



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO.

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA.

**MÉTODOS DE EXTRACCIÓN Y PURIFICACIÓN DE ÁCIDOS
GRASOS INSATURADOS DE SEMILLA DE *Rubus fruticosus*.**

TESIS.

AUTOR: JOSÉ SILVA AVALOS.

GRADO ACDEMICO A OBTENER: LIC.QUIMICO FARMACOBOLOGO.

ASESOR: D.C. RAFAEL ORTIZ ALVARADO.

LUGAR: MORELIA, MICH.

FECHA: 06/2016

AGRADECIMIENTOS

Porque todo trabajo rinde frutos, aquí estamos después de varios años de esfuerzo para agradecer a mis padres; Alfonso Silva Aguilar y María Paz Avalos Anguiano quienes se han encargado de darme lo requerido para lograr esta meta, ellos que se han preocupado por mí bienestar en todo momento; a mis hermanos Edgar Alexis Silva Avalos por su arduo trabajo y más que nada por ser uno de los mejores ejemplos a seguir como hombre trabajador y responsable, Cynthia Yezmin Silva Avalos por ser quien desde pequeño me inculco la pasión por el estudio muy a su manera, Alfonso Silva Avalos por ser mi compañero en todas esas aventuras que tuvimos como buenos hermanos. Gracias familia por darme el apoyo que me motivo en muchas ocasiones que lo necesitaba.

Gracias a Nancy Diana Contreras Ceballos y a mis amigos por todo el apoyo brindado durante todo el trayecto de mi carrera, que sin importar si me iba bien o mal ahí estaban conmigo y siempre juntos salimos adelante.

Gracias a mi asesor el D.C. Rafael Ortiz Alvarado, que me ha dado la oportunidad de realizar este proyecto de investigación pero más que nada por su enseñanza.

INDICE

1. Antecedentes.....	1
1.1 Modelo económico de producción alimenticia a nivel mundial.....	2
1.2 México y el modelo económico de producción de alimentos.....	4
1.3 Frutillos rojos.....	5
1.4 Arándanos.....	5
1.5 Fresa.....	6
1.6 Grosella.....	6
1.7 Frambuesa.....	7
1.8 Zarzamora.....	8
1.9 Porcentajes de producción mundial.....	8
1.10 Mercado internacional de zarzamora de contra temporada.....	11
1.11 Posición económica nacional.....	12
1.12 Producción municipal o por distritos de riego.....	13
2. Aspectos nutrimentales de los frutillos rojos.....	15
2.1 Alimento.....	15
2.2 Alimento funcional.....	15
2.3 Alimento nutraceutico.....	16
3. Biomoléculas.....	17
3.1 Carbohidratos.....	17
3.2 Proteínas.....	17
3.3 Nucleótidos.....	18
3.4 Ácidos nucleicos.....	18
3.5 Lípidos.....	18
3.6 Clasificación de lípidos.....	19
3.6.1 Colesterol.....	19
3.6.2 Esteroles.....	19
3.6.3 Ceras.....	19
3.6.4 Grasas.....	19
3.6.5 Triacilglicerol.....	19
3.6.6 Ácidos grasos.....	20

3.6.6.1	Clasificación de ácidos grasos.....	20
3.6.6.2	Relación estructura función.....	23
3.6.6.3	Ácido esteárico.....	23
3.6.6.4	Ácido oleico.....	24
3.6.6.5	Ácido linoléico.....	25
3.6.6.6	Ácido linolénico.....	26
3.6.6.7	Fuentes de ácidos grasos.....	27
3.6.6.8	Efectos en la salud de los ácidos grasos poliinsaturados.....	28
4.	Justificación.....	30
5.	Hipótesis.....	32
6.	Objetivos.....	34
6.1	Objetivo general.....	35
6.2	Objetivos específicos.....	35
7.	Material y métodos.....	36
7.1	Extracción de ácidos grasos por solvente.....	37
7.2	Equipo Soxhlet.....	37
7.3	Extracción asistida por microondas.....	38
7.4	Extracción de aceite de semilla de zarzamora.....	38
7.4.1	Obtención de semillas de zarzamora.....	38
7.4.2	Tratamiento de Sólidos.....	38
7.4.3	Extracción soxhlet.....	38
7.4.4	Extracción por microondas.....	39
7.4.5	Centrifugación.....	39
7.5	Análisis químico del aceite de semilla de zarzamora (<i>Rubus fruticosus</i>).....	39
7.5.1	Análisis de RMN.....	39
7.5.2	Análisis de cromatografía de gases con detección de ionización de flama.....	40

