

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN CIENCIA ANIMAL**



Determinación de grasa y ácidos grasos en dos variedades de cacahuete
(*Arachis hipogaea* L), variedad español y valencia

Por:

ANAYELI JIMENEZ CALVO

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS**

**Saltillo, Coahuila, México
Diciembre del 2012**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Determinación de grasa y ácidos grasos en dos variedades de
cacahuate (*Arachis hypogaea* L), variedad español y valencia

Presentada Por:

ANAYELI JIMENEZ CALVO

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Aprobada

Lic. Laura Olivia Fuentes Lara
Presidenta

Dr. Anterño Aguilera Carbó
Sinodal

MG. Luis Rodríguez Gutiérrez
Sinodal

Dr. Ramiro López Trujillo
Coordinador de la División Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; Diciembre del 2012.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco infinitamente a Dios por darme vida, salud, paciencia y sabiduría, después de tanto esfuerzo me permitiste lograr esta meta anhelada, solo tú sabes el sacrificio que he pasado y en mis días y noches de soledad me guiaste con tu luz divina por el camino correcto para no desmayar, terminar este trabajo de tesis antes de egresar se convirtió en un verdadero reto para mí sin embargo deje que tu tomaras el control de las cosas porque para ti no hay nada imposible por muy difícil que parezca, es por eso que desde el primer día que comencé a trabajar con el proyecto de tesis, puse todas las cosas en tus manos porque sé que toda la sabiduría viene de ti y sin ti nada podría hacer. Por eso gracias mil gracias señor.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por ser mi casa de estudio y haberme dado la oportunidad de formarme como profesionista.

A la Lic. Laura Olivia Fuentes Lara, por apoyarme durante todo este tiempo para realizar este trabajo de tesis, por sus ideas aportadas para hacer cada vez mejor este trabajo, así mismo por brindarme su amistad.

Al Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó, por su gran apoyo y atención prestada, y por las observaciones realizadas para la ejecución y culminación de este trabajo y por su valiosa amistad.

Al M.C Luis Rodríguez Gutiérrez, por apoyarme con el análisis estadístico del presente trabajo, y de esta manera contribuir con este trabajo, también por las nuevas ideas aportadas tratando que el trabajo quedara de lo mejor posible, sobre todo por brindarme su amistad.

Al T.A Carlos A. Arévalo Sanmiguel, encargado del laboratorio del departamento de Nutrición Animal, por su gran y valioso apoyo durante el trabajo en el laboratorio, gracias por ayudarme a no perder la paciencia recuerdo que siempre me decías: “no se me desespere, tranquilita, esto tiene que salir” gracias Carlitos por todo pero sobre todo por tu valiosa amistad.

A los maestros del departamento de ICTA y los maestros de apoyo que también contribuyeron en mi formación profesional.

A la familia Nuncio Guevara que durante mi estancia en Saltillo, me hicieron sentir como parte de su familia, principalmente a doña Soledad y a don Manuel que siempre se preocuparon por mí, y siempre tenían abierta las puertas de su casa para mí, lo cual doy gracias a dios por haber puesto en mi camino a personas como ellos.

A mi equipo de trabajo que también son mis amigos “los campeones”: Joaquín Hernández Escamilla, Fabián Hernández Ángel, Cecilia García Peña, Leticia García Vilchis, voy a extrañarlos pero bien sabía que algún día cada quien tomaría un rumbo diferente en su vida y me llevo gratos recuerdos que pasamos juntos cuando realizábamos algún trabajo, no me queda

más que decirle que los llevo en mi corazón y siempre los recordare.

A mis amigas y amigos que en el algún momento convivimos y que también me ayudaron a explicarme algo cuando a mí se me hacía difícil así como María del Rosario Martínez Sánchez y Luis Pérez Gutiérrez.

A Néstor Alexander por haberme apoyado en traer las muestras de cacahuete hasta Saltillo, y también por su amistad brindada.

A mis compañeras de cuarto del internado Hidalgo: Choca, Bere, Paty, Sujey y Delfis y a mis compañeras recién llegadas: Estefany, Yazmin y Elena, Gracias por su amistad y por los buenos ratos que me pase con ustedes sobre todo cuando organizábamos nuestros convivios, siempre los recordare.

DEDICATORIAS

A mis padres Artemio Jiménez Fuentes y Guadalupe Calvo Bautista, por haber hecho de mí una mujer con principios y valores, agradezco profundamente todo el apoyo y comprensión que he recibido de ustedes durante estos años de estudio y a lo largo de mi vida, así como impulsarme a luchar por mis sueños y seguir adelante en los momentos más difíciles que pase, también porque sé que ustedes nunca se cansaron de pedirle a Dios que él me ayudara a culminar con mis estudios.

Gracias por depositar sus confianza en mí pensando siempre en que no les iba a fallar, ahora pienso en ustedes amados padres, cuanto amor, cuanto cariño, cuanta dedicación cuanto esmero han puesto en mí para ser la persona que soy ahora con una vida por delante, con un campo lleno de ilusiones.

Ustedes me han enseñado que si caigo me vuelva a levantar, pero ahora con más ganas de seguir adelante, sobre todo me enseñaron a confiar en Dios y permitir que él hiciera su voluntad, Gracias papá por enseñarme a amar y respetar a mi prójimo, gracias por enseñarme a ser fuerte y no doblegarme ante una derrota, gracias también por hacer de mí una mujer admirable con deseos de triunfar y lograr lo que me propongo y en ti tengo el ejemplo, gracias por tu afecto, tus palabras y tus abrazos.

Gracias a ti mamá, por tu sabios consejos, cuidados durante mi infancia, por tus atenciones, y desvelos cuando no podía valerme por mi misma, gracias por darme esa gran dicha de ser tu hija y por preocuparte por mí siempre, por inculcarme la

ternura, el amor y el deseo inmenso de luchar por lo que siempre había querido desde niña que era terminar una carrera profesional. Ustedes son mi base, son mis cimientos, ya que me enseñaron lo esencial de la vida, a distinguir entre lo bueno y lo malo y quizás si no hubiera sido por la ayuda de Dios y la de ustedes este logro no hubiese sido posible.

Por eso le doy gracias a Dios de tenerlos aun conmigo, y poder disfrutar y compartir junto con ustedes esta gran alegría que gracias a la suma de esfuerzos tanto como ustedes y mía se logró, ustedes no se imaginan la emoción y la alegría que sentí al escribirles estas líneas mis lágrimas fueron inevitables y me dieron tantas ganas de poder tenerlos aquí junto a mí y darles un abrazo y decirles cuanto los amo. Quiero que sepan que los aprecio y este amor que les tengo, no se podría pagar ni con todo el oro del mundo, porque es un amor único y siempre los tendré en mi corazón hasta el último minuto de vida que Dios me regale. . .

Con cariño su hija:

Anayeli Jiménez Galvo

Ing. En Ciencia y Tecnología de Alimentos.

A mis hermanas Érica Leticia Jiménez y Saira Jiménez, gracias por animarme a seguir adelante, por su cariño y amor que me brindan, gracias por pedirle a Dios que el cuidara de mí y que me ayudara a lograr mis objetivos, y por tomarme como un ejemplo a seguir para sus hijos, los quiero y siempre ocuparan un espacio dentro de mi corazón.

A Luis Gerardo "mi güero", gracias por decirme échale ganas cada vez que tenías la oportunidad de hablar por teléfono conmigo, y también por demostrarme que quieres seguir los mismos pasos que yo, eso me alegra mucho porque sé que un sueño de niño tarde o temprano puede hacerse realidad, si tú quieres hacer las cosas puedes hacerlo siempre en el nombre de Dios, no hay excusa que valga para dejar de hacer lo que te propones, el ejemplo lo tienes en mí y espero en unos años tú me causes la gran alegría que ahora yo les cause, échale ganas güerito, tal vez ahora tu edad no te deja ver las cosas como realmente son pero poco a poco iras madurando y comprenderás a valorar las cosas y entenderás que para lograr lo que uno quiere se necesita de mucho esfuerzo, dedicación, te quiero mucho güerito.

A mis sobrinos: Carlos Manuel Rodríguez, Monserrat Rodríguez, Joselyn Hernández e Ivancito que todavía es un inocente bebe, a ustedes gracias por echarme perras sobre todo a ti Carlitos sé que te sientes orgulloso al platicar de mí con otras personas, espero algún día sentirme así de ti, ya eres un jovencito pronto comenzarás a madurar más y ojasa nazca en ti ese deseo de superarte y sobresalir en

algo, échale muchas ganas a la escuela y no olvides que te quiero mucho, y a mis cuñitas dijera mi papa, todavía no saben leer pero algún día hay me dio hablando me dijeron échale ganas tía gracias princesas algún día cuando ya sepan leer, se darán cuenta lo que un día les escribí las quiero.

A mis cuñados Iver y Julio, mis tíos Luis Méndez, Federico Jiménez, Jesús Jiménez y tías Socorro Hernández, Candelaria Galvo, y a mis demás tías también gracias por animarme a luchar por mis sueños y pedirle a Dios que él me ayudara.

A mi abuelito Agustín Jiménez Salazar, aunque ya no está aquí con nosotros para compartir esta alegría siempre tendrá un lugar dentro de mi corazón y también agradezco a Dios por permitir escuchar los sabios consejos de mi abuelo cuando aún estaba con nosotros.

A mis abuelas Fidesia Hernández y Lesvia Fuentes, gracias por alentarme a seguir adelante y por todas sus bendiciones y por pedirle a Dios por mí.

A mi novio Rigoberto Díaz Núñez, a ti mi vida la verdad no tengo palabras para agradecerte lo mucho que me has ayudado para sacar adelante este trabajo, aun cuando la distancia no nos permitió estar juntos durante este trabajo de tesis, tu siempre estuviste ahí para ayudarme en lo que fuese necesario, parte de este trabajo también es esfuerzo tuyo, gracias mi vida por estar conmigo en las buenas y en las malas por eso y más te amo. . .

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	x - xiii
ÍNDICE DE CUADRO.....	xiv - xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi - xvii
RESUMEN.....	xviii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	5
1.1.1 Objetivo general	5
1.1.2 Objetivos específicos.....	5
1.2 Justificación.....	6
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1 El cacahuate (<i>Arachis hipogaea</i> L)	7
2.1.1 Generalidades de cultivo	7
2.1.2 Clasificación taxonómica.....	8
2.1.3 Producción de cacahuate a nivel mundial	9
2.1.4 Producción a nivel nacional.....	9
2.1.5 Producción a nivel estatal.....	10
2.1.6 Principales oleaginosas producidas en el mundo.....	11
2.1.7 Producción de aceite de cacahuate en México	11
2.2 El aceite esencial uno de los componentes de la semilla del cacahuate	12
2.2.1 Usos de la semilla de cacahuate	12
2.2.2 Composición química de la almendra de cacahuate	14
2.3 Aceite de cacahuate	14
2.3.1 Lípidos en el cacahuate o maní.....	14
2.3.2 Composición del aceite de cacahuate	15
2.4 Composición de ácidos grasos del aceite de maní.....	16
2.4.1 Composición de ácidos grasos del aceite de maní extraídos con Equipo Soxleth utilizando éter de petróleo	16

2.4.2 Efecto de temperatura en la composición química y perfil de ácidos grasos en el maní.....	17
2.4.3 El grado de madurez aumenta la relación oleico y linoleico	17
2.4.4 Composición de ácidos grasos de cacahuete tostado.....	18
2.5 Extracción, uso y composición del aceite vegetal	19
2.5.1 Extracción de aceite vegetal.....	19
2.5.2 Usos del aceite vegetal	19
2.5.3 Composición del aceite vegetal.....	20
2.6 Los ácidos grasos	22
2.6.1 Constitución química, clasificación y nomenclatura de los ácidos.....	22
2.6.2 Ácidos grasos saturados	23
2.6.3 Ácidos grasos monoinsaturados	24
2.6.4 Ácidos grasos poliinsaturados.....	24
2.6.5 Importancia del análisis de los ácidos grasos	26
2.6.6 Composición de ácidos grasos en algunas semillas oleaginosas	26
2.7 Efectos benéficos de los AG Ω-3	27
2.7.1 Durante la gestación.....	27
2.7.2 Durante el crecimiento.....	27
2.7.3 Sobre el sistema cardiovascular.....	27
2.7.4 Sobre el sistema inmunológico como coadyuvantes en el tratamiento de sida.....	28
2.7.5 Sobre el sistema nervioso	28
2.7.6 Fuentes de AG Ω -3 en los alimentos	29
2.8 Omega 6.....	30
2.8.1 Salud cardiaca.....	30
2.8.2 Cáncer y ácidos grasos omega 6	31
2.8.3 Fuentes de omega 6.....	31
2.9 Acido esteárico y salud cardiovascular	32
2.9.1 Acido esteárico.....	32
2.9.2 Respuesta obesogenica e insulinemica del AE.....	33
2.9.3 AE y diabetes mellitus	33
2.9.4 Respuesta lipemica del AE respecto a otros AGS	34
2.9.5 AE y factores hemostáticos	34
2.9.6 AE como sustituto de los ácidos grasos <i>trans</i> (AGT)	35
2.9.7 Fuentes de ácido esteárico	35
2.10 Hidrogenación de los aceites y ácidos grasos <i>trans</i>	35

2.10.1 Ácidos grasos <i>trans</i>	35
2.10.2 Hidrogenación Industrial.....	36
2.10.3 Formación de ácidos grasos <i>trans</i> durante la extracción de aceite..	37
2.10.4 Acido elaídico	37
2.10.5 Hidrogenación de aceites vegetales.....	38
2.10.6 Fuentes de ácidos grasos <i>trans</i> en los alimentos.....	38
2.11 Cromatografía de gases	39
2.11.1 Aplicaciones	39
CAPITULO III. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	41
3.1 Etapa I. Selección e identificación de variedades de cacahuete	41
3.1.1 Localización	41
3.1.2 Selección de cacahuete	41
3.1.3 Identificación de las variedades de cacahuete	42
3.2 Etapa II. Preparación previa de la muestra	43
3.2.1 Tostado de cacahuete	43
3.2.2 Descascarado de cacahuete	43
3.2.3 Separación de testa de la almendra de cacahuete	43
3.2.4 Picado del cacahuete	43
3.3 Etapa III. Extracción de aceite del cacahuete	43
3.3.1 Método Soxleth	43
3.4 Etapa IV. Cuantificación e identificación de los ácidos grasos presentes en el aceite esencial de cacahuete	44
3.4.1 Extracción de los triglicéridos del aceite esencial del cacahuete	44
3.4.2 Hidrolisis de triglicéridos hasta ácido graso y esterificación del ácido graso en esteres metílicos	45
3.4.3 Cuantificación de los ácidos grasos del cacahuete mediante cromatografía de gases.....	46
3.4.4 Diseño de experimento.....	47
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1 Etapa I . Selección e identificación de variedades de cacahuete	48
4.2 Etapa II. Preparación previa de la muestra.....	49
4.3 Etapa III. Extracción de aceite del cacahuete	49
4.4 Etapa IV. Cuantificación e identificación de los ácidos grasos presentes en el aceite esencial de cacahuete.....	50

CAPITULO V. CONCLUSIONES	72
CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
CAPITULO VII. ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	páginas
Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la planta de cacahuete.....	8
Cuadro 2. Principales países productores de cacahuete.....	9
Cuadro 3. Principales estados productores de cacahuete.....	10
Cuadro 4. Principales municipios de productores de cacahuete	10
Cuadro 5. Composición química porcentual de la almendra de cacahuete	14
Cuadro 6. Composición del aceite de cacahuete.....	16
Cuadro 7. Clasificación de los aceites vegetales de acuerdo a su contenido de sus principales ácidos grasos	21
Cuadro 8. Nomenclatura De Los Ácidos Grasos Esenciales	25
Cuadro 9. Composición en ácidos grasos de algunas semillas Oleaginosas en %.....	26
Cuadro 10. Fuente de ácidos grasos omega 6	32
Cuadro 11. Componentes del estándar (Supelco™ 37 component FAME Mix C –C24), de los esteres metílicos de los ácidos grasos.....	52
Cuadro 12. Ácidos grasos identificados en el aceite de cacahuete Variedad Valencia.....	53
Cuadro 13. ANVA del Ácido <i>cis</i> -10 – Pentadecenoico (C15:1).....	62
Cuadro 14. ANVA del Ácido <i>cis</i> -10-Heptadecenoico (C17:1) o Ácido Margaroleico	63

Cuadro 15. ANVA del Ácido esteárico (C18:0) o Acido octadecanoico	64
Cuadro 16. ANVA del Ácido elaídico (C18:1n 9E)	
o Ácido <i>trans</i> 9 octadecenoico.....	65
Cuadro 17. ANVA del Ácido linoléico (C18: 2n 6c) u omega 6	66
Cuadro 18. ANVA del Ácido araquídico (C20: 0) o Ácido Eicosanoico	67
Cuadro 19. ANVA del Ácido <i>cis</i> -8, 11, 14-eicosatrienoico (C20: 3n6)	
ó Ácido Dihomo γ - linoleico.....	68
Cuadro 20. ANVA del Ácido tricosanoico (C23:0).....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	páginas
Figura 1. Planta De Cacahuate (<i>Arachis hypogaea L</i>).....	7
Figura 2. Principales Oleaginosas Producidas en el Mundo, ciclo 2010/11	11
Figura 3. Proporción de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados de los aceites de maní tostado, expresados en porcentajes (g/100g de materia seca.....	18
Figura 4. Composicion de ácidos grasos de los aceites de granos de mani tostado, expresado en g/100 de materia grasa	19
Figura 5. Forma <i>cis</i> del oleico y forma <i>trans</i> del elaidico	36
Figura 6. Cacahuate Español (E.U)	42
Figura 7. Cacahuate Español (Chiapas)	42
Figura 8. Cacahuate Valencia (Chiapas)	42
Figura 9. Extracción de aceite por método Soxleth.....	44
Figura 10. Matraces con Extracto Etéreo.....	44
Figura 11. Fase inferior orgánica (contiene los lípidos del aceite)	45
Figura 12. Fase superior orgánica (contiene los esteres metílicos de ácidos graso)	46
Figura 13. Cromatógrafo de Gases Perkin Elmer Autosistem XL	47
Figura 14. Cacahuate V. Español	48
Figura 15. Cacahuate V. Español	48
Figura 16. Cacahuate V. Valencia	48
Figura 17. Porcentaje de extracto etéreo en cada una de las variedades de cacahuate.....	50
Figura 18. Cromatógrama del estándar empleado como referencia.....	51

Figura 19. Cromatograma de los ácidos identificados en la muestra de Cacahuete variedad valencia	54
Figura 20. Cromatograma de los ácidos grasos identificados en la muestra de cacahuete variedad Español (origen Chiapas)	55
Figura 21. Cromatograma de los ácidos grasos identificados en la muestra De cacahuete variedad español (origen, E.U)	56
Figura 22. Comportamiento de las tres variedades de cacahuete con respecto a su contenido de ácidos grasos promedio	61
Figura 23. Comparación de las tres variedades de cacahuete con respecto a su contenido de ácido <i>cis</i> 10 pentadecenoico (C15:1)	62
Figura 24. Comparación de las tres variedades de cacahuete con respecto a su contenido de ácido <i>cis</i> 10 Heptadecenoico (C17:1).....	63
Figura 25. Comparación de las tres variedades de cacahuete con respecto a su contenido de ácido Esteárico (C18:0)	64
Figura 26. Comparación de las tres variedades de cacahuete con respecto a su contenido de ácido Elaídico (C18:1n 9E).....	65
Figura 27. Comparación de las tres variedades de cacahuete con respecto a su contenido de ácido Linoleico (C18:2n 6c)	66
Figura 28. Comparación de las tres variedades de cacahuete con respecto A su contenido de ácido Araquidico (C20:0).....	67
Figura 29. Comparación de las tres variedades de cacahuete con respecto a su contenido de ácido <i>Cis</i> 8, 11, 14-Eicosatrienoico (C20: 3n6)	68
Figura 30. Comparación de las tres variedades de cacahuete con Respecto a su contenido de ácido Tricosanoico (C23:0).....	69
Figura 31. Composición de ácidos grasos poliinsaturados, Monoinsaturados y saturados en las tres variedades de cacahuete	71

RESUMEN

El maní es un alimento excepcionalmente nutritivo, cuyos granos contienen más grasa y proteínas que otras leguminosas y poseen relativamente pocos carbohidratos; contienen además un destacable aporte de ácidos grasos. Por lo tanto el presente trabajo tuvo el objetivo de extraer, evaluar el contenido de grasa y ácidos grasos, tanto como la composición de estos en dos variedades de cacahuete Valencia y español (procedente del estado de Chiapas) y Español de Estados Unidos para determinar si existe diferencias con respecto al contenido de grasa. La extracción del aceite se llevó a cabo por el método Soxhlet, los resultados obtenidos fueron los siguientes: variedad Valencia se obtuvo un 54 % de extracto etéreo, variedad Español origen Chiapas 47 %, y la variedad Español origen Estados Unidos 46 %; posteriormente se realizó la esterificación del aceite, donde se obtuvieron los ésteres metílicos de los ácidos grasos, que se analizaron por cromatografía de gases de acuerdo a los componentes del estándar de ésteres metílicos de los ácidos grasos (Supelco™ 37 component FAME Mix C4 – C24). Los ácidos identificados fueron ácido *cis*-10 pentadecenoico la variedad valencia presentó un porcentaje de 4.99, español (Chiapas) 4.17 y español (E.U.) 3.66; ácido esteárico la variedad español (Chiapas) obtuvo un porcentaje de 25.03, valencia 22.83 y español (E.U.) 18.02; ácido eláidico la variedad valencia obtuvo un porcentaje de 33.48, español (E.U.) 29.37 y español (Chiapas) 28.77, ácido araquídico la variedad español (E.U.) con 1.80, valencia 3.97 y español (Chiapas) 3.90, eicosatrienoico la variedad español (E.U.) obtuvo un porcentaje de 1.24, valencia 2.55 y español (Chiapas) 2.4 y ácido tricosenoico la variedad español (E.U.) obtuvo un porcentaje de 0.63, valencia 2.0 y español (Chiapas) 2.13; también se determinó la composición de ácidos grasos en el aceite de las tres variedades de cacahuete donde se obtuvo un 25 % de ácidos grasos poliinsaturados, 37.5 % monoinsaturados y 37.5 % de saturados, en las tres variedades.

