
Tabla 2. 3: Cálculo porcentual de ácido oleico por diferencia de pesos .....	33
Tabla 2. 4: Cálculo porcentual corregido de ácido oleico por diferencia de pesos ....	34
Tabla 2. 5: Cálculo porcentual de ácido oleico por diferencia de pesos .....	34
Tabla 2. 6: Primer grupo de grasas alimenticias-aceites comestibles. ....	35
Tabla 2. 7: Segundo grupo de grasas alimenticias-mantecas .....	36
Tabla 2. 8: Tercer grupo de grasas alimenticias-margarinas .....	36
Tabla 2. 9: Tipos de muestras comerciales estudiadas, y número de muestras tomadas .....	37

Tabla 3. 1: Porcentajes calculados de los principales ácidos grasos corregidos en las 66 combinaciones de los patrones realizados.....	41
Tabla 3. 2: Modelos calculados en lo ochos grasos analizados .....	43
Tabla 3. 3: Porcentaje de ácido oleico en muestras comerciales .....	44
Tabla 3. 4: Porcentaje de ácido linoléico en muestras comerciales .....	45
Tabla 3. 5: Porcentaje de ácido linolénico en muestras comerciales .....	46
Tabla 3. 6: Porcentaje de ácido palmítico en muestras comerciales .....	47
Tabla 3. 7: Porcentaje de ácido palmitoleico en muestras comerciales .....	48
Tabla 3. 8: Porcentaje de ácido laúrico en muestras comerciales .....	49
Tabla 3. 9: Porcentaje de ácido mirístico en muestras comerciales.....	50
Tabla 3. 10: Porcentaje de ácido esteárico en muestras comerciales.....	51
Tabla 3. 11: Recopilación de porcentajes de ácidos grasos presentes en muestras de grasas alimenticias analizadas.....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Equipo Espectrofotómetro Infrarrojo .....	60
Anexo 2. Placa Multibounce ATR Comb .....	60
Anexo 3. Lectura de calibración .....	61
Anexo 4. Lectura del espectro en análisis .....	61
Anexo 5. Tipos de muestras de aceites comerciales .....	62
Anexo 6. Tipos de muestras de aceites comerciales .....	62
Anexo 7. Tipos de muestras de margarinas comerciales .....	63
Anexo 8. Tipos de muestras de mantecas vegetales comerciales .....	63
Anexo 9. Toma de muestras de margarinas comerciales .....	64
Anexo 10. Muestras de margarinas sometidas a tratamiento térmico (eliminación de agua).....	64
Anexo 11. Composición de ácidos grasos de varias grasas y aceites comestibles ....	65
Anexo 12. Ácido Linoléico .....	66
Anexo 13. Ácido Linoléico .....	66
Anexo 14. Ácido Linoléico .....	67
Anexo 15. Ácido Linoléico .....	67
Anexo 16. Acido Esteárico .....	68
Anexo 17. Acido Esteárico .....	68
Anexo 18. Ácido Láurico .....	69
Anexo 19. Ácido Láurico .....	69
Anexo 20. Ácido Mirístico.....	70
Anexo 21. Ácido Mirístico.....	70
Anexo 22. Acido Palmítico .....	71
Anexo 23. Acido Palmítico .....	71
Anexo 24. Ácido palmitoleico .....	72
Anexo 25. Tabla de variables seleccionadas, correspondientes a los ácidos grasos analizados.....	73
Anexo 26. Tabla de número de componentes de cada ácido graso analizado. ....	74
Anexo 27. Resultados porcentuales de ácidos grasos del aceite de linaza.....	75
Anexo 28. Resultados porcentuales de ácidos grasos del aceite de oliva .....	76
Anexo 29. Resultados porcentuales de ácidos grasos de la margarina .....	77
Anexo 30. Resultados porcentuales de ácidos grasos del aceite de maíz .....	78

Anexo 31. Resultados porcentuales de ácidos grasos del aceite de oliva puro.....	79
Anexo 32. Norma mexicana NMX-F-211-1987 .....	80

**IDENTIFICACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN GRASAS ALIMENTICAS  
EXPENDIDAS EN LOS SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE CUENCA  
MEDIANTE ESPECTROMETRÍA INFRARROJA**

**RESUMEN**

El objetivo del trabajo fue la identificación de ocho ácidos grasos en 20 muestras de grasas alimenticias expendidas en los supermercados de la ciudad de Cuenca. Una vez identificadas las muestras se desarrolló el método utilizando FTIR (Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier) con la extracción de aceites de diferentes fuentes (maíz, linaza, manteca, mantequilla, oliva) con los cuales se identificaron los ácidos grasos en un laboratorio en Italia . Luego se formularon las mezclas y fueron medidas en el infrarrojo para desarrollar los modelos por PLS. El modelo obtenido se validó calculando su  $R^2$  y  $R^2_{cv}$ . Finalmente se realizó la caracterización y agrupamiento de las muestras por análisis clúster.

**Palabras Clave:** ácido graso, FTIR, PLS, grasas alimenticias, análisis clúster.



Piercósimo Tripaldi Cappelletti

**Director del Trabajo de Titulación**



Fausto Tobías Parra Parra

**Director de Escuela**



María Gabriela Gálvez Uzho

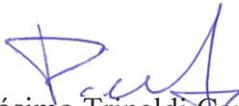
**Autora**

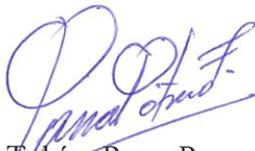
# INFRARED SPECTROMETRY IDENTIFICATION OF FATTY ACIDS IN DIETARY FATS SOLD AT THE SUPERMARKETS OF THE CITY OF CUENCA

## ABSTRACT

The aim of the study was the identification of eight fatty acids in 20 dietary fat samples sold in supermarkets in the city of Cuenca. Once the samples were identified, the method was developed using FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) with the extraction of oils from different sources (maize, flax, lard, butter, olive oil) identifying fatty acids in a laboratory in Italy. Then, mixtures were then formulated and measured in the infrared in order to develop the models by PLS. The model obtained was validated by calculating its  $R^2$  and  $R^2_{cv}$ . Finally, the characterization and grouping of the samples by Cluster analysis was performed.

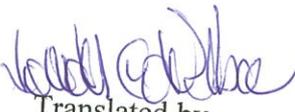
**Keywords:** Fatty Acid, FTIR, PLS, Dietary Fats, Cluster Analysis.

  
Piercósimo Tripaldi Cappelletti  
**Thesis Director**

  
Fausto Tobías Parra Parra  
**School Director**

  
María Gabriela Gálvez Uzho  
**Author**

  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas

  
Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Gálvez Uzho María Gabriela

Trabajo de Titulación

Dr. Piercósimo Tripaldi Cappelletti.

Febrero, 2017.

**IDENTIFICACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN GRASAS ALIMENTICAS  
EXPENDIDAS EN LOS SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE CUENCA  
MEDIANTE ESPECTROMETRÍA INFRARROJA**

**INTRODUCCIÓN**

Partiendo desde la existencia de que los métodos de identificación de ácidos grasos representan altos costos de ejecución y a su vez, requieren de personal con preparación específica, es necesario desarrollar métodos de mayor accesibilidad y que sean más económicos. Esto se asocia directamente con poder contribuir y suplir la inexistencia de registros que engloben a las grasas alimenticias. Por tal razón, el desarrollo de un método de identificación de ácidos grasos y la posterior generación de registros, brindará el soporte para el control de estos alimentos, y de esta forma garantizar la higiene e inocuidad de estos. Esto genera la necesidad de poder contar con un medio práctico que permita la verificación de datos en cuanto a su composición de las grasas alimenticias, y al momento de ser consumidas se pueda tener una idea clara, de cuáles de ellas serían las más recomendables o no y así se pueda contribuir a la reducción de índices de enfermedades que atacan directamente a la salud de los consumidores, entre estas se puede destacar el sobrepeso, obesidad, enfermedades coronarias entre otras (Zamora, 2007).

Tiempo atrás, los consumidores no regían su alimentación en una dieta balanceada y equilibrada por lo que el consumo de grasas alimenticias como: aceites vegetales, mantecas y margarinas eran consumidos en casa de preferencia, por lo que al momento de

ser elaboradas de manera casera no se la daba la importancia al valor nutricional que éstas deben aportar en cuanto se trate a ácidos grasos. Esto ha generado el interés de ir incursionando en la realización de estudios en los cuales se brinde un enfoque global a la identificación ya sea cualitativa o cuantitativa de todas las características que influyen en los alimentos, y gracias a estos estudios se pueda generar un aporte complementario de datos de información nutricional. Por lo tanto el análisis de identificación de ácidos grasos que se encuentran presentes en las grasas alimenticias utilizando la espectrofotometría infrarroja, servirá para establecer una nueva alternativa, basándose en la clasificación respectiva de los ácidos grasos con la finalidad de generar un registro validado, que brinde mayor seguridad en el aspecto de higiene e inocuidad alimentaria.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Identificar y cuantificar los ácidos grasos presentes en las grasas alimenticias expendidas en la ciudad de Cuenca, mediante la aplicación del método de Espectrometría Infrarroja a fin de generar un registro de porcentajes validados.

### **Objetivos Específicos:**

- Validar el método de espectrometría infrarroja.
- Utilizar la espectrometría infrarroja como método para la caracterización de grasas para consumo.
- Elaborar una clasificación de las grasas alimenticias tomando como base su composición estructural de ácidos grasos presentes.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Ácidos grasos

##### 1.1.1 Características de los ácidos grasos

Los ácidos grasos presentan cadenas lineales con un número de átomos de carbono. Se presentan con mayor frecuencia los ácidos grasos que tienen 18 átomos de carbono con un grupo metilo  $\text{CH}_3$  en la posición del carbono 1. (FAO, Composición de las grasas alimenticias, 1997). Los alimentos están constituidos por diferentes tipos de ácidos grasos, los que se clasifican en tres tipos:

- Ácidos grasos saturados
- Ácidos grasos monoinsaturados
- Ácidos grasos poliinsaturados. (Cabello, 2013)

Como se muestra en la figura 1.1 se puede observar la forma lineal que toman los ácidos grasos.

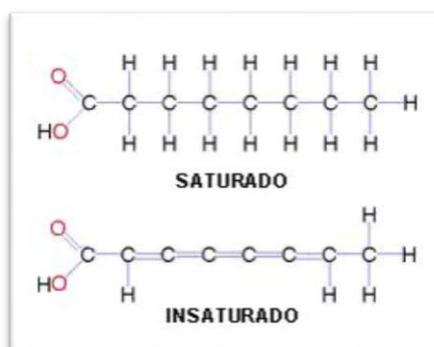


Figura 1. 1: Ácidos grasos saturados e insaturado

Fuente: (De la Mata, 2011)

## 1.1.2 Clasificación de los ácidos grasos

### 1.1.2.1 Ácidos grasos saturados

Son aquellos que contienen en su estructura enlaces simples dentro de su cadena de carbonos. Presentan la fórmula general  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{-COOH}$ . (Medina, 2014)

Este tipo de grasas se encuentran mayormente en:

- Mantequilla, manteca y margarina para cocinar.
- Aceite vegetales como el aceite de canola, soja, girasol, etc.
- Carnes con grasa.
- Productos lácteos. (Cabello, 2013)

“Los enlaces sencillos entre dos átomos de carbono pueden girar libremente, por consiguiente la molécula del ácido graso es extremadamente móvil y las cadenas carbonadas de los ácidos grasos pueden disponerse en líneas rectas y ocupar menos espacio”. (Medina, 2014)

Tabla 1. 1: Ácidos grasos saturados

Nombre Trivial	Nombre Científico	Fórmula	Punto de Fusión °C
<b>Butírico</b>	Butanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{-COOH}$	-5,9
<b>Caproico</b>	Hexanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{-COOH}$	-3,4
<b>Caprílico</b>	Octanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{-COOH}$	16,7
<b>Cáprico</b>	Decanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{-COOH}$	31,6
<b>Laúrico*</b>	Dodecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{-COOH}$	44,2
<b>Mirístico*</b>	Tetradecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{-COOH}$	54,4
<b>Palmítico*</b>	Hexadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{-COOH}$	63
<b>Esteárico*</b>	Octadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{-COOH}$	69,4
<b>Araquídico</b>	Eicosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{-COOH}$	76
<b>Behénico</b>	Docosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{-COOH}$	79,9
<b>Lignocérico</b>	Tetracosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{-COOH}$	84,2
<b>Cerótico</b>	Hexacosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{-COOH}$	87,7

\*Ácidos grasos saturados más comunes en los alimentos

Fuente: (Badui, 2006)

### 1.1.2.2 Ácidos grasos insaturados

“Son aquellos que contienen uno o más dobles enlaces entre los carbonos. Los ácidos grasos monoinsaturados contienen un solo doble enlace y como ejemplo se tiene al ácido oleico”. “Cuanto más dobles enlaces haya, más insaturados y reactivos son los ácidos grasos”. (Medina, 2014)

Tabla 1. 2: Ácidos grasos insaturados

Nombre Trivial	Nombre Científico	Fórmula	Punto de Fusión °C
<b>Palmitoleico</b>	Hexadeca-9-enoico	C15H29COOH	-0,5
<b>Oleico*</b>	Octadeca-9-enoico	C17H33COOH	13
<b>Linoléico*</b>	Octadeca-9:12-dienoico	C17H31COOH	-5
<b>Linolénico*</b>	Octadeca-9:12:15-trienoico	C17H29COOH	-11
<b>Araquidónico</b>	Eicosa-5:8:11:14-tetraenoico	C19H31COOH	-49,5
<b>Vaccénico</b>	trans-Octadeca-11-enoico	C17H33COOH	40
<b>Gadoleico</b>	Eicosa-11-enoico	C19H37COOH	23,5
<b>Erúxico</b>	Docosa-13-enoico	C21H39COOH	38

\*Ácidos grasos insaturados más comunes en los alimentos

Fuente: (Badui, 2006)

### 1.1.2.3 Ácidos grasos poliinsaturados

Los ácidos grasos poliinsaturados presentan más de un doble enlace entre sus átomos de carbono, mismos que se encuentran separados por un grupo metileno; la posición de estos dobles enlaces puede darse desde el carbono  $n^{-1}$  hasta la  $n^{-12}$ . Entre los ácidos grasos poliinsaturados de mayor grado de importancia se destacan el Omega 3 (linolénico), Omega 6 (linoléico). (FAO & FINUT, Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. Consulta de expertos, 2008)

El ácido linolénico, es considerado como ácido graso esencial primario o generador de la familia n-3; ya que cuenta con 18 átomos de carbono pero con tres dobles enlaces. En tanto el ácido linoléico es también considerado como un ácido graso esencial primario generador de la familia n-6, y de la misma forma se encuentra constituido por 18 átomos de carbono pero presenta dos dobles enlaces en su cadena. El LA (ácido

linoleico) partiendo del extremo de la cadena presenta un doble enlace en el sexto carbono, por tanto se puede abreviar como 18:2n-6. (FAO & FINUT, Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. Consulta de expertos, 2008)

Tanto el ácido linolénico como linoleico, se los puede encontrar en todas las grasas, pero mayoritariamente se encuentran presentes en los aceites vegetales. Para el caso del ácido linolénico se los puede encontrar en las semillas y frutos secos. (FAO & FINUT, Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. Consulta de expertos, 2008)

A continuación se exponen los PUFA (ácidos grasos poliinsaturados) importantes a nivel nutricional:

Tabla 1. 3: PUFA n-6 importantes a nivel nutricional

<b>PUFA n-6 importantes a nivel nutricional</b>			
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre sistemático</b>	<b>Abreviatura omega componente en cantidad mínima de tejidos animales</b>	<b>Fuentes principales</b>
ácido linoléico	ácido cis-9,cis12-octadecadienoico	18:2n-6 (LA)	la mayoría de aceites vegetales
ácido $\gamma$ -linolénico	ácido cis-6, cis-9, cis-12-octadecatrienoico	18:3n-6 (GLA)	aceites de semillas de onagra, borraja, y grosella negra
ácido dihomo- $\gamma$ -linolénico	ácido cis-8,cis-11,cis-14-eicosatrienoico	20:3n-6 (DHGLA)	componentes en cantidad mínima de tejidos animales
ácido araquidónico	ácido cis-5,cis-8,cis-11,cis-14-eicosatetraenoico	20:4n-6 (AA)	grasas animales, hígado, lípidos del huevo, pescado
ácido docosapentanoico	ácido cis-7,cis-10,cis-13,cis-16-docosatetraenoico	22:4n-6	componentes en cantidad mínima de tejidos animales
ácido docosapentanoico	ácido cis-4,cis-7,cis-10,cis-13,cis-16-docosapentanoico	25:5n-6 (DPA)	componentes en cantidad mínima de tejidos animales

Fuente: (FAO & FINUT, 2008)

Tabla 1. 4: PUFA n-3 importantes a nivel nutricional

<b>PUFA n-3 importantes a nivel nutricional</b>			
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre sistemático</b>	<b>Abreviatura omega component e en cantidad mínima de tejidos animales</b>	<b>Fuentes principales</b>
ácido $\alpha$ -linoléico	ácido cis-9,cis12,cis-15-octadecatrienoico	18:3n-3 (ALA)	aceites de lino, perilla, canola y soja
ácido estearidónico	ácido cis-6, cis-9, cis-12,cis-15-octadecatrienoico	18:4n-3	aceites de pescado, aceite de soja modificado genéticamente, aceite de semilla de grosella negra y aceite de cáñamo
	ácido cis-5,cis-8,cis-11,cis-14,cis-17-eicosatetraenoico	20:4n-3	componentes en cantidad mínima de tejidos animales
ácido eicosapentaenoico	ácido cis-5,cis-8,cis-11,cis-14,cis-17-eicosapentaenoico	20:5n-3 (n-3 EPA)	pescado, especialmente el azul (salmón, arenque, anchoa, eperlano y caballa)
ácido docosapentenoico	ácido cis-7,cis-10,cis-13,cis-16,cis-19-docosapentenoico	20:5n-3 (n-3 DPA)	pescado, especialmente el azul (salmón, arenque, anchoa, eperlano y caballa)
ácido docosahexaenoico	ácido cis-4,cis-7,cis-10,cis-13,cis-16,cis-19-docosahexaenoico	20:5n-3 (n-3 DHA)	pescado, especialmente el azul (salmón, arenque, anchoa, eperlano y caballa)

Fuente: (FAO & FINUT, 2008)

Estos ácidos poliinsaturados por lo general están en estado líquido a temperatura ambiente, y sus puntos de fusión son bajos. (Medina, 2014)

En la figura 1.2 se observa la forma que tienen los ácidos grasos esteárico, palmítico, oleico, linolénico y linoleico.