7.5.3 Ventajas y desventajas de cromatografía de gases con detector de ionización de llama.....	40
8. Resultados.....	43
9. Discusión.....	50
10. Conclusión.....	54
11. Perspectivas.....	56
12. Bibliografía.....	58

INDICE DE TABLAS:

Tabla No.1. Clasificación taxonómica de la fresa.....	6
Tabla No.2. Clasificación taxonómica de la grosella.....	7
Tabla No.3. Clasificación taxonómica de la frambuesa.....	8
Tabla No.4. Rendimiento económico por tipo de producción y tipo de contrato.....	14
Tabla No.5. Ácidos grasos de interés biológico.....	21
Tabla No.6: Ácido graso estearico.....	24
Tabla No.7. Ácido graso oléico.....	25
Tabla No.8. Ácido graso llinoléico.....	26
Tabla No.9. Ácido graso linolénico.....	27
Tabla No.10. Perfil de ácidos grasos provenientes de las muestras de aceite obtenido por la extracción asistida de microondas y centrifugación.....	47

ÍNDICE DE IMÁGENES:

Imagen No.1. Porcentajes de producción de <i>Rubus fruticosus</i> a nivel mundial.....	9
Imagen No.2. Porcentajes de exportación mundial del fruto <i>Rubus fruticosus</i>	10
Imagen No.3. Rutas de importación y exportación de los frutillos rojos.....	11
Imagen No.4. Ácido graso esteárico.....	24
Imagen No.5. Ácido graso oléico.....	25
Imagen No.6. Ácido graso linoléico.....	26
Imagen No.7. Ácido graso linolénico.....	27
Imagen No.8. Detector de ionización de flama.....	42
Imagen No.9. Propuesta de procesamiento de <i>Rubus fruticosus</i> , realizada en el presente proyecto.....	44
Imagen No.10. Espectro de ^1H , obtenido de las muestras de aceite proveniente de las semillas de <i>Rubus fruticosus</i> (zarzamora), por a) Éter etílico, b) Pentano y c) Extracción por microondas y centrifugación.....	45
Imagen No.11. Espectro proveniente del ^{13}C , donde se muestra la comparación entre los ácido grasos, contenidos en el aceite obtenido de las semillas de <i>R. fruticosus</i> , a) Ácido linoléico, b) Ácido linolénico, c) Mezcla de los ácido linoléico y linolénico provenientes de la hidrólisis de las muestras de aceite obtenidas y d) Extracto total antes de la hidrólisis de los triacilglicerolos (TAG).....	46
Imagen No.12. Porcentajes de rendimiento de aceite obtenido de las semillas de <i>R. fruticosus</i> , a través de los métodos por microondas, éter etílico y pentano.....	48
Imagen No.13. Concentración relativa de los ácidos grasos de tipo poliinsaturados de tipo C:18, provenientes de la semilla de <i>R. fruticosus</i> , por los diferentes métodos extractivos.....	49

Palabras clave: (*Rubus fruticosus*, residuos agroindustriales, ácidos grasos insaturados).