Palabras clave: Cacahuete, ácidos grasos, extracto etéreo cromatografía de gases.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la antigüedad el ser humano descubrió el sistema para extraer el aceite de frutos y semillas oleaginosas, cuando en la India, Turquía y Egipto se inventaron sistemas para el descascarillado, trituración y molienda de las semillas. A fines del siglo XIX la industria de aceites y grasas vegetales obtiene mejores aceites gracias al mejoramiento por hibridación de las plantas, el perfeccionamiento de las técnicas agrícolas y de las tecnologías, para la extracción y refinación de aceites (Robles, 1985).

La elección de lípidos comestibles se ha convertido en un aspecto importante para el consumidor, es por eso que aceites vegetales ricos en ácido oleico, ácidos grasos mono insaturados que tienen beneficios para la salud cardiovascular, como el aceite de semillas oleaginosas, han experimentado un aumento progresivo en la demanda, reemplazando las grasas de origen animal (Cárdenas *et al*, 2007).

La principal característica de los frutos secos es su elevado contenido energético; en ellos, aproximadamente el 80 % de las calorías las aportan los lípidos salvo en el caso de la castaña que es farinácea y tiene un alto contenido de hidratos de carbono. Según la composición nutricional de ácidos grasos podemos diferenciar aquellos ricos en ácido linoleico (18:2) como los anacardos y nueces, los ricos en ácido oleico (18:1) como las avellanas, almendras, pistachos, cacahuetes, y las nueces de macadamia y nueces, que son las únicas que contienen cantidades considerables de ácido α -linolénico (18:3). El maní es un alimento excepcionalmente nutritivo, cuyos granos contienen más grasa y proteínas que otras leguminosas y poseen relativamente pocos carbohidratos; contienen además un destacable aporte de ácidos grasos, vitaminas, minerales y fibra (Ryan, 2011).

El maní es rico en aceite, el cual contiene de 45-50 % de un aceite no secante. El aceite tiene un color amarillo pálido. El cual se debe principalmente al β -caroteno y a la luteína. Una investigación reciente ha demostrado que el aceite de maní contiene resveratrol, un fotoquímico también encontrado en el vino rojo que ha sido ligado con un menor riesgo de enfermedad cardíaca (Malave A y Méndez N, 2007).

Por otra parte, el maní y sus productos, tales como aceite, mantequilla, y harina de maní son buenas fuentes de fitoesteroles, los cuales se han sugerido que juegan un papel protector, especialmente el β sitosterol, en el cáncer de colon, próstata y mama. Los fitoesteroles son esteroides de origen vegetal que tienen amplia distribución en la naturaleza y cuya estructura es muy similar a la del colesterol. Desde hace años se conoce que producen efectos hipocolesterolémicos cuando son ingeridos en el rango de 1-3 g/día, por lo cual se les considera como importantes aliados nutricionales en la prevención de las enfermedades cardiovasculares (Alfonso V y María R, 2004).

El maní tostado contiene de 61-114 mg de fitoesteroles (100 g dependiendo de la variedad de maní y 78-83 % del mismo está en la forma de β -sitosterol, el aceite de maní no refinado contiene 207 mg de fitoesteroles/100 g, que es similar al de la base de datos de los nutrimentos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y este valor es más alto que el del aceite de oliva no refinado. La mantequilla de maní y la harina de maní contienen de 144-157 y 55-60 mg de fitoesteroles /100 g (Malave A y Méndez N, 2007).

El alto consumo de ácidos grasos saturados y *trans*, provenientes de los alimentos consumidos, es el principal responsable de la hipercolesterolemia que a su vez produce el aumento de la morbimortalidad cardiovascular de origen isquémico. Se observa que todos los ácidos grasos saturados, a excepción del ácido esteárico (18:0), promueven en mayor o menor medida un aumento del colesterol total y del colesterol LDL y en menor proporción del colesterol HDL.

El reemplazo de ácidos grasos saturados por insaturados (*cis*) produce una favorable disminución del colesterol LDL y la relación colesterol total/colesterol HDL, considerados importantes predictores de enfermedad coronaria. Así como el consumo de ácidos grasos saturados *trans* aumenta la colesterolemia, los ácidos grasos insaturados producen el efecto contrario y deberán ser la opción racional a la hora de promover cambios alimentarios en la población (Ryan, 2011).

Tanto el ácido graso oleico, principal ácido graso de la familia $\Omega 9$, como el linoleico tienen un efecto benéfico sobre los niveles plasmáticos de las distintas fracciones de colesterol. El ácido oleico, que se encuentra de manera abundante en el aceite de oliva, promueve la disminución del colesterol LDL, considerado “malo” mejorando así la relación HDL/LDL. Los ácidos grasos predominantes en el maní normal (no alto oleico) corresponden a ácidos grasos insaturados como el oleico (45-50 %) y linoleico (30-35 %). Este último es considerado beneficioso desde el punto de vista nutricional por ser un ácido graso esencial, pero de baja estabilidad y sensible al deterioro oxidativo desarrollando sabores y aromas rancios en los alimentos que lo poseen (Ryan, 2011).

Con base a la literatura citada anteriormente se puede observar la multitud de propiedades y beneficios que posee el aceite de cacahuate con respecto a la salud humana por lo que es necesario realizar estudios en diferentes variedades de cacahuate para encontrar una variedad mejor con respecto al contenido de aceites y ácidos grasos.

El presente estudio se realizó a partir del empleo de dos variedades de cacahuate; Español y Valencia, para extraer el aceite de cada una de ellas, cuantificarlo y a la vez analizar y comparar la composición de ácidos grasos de cada una de las variedades y poder determinar cuál de ellas es la que contiene un porcentaje más alto de grasa y por consiguiente en ácidos grasos insaturados, una vez obtenido los resultados contar con pruebas suficientes

para poder sugerir el consumo de cierta variedad de cacahuate que probablemente es la mejor para la disminución del colesterol malo LDL en sangre.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar el contenido de grasa y ácidos grasos en dos variedades de cacahuete Valencia y español (procedente del estado de Chiapas) y español de Estados Unidos para determinar si existe diferencias con respecto al contenido de grasa.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el contenido de ácidos grasos en cada variedad por medio de cromatografía de gases.
- Determinar la composición de ácidos grasos en el aceite de las variedades estudiadas en base a clasificación de insaturaciones.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En los últimos años las enfermedades cardiovasculares se han convertido en la principal causa de muerte en todo el mundo y no solo se puede cuantificar en términos de morbilidad y de mortalidad sino también en el gran impacto económico directo o indirecto que es grande y progresivo, provocando importantes consecuencias en la economía del país (O.M.S, 2007).

Es por eso que surgió la necesidad de realizar la presente investigación, analizando grasa total y el perfil de ácidos grasos de dos variedades de maní y considerar cuál de estas variedades presenta un porcentaje más alto de ácidos grasos insaturados especialmente el linoleico, ya que este ácido graso es el que disminuye en gran medida el colesterol malo (LDL) o colesterol de baja densidad en sangre en el humano, con base a los resultados que se obtengan poder hacer una selección de la mejor variedad, es decir que contenga un porcentaje mayor de ácido linoleico y de esta manera poder recomendar la ingesta de esta oleaginosa a personas que padezcan problemas de colesterol en sangre.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El cacahuete (*Arachis hypogaea L*)

2.1.1 Generalidades del cultivo

El cacahuete (*Arachis hypogaea L*) es originario de Sudamérica, probablemente de Brasil y actualmente es un producto de consumo mundial. La historia del cultivo del cacahuete data desde la época precolombina. La palabra cacahuete proviene del náhuatl por aféresis de tlacacáhuatl; de tlalli: tierra simbólicamente bajo, humilde y cacáhuatl: cacao, debido a su comparación con este fruto. De acuerdo a los historiadores, este cultivo se explotaba en tierras cuauhnahuacences (los de Cuernavaca). Anteriormente la planta se sembraba en Haití, donde los isleños la llamaban maní (Cárdenas A, *et al*, 2007).



Figura1: Planta De Cacahuete (*Arachis hypogaea L*)

El cacahuete pertenece a la familia de las Papilionáceas, es una planta anual herbácea, erecta, ascendente de 15-70 cm de alto con tallos ligeramente filamentosos, con ramificaciones desde la base que desarrolla raíces cuando dichas ramas tocan el suelo. Las hojas son uniformemente pinadas con 2 pares de folíolos, los folíolos son oblongos, ovados u ovo o aovados de 4-8 cm de largo, obtusos, o ligeramente puntiagudos en el ápice, con márgenes completos (Cárdenas A, *et al*, 2007).

2.1.2 Clasificación taxonómica

Cuadro 1. Se muestra la clasificación taxonómica de la planta de cacahuete (Cárdenas A, *et al* 2007).

Familia	Leguminosae
Subfamilia	Papilionoideas o papilionaceaes
Tribu	Hedisareae (<i>Arachidineae</i>)
Genero	Arachis
Especie	Hypogaea L.

La especie ha sido dividida a su vez en grupos de variedades, utilizando diferentes características para esta clasificación; sin embargo, la que se ha utilizado con más frecuencia ha sido la del porte de la planta:

1. *Grupo Español:* planta de tipo erecto, follaje color verde intenso, no más de dos semillas por vaina, cubierta seminal color canela, vaina y semillas pequeñas, con 2,200 a 3,600 semillas por kilogramo, ciclo de 90 a 110 días.
2. *Grupo Virginia:* comprende variedades de porte rastrero o de porte erecto, pero con los siguientes caracteres en común: semillas grandes, vainas con 2 ó 3 semillas, follaje verde oscuro, unas 1,100 semillas por kilogramo, ciclo de 120 a 150 días.
3. *Grupo Valencia:* plantas de tipo erecto, follaje verde oscuro, 3 a 4 semillas por vaina, cubierta seminal de color variable (desde púrpura a rojizo), ciclo de 90 a 110 días (Robles, 1982).

En los grupos también se pueden distinguir variedades por su hábito de crecimiento, según sean erectas (mata o arbolado) o rastreras. Generalmente se prefieren las variedades erectas por su cosecha más fácil (Robles, 1982).

2.1.3 Producción de cacahuete a nivel mundial

El cacahuete es conocido prácticamente en todo el mundo, su consumo es muy popular destacando su producción en países como China, Estados Unidos e India, destacan también países como Israel, Arabia Saudita y Malasia con los mejores rendimientos productivos 6.85, 4.00, 3.50 toneladas por hectárea respectivamente (FAO 2000).

Cuadro 2: Principales países productores de cacahuete

PAÍS	PRODUCCIÓN (MILES DE TONELADAS)	RENDIMIENTO (TON/HA)
China	5,067	3.32
India	6,100	0.86
Nigeria	2,783	1.04
Estados Unidos	1,491	2.8
Indonesia	1,000	1.53
Senegal	828	1.08
Sudan	990	0.67
México	137	1.49

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) En el ciclo 2008/09 el cacahuete ocupó el cuarto lugar de producción entre las principales semillas oleaginosas al representar el 8.7 % del total mundial, FUENTE: FAO, 2000.

2.1.4 Producción a nivel nacional

La producción nacional de cacahuete, se enfoca principalmente en tres regiones: norte, centro y sur. Los estados con mayor participación relativa en la producción nacional son: Chihuahua, Chiapas, Sinaloa, Oaxaca, Puebla y Guerrero.

En México, la superficie total nacional, abarca las 75,152.93 Ha, en donde destaca el estado de Chihuahua con la mayor superficie, seguido del estado de Chiapas y Sinaloa, así como se observa en el cuadro 3 (SIAP 2011).

Cuadro 3: Principales estados productores de cacahuate

ESTADOS	SUP.SEMBRADA (HA)	PRODUCCIÓN POR (TON)
Chihuahua	21949.56	17783.28
Chiapas	8632.30	13843.75
Sinaloa	7273.40	11209.44
Oaxaca	7248.00	9458.51
Puebla	6382.13	8834.61

FUENTE. Anuario estadístico de producción agrícola, SIAP 2011

2.1.5 Producción a nivel estatal

Actualmente, el cacahuate se cultiva en diversos municipios como villa corzo, Cintalapa de Figueroa, Jiquipilas, contando con aproximadamente un padrón de mil 400 productores, en una superficie de 7 mil hectáreas con una producción promedio de 14 mil toneladas; así como se muestra en el cuadro 4, también es de resaltar que ya se le da un valor agregado a este cultivo al ser procesado para su consumo local.

Cuadro 4: Principales municipios de productores de cacahuate

UBICACIÓN	SUPERFICIE SEMBRADA POR (HA)	PRODUCCIÓN POR TONELADAS
Villa corzo	2,200.00	4,500.00
Cintalapa de Figueroa	1,800.00	3,080.00
Jiquipilas	1,800.00	2,880.00
Frontera Comalapa	450	1,350.00

Fuente SIAP 2011

2.1.6 Principales Oleaginosas Producidas en el Mundo

En el ciclo 2010/2011 el cacahuate ocupó el cuarto lugar de producción entre las principales semillas oleaginosas, al representar el 7.8 % del total mundial, así como se observa en la figura 2.

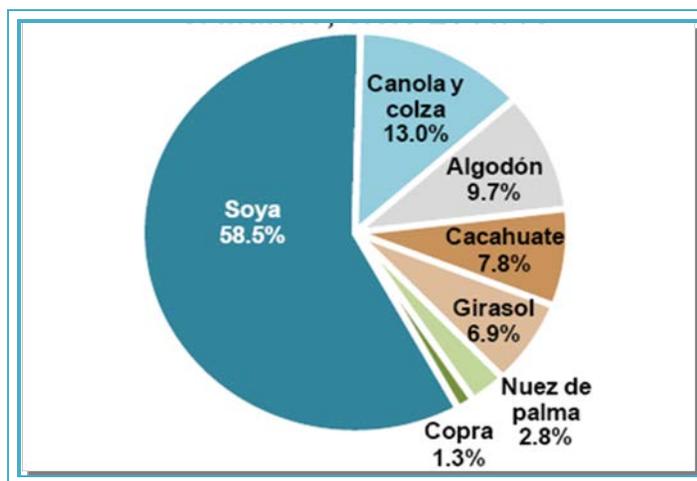


Figura 2. Principales Oleaginosas Producidas en el Mundo, ciclo 2010/11

Fuente: Con base en datos del departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA)

La superficie cosechada ha disminuido en 6.5 % en los últimos diez años, al pasar de 22.8 millones de hectáreas cosechadas en el ciclo 2000/01 a 21.3 millones en el ciclo 2010/11. Se estima que para el ciclo 2011/2012 la superficie se mantendrá prácticamente igual, con apenas una variación positiva de 0.1 %, (Financiera Rural).

2.1.7 Producción de aceite de cacahuate en México

Por lo que se refiere a la producción de aceite de cacahuate en México, nuestro país no figura como uno de los principales productores de aceite. De acuerdo con algunos estudios que se han realizado, nuestro país destina cerca del 12.0 % de su producción de semilla de cacahuate para la producción de aceite. Sin embargo, y según los reportes de la FAO, la producción de aceite de cacahuate en México se ha ubicado, en promedio anual, 11 mil toneladas, lo que representa cerca del 0.2 % de total mundial (Montesino, 2004).

Existe un mercado mundial de aceite de cacahuete, que podría ser una alternativa para los productores de la semilla en México de vender su producto con un valor agregado, e incrementar así los volúmenes producidos de este derivado y aumentar nuestra participación en el mercado mundial (Montesino, 2004).

Al igual que la producción de aceite de cacahuete, los principales países consumidores de este derivado son los asiáticos, destacando China (cuyo consumo de aceite de cacahuete represento aproximadamente 15.7 % del consumo total de aceites vegetales en el año 2001/ (2002) e india (su consumo fue de 15.6 % del consumo total de aceite de oleaginosas en el mismo año) como los más relevantes. La demanda por el cacahuete representa alrededor de 5.1 % del total mundial, solo por arriba del consumo de aceite de olivo, coco, y almendra de palma, y por abajo del aceite de soya, palma, girasol y colza (Montesino, 2004).

2.2 El aceite esencial uno de los componentes de la semilla del cacahuete

2.2.1 Usos de la semilla de cacahuete

La industrialización de semilla de cacahuete, o la incorporación de valor agregado a esta, se observa en varias etapas. La primera es el tostado de la semilla con todo y cáscara, la cual es requerida por el productor final. La demanda de cacahuete está dirigida principalmente para la elaboración de botanas (Cárdenas A, *et al*, 2007).

La semilla tiene una gran demanda para el consumo directo después de su tostado y es una fuente importante de aceite para consumo humano, así como otros diversos usos, en crema, margarina e inclusive en jabonería fina, en cosméticos, productos farmacéuticos, en adhesivas, pinturas y lubricantes especiales. De él que se emplea desde la semilla hasta su follaje usándose este como subproducto en forma de heno, en la alimentación de animales domésticos, además de sub-productos no comestibles. Su uso como alimento

se ha basado en su contenido de proteínas, aceites, carbohidratos, sustancias albuminoideas y compuestos vitamínicos altos en contenido del complejo B. el hombre consume cacahuate o maní en forma directa sin cáscara, tostados y salados; en forma de sub-productos tales como aceites, mayonesas, mantequilla, pasteles, dulces, galletas (Robles, 1985).

El aceite de cacahuate por su parte no tiene una demanda elevada en nuestro país, los altos precios que se pagan por este impiden que pueda ser conseguido por la mayoría de los consumidores, por lo cual su consumo está orientado a estratos de altos ingresos o por la alta cocina y a la fabricación de algunos alimentos de uso exclusivo en algunos sectores de la población. Existen otros productos que se obtienen de la industrialización del cacahuate pero que no tienen una amplia comercialización en México, tal es el caso de la mantequilla o crema de cacahuate, los cuales son muy solicitados por otros países Gillier P, (1970).

2.2.2 Composición química de la almendra de cacahuate

La composición química del promedio porcentual de la almendra de cacahuate es la siguiente:

Cuadro 5: Composición química porcentual de la almendra de cacahuate.

Concepto	%
Humedad	5.0
Proteínas	28.5
Lípidos	46.3
Fibra cruda	2.8
Extracto libre de Nitrógeno	13.3
Cenizas	2.9
Azúcares reducidos	0.2
Azúcares disacáridos	4.5
Almidón	4.0
Pentosas	2.5

Según: (Robles Sánchez Raúl, 1985)

2.3 Aceite de cacahuate

2.3.1 Lípidos en el cacahuate o maní

El maní es un alimento con alto contenido de grasa, de aproximadamente entre un 44 % a 55 % del total del grano. El 98 % del total de la composición de ácidos grasos lo conforman 8 ácidos grasos predominantes. En el maní tradicional, no alto oleico, tipo Runner, entre el 45 % y el 50 % corresponde al ácido oleico y entre el 30 % y el 35 % al ácido linoleico. Esto hace que resulte un producto muy beneficioso desde el punto de vista nutricional, pero de baja estabilidad por ser proclive al desarrollo de sabores y aromas rancios (Ryan C, 2011).

La tendencia actual es producir líneas de maní denominadas “alto oleico”, con composiciones del 75 % al 80 % de ácido oleico y del 2 % al 3 % de ácido

linoleico. Según el tipo o variedad de maní, se pueden presentar relaciones variables entre estos ácidos grasos. Una vez cosechado y almacenado el grano, la relación de ácidos oleico / linoleico (O/L) de la materia grasa, influye sobre la rancidez y el valor nutritivo, determina la duración en góndola y afecta el sabor de los productos derivados. Sin embargo, hay otros factores que contribuyen a conservar la calidad del grano, como el contenido de tocoferoles, antioxidantes naturales y de azúcares solubles, que darían un sabor dulce más intenso (Ryan C, 2011).