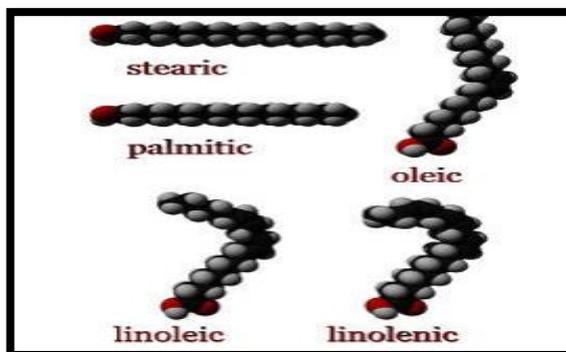


Figura 1. 2: Forma estructural de los ácidos grasos

Fuente: (De la Mata, 2011)

Tabla 1. 5: Ácidos grasos saturados e insaturados

	NOMBRE SISTEMÁTICO	NOMBRE COMÚN	NÚMERO DE CARBONOS:	PUNTO DE FUSIÓN	
				°f	°c
Ácidos grasos saturados	Hexanoico	Coproico	6:0	26	-3,4
	Octanoico	Caprílico	8:0	62	16,7
	Decanoico	Cáprico	10:	89	31,6
	Dodecanoico	Láurico	12:0	112	44,2
	Tetradecanoico	Mirístico	14:0	130	54,4
	Hexadecanoico	Palmítico	16:0	145	62,9
	Octadecanoico	Esteárico	18:0	157	69,6
	Eicosanoico	Araquídico	20:0	168	75,4
	Docosanoico	Behénico	22:0	176	80
Ácidos grasos insaturados (cis)	9 Octadecenoico	Oleico (omega - 9)	18:1	55,4	13
	9,12 Octadecadiénoico	Linoleico (omega - 6)	18:2	23	-5
	9,12,15 Octadecatrienoico	∞- Linolénico (omega - 3)	18:3	12,2	-11
	11 Eicosenoico	Eicosenoico (omega - 9)	20:1	75,4	24
	5,8,11,14 Eicosatetraenoico	Araquidónico (omega - 6 )	20:4	-58	-50
	8,11,14,17 Eicosapentaenoico	EPA (omega - 3)	20:5	-67,5	-55,3
	13 Docosenoico	Erúcico (omega - 9)	22:1	92,11	33,4
	10,13,16,19 Docosahexaenoico	DHA (omega - 3)	22:6	-47,2	-44
Ácidos grasos insaturados	9 Octadecenoico	Eláídico (trans)	18:1	114,8	46
	9,12 Octadecadiénoico	Linolelaídico (trans)	18:2	82,4	28

Fuente: (Medina, 2014)

## **1.2 Grasas**

### **1.2.1 Definición**

Las grasas son biomoléculas orgánicas de distribución universal o también llamados triacilglicéridos, que están formadas por el alcohol glicerol esterificado con tres ácidos grasos. (Sanchez & Álvarez, 2008)

“El término grasa procede del latín crassus, que significa denso, gordo”. (Astiasarán & Martínez, 2005). Las grasas constituyen uno de los componentes más importantes del reino animal y vegetal. (Nasiff-Hadad & Meriño-Ibarra, 2003)

### **1.2.2 Conformación de las grasas**

Las grasas comestibles son consideradas alimentos constituidos por los lípidos principalmente, en las que una parte constitutiva está formada por agua, la misma que puede ser extraída o retirada de manera didáctica con el empleo de varios métodos que existen en la actualidad. Badui (2006), señala que las grasas desempeñan varias funciones en el organismo, una de ellas es actuar como aislantes naturales en el hombre así como también en animales. Pero su función principal es ser la reserva más grande de energía en el organismo y la única que permite la sobrevivencia durante el ayuno prolongado. (Sanchez & Álvarez, 2008)

Para el caso de las grasas (mantecas), estas son sometidas a un proceso térmico para que se puedan romper o separar todo su contenido graso; pero para el caso de los aceites, son obtenidos de semillas oleaginosas como son; maíz, soja, canola entre otras mediante un proceso de prensado o con disolventes. (Badui, 2006)

Al referirse al origen de las grasas como es el caso de los aceites se puede establecer que las mismas provienen en su mayoría de fuentes vegetales; pero para ser más precisos en el caso de la soya, (oleaginosa) es la que en su mayor parte permite obtener mayor cantidad de aceite, precedida por el de palma y de canola. De manera paralela

se puede indicar que en menores cantidades se obtienen del aguacate, cacao, algodón, ajonjolí, girasol y maíz. (Badui, 2006)

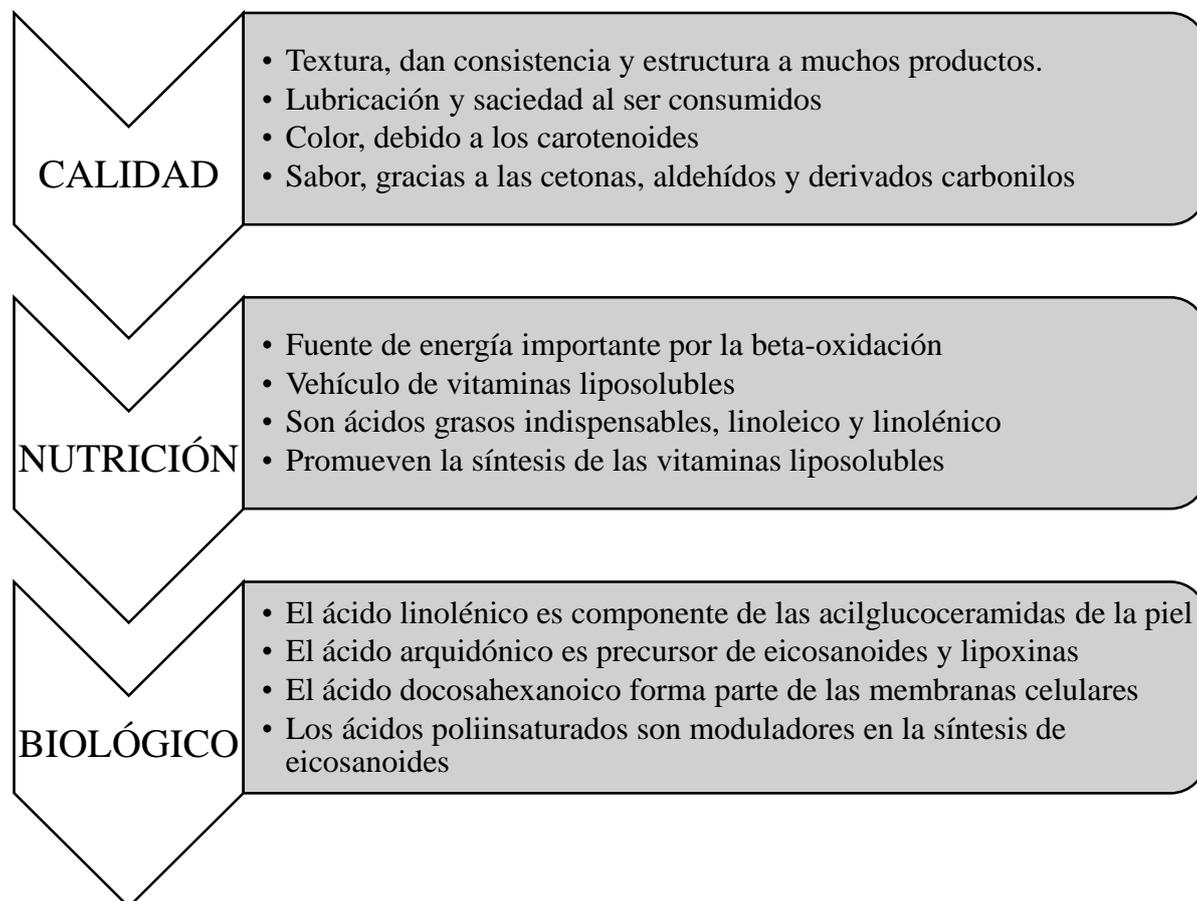


Figura 1. 3: Contribución de los lípidos en tres atributos de los alimentos

Fuente: (Badui, 2006)

### 1.2.3 Clasificación de las grasas

Para hacer más sencillo la aclaración de la clasificación de las grasas y los aceites, a estas se pueden considerar en función de su origen y de su contenido de ácidos grasos; por lo tanto se los puede dividir en:

### 1.2.3.1 Grasa animal

Al hablar de grasa animal, se hace referencia a las grasas vitales para la alimentación diaria de todo ser vivo, de las cuales siempre se debe tener en consideración las cantidades de ingesta dado que su procedencia animal, permite que aporten gran cantidad de colesterol al organismo. (Astiasarán & Martínez, 2005)

Tabla 1. 6: Contenido de grasas, ácidos grasos y colesterol en manteca animal

	Manteca con y sin sal
Grasas (g/100g)	83±2
<b>Saturadas</b>	55±2
<b>Monoinsaturadas</b>	21±1
<b>Poli-insaturadas</b>	1,7±0,2
Ácidos Grasos (g/100g)	
<b>Palmítico</b>	29±1
<b>Mirístico</b>	9±1
<b>Oleico</b>	20±1
<b>Linoleico</b>	0,9±0,2
<b>Elaídico</b>	2,0±0,1
<b>Translinoleico</b>	0,2±0,0
<b>Omega 3</b>	0,8±0,0
<b>Colesterol (mg/100g)</b>	222±2

Fuente: (Scherr & Ribeiro, 2009)

### 1.2.3.2 Grasa vegetal

La grasa vegetal proviene de las semillas de plantas oleaginosas así también de la capa externa de frutos. A estas grasas se las considera saludables porque están compuestas por ácidos grasos insaturados (Nasiff-Hadad & Meriño-Ibarra, 2003).

Tabla 1. 7: Contenido de grasas, ácidos grasos en aceites comestibles

	Canola	Soya	Girasol	Maíz
<b>Grasas</b>				
<b>Saturadas (%)</b>	8,4 ± 0,4	17,5 ± 0,5*	10,3 ± 0,3*¶	16,1 ± 1,1* §
<b>Monoinsaturadas (%)</b>	63,6 ± 3,8	24,0 ± 1,8*	28,2 ± 2,0*¶	35,6 ± 1,0*¶§
<b>Poli-insaturadas (%)</b>	28,0 ± 3,5	58,5 ± 1,6*	61,6 ± 1,9*	48,3 ± 0,2*§
<b>Ácidos Grasos</b>				
<b>Palmítico (%)</b>	5,0 ± 0,3	14,1 ± 0,4*	6,5 ± 0,4*¶	13,5 ± 0,5*§
<b>Oleico (g/100g)</b>	62,2 ± 3,9	23,4 ± 1,7	28,0 ± 2,0	35,3 ± 1,0*§
<b>Linoléico (g/100g)</b>	21,4 ± 3,1	53,3 ± 1,1*	61,5 ± 1,9*¶	47,6 ± 1,3*¶§
<b>Omega 3 (%)</b>	6,2 ± 0,8	4,9 ± 0,9	-	0,7 ± 0,2*¶§

Tabla de datos presentados con media ± desvío-estándar,\* = P < 0,05 en relación al aceite de canola; ¶ = P < 0,05 en relación al aceite de soya; § = P < 0,05 en relación al aceite de girasol

Fuente: (Scherr & Ribeiro, 2009)

#### 1.2.4 Funciones de las grasas alimenticias

Las grasas son el elemento vital para el aporte de energía y calorías para el correcto funcionamiento del organismo, por lo que desde el punto de vista nutricional es muy importante tener conocimiento de las cantidades necesarias recomendables así como también saber cómo repercuten cuando son consumidas en exceso. Las calorías que aportan las grasas alimenticias y que el organismo no logra asimilar correctamente traen consigo problemas cardiovasculares, hipertensión entre otras. El consumo excesivo de grasas ha ocasionado en la actualidad severos problemas a la salud por lo que “la Organización Mundial de la Salud, señala que la enfermedad cardiovascular (ECV) es uno de los mayores problemas de salud pública en el mundo, la primera causa de mortalidad al ocasionar 17 millones de muertes al año”. (Díaz, Muñoz, & Sierra, 2007)

### **1.3 Aceites**

El término aceite se lo aplica a toda grasa de tipo líquido de cualquier procedencia, misma que debe presentar la característica principal de no disolverse en agua. La obtención de los aceites puede tener varias procedencias, es decir de plantas oleaginosas y sus derivados así como también de frutos. (Medina, 2014)

La composición de los aceites está directamente relacionada con la calidad debido a que esta característica facilita determinar cuan puro es un aceite extraído, pero a su vez, se puede ver qué ácidos grasos se encuentran presentes en su estructura molecular. (Lerma, 2011)

Paulina de la Mata (2011), señala que los aceites están compuestos en su mayoría por triglicéridos y otros componentes como mono y diglicéridos, ácidos grasos libres, fosfolípidos, esteroides, vitaminas solubles en grasas, entre otros más.

#### **1.3.1 Aceites vegetales representativos**

##### **1.3.1.1 Aceite de oliva**

Es el zumo oleoso de la aceituna que al proceder de frutos secos de buena calidad, permite que posea excelentes aspecto, aroma y sabor delicado. (Lerma, 2011)

El aceite de oliva es obtenido de la pulpa de la aceituna por métodos a presión, lo que permite que se diferencie del resto de aceites, ya que de esta manera conserva toda su estructura composicional. (De la Mata, 2011)

El aceite de oliva contiene una proporción alta de un ácido graso monoinsaturado (65-80% de ácido oleico). Gracias a esta composición, se considera a este aceite como una de las mejores grasas alimenticias para la digestión". (De la Mata, 2011)

Tabla 1. 8: Perfil de ácidos grasos del aceite de oliva (g/100 g)

AGS*		AGM**		AGP***	
C14:0 Mirístico	----	C16:1 Palmitoleico	0,9	C18:2 Linoléico	10,5
C16:0 Palmítico	11,5	C18:1 Oleico	68,8	C18:3 Linolénico	10,7
C18:0 Esteárico	2,2			C20:4 Araquidónico	----
TOTAL.....	13,7	TOTAL.....	69,7	TOTAL.....	21,2

\* Ácido Graso Saturado; \*\* Ácido Graso Monoinsaturado; \*\*\* Ácido Graso Poliinsaturado.

Fuente: (Astiasarán & Martínez, 2005)

### 1.3.1.2 Aceite de maíz

La obtención del aceite de maíz es a partir del germen del grano, mismo que es sometido a separación del almidón. El aceite de maíz es de calidad cuando se realiza el proceso de eliminación de las ceras que pudiesen estar presentes al momento de su obtención. (Astiasarán & Martínez, 2005)

Es importante que la eliminación de las ceras o etapa de cristalización de los ésteres de ceras se realice a baja temperatura para luego ser llevados a la etapa de filtración o de centrifugación. (FAO/OMS, 1997)

Tabla 1. 9: Perfil de ácidos grasos del aceite de maíz (g/100 g)

AGS*		AGM**		AGP***	
C14:0 Mirístico	0,6	C16:1 Palmitoleico	0,3	C18:2 Linoléico	47,7
C16:0 Palmítico	13,4	C18:1 Oleico	28,6	C18:3 Linolénico	1,5
C18:0 Esteárico	2,2			C20:4 Araquidónico	----
TOTAL.....	16,5	TOTAL.....	28,9	TOTAL.....	49,2

\* Ácido Graso Saturado; \*\* Ácido Graso Monoinsaturado; \*\*\* Ácido Graso Poliinsaturado.

Fuente: (Astiasarán & Martínez, 2005)

### 1.3.1.3 Aceite de aguacate

Partiendo de que el aguacate es una fruta rica en ácidos grasos de tipo monoinsaturados, y no contiene colesterol no lo hace exento de que también pueda contener una pequeña porción de ácidos grasos saturados, por tanto el aceite de aguacate es uno de los aceite con mejores características en cuanto refiere a su composición. (Salgado, Gómez, & Salazar, 2012)

Tabla 1. 10: Composición de ácidos grasos del aceite de aguacate (g/100 g)

Ácidos Grasos	*Fuerte	**Hass
<b>% del Aceite</b>		
<b>Saturados</b>		
Palmítico	12,3	10,1
Esteárico	0	0,1
<b>No Saturados</b>		
Palmitoleico	3,5	4
Oleico	75,1	78,4
Linoleico	8,6	7,2
Linolénico	0,4	0,4
Araquidónico	0,1	0
Relación No Saturados/Saturados	7,4	14,3

\*tipo de variedad de aguacate y \*\* tipo de variedad de aguacate

Fuente: (Bressani, 2009)

### 1.3.1.4 Aceite de ajonjolí o sésamo

Este tipo de aceite es de color muy claro y conserva excelentemente sus características en ambientes diversos. Dentro de su composición se encuentran altas cantidades de antioxidantes como son los tocoferoles y los compuestos fenólicos, este último compuesto se forma por el proceso de hidrólisis de la sesamolina, (componente menor del aceite de sésamo). (Astiasarán & Martínez, 2005)

Tabla 1. 11: Composición de ácidos grasos del aceite de ajonjolí (g/100 g)

AGS*		AGM**		AGP***	
C14:0 Mirístico	----	C16:1 Palmitoleico	----	C18:2 Linoléico	45,5
C16:0 Palmítico	8,5	C18:1 Oleico	42,0	C18:3 Linolénico	0
C18:0 Esteárico	4,5	C20:1 u. 22:2	0	C20:4 Araquidónico	----
C20:0 Aráquico	0,5	C22:1 Erúcico	0	C20:5 Eicosapentanoico	----
C22:0 Behénico	0			C22:5 Docosapentanoico	----
				C22:6 Docosahexanoico	----
TOTAL.....	13,5	TOTAL.....	42,0	TOTAL.....	44,5

\* Ácido Graso Saturado; \*\* Ácido Graso Monoinsaturado; \*\*\* Ácido Graso Poliinsaturado.

Fuente: (Astiasarán & Martínez, 2005)

### 1.3.1.5 Aceite de soja

El aceite de soja es uno de los aceites que en su composición se puede encontrar porcentajes considerables de varios ácidos grasos como son el ácido oleico, linoléico y linolénico. Las características que presenta este tipo de aceite lo ha catapultado en la actualidad en unos de los aceites pioneros tanto para la producción como para su consumo. (Astiasarán & Martínez, 2005)

Tabla 1. 12: Perfil de ácidos grasos del aceite de soja (g/100 g)

AGS*		AGM**		AGP***	
C14:0 Mirístico	0,2	C16:1 Palmitoleico	0,2	C18:2 Linoléico	49,7
C16:0 Palmítico	9,5	C18:1 Oleico	23,9	C18:3 Linolénico	7,1
C18:0 Esteárico	3,8			C20:4 Araquidónico	----
TOTAL.....	14,0	TOTAL.....	24,3	TOTAL.....	56,8

\* Ácido Graso Saturado; \*\* Ácido Graso Monoinsaturado; \*\*\* Ácido Graso Poliinsaturado.

Fuente: (Astiasarán & Martínez, 2005)

### 1.3.1.6 Aceites de girasol

Es el aceite con mayor uso en las dietas alimentarias, ya que posee en su composición alto contenido de ácido linoléico, ácido linolénico; estos ácidos proporcionar beneficios, una de ellas es la regulación de la circulación sanguínea, no permiten la formación del colesterol malo entre otras. Actualmente se han encontrado variedades de aceite de semillas de girasol con alto contenido de ácido oleico. (Astiasarán & Martínez, 2005)

Tabla 1. 13: Perfil de ácidos grasos del aceite de girasol (g/100 g)

AGS*		AGM**		AGP***	
C14:0 Mirístico	0,1	C16:1 Palmitoleico	0,1	C18:2 Linoléico	49,7
C16:0 Palmítico	5,5	C18:1 Oleico	31,5	C18:3 Linolénico	0,3
C18:0 Esteárico	6,0			C20:4 Araquidónico	----
TOTAL.....	11,6	TOTAL.....	31,8	TOTAL.....	50,0

\* Ácido Graso Saturado; \*\* Ácido Graso Monoinsaturado; \*\*\* Ácido Graso Poliinsaturado.

Fuente: (Astiasarán & Martínez, 2005)

### 1.3.1.7 Aceite de canola

Este tipo de aceite aporta gran cantidad de ácido linolénico. Además es rico en ácido erúico; presenta pequeñas cantidades de compuestos azufrados, los mismos que logran ser eliminados cuando se efectúa la respectiva refinación del aceite. (Astiasarán & Martínez, 2005)

Tabla 1. 14: Perfil de ácidos grasos del aceite de canola (g/100g)

AGS*		AGM**		AGP***	
C14:0 Mirístico	----	C16:1 Palmitoleico	----	C18:2 Linoléico	20,0
C16:0 Palmítico	4,0	C18:1 Oleico	63,0	C18:3 Linolénico	9,0
C18:0 Esteárico	1,5	C20:1 u. 22:2	1,0	C20:4 Araquidónico	----
C20:0 Aráquico	0,5	C22:1 Erúxico	0,5	C20:5 Eicosapentanoico	----
C22:0 Behénico	0			C22:5 Docosapentanoico	----
				C22:6 Docosahexanoico	----
TOTAL.....	6	TOTAL.....	64,5	TOTAL.....	29,0

\* Ácido Graso Saturado; \*\* Ácido Graso Monoinsaturado; \*\*\* Ácido Graso Poliinsaturado.

Fuente: (Astiasarán & Martínez, 2005)

### 1.3.1.8 Aceite de palma

Este tipo de aceite es extraído del mesocarpio del fruto de las semillas de la palma africana; se encuentra constituido por una mezcla de ésteres de glicerol. A su vez se encuentran los ácidos grasos insaturados como el ácido oleico (36-44%) y el linoleico (9-12%) así como también ácidos grasos saturados como el ácido palmítico (39.9-47.5%) y esteárico (3.5-6%). (Rincón, M, 2009)

Tabla 1. 15: Perfil de ácidos grasos presentes en el aceite de palma

AGS*		AGM**		AGP***	
C16:0 Palmítico	39,9-47,5	C18:1 Oleico	36-44	C18:2 Linoleico	9-12
C18:0 Esteárico	3,5-6				

\* Ácido Graso Saturado; \*\* Ácido Graso Monoinsaturado; \*\*\* Ácido Graso Poliinsaturado.

Fuente: (Astiasarán & Martínez, 2005)

### 1.4 Mantecas

La manteca es la grasa de depósito del animal, la misma que se obtiene por fusión de los tejidos adiposos, separando la grasa de otras partes de tejidos. (Magrama, 2015)

La manteca se diferenciada de la margarina debido a que ésta es ligeramente más alta en ácidos grasos saturados, además este tipo de grasa alimenticia provee beneficios nutricionales propios a diferencia de la margarina ya que ésta solo posee beneficios nutricionales que han sido añadidos durante su fabricación.

Tabla 1. 16: Perfil de ácidos grasos de la manteca de cerdo (g/100 g)

AGS*		AGM**		AGP***	
C14:0 Mirístico	1,5	C16:1 Palmitoleico	2,4	C18:2 Linoléico	8,2
C16:0 Palmítico	25,4	C18:1 Oleico	38,5	C18:3 Linolénico	0,7
C18:0 Esteárico	14,8			C20:4 Araquidónico	----
TOTAL.....	40,2	TOTAL.....	40,9	TOTAL.....	8,9

\* Ácido Graso Saturado; \*\* Ácido Graso Monoinsaturado; \*\*\* Ácido Graso Poliinsaturado.

Fuente: (Astiasarán & Martínez, 2005)

### 1.5 Margarinas

“Las margarinas son emulsiones de agua en aceite en una relación aproximada de 20:80”. (Badui, 2006)

Como lo señala Badui (2006), este tipo de producto parte de la hidrogenación de aceite vegetal.

“Las margarinas son productos que se obtienen a partir de aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados (semillas, pescado) incluso a veces de grasas animales, y su posterior dispersión en una solución acuosa que contiene diversos componentes como proteína láctea, sal, saborizante, colorante”. (Medina, 2014)

Tabla 1. 17: Perfil de ácidos grasos de la margarina (g/100 g)

AGS*		AGM**		AGP***	
C14:0 Mirístico	1,1	C16:1 Palmitoleico	1,1	C18:2 Linoléico	16,7
C16:0 Palmítico	18,8	C18:1 Oleico	29,2	C18:3 Linoléico	1,6
C18:0 Esteárico	4,1			C20:4 Araquidónico	Tr
TOTAL.....	26,2	TOTAL.....	34,4	TOTAL.....	18,3

\* Ácido Graso Saturado; \*\* Ácido Graso Monoinsaturado; \*\*\* Ácido Graso Poliinsaturado.