Resumen:

Michoacán es líder en la producción de productos hortofrutícolas, como son los casos del aguacate (*Persea americana variedad Hass*) así como las especies de genero *Rubus spp.* (Frambuesas y zarzamoras) más sin embargo, existe una demanda creciente en los mercados internacionales de productos frutícolas tanto en fresco como sus productos derivados de estos, como pueden ser los aceites, esto se ejemplifica, como es el caso del aceite de aguacate o los concentrados de frutos cítricos como es el caso de los productos de origen subtropical, limón (*Citrus aurantifolia*). De esta manera el presente trabajo aborda la extracción y caracterización química de los ácidos grasos provenientes de la semilla del fruto *Rubus fruticosus* (zarzamora) producido en Ziracuaretiro Michoacán. En donde a través de metodologías de tipo extractivo se purifica y se caracterizaron los ácidos grasos de las semillas de la zarzamora provenientes de residuos agroindustriales, obteniendo un rendimiento del 16.5% para la extracción con microondas y un disolvente acuoso, comparado con un 14.8% de rendimiento, con los métodos extractivos que utilizan disolventes no polares. Adicionalmente, el análisis por cromatografía de ácidos grasos, revela una presencia de ácidos grasos insaturados de tipo C:18 donde predominan el ácido linoleico con un 57.8%, el cis-oleico con un 23.7% y el linolénico con un 7.73%, lo cual convierte al residuo agroindustrial como es la semilla del fruto *Rubus fruticosus* en una fuente de ácidos grasos de tipo insaturados los cuales son demandados dentro de la industria alimenticia a nivel mundial.

Keywords: (*Rubus fruticosus*, agro-industrial waste, unsaturated fatty acids)

ABSTRACT:

Michoacán is a leader in the production of horticultural products, as in the case of avocado (*Persea americana Hass*) and the species of the genus *Rubus spp.* (Raspberries and blackberries) more however, there is growing demand in

international markets fruit products both fresh and products derived from these, such as oils, this is exemplified, as in the case of avocado oil or concentrates citrus fruits such as products of subtropical origin, lemon (*Citrus aurantifolia*). Thus, the present paper deals with the extraction and chemical characterization of fatty acids of the seed from the fruit *Rubus fruticosus* (blackberry) produced in Ziracuaretiro Michoacán. Where through the methodologies of type extractive is purified and were characterized the fatty acids of seeds Blackberry from agroindustrial residues, obtaining a yield of 16.5% for the extraction with microwaves and an aqueous solvent, compared to 14.8% of performance, with extractive methods using solvents nonpolar. Additionally, chromatography analysis fatty acid, It reveals the presence of unsaturated fatty acids type C: 18 where predominantly linoleic acid with 57.8% the cis-oleic with 23.7% and a 7.73% linolenic acid, which makes the agroindustrial residue as is the seed of the fruit *Rubus fruticosus* a source of fatty acids unsaturated type which are demanded within the food industry globally.



1. ANTECEDENTES

Antecedentes.

1.1 Modelo económico de producción alimenticia a nivel mundial.

En la actualidad existen según la Organización Mundial de las Naciones Unidas (ONU) aproximadamente 7,000 millones de seres humanos habitando el planeta. Los cuales todos tienen necesidades, entre las que destacan el acceso a una salud, agua potable y una alimentación de calidad que preserve el capital de salud humano. El *Homo sapiens* es un organismo que ha pasado por diferentes etapas de desarrollo evolutivo, lo que le ha permitido asegurar una fuente de alimentos. En donde se puede mencionar desde las etapas de evolución como organismo recolector de frutos y semillas, así como su combinación como organismo que se organizaba como cazador (etapa evolutiva como nómada o seminomada). En casi todas las culturas que se desarrollaron posteriores al Neolítico se vieron favorecidas por el desarrollo de la agricultura y la ganadería. Esto significó un cambio en el patrón de producción y consumo de alimentos, pero también originó un cambio de paradigma en el desarrollo de las sociedades humanas que cambiaron; de ser nómadas, seminomadas a sociedades sedentarias y estratificadas. Dicha conducta ha sido una constante en los últimos 10,000 años. [30] Por lo que se verificó una evolución en la forma de asegurar los alimentos y por lo tanto la supervivencia de nuestra especie, colocándola en la cúspide de la cadena alimenticia. Mas sin embargo, el modelo de producción de alimentos no ha sufrido cambios significativos a nivel de diversificación alimenticia y la industrialización de la producción y distribución de alimentos ha significado elevados costos en términos económicos, de salud y un alto compromiso con el medio ambiente. Porque en la actualidad, los seres humanos que habitan en la Tierra explotan de manera mayoritaria unas cuantas especies de plantas y animales, entre los que destacan Maíz (*Zea mays*), Trigo (*Triticum*), Arroz (*Oryza sativa*), Sorgo (*Sorghum bicolor*) y en el caso de los animales se circunscribe a las especies que han sido domesticadas para su explotación a nivel de obtención de proteínas cárnicas y productos lácteos donde destacan Res (*Bos taurus*), Cabra (*Capra*