2.3.2 Composición del aceite de cacahuete

El aceite de cacahuete, de la planta *Arachis hypogaea* L. También conocido como aceite de maní, en estado bruto, tiene un ligero color amarillo y un característico olor y sabor a cacahuete. En comparación con otros aceites de semillas y en especial con el de algodón, es relativamente pobre en fosfatidos y otras impurezas no oleosas (Alton E.1984).

El aceite de cacahuete refinado es de color amarillo pálido. Su composición es alta en ácidos grasos insaturados y es muy estable. La composición química se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6: Composición del aceite de cacahuete (Cárdenas A, *et al*, 2007)

PROPIEDAD	COMPOSICIÓN
Color	20 amarillo/ 2.0 rojo Max
Índice de yodo	83-107
Ácidos grasos libres	0.1% Max
Ácido oleico (mono - insaturados)	36.4-67.1
Ácido linoleico (poli - insaturados)	14.0-43.0
Ácido linolenico (poli - insaturados)	0-0.1
Ácido palmítico (saturado)	8.3-14.0
Ácido esteárico (saturado)	1.9-4.4
Valor del peróxido (al envasar)	2.0 Max
Estabilidad AOM	25 + horas
Apariencia	Cristalina

2.4 Composición de ácidos grasos del aceite de maní

2.4.1 Composición de ácidos grasos del aceite de maní extraídos con equipo Soxleth utilizando éter de petróleo

Un estudio realizado por Grosso N.R, *et al*, (2002) para realizar el análisis de la composición de ácidos grasos en cacahuete; utilizando semillas de cacahuete o maní de cada especie, las cuales se trituraron en mortero. A este material triturado se le realizó una extracción en equipos Soxleth durante 16 horas utilizando como solvente de extracción éter de petróleo (rango 30-60 °C), una vez recabado el aceite se prosiguió a preparar los éteres metílicos de ácidos grasos por saponificación de una alícuota del aceite seminal con una solución 1 N de hidróxido de potasio en metanol y transmetilación con una solución 1 N de ácido sulfúrico en metanol, los ésteres metílicos fueron analizados por cromatografía gaseosa, con respecto a la composición de ácidos grasos; se detectaron los siguientes ácidos grasos: palmítico (16:0), esteárico (18:0), oleico (18:1), linoleico (18:2), araquidico (20:0), eicosaenoico (20:1),

behenico (22:0) y lignocérico (24:0), las concentraciones mayores fueron de ácido graso oleico y linoleico (Grosso, N.R, *et al*, 2002).

2.4.2 Efecto de temperatura en la composición química y perfil de ácidos grasos en el maní

En general el estrés hídrico va acompañado de una mayor temperatura del suelo lo cual favorecería al grado de saturación del aceite contenido en las semillas, la temperatura del suelo tiene un marcado efecto en la composición química y el perfil de ácidos grasos (Giambastiani G, *et al*, 2000).

2.4.3 El grado de madurez aumenta la relación oleico y linoleico

Los lípidos son el principal componente de las semillas de maní, llegando a un 41 a 54 % de su peso en los cultivares tipo runner. El contenido es mayor con semillas más grandes y con condiciones hídricas del cultivo satisfactorias. En los lípidos presentes en la semilla de maní se encuentran ocho ácidos grasos que difieren en la longitud de la cadena de carbonos y en la cantidad de insaturaciones. Los principales son oleico y linoleico que representan aproximadamente el 80 %, le sigue en orden de importancia el palmítico con un 10 %, la relación oleico linoleico define en gran medida la capacidad de conservación del producto. Mientras mayor sea esta relación, el grano de maní será más resistente al deterioro. La causa de este comportamiento radica en que el ácido oleico es más saturado que linoleico, ya que tiene una sola doble ligadura mientras que el segundo tiene dos, y por lo tanto, no es tan susceptible a la oxidación, el grado de madurez del fruto también aumenta la relación oleico linoleico y el tamaño de la semilla (Giambastiani, G 1994).

2.4.4 Composición de ácidos grasos de cacahuete tostado

Los resultados de acuerdo a (Ryan C, 2011) mostraron que el grano tostado, con respecto al grano crudo tuvieron pequeñas diferencias con respecto a la composición de ácidos grasos. Los valores de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) fueron mayores en el orden de un 2 % (figura 3) respecto a los granos crudos. Comparando ambas variedades nuevamente se evidenció que en los granos tostados de la variedad Granoleico tuvo mayor porcentaje de monoinsaturados y menores valores en poliinsaturados y saturados respecto a la variedad tegua.

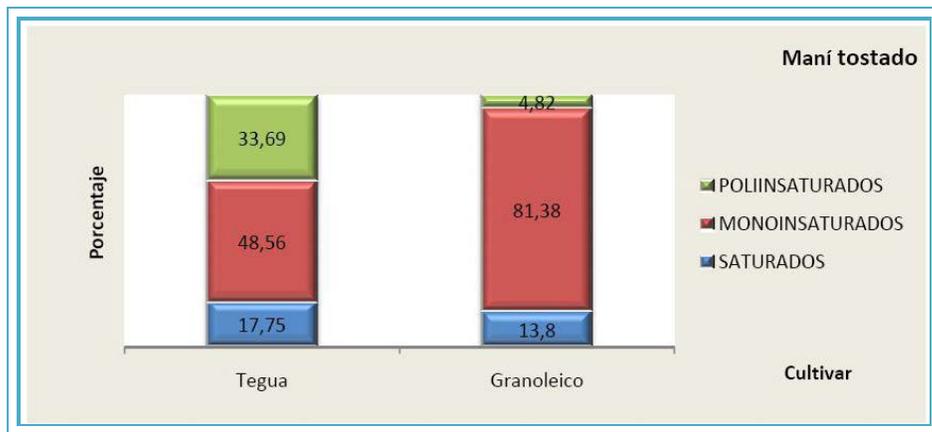


Figura 3: Proporción de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados de los aceites de maní tostado, expresados en porcentajes (g/100g de materia seca) (Ryan C, 2011).

La figura (4) muestra el perfil de ácidos grasos de los aceites de maní tostado de las variedades Tegua y Granoleico. Los ácidos grasos que presentaron diferencias entre cultivares fueron el ácido palmítico, oleico, linoleico y eicosenoico ($p < 0,05$). La variedad Granoleico presentó mayor porcentaje en los ácidos oleico y eicosenoico y menores valores en linoleico y palmítico respecto a la variedad Tegua (Ryan C, 2011).

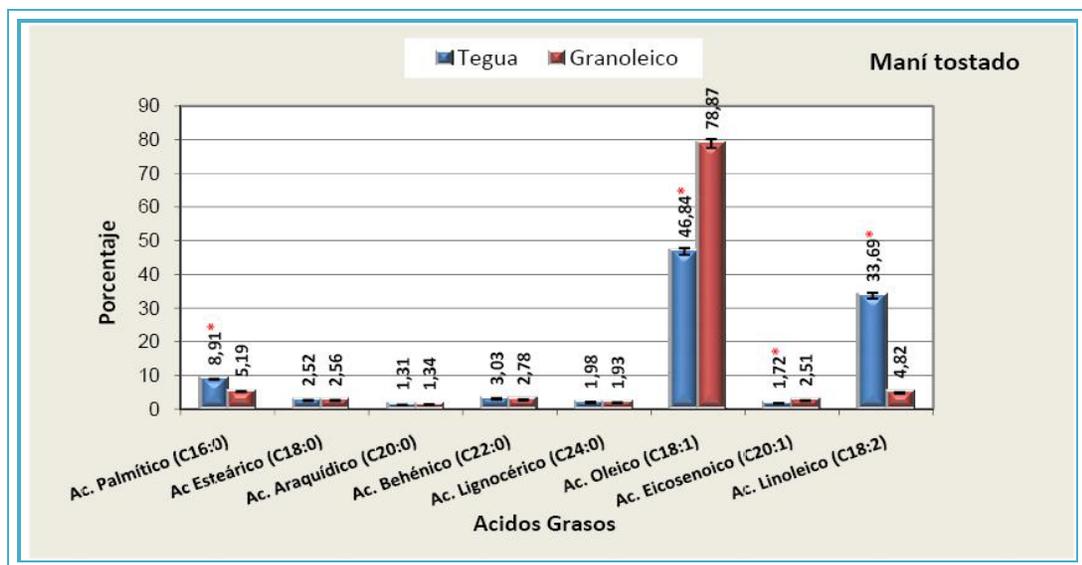


Figura 4: Composición de ácidos grasos de los aceites de granos de mani tostado, expresado en g/100 de materia grasa (Ryan C, 2011).

2.5 Extracción, uso y composición del aceite vegetal

2.5.1 Extracción de aceite vegetal

La extracción de los aceites vegetales anteriormente se hacía mediante prensado y posteriormente se realizaba la extracción con disolventes orgánicos para mejorar el rendimiento. Sin embargo, hay informes que indican que la extracción con disolventes genera una cantidad de ácidos grasos *trans* (AGT), por ejemplo, cuando se extraen con hexano (70 °C) y acetona (55 °C) se forman 0.3 y 0.45 g/100 g de ácidos grasos *trans*, respectivamente de acuerdo a (Ariza O, 2011).

2.5.2 Usos del aceite vegetal

Aproximadamente dos tercios de la producción mundial de aceites y grasas se utilizan para el consumo humano. Las grasas son fuentes concentradas de energía, vitaminas y ácidos grasos que son esenciales para casi todos los organismos. La relativa sencillez y versatilidad de los procesos físicos (fraccionamiento) o químicos (hidrogenación o interesterificación), usados por separado o en combinación, permiten modificar las propiedades de

los aceites vegetales para hacerlos particularmente indicados para usos finales específicos.

Tales procesos hacen a los aceites vegetales intercambiables, un hecho que conduce a que esos aceites predominen en el mercado de los aceites comestibles (CORPODIB, 2003).

Los aceites vegetales también tienen aplicaciones industriales, para estos fines pueden usarse en forma de triglicéridos brutos o refinados (tales como los ácidos grasos) o como derivados de los ácidos grasos. La industria de revestimiento de superficies hace un uso sustancial de diversos aceites insaturados en la producción de resinas alquímicas, pinturas y barnices (CORPODIB, 2003).

2.5.3 Composición del aceite vegetal

Los aceites vegetales se obtienen de cultivos arbóreos o de semillas de cultivos que se siembran todos los años. Su composición son ésteres de glicerol de ácidos grasos llamados triglicéridos. Los ácidos palmíticos, oleicos y esteáricos son los más comunes en los aceites vegetales, pero la gama de ácidos grasos presentes en cantidad apreciable en los aceites que se usan comúnmente, van desde el ácido octanóico, que se encuentra en niveles de 5 a 10 % en el aceite de coco, hasta el ácido erúcico, que puede estar presente en niveles superiores a 50 % en ciertas variedades de aceite de colza, así como se observa en el cuadro 7. La insaturación de los ácidos grasos ocurre principalmente en los que cuentan con una cadena de 18 carbonos (Alton E.1984).

Cuadro 7: Clasificación de los aceites vegetales de acuerdo a su contenido de sus principales ácidos grasos.

Aceite	Contenido de aceite del material oleaginoso (% en peso)	Principal ácido graso	Contenido del principal ácido graso (% en peso)
Coco	65-68	Láurico	44-52
Palmiste	45-50	Láurico	46-52
Palma	45-50	Palmítico	32-47
Oliva	15-40	Oleico	65-86
Cacahuete	45-50	Oleico	42-72
Colza	40-50	Behenico, euricico	48-60
Sésamo	44-54	Oleico	34-45
Soya	18-20	Linoleico	52-60
Algodón	15-24	Linoleico	40-55
Maíz	33-39	Oleico, linoleico	34-62
Girasol	22-36	Linoleico	58-67
Cártamo	25-44	Linoleico	78
Lino	35-44	Linoleico	30-60
Ricino	35-55	Ricinoleico	80-90

Fuente: (Alton E.1984).

La mayor parte de los ácidos grasos en las grasas se esterifican con glicerol para formar glicéridos. Sin embargo, en algunas grasas se encuentran ácidos grasos libres que conllevan a una actividad enzimática excesiva. Los ácidos grasos libres (no esterificados) son el más importante de los componentes secundarios de los aceites vegetales y se deben eliminar para que el aceite sea aceptable para fines comestibles (Alton E.1984).

2.6 Los ácidos grasos

2.6.1 Constitución química, clasificación y nomenclatura de los ácidos grasos.

Los ácidos grasos son compuestos orgánicos formados por cadenas lineales de átomos de carbono (cadenas alquílicas), con un grupo carboxilo terminal que les confiere sus propiedades características. La mayoría de los ácidos grasos ingeridos en la dieta (más de 90 %) no se hallan de forma libre, por lo tanto forman parte de otras moléculas como los triglicéridos, estos están formados por una molécula de glicerol unida a tres ácidos grasos (Maylet H, 2010).

Los ácidos grasos se pueden clasificar de acuerdo a:

- ❖ La longitud de la cadena
- ❖ El tipo de insaturación
- ❖ La disposición espacial de los dobles enlaces

Los ácidos grasos se diferencian por la longitud de su cadena de átomos de carbono en: ácidos grasos de cadena corta (4 – 6 carbonos), de cadena media (6 – 12 carbonos), de cadena larga (12 a 20) y de cadena muy larga (>20 carbonos). Los ácidos grasos de interés biológico presentan número par de átomos de carbono y longitud de cadena entre 14 y 24 átomos (Maylet H, 2010).

En función del grado de insaturación, se distinguen ácidos grasos saturados (sin dobles enlaces en su estructura, SFA, por sus siglas en inglés), mono - insaturados (con un doble enlace, MUFA, por sus siglas en inglés), poliinsaturados (con dos o más dobles enlaces en disposición metileno, PUFA, por sus siglas en inglés) (Maylet H, 2010).

Los ácidos grasos poliinsaturados se clasifican además en dos familias, según la posición del primer doble enlace:

- ❖ El ácido graso omega 6 (ω_6 o n-6) tienen el primer doble enlace en el sexto átomo de carbono de la cadena (contando a partir del grupo metilo terminal) y se derivan principalmente del ácido linoleico.
- ❖ Los ácidos graso omega 3 (ω_3 o n-3) tienen el primer doble enlace en el tercer átomo de carbono de la cadena (contando a partir del grupo metilo terminal) y se derivan principalmente del ácido α – linolénico.

Por la disposición de los dobles enlaces se clasifican en ácidos grasos en configuración *cis* (forma curva) y en configuración *trans* (forma recta), en la naturaleza, la disposición espacial de los dobles enlaces es casi siempre una configuración de tipo *cis*, pero pueden cambiar a configuración *trans* por isomerización geométrica. La configuración *cis* origina un ángulo en dicha posición, provocando un acodamiento en la molécula que impide el empaquetamiento ordenado de las cadenas hidrocarbonadas, requiriéndose menor energía para romper las fuerzas intermoleculares entre los ácidos graso insaturados. Los ácidos grasos en configuración *trans* son los minoritarios en la naturaleza y tienen una posición espacial ordenada similar a la de los SFA (Maylet H, 2010).

2.6.2 Ácidos grasos saturados

Los ácidos grasos saturados (SFA) se hallan principalmente en productos de origen animal, tales como la mantequilla, el queso, la leche entera y las carnes grasas; pero también se puede encontrar en grandes cantidades en aceites vegetales de palmiste, palma y coco. Entre todos los ácidos grasos saturados, el ácido palmítico (C16:0) es el más abundante en la dieta humana, aunque otros ácidos grasos importantes son el esteárico (C18:0) y el mirístico (C14:0). El consumo elevado de SFA aumenta el colesterol sérico, pero los ácidos grasos de cadenas medianas como el láurico (C12:0), mirístico (C14:0) y el palmítico (C16:0) influyen significativamente en el aumento, tanto del LDL – colesterol como del HDL – colesterol.

Por otra parte, los SFA de cadena corta y mediana (C4:0 – C10:0) y el ácido esteárico (C18:0) no causan una variación significativa de los niveles de colesterol (Maylet H, 2010).

2.6.3 Ácidos grasos monoinsaturados

Entre los ácidos grasos mono - insaturados (MUFA), el de mayor importancia nutricional es el ácido oleico, el cual se halla en proporción abundante en el aceite de oliva y en determinados aceites de cáñola. En estudios prospectivos se ha demostrado que su consumo está asociado a una disminución de las enfermedades cardiovasculares. Así mismo, muchos investigadores han demostrado el efecto hipo - colesterolemico de los MUFA cuando los SFA de la dieta son sustituidos por MUFA. Además los MUFA no reducen los niveles de HDL-colesterol, contrariamente a lo que se ha observado con dietas ricas en PUFA (Maylet H, 2010).

2.6.4 Ácidos grasos poliinsaturados

Entre los ácidos grasos poliinsaturados, el más abundante es el ácido linoleico, que se encuentra sobre todo en los aceites de semillas tales como el aceite de girasol, maíz, cártamo, germen de trigo, pepita de uva y cacahuate. Así pues, con la notable excepción de las mantecas de coco y de palmiste, en el mundo vegetal dominan los ácidos grasos insaturados (Maylet H, 2010).

Los PUFA de la serie n-6, en especial el ácido linoleico (C18:2 c), disminuyen de forma significativa las concentraciones de colesterol total y LDL-colesterol cuando sustituyen ácidos grasos saturados en la dieta, pero su consumo elevado también disminuye el HDL- colesterol, por ello no deben consumirse en grandes cantidades. De esta forma, su efecto benéfico depende de la correcta relación con los PUFA de la serie n-3, la cual debe ser de 4:1, en el cuadro 8 se observa una clasificación de los ácidos grasos poliinsaturados (Maylet H, 2010).

Cuadro 8. Nomenclatura De Los Ácidos Grasos Esenciales

Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura	Formula
Familia Ω-6			
Linoleico	Cis-9,12,-octadecadienoico (LA)	18:2 Ω -6	$C_{18}H_{32} O_2$
γ - linoleico	Cis.6,9,12- octadecatrienoico	18:3 Ω -6	$C_{18}H_{30} O_2$
Dihomoglinolénico	Cis-8,11,14- eicosatrienoico	20:3 Ω -6	$C_{20}H_{34} O_2$
Araquidónico (AA)	Cis.5,8,11,14- eicosatetraenoico	20:4 Ω -6	$C_{20}H_{32} O_2$
Adrenico	Cis-7,10,13,16 docosatetraenoico	22:4 Ω -6	$C_{22}H_{36} O_2$
Osmond		25:5 Ω -6	$C_{22}H_{34} O_2$
Familia Ω-3			
α - Linolenico	Cis-9,12,15- octadecatrienoico (ALA)	18:3 Ω -3	$C_{18}H_{30} O_2$
Estearidonico	Cis-6,9,12,15 octadecatetraenoico	18:4 Ω -3	$C_{18}H_{28} O_2$
Timnodonico	Cis-5,8,11,14,17- eicosapentaenoico (EPA)	20:5 Ω -3	$C_{20}H_{30} O_2$
Clupanodonico	Cis-7,10,13,16,19- docosapentaenoico (DPA)	22:5 Ω -3	$C_{22}H_{34} O_2$
Cervónico	Cis-4,7,10,13,16,19- docosaheptaenoico (DHA)	22:6 Ω -3	$C_{22}H_{32} O_2$

Fuente: Dupont, 1999.

2.6.5 Importancia del análisis de los ácidos grasos

El análisis de ácidos grasos es de gran interés para la industria de alimentos por las implicaciones tecnológicas, nutricionales y sensoriales que se derivan de composición (Castillo, 2010).

La tendencia a modificar la composición de los ácidos grasos a través de la dieta ha motivado la necesidad de métodos de análisis más precisos y exactos para poder determinar la concentración de ácidos grasos, como por ejemplo algunos del tipo n-3: linolénico, eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA); y otros que han adquirido importancia tanto por sus propiedades en producción en animal como por su efecto sobre la salud humana son los ácidos grasos *trans*, ya que se han asociado al desarrollo de enfermedades cardiovasculares y se ha promovido su reducción (Castillo,2010).

2.6.6 Composición de ácidos grasos en algunas semillas oleaginosas

El porcentaje de aceite de sacha inchi comparado con otras semilla como el maní, el girasol es el de más alto contenido en aceite (Hamaker *et al*, 1992).

Hamaker *et al*, (1992) reportó la composición en ácidos grasos de algunas semillas oleaginosas.