Fuente: (Astiasarán & Martínez, 2005)

## 1.6 Espectrofotometría infrarroja

### 1.6.1 Definición

Es un importante método analítico responsable del estudio de cualquier indicio de interacción de la parte infrarroja del espectro electromagnético que pueda presentarse al momento de entrar en contacto con la materia. (Melgar, 2009)

Para que se pueda establecer una conexión entre los enlaces químicos de las sustancias, estos dependerán de la superficie de energía potencial de la molécula, su geometría molecular, sus masas atómicas, y en otro caso debería existir un lazo de contacto vibracional. (Melgar, 2009)

Al mencionar la palabra espectro, se hace referencia al resultado de las vibraciones que emite la molécula, debido a que se ha producido algún tipo de cambios dipolares. Al indicar la región infrarroja del espectro, la identificación de grupos funcionales brinda una idea más clara de su estructura atómica y molecular, a través de la lectura de la energía radiante absorbida o emitida por una sustancia en rangos de longitudes especificadas. (Melgar, 2009)

La espectroscopía IR del espectro se extiende entre el final del visible y el inicio de la región de las microondas. (Lerma, 2011)

## 1.7 Tipos de regiones del IR

Como lo indica la figura 1.4 existen varios tipos de regiones que constituyen el IR, cada una con sus respectivos rangos:

$\lambda$  = longitud de onda

$\bar{\nu}$  = número de onda. (Lerma, 2011)

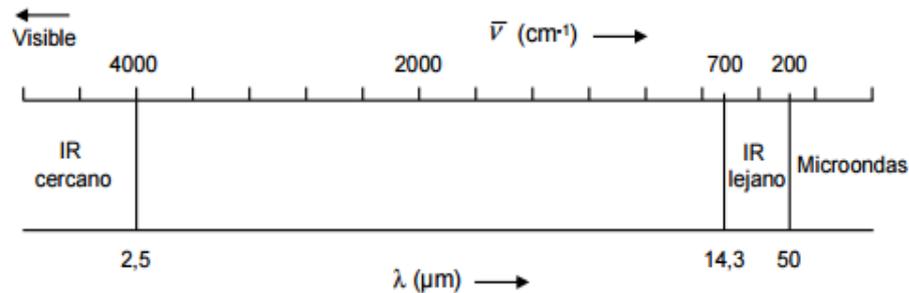


Figura 1. 4: Región IR del espectro electromagnético

Fuente: (Lerma, 2011)

Existen tres tipos de regiones que constituyen al IR, los mismos que se describen a continuación con su respectivo número de onda:

- IR medio
- IR lejano
- IR cercano (Lerma, 2011)

**IR medio.-** es la región comprendida entre 4000 y 650  $\text{cm}^{-1}$  proporciona la mayor cantidad de información estructural a nivel molecular donde el número de onda es la magnitud de frecuencia del número de veces de vibraciones detectadas. (Lerma, 2011)

**IR lejano.-** esta región se encuentra comprendida entre 650 y 200  $\text{cm}^{-1}$ , la misma que es ideal para realizar análisis de compuestos organolépticos e inorgánicos. (Lerma, 2011)

**IR cercano.-** esta última comprende los 12500 y 4000  $\text{cm}^{-1}$ , que es accesible a la óptica de cuarzo. En esta región es ideal para realizar estudios de autenticidad de muestras.

Cabe indicar que aunque se traten de moléculas sencillas, estas no pierden su importancia en cuanto refiere a dar lecturas de espectros de absorción IR muy complejos. (Lerma, 2011)

### 1.7.1 Espectrofotómetros del IR

Los espectrofotómetros de IR se clasifican en dos tipos:

- IR dispersivos.
- FTIR Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier. (Lerma, 2011)

**IR Dispersivos.-** su funcionamiento está basado en el barrido de las frecuencias emitidas. (Lerma, 2011)

**FTIR.-** a diferencia del IR dispersivo, el FTIR se basa en el barrido interferométrico, en la cual la muestra es sometida a irradiación policromática y su respuesta puede ser transformada a información digital. Lo que conlleva a destacar sus mayores ventajas de uso, debido que permite ser un medio de rapidez, mayor sensibilidad de respuesta, mejor resolución y relación de señal/ruido. (Lerma, 2011)

## 1.8 Infrarrojo medio, FTIR

Dentro de las tres regiones que existen en el infrarrojo, cabe destacarse que es la región media la que está comprendida entre 4000 y 400  $\text{cm}^{-1}$  y con estos rangos de números de onda se pueden realizar estudios de las vibraciones fundamentales y la estructura vibracional. (Melgar, 2009)

### 1.8.1 Fundamentos del FTIR-MIR (espectroscopia del infrarrojo medio)

El fundamento principal del FTIR-MIR “es monitorear cada vibración y rotación del espectro de moléculas, la cual produce un perfil químico de una muestra”. (Lin, Rasco, Cavinato, & Al-Holy, 2009)

La región delimitada por MIR es muy fuerte, lo que conlleva a que su lectura se efectúe sin alteraciones de interpretación, en cuanto se refiere a la estructura de la muestra. El mecanismo de absorción de la energía MIR ( $4000-400\text{ cm}^{-1}$ ), por parte de las moléculas, permite que se evidencie un estiramiento, flexión, torsión, cambios o cortes en varios puntos del espectro de la muestra; considerando que pueden estos variar según el rango que se le administre. Por otro lado, es importante acotar que toda la información que es obtenida en cada una de las lecturas permite potenciar el análisis, la determinación, la interpretación de cada respectiva estructura molecular analizada bajo este método. (Lin, Rasco, Cavinato, & Al-Holy, 2009)

### **1.8.2 Aplicaciones**

El FTIR-MIR es el método de espectroscopía que puede darse en aplicación en varios tipos de análisis relacionados con los alimentos; se puede decir que es método no muy utilizado pero su uso en el transcurso del tiempo ha aumentado paulatinamente ya que cada vez son más los campos en los que este método puede ser aplicado. (Subramanian & Rodríguez-Saona, 2009)

Según Subramanian & Rodríguez (2009), entre las aplicaciones específicas de este método en alimentos, se detallan las siguientes:

- Interacciones de componentes alimenticios
- Cuantificación de ingredientes.
- Orden específico de componentes en alimentos.
- Caracterización de la estructura de las moléculas de los alimentos.
- Determinación de la calidad de los aditivos colocados.
- Detecciones de adulteración.
- Autenticación de alimentos.

## **1.9 Transformada de Fourier**

“Es una técnica de análisis que permite obtener el espectro infrarrojo con mayor rapidez” (Melgar, 2009).

Al referirse a la lectura de un solo espectro, es necesario señalar que la medida es más rápida ya que la captación de la información de frecuencias se toma en un mismo tiempo, por lo que la realización de las lecturas múltiples de la muestra permite obtener un promedio más sensible para el análisis. (Melgar, 2009)

Los FTIR se encuentran basados en el principio del interferómetro de Michelson que permiten realizar mediciones de las distancias de los grupos funcionales de la molécula con un alto grado de precisión. Una vez que la señal es captada en el detector toma el nombre de interferograma, luego pasa a ser almacenada y analizada matemáticamente ya que esta señal es una distribución espectral de la fuente infrarroja. Por tanto, la transformada de Fourier realiza la sumatoria de senos y cosenos de distintas frecuencias ópticas para obtener resultados más exactos. (Melgar, 2009)

### **1.9.1 Mecanismo de acción**

El haz de radiación infrarroja es generado en la fuente, luego de pasar a ser un haz de luz colimada prosigue hacia el interferómetro, mediante el espejo. Una luz colimada tiene relación colineal, lo que implica que la luz no es dispersada pero se desdobra en reflexiones de caras en una lámina de vidrio. (Sánchez, 2015)

El rayo del láser sigue a la radiación infrarroja a través del interferómetro para determinar la trayectoria de desplazamiento del espejo y saber la longitud de onda emitida. (Ruíz, 2010)

### 1.10 Interferómetro de Michelson

En la figura 1.5 podemos ilustrar la trayectoria inicial donde la fuente luminosa emite una onda, la cual al seguir en línea recta se intercepta con el punto O (espejo semiplatado) el cual provoca la división de la onda detectada en dos partes, y termina enviando la primera parte hacia el lado derecho y la otra parte hacia el fondo, pero antes de llegar al punto M1 (espejo), se encuentra un el punto C (placa compensadora de igual exactitud del divisor O). Al existir dos espejos, esto hace que ambas ondas se vean reflejadas en M1 y M2, y sean desviadas de nuevo al detector (Duarte, Morales, & Sereno, 2007); por tanto ambas ondas llegan al punto de volverse a unir, y durante esta unión pueden presentarse varias interferencias, pero aquí el compensador C evita que la dispersión sea alta. La principal ventaja que demuestra el empleo del interferómetro de Michelson es brindar una mejor resolución coherente cuando se trata de lecturas de longitud de onda y sus posibles interferencias. (Duarte, Morales, & Sereno, 2007)

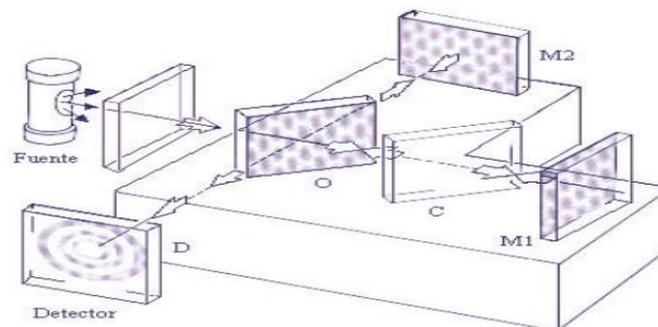


Figura 1. 5: Interferómetro de Michelson

Fuente: (Duarte, Morales, & Sereno, 2007)

### 1.11 Ventajas del método

Entre las ventajas del uso del método está la versatilidad que posee ya que permite realizar el estudio de cualquier muestra con independencia de su estado. A su vez, es un método de característica simple que brinda mayor confiabilidad y alta calidad en los resultados obtenidos.

### **1.12 Otros métodos de análisis para la identificación de las grasas**

Es importante exponer que a más del método de espectrometría infrarroja FTIR, existen otros que permiten identificar grupos funcionales de compuestos, entre estos están:

- Espectrometría de infrarrojo/ATR (Reflexión Total Atenuada). (Cruz, 2016)
- Cromatografía de líquidos HPLC (Cromatografía líquida de alto rendimiento). (Ozores, 2016)

## CAPITULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1 Proceso de extracción

El proceso de extracción tiene como fundamento separar fracciones de una muestra mediante la utilización de soluciones líquidas. Este proceso puede ser realizado en cualquiera de los tres estados en que se encuentre la materia. Estas son: sólido – líquido, líquido – líquido y gas - líquido. (Núñez, 2008)

##### 2.1.1 Extracción de grasas

Para poder realizar la extracción de las grasas se procedió con la utilización del método de extracción de Soxhlet. Partiendo de muestras en estado sólida-líquido, en este caso las muestras empleadas fueron granos de maíz y linaza con el cual se pudo extraer todos los componentes lipídicos de las matrices. (Núñez, 2008)

Es importante indicar que se utilizó un solvente apolar, con el cual se logró extraer la parte grasa de la sustancia; la obtención del éter de petróleo se partió de gasolina empleando el mismo método de Soxhlet. (Núñez, 2008)

En cuanto se refiere a la identificación de patrones, se procedió a la selección de cuatro patrones. El objetivo de esta identificación fue muy importante y crucial ya que este proceso permitió tener conocimiento veraz de su procedencia de origen; debido que fue necesario desarrollar el análisis con sustancias puras. (Núñez, 2008)

Los patrones seleccionados fueron:

- Aceite de maíz
- Aceite de linaza
- Manteca de cerdo
- Margarina sin sal.

El proceso de extracción de las grasas una vez obtenido el éter de petróleo se fundamentó en las siguientes etapas:

1. Preparación de la muestra: para el caso de la muestra de granos de maíz como de linaza, estos fueron seleccionados con la finalidad de disminuir la presencia de partículas extrañas, luego de esta operación se procedió con la trituration de los granos lo más uniforme posible empleando un mortero como se observa en la figura 2.1.



Figura 2. 1: Molienda de granos de linaza

2. Preparación del cartucho con la muestra: los cartuchos fueron armados recortando un cuadrado de 40cm del papel filtro de porosidad fina, fueron doblados hasta formar un cilindro. Luego se colocó aproximadamente entre 10 y 15 gramos de la muestra triturada llenando la mitad y un poco más del cartucho, luego fue sellado en su parte superior con grapas y finalmente fue colocado dentro del equipo Soxhlet.
3. Colocación del solvente y extracción de la muestra: una vez colocado el cartucho dentro del equipo, se colocó una mínima cantidad de solvente (éter de petróleo), por la parte superior del equipo lentamente para que se cubra el cartucho con esta solución, mediante una estufa eléctrica se llevó a una temperatura

de 80°C por un tiempo aproximado de 15 minutos cada recirculación. La cantidad a colocar siempre estuvo en función del tamaño del equipo. El número de veces que se dejó recircular el solvente por la muestra fue de dos veces.

En la siguiente figura se observa el equipo de Soxhlet, armado, y su funcionamiento:

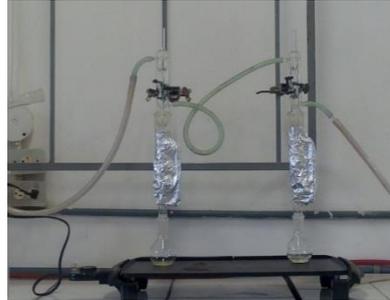


Figura 2. 2: Extracción de las muestras en Equipo Soxhlet

En la figura 2.3 se observa ya la muestra de aceite de linaza extraída.



Figura 2. 3: Muestra de aceite de linaza obtenida por método Soxhlet

Para la obtención de la manteca de cerdo, se partió de la grasa pura animal, luego de ser limpiada y troceada se pesó entre 150 y 200 gramos, se sometió a cocción por un tiempo aproximado de 15 minutos. Después de la cocción se procedió con el almacenamiento en un frasco de vidrio previamente esterilizado y luego de 30 minutos fue llevado a refrigeración por 12 horas.

Para la margarina sin sal se adquirió una muestra de este producto en un supermercado, luego en un vaso de precipitación de 500ml se colocó los 400ml de agua con 100 gramos de sal común, se colocó una cantidad aproximada de 100 gramos de muestra dentro de la solución, y fue sometido a temperatura entre los 80 y 90°C revolviendo hasta que toda la muestra quedó disuelta. Luego se retiró de la estufa, se procedió a enfriar y luego fue llevada a refrigeración por 24 horas.

Luego de que transcurrió el tiempo señalado, se retiró toda el agua y con papel absorbente se secó todo el exceso presente de agua. La muestra resultante fue colocada en un vaso de precipitación y se llevó a refrigeración por 12 horas, como se observa en la figura 9 a continuación.

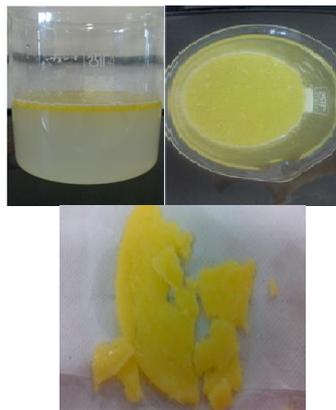


Figura 2. 4: Obtención de muestras de margarina sin sal

## 2.2 Preparación de patrones

Como se mencionó anteriormente, primero se partió de la extracción de grasas luego se procedió a realizar todas las combinaciones posibles entre los patrones extraídos. Las proporciones a combinar se definieron en los rangos de porcentajes posibles como se describe a continuación en la tabla 2.1.

Tabla 2. 1: Ejemplo de combinaciones realizadas entre dos patrones de grasas extraídas (aceite de linaza y manteca de cerdo)

<b>Aceite de Linaza</b>	<b>Manteca de cerdo</b>
<b>%</b>	<b>%</b>
100	0
90	10
80	20
70	30
60	40
50	50
40	60
30	70
20	80
10	90
0	100

Por tanto se obtuvieron 66 tipos de combinaciones entre los patrones.

### **2.3 Condiciones de trabajo del IR**

Partiendo del principio del método utilizado, las condiciones requeridas para su correcto funcionamiento fueron las siguientes:

Para el análisis de ácidos grasos presentes en grasas alimenticias se utilizó el método FTIR, en el cual el equipo espectrofotómetro infrarrojo Thermo\_NICOLET IR 100 FT-IR, se configuró su resolución a  $4\text{cm}^{-1}$ , el número de barridos por cada lectura fue de 4 hasta 16 barridos, su absorbancia se estableció entre los  $4000\text{ cm}^{-1}$  a  $780\text{ cm}^{-1}$ . Todas las lecturas se las realizó a temperatura ambiente. De cada muestra a analizar se depositó en la celda aproximadamente  $1\mu\text{l}$  sobre toda la superficie de la celda, pero también se obtuvo a la par el espectro con respecto al blanco como muestra inicial de lectura.

Para realizar las lecturas sucesivas, primero se limpió con papel absorbente empapado de éter de petróleo toda la superficie de la celda, se dejó secar luego se colocó la siguiente muestra para su lectura respectiva. El análisis de los datos se realizó usando el sistema de software OMNIC.

## **2.4 Condiciones de trabajo del sistema de software OMNIC**

El sistema operativo OMNIC es un programa que proporciona herramientas para la búsqueda y a su vez la interpretación de cada uno de los espectros analizados en su medio.

Es decir, este tipo de programa permite identificar y conocer cada una de las incógnitas investigativas planteadas por el investigador.

Una de funciones principales, es la de permitir buscar la región más sencilla o la región múltiple con la finalidad de poder disminuir o eliminar algún tipo de secuencia compleja que conforme al espectro.

Para la lectura de cada una de los espectros obtenidos en el equipo infrarrojo, se procedió con la configuración del programa OMNIC, esta configuración tiene la finalidad de establecer los rangos de lecturas afines con el tema en estudio.

Por lo cual cada uno de los espectros previamente deben ser cargados y su configuración comprende una lectura de longitud que va desde los 3100 a 780  $\text{cm}^{-1}$ .

## **2.5 Generación de la base de datos**

Para la generación de la base de datos inicial se estructuró una tabla, en la cual se calculó por diferencia de pesos en función de las combinaciones realizadas los porcentajes de ácidos grasos presentes en cada una de las combinaciones por tanto este cálculo se lo denominó porcentajes experimentales y se tomó como referencia porcentajes de ácidos grasos de otras bibliografías.

Estos porcentajes se pueden observar en la tabla con respecto al ácido oleico. En el anexo 8 se expone la tabla de composición de ácidos grasos de varias grasas comestibles con sus respectivos porcentajes.

Tabla 2. 2: Cálculo porcentual de ácido oleico por diferencia de pesos (calculo experimental).

<b>ACIDO OLEICO</b>							
		<b>%</b>			<b>%</b>		
		<b>71</b>			<b>44</b>		
		<b>OLIVA</b>	<b>MANTECA</b>	<b>OLIVA</b>	<b>MANTECA</b>	<b>total</b>	<b>total</b>
<b>Muestra</b>	<b>Masa Oliva</b>	<b>Masa Manteca</b>	<b>gr</b>	<b>gr</b>	<b>Ac. Oleico (g)</b>	<b>masas (g)</b>	<b>Ac. Oleico (%)</b>
1	0,144	0,000	0,103	0,000	0,103	0,144	71,000
2	0,144	0,146	0,102	0,064	0,166	0,289	57,393
3	0,145	0,208	0,103	0,092	0,195	0,353	55,086
4	0,150	0,313	0,106	0,138	0,244	0,462	52,753
5	0,146	0,609	0,104	0,268	0,372	0,755	49,220
6	0,000	0,149	0,000	0,066	0,066	0,149	44,000

Tabla 2. 3: Cálculo porcentual de ácido oleico por diferencia de pesos

<b>ACIDO OLEICO</b>							
		<b>%</b>			<b>%</b>		
		<b>71</b>			<b>44</b>		
		<b>OLIVA</b>	<b>MANTECA</b>	<b>OLIVA</b>	<b>MANTECA</b>	<b>total</b>	<b>total</b>
<b>Muestra</b>	<b>Masa Oliva</b>	<b>Masa Manteca</b>	<b>gr</b>	<b>gr</b>	<b>Ac. Oleico (g)</b>	<b>masas (g)</b>	<b>Ac. Oleico (%)</b>
1	0,150	0,154	0,106	0,068	0,174	0,304	57,318
2	0,150	0,184	0,107	0,081	0,188	0,334	56,126
3	0,163	0,262	0,115	0,115	0,231	0,425	54,335
4	0,151	0,514	0,107	0,226	0,333	0,664	50,117
5	0,150	7,963	0,107	3,504	3,610	8,113	44,500

Posteriormente se realizó un ajuste de los porcentajes de ácidos grasos presentes, utilizando los datos de los patrones analizados por la Stazione Sperimentale Per Le Industrie Degli Oli e dei Grassi (SSOG) en Milán, Italia; para determinar la relación de cercanía entre los porcentajes experimentales calculados con los validados. Por tanto se realizó un nuevo ajuste de las tablas con los pesos de las muestras comerciales para cada uno de los ácidos grasos estudiados como se indica en la tabla 2.4.

En este punto es donde se corrigen los porcentajes de ácido oleico presente. A continuación se observa la tabla 2.4 donde se indican los porcentajes corregidos, para el caso del ácido oleico.