spp.), Caballo (*Equus ferus caballus*) observando esto, desde un punto de vista occidental. [22]

El problema mayor en la actualidad, es que el modelo de producción y distribución de alimentos a nivel mundial, está basado en la maximización de la eficiencia en la producción alimenticia. Donde los productos deben de cumplir con estándares de calidad dictadas por los mercados a nivel mundial. Estos criterios de calidad afectan la producción a nivel local. Dicho modelo ha originado en el mundo globalizado actual, diferencias significativas entre economías, por ejemplo un hemisferio en el sur, que aporta en buena medida las materias primas y los alimentos que deben de cumplir los estándares de calidad que el hemisferio norte demanda y es este último el que impone los precios de comercialización, así como los criterios de distribución dentro de las cadenas de producción alimenticia. Este modelo económico ha empezado a mostrar signos de crisis. Se debe de recordar que el modelo se impuso, posterior a la Segunda Guerra Mundial. Donde en aquellas épocas la comercialización y aseguramiento en la producción y distribución de calorías fuera la normal, dejando de lado productos alimenticios diversos y que poseían diferentes tipos de nutrientes necesarios para la alimentación humana la cual debe ser eminentemente diversa. Con el modelo económico de producción y distribución de alimentos se favoreció el acceso a nivel *per cápita*, en el aumento del número de calorías, promoviendo el desarrollo de enfermedades ligadas al sedentarismo. En donde la problemática de interés es la obesidad y el sobrepeso. En la actualidad, está demostrado que la obesidad está ligada con el desarrollo de enfermedades como la Diabetes Mellitus de Tipo II, así como enfermedades ligadas al transporte y metabolismo de lípidos como es el caso de las dislipidemias (Hipercolesterolemia e Hipertrigliceridemia), así mismo existe controversia, debido a que las dieta humana pobre o carente en algunos nutrientes favorece el desarrollo de enfermedades como el cáncer de colon. De esta forma, los problemas de salud públicos no infecciosos, están explicados en mayor forma por el modelo de producción, distribución de alimentos y micronutrientes necesarios para mantener el capital de salud humano, puesto que la industrialización y comercialización de alimentos no favorece la diversificación

de alimentos y micronutrientes, dejando a la dieta humana, pobre en casi todas las etapas de desarrollo humano. [28]