Cuadro 9.Composición en ácidos grasos de algunas semillas oleaginosas en %

Ácidos Grasos	Soja	Maní	Algodón	Girasol
Saturado				
Mirístico	0.0	0.0	0.0	0.0
Palmítico	10.5	12.0	18.7	7.5
Esteárico	3.2	2.2	2.4	5.3
Insaturado				
Palmitoleico	0.0	0.3	0.6	0.0
Oleico	22.3	41.3	18.7	29.3
Linoleico	54.5	36.8	57.5	57.9
Linolenico	8.3	0.0	0.5	0.0
Gadoleico	0.0	1.1	0.0	0.0

Hamaker *et al* (1992) reportó la composición en ácidos grasos de algunas semillas oleaginosas

2.7 Efectos benéficos de los AG Ω -3

2.7.1 Durante la gestación

Los AG Ω -3 son componentes estructurales del cerebro y de la retina durante el desarrollo del feto. Se ha estimado que aproximadamente 600 mg de los AGE (Acido grasos esenciales) son transferidos de la madre al feto durante la gestación y al término, en una madre sana. La dieta de la madre antes de la concepción es de gran importancia, ya que determina en parte el tipo de grasa que se acumularan en los tejidos del feto.

La placenta transporta selectivamente ácidos araquidónico (AA) y docosahexaenoico (DHA) de la madre al feto. Esto produce un enriquecimiento de estos AG en los lípidos circulantes del feto, lo cual es vital durante el tercer trimestre de gestación, que es cuando el desarrollo del sistema nervioso es mayor, se ha observado un incremento notable en el contenido de DHA en el tejido cerebral durante el tercer trimestre y después del nacimiento (Castro G, 2002).

2.7.2 Durante el crecimiento

En niños amamantados o alimentados con fórmulas que contiene DHA se ha observado una mejor agudeza visual y una mejor capacidad para responder a la luz, lo cual está asociado con una mejor habilidad cognitiva para integrar información. Se ha observado en ellos un mejor coeficiente intelectual (Castro G, 2002).

2.7.3 Sobre el sistema cardiovascular

Los AG Ω -3 tienen efectos antitrombóticos y antiaritmicos, aumentan el tiempo de sangrado evitando la adherencia de plaquetas en las arterias, previene la arterosclerosis al reducir las concentraciones de colesterol en plasma, son útiles en pacientes hipertensos, ya que contribuyen a bajar la presión sanguínea y reducen la concentración de triglicéridos en plasma, disminuyen el colesterol total y el VLDL. (Castro G, 2002).

2.7.4 Sobre el sistema inmunológico como coadyuvantes en el tratamiento de sida

El virus de la inmunodeficiencia adquirida (VIA) es capaz de replicarse en muchas de las células humanas, como algunos linfocitos, monocitos/macrófagos y células gliales. Los monocitos/macrófagos son considerados un importante reservorio de VIA (in vivo) y producen citosinas como como la Interleucina-1 (IL1) y factor de necrosis tumoral (FNT). Estas sustancias favorecen la replicación del virus e inducen secundariamente otras citosinas como la interleucina-6 (IL6) y al factor estimulante de los granulocitos. Estas citosinas son responsables de muchos de los aspectos clínico de la enfermedad del SIDA, como el dolor de cabeza, fiebre, anorexia, sutiles cambios cognoscitivos, disfunciones motoras y caquexia, la estrategia en el tratamiento de drogas y sustancias que actúan sobre diferentes puntos de la replicación viral y en forma sinergia, y los AG Ω -3 son considerados como candidatos por sus diversos efectos sobre los sistemas inmunológico y metabólico (Castro G, 2002).

2.7.5 Sobre el sistema nervioso

1. Los AG Ω -3 son esenciales para un adecuado desarrollo y funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso, se concentran en la retina y la corteza cerebral, y tienen la capacidad de corregir problemas visuales y cerebrales en pacientes con deficiencia demostrada. Muchos aspectos de ubicación, ansiedad, habilidad en el aprendizaje, memoria, función retinal se ven favorecidos con el consumo de los AG Ω -3.
2. Son precursores de compuestos hormonales como los prostanoides (prostaglandinas y tromboxanos). Que facilita la transmisión de mensajes en el sistema nervioso central.

3. Cuando existen niveles adecuados de DHA en el cerebro se mejora la actividad cerebral.
4. Dos terceras partes de los ácidos grasos de las membranas de los fotorreceptores de la retina son Ω -3, principalmente DHA.
5. Otra relación entre el DHA y la función cerebral ha sido hallada en el patrón de organización del sueño en los niños. Un bajo consumo de DHA resulta en menos ondas lentas de sueño, que sirven como un indicador de la maduración y desarrollo del SNC (sistema nervioso central) y del cerebro.
6. Los Ω -3 están relacionados con problemas de depresión y violencia. Se ha demostrado que el DHA dietario tiene efectos protectores contra un aumento en la hostilidad en estudiantes bajo condiciones de estrés.
7. Bajas concentraciones de DHA son un indicador útil para predecir mayores problemas de conducta en niños a quienes se les ha diagnosticado el síndrome de déficit de atención con hiperactividad (TDAH). Estos problemas pueden ser un reflejo en parte de los problemas en la neurotransmision (Castro G, 2002).

2.7.6 Fuentes de AG Ω -3 en los alimentos

Las fuentes de AG Ω -3 predominantes en la mayoría de las dietas son los aceites vegetales y el pescado. A excepción de las dietas del Mediterráneo y las de los esquimales de Alaska y Canadá, cuyas fuentes principales de Ω -3 son los aceites de oliva y pescados y grasas de mamíferos marinos respectivamente. Los pescados son la mayor fuente de EPA y DHA, mientras que los aceites vegetales lo son del ácido α -linolénico (conocido como ALA).

Otras fuentes de Ω -3 que contribuyen colectivamente en la dieta son algunas nueces y semillas, vegetales, yema de huevo, pollo y carne de rumiantes y cerdos (Castro G, 2002).

Entre los aceites vegetales, el aceite de linaza es considerado como la fuente más rica de ácido α -linolénico (ALA) (57 % de los ácidos grasos totales). La semilla de colza, la soja, el germen de trigo y las nueces contienen entre un 7 % y un 13 % de ALA. Algunos autores consideran a las verduras como una buena fuente de ALA (por ejemplo, espinaca, lechuga), aunque su contenido graso es bastante bajo. La carne de origen animal, particularmente la de rumiantes, y los productos lácteos también proporcionan ALA. Sin embargo, las técnicas agrícolas modernas han originado un descenso en el contenido de ácidos grasos n-3 de la carne (especialmente cordero y ternera) debido al uso casi generalizado de concentrados de cereales ricos en ácidos grasos n-6 para alimentar al ganado (J. Carrero, *et al*, 2005).

2.8 Omega 6

2.8.1 Salud cardíaca

Los factores alimentarios pueden tener una función importante en el riesgo de enfermedad cardíaca. Numerosos estudios han demostrado cómo el consumo de ciertos alimentos puede afectar el colesterol total en sangre, incluida la lipoproteína de baja densidad (LDL) o "colesterol malo", la lipoproteína de alta densidad (HDL) o "colesterol bueno", así como los triglicéridos. Los estudios con animales experimentales, las investigaciones de laboratorio, epidemiológicas y las formas genéticas de hipercolesterolemia indican que el colesterol LDL elevado es una de las principales causas de ECV. Además, recientes ensayos clínicos demuestran de manera contundente que la terapia de reducción del LDL reduce el riesgo de ECV. Por lo tanto, la estrategia primaria para reducir el riesgo de enfermedad cardíaca se concentra en reducir el colesterol LDL (web 1).

2.8.2 Cáncer y ácidos grasos omega 6

Las grasas omega 6 también pueden tener una función en la incidencia de cáncer de mama y de páncreas. El consumo en la dieta de grasas omega 6 se correlacionó con una menor incidencia de cáncer de mama. Los estudios preliminares con tejido específico de mama sobre el riesgo de cáncer son menos concluyentes. Y los estudios hechos en células demuestran efectos protectores y potencialmente perjudiciales (web 1).

2.8.3 Fuentes de omega 6

Las grasas y los aceites que contienen omega 6 son esenciales para la vida y recientemente se ha vuelto a confirmar que son necesarios para la salud. El consumo de ciertos alimentos como aceites vegetales, nueces y algunos pescados se recomienda por sus calidades saludables, entre ellas, el contenido de grasa, y por su potencial para reducir el riesgo de enfermedad, incluida la enfermedad cardíaca y el cáncer. Los ácidos grasos existen en los alimentos como mezclas, y ciertos alimentos son buenas fuentes de ácidos grasos específicos. Por ejemplo, las principales grasas poliinsaturadas de fuentes vegetales incluyen el ácido linoleico (LA), un ácido graso omega 6 que se encuentra en los porotos de soja, en el maíz y en el girasol, y el ácido alfa-linolénico (ALA), un ácido graso omega 3 que se encuentra en la semilla de lino y en los aceites de lino, canola y soja así como se observa en el cuadro 10 (web 1).

Cuadro 10. Fuente de ácidos grasos omega 6

Fuente	Grasas no saturadas		Grasas Monoinsaturadas %	Grasas Saturadas %
	Grasas poliinsaturadas			
	Ácido graso omega 6 %	Ácido graso omega 3 %		
Aceite de cártamo	74	0	14	6
Aceite de girasol	66	0	20	10
Aceite de maíz	53	1	27	13
Aceite de soja	50	7	23	16
Aceite de cáñola	20	9	59	7
Aceite de lino	13	53	20	9

* Extractado del Banco de Datos Nacional de Nutrientes del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Investigación Agrícola, visitado en: <http://www.ars.usda.gov/>

* Extractado del Servicio de Investigación Económica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Anuario de Cultivos de Aceite 2008: Tabla 31 Grasas y aceites comestibles: Oferta y desaparición, EE.UU., 1993/94-2008/09 disponible en: <http://usda.mannlib.cornell.edu/>.

2.9 Ácido esteárico y salud cardiovascular

2.9.1 Ácido esteárico

El ácido esteárico es un ácido graso saturado, el cual a diferencia del palmítico, mirístico y el láurico no conlleva efectos negativos para la salud que hayan sido demostrados por la ciencia. El ácido graso esteárico tiene un pobre efecto sobre los lípidos y las lipoproteínas plasmáticas, por lo que su influencia sobre el colesterol no es del todo negativa. Este ácido graso actúa de forma distinta que el resto de los ácidos grasos saturados, se estima que la razón es que las grasas sintéticas de los alimentos procesados no son absorbidas en su

totalidad por el organismo, como sucede con los demás lípidos. Es por tanto que se explica el efecto neutro que ejerce sobre los triglicéridos y el colesterol en sangre, aunque aún no se conocen sus efectos en el perfil lipídico del cuerpo y la salud cardiovascular en general (Buena Salud, 2010).

2.9.2 Respuesta obesogénica e insulinémica del AE

El AE es el sustrato principal para la enzima esteroil-CoA desaturasa, que se ha mostrado como un factor protector contra la obesidad (porque podría aumentar la actividad de la hormona leptina, que tiene efectos anorexígenos) y se ha implicado en una menor resistencia a la insulina. En cualquier caso, faltan estudios en humanos que confirmen estas teorías (Basulto M. *et al*, 2009).

2.9.3 AE y diabetes mellitus

El AE podría asociarse a disminuciones en la resistencia a la insulina (indirectamente a través de un metabolito llamado esteroil – CoA desaturasa), los estudios que sustentan dicha hipótesis no son coincidentes. Estudios observacionales prospectivos realizados en humanos, contrariamente, indican que una mayor proporción de AE en los fosfolípidos plasmáticos podría estar relacionada con una más alta incidencia de diabetes. Otros estudios indican, sin embargo, que en pacientes con diabetes *mellitus* tipo 2 las dietas con alto contenido en AE podrían no afectar a las medidas del metabolismo de la glucosa. En cualquier caso, conviene tener en cuenta cualquier posible factor de riesgo de aumento de la incidencia de la diabetes, ya que es una enfermedad muy prevalente y con gran presión asistencial (Basulto M. *et al*, 2009).

2.9.4 Respuesta lipémica del AE respecto a otros AGS

El AE se ha manifestado en los estudios en humanos como un sustrato muy pobre para la síntesis de triglicéridos, tras compararlo con otros ácidos grasos saturados como el mirístico o el palmítico. Asimismo, en estudios en humanos, el AE ha mostrado que genera una respuesta lipémica menor que los AGS de cadena media. Los datos disponibles muestran, en cualquier caso, que la ingesta actual de AE tiene un efecto neutro en los lípidos plasmáticos o las lipoproteínas plasmáticas (triglicéridos, colesterol total, colesterol de las LDL y colesterol de las HDL). Hay distintas teorías al respecto de los mecanismos causantes de dicho efecto neutro. Entre ellas predominan su menor absorción intestinal y su conversión endógena a ácido oleico, aunque se considera que no existe un solo mecanismo, sino una combinación de múltiples factores. En algunos casos se ha observado reducción del colesterol total, así como una leve reducción de la concentración de HDL; sin embargo, un estudio de mayor duración mostró a los 40 días una tendencia a la recuperación de los valores de colesterol total, pero no los de HDL. Se requieren, por lo tanto, estudios de más larga duración para poder identificar el efecto de la ingesta de AE a largo plazo (Basulto M. *et al*, 2009).

2.9.5 AE y factores hemostáticos

El AE no muestra un efecto trombogénico mayor que otras grasas saturadas y que aparentemente no es altamente trombogénico en comparación con algunos ácidos grasos insaturados. Pero se requieren más estudios para dilucidar si dicho efecto lo producen el AE u otras sustancias presentes en la fuente dietética de AE. En tres estudios se ha observado un menor volumen plaquetario medio, pero en dos estudios, se ha detectado un ligero aumento del fibrinógeno plasmático, marcador de cardiopatía isquémica, tras la ingesta de AE. Por lo tanto, se requieren más estudios realizados en humanos para determinar cómo la ingesta de AE afecta a los factores hemostáticos y su papel en el aumento del riesgo cardiovascular (Basulto M. *et al*, 2009).

2.9.6 AE como sustituto de los ácidos grasos *trans* (AGT)

El AE es un firme candidato a sustituir a los AGT presentes en muchos de los alimentos procesados disponibles actualmente en el mercado. Esto es así porque, tal y como se ha mostrado en los anteriores apartados, no parece que leves aumentos en la ingesta de AE tengan efectos negativos en la salud, en comparación con los bien descritos efectos deletéreos del actual consumo de AGT, tales como disminuciones en las concentraciones plasmáticas de HDL y aumentos en las concentraciones plasmáticas de LDL, y por su contribución a la mortalidad y la morbilidad cardiovasculares (Basulto M. *et al*, 2009).

2.9.7 Fuentes de ácido esteárico

El ácido esteárico está presente en carnes, cereales, pescado, cereales, lácteos, grasas (manteca de cacao y de cerdo, el sebo de vacuno y la mantequilla), algunas hortalizas, huevos y aceites en general. La contribución de los demás alimentos es mínima (Buena Salud, 2010).

2.10 Hidrogenación de los aceites y ácidos grasos *trans*

2.10.1 Ácidos grasos *trans*

Los ácidos grasos *trans* son aquellos ácidos grasos insaturados que tienen al menos un doble enlace pero se encuentran en configuración *trans*. En estos isómeros *trans*, el carbono unido por el doble enlace proporciona una configuración recta, compacta, debido a que los enlaces de los átomos de hidrógeno están a ambos lados de la cadena de átomos de carbono. Esto los diferencia de los *Cis* de los aceites vegetales donde los enlaces de los átomos de hidrógeno están al mismo lado de la cadena de átomos de carbono (Valenzuela, 2008).

Esta diferente configuración espacial hace que encontremos los isómeros *Cis* en forma líquida y los *trans* se mantengan sólidos facilitando su uso industrial y aumentando la estabilidad frente a la oxidación. Los ácidos grasos insaturados que se encuentran como isómeros *Cis* en la naturaleza son

convertidos, por acción de agentes físicos como calor (desodorización de aceites a alto vacío y temperatura) y por procesos industriales (hidrogenación) en isómeros *trans*, así como se observa en la figura 5. Perdiendo sus propiedades fisiológicas y sus efectos beneficiosos (Valenzuela, 2008).

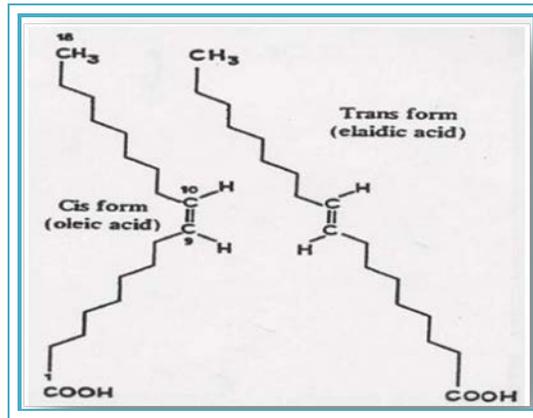


Figura 5: Forma *cis* del oleico y forma *trans* del elaidico

2.10.2 Hidrogenación Industrial

Esta hidrogenación industrial, que consiste en adicionar directamente hidrógeno a los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados permite modificar su punto de fusión haciéndolos sólidos o semisólidos a temperatura ambiente. Así se varía su configuración molecular, su geometría, su número y la ubicación de los dobles enlaces. Se observa que selectivamente y preferentemente se hidrogenan los más altamente insaturados en relación a los medianamente saturados. El ácido elaidico (C18:1n9) es el isómero *trans* del ácido oleico que se encuentra presente en mayor proporción después de una hidrogenación parcial de aceites vegetales. También existen isómeros *trans* de ácido linoleico (C18: 2 9 t, 12 t; C18:2 9c 12 t y C18:2 9t, 12c) y ocasionalmente también pueden aparecer isómeros *trans* del ácido linoleico (Giacopini de Z MI, 2007).

2.10.3 Formación de ácidos grasos *trans* durante la extracción de aceite

Los ácidos grasos *trans* se forman probablemente mediante tratamiento térmico de semillas oleaginosas antes o durante el proceso de extracción. Las Grasas *trans* y Aceites se generan aun cuando la semilla oleaginosa se presione cuidadosamente en el proceso de prensado, también aumenta durante la extracción con solventes, procesos de secado en caliente o incluso el tostado de semillas (By M. Tasan, *et al* 2011).

Estudios realizados demuestran una diferencia importante en algunas características de calidad y estabilidad entre los aceites de girasol crudo estudiados debido a diferentes métodos de extracción, aparentemente el mejor método de extracción es realizando una adecuada presión completa, método que supero a los demás (pre- prensado, disolventes "hexano") con respecto a influir en la composición de ácidos de ácidos grasos, tocoferoles, ácidos grasos libres, índice de peróxido, la estabilidad de ranciamiento y el color del aceite (By M. Tasan, *et al*, 2011).

2.10.4 Ácido elaídico

La mayor parte de la grasa insaturada está compuesta por 18:1 (oleico), 18:2n-6 (linoleico), 18:3n-3 (alfa linolénico), y el ácido graso *trans* que predomina durante la hidrogenación es el *trans* 18:1 (elaídico). El ácido oleico tiene un doble enlace en configuración *cis* y es el principal ácido graso mono-insaturado que existe en la naturaleza. El ácido elaídico es estructuralmente igual al ácido oleico, pero se encuentra en la configuración *trans*. Mientras que la temperatura de fusión de ácido oleico es de 13°C la del ácido elaídico es 44°C. Esto muestra su importancia en el proceso de endurecimiento de las grasas. La composición final de la grasa hidrogenada depende en parte del tipo del aceite original que se utilizó. Si se empleó aceite de soja, el producto hidrogenado contendrá isómeros: 18:1t (12 %), 18:1c (4 %), 18:2 y 18:3 (9 %) e isómeros de posición. Generalmente durante el proceso de hidrogenación se forman más de 20 nuevos isómeros de ácido oleico y linoleico.

También se puede hidrogenar grasa de pescado, en este caso se obtienen isómeros de ácidos grasos de cadenas de hasta 20-22 carbonos (Paula P, *et al*, 1999).

2.10.5 Hidrogenación de aceites vegetales

Con la hidrogenación, o adición directa de hidrógeno a los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados, se pretende modificar el comportamiento físico de determinados aceites y grasas. El objetivo de la hidrogenación es aumentar la estabilidad oxidativa y/o alterar las propiedades de fusión de los aceites mediante la reducción del grado de insaturación. La hidrogenación es una reacción catalítica, que requiere el uso de un catalizador, normalmente Níquel. Como consecuencia de este proceso, los ácidos grasos pueden ser transformados en sus isómeros *trans* y los que habitualmente se encuentran son el ácido elaídico (18:1n9t), los isómeros *trans* del ácido linoleico (18:2 9t, 12t; 18:2 9c, 12t, y 18:2 9t, 12c) y ocasionalmente, también pueden aparecer isómeros *trans* del ácido linolénico. Estos aceites hidrogenados son utilizados industrialmente en la fabricación de margarinas, shortenings, grasas para frituras (deepfrying) y otros alimentos procesados (Paula P, *et al*, 1999).