Tabla 2. 4: Cálculo porcentual corregido de ácido oleico por diferencia de pesos

		ACIDO OLEICO						
		%	%					
		79,35	44					
		OLIVA	MANTECA	OLIVA	MANTECA	total	total	
Muestra	Masa Oliva	Masa Manteca	gr	gr	Ac. Oleico (g)	masas (g)	Ac. Oleico (%)	
1	0,144	0,000	0,115	0,000	0,115	0,144	79,350	
2	0,144	0,146	0,114	0,064	0,178	0,289	61,535	
3	0,145	0,208	0,115	0,092	0,207	0,353	58,514	
4	0,150	0,313	0,119	0,138	0,256	0,462	55,460	
5	0,146	0,609	0,116	0,268	0,384	0,755	50,834	
6	0,000	0,149	0,000	0,066	0,066	0,149	44,000	

Tabla 2. 5: Cálculo porcentual de ácido oleico por diferencia de pesos

		ACIDO OLEICO						
		%	%					
		79,35	44					
		OLIVA	MANTECA	OLIVA	MANTECA	total	total	
Muestra	Masa Oliva	Masa Manteca	gr	gr	Ac. Oleico (g)	masas (g)	Ac. Oleico (%)	
1	0,150	0,154	0,119	0,068	0,186	0,304	61,436	
2	0,150	0,184	0,119	0,081	0,200	0,334	59,876	
3	0,163	0,262	0,129	0,115	0,244	0,425	57,531	
4	0,151	0,514	0,119	0,226	0,345	0,664	52,009	
5	0,150	7,963	0,119	3,504	3,623	8,113	44,654	

## 2.6 Muestreo

### 2.6.1 Identificación de las muestras comerciales

Para la realización de este trabajo se determinó los tipos de grasas alimenticias existentes y que a la par son expendidos en supermercados de la ciudad, considerando su tipo de origen por lo que se procedió a realizar un muestreo de 20 muestras de grasas comerciales, mismas que fueron adquiridas en dos de los supermercados de mayor concurrencia de compradores en la Ciudad de Cuenca.

Los supermercados seleccionados fueron:

1. Coral Hipermercados
2. Supermaxi.

Para tener una idea más clara, se dividió en tres grupos de estudio que se detallan en la figura 2.5 a continuación:



Figura 2. 5: Grupo de muestras comerciales destinadas a estudio

Pero dentro de estos tres grandes grupos se determinaron las marcas comerciales a analizar.

Tabla 2. 6: Primer grupo de grasas alimenticias-aceites comestibles.

<b>ACEITES VEGETALES</b>	<b>NOMBRE COMERCIAL</b>
<b>1. Aceite de aguacate</b>	Aceite de aguacate Mira
<b>2. Aceite de ajonjolí</b>	Aceite de ajonjolí tostado
<b>3. Aceite de maíz</b>	Mazorca de Oro
<b>4. Aceite de soya</b>	Vivi Soya
<b>5. Aceite de palma</b>	La Favorita
<b>6. Aceite de girasol</b>	Duque de Alba
<b>7. Aceite de canola</b>	Vivi Canola
<b>8. Aceite de oliva</b>	Snob
<b>9. Aceite de oliva</b>	La Española

Tabla 2. 7: Segundo grupo de grasas alimenticias-mantecas

MANTECAS	NOMBRE COMERCIAL
1. Manteca vegetal	Tres Coronas
2. Manteca vegetal	Panicel
3. Manteca vegetal	La Sabrosa
4. Manteca vegetal	Tres Chanchitos

Tabla 2. 8: Tercer grupo de grasas alimenticias-margarinas

MARGARINAS	NOMBRE COMERCIAL
1. Margarina comercial	Bonella
2. Margarina comercial	Dorina
3. Margarina comercial	Girasol
4. Margarina comercial	Panicel
5. Margarina comercial	Klar
6. Margarina comercial	Regia
7. Margarina comercial	Imperial

La razón por la cual fueron seleccionadas estas 20 muestras es en primer lugar por la demanda en el mercado, a esto se le puede atribuir el grado de aceptación del consumidor ya que los pueden preferir ya sea por su calidad, presentación, aportación nutricional, precio, entre otros.

### 2.6.2 Preparación de las muestra comerciales

Haciendo referencia a los dos tipos de grupos de muestras comerciales, las muestras se pueden clasificar de acuerdo a su estado físico:

1. Muestras líquidas
2. Muestras sólidas

Pero en este caso se trabajó con ambos tipos de muestras como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2. 9: Tipos de muestras comerciales estudiadas, y número de muestras tomadas

<b>MUESTRAS LÍQUIDAS</b>	<b>MUESTRAS SÓLIDAS</b>
Aceites vegetales	Mantecas vegetales y Margarinas
9 muestras	4 y 7 muestras respectivamente

Posterior a su identificación se procedió a someter a temperaturas de 50°C, a cada una de las muestras de tipo sólido, donde se eliminó la mayor cantidad posible de agua existente en las muestras.

Se procedió a colocar aproximadamente entre 2 a 5 gramos de muestras comercial en cápsulas previamente secas. Luego estas cápsulas fueron rotuladas respectivamente donde luego fueron llevadas la estufa a temperaturas entre 50-55°C. Después se retiró la cantidad de agua presente en la parte superior de la muestra en la cápsula. Finalmente se realizó la lectura de la muestra en el equipo espectro infrarrojo.

Al tratarse de muestras líquidas, éstas fueron leídas directamente en el equipo espectrofotómetro infrarrojo.

## **2.7 Análisis de las muestras**

La norma mexicana NMX-F-211-1987 ALIMENTOS. ACEITES Y GRASAS VEGETALES O ANIMALES. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y MATERIA VOLÁTIL. FOODS VEGETABLES OR ANIMALS OLIS AND FATS. MOISTURE AND VOLATILE MATTER DETERMINATION. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS fue tomada como referencia para poder ejecutar el procedimiento de eliminación de humedad y materia volátil por un aumento de temperatura, misma que encuentra en anexo 32.

## 2.8 Tratamientos estadísticos

Para este estudio fue necesario la utilización del método de regresión *PLS*, ya que la base fundamental del estudio parte de analizar muestras de grasas alimenticias de diferente procedencia pero agrupadas en un mismo grupo acorde a su estado físico.

## 2.9 Regresión PLS Regresión por Mínimos Cuadrados Parciales

Es un tipo de método que se sustenta en la proposición de poder generar la identificación de las posibles combinaciones de tipo lineal que involucran a variables de tipo independientes; estas variables permiten que las variables dependientes sean reguladas.

La idea central es poder trabajar con variables que indiquen correlación entre sí mismas tanto en cantidad como en características. El método *PLS*, es un tipo de regresión por mínimos cuadrados parciales, donde su metodología se sustenta en la combinación de las características del análisis de componentes principales y análisis de regresión múltiple. (Vega & Guzmán, 2010)

Al ser un modelo matemático didáctico, se ha convertido en un modelo de uso muy cotidiano, que permite que su uso sea aplicable a varios análisis, por lo que a continuación se detallan varios de sus ventajas de uso:

- Es un análisis de tipo rápido.
- Mantiene la originalidad de las muestras a analizar.
- Facilita simultáneamente la determinación de las propiedades que presenten las muestras.
- Mecaniza las medidas.
- Facilita la detección de muestras que presentan diferentes características a las empleadas en la calibración. (Alciaturi, Escobar, De la Cruz, & Rincón, 2003)

Al ser de tipo correlativo y no tipo casual, hace que la interacción entre las muestras solo sea justificable entre muestras de igual similitud de características.

La regresión PLS presenta dos pasos fundamentales que se detallan a continuación. “Primer paso: transforma a la matriz de predictoras  $\mathbf{X}$  de orden  $n \times p$ , con ayuda del vector de respuestas  $\mathbf{Y}$  de orden  $n \times 1$ , en una matriz de componentes o variables latentes no correlacionados,  $\mathbf{T} = (\mathbf{T}_1, \dots, \mathbf{T}_p)$  de orden  $n \times p$ , llamados componentes PLS; esto contrasta con el análisis de componentes principales en el cual los componentes son obtenidos usando sólo la matriz de predictoras  $\mathbf{X}$ ”. (Vega & Guzmán, 2010)

“Segundo paso: calcula el modelo de regresión estimado usando el vector de respuestas original y como predictoras, los componentes PLS. La reducción de la dimensionalidad puede ser aplicada directamente sobre los componentes ya que estos son ortogonales. El número de componentes necesarios para el análisis de regresión debe ser mucho menor que el número de predictoras”. (Vega & Guzmán, 2010)

### **2.9.1 Regresión multivariante**

Al hablar de regresión de tipo multivariante se hace referencia a una de las técnicas más didácticas dentro del mundo de la estadística debido a que se ha convertido en uno de los métodos de uso más frecuente.

La regresión multivariante es un método estadístico que permite realizar tres aspectos: estimar, especificar y posteriormente interpretar los datos para poderlos detallar como un modelo de tipo explicativo donde se determina cual es la variable dependiente y esta se encontrará en función de una o varias variables independiente. El objetivo de la utilización de este método se sustenta en “cuantificar la relación entre la variable dependiente y las variables independientes; y en establecer con qué grado de confianza se puede afirmar que la cuantificación realizada se ajusta a la realidad observada”. (Guillén, 2014)

## CAPITULO III

### RESULTADOS

#### 3.1 Visualización del espectro y sus rangos de lectura

En la siguiente figura se observa el espectro obtenido como resultado de la lectura de la muestra, en el equipo infrarrojo.

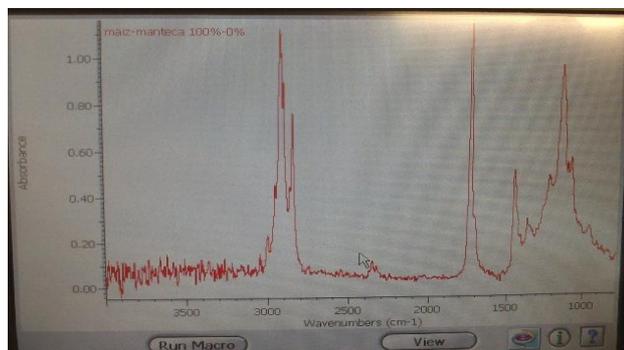


Figura 3. 1: Imagen del espectro como resultado de la lectura en el equipo

Observaciones: el espectro ha sido suavizado mediante el software OMNIC para una mejor lectura e interpretación de los picos donde se ubican los ácidos grasos.

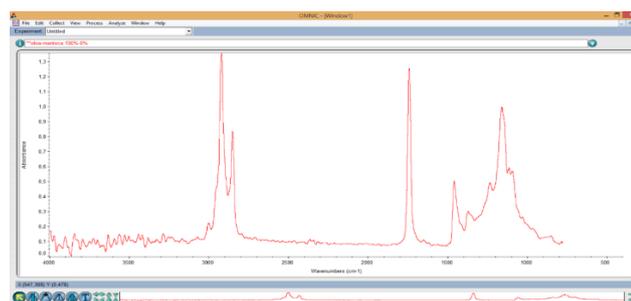


Figura 3. 2: Imagen de espectro suavizado mediante aplicación del sistema de software OMNIC

En la figura 3.2, el rango de lectura está comprendido entre  $3100\text{cm}^{-1}$  y  $780\text{cm}^{-1}$ , ya que dentro de esta área de picos se encuentran los ácidos grasos saturados e insaturados establecidos en este estudio.

### 3.2 Porcentajes de ácidos grasos calculados en relación de las 66 combinaciones

Tabla 3. 1: Porcentajes calculados de los principales ácidos grasos corregidos en las 66 combinaciones de los patrones realizados

No	OLEICO	PALMITICO	LINOLEICO	LINOLENICO	MIRISTICO	ESTEARICO	LAURICO	CAPRICO	PALMITOLEICO
1	44,0000001	26	2	0	2	14	0	0	26
2	50,8340837	22,9570445	0,7552	0,11599576	0,7552	11,9623411	0	0	21,13011123
3	55,4596994	20,8974351	1,3516436	0,19450692	1,3516436	10,5831618	0	0	17,83395112
4	52,0268776	19,537425	1,17883418	0,24634975	1,17883418	9,67245614	0	0	15,65741653
5	64,9839011	18,1925683	1,00795023	0,29761493	1,00795023	8,77189768	0	0	13,50513308
6	79,3500001	10,26	0	0,6	0	3,46	0	0	0,81
7	29,1500001	26,32	9,83	0,85	9,83	13,07	2,76	2,14	1,71
8	39,9986796	22,849287	7,70564701	0,79597271	7,70564701	10,993191	2,16353873	1,67752641	1,515501761
9	45,2371347	21,1733988	6,67986985	0,76988479	6,67986985	9,99037124	1,87552806	1,45421378	1,421585236
10	52,1558042	18,9599758	5,3250786	0,73542926	5,3250786	8,66590085	1,49513906	1,15927449	1,297545345
11	45,1125987	18,2630175	4,89848454	0,72457997	4,89848454	8,24885417	1,3753629	1,06640457	1,258487903
12	68,8946948	10,26	0	0,6	0	3,46	0	0	0,81
13	29,1499998	26,32	9,83	0,85	9,83	13,07	2,76	2,14	1,71
14	30,7467437	26,2639908	8,4595237	0,70122543	8,4595237	13,2327769	2,27692023	1,76543815	5,961452023
15	33,9318747	26,2169562	7,30864794	0,57629001	7,30864794	13,3694709	1,87124755	1,45089484	9,531665578
16	29,3309066	26,1947538	6,76538103	0,51731467	6,76538103	13,4339969	1,67975117	1,30241576	11,21697252
17	36,3795418	26,1642119	6,0180598	0,43618785	6,0180598	13,5227592	1,41632759	1,09816705	13,53529087
18	44	26	2	0	2	14	0	0	26
19	29,1500001	26,32	9,83	0,85	9,83	13,07	2,76	2,14	1,71
20	30,2146138	23,7041487	7,87754605	0,84801378	7,87754605	10,8970757	2,21180337	1,71494899	1,414053266
21	31,0725252	21,5961836	6,30417504	0,8464132	6,30417504	9,14604017	1,77004304	1,37242468	1,175566714
22	33,9239676	20,3300061	5,35910855	0,84545179	5,35910855	8,09425713	1,50469375	1,16668284	1,032316555
23	31,7121415	20,0245889	5,13114723	0,84521989	5,13114723	7,84055449	1,44068834	1,11705545	0,997762906
24	34,5100001	13,15	0	0,84	0	2,13	0	0	0,22
25	44,0000001	26	2	0	2	14	0	0	26
26	42,2139674	23,5816101	1,62359691	0,1580893	1,62359691	11,7660476	0	0	21,14816413
27	40,9339687	21,848419	1,35383954	0,2713874	1,35383954	10,1650376	0	0	17,67099161
28	40,0886693	20,7038356	1,17569425	0,34620841	1,17569425	9,1077454	0	0	15,37469893
29	33,6940957	19,8883647	1,04877271	0,39951546	1,04877271	8,35446605	0	0	13,73868027
30	26,1147928	13,15	0	0,84	0	2,13	0	0	0,22
31	31,6121363	13,15	0	0,84	0	2,13	0	0	0,22
32	39,6579001	12,8182108	0	0,81244657	0	2,28269192	0	0	0,287735514
33	48,2373808	12,5237053	0	0,78798937	0	2,41822557	0	0	0,347859463
34	48,3034	12,2609943	0	0,76617254	0	2,53912718	0	0	0,401492507
35	51,2813998	12,0690574	0	0,75023314	0	2,62745801	0	0	0,440676861
36	79,3500001	10,26	0	0,75023314	0	3,46	0	0	0,81
37	44,6539922	25,7088023	1,96299903	0,01110029	1,96299903	13,8050049	0	0	25,53397274
38	52,0086934	22,4340358	1,54689147	0,13593256	1,54689147	11,612118	0	0	20,293098
39	57,5308616	19,975226	1,23446328	0,22966102	1,23446328	9,96562147	0	0	16,35806497
40	59,8757485	18,9311377	1,10179641	0,26946108	1,10179641	9,26646707	0	0	14,68712575
41	61,4362274	18,2363163	1,01350906	0,29594728	1,01350906	8,80119275	0	0	13,57514662
42	34,8511244	24,4960945	8,71362444	0,82160795	8,71362444	11,9786095	2,44655172	1,89696402	1,607788606
43	41,9012868	22,2406043	7,33308467	0,78649758	7,33308467	10,6289668	2,05893323	1,59641925	1,481391272
44	45,7457594	21,0106794	6,58027261	0,76735118	6,58027261	9,89300303	1,84756383	1,43253137	1,412466465
45	52,6118621	18,8140736	5,23577482	0,73315806	5,23577482	8,57859573	1,47006496	1,13983297	1,289369007
46	58,2070325	17,0240649	4,14014683	0,70529366	4,14014683	7,50748841	1,16244204	0,90131376	1,189057187
47	30,5621604	26,2895696	9,08540635	0,76916927	9,08540635	13,1584383	2,49753787	1,93649675	4,019856937
48	32,5369626	26,247015	8,04414702	0,65613346	8,04414702	13,2821128	2,13050393	1,65191247	7,250021575
49	34,3072747	26,2088668	7,11070972	0,55480246	7,11070972	13,3929808	1,80147622	1,39679678	10,14570381
50	35,4483314	26,1842784	6,50906161	0,48948945	6,50906161	13,464441	1,58940103	1,23236167	12,01211922
51	37,2303025	26,145879	5,56947687	0,3874911	5,56947687	13,5760392	1,25820641	0,97556584	14,92687189
52	25,3917401	5,76729867	0	51,6517572	0	3,64337557	0	1,96211854	0,149847967
53	32,0989995	6,32576206	0	45,3057895	0	3,62058114	0	1,7182182	0,231907895
54	21,8142784	5,46943015	0	55,0365162	0	3,65553346	0	2,09220806	0,106079532
55	42,891999	7,22441453	0	35,0941631	0	3,58390145	0	1,32574549	0,363954788
56	46,7566924	7,54619869	0	31,4376443	0	3,5707674	0	1,18521118	0,411237359
57	41,6241654	23,9133095	1,79780131	5,68987118	1,79780131	12,9546328	0	0	23,38051595
58	37,773469	20,5312511	1,47008247	14,9118793	1,47008247	11,2603264	0	0	19,13491841
59	35,5611825	18,5882045	1,28180276	20,2100703	1,28180276	10,2869203	0	0	16,69575479
60	33,5956316	16,8618654	1,11452184	24,9173554	1,11452184	9,42207792	0	0	14,52863046
61	31,746604	15,2378683	0,95715779	29,3455799	0,95715779	8,60850575	0	0	12,4899791
62	28,1624681	23,9270903	8,70775274	7,17819588	8,70775274	11,9957023	2,44490311	0	1,525051825
63	26,7319318	20,4607273	7,08206818	16,3452046	7,08206818	10,4394773	1,98845455	0	1,257136364
64	25,8574194	18,3416774	6,08825807	21,9491613	6,08825807	9,48812903	1,70941936	0	1,093354839
65	25,2050527	16,7609139	5,34689807	26,129587	5,34689807	8,77844464	1,50126538	0	0,971177504
66	23,8140084	13,3902447	3,76609283	35,0435274	3,76609283	7,26518144	1,05741772	0	0,710658228

### 3.3 Modelo PLS de interacción de variables seleccionadas

A continuación se exponen las gráficas de las curvas obtenidas a partir de la generación de un modelo en PLS, en el cual se obtienen las variables como sus componentes para ejecutar la interpretación.

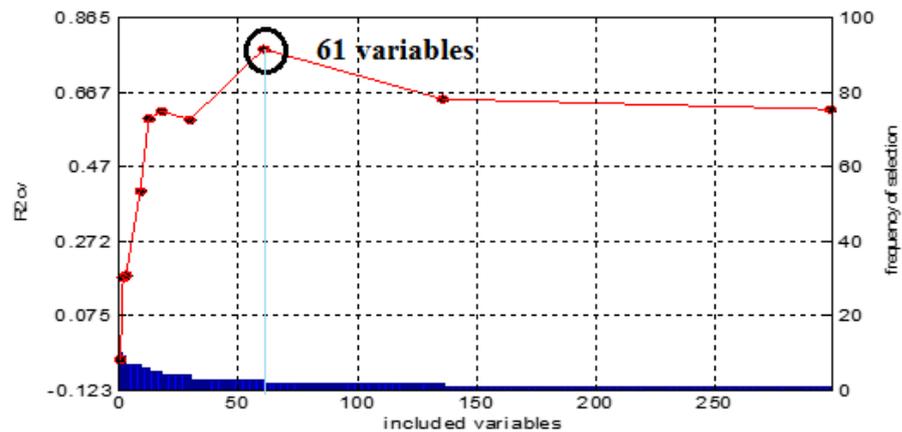


Figura 3. 3: Curva de relación entre las variables seleccionadas vs. Frecuencias de selección para el Ácido Oleico

En la figura 3.3, se identifica el nivel de interacción que representa el número de variables óptimas para ser analizadas. Para el caso del ácido oleico, el número de variables a analizar determinadas fueron de 61 variables que mantienen relación directa con sus ocho componentes principales dimensionales de todo el grupo de datos. Esto permitió que todo el conjunto de datos sean sesgados sus puntos de variabilidad y finalmente se muestren de manera ordenada de acuerdo a grado de importancia.