1.2 México y el modelo económico de producción de alimentos.

Los Estados Unidos Mexicanos por su Producto Interno Bruto (PIB) ocupa el lugar número 14 a nivel mundial y ocupa un lugar destacado dentro de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), así como por su cercanía con la economía mundial más grande, medido esto último en términos de producción y patrón de consumo en los Estados Unidos de América, así como su inclusión dentro de diferentes Tratados de Libre Comercio, han colocado al País en el desarrollo de diferentes modelos económicos de producción, que han afectado diversos ámbitos productivos. [36] Debemos recordar que durante la mayor parte de la vida independiente de México, ha sido una economía basada en la agricultura, donde la población era eminentemente rural. En los últimos 30 años se ha visto un cambio significativo en la producción y destino de los alimentos producidos en México. En donde amplias zonas han desarrollado vocaciones casi exclusivas hacia ciertos sectores y ciertos tipos de productos. Por ejemplo: entidades federativas como Sinaloa, el Tomate (*Lycopersicum esculentum*), Michoacán es líder en la producción de Aguacate (*Persea americana*). Así como zonas conocidas como el altiplano Mexicano, donde destacan las zonas del Bajío las cuales muestran una vocación en producción casi mayoritaria de granos como Maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum spp.*) y sorgo (*Sorghum bicolor*). Dicha práctica ha dejado a algunas zonas y entidades federativas fuera del desarrollo económico como el caso de estados y zonas como Guerrero y Chiapas, en donde el índice de desarrollo humano es equiparable con regiones de África Subsahariana. De esta manera el estado Michoacán de Ocampo se ha colocado como una entidad federativa con una vocación eminentemente hortofrutícola, en donde los casos de éxito comercial e impacto a nivel mundial en la producción de alimentos de alto valor nutrimental destacan los casos de Aguacate (*Persea americana*), Arándanos (*Vaccinium myrtillus*), Frambuesas (*Rubus idaeus*) y Zarzamoras (*Rubus fruticosus*). Así Michoacán ocupa el lugar número 10 por su participación en el

Producto Interno Bruto (PIB) Nacional. Colocando al estado como un estado con alta contribución económica al Producto Interno Bruto (PIB) Nacional, pero que en términos de desarrollo humano está calificado de una manera pobre. Esto nos habla de una paradoja en el desarrollo económico de producción y distribución de la riqueza, que es medida en la actualidad como riqueza y pobreza multidimensional. [36]

1.3 Frutillos Rojos. Los berries (bayas en español), también llamados “frutos del bosque” o “frutillas”, son muy llamativos por su sabor y color, su consumo se ha expandido de forma importante debido a la variedad de nutrientes que contienen y se les considera importante fuente de bienestar y juventud.

Las bayas son diversas frutas de diferentes grupos botánicos, que se caracterizan por tener una vida de anaquel muy reducida. Tienden a ser pequeñas, jugosas, dulces o agridulces, con colores brillantes. [38].

Los diferentes géneros y especies de los denominados frutillos rojos como son los arándanos (*Vaccinium myrtillus*), frambuesa (*Rubus idaeus*) y la zarzamora (*Rubus fruticosus*), tiene un alto contenido de moléculas que sirven no solamente como nutrientes (aporte calórico), sino que también existen moléculas contenidas en los frutillos rojos que tienen diferentes funciones celulares, como son los antioxidantes (molécula conocidas como nutraceuticos), por lo que su cultivo es significativo para la diversificación de la dieta humana, lo cual está acorde con proceso evolutivo de la especie humana que busca diversificar la fuente de productos alimenticios, así como el tipo de moléculas contenidas en los alimentos. [30]

1.4 Arándanos. El arándano común (*Vaccinium myrtillus*) es una planta caducifolia que mide entre 20 y 60 cm de altura. Tallos de color verde claro, lampiño, con cuatro marcados ángulos. Hojas de hasta 3 cm de longitud, alternas, de color verde brillante, ovaladas, con dientes finos, de textura coriácea y con ápice agudo. Flores de 4 a 6 mm de diámetro en forma de linterna, de color rosado o verde-rosado, aislado o en grupos de 2, que cuelgan de las axilas de las hojas

superiores. Frutos en baya de unos 5 mm, de color negro, azul, cubierto de una pilosidad violeta, de forma redondeada con uno de los extremos planos. [20]

1.5 Fresa. La fresa es una *fruta del bosque* pero no es una baya, de hecho ni siquiera es una fruta, es una "falsa fruta" o infrutescencia, un *eterio*, receptáculo carnoso formado por fusión floral sobre el que se encuentran los auténticos frutos, *aquenos* en elevada cantidad, entre 150 y 200, (los que vemos como pequeñas semillas sobre la piel de la fresa), por eso a veces se considera un *poli aquenio*

La fresa es una planta herbácea perenne, estolonífera, ecaposa y con flores hermafroditas, unisexuales en diocea o polígamas. [26]

Tabla No. 1. Clasificación taxonómica de la Fresa.