2.10.6 Fuentes de ácidos grasos *trans* en los alimentos

El aumento en el consumo de AGT ha tenido un incremento con los años, aunado con el estilo de vida, aumento del uso de las margarinas, desarrollo en tecnología de panadería y nivel socioeconómico. Los productos de mayor consumo son los productos de repostería y panadería, que contienen hasta un 37 % de la grasa total en forma de AGT; las margarinas un 49 %; frituras como papas, pollo, carne para hamburguesa de un 40 a 50 %. La recomendación de AGT, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), debe ser <2g al día por porción de alimentos, La mayoría de los AGT provienen de los alimentos procesados (Monroy T. 2009).

2.11 Cromatografía de gases

La cromatografía de gases es uno de los métodos físicos de separación más eficaces que se conocen; cada componente de una muestra suministra tres unidades de información: posición, altura y anchura de los picos en el cromatograma. La posición, expresado como dato de retención, suministra la información cualitativa y los otros proporcionan la información cuantitativa (Olguín P y Rodríguez M, 2004).

Los componentes al ser separados son distribuidos entre dos fases, una de las cuales es estacionaria mientras la otra se mueve en una dirección definida. Los componentes son separados por sus diferentes tasas de migración. La cromatografía puede ser clasificada por su utilidad y en base al material que se utilice como eluyente para separar los solutos. De acuerdo a su utilidad la cromatografía se clasifica en: analítica, utilizada para determinar los químicos presentes en un mezcla y en que concentración; y preparativa, utilizada para purificar grandes cantidades de químicos (Olguín P y Rodríguez M, 2004).

La forma más usual de hacer cromatografía de gases es utilizando un líquido como fase estacionaria; recibe entonces el nombre de cromatografía gas-líquido (CGL). También se utilizan absorbentes, dando lugar a la cromatografía gas-sólido (CGS), pero en mucho menor proporción (Olguín P y Rodríguez M, 2004.).

2.11.1 Aplicaciones

Según la aplicación de Olguín P y Rodríguez M (2004), una forma de clasificar las aplicaciones en la cromatografía de gases es dividirlo por áreas de interés asignadas en cuatro grandes categorías.

- a) Comida, saborizantes y fragancias. Productos naturales y las feromonas, análisis de pesticidas, separación de anantiomeros.
- b) Petróleo y químicos. Ácidos grasos; combustibles, sintéticos, carbón, y aceites; separación de anantiomeros.

- c) Ambientales. Contaminantes de agua, aire y tierra; halometanos en el agua hasta las dioxinas en la tierra; análisis de pesticidas; separación de enantiómeros.
- d) Médicas y biológicas. Ácido grasos; niveles de alcohol y drogas en la sangre; análisis de pesticidas; separación de enantiómeros.
- e) En la industria: es muy útil cuando pretendemos identificar los compuestos que determinan una característica aromática conocida.

La cromatografía de gases es ampliamente utilizada en el análisis de aceites esenciales, donde la complejidad de la muestra puede ser en verdad un gran reto. Muchos de estos productos son frágiles e importantes comercialmente y se utiliza la cromatografía de gases para cuantificar componentes específicos que podrían ser indicativos de calidad del aceite y para detectar adición de compuestos clandestinos como antioxidantes así como componentes utilizados como diluyentes (Olguín P y Rodríguez M, 2004).

CAPÍTULO III

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

La presente investigación se realizó en cuatro etapas la primera de ellas fue la selección e identificación de las variedades de cacahuate (*Arachis hypogaea L*), la segunda se enfocó a la preparación previa de las muestras para posteriormente llevar a cabo el análisis previsto, en la tercera se llevó a cabo la extracción de aceite del cacahuate por el método Soxhlet, en la etapa final se realizó la cuantificación e identificación de los ácidos grasos presentes en el aceite de cacahuate.

3.1 Etapa I. Selección e identificación de variedades de cacahuate

3.1.1 Localización

La experimentación se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal, de las instalaciones de la “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

3.1.2 Selección de cacahuate

Los cacahuates fueron recolectados en diferentes lugares, dos de las variedades (Español y Valencia) fueron recolectados en la colonia Guadalupe Victoria municipio de Venustiano Carranza Chiapas, en el mes de noviembre del 2011, ambas muestras fueron previamente secadas al sol por cinco días, para evitar el crecimiento de hongos, también se analizó una muestra más de la misma variedad Español, la cual se compró en la central de abastos de Saltillo, Coahuila, dicho cacahuate proveniente Estado Unidos.

3.1.3 Identificación de las variedades de cacahuete

Una vez que se contó con las tres muestras a analizar se identificó cada una de ellas, con respecto a la literatura, las dos muestras cosechadas en el estado de Chiapas presentaron diferentes características morfológicas. Una de estas contenía dos semillas, dicha muestra corresponde a la variedad Español y la siguiente muestra que contiene tres semillas o más corresponde a la variedad Valencia, la muestra que fue recolectada en E.U, también corresponde a la variedad Español, las descripciones anteriores se pueden apreciar en la figura 6, 7 y 8.



Figura 6: Cacahuete Español (E.U)



Figura 7: Cacahuete Español (Chiapas)



Figura 8: Cacahuete Valencia (Chiapas)

3.2 Etapa II. Preparación previa de la muestra

3.2.1 Tostado de cacahuete

El tostado del cacahuete se llevó a cabo con flama lenta durante 40 minutos, se utilizó esta flama debido a que la cáscara del cacahuete se quema al aumentar la temperatura, durante el tostado se realizó varias pruebas para asegurarse que la semilla de cacahuete se encontrara perfectamente tostada y fácil de pelar.

3.2.2 Descascarado de cacahuete

El descascarado del cacahuete se llevó a cabo de una manera manual debido a que no se requiere de mucha fuerza o presión para poder romper la cáscara.

3.2.3 Separación de testa de la almendra de cacahuete

Este proceso se llevó a cabo de forma manual es decir se realiza cierta fricción leve con las yemas de los dedos y de la almendra de cacahuete, evitando causarle algún daño físico donde pueda perder parte de alguno de sus componentes.

3.2.4 Picado del cacahuete

El picado del cacahuete se llevó a cabo con un cuchillo apoyado de una tabla, los cortes que se realizaron fueron de lo más pequeño posible, sin triturar la muestra, no se trituro en un mortero debido a que en cuanto más martajada este la muestra hay mayor pérdida de aceite durante esta actividad.

3.3 Etapa III. Extracción de aceite del cacahuete

3.3.1 Método Soxhlet

Para desarrollar este método se pesaron 5 g de cacahuete previamente picado en un papel filtro Whatman No.41, que se colocó dentro de un dedal de celulosa; para posteriormente colocarlo dentro del sifón, en un matraz bola fondo plano, previamente pesado; se añadieron 200 ml de éter de petróleo. El matraz se calentó a una temperatura de 55 °C a 60 °C. El proceso de

extracción se efectuó durante 12 horas continuas a temperatura constante (figura 9). Al termino de este tiempo se extrajo el dedal y se recuperó el éter de petróleo contenido en el matraz (Figura 10); posteriormente el matraz con el aceite se sometió a temperatura constante por 2 horas en una estufa de secado (Blue M) a una temperatura de 40 °C, al cabo de este tiempo se pesó y se calculó el por ciento de aceite como extracto etéreo con la fórmula 1, estos resultados fueron ajustados con base a materia seca total.

$$\text{Formula: } EE = \frac{(w \text{ matraz} + EE) - (w \text{ matraz})}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

Dónde:

EE = Extracto Etéreo

W = Peso de la muestra



Figura 9: Extracción de aceite por método Soxleth **Figura 10:** Matraces con Extracto Etéreo

3.4 Etapa IV. Cuantificación e identificación de los ácidos grasos presentes en el aceite esencial de cacahuete

3.4.1 Extracción de los triglicéridos del aceite esencial del cacahuete

Se suspendieron 195 mg de aceite en 10 ml de agua destilada y 30 ml de la mezcla extractora de cloroformo: metanol (2:1). La mezcla se agito intensamente durante 60 segundos en un embudo de separación y se dejó reposar hasta la separación de las dos fases.

La fase inferior (orgánica) contiene los lípidos del aceite, la fase superior (acuosa) contiene las proteínas, sales minerales, hidratos de carbono y otras sustancias no lipídicas, como se muestra en la (figura 11), las cuales se desecharon.



Figura 11: Fase inferior orgánica (contiene los lípidos del aceite)

3.4.2 Hidrólisis de triglicéridos hasta ácido graso y esterificación del ácido graso en esteres metílicos

Se realizó en el producto obtenido de la fase orgánica extraída del paso anterior. Para esto, el extracto se colocó en el rota-vapor a una temperatura de 40 a 50 °C, con vacío moderado, retirando de este modo el cloroformo retenido. Al residuo se le añadió 10 ml de NaOH 0.5 N en metanol, la mezcla se calentó en baño maría a 65 °C durante 20 minutos con rotación lenta del micro rota - vapor posteriormente se le adicionó 15 ml de reactivo Folcha (14 % BF₃-CH₃-OH) el calentamiento se continuó a la misma temperatura durante 5 minutos más. A la solución obtenida en caliente se le añadió 30 ml de agua destilada. La solución se enfrió y se le adicionó 50 ml de hexano (con agitación intensa). Después de esta segunda extracción se vuelve a separar las fases: fase superior (orgánica) que contiene los esteres metílicos de ácidos grasos como se muestra en la (figura 12) (componentes volátiles para la cromatografía de gases) mientras que el resto contiene los productos de hidrólisis.

El hexano se destiló a una temperatura entre 55 a 60 °C el residuo obtenido se diluyó en 5 ml de hexano para su recuperación. Posteriormente, esta muestra se utilizó en el análisis por cromatografía de gases.



Figura 12: Fase superior orgánica (contiene los esteres metílicos de ácidos graso)

3.4.3 Cuantificación de los ácidos grasos del cacahuate mediante cromatografía de gases

Se realizó en un equipo Perkin Elmer Autosistem XL. Con una columna capilar EC-100 (30 m x 0.32 mm x 0.25 μ m) de alta polaridad empacada de polietilenglicol con modificación ácida (figura 13). Se empleó una rampa de temperatura programada iniciando en 100 °C y mantenida por 3 min, primera rampa incrementando de 100 a 120 °C y una segunda rampa de 120 °C a 240 °C en 15 minutos y se mantuvo hasta 35 minutos a esta última temperatura, por corrida, se utilizó un detector de ionización de flama (FID) a una temperatura de 260 °C y un puerto de inyección a 300 °C.

Las señales que se obtuvieron en el cromatógrama se identificaron por el tiempo de retención de acuerdo a los componentes del estándar de esteres metílicos de los ácidos grasos (SupelcoTM 37 component FAME Mix C4 – C24), que se muestra en el cuadro 11.



Figura 13: Cromatógrafo de Gases Perkin Elmer Autosistem XL.

3.4.4 Diseño de experimento

Se utilizó el programa SAS (statistical análisis system), usando un diseño completamente al azar, con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, para comparar los diferentes contenidos de ácidos grasos en 2 variedades de cacahuete y a la vez analizar una misma variedad pero de diferente región. El análisis de la variedad de cacahuete Valencia, se utilizaron 6 repeticiones, al igual para la variedad Español (muestra recolectada en el estado de Chiapas), para el análisis de la variedad Español (de E.U), se utilizaron cuatro repeticiones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se presentan los resultados de la investigación en el mismo orden que fueron descritos en la metodología experimental.

4.1 Etapa I. Selección e identificación de variedades de cacahuete

Las características morfológicas identificadas en dos de las muestras seleccionadas para su estudio fueron las siguientes: dos semillas por vaina, cubierta seminal color canela, vaina y semillas pequeñas, ver figura 14 y 15, las características antes mencionadas indican que estas muestras de cacahuates pertenecen a la variedad Español, (Robles, 1982) otra de las muestras seleccionadas presentó las siguientes características morfológicas: 3-4 semillas por vaina, cubierta seminal de color variable (desde púrpura a rojizo), ver figura 16, lo cual se determinó que esta muestra pertenece a la variedad Valencia (Robles, 1982).



Figura 14: Cacahuete V. Español.



Figura 15: Cacahuete V. Español.



Figura 16: Cacahuete V. Valencia.

4.2 Etapa II: Preparación previa de la muestra

Al finalizar el proceso de tostado se obtuvo un cacahuate perfectamente tostado así como se acostumbra para el consumo humano, lo cual facilitó el descascarado del mismo y la separación de la testa de la almendra del cacahuate, al finalizar el picado de la almendra de cacahuate resultaron pedazos de lo más pequeño posible.

4.3 Etapa III: Extracción de aceite del cacahuate

Los resultados de lípidos (extracto etéreo) que se obtuvo en la variedad Valencia fue totalmente diferente con respecto a la variedad español, puesto que las dos muestras analizadas de la misma variedad español fueron muy similares, los resultados obtenidos fueron los siguientes: variedad Valencia se obtuvo un 54 % de extracto etéreo, variedad Español origen Chiapas se obtuvo un 47 %, y la variedad Español origen Estados Unidos se obtuvo un 46 % de extracto etéreo, ver figura 17. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ryan C, (2011), quien reportó que el maní o cacahuate es un alimento con alto contenido de grasa, aproximadamente entre un 44 % a 55 % del grano total, también, Giambastiani G (1994), menciona que los lípidos son el principal componente de las semillas de maní, llegando a 54 % de su peso en los cultivares tipo Runner, el contenido es mayor en semillas más grandes y con condiciones hídricas del cultivo satisfactorias.

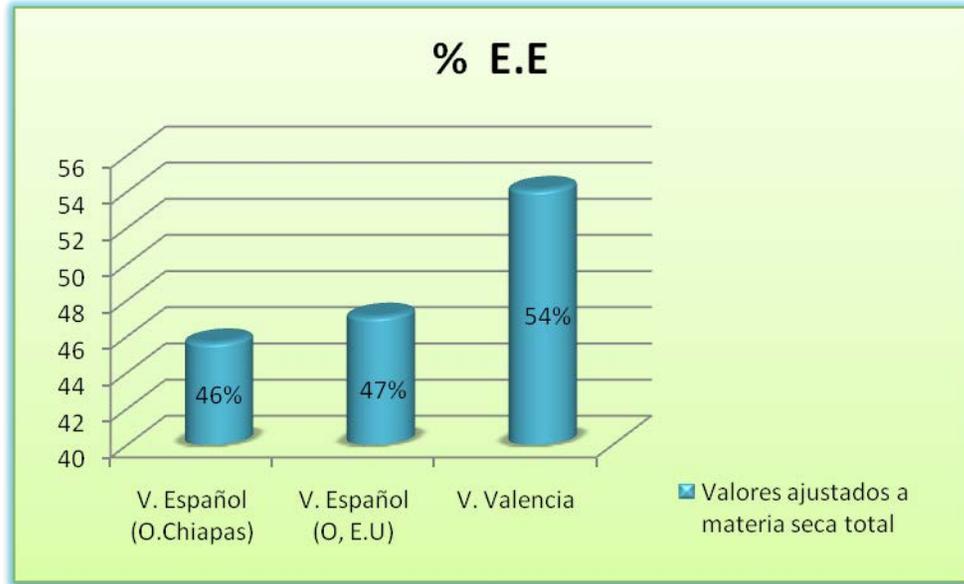


Figura 17: Porcentaje de extracto etéreo en cada una de las variedades de cacahuate.

4.4 Etapa IV. Cuantificación e identificación de los ácidos grasos presentes en el aceite esencial de cacahuate

Los resultados de la identificación de ácidos grasos en el aceite de cacahuate se realizó en las tres variedades analizadas, Valencia, Español (origen Chiapas) y Español (origen E.U).

La identificación se realizó con base a los 35 ácidos identificados en el estándar empleado (SupelcoTM 37 component FAME Mix C4 – C24), con su respectiva área y tiempo de retención (cuadro 11 y figura 18).

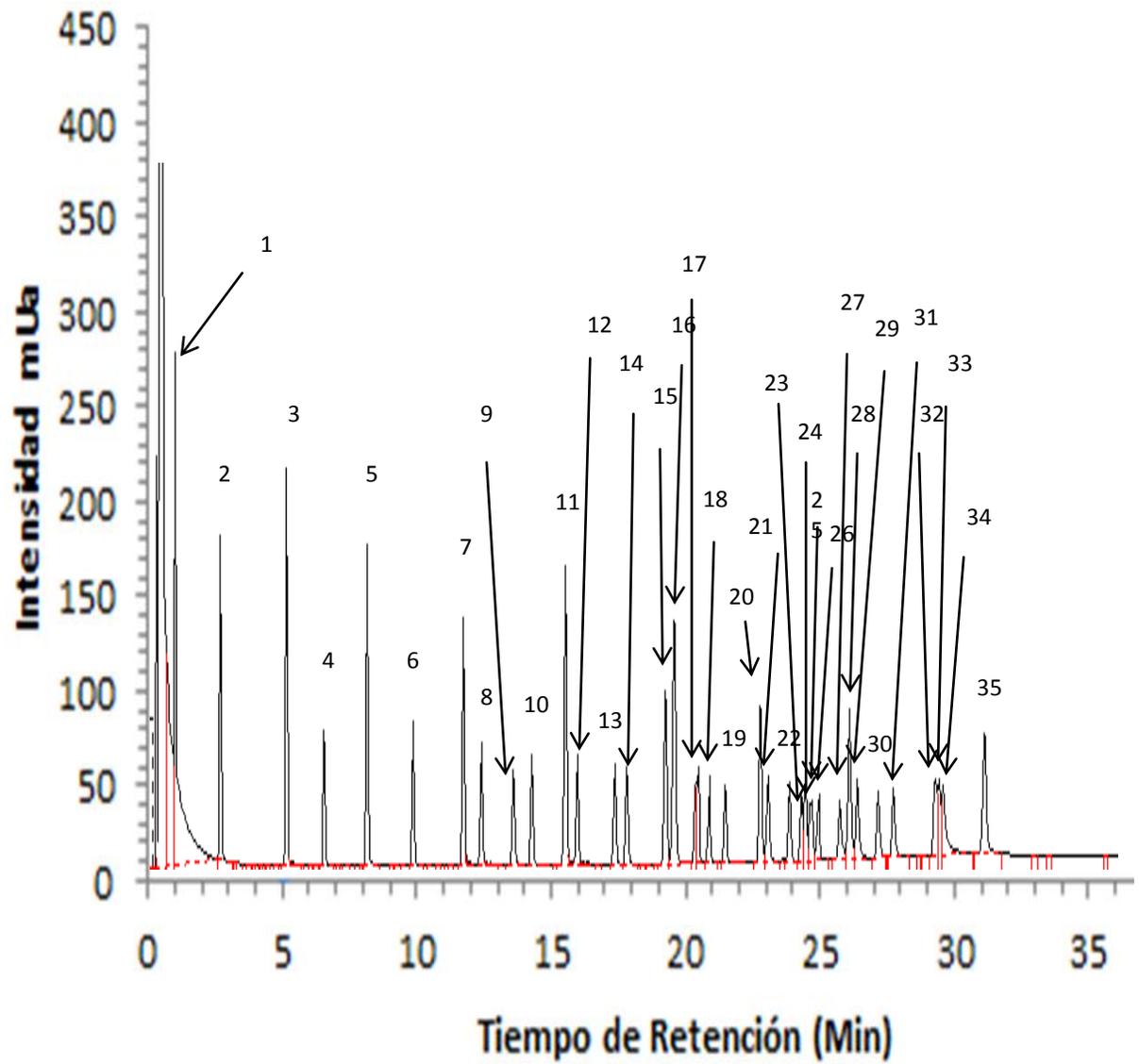


Figura 18: Cromatógrama del estándar empleado como referencia.

Cuadro 11.Componentes del estándar (Supelco™ 37 component FAME Mix C –C24), de los esteres metílicos de los ácidos grasos.

N°	Componente
1	Ácido Butírico (4:0)
2	Ácido Caproico (C6:0)
3	Ácido Caprílico (C8:0)
4	Ácido Capríco (C10:0)
5	Ácido Undecanoico (C11:0)
6	Ácido Laurico (C12:0)
7	Ácido Tridecanoico (C13:0)
8	Ácido Mirístico (C14:0)
9	Ácido Miristoleico (C14:1)
10	Ácido Pentadecanoico (C15:0)
11	Ácido Cis - 10-Pentadecenoico (C15:1)
12	Ácido Palmítico (C16:0)
13	Ácido Palmitoleico (C16:1)
14	Ácido Heptadecanoico (C17:0)
15	Ácido Cis -10-Heptadecenoico (C17:1)
16	Ácido Esteárico (C18:0)
17	Ácido Elaídico (C18: 1n 9t)
18	Ácido Oleico (C18: 1n 9c)
19	Ácido Linolelaídico (C18: 2n 6t)
20	Ácido Linoleico (C18: 2n 6c)
21	Ácido Araquídico (C20:0)
22	Ácido γ Linolenico (C18: 3n6)
23	Ácido Cis -11-Eicosenoico (C20:1)
24	Ácido Linolenico (C18: 3n3)
25	Ácido Heneicosanoico (C21:0)
26	Ácido Cis 11,14-Eicosadienoico (C20:2)
27	Ácido Behenico (C22:0)
28	Ácido Cis-8, 11, 14-Eicosatrienoico (C20: 3n6)
29	Ácido Erucico (C22: 1n9)
30	Ácido Cis-11, 14, 17- Eicosatrienoico (C20: 3n3)
31	Ácido Araquidónico (C20:4n6)
32	Ácido Tricosanoico (C23:0)
33	Ácido Cis-13,16- Docosadienoico (C22:2)
34	Ácido Lignocerico (C24:0)
35	Ácido Cis-5, 8,11,14,17- Eicosapentaenoico (C20: 5n3)
36	Ácido Nervonico (C24:1)
37	Ácido Cis-4, 7,10,13,16,19-Docosahexanoico (C22:6n3)

Identificación de ácidos grasos en el aceite de cacahuate variedad Valencia

Los ácidos grasos identificados en la variedad Valencia se muestra en el cuadro (12).