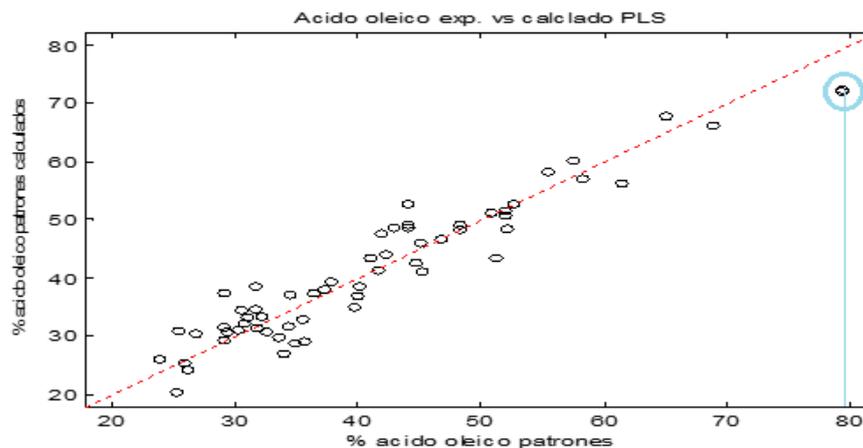


Figura 3. 4: Nivel de interacción de las variables de Ácido Oleico experimental vs. Ácido Oleico calculado modelo PLS

En la figura 3.4, se puede visualizar la interacción y ajuste de las variables que no distan mucho de la línea de regresión, por tanto el coeficiente de determinación adoptará los valores más altos o representativos. En este caso, el punto señalado en círculo, indica al valor más alto de presencia de ácido graso oleico, que comprende cerca de un 80% del mismo en la muestra analizada.

Los modelos calculados tuvieron los siguientes parámetros de calidad:

Tabla 3. 2: Modelos calculados en los ocho grasos analizados

MODELOS CALCULADOS			
Ácido Graso	R2	R2 CV	Número de variables
Ác. Oleico	0,959	0,772	61
Ác. Linoléico	0,907	0,839	60
Ác. Linolénico	0,907	0,839	22
Ác. Láurico	0,882	0,856	67
Ác. Mirístico	0,865	0,827	61
Ác. Estearico	0,834	0,687	55
Ác. Palmítico	0,85	0,761	24
Ác. Palmitoleico	0,86	0,809	23

El número de variables se exponen en anexo 25 y sus componentes principales se exponen en el anexo 26.

### 3.4 Tablas de resultados de porcentajes de ácidos grasos presentes en las 20 muestras de grasas comerciales analizadas

A continuación se exponen las tablas de resultados de los porcentajes obtenidos del análisis de las muestras comerciales estudiadas para cada uno de los ácidos grasos analizados.

Tabla 3. 3: Porcentaje de ácido oleico en muestras comerciales

<b>ACIDO OLEICO</b>		
<b>TIPO DE GRASA ALIMENTICIA</b>	<b>MARCA COMERCIAL</b>	<b>RESULTADO (%) ACIDO PRESENTE EN LA MUESTRA</b>
<b>Aceite 1</b>	Aceite de aguacate Mira	<b>43,3</b>
<b>Aceite 2</b>	Aceite de ajonjolí tostado	<b>31,52</b>
<b>Aceite 3</b>	Aceite de maíz Mazorca de Oro	<b>24,39</b>
<b>Aceite 4</b>	Aceite de soya ViviSoya	<b>26,71</b>
<b>Aceite 5</b>	Aceite de palma La Favorita	<b>41,72</b>
<b>Aceite 6</b>	Aceite de girasol Girasol	<b>20,52</b>
<b>Aceite 7</b>	Aceite de canola Vivi Canola	<b>42,46</b>
<b>Aceite 8</b>	Aceite de oliva Snob	<b>61,23</b>
<b>Aceite 9</b>	Aceite de oliva La Española	<b>73,28</b>
<b>Manteca 1</b>	Manteca 3 Coronas	<b>48</b>
<b>Manteca 2</b>	Manteca Panicel	<b>42,52</b>
<b>Manteca 3</b>	Manteca La Sabrosa	<b>41,4</b>
<b>Manteca 4</b>	Manteca 3 Chanchitos	<b>45,75</b>
<b>Margarina 1</b>	Margarina Bonella	<b>30,57</b>
<b>Margarina 2</b>	Margarina Dorina	<b>32,68</b>
<b>Margarina 3</b>	Margarina Girasol	<b>34,72</b>
<b>Margarina 4</b>	Margarina Panicel	<b>28,52</b>
<b>Margarina 5</b>	Margarina Klar	<b>47,24</b>
<b>Margarina 6</b>	Margarina Regia	<b>38,67</b>
<b>Margarina 7</b>	Margarina Imperial	<b>30,8</b>

Tabla 3. 4: Porcentaje de ácido linoléico en muestras comerciales

<b>ACIDO LINOLEICO</b>		
<b>TIPO DE GRASA ALIMENTICIA</b>	<b>MARCA COMERCIAL</b>	<b>RESULTADO (%) ACIDO PRESENTE EN LA MUESTRA</b>
<b>Aceite 1</b>	Aceite de aguacate Mira	<b>26</b>
<b>Aceite 2</b>	Aceite de ajonjolí tostado	<b>31,69</b>
<b>Aceite 3</b>	Aceite de maíz Mazorca de Oro	<b>46,48</b>
<b>Aceite 4</b>	Aceite de soya ViviSoya	<b>43,41</b>
<b>Aceite 5</b>	Aceite de palma La Favorita	<b>6,55</b>
<b>Aceite 6</b>	Aceite de girasol Girasol	<b>45,17</b>
<b>Aceite 7</b>	Aceite de canola Vivi Canola	<b>16,25</b>
<b>Aceite 8</b>	Aceite de oliva Snob	<b>7,71</b>
<b>Aceite 9</b>	Aceite de oliva La Española	<b>8,86</b>
<b>Manteca 1</b>	Manteca 3 Coronas	<b>8,53</b>
<b>Manteca 2</b>	Manteca Panigel	<b>6,65</b>
<b>Manteca 3</b>	Manteca La Sabrosa	<b>6,23</b>
<b>Manteca 4</b>	Manteca 3 Chanchitos	<b>7,12</b>
<b>Margarina 1</b>	Margarina Bonella	<b>13,94</b>
<b>Margarina 2</b>	Margarina Dorina	<b>12,87</b>
<b>Margarina 3</b>	Margarina Girasol	<b>14,9</b>
<b>Margarina 4</b>	Margarina Panigel	<b>12,36</b>
<b>Margarina 5</b>	Margarina Klar	<b>13,51</b>
<b>Margarina 6</b>	Margarina Regia	<b>13,25</b>
<b>Margarina 7</b>	Margarina Imperial	<b>15,74</b>

Tabla 3. 5: Porcentaje de ácido linolénico en muestras comerciales

<b>ACIDO LINOLENICO</b>		
<b>TIPO DE GRASA ALIMENTICIA</b>	<b>MARCA COMERCIAL</b>	<b>RESULTADO (%) ACIDO PRESENTE EN LA MUESTRA</b>
<b>Aceite 1</b>	Aceite de aguacate Mira	<b>0</b>
<b>Aceite 2</b>	Aceite de ajonjolí tostado	<b>0.34</b>
<b>Aceite 3</b>	Aceite de maíz Mazorca de Oro	<b>2.02</b>
<b>Aceite 4</b>	Aceite de soya ViviSoya	<b>7</b>
<b>Aceite 5</b>	Aceite de palma La Favorita	<b>0</b>
<b>Aceite 6</b>	Aceite de girasol Girasol	<b>1.23</b>
<b>Aceite 7</b>	Aceite de canola Vivi Canola	<b>9.34</b>
<b>Aceite 8</b>	Aceite de oliva Snob	<b>2.1</b>
<b>Aceite 9</b>	Aceite de oliva La Española	<b>2.06</b>
<b>Manteca 1</b>	Manteca 3 Coronas	<b>0</b>
<b>Manteca 2</b>	Manteca Panicel	<b>0</b>
<b>Manteca 3</b>	Manteca La Sabrosa	<b>0</b>
<b>Manteca 4</b>	Manteca 3 Chanchitos	<b>0</b>
<b>Margarina 1</b>	Margarina Bonella	<b>1.6</b>
<b>Margarina 2</b>	Margarina Dorina	<b>2.34</b>
<b>Margarina 3</b>	Margarina Girasol	<b>1.72</b>
<b>Margarina 4</b>	Margarina Panicel	<b>1.76</b>
<b>Margarina 5</b>	Margarina Klar	<b>1.77</b>
<b>Margarina 6</b>	Margarina Regia	<b>2.59</b>
<b>Margarina 7</b>	Margarina Imperial	<b>2.21</b>

Tabla 3. 6: Porcentaje de ácido palmítico en muestras comerciales

<b>ACIDO PALMITICO</b>		
<b>TIPO DE GRASA ALIMENTICIA</b>	<b>MARCA COMERCIAL</b>	<b>RESULTADO (%) ACIDO PRESENTE EN LA MUESTRA</b>
<b>Aceite 1</b>	Aceite de aguacate Mira	<b>18,65</b>
<b>Aceite 2</b>	Aceite de ajonjolí tostado	<b>15,86</b>
<b>Aceite 3</b>	Aceite de maíz Mazorca de Oro	<b>13,25</b>
<b>Aceite 4</b>	Aceite de soya ViviSoya	<b>12,15</b>
<b>Aceite 5</b>	Aceite de palma La Favorita	<b>40,94</b>
<b>Aceite 6</b>	Aceite de girasol Girasol	<b>11,73</b>
<b>Aceite 7</b>	Aceite de canola Vivi Canola	<b>4,41</b>
<b>Aceite 8</b>	Aceite de oliva Snob	<b>15,06</b>
<b>Aceite 9</b>	Aceite de oliva La Española	<b>15,77</b>
<b>Manteca 1</b>	Manteca 3 Coronas	<b>2,74</b>
<b>Manteca 2</b>	Manteca Panigel	<b>2,37</b>
<b>Manteca 3</b>	Manteca La Sabrosa	<b>2,87</b>
<b>Manteca 4</b>	Manteca 3 Chanchitos	<b>3,1</b>
<b>Margarina 1</b>	Margarina Bonella	<b>20,72</b>
<b>Margarina 2</b>	Margarina Dorina	<b>18,75</b>
<b>Margarina 3</b>	Margarina Girasol	<b>13,87</b>
<b>Margarina 4</b>	Margarina Panigel	<b>19,47</b>
<b>Margarina 5</b>	Margarina Klar	<b>18,36</b>
<b>Margarina 6</b>	Margarina Regia	<b>18,68</b>
<b>Margarina 7</b>	Margarina Imperial	<b>21,35</b>

Tabla 3. 7: Porcentaje de ácido palmitoleico en muestras comerciales

<b>ACIDO PALMITOLEICO</b>		
<b>TIPO DE GRASA ALIMENTICIA</b>	<b>MARCA COMERCIAL</b>	<b>RESULTADO (%) ACIDO PRESENTE EN LA MUESTRA</b>
<b>Aceite 1</b>	Aceite de aguacate Mira	<b>0,01</b>
<b>Aceite 2</b>	Aceite de ajonjolí tostado	<b>0,21</b>
<b>Aceite 3</b>	Aceite de maíz Mazorca de Oro	<b>0,41</b>
<b>Aceite 4</b>	Aceite de soya ViviSoya	<b>0</b>
<b>Aceite 5</b>	Aceite de palma La Favorita	<b>0</b>
<b>Aceite 6</b>	Aceite de girasol Girasol	<b>0</b>
<b>Aceite 7</b>	Aceite de canola Vivi Canola	<b>0,22</b>
<b>Aceite 8</b>	Aceite de oliva Snob	<b>1,29</b>
<b>Aceite 9</b>	Aceite de oliva La Española	<b>1,31</b>
<b>Manteca 1</b>	Manteca 3 Coronas	<b>3,16</b>
<b>Manteca 2</b>	Manteca Panicel	<b>3,17</b>
<b>Manteca 3</b>	Manteca La Sabrosa	<b>3,16</b>
<b>Manteca 4</b>	Manteca 3 Chanchitos	<b>3,14</b>
<b>Margarina 1</b>	Margarina Bonella	<b>1,28</b>
<b>Margarina 2</b>	Margarina Dorina	<b>1,25</b>
<b>Margarina 3</b>	Margarina Girasol	<b>1,28</b>
<b>Margarina 4</b>	Margarina Panicel	<b>1,23</b>
<b>Margarina 5</b>	Margarina Klar	<b>1,29</b>
<b>Margarina 6</b>	Margarina Regia	<b>1,25</b>
<b>Margarina 7</b>	Margarina Imperial	<b>1,24</b>

Tabla 3. 8: Porcentaje de ácido láurico en muestras comerciales

<b>ACIDO LAURICO</b>		
<b>TIPO DE GRASA ALIMENTICIA</b>	<b>MARCA COMERCIAL</b>	<b>RESULTADO (%) ACIDO PRESENTE EN LA MUESTRA</b>
<b>Aceite 1</b>	Aceite de aguacate Mira	<b>0</b>
<b>Aceite 2</b>	Aceite de ajonjolí tostado	<b>0</b>
<b>Aceite 3</b>	Aceite de maíz Mazorca de Oro	<b>0</b>
<b>Aceite 4</b>	Aceite de soya ViviSoya	<b>0</b>
<b>Aceite 5</b>	Aceite de palma La Favorita	<b>0</b>
<b>Aceite 6</b>	Aceite de girasol Girasol	<b>0</b>
<b>Aceite 7</b>	Aceite de canola Vivi Canola	<b>0</b>
<b>Aceite 8</b>	Aceite de oliva Snob	<b>0</b>
<b>Aceite 9</b>	Aceite de oliva La Española	<b>0</b>
<b>Manteca 1</b>	Manteca 3 Coronas	<b>0</b>
<b>Manteca 2</b>	Manteca Panicel	<b>0</b>
<b>Manteca 3</b>	Manteca La Sabrosa	<b>0</b>
<b>Manteca 4</b>	Manteca 3 Chanchitos	<b>0</b>
<b>Margarina 1</b>	Margarina Bonella	<b>0,86</b>
<b>Margarina 2</b>	Margarina Dorina	<b>0,86</b>
<b>Margarina 3</b>	Margarina Girasol	<b>0,87</b>
<b>Margarina 4</b>	Margarina Panicel	<b>0,89</b>
<b>Margarina 5</b>	Margarina Klar	<b>0,83</b>
<b>Margarina 6</b>	Margarina Regia	<b>0,85</b>
<b>Margarina 7</b>	Margarina Imperial	<b>0,91</b>

Tabla 3. 9: Porcentaje de ácido mirístico en muestras comerciales

<b>ACIDO MIRISTICO</b>		
<b>TIPO DE GRASA ALIMENTICIA</b>	<b>MARCA COMERCIAL</b>	<b>RESULTADO (%) ACIDO PRESENTE EN LA MUESTRA</b>
<b>Aceite 1</b>	Aceite de aguacate Mira	<b>0</b>
<b>Aceite 2</b>	Aceite de ajonjolí tostado	<b>0</b>
<b>Aceite 3</b>	Aceite de maíz Mazorca de Oro	<b>0</b>
<b>Aceite 4</b>	Aceite de soya ViviSoya	<b>0</b>
<b>Aceite 5</b>	Aceite de palma La Favorita	<b>0,98</b>
<b>Aceite 6</b>	Aceite de girasol Girasol	<b>0</b>
<b>Aceite 7</b>	Aceite de canola Vivi Canola	<b>0</b>
<b>Aceite 8</b>	Aceite de oliva Snob	<b>0</b>
<b>Aceite 9</b>	Aceite de oliva La Española	<b>0</b>
<b>Manteca 1</b>	Manteca 3 Coronas	<b>1,58</b>
<b>Manteca 2</b>	Manteca Panigel	<b>1,76</b>
<b>Manteca 3</b>	Manteca La Sabrosa	<b>2,13</b>
<b>Manteca 4</b>	Manteca 3 Chanchitos	<b>1,12</b>
<b>Margarina 1</b>	Margarina Bonella	<b>0,64</b>
<b>Margarina 2</b>	Margarina Dorina	<b>0,73</b>
<b>Margarina 3</b>	Margarina Girasol	<b>0,59</b>
<b>Margarina 4</b>	Margarina Panigel	<b>1,94</b>
<b>Margarina 5</b>	Margarina Klar	<b>0,69</b>
<b>Margarina 6</b>	Margarina Regia	<b>1,29</b>
<b>Margarina 7</b>	Margarina Imperial	<b>0,63</b>

Tabla 3. 10: Porcentaje de ácido esteárico en muestras comerciales

<b>ACIDO ESTEARICO</b>		
<b>TIPO DE GRASA ALIMENTICIA</b>	<b>MARCA COMERCIAL</b>	<b>RESULTADO (%) ACIDO PRESENTE EN LA MUESTRA</b>
<b>Aceite 1</b>	Aceite de aguacate Mira	<b>2,49</b>
<b>Aceite 2</b>	Aceite de ajonjolí tostado	<b>3,88</b>
<b>Aceite 3</b>	Aceite de maíz Mazorca de Oro	<b>3,02</b>
<b>Aceite 4</b>	Aceite de soya ViviSoya	<b>4,02</b>
<b>Aceite 5</b>	Aceite de palma La Favorita	<b>3,8</b>
<b>Aceite 6</b>	Aceite de girasol Girasol	<b>3,73</b>
<b>Aceite 7</b>	Aceite de canola Vivi Canola	<b>2,27</b>
<b>Aceite 8</b>	Aceite de oliva Snob	<b>2,57</b>
<b>Aceite 9</b>	Aceite de oliva La Española	<b>2,24</b>
<b>Manteca 1</b>	Manteca 3 Coronas	<b>21,68</b>
<b>Manteca 2</b>	Manteca Panigel	<b>26,59</b>
<b>Manteca 3</b>	Manteca La Sabrosa	<b>20,53</b>
<b>Manteca 4</b>	Manteca 3 Chanchitos	<b>20,05</b>
<b>Margarina 1</b>	Margarina Bonella	<b>5,33</b>
<b>Margarina 2</b>	Margarina Dorina	<b>4,82</b>
<b>Margarina 3</b>	Margarina Girasol	<b>5,1</b>
<b>Margarina 4</b>	Margarina Panigel	<b>3,19</b>
<b>Margarina 5</b>	Margarina Klar	<b>3,11</b>
<b>Margarina 6</b>	Margarina Regia	<b>2,37</b>
<b>Margarina 7</b>	Margarina Imperial	<b>3,3</b>

Tabla 3. 11: Recopilación de porcentajes de ácidos grasos presentes en muestras de grasas alimenticias analizadas

		AC. OLEICO	AC. LINOLEI CO	AC. LINOLEN ICO	AC. LAURICO	AC. MIRISTI CO	AC. ESTEARI CO	AC. PALMITI CO	AC. PALMITO LEICO
Aceite 1	Aceite de aguacate Mira	43,30	26	0	0	0	2,49	18,65	0,01
Aceite 2	Aceite de ajonjolí tostado	31,52	31,69	0,34	0	0	3,88	15,86	0,21
Aceite 3	Aceite de maíz Mazorca de Oro	24,39	46,48	2,02	0	0	3,02	13,25	0,41
Aceite 4	Aceite de soya ViviSoya	26,71	43,41	7	0	0	4,02	12,15	0
Aceite 5	Aceite de palma La Favorita	41,72	6,55	0	0	0,98	3,80	40,94	0
Aceite 6	Aceite de girasol Girasol	20,52	45,17	1,23	0	0	3,73	11,73	0
Aceite 7	Aceite de canola Vivi Canola	42,46	16,25	9,34	0	0	2,27	4,41	0,22
Aceite 8	Aceite de oliva Snob	61,23	7,71	2,1	0	0	2,57	15,06	1,29
Aceite 9	Aceite de oliva La Española	73,28	8,86	2,06	0	0	2,24	15,77	1,31
Manteca 1	Manteca 3 Coronas	48,00	8,53	0	0	1,58	21,68	2,74	3,16
Manteca 2	Manteca Panicel	42,52	6,65	0	0	1,76	26,59	2,37	3,17
Manteca 3	Manteca La Sabrosa	41,40	6,23	0	0	2,13	20,53	2,87	3,16
Manteca 4	Manteca 3 Chanchitos	45,75	7,12	0	0	1,12	20,05	3,1	3,14
Margarina 1	Margarina Bonella	30,57	13,94	1,6	0,86	0,64	5,33	20,72	1,28
Margarina 2	Margarina Dorina	32,68	12,87	2,34	0,86	0,73	4,82	18,75	1,25
Margarina 3	Margarina Girasol	34,72	14,9	1,72	0,87	0,59	5,10	13,87	1,28
Margarina 4	Margarina Panicel	28,52	12,36	1,76	0,89	1,94	3,19	19,47	1,23
Margarina 5	Margarina Klar	47,24	13,51	1,77	0,83	0,69	3,11	18,36	1,29
Margarina 6	Margarina Regia	38,67	13,25	2,59	0,85	1,29	2,37	18,68	1,25
Margarina 7	Margarina Imperial	30,80	15,74	2,21	0,91	0,63	3,30	21,35	1,24



## CONCLUSIONES

Después de realizar el presente trabajo investigativo para identificar a los ácidos grasos que se encuentran presentes en varias muestras de grasas alimenticias comercializadas en la ciudad de Cuenca se llega a las siguientes conclusiones:

- Para el desarrollo de la investigación fue necesario realizar la validación del método para, lo cual las muestras patrones fueron analizados por un laboratorio acreditado en Italia con la finalidad de determinar el grado de pureza de los mismos.
- Para generar los modelos, la caracterización de las 20 muestras comerciales, se realizó en función de los 8 ácidos grasos más conocidos. Por tanto se logró generar modelos individuales, cada uno con su respectivo  $R^2$  y  $R^2_{CV}$  en función del número de variables.
- De los 8 ácidos grasos analizados en las 20 muestras de grasas alimenticias se puede decir que las variables obtenidas permitieron representar los porcentajes de ácidos grasos presentes en las muestras de grasas comerciales analizadas.
- El método que fue utilizado para la determinación de ácidos grasos presentes en aceites, mantecas vegetales y margarinas es óptimo para realizar la respectiva cuantificación de los ácidos grasos en los alimentos estudiados. Por tanto los resultados reportados son confiables.
- Los resultados obtenidos en el caso de los aceites, indican que estos productos contienen mayor cantidad ácidos grasos omega 3, 6, 9 como son el ácido linolénico, ácido linoléico y ácido oleico respectivamente. Siendo más precisos, el ácido oleico se presenta con un porcentaje más alto en la muestra de aceite de oliva con un 73.28%, seguido del aceite de aguacate, de canola y palma con un 43, 42 y 41% respectivamente.
- Otros de los ácidos grasos presentes con un porcentaje considerable en la muestra de aceite de oliva es el ácido palmítico, mismo que fue determinado en la muestra de aceite de oliva con un 15%. En el caso del aceite de palma, uno de

los aceites de mayor consumo, contiene en porcentajes considerables el ácido oleico 41.72% y el ácido palmítico 40.94%; pero es escaso del ácido linolénico y ácido láurico.