FRESA	<i>Fragaria ananassa</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	Rosácea
Genero	<i>Fragaria</i>
Especie	<i>F. ananassa</i>
Origen	Europa Occidental
Vitaminas	Alfa-tocoferol
Minerales	K ⁺ , Mg ⁺² , Ca ⁺²

FUENTE: Debayas. (2008). Fresa. Extraído de debayas.es, enero 12,2016. Sitio web: <http://www.debayas.es/fresa.html>

1.6 Grosella. La grosella es la única *fruta del bosque* que se ajusta a la definición botánica de baya. El grosellero es un arbusto caducifolio de 1 a 1,5 metros de altura, no espinoso, de ramas jóvenes habitualmente rojizas. Las hojas son palmeadas, de unos 10 cm de ancho, sin apenas pelos, con 3 o 5 lóbulos muy dentados, acorazonadas en la base. Las flores, verde-amarillentas, están agrupadas en racimos colgantes de 3 a 6 cm. florece en primavera.

Los frutos son bayas de color rojo translúcido, de en torno a 10 mm de diámetro, que se agrupan en racimos de 3 a 10 bayas. [27]

Tabla No. 2. Clasificación taxonómica de la Grosella

GROSELLA	<i>Ribes rubrum</i>
Orden	<i>Saxifragales</i>
Familia	Grosulácea
Genero	<i>Ribes</i>
Especie	<i>R. rubrum</i>
Origen	Europa Occidental
Vitaminas	B1, C
Minerales	Fe, P, K, Mn

FUENTE: Debayas. (2008). La grosella. Extraído de debayas.es, enero 12, 2016.
Sitio web: <http://www.debayas.es/grosella.html>

1.7 Frambuesa. La frambuesa es una *fruta del bosque*, pero no una baya. Botánicamente hablando es un fruto agregado (formado por varios frutos), una poli baya. El frambueso es un arbusto caducifolio, rizomatoso o estolinófero, erecto y de hasta 2 m de altura. Se cultiva por sus frutos comestibles, muy apreciados y de amplio uso culinario en todo el mundo, y de los que además, se obtiene, tras fermentación, vinagre y licor. Es muy utilizada en comidas preparadas, especialmente en repostería, y en conservas (mermeladas, jaleas). Existen variedades del mismo arbusto en otros colores, como amarillo o naranja dorado. También existen diverso híbridos tipo mora-frambuesa. [25]

Tabla No. 3. Clasificación taxonómica de la Frambuesa.

FRAMBUESA	<i>Rubus ideaus</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	Rosácea
Genero	<i>Rubus</i>
Especie	<i>R. ideaus</i>
Origen	Europa Occidental
Vitaminas	C, B1, B3
Minerales	Fe, Ca, Mn, Na.

FUENTE: Debayas. (2008). Frambuesa. Extraído de debayas.es, enero 12, 2016.
 Sitio web: <http://www.debayas.es/frambuesa.html>

1.8 Zarzamora. Las zarzamoras son arbustos que presentan tallos leñosos, angulares y provistos de espinas, tiernos en la juventud. A medida que crecen, por su propio peso, se van doblando hacia la tierra.

Hojas compuestas de 5 folíolos ovados con dientes con nervios bien marcados. Haz brillante y sésil; envés con pilosidad blanquecina.

Flores de hasta unos 3 cm de color blanco o rosado, con 5 pétalos y 5 sépalos, reunidas en racimos al final de las ramas.

Frutos carnosos negros constituidos por pequeñas drupas reunidas alrededor de un eje común (poli drupas).

La zarzamora pertenece al género *Rubus* que comprende aproximadamente 700 especies. Las variedades comerciales han sido mejoradas genéticamente e inclusive hay híbridos entre zarzamoras y frambuesas. [21]

1.9 Porcentajes de producción mundial:

La zarzamora es una planta que se encuentra silvestre en grandes extensiones de las regiones templadas del mundo, por lo que la producción de muchos países viene de la cosecha de plantas silvestres. La producción mundial proveniente de

plantaciones agrícolas en 2007 se estimó en 169,010 Ton., siendo México el primer productor, mundial. [18].