Cuadro 12: Ácidos grasos identificados en el aceite de cacahuate variedad Valencia.

No.	Ácido graso
11	Ácido <i>cis</i> -10-pentadecenoico (C15:1)
15	Ácido <i>cis</i> -10-heptadecenoico (C17:1)
16	Ácido esteárico (C18:0)
17	Ácido elaídico (C18: 1n 9E)
20	Ácido linoleico (C18: 2n 6c)
21	Ácido araquídico (C20:0)
28	Ácido <i>cis</i> -8, 11,14-eicosatrienoico (C20: 3n 6)
32	Ácido tricosenoico (C23:0)
Nota: los valores exactos del porcentaje promedio obtenido se muestran en el anexo 2	

De los ácidos enlistados en el cuadro 12 algunos de ellos se presentaron con mayor intensidad en esta muestra dos de ellos fue el ácido esteárico y el ácido elaídico seguido del ácido *cis*-10-pentadecenoico, estos fueron los tres ácidos grasos identificados principalmente en esta muestra ver figura 19. algunos de los ácidos identificados coinciden con los que reporta Grosso N.R, *et al*, (2002) con respecto a la composición de ácidos grasos del aceite de maní se detectaron los siguientes ácidos grasos: palmítico (16:0), esteárico (18:0), oleico (18:1), linoleico (18:2), araquídico (20:0), eicosaenoico (20:1), behénico (22:0) y lignocérico (24:0), las concentraciones mayores fueron de ácidos grasos oleicos y linoleicos.

Algunos de los ácidos identificados en la muestra también concuerdan con datos reportados por Ryan, C (2011) con respecto a la composición del aceite de maní, reporta que los ácidos grasos que lo constituyen es ácido

esteárico, palmítico, araquídico, oleico, linoleico, lignocérico, eicosenoico y behénico.

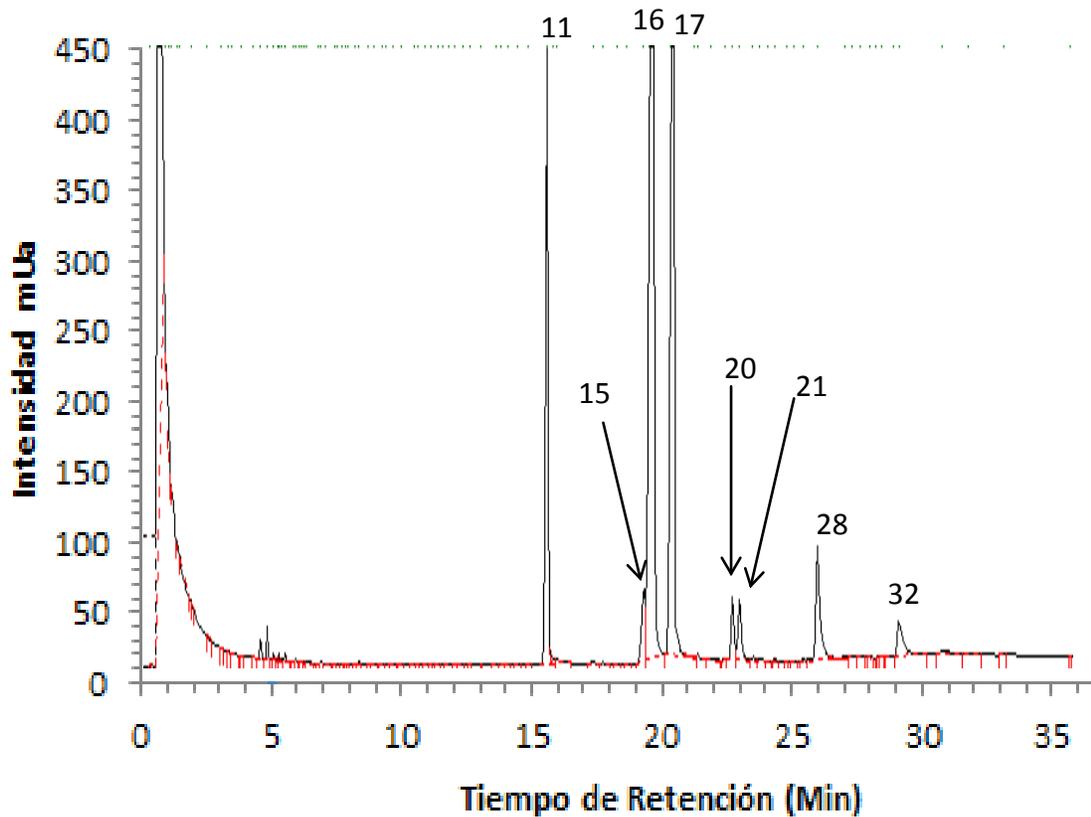


Figura 19: Cromatógrama de los ácidos identificados en la muestra de Cacahuate variedad valencia.

De los ácidos grasos encontrados en la muestra algunos de ellos son de gran importancia para la nutrición y salud humana como por ejemplo: ácido linoleico (C18:2 n6) u omega 6, ácido esteárico (C18:0), ácido *cis* 10-pentadecenoico (C15:1), ácido *cis* 10- heptadecenoico (C17:1), ácido *cis*-8,11,14 eicosatrienoico (C20:3 n6), así como lo mencionan Basulto M. *et al*, (2009) y Maylet H, (2010).

Identificación de ácidos grasos en el aceite de cacahuate variedad Español (origen Chiapas)

Los ácidos grasos identificados en esta muestra fueron los mismos ácidos identificados en la muestra anterior puesto que algunos se presentaron con mayor intensidad en algunos y en otros ácidos fue menor, esto se puede observar comparando la figura 19 y 20.

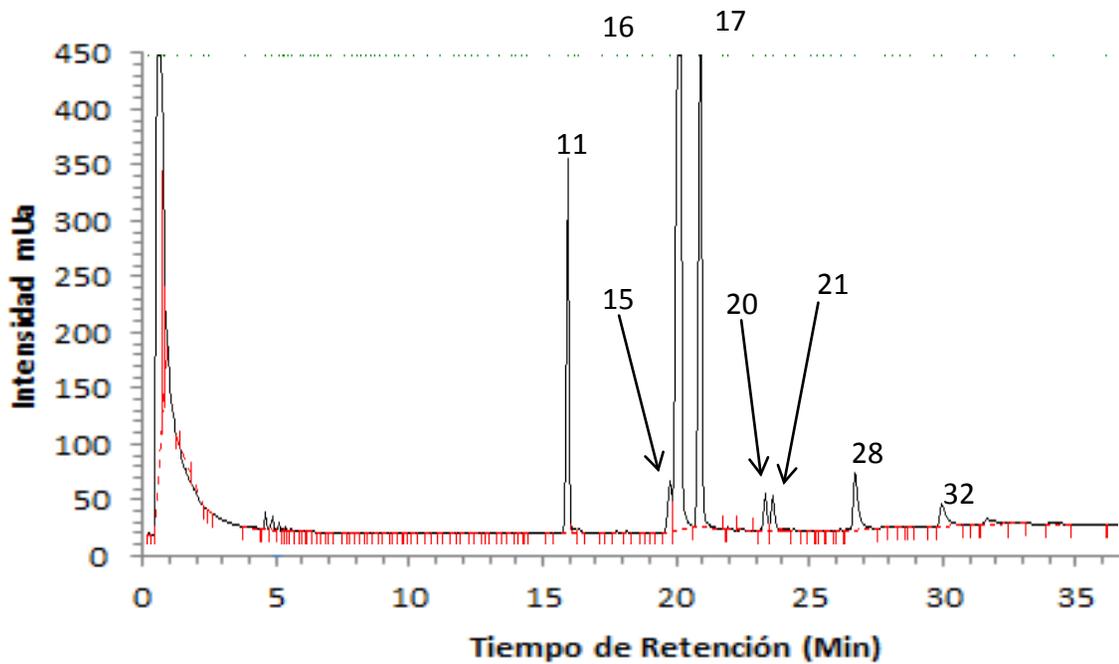


Figura 20: Cromatógrama de los ácidos grasos identificados en la muestra de cacahuate variedad Español (origen Chiapas).

Identificación de ácidos grasos en el aceite de cacahuate variedad Español (origen, E.U)

Los ácidos grasos identificados en esta muestra fueron los mismos que se identificaron en las dos muestras anteriores variando únicamente en la intensidad de los ácidos, siendo esta muestra la que presenta una intensidad más baja en todo los ácidos esto se puede observar comparando las figuras 19, 20 y 21.

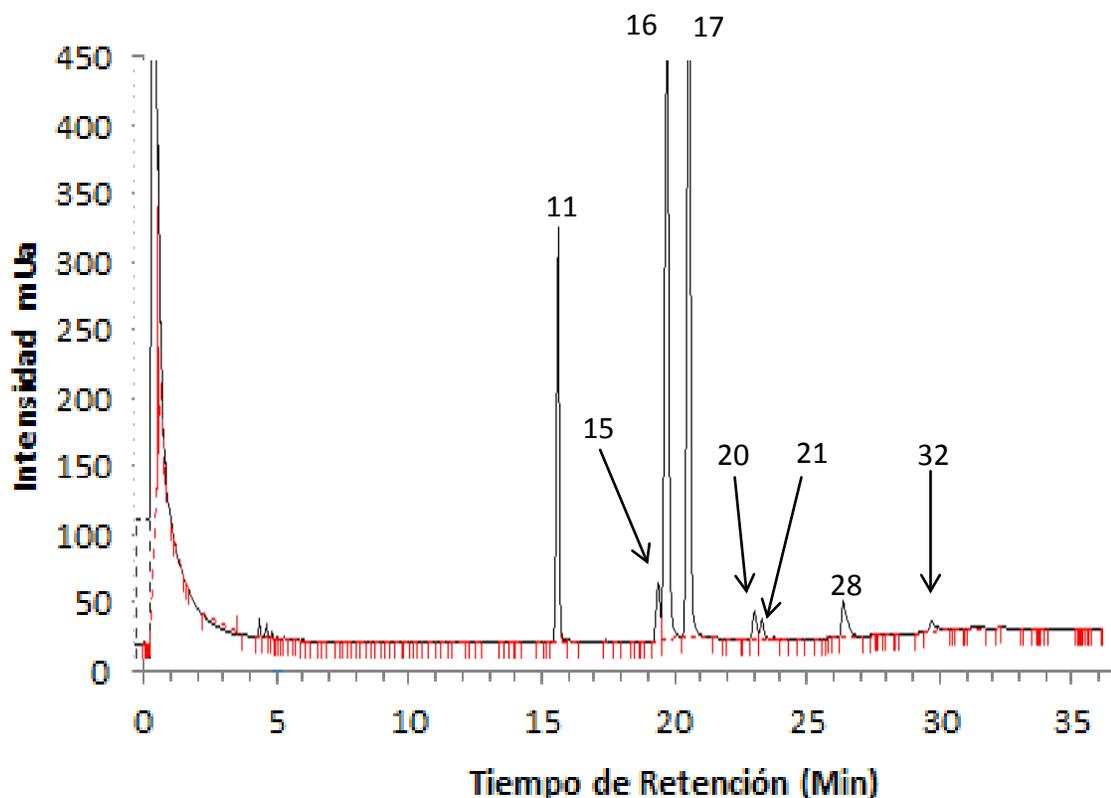


Figura 21: Cromatograma de los ácidos grasos identificados en la muestra de cacahuate variedad español (origen, E.U).

De los ocho ácidos grasos identificados en las tres muestras analizadas tres de ellos coinciden con los que han reportado otros autores como Ryan C (2011) y Grosso NR, *et al*, (2002) uno de los ácidos que coinciden es el ácido esteárico (18:0), linoleico (18:2), araquidico (20:0), los cinco ácidos restantes

varían con respecto a los de Ryan C (2011) quien reporta que los principales ácidos identificados en el aceite de maní es el ácido palmítico, esteárico, araquídico, behénico, lignocérico, oleico, eicosenoico y linoleico y Grosso, N.R, *et al* (2002) quien realizó un estudio de la composición de ácidos grasos en el cacahuate, en el cual determinó los siguientes ácidos grasos: palmítico (16:0), esteárico (18:0), oleico (18:1), linoleico (18:2), araquídico (20:0), eicosanoico (20:1), behénico (22:0) y lignocérico (24:0), las concentraciones mayores fueron de ácidos grasos oleicos y linoleicos (Grosso, N.R, *et al*, 2002).

Los ácidos palmíticos, oleicos y esteárico son los más comunes en los aceites vegetales, el principal ácido graso en el cacahuate es el oleico el cual representa alrededor de un 42-72 % de su peso, Alton E. (1984).

Los lípidos presentes en la semilla de maní se encuentran ocho ácidos grasos que difieren en la longitud de la cadena de carbonos y en la cantidad de insaturaciones. Los principales son oleico y linoleico que representan aproximadamente el 80 %, le sigue en orden de importancia el palmítico con un 10 % Giambastiani, G (1994).

El maní es un alimento con alto contenido de grasa, de aproximadamente entre un 44 % a 55 % del total del grano. El 98 % del total de la composición de ácidos grasos lo conforman 8 ácidos grasos predominantes. En el maní tradicional, no alto oleico, tipo Runner, entre el 45 % y el 50 % corresponde al ácido oleico y entre el 30 % y el 35 % al ácido linoleico. Esto hace que resulte un producto muy beneficioso desde el punto de vista nutricional, pero de baja estabilidad por ser proclive al desarrollo de sabores y aromas rancios Ryan C, (2011).

En la literatura citada anteriormente se menciona que los ácidos grasos predominantes en el aceite de cacahuate es el oleico y linoleico entre otros ácidos que se presentan con menor porcentaje, sin embargo los resultados que se obtuvieron en esta investigación fueron muy diferentes, los ácidos grasos predominantes identificados fueron ácido esteárico (C18:0), ácido eláidico (C18:1n 9E) y el ácido cis-10-pentadecenoico (C15:1) ver figura 21.

Los cuales fueron los mismos en las tres muestras, los que se presentaron con mayor intensidad fueron los dos primeros y por último el ácido cis-10-pentadecenoico (C15:1).

Esta variación en los resultados obtenidos con respecto a la de otros autores, probablemente se debió al método utilizado para la extracción del aceite, el cual fue con equipo Soxhlet utilizando un disolvente orgánico en este caso éter de petróleo, dicho solvente pudo haber provocado la generación de ácidos grasos *trans*. Ariza O. (2011) la extracción de los aceites vegetales generalmente se realizaba mediante prensado y posteriormente se introdujo la extracción con disolventes orgánicos para mejorar el rendimiento. Sin embargo, hay informes reportados por Ortiz M (2003) que indican que la extracción con disolventes genera una cantidad de ácidos grasos *trans* (AGT), Por ejemplo, cuando se extraen con hexano (70 °C) y acetona (55 °C) se forman 0.3 y 0.45 g/100 g de ácidos grasos *trans*, respectivamente.

El resultado obtenido también pudo haber variado por el grado de madurez del fruto de cacahuete al momento de ser cosechado, Giambastiani G (1994). El grado de madurez del fruto y el tamaño de la semilla también aumenta la relación oleico linoleico.

Uno de los principales ácidos que fue identificado en el aceite de maní fue el ácido esteárico este es un ácido graso saturado el cual a diferencia del palmítico, mirístico y el láurico no conlleva efectos negativos para la salud que hayan sido demostrados hasta ahora. El ácido graso esteárico tiene un pobre efecto sobre los lípidos y las lipoproteínas plasmáticas, por lo que su influencia sobre el colesterol no es del todo negativa. Este ácido graso actúa de forma distinta que el resto de los ácidos grasos saturados, se estima que la razón es que las grasas sintéticas de los alimentos procesados no son absorbidas en su totalidad por el organismo, como sucede con los demás lípidos. Es por tanto que se explica el efecto neutro que ejerce sobre los triglicéridos y el colesterol

en sangre, aunque aún no se conocen sus efectos en el perfil lipídico del cuerpo y la salud cardiovascular en general (Buena Salud, 2010).

El ácido esteárico es el sustrato principal para la enzima esteroil-CoA desaturasa, que se ha mostrado como un factor protector contra la obesidad (porque podría aumentar la actividad de la hormona leptina, que tiene efectos anorexígenos) y se ha implicado en una menor resistencia a la insulina, también ayuda a combatir otras enfermedades como diabetes *mellitus* y factores hemostáticos, además en el futuro puede servir como sustituto de los ácidos grasos *trans* en los alimentos procesados (Basulto M.*et al*, 2009).

El ácido elaídico fue otro de los ácidos grasos identificados principalmente en este estudio, la presencia e intensidad de este ácido en el aceite de cacahuete pudo haber sido porque uno de los ácidos que contiene el aceite de cacahuete en mayor porcentaje según la literatura es oleico seguido del linoleico, el ácido oleico es más saturado que el linoleico ya que tiene una sola doble ligadura mientras que el segundo tiene dos, y por lo tanto, no es tan susceptible a la oxidación lo cual permitió que este ácido graso si fuera identificado en este estudio.

Al ser oxidado el ácido oleico cambia su configuración *cis* a *trans* dando como resultado ácido elaídico, Paula P, *et al*, (1999) reporto que la mayor parte de la grasa insaturada está compuesta por 18:1 (oleico), 18:2n-6 (linoleico), 18:3n-3 (alfa linolénico), y el ácido graso *trans* que predomina durante la hidrogenación es el *trans* 18:1 (elaídico). El ácido oleico tiene un doble enlace en configuración *cis* y es el principal ácido graso mono-insaturado que existe en la naturaleza. El ácido elaídico es estructuralmente igual al ácido oleico, pero se encuentra en la configuración *trans*.

La formación de ácidos graso *trans* como el elaídico pudo deberse al tostado de la muestra o durante el proceso de extracción del aceite, según By M. Tasan, *et al* (2011). Los ácidos grasos *trans* se forman probablemente mediante tratamiento térmico de semillas oleaginosas antes o durante el

proceso de extracción del aceite. Incluso aunque la semilla oleaginosa durante el prensado se presione cuidadosamente o solvente de extracción, procesos de secado anteriores en calientes o incluso el tostado de semillas aumentará las Grasas *trans* y Aceites.

El ácido cis-10-pentadecenoico (C15:1) es un ácido graso monoinsaturado con menor importancia que el oleico, según (Maylet H, 2010) entre los ácidos grasos mono - insaturados (MUFA), el de mayor importancia nutricional es el ácido oleico, el cual se halla en proporción abundante en el aceite de oliva y en determinados aceites de canola. En estudios relacionados se ha demostrado que su consumo está asociado a una disminución de las enfermedades cardiovasculares. Así mismo, muchos investigadores han demostrado el efecto hipo-colesterolemico de los MUFA cuando los SFA de la dieta son sustituidos por MUFA. Además los MUFA no reducen los niveles de HDL-colesterol, contrariamente a lo que se ha observado con dietas ricas en PUFA (Maylet H, 2010).

Comparación de las tres variedades de cacahuate con respecto a su contenido de ácidos grasos

Al realizar las comparaciones del contenido de ácidos grasos en las tres variedades se observa en la figura 22 que una variedad presenta mayor porcentaje con respecto al contenido de algún ácido graso mientras que para otro puede ser menor, el porcentaje de ácidos grasos promedio en cada variedad se puede observar en el anexo 2, para esclarecer esto detalladamente se realizó el análisis estadístico el cual se describe a continuación.