- Los ácidos grasos cuya presencia en las muestras de mantecas vegetales analizadas es nula son los ácidos láurico, mirístico.
- Respecto a las mantecas vegetales, los cuatro tipos de marcas analizadas, presentan porcentajes muy relacionados entre sí. La manteca vegetal Tres Coronas presenta un 48% de ácido oleico, 8.53% ácido linoléico, ácido mirístico 1.58%, ácido esteárico 21.68%, ácido palmítico 2.74%, ácido palmitoleico 3.16%, y no es detectable los ácidos linolénico y ácido láurico.
- Para el caso de las margarinas, los resultados obtenidos indican que los siete tipos de muestras comerciales de margarinas contienen a los ocho ácidos grasos base de este estudio en diferentes proporciones, siendo mayoritario el porcentaje de ácido oleico 47.24%, ácido linoléico 13.51% así como también está el ácido palmítico 18.36%. En pequeñas trazas se encuentran los ácidos láurico 0.83%, ácido mirístico 0.69%, ácido palmitoleico 1.29%. Los porcentajes expuestos son específicamente de la muestra de margarina Klar.
- Cabe indicar, que la base de porcentajes expuestos en la tabla 34 debe ser ajustada una suma total de ácidos grasos por muestra de un 100%. Pero en nuestro caso estos son porcentajes promediales relativamente cercano al 100%; por lo tanto, muchos de estos llegan a ser trazas indetectables ante el equipo empleado.
- En base a los resultados obtenidos, el método empleado de espectrometría infrarroja sirvió para poder caracterizar y cuantificar a los ácidos grasos saturados, insaturados y poli insaturados que están presentes en las muestras de grasas comestibles, y a su vez establecer el grado de confianza del estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACCEFYN. (Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales). 2007. Duarte, J., Morales, F., & Sereno, M. Academia Colombiana de Ciencia. Caracterización de membranas termoneumáticas mediante interferometría óptica. Colombia. Obtenido de internet (en línea) <[http://www.accefyn.org.co/revista/Vol\\_31/118/79-87.PDF](http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_31/118/79-87.PDF)>
- Astiasarán, I., & Martínez, A. 2005. *ALIMENTOS Composición y Propiedades* (Segunda en español ed.). Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana de España, S. A. U.
- Badui, S. 2006. *Química de los Alimentos* (CUARTA EDICIÓN ed.). Naucalpan de Juárez, Mexico : PEARSON EDUCACIÓN.
- Bressani, R. 2009. La Composición Química, Capacidad Antioxidativa y Valor Nutritivo de la Semilla de Variedades de Aguacate. Tesis de Dr. Universidad del valle de Guatemala. -UVG Guatemala.
- CCIQS.UAEM. UNAM (Centro Conjunto de Investigación en Química sustentable). 2016. Cruz, L. Espectroscopía de Infrarrojo/ATR. Obtenido de internet (en línea) <[http://www.cciqs.unam.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=113&Itemid=86](http://www.cciqs.unam.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=113&Itemid=86)>
- CEM. (Centro Español de Metrología). 2015. Sánchez, L. Sistemas para la colimación de haces de luz. Obtenido de internet. (en línea). <<http://www.cem.es/actualidad/d%C3%ADa-mundial-de-la-metrolog%C3%ADa-jornada-%E2%80%9C-la-metrolog%C3%AD-y-la-luz-en-la-industria%E2%80%9D>>
- De la Mata, P. 2011. APLICABILIDAD DE LA CROMATOGRFÍA LÍQUIDA Y ESPECTROMETRÍA VIBRACIONAL PARA DESARROLLAR MODELOS MULTIVARIANTES PARA LA DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE ACEITE DE OLIVA EN MEZCLAS DE ACEITES VEGETALES. Tesis Doctoral. Granada, España. Obtenido de internet (en línea) <<http://0-hera.ugr.es.adrastea.ugr.es/tesisugr/19710276.pdf>>
- FAO. (Food and Agriculture Organization). 1997. Composición de las grasas alimenticias. En O. d. Agricultura, *Grasas y aceites en la nutrición humana*. Roma, Italia.
- FAO, & FINUT. (Food and Agriculture Organization. Fundación Iberoamericana de Nutrición). 2008. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. Consulta de expertos.

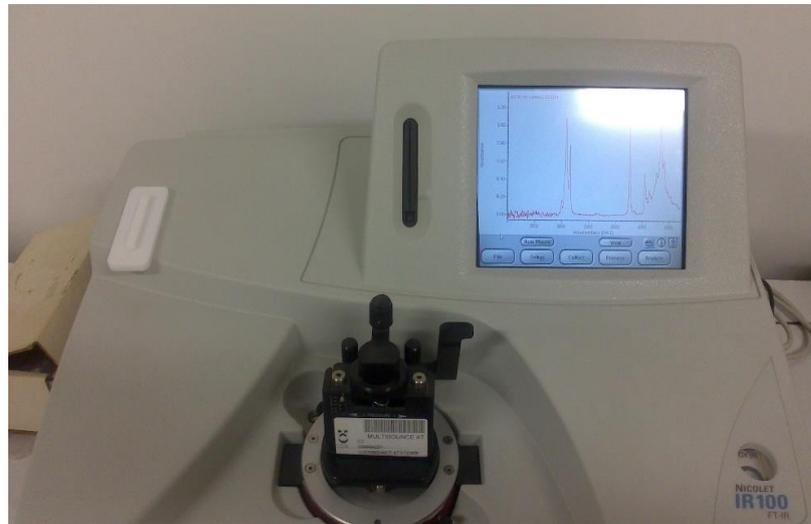
- FAO/OMS. (Food and Agriculture Organization. Organización Mundial de la Salud). 1997. Grasas y aceites en la nutrición humana.FAO/OMS.
- Guillén, M. F. 2014. *Análisis de Regresión Múltiple* (Segunda edición ed.). Madrid: Consejo Editorial de la colección Cuadernos Metodológicos. Obtenido de internet (en línea) <[https://books.google.com.ec/books?id=qvmzBAAAQBAJ&dq=Transformaci%C3%B3n+de+Variables+Aleatorias+y+Modelos+de+Regresi%C3%B3n&lr=&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.ec/books?id=qvmzBAAAQBAJ&dq=Transformaci%C3%B3n+de+Variables+Aleatorias+y+Modelos+de+Regresi%C3%B3n&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s)>
- Hidalgo, T. 2014. Tablas Composición Acidos Grasos. Obtenido de internet (en línea) <<https://hidalgotomasth.files.wordpress.com/2014/09/aceite-tablas-composicion-acidos-grasos.pdf>>
- IJMS. (International Journal of Molecular Sciences) 2015. Orsavova, J., Misurcova, L., Vavra, J., Vicha, R., & Mlcek,. Fatty Acids Composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. *International Journal of Molecular Sciences ISSN 1422-0067*. Obtenido de internet. (en línea) [www.mdpi.com/journal/ijms](http://www.mdpi.com/journal/ijms)
- JHED (Journal of Hygienic Engineering and Design ). Kostk, V., Memeti, S., & Bauer, B. (s.f.). Fatty Acid Composition of Edible Oils and Fats. *J*. Obtenido de internet (en línea) <<http://eprints.ugd.edu.mk/11460/1/06.%20Full%20paper%20-%20Vesna%20Kostik%202.pdf>>
- Lerma, M. 2011. *DESARROLLO DE MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN Y AUTENTIFICACIÓN DE ACEITES DE OLIVA Y DE OTROS ACEITES VEGETALES*. Tesis Doctoral Química Analítica. Universidad de Valencia. España.
- Lin, M., Rasco, B., Cavinato, A., & Al-Holy, M. 2009. Infrared (IR) Spectroscopy- Near- Infrared Spectroscopy and Mid-Infrared Spectroscopy. En D.-W. Sun, *INFRARED SPECTROSCOPY FOR FOOD QUALITY ANALYSIS AND CONTROL*. Dublin.
- L.T.I. (Laboratorio de Técnicas Instrumentales UVA). 2016. Ozores, M. Obtenido de internet (en línea) <<http://laboratorioteccnicasinstrumentales.es/analisis-quimicos/cromatografa-de-lquidos-hplc>>
- MAGRAMA. (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). 2015. Manteca de Cerdo. *Aceites y Grasas*. Gobierno de España. España.
- Medina, J. 2014. Determinación de contenido de ácido oleico, linoleico, linolénico, t trans-elaídico en margarinas, aceites y mayonesas por cromatografía de gases. Tesis de Ingeniero Químico. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

- Melgar, M. 2009. DESARROLLO DE UN MÉTODO QUIMIOMÉTRICO ACOPLADO FTIR-HATR PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PRINCIPALES PROPIEDADES QUÍMICAS DEL QUESO PANELA. Tesis de Maestro en Ciencias de Alimentos. Instituto Politécnico Nacional. Mexico DF, Mexico.
- Núñez, C. 2008. *Extracciones con Equipo Soxhlet*. Obtenido de internet (en línea) <<http://www.cenunez.com.ar/>>
- Raymond, P., & Scott, W. 1988. *ANALYTICAL SPECTROSCOPY*. Obtenido de internet (en línea). the Analytical Chemist: <<http://www.analyticalspectroscopy.net/ap3-8.htm>>
- Rincón, M. (2009). Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. Volumen 30. Número 2. Obtenido de internet. (en línea). <<http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1432/1432>>
- SCIELO (Scientific Electronic Library Online). Díaz, J., Muñoz, J., & Sierra, C. 2007. Factores de riesgo para Enfermedad Cardiovascular en Trabajadores de una Institución Prestadora de Servicios de Salud, Colombia. *Scielo*. Obtenido de internet (en línea) <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-00642007000100008&lng=es&nrmhttp](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642007000100008&lng=es&nrmhttp)>
- SCIELO. (Scientific Electronic Library Online). 2003. Alciaturi, C., Escobar, M., De la Cruz, C., & Rincón, C. . Partial least squares (PLS) regression and its application to coal analysis..
- SCIELO (Scientific Electronic Library Online). 2003. Nasiff-Hadad, A., & Meriño-Ibarra, E. Ácidos grasos omega-3: pescados de carne azul y concentrados de aceites de pescado. Lo bueno y lo malo. *Revista Cubana de Medicina*, 128 - 133.
- SCIELO. (Scientific Electronic Library Online). 2012. Salgado, G., Gómez, J., & Salazar, A. Evaluación del proceso de extracción de aceite de aguacate hass (Persea Americana Mill) utilizando tratamiento enzimático. *LASALLISTA DE INVESTIGACIÓN*, 139. Obtenido de internet. (en línea). <<http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v9n2/v9n2a15.pdf>>
- SCIELO. (Scientific Electronic Library Online). 2009. Scherr, C., & Ribeiro, J. Grasas en Lácteos, Huevos, Margarinas y aceites: Implicaciones para la aterosclerosis. Rio de Janeiro, Brasil. Obtenido de internet. (en línea). <[http://www.scielo.br/pdf/abc/v95n1/es\\_aop07310.pdf](http://www.scielo.br/pdf/abc/v95n1/es_aop07310.pdf)>

- Subramanian, A., & Rodriguez-Saona, L. 2009. Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. En D. SUN, *INFRARED SPECTROSCOPY FOR FOOD QUALITY ANALYSIS AND CONTROL*,. Dublin: Elsevier., 154-156
- UCR. (Portal de Revistas Académicas. Universidad de Costa Rica). 2010. Vega, J., & Guzmán, J. Regresión PLS y PCA como solución al problema de multicolinealidad en regresión múltiple. *Revista de Matemática Teoría y Aplicaciones*. Volumen 18(1). Obtenido de internet. (en línea). <<http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/matematica/article/view/2111/2074>>
- Zamora, M. 2007. LAS DIETAS ALIMENTICIAS Y SU RELACIÓN CON LOS PROBLEMAS CARDIOVASCULARES POR CONSUMO DE GRASAS SATURADAS. Tesis de Ingeniero en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Tungurahua, Ecuador.

## ANEXOS

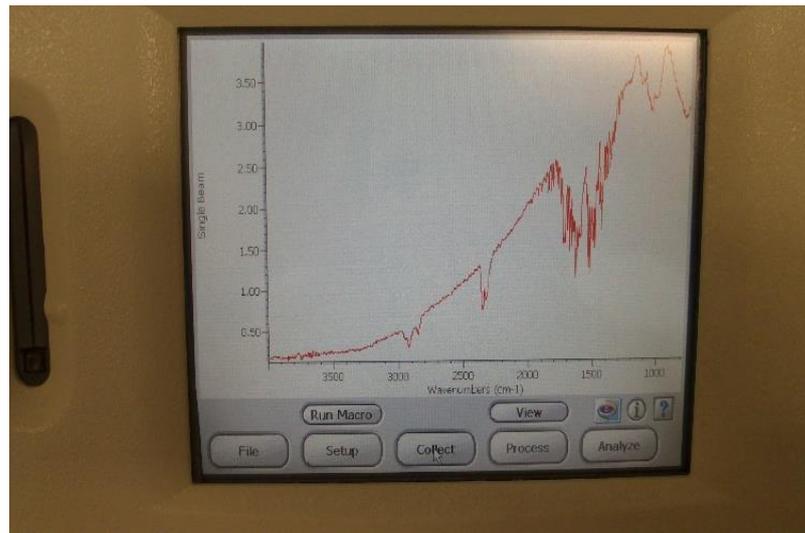
### Anexo 1. Equipo Espectrofotómetro Infrarrojo



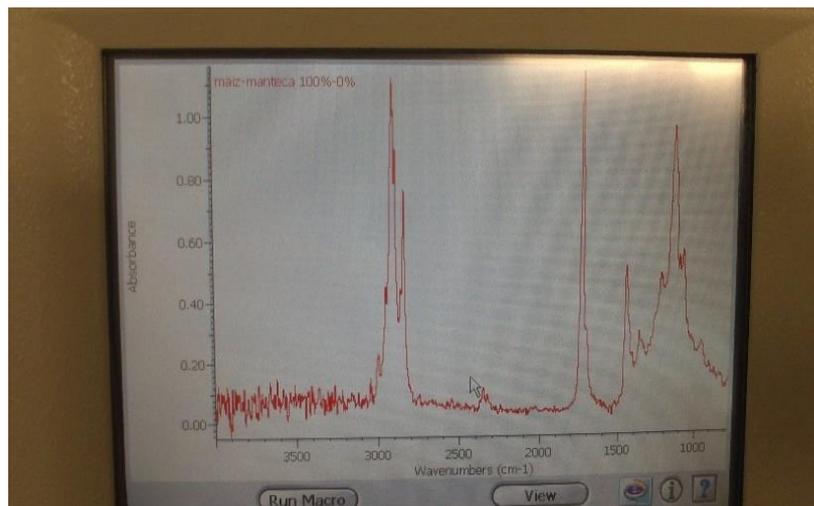
### Anexo 2. Placa Multibounce ATR Comb



Anexo 3. Lectura de calibración



Anexo 4. Lectura del espectro en análisis



Anexo 5. Tipos de muestras de aceites comerciales



Anexo 6. Tipos de muestras de aceites comerciales



Anexo 7. Tipos de muestras de margarinas comerciales



Anexo 8. Tipos de muestras de mantecas vegetales comerciales



Anexo 9. Toma de muestras de margarinas comerciales



Anexo 10. Muestras de margarinas sometidas a tratamiento térmico (eliminación de agua).

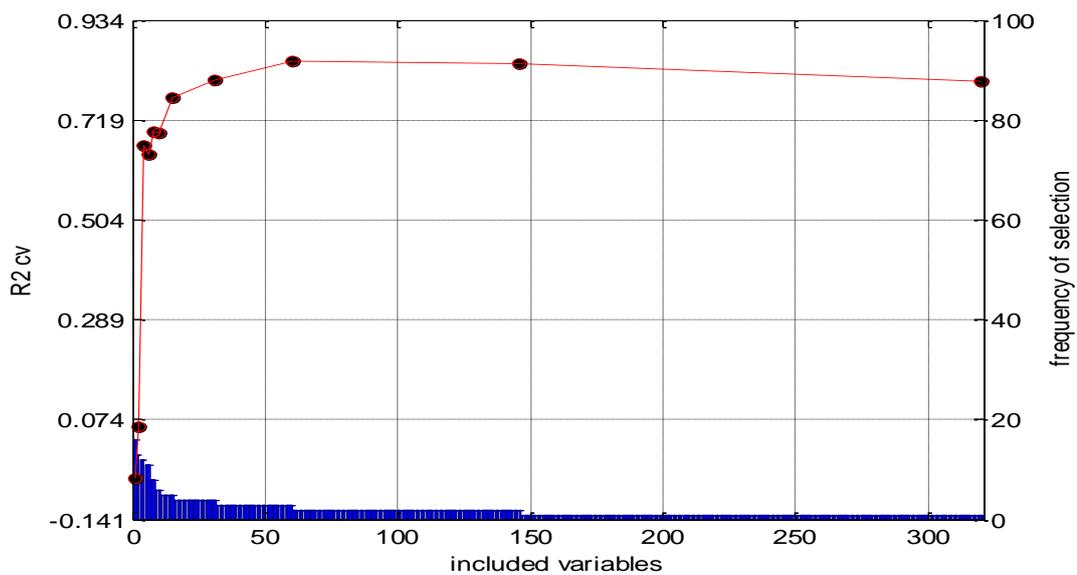


## Anexo 11. Composición de ácidos grasos de varias grasas y aceites comestibles

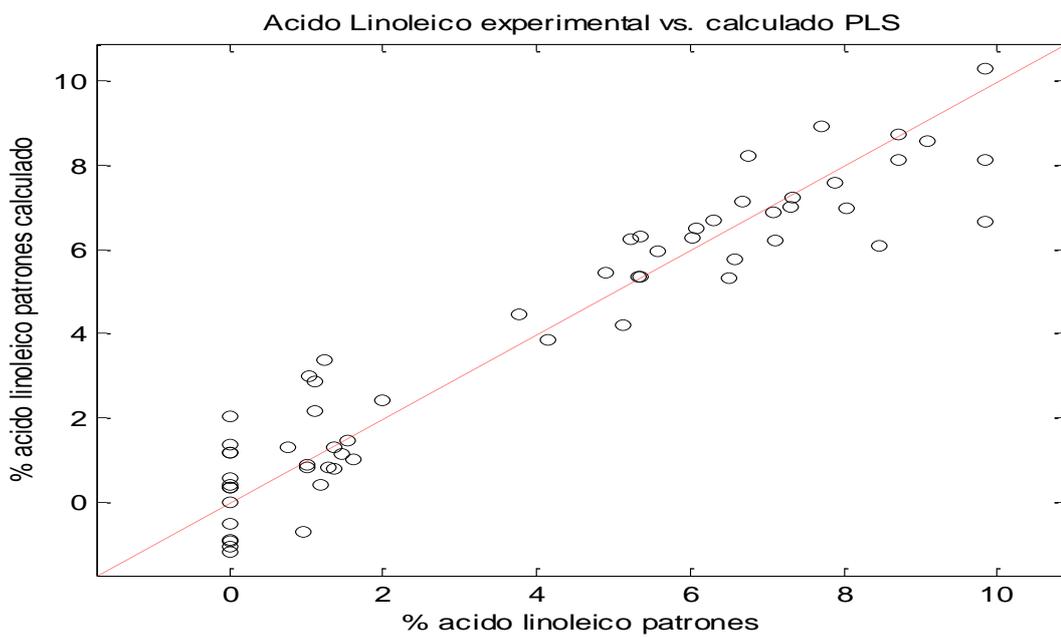
Aceite o Grasa	Proporción Inst./Sat.	Saturada					Mono-insaturada	Poli-insaturada	
		Ácido Cáprico C10:0	Ácido Láurico C12:0	Ácido Mirístico C14:0	Ácido Palmítico C16:0	Ácido Esteárico C18:0	Ácido Oleico C18:1	Ácido Linoleico (omega 6) C18:2	Ácido alfa-linolénico (omega 3) C18:3
aceite de almendra	9,7	-	-	-	7	2	69	17	-
sebo vacuno	0,9	-	-	3	24	19	43	3	1
mantequilla (vacuna)	0,5	3	3	11	27	12	29	2	1
grasa de leche (cabra)	0,5	7	3	9	25	12	27	3	1
grasa de leche (humana)	1	2	5	8	25	8	35	9	1
aceite de canola	15,7	-	-	-	4	2	62	22	10
mantequilla de cacao	0,6	-	-	-	25	38	32	3	-
aceite de hígado de bacalao	2,9	-	-	8	17	-	22	5	-
aceite de coco	0,1	6	47	18	9	3	6	2	-
aceite de maíz	6,7	-	-	-	11	2	28	58	1
aceite de algodón	2,8	-	-	1	22	3	19	54	1
aceite de linaza	9	-	-	-	3	7	21	16	53
aceite de semillas de uva	7,3	-	-	-	8	4	15	73	-
manteca de cerdo	1,2	-	-	2	26	14	44	10	-
aceite de oliva	4,6	-	-	-1	13	3	71	10	1
aceite de palma	1	-	-	1	45	4	40	10	-
oleína de palma	1,3	-	-	16	37	4	46	11	-
aceite de palmiste	0,2	4	48	-	8	3	15	2	-
aceite de cacahuate	4	-	-	-	11	2	48	32	-
aceite de cártamo	10,1	-	-	-	7	2	13	78	-
aceite de sésamo	6,6	-	-	-	9	4	41	45	-
aceite de soja	5,7	-	-	-	11	4	24	54	7
aceite de girasol	7,3	-	-	-	7	5	19	68	1
aceite de nuez	5,3	-	-	-	11	5	28	51	5