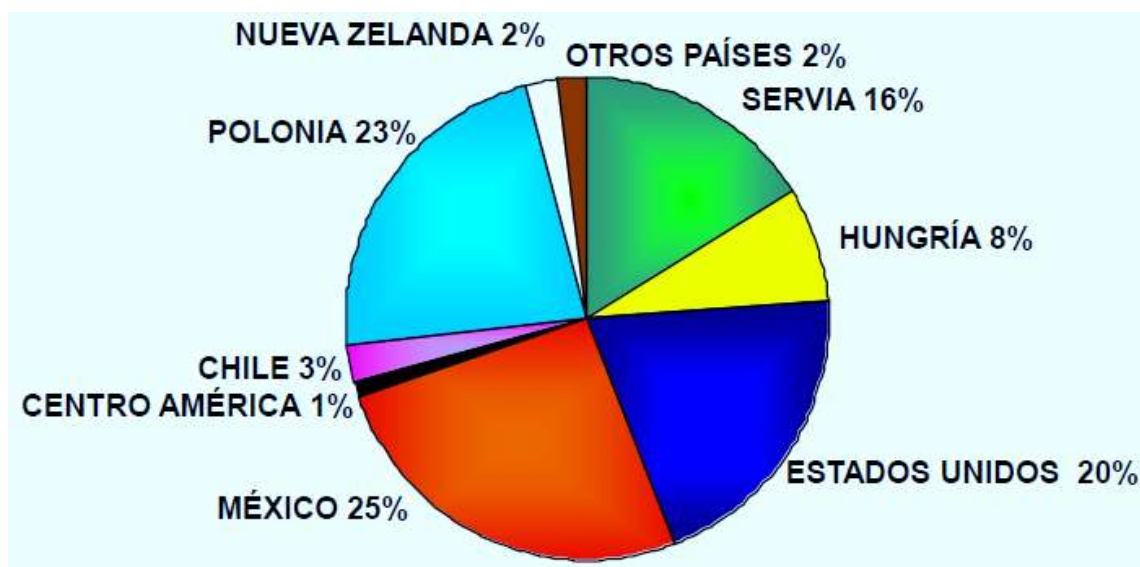


Imagen No.1. Porcentajes de producción de *Rubus fruticosus* a nivel mundial.

Fuente: SAGARPA. (2008). El sistema producto zarzamora en Michoacán. Extraído de SAGARPA, agosto 28, 2015. Sitio web: http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/michoacan/Lists/Evaluaciones%20Externas1/Attachments/50/compt_zarzamora.pdf

México fue el primer proveedor en el 2007 de zarzamoras, frambuesas y otras frutillas rojas en el mercado de los Estados Unidos con el 56% en volumen y 47% de valor.