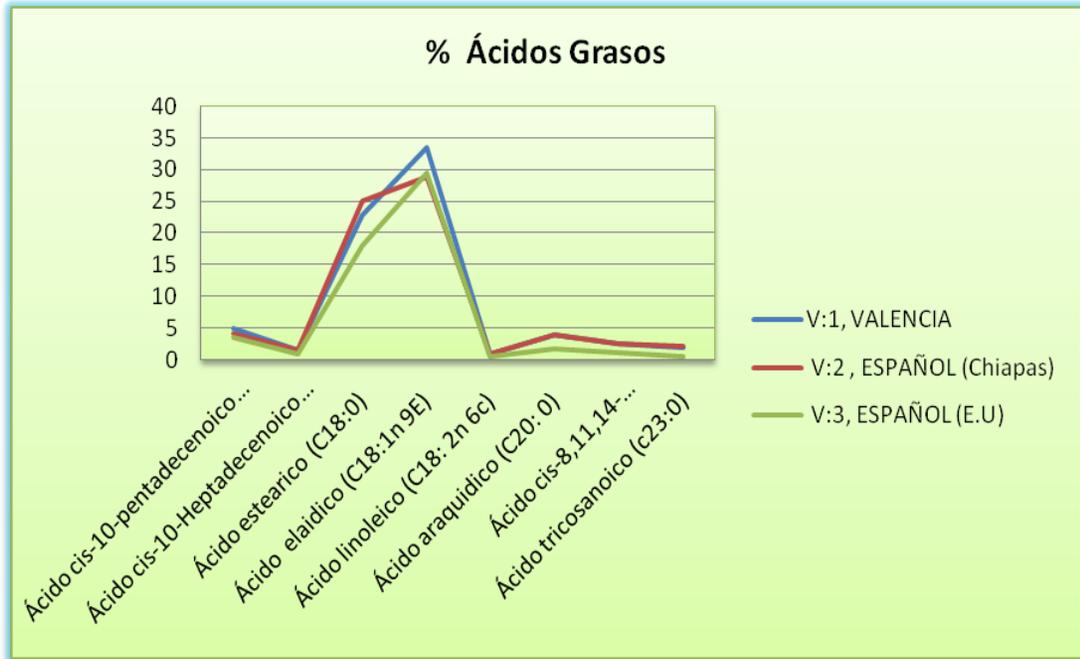


Figura 22: Comportamiento de las tres variedades de cacahuate con respecto a su contenido de ácidos grasos promedio.

Análisis estadístico

Se utilizó el programa SAS (statistical análisis system), usando un diseño completamente al azar, para comparar los diferentes contenidos de ácidos grasos en 2 variedades de cacahuate y a la vez analizar una misma variedad pero de diferente región. El análisis de la variedad de cacahuate valencia, se utilizaron 6 repeticiones, al igual para la variedad Español (Chiapas), para el análisis de la variedad Español (E.U), se utilizaron cuatro repeticiones.

Ácido *cis*-10 – Pentadecenoico (C15:1)

El análisis de varianza ANVA para este ácido indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$), en las tres variedades de cacahuate probadas, lo cual se observa en el cuadro 13.

Cuadro 13: ANVA del Ácido *cis*-10 – Pentadecenoico (C15:1)

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
T	2	4.5578588	2.2789294	4.31	0.0367
CV = 16.68923 %					

Esta diferencia se aprecia principalmente al comparar las variedades valencia y español (E.U), siendo la variedad valencia la que presenta un mayor contenido de ácido de ácido *cis* 10– pentadecenoico (C15:1), por consiguiente la variedad español (Chiapas) y por último la variedad español (E.U), lo cual se pueden observar en anexo 1, cuadro 21 y figura 23.

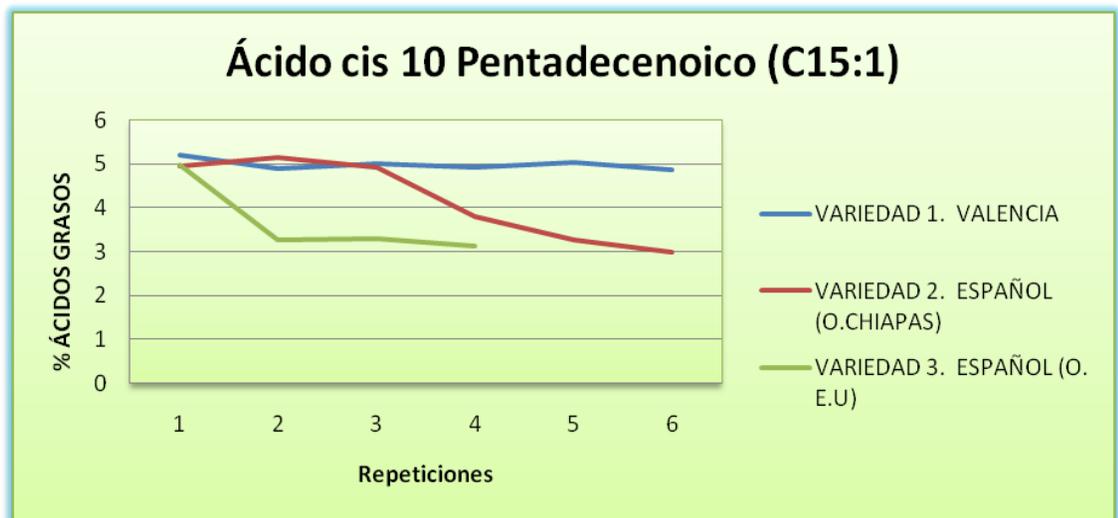


Figura 23: Comparación de las tres variedades de cacahuate con respecto a su contenido de ácido *cis* 10 pentadecenoico (C15:1).

Ácido *cis*-10-Heptadecenoico (C17:1)

El ANVA para este ácido, no presenta diferencia significativa ($P \geq 0.05$), entre las tres variedades de cacahuate analizadas, lo cual se observa en anexo 1, cuadro 14.

Cuadro 14: ANVA del Ácido *cis*-10-Heptadecenoico (C17:1) o Ácido Margaroleico

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
T	2	0.84795439	0.42397719	2.61	0.1118
CV = 28.55943 %					

Por lo tanto el contenido de ácidos grasos es igual o muy similar en promedio en las 3 variedades, así como se observa en anexo 1, cuadro 22 y figura 24.

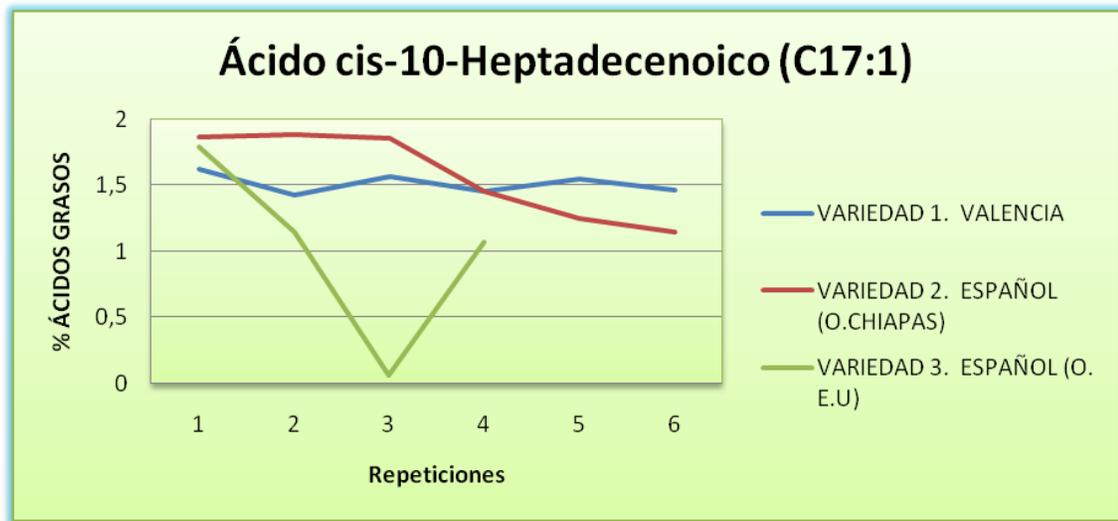


Figura 24: Comparación de las tres variedades de cacahuate con respecto a su contenido de ácido *cis* 10 Heptadecenoico (C17:1).

Ácido esteárico (C18:0)

El ANVA para este ácido indican diferencia altamente significativa ($P \leq 0.05$), entre las tres variedades de cacahuate probadas, lo cual se observa en el cuadro 15.

Cuadro 15: ANVA del Ácido esteárico (C18:0) o Ácido octadecanoico

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
T	2	119.3055692	59.6527846	13.05	0.0008
CV = 9.518514 %					

La diferencia más marcada se observa al comparar la variedad español (Chiapas) y español (E.U), valencia y español (E.U), siendo la variedad español (Chiapas) la que presenta el mayor contenido de ácido esteárico (C18:0), seguida de la variedad valencia y por último la de menos contenido es la variedad español (E.U), así como se observa en anexo 1, cuadro 23 y figura 25.

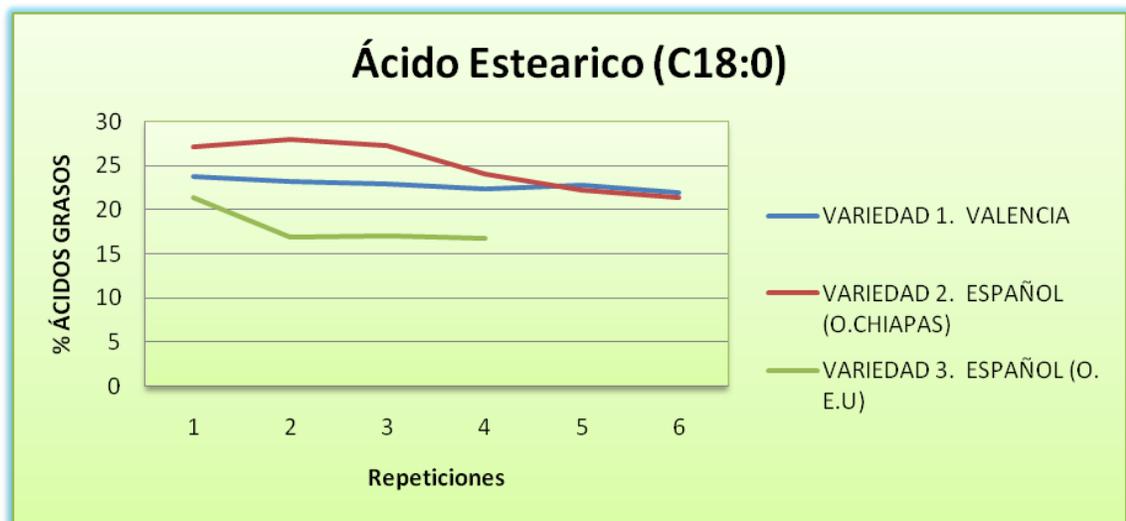


Figura 25: Comparación de las tres variedades de cacahuate con respecto a su contenido de ácido Esteárico (C18:0).

Ácido elaídico (C18: 1n 9E)

El ANVA, para este ácido indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$), entre las tres variedades analizadas, lo cual se observa en el cuadro 16.

Cuadro 16: ANVA del Ácido elaídico (C18:1n 9E) o Ácido *trans* 9 octadecenoico

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P> F
T	2	75.73209554	37.86604777	4.30	0.0369
CV = 9.673122 %					

La diferencia más representativa se presenta al comparar la variedad valencia y español (Chiapas), siendo la variedad valencia la que muestra un mayor contenido de ácido elaídico (C18:1n 9E), seguida de la variedad español (E.U) y la de menor contenido es la variedad Español (Chiapas), así como se muestra en anexo 1, cuadro 24 y figura 26.

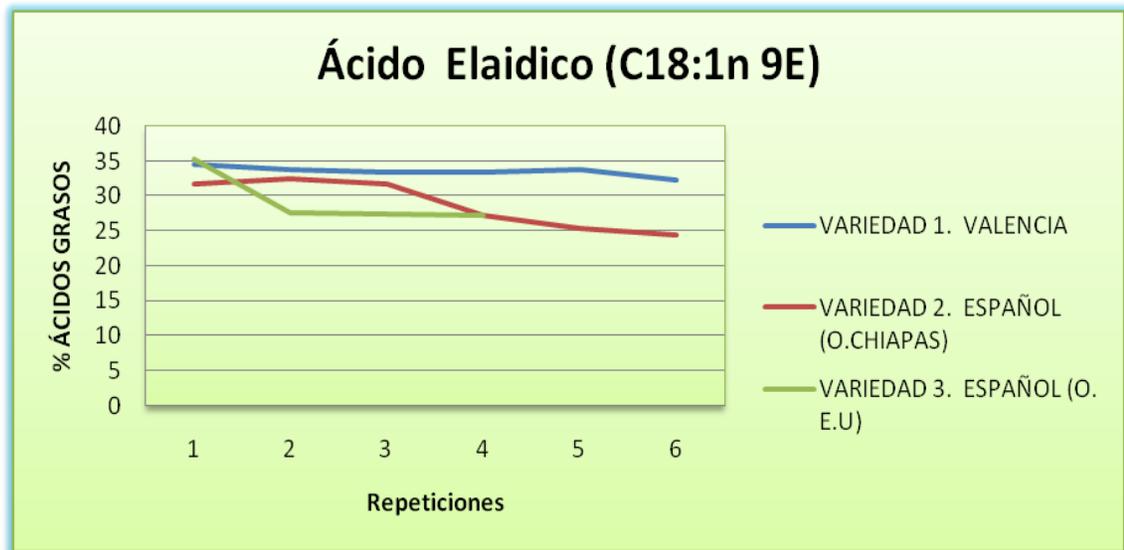


Figura 26: Comparación de las tres variedades de cacahuete con respecto a su contenido de ácido Elaídico (C18:1n 9E).

Ácido linoleico (C18: 2n 6c)

El ANVA, para este ácido no indica diferencia significativa ($P \geq 0.05$), entre las tres variedades de cacahuate comparadas, lo cual se observa en el cuadro 17.

Cuadro 17: ANVA del Ácido linoléico (C18: 2n 6C) u omega 6

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
T	2	0.27794373	0.13897187	1.58	0.2471
CV = 33.24034 %					

Por lo tanto el contenido de ácidos grasos es igual o muy similar en las 3 variedades, así como se observa en anexo 1, cuadro 25 y figura 27.

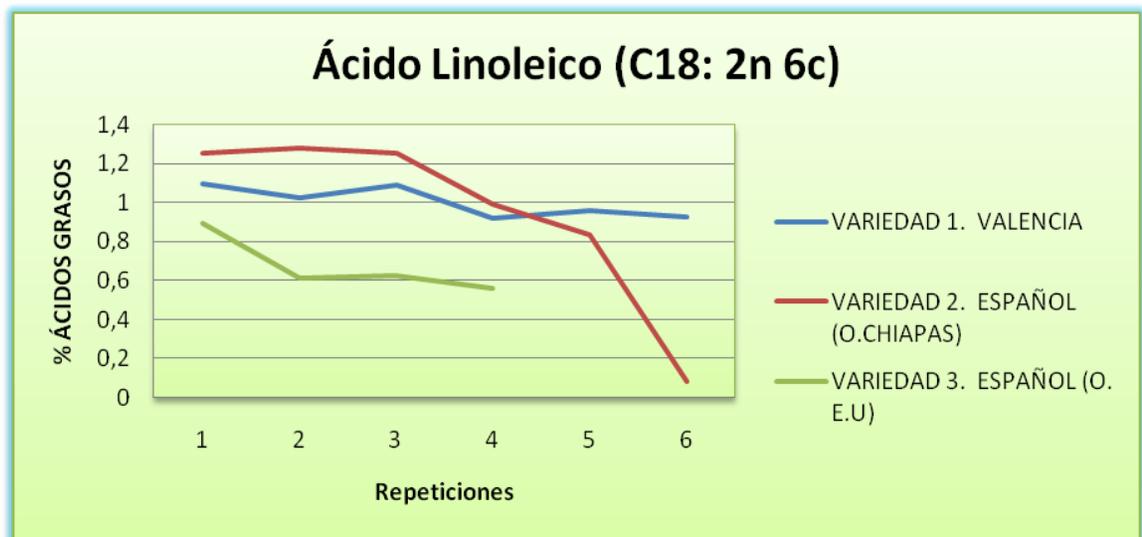


Figura 27: Comparación de las tres variedades de cacahuate con respecto a su contenido de ácido Linoleico (C18:2n 6c).

Ácido araquídico (C20: 0)

El ANVA para este ácido indican diferencia altamente significativa ($P \leq 0.05$), entre las tres variedades de cacahuate comparadas, lo cual se observa en el cuadro 18.

Cuadro 18: ANVA del Ácido araquídico (C20: 0) o Ácido eicosanoico

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
T	2	13.71616950	6.85808475	20.32	0.0001
CV = 17.06323 %					

Las principales diferencias se muestran al comparar la variedad valencia y español (E.U), español (Chiapas) y español (E.U), siendo la variedad valencia la de mayor contenido de ácido araquídico (C20:0), seguida de la variedad español (Chiapas) y la que presenta un menor contenido es la variedad español (E.U), así como se muestra en anexo 1, cuadro 26 y figura 28.

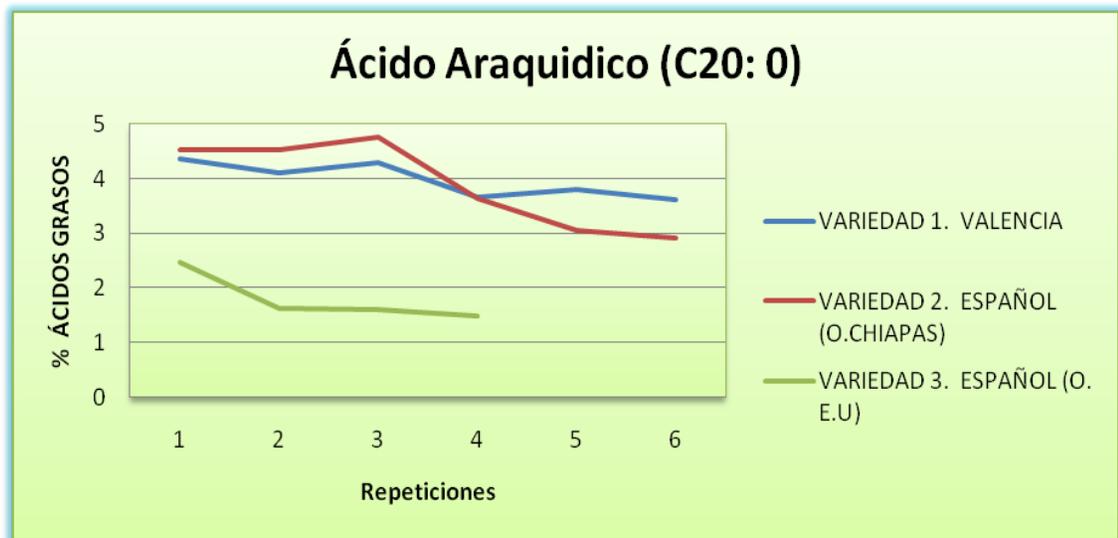


Figura 28: Comparación de las tres variedades de cacahuate con respecto a su contenido de ácido Araquídico (C20:0).

Ácido *cis*-8, 11, 14-eicosatrienoico (C20: 3n6)

El ANVA para este ácido indican diferencia altamente significativa ($P \leq 0.05$), entre las tres variedades de cacahuate comparadas, lo cual se observa en el cuadro 19.

Cuadro 19: ANVA del Ácido *cis*-8, 11, 14-eicosatrienoico (C20: 3n6) o Ácido Dihomo γ - linoleico

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P> F
T	2	4.77524772	2.38762386	16.79	0.0002
CV = 17.19987 %					

Las principales diferencias se muestran al comparar la variedad valencia y español (E.U), español (Chiapas) y español (E.U), siendo la variedad valencia la de mayor contenido de ácido *cis*-8, 11,14-eicosatrienoico (C20: 3n6), seguida de la variedad español (Chiapas) y la que presenta un menor contenido es la variedad es la variedad español (E.U), así como se muestra en anexo 1, cuadro 27 y figura 29.

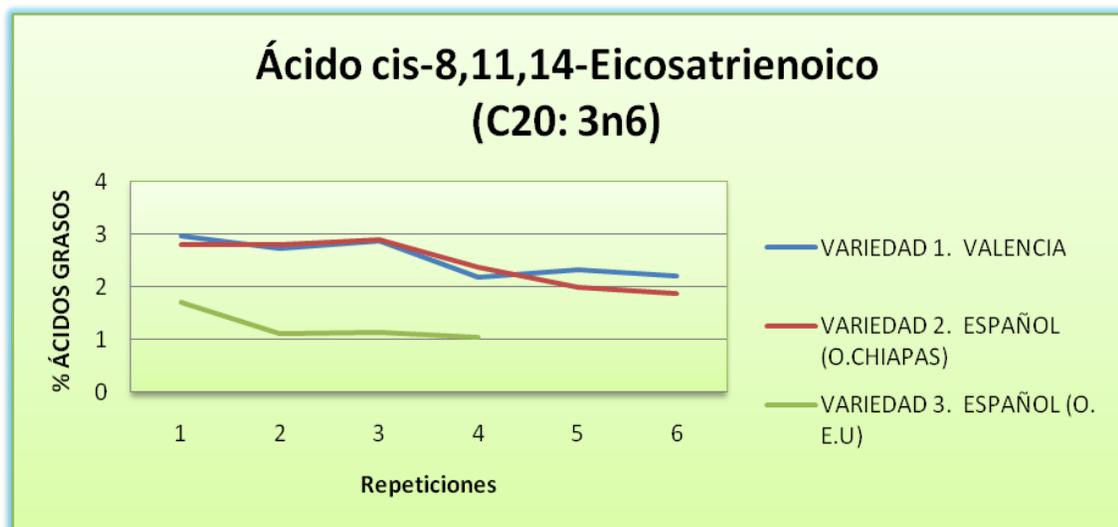


Figura 29: Comparación de las tres variedades de cacahuate con respecto a su contenido de ácido *Cis* 8, 11, 14-Eicosatrienoico (C20: 3n6).