Fuente: (Hidalgo, 2014)

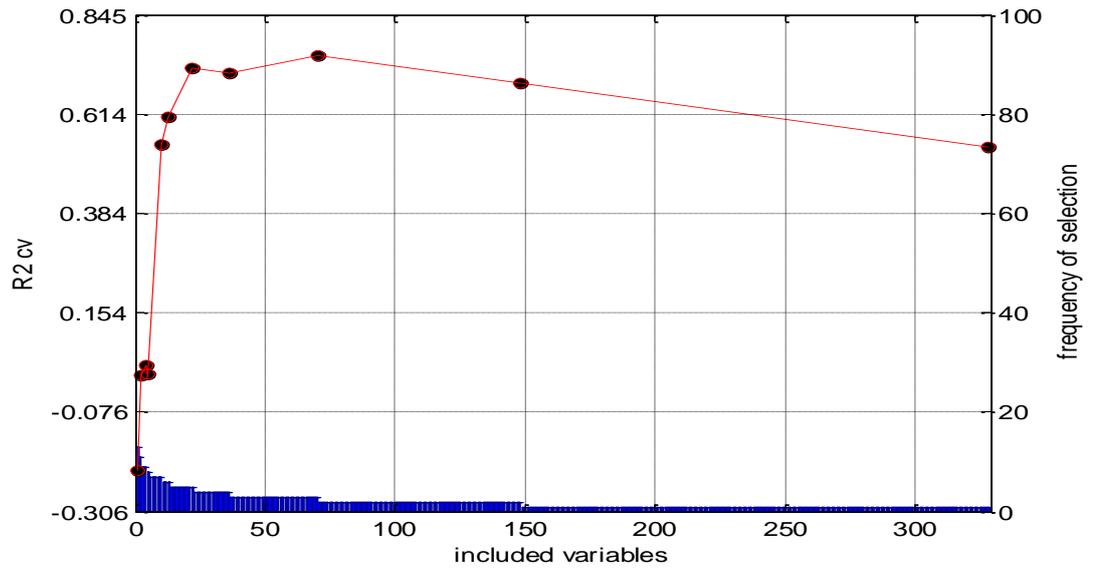
Anexo 12. Ácido Linoléico



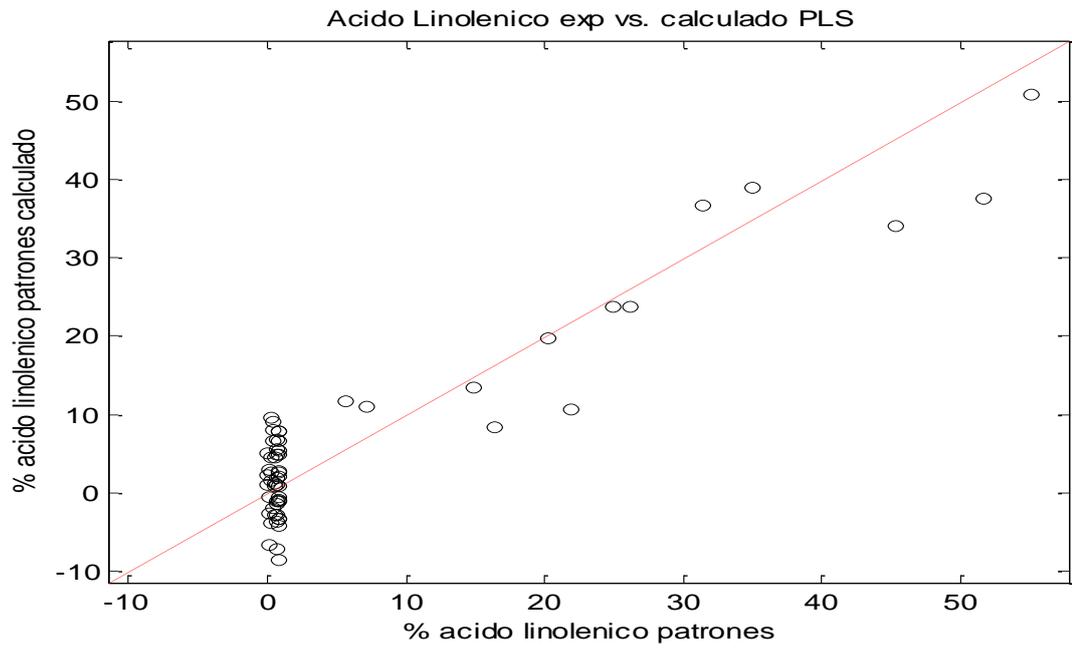
Anexo 13. Ácido Linoléico



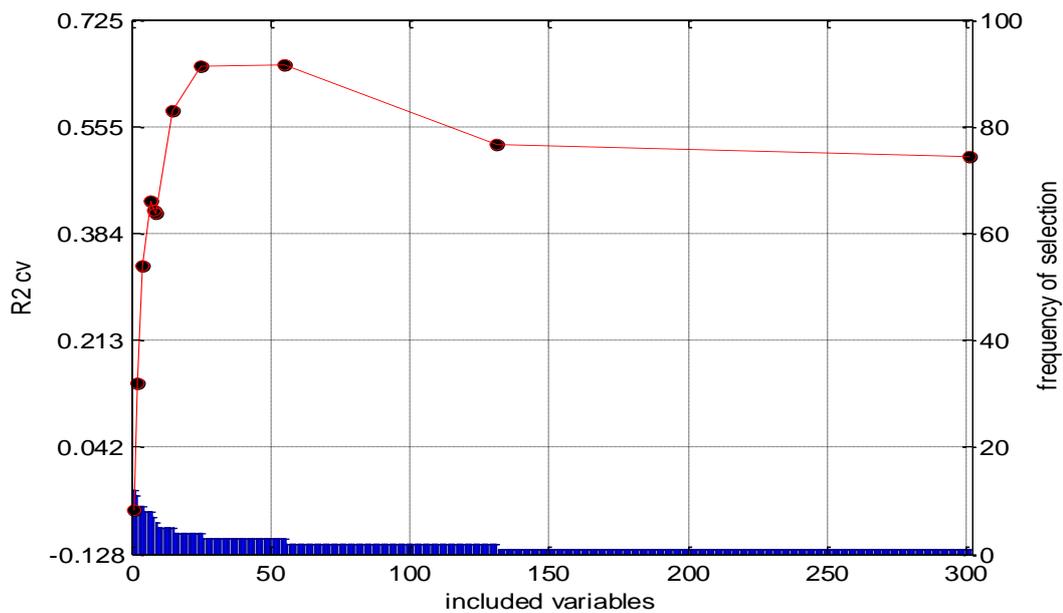
Anexo 14. Ácido Linolénico



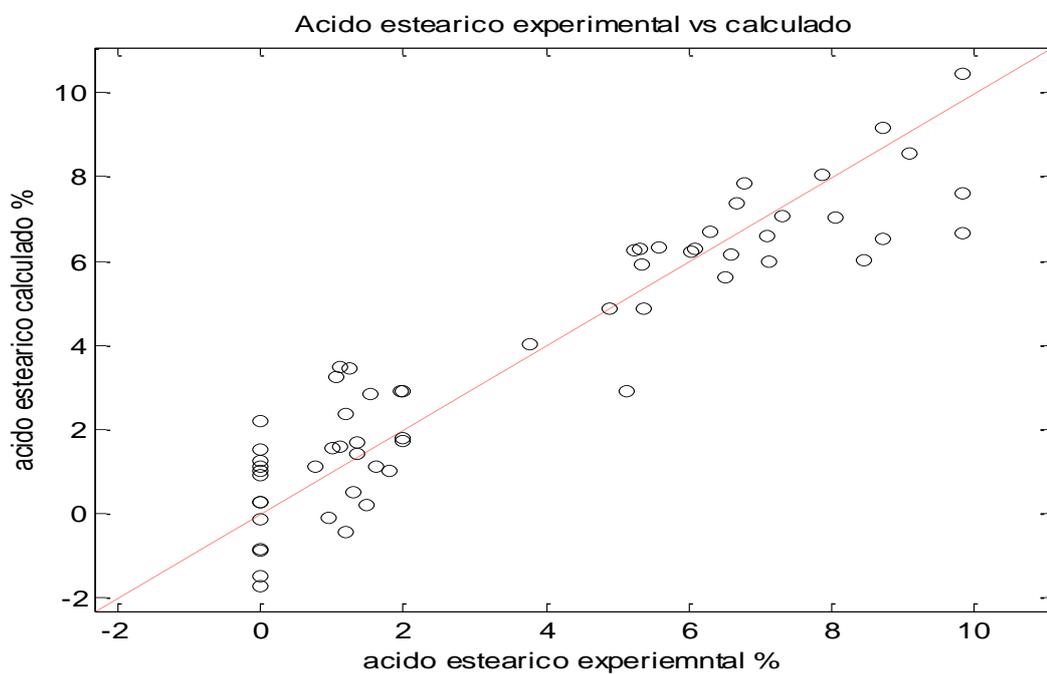
Anexo 15. Ácido Linolénico



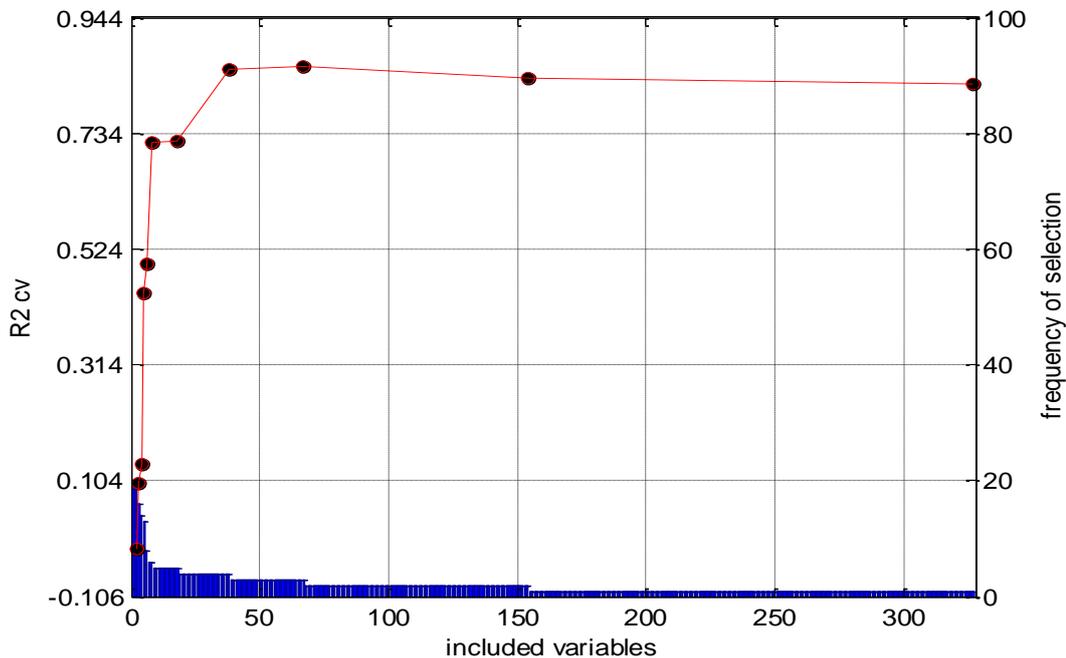
Anexo 16. Acido Esteárico



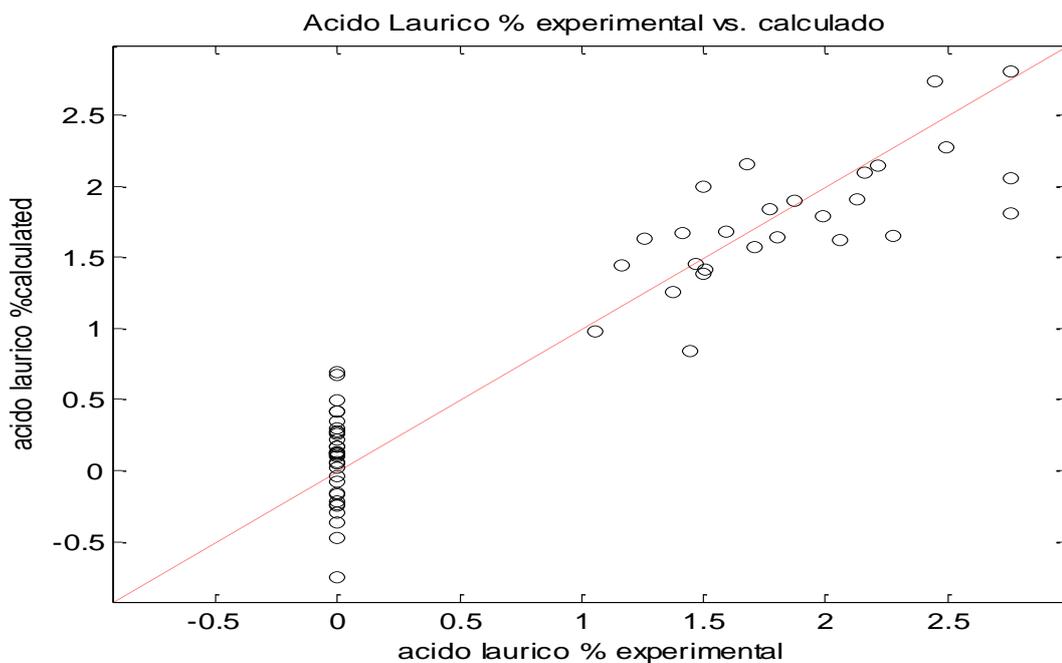
Anexo 17. Acido Esteárico



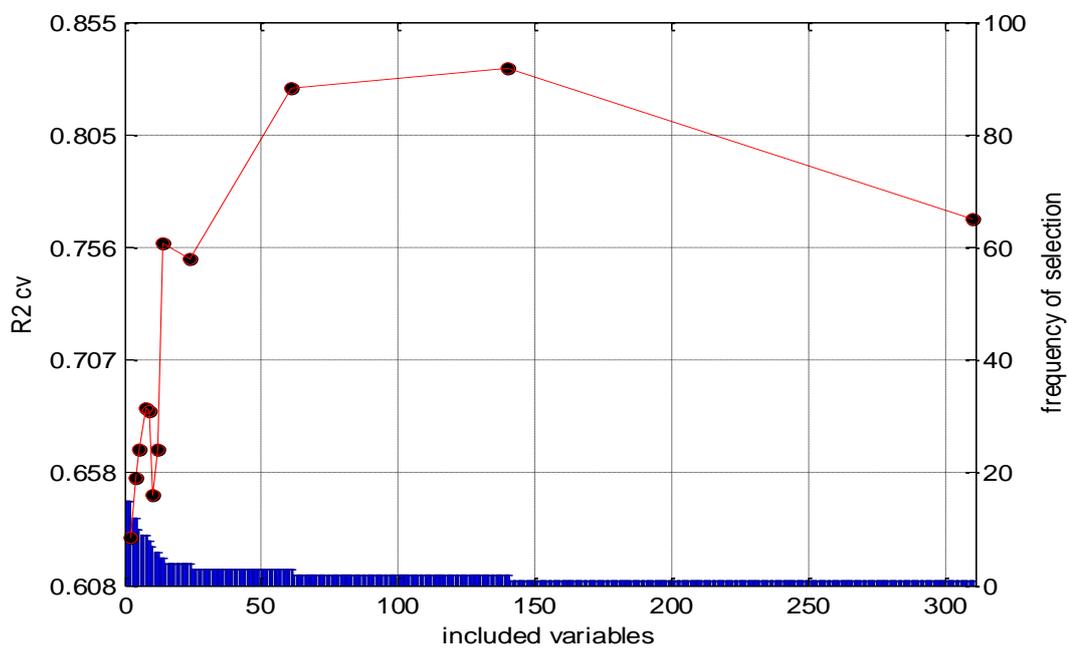
Anexo 18. Ácido Láurico



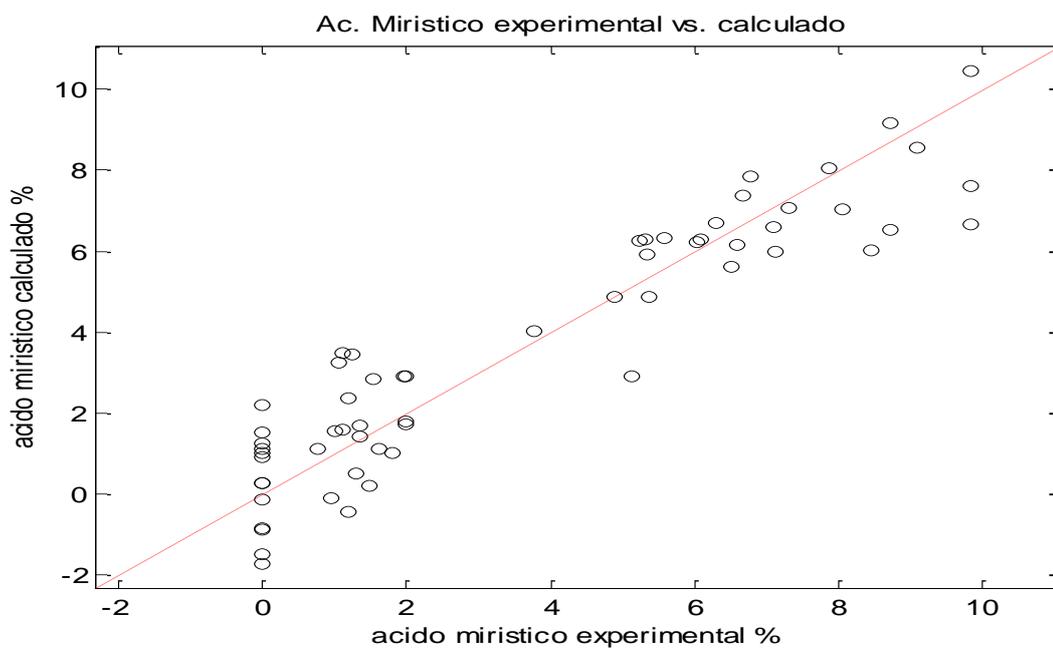
Anexo 19. Ácido Láurico



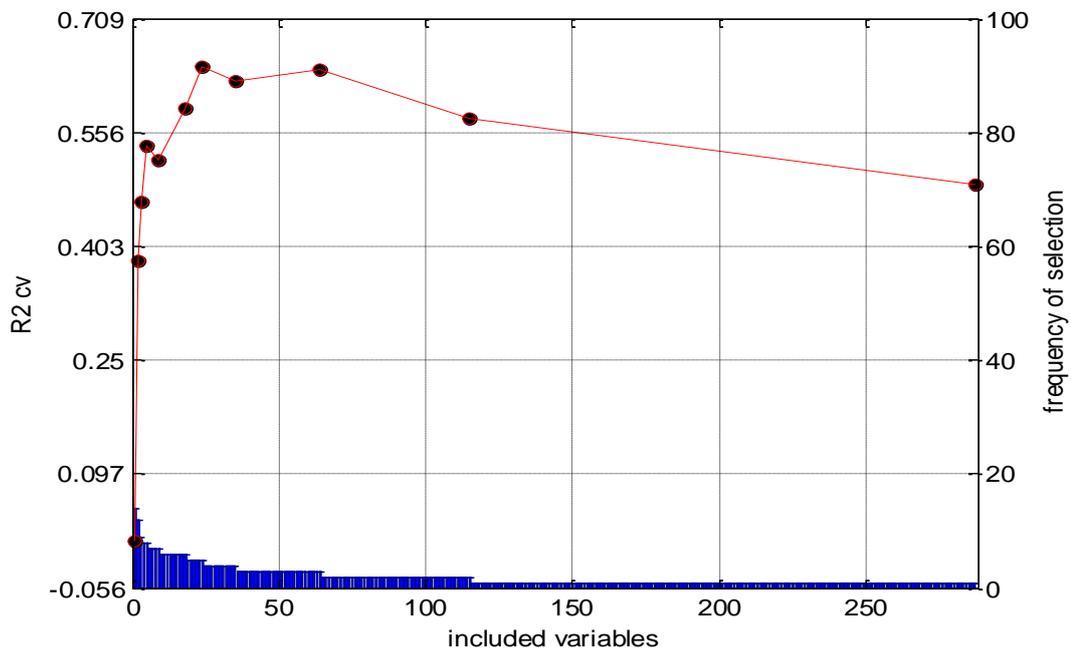
Anexo 20. Ácido Mirístico



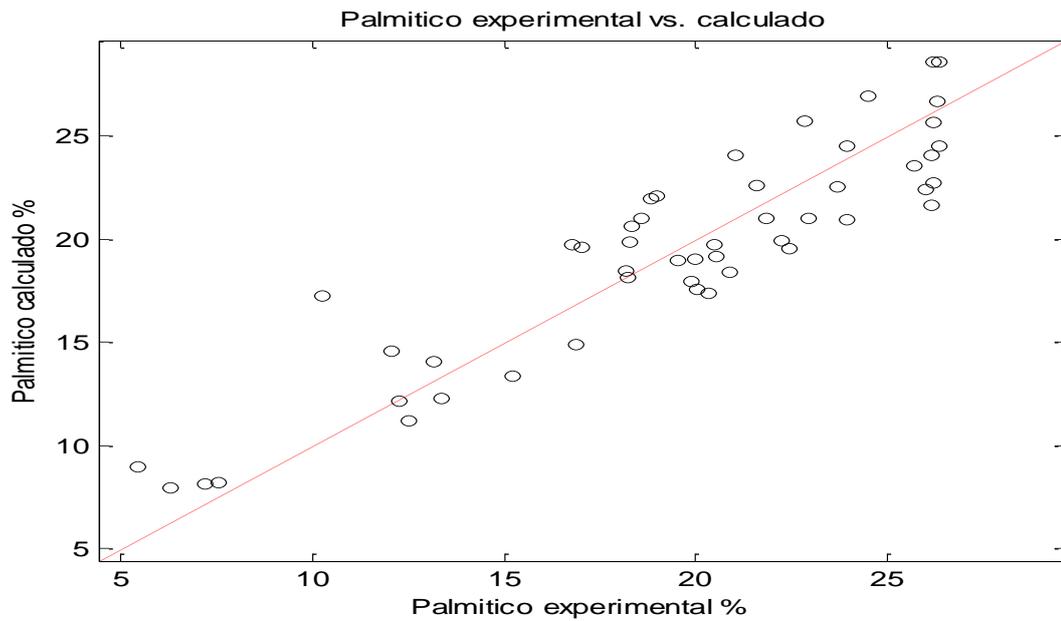
Anexo 21. Ácido Mirístico



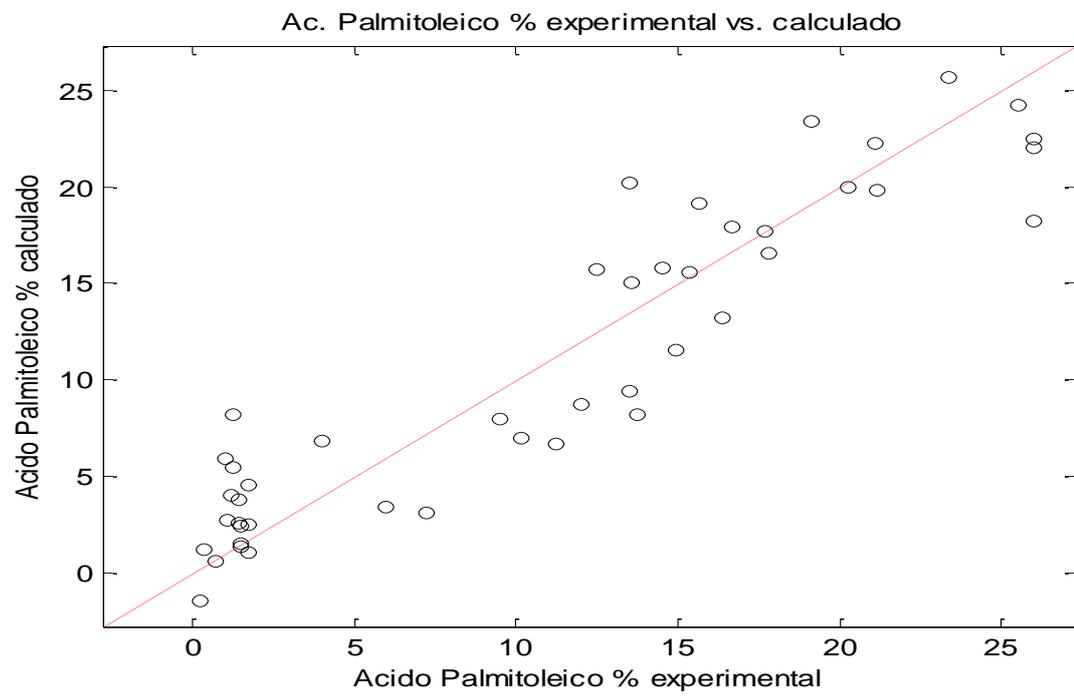
Anexo 22. Acido Palmítico



Anexo 23. Acido Palmítico



## Anexo 24. Ácido palmitoleico



Anexo 25. Tabla de variables seleccionadas, correspondientes a los ácidos grasos analizados

	<b>AC. OLEICO</b>	<b>AC. LINOLEICO</b>	<b>AC. LINOLENICO</b>	<b>AC. LAURICO</b>	<b>AC. MIRISTICO</b>	<b>AC. ESTEARICO</b>	<b>AC. PALMITICO</b>	<b>AC. PALMITOLEICO</b>
Nº	Variables Seleccionadas							
1	966	964	1390	966	968	1766	1442	964
2	842	966	1388	970	1135	1454	1471	962
3	968	1438	917	964	964	1432	1438	966
4	844	1440	921	971	1133	1442	1402	968
5	846	968	927	968	971	1430	1432	862
6	956	970	842	962	966	1434	1430	1469
7	960	962	919	917	1132	1706	1434	863
8	964	971	1335	1444	1442	1078	1444	1465
9	975	1400	1386	923	973	1438	1452	970
10	848	1402	1394	991	1137	989	1209	1324
11	917	977	840	993	1438	1211	1213	1209
12	962	1398	900	1027	1444	1332	1292	835
13	813	1434	937	1351	1340	1336	1311	960
14	854	1442	838	1398	1403	1710	1315	1207
15	973	1558	846	1400	954	1712	1340	1461
16	977	925	848	1442	962	867	1428	1536
17	1207	937	933	1708	970	985	1436	829
18	1415	960	954	1731	977	1195	1440	860
19	850	973	956	931	1182	1226	954	902
20	898	975	1427	973	1299	1253	1373	1348
21	927	981	1697	1276	1400	1403	1392	1467
22	950	1018	1716	1278	1434	1405	1400	1567
23	970	1195		1282	1440	1452	1581	1745
24	971	1240		1396	1714	1469	1689	
25	1197	1382		1402	916	1722		
26	1270	1405		1403	917	808		
27	1297	1436		1419	923	875		
28	1440	1614		1427	960	917		
29	1452	1704		1436	975	964		
30	1473	1710		1440	1054	975		
31	813	1720		1452	1062	987		
32	852	802		1454	1064	1072		
33	856	908		1455	1070	1205		
34	858	916		1459	1072	1220		
35	890	919		1681	1079	1236		
36	916	939		1706	1114	1274		
37	931	948		1718	1120	1280		
38	985	987		1783	1139	1288		
39	989	1041		889	1186	1311		
40	998	1062		890	1230	1340		
41	1000	1068		960	1249	1353		
42	1025	1103		1004	1255	1359		
43	1079	1110		1058	1270	1375		
44	1112	1137		1099	1274	1400		
45	1147	1245		1288	1286	1425		
46	1216	1249		1357	1292	1428		
47	1234	1253		1361	1295	1436		
48	1290	1274		1363	1313	1471		
49	1324	1319		1369	1348	1554		
50	1403	1380		1411	1351	1560		
51	1407	1388		1413	1336	1627		
52	1411	1452		1432	1371	1635		
53	1417	1457		1434	1407	1685		
54	1421	1484		1438	1430	1704		
55	1438	1513		1448	1432	1718		
56	1454	1542		1450	1515			
57	1664	1594		1469	1529			
58	1670	1706		1502	1646			
59	1671	1708		1515	1658			
60	1697	1778		1542	1704			
61	1708			1563	1729			
62				1589				
63				1592				
64				1606				
65				1691				
66				1695				
67				1739				

Anexo 26. Tabla de número de componentes de cada ácido graso analizado.

	<b>Número de Componentes</b>
AC. OLEICO	8
AC. LINOLEICO	6
AC. LINOLENICO	7
AC. PALMITICO	3
AC. PALMITOLEICO	6
AC. LAURICO	4
AC. MIRISTICO	4
AC. ESTEARICO	6

## Anexo 27. Resultados porcentuales de ácidos grasos del aceite de linaza



**INNOVHUB**  
STAZIONI SPERIMENTALI  
PER L'INDUSTRIA

Innovazione e ricerca



STAZIONE SPERIMENTALE  
PER LE INDUSTRIE DEGLI OLI  
E DEI GRASSI

SEDE OPERATIVA:  
Via G. Colombo, 79 - 20133 Milano  
Tel +39 02.7064971 - Fax +39 02.2363953  
info@ssog.it - www.ssoq.it  
P.IVA 05121060965 - C.F. 97425580162

**Anticipazione risultati cui seguirà Rapporto di Prova**  
**Innovhub - SSI non si assume nessuna responsabilità per l'uso anticipato dei risultati**

Rapporto di prova n°: **15LA04787**

Committente

**TRIPALDI PIERCOSIMO**

**MESALOMA KM.1**

**AZUAZ CUENA - ECUADOR**

*Dati del campione*

Data accettazione: 03/09/2015

Data inizio prove: 03/09/2015

Data fine prove: 07/09/2015

Data emissione:

Descrizione: **OLIO VEGETALE**

Etichetta: **G1**

Imballaggio: **contenitore di PP**

Sigilli: **assenti**

Campionamento eseguito da: **Ciente**

Prova Metodo	Unità di misura	Risultato
Preparazione dei metil esteri <i>ISO 12966-2:2011</i>		
ESTERI METILICI DEGLI ACIDI GRASSI <i>ISO 6526:1990 + ISO 12966-2:2011</i>		
Acido miristico	%	0,05
Acido pentadecanoico	%	0,02
Acido palmitico	%	5,36
Acido palmitoleico	%	0,09
Acido eptadecanoico	%	0,05
Acido eptadecenoico	%	0,04
Acido stearico	%	3,66
Acido oleico	%	20,50
Acido linoleico	%	13,54
Acido linolenico	%	56,28
Acido arachico	%	0,13
Acido eicosenoico	%	0,13
Acido beenico	%	0,08
Acido lignocerico	%	0,07

## Anexo 28. Resultados porcentuales de ácidos grasos del aceite de oliva



INNOVHUB  
STAZIONI SPERIMENTALI  
PER L'INDUSTRIA

Innovazione e ricerca

SSOG

STAZIONE SPERIMENTALE  
PER LE INDUSTRIE DEGLI OLII  
E DEI GRASSI

SEDE OPERATIVA:  
Via G. Colombo, 79 - 20133 Milano  
Tel +39 02 7064971 - Fax +39 02 2363955  
info@ssog.it - www.sog.it  
P.IVA 05121060965 - C.F. 97425580152

**Anticipazione risultati cui seguirà Rapporto di Prova**  
**Innovhub - SSI non si assume nessuna responsabilità per l'uso anticipato dei risultati**

Rapporto di prova n°: **15LA04788**

Committente

**TRIPALDI PIERCOSIMO**

*Dati del campione*

**MESALOMA KM.1**

**AZUAZ CUENA - ECUADOR**

Data accettazione: 03/09/2015

Data inizio prove: 03/09/2015

Data fine prove: 07/09/2015

Data emissione:

Descrizione: **OLIO VEGETALE**

Etichetta: **63**

Imballaggio: **contenitore di PP**

Sigilli: **assenti**

Campionamento eseguito da: **Cliente**

Prova Metodo	Unità di misura	Risultato
Preparazione dei metil esteri <i>ISO 12966-2:2011</i> ESTERI METILICI DEGLI ACIDI GRASSI <i>ISO 6608:1990 + ISO 12966-2:2011</i>		
Acido palmitico	%	10,26
Acido palmitoleico	%	0,81
Acido eptadecanoico	%	0,05
Acido eptadecenoico	%	0,08
Acido stearico	%	3,46
Acido oleico	%	79,35
Acido linoleico	%	3,99
Acido linolenico	%	0,60
Acido arachico	%	0,40
Acido eicosenoico	%	0,25
Acido behenico	%	0,10
Acido lignocerico	%	0,05
Acido tetracosenoico	%	0,60

## Anexo 29. Resultados porcentuales de ácidos grasos de la margarina



INNOVHUB  
STAZIONI SPERIMENTALI  
PER L'INDUSTRIA

Innovazione e ricerca

SSOG

STAZIONE SPERIMENTALE  
PER LE INDUSTRIE DEGLI OLI  
E DEI GRASSI

SEDE OPERATIVA:  
Via G. Colombo, 70 - 20133 Milano  
Tel +39 (0)27064971 - Fax +39 (0)2303993  
Info: info@ssog.it - www.innovhub-ssog.it  
Email: info@ssog.it - P.0. 02/7064971



ACCREDIA  
LABORATORIO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 0127

Rapporto di prova n°: 15LA04789

Committente

TRIPALDI PIERCOSIMO

MESALOMA KM.1  
AZUAZ CUENA - ECUADOR

Dati del campione

Data accettazione: 03/09/2015

Data inizio prove: 03/09/2015

Data fine prove: 07/09/2015

Data emissione:

Descrizione: OLIO VEGETALE

Etichetta: 65

Imballaggio: contenitore di PP

Sigilli: assenti

Campionamento eseguito da: Cliente

Prova Metodo	Unità di misura	Risultato
* Preparazione dei metil esteri ISO 12966-2:2011		
* ESTERI METILICI DEGLI ACIDI GRASSI ISO 8608:1990 + ISO 12966-2:2011		
Acido capronico	%	1,63
Acido caprilico	%	1,03
* Acido caprico ISO 8608:1990	%	2,14