Ácido tricosanoico (C23:0)

El ANVA para este ácido indican diferencia altamente significativa ($P \leq 0.05$), entre las tres variedades de cacahuate comparadas lo cual se observa en el cuadro 20.

Cuadro 20: ANVA del Ácido tricosanoico (C23:0)

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P> F
T	2	6.26093402	3.13046701	25.32	<0.0001
CV = 20.54957 %					

Las principales diferencias se muestran al comparar la variedad valencia y español (E.U), valencia y español (E.U), siendo la variedad español (Chiapas) la de mayor contenido de ácido tricosanoico (C23:0), seguida de la variedad valencia y la que presenta un menor contenido es la variedad español (E.U), así como se muestra en anexo 1, cuadro 28 y figura 30.

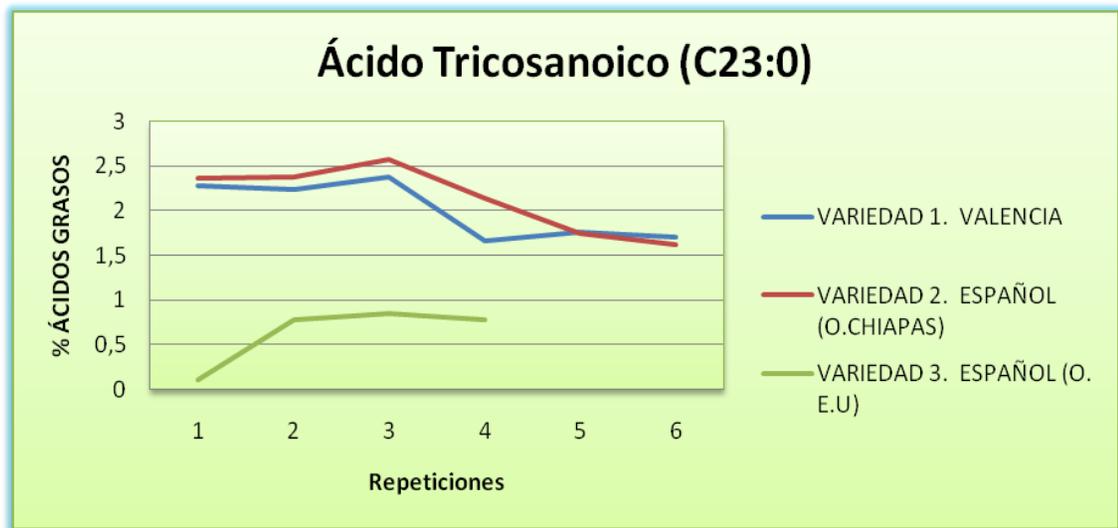


Figura 30: Comparación de las tres variedades de cacahuate con respecto a su contenido de ácido Tricosanoico (C23:0).

Porcentaje de insaturaciones

El porcentaje de la composición de ácidos grasos fueron los mismos en las tres muestras analizadas puesto que en ambas se identificaron los mismos ácidos grasos. En ambas muestras se determinó un 25 % de ácidos grasos poliinsaturados, 37.5 de ácidos grasos monoinsaturados y 37.5 % de saturados esto se puede observar en la figura 31, los datos obtenidos son algo similar con respecto al porcentaje de ácidos graso insaturados, Hamaker *et al* (1992) reportó la composición en ácidos grasos de algunas semillas oleaginosas como el maní, con 14.2 % de ácidos grasos saturado y un 79.5 % de ácidos grasos insaturados.

Con respecto al resultado de ácidos grasos saturados se observa en la figura 31, que el porcentaje que se obtuvo es casi el doble comparado con lo que han reportado otros autores como Hamaker *et al* (1992), sin embargo esta diferencia puede deberse al tostado previo al que se sometió la muestra o el proceso de extracción del aceite de cacahuete, Ryan C, (2011) reporta que la composición de ácidos grasos varía con respecto a la del grano crudo y granos tostados. Los valores de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), son mayores con respecto a los granos crudos.

El porcentaje de ácidos grasos también pudo deberse a un aumento de temperatura del suelo durante el cultivo, Giambastiani G, *et al*, (2000) el estrés hídrico va acompañado de una mayor temperatura del suelo lo cual favorecería al grado de saturación del aceite contenido en las semillas de cacahuete.

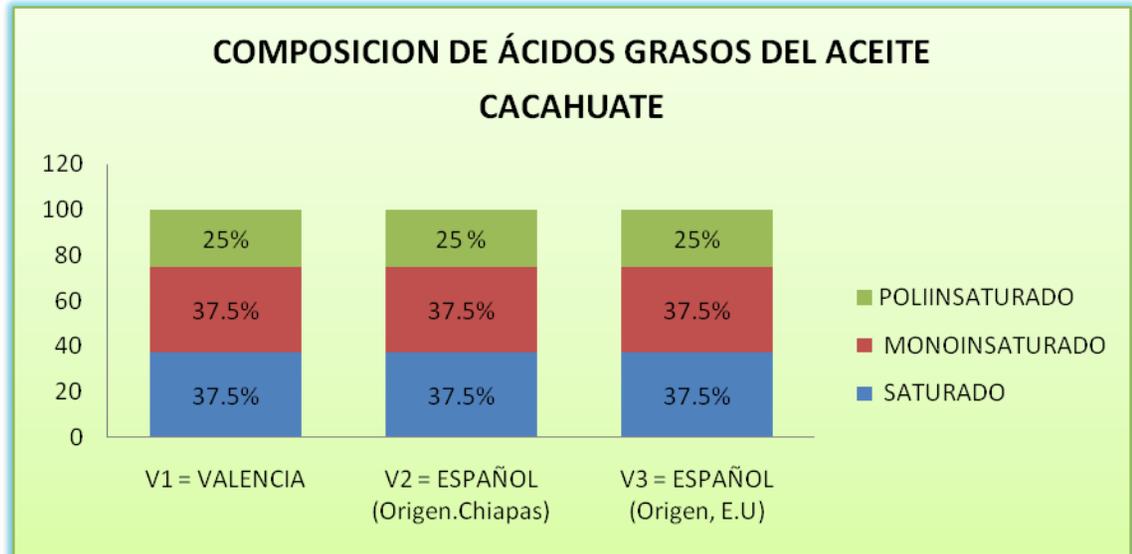


Figura 31: Composición de ácidos grasos poliinsaturados, monoinsaturados y saturados en las tres variedades de cacahuete.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- ❖ Se evaluó el contenido de grasa en las variedades de cacahuate valencia y español, procedentes del estado de Chiapas, y Español de estados Unidos, determinándose que la variedad valencia obtuvo el mayor porcentaje con 54 %, español Chiapas 46 %, y español (E.U) 47 %, determinándose que si existen diferencias con respecto al contenido de grasa.
- ❖ Se determinó el contenido de ácidos grasos en cada variedad por medio de cromatografía de gases, detectándose ocho ácidos grasos; el ácido *cis* 10-pentadecenoico, ácido *cis* 10-heptadecenoico, ácido esteárico, ácido elaídico, ácido linoleico, ácido araquídico, ácidos *cis* 8, 11, 14-eicosatrienoico y ácido tricosanoico, dichos ácidos fueron los mismos que se identificaron en las tres variedades.
- ❖ En cuanto a los ácidos grasos en las tres variedades de cacahuate analizadas, proporcionaron los siguientes resultados: con respecto al ácido *cis*-10 pentadecenoico se obtuvo diferencia entre las tres variedades ya que la variedad valencia presentó un porcentaje de 4.99, español (Chiapas) 4.17 y español (E.U) 3.66 siendo la variedad valencia la de mayor contenido; para el ácido esteárico la variedad español (Chiapas) obtuvo un porcentaje de 25.03 , valencia 22.83 y español (E.U) 18.02, siendo la variedad español (Chiapas) la de mayor contenido; para el ácido elaídico la variedad valencia obtuvo un porcentaje de 33.48, español (E.U) 29.37 y español (Chiapas) 28.77, siendo la de mayor contenido la variedad valencia; para el ácido araquídico la variedad español (E.U) con 1.80, valencia 3.97 y español (Chiapas) 3.90 siendo la variedad español (E.U) la de menor contenido; para este ácido eicosatrienoico la variedad español (EU) obtuvo un porcentaje de 1.24,

valencia 2.55 y español (Chiapas) 2.4 siendo la variedad español (E.U) la de menor contenido; y por último el ácido tricosanoico variedad español (E.U) obtuvo un porcentaje de 0.63, valencia 2.0 y español (Chiapas) 2.13.

- ❖ Se determinó la composición de ácidos grasos en el aceite de las tres variedades de cacahuete donde se obtuvo un 25 % de ácidos grasos poliinsaturados, 37.5 % monoinsaturados y 37.5 % de saturados, en las tres variedades.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfonso V y Maria R, 2004. Fitoesteroles y fitoestanoles: aliados naturales para la protección de la salud cardiovascular. Revista chilena de nutrición, Vol.21, suplemento N°1, Pp. 161-169.

Alton E. Bailey, 1984. Aceites y grasas industriales. Editorial Reverte, S.A, Barcelona. Pp. 125 y 126

Ariza Ortega et al. 2011 Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. var. *Hass*). Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Volumen 2(2); Pp. 265-266.

Basulto M. et al, 2009. Acido esteárico y salud cardiovascular. Revista: Elsevier, Actividad dietética. Volumen 13 (4); Pp. 2, 3 y 4.

By M. Tasan, et al, 2011. Effects of storage and industrial oilseed extraction methods on the quality and stability characteristics of crude sunflower oil (*Helianthus annuus*L.); Grasas y Aceites. Vol. 62 (4); Pp. 392, 397.

Cárdenas A. et al. 2007. TESIS. EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CACAHUATE, Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad de Iztapalapa, México, DF.

Castillo S, 2010. Extracción y cuantificación de aceite esencial de cascara de Granda (*Púnica granatum* L.) y Determinar su efecto Anti fúngico Sobre *Penicillium Sp*-.Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. Pp. 21-25.

Castro G, 2002. Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes, Interciencia, vol.27, (3); Pp. 3-4.

CORPODIB, 2003. Programa estratégico para la producción de biodiesel-combustible automotriz a partir de aceites vegetales; Informe final; Bogota, D.C, Pg. 41 y 103.

Giacopini de Z MI, 2007. Efecto de los ácidos grasos *trans* sobre las lipoproteínas del plasma. AVFT; vol. 27, nº 001, Pg.10-21.

Giambastiani G, 1994. Cereales y oleaginosas, F. C.A –U.N.C Pag.5 y 6.

Giambastiani G, et al, 2000. Composición lipídica de semillas de maní (*Arachis hipogaea* L) obtenida bajo diferentes condiciones de disponibilidad de agua. Grasas y Aceites, Vol. 51 (6); Pp. 403.

Gillier, P, Silvestre, P, 1970. Técnicas agrícolas y producción vegetal. El cacahuete o maní. Traducción Esteban Riambau. Editorial Blume. Barcelona, España. Pp. 47-63.

Grosso, N.R, et al, 2002. Composición porcentual de ácidos grasos y de esteroides de algunos genotipos de especies silvestres de maní. La Revista de la Sociedad Química Argentina; Vol. 90, Núm. 4/6; Pp. 46 y 49.

Hamaker et al (1992), "EXTRACCION Y CARACTERIZACION DE ACEITE DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.)", Anales científicos XLII, Pp. 150.

Innis SM, 2000. Lípidos esenciales alimentarios. En: E.E. Ziegler y. L.J. Filer Jr. Conocimientos actuales sobre nutrición. 7ª ed. Washington, DC: ILSI-OPS, 1998. Pp. 4.

J. J. Carrero, et al, 2005. Efectos vasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. Nutrición Hospitalaria. XX (1); Pp. 64.

Malave A y Méndez N, 2007. Comparación de la composición lipídica en semillas de maní (*Arachis Hipogaea* L.) usando técnicas multivariadas. UDO Agrícola; Vol.7, Num.1, Pp. 5

Maylet H, 2010. TESIS: Desarrollo de Métodos Quimiometricos Mediante Espectroscopia FTIR: HATR Para cuantificar Parámetros Químicos y Perfil de Ácidos Grasos *Cis* y *Trans* en Margarina. Tesis de Maestría IPN. ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS; México DF. Pp. 19,20 y 21.

Miguel A, et al 1998. Potencialidad del Uso de las Leguminosas como Fuente Proteica en Alimentos para Peces. (CINVESTAV), Unidad Mérida Yucatán México; Pp. 339.

Monroy Torres, 2009. Ácidos grasos *trans*: riesgos a la salud y legislación mexicana. Año 4, Núm. 49; Pp. 770.

Montesino R. 2004.TESIS. Canales de comercialización del cultivo de cacahuete. (*Arachis hypogaea L*) en el estado de Chiapas. Tesis de Licenciatura, UAAAN; Saltillo Coahuila México.

Olguín P y Rodríguez M, 2004. Cromatografía de Gases, Métodos En Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma De México. Pp. 31 – 35.

Ortiz M, et al, 2003. Efectos de diferentes métodos de extracción de ácidos grasos, compuestos volátiles, y las propiedades físicas y químicas de aceite aguacate (*Persea americana Mill.*) .Revista de química agrícola y alimentaria. Vol. 51(8), Resumen.

P. Matia - Matin y A. charro-salgado, 2006. Ácidos grasos esenciales. Bienestar y salud. Actualización; Madrid España. Pp. 1-2.

Paula Pueyrredón, et al; 1999. ÁCIDOS GRASOS *trans*: ACTUALIZACION Y SITUACION ARGENTINA. CESNI (Centro de Estudios Sobre Nutrición Infantil) Trabajo publicado en la Revista de la Sociedad Argentina de Nutrición; Vol. 10 (3) Pp. 3.

ROBLES S. 1985, Producción de oleaginosas y textiles, 2ª edición. Ed. Limusa, México DF, Pp. 181-190.

Robles Sánchez Raúl, 1991 producción de oleaginosas y textiles, 3ª edición. Limusa, México, Pp. 295.

Robles Sánchez, R. 1982. Producción de oleaginosas y textiles. Limusa, México; Pp. 675.

Ryan C, 2011. TESIS: “Calidad nutricional en variedades de Maní Tegua y Granoleico. Estabilidad y aceptabilidad de sus aceites. Efecto de su ingesta sobre niveles de lípidos plasmáticos en ratones”. Tesis de Doctorado; Universidad Nacional De Córdoba. Argentina, Pp. 10 y 11.

Valenzuela B, 2008. Ácidos grasos con isomería *trans*: Su origen y los efectos en la salud humana. Rev. Chilena de Nutrición. Volumen 35, N°33, Pp. 162-171.

Páginas web recientes

1. http://www.cisan.org.ar/adjuntos/20110210105036_.pdf
Ácido graso omega 6. Consultada el 7 de septiembre 2012.
2. http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADa%20Cacahuate_Junio-2011.pdf.
Principales oleaginosas. Consultada el 13 de agosto del 2012.
3. <http://www.snitt.org.mx/pdfs/demanda/cacahuate.pdf>
Consultada el 14 de agosto del 2012.
4. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351
Producción nacional y estatal de cacahuate.
Consultada el 24 de agosto del 2012.

5. <http://www.buenasalud.net/2010/06/25/acido-estearico-y-salud-cardiovascular.html#>
Ácido esteárico. Consultada el 8 de septiembre 2012.

6. <http://www.aserca.gob.mx/sicsa/claridades/revistas/116/ca116.pdf>
Consultada el 20 de agosto del 2012.

7. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html>
Organización Mundial de la Salud. Nota informativa, febrero 2007,
consultada el 19 de septiembre del 2012.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo: 1

Cuadro 21: Comparaciones significativas en el nivel de 0.05 se indican mediante ***.

Comparación (T)	Diferencias entre medias	Límites de confianza	
1 – 2	0.8238	-0.2848	1.9325
1 – 3	1.3287	0.0892	2.5682***
2 – 3	0.5049	-0.7346	1.7444

Cuadro 22: Comparaciones significativas en el nivel de 0.05 se indican mediante ***.

Comparación (T)	Diferencias entre medias	Límites de confianza	
2 – 1	0.0594	.0.5555	0.6743
2 – 3	0.5580	-0.1295	1.2455
1 – 3	0.4986	-0.1889	1.1861

Cuadro 23: Comparaciones significativas en el nivel de 0.05 se indican mediante ***.

Comparación (T)	Diferencias entre medias	Límites de confianza	
2 – 1	2.198	-1.061	5.457
2 – 3	7.010	3.366	10.654***
1 – 3	4.811	1.168	8.455***

Cuadro 24: Comparaciones significativas en el nivel de 0.05 se indican mediante ***.

Comparación (T)	Diferencias entre medias	Límites de confianza	
1 – 3	4.103	-0.957	9.163
1 – 2	4.711	0.185	9.236***
3 – 2	0.608	-4.452	5.667

Cuadro 25: Comparaciones significativas en el nivel de 0.05 se indican mediante ***.

Comparación (T)	Diferencias entre medias	Límites de confianza	
1 – 2	0.0548	-0.4003	0.5098
1 – 3	0.3268	-0.1819	0.8355
2 – 3	0.2720	-0.2367	0.7808

Cuadro 26: Comparaciones significativas en el nivel de 0.05 se indican mediante ***.

Comparación (T)	Diferencias entre medias	Límites de confianza	
1 – 2	0.0772	-0.8084	0.9627
1 – 3	2.1754	1.1854	3.1655***
2 – 3	2.0983	1.1082	3.0883***

Cuadro 27: Comparaciones significativas en el nivel de 0.05 se indican mediante ***.

Comparación (T)	Diferencias entre medias	Límites de confianza	
1 – 2	0.0977	-0.4771	0.6726
1 – 3	1.3067	0.6640	1.9494***
2 – 3	1.2090	0.5663	1.8517***

Cuadro 28: Comparaciones significativas en el nivel de 0.05 se indican mediante ***.

Comparación (T)	Diferencias entre medias	Límites de confianza	
2 – 1	0.1376	-0.3985	0.6736
2 – 3	1.5069	0.9076	2.1061***
1 – 3	1.3693	0.7700	1.9686***

ANEXO 2: Porcentaje promedio en contenido de ácidos grasos en cada variedad.

CACAHUATE VARIEDAD VALENCIA	% DE A.G PROMEDIO
ACIDOS GRASOS	
Ácido cis-10-pentadecenoico (C15:1)	4.998649954
Ácido cis-10-Heptadecenoico (C17:1)	1.514770876
Ácido esteárico (C18:0)	22.83809076
Ácido elaidico (C18:1n 9E)	33.48086658
Ácido linoleico (C18: 2n 6c)	1.000220135
Ácido araquidico (C20: 0)	3.977206735
Ácido cis-8,11,14-eicosatrienoico (C20: 3n6)	2.555725396
Ácido tricosanoico (C23:0)	2.001791656
CACAHUATE VARIEDAD ESPAÑOL CHIAPAS	
% DE A.G PROMEDIO	
ACIDOS GRASOS	
Ácido cis-10-pentadecenoico (C15:1)	4.174801704
Ácido cis-10-Heptadecenoico (C17:1)	1.57418979
Ácido esteárico (C18:0)	25.0364801
Ácido elaidico (C18:1n 9E)	28.77031008
Ácido linoleico (C18: 2n 6c)	0.94544422
Ácido araquidico (C20: 0)	3.900020893
Ácido cis-8,11,14-eicosatrienoico (C20: 3n6)	2.45801192
Ácido tricosanoico (C23:0)	2.139344233
CACAHUATE VARIEDAD ESPAÑOL (E.U)	
% DE A.G PROMEDIO	
ACIDOS GRASOS	
Ácido cis-10-pentadecenoico (C15:1)	3.669905043
Ácido cis-10-Heptadecenoico (C17:1)	1.016161434
Ácido esteárico (C18:0)	18.02665032
Ácido elaidico (C18:1n 9E)	29.37782137
Ácido linoleico (C18: 2n 6c)	0.673420239
Ácido araquidico (C20: 0)	1.801770619
Ácido cis-8,11,14-eicosatrienoico (C20: 3n6)	1.249012818
Ácido tricosanoico (C23:0)	0.632493783