* Acido laurico	%	2,76
* Acido miristico	%	9,83
* Acido miristoleico	%	1,05
Acido pentadecanico ramificato (iso)	%	0,38
Acido pentadecanico ramificato (anteiso)	%	0,62
* Acido pentadecanico	%	1,21
Acido palmitico ramificato	%	0,27
* Acido palmitico	%	26,32
* Acido palmitoleico	%	1,71
Acido eptadecanico ramificato (iso)	%	0,60
Acido eptadecanico ramificato (anteiso)	%	0,52
* Acido eptadecanico	%	0,64
* Acido eptadecosenoico	%	0,36
* Acido stearico	%	13,07
* Acido oleico	%	29,15
* Acido linoleico	%	1,68
* Acido linolenico	%	0,85
* Acido arachico	%	0,22
* Acido eicosenoico	%	0,30
* Non identificati	%	3,65

## Anexo 30. Resultados porcentuales de ácidos grasos del aceite de maíz



INNOVHUB  
STAZIONI SPERIMENTALI  
PER L'INDUSTRIA

Innovazione e ricerca

SSOG

STAZIONE SPERIMENTALE  
PER LE INDUSTRIE DEGLI OLI  
E DEI GRASSI

SEDE OPERATIVA:  
Via G. Colombo, 79 - 20133 Milano  
Tel +39 02 7064971 - Fax +39 02 2363955  
info@soq.it - www.ssoq.it  
P.IVA 0527060965 - C.F. 97425580152

**Anticipazione risultati cui seguirà Rapporto di Prova**  
**Innovhub - SSI non si assume nessuna responsabilità per l'uso anticipato dei risultati**

Rapporto di prova n°: **15LA04790**

Committente

**TRIPALDI PIERCOSIMO**

*Dati del campione*

**MESALOMA KM.1**

**AZUAZ CUENA - ECUADOR**

Data accettazione: 03/09/2015

Data inizio prove: 03/09/2015

Data fine prove: 07/09/2015

Data emissione:

Descrizione: **OLIO VEGETALE**

Etichetta: **69**

Imballaggio: **contenitore di PP**

Sigilli: **assenti**

Campionamento eseguito da: **Cliente**

Prova Metodo	Unità di misura	Risultato
Preparazione dei metil esteri <b>ISO 12969-2:2011</b> ESTERI METILICI DEGLI ACIDI GRASSI <b>ISO 6428:1990 + ISO 12969-2:2011</b>		
Acido miristico	%	0,06
Acido palmitico	%	13,15
Acido palmitoleico	%	0,22
Acido eptadecanoico	%	0,08
Acido eptadecenoico	%	0,03
Acido stearico	%	2,13
Acido oleico	%	34,51
Acido linoleico	%	47,29
Acido linolenico	%	0,84
Acido arachico	%	0,66
Acido eicosenoico	%	0,36
Acido beenico	%	0,20
Acido erucico	%	0,21
Acido lignocerico	%	0,27

## Anexo 31. Resultados porcentuales de ácidos grasos del aciete de oliva puro



**INNOVHUB**  
STAZIONI SPERIMENTALI  
PER L'INDUSTRIA

Innovazione e ricerca

**SSOG**

STAZIONE SPERIMENTALE  
PER LE INDUSTRIE DEGLI OLII  
E DEI GRASSI

SEDE OPERATIVA:  
Via G. Colombo, 79 - 20153 Milano  
Tel +39 02.7064971 - Fax +39 02.2363953  
info@ssog.it - www.sog.it  
P.IVA 05121060965 - C.F. 57425580152

**Anticipazione risultati cui seguirà Rapporto di Prova**  
**Innovhub - SSI non si assume nessuna responsabilità per l'uso anticipato dei risultati**

Rapporto di prova n°: **15LA04791**

Committente

TRIPALDI PIERCOSIMO

*Dati del campione*

MESALOMA KM.1

AZUAZ CUENA - ECUADOR

Data accettazione: 03/09/2015

Data inizio prove: 03/09/2015

Data fine prove: 07/09/2015

Data emissione:

Descrizione: **OLIO VEGETALE**

Etichetta: **611**

Imballaggio: **contenitore di PP**

Sigilli: **assenti**

Campionamento eseguito da: **Cliente**

Prova	Unità di misura	Risultato
<i>Metodo</i>		
Preparazione dei metil esteri		
ISO 12966-2:2011		
ESTERI METILICI DEGLI ACIDI GRASSI		
ISO 6628:1990 + ISO 12966-2:2011		
Acido palmitico	%	9,76
Acido palmitoleico	%	0,67
Acido eptadecanico	%	0,14
Acido eptadecenoico	%	0,23
Acido stearico	%	2,39
Acido oleico	%	77,70
Acido linoleico	%	7,51
Acido linolenico	%	0,64
Acido arachico	%	0,42
Acido eicosenoico	%	0,36
Acido beenico	%	0,13
Acido lignocerico	%	0,06

Anexo 32. Norma mexicana NMX-F-211-1987

NMX-F-211-1987. ALIMENTOS. ACEITES Y GRASAS VEGETALES O ANIMALES. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y MATERIA VOLÁTIL. FOODS. VEGETABLES OR ANIMALS OILS AND FATS. MOISTURE AND VOLATILE MATTER DETERMINATION. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

PREFACIO

En la elaboración de esta Norma participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles, A.C.  
Cámara de la Industria de Aceites y Grasas Comestibles.  
Instituto Mexicano de Aceites, Grasas y Proteínas, A.C.  
Anderson, Clayton & Co., S.A.  
Central Mantequera, S.A.  
Industrias CONASUPO, S.A. de C.V.  
Productos de Maíz, S.A.  
Aceite Casa, S.A. de C.V.  
Aceites Polimerizados, S.A. de C.V.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma establece el procedimiento para la determinación de humedad y materia volátil en todas las grasas y aceites ordinarios, incluyendo emulsiones tales como mantequillas, oleomargarinas (manteca artificial) y aceite de coco altamente ácido. No es aplicable para grasas y aceites que puedan contener residuos no solventes con punto de ebullición muy alto o para muestras que contengan agregados de monoglicéridos.

2. DEFINICIÓN

Por humedad y materia volátil se entiende la pérdida en masa del aceite o grasa, bajo la condición experimental indicada posteriormente.

3. FUNDAMENTO

Eliminar humedad y materia volátil por un aumento de temperatura.

4. APARATOS Y EQUIPO

Calentador eléctrico, de superficie muy pulida; en caso contrario, cubrir con una almohadilla de asbesto para prevenir el deterioro del vaso de precipitado.

5. MATERIAL

- Vaso de precipitado de 100 a 150 cm<sup>3</sup>
- Desecador conteniendo un eficiente desecante. El cloruro de calcio no es satisfactorio.

## 6. PREPARACION DE LA MUESTRA

En caso necesario o cuando la muestra sea sólida, ésta se ablanda con un calentamiento suave teniendo cuidado de no fundirla. Cuando esté lo suficientemente suave, mézclase para distribuir el agua uniformemente.

## 7. PROCEDIMIENTO

En un vaso de precipitado tarado a masa constante se determina una masa de 5 a 20 g de la muestra anterior, con una exactitud de 0.0001 g; colóquese en el calentador a una temperatura tal que girando lentamente el vaso evite que salpique, lo cual puede resultar de una ebullición rápida.

La aproximación del punto final puede ser juzgada por el cese de burbujas, o también por la ausencia de espuma. Otro método para juzgar el punto final es colocando un vidrio de reloj limpio y seco sobre el vaso. La presencia de vapor se indica por la condensación en el vidrio del reloj. La temperatura de la muestra no debe exceder de 130°C, excepto al final de la prueba.

Cuando el punto final aparente ha sido alcanzado, seguir calentando hasta la formación incipiente de humos, pero teniendo cuidado de no sobrecalentar.

Enfríe la muestra a la temperatura ambiente en un desecador y determine su masa hasta masa constante.

## 8. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

El resultado se expresa en % de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\% \text{ HMV} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

En donde:

% HMV = % de humedad y materia volátil

M<sub>1</sub> = Masa de la muestra

M<sub>2</sub> = Masa de la muestra sin humedad y materia volátil

## 9. REPETIBILIDAD

La diferencia entre determinaciones efectuadas por duplicado no debe ser mayor de 0.002 g; en caso contrario, repetir la determinación.

## 10. REPRODUCIBILIDAD

La diferencia entre el resultado obtenido por un analista y el promedio de una serie de determinaciones efectuadas en el mismo material de prueba, por diferentes analistas, por diferentes laboratorios, no debe ser mayor de 1%.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

NMX-Z-013-1977 Guía para la redacción estructuración y presentación de las Normas Mexicanas.

American Oil Chemist's Society - Official and Tentative Methods Section C Sampling and Analysis of Commercial Fats and Oils (A.O.C.S.).