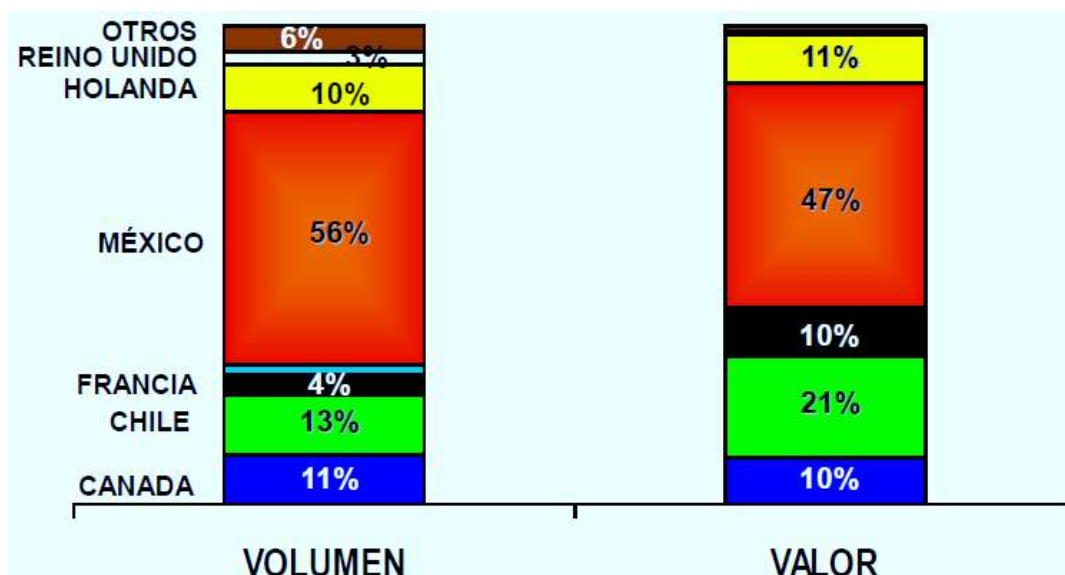


Imagen No.2. Porcentajes de exportación mundial del fruto *Rubus fruticosus*.

Fuente: SAGARPA. (2008). El sistema producto zarzamora en Michoacán.

Extraído de SAGARPA, agosto 28, 2015. Sitio web:

http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/michoacan/Lists/Evaluaciones%20Externas1/Attachments/50/compt_zarzamora.pdf

La mayoría de los exportadores de zarzamora de contra temporada (meses de invierno en Norteamérica) se ubican en el Continente Americano y por consiguiente el mercado de los Estados Unidos es donde se observa mayor rivalidad comercial.



Imagen No.3. Rutas de importación y exportación de los frutillos rojos.

Fuente: SAGARPA. (2008). El sistema producto zarzamora en Michoacán.

Extraído de SAGARPA, agosto 28, 2015. Sitio web:

http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/michoacan/Lists/Evaluaciones%20Externas1/Attachments/50/compt_zarzamora.pdf

Aspectos económicos de las frutillas rojas a nivel mundial.

1.10 Mercado internacional de zarzamora de contra temporada.

El mercado mundial de las frutillas rojas se concentra en Norteamérica y Europa, en el que participa un gran número de países exportadores, con producción proveniente de plantaciones controladas con frutos registrados bajo patente como es el caso de la frambuesa y producción silvestre de variedades de zarzamora como la *tuppy*, *marion* y *brassos*. Sin embargo, la producción de invierno o contra temporada proviene exclusivamente de plantaciones de países especializados en la producción y por consecuencia en la exportación.

México se ha convertido en uno de los principales productores y exportadores de zarzamora de contra temporada, compitiendo principalmente con Chile, Nueva Zelanda, Colombia y otros países de Centroamérica, entre los que destacan Guatemala y Costa Rica. [39].

1.11 Posición Económica Nacional

Comercialización nacional. No se reportan datos de comercialización de zarzamora en las principales centrales de abasto en el país, lo cual se debe a varias causas, la más importante está relacionada a que esta fruta es muy perecedera y en la mayoría de las centrales de abasto del país no se cuenta con infraestructura de frío especializada para su manejo. La distribución a las tiendas de autoservicio se realiza a través de empresas especializadas con sistemas logísticos con frío y empaque especializado, que son los puntos de venta que realizan el siguiente reporte del consumo nacional aparente de 1997 a 2008 creció aproximadamente 14 veces, lo que equivale a una Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) del 27% durante este período.

El consumo per cápita nacional creció de 56 gramos en 1997 a 757 gramos en 2008 lo que equivale a un crecimiento de 12.5 veces durante el período. [39].

El consumo nacional. El consumo nacional aparente de la zarzamora de 1997 a 2007 pasó de 5,604 Ton a 83,696 Ton, lo que equivale a un crecimiento de 13.9 veces. El consumo *per cápita* durante este mismo período pasó de 0.056 Kg a 0.757 Kg.

Respecto a la producción nacional de zarzamora de 1996 a 2007 creció 3.5 veces al pasar de 9,765 Ton en 1997 a 44,136 Ton en 2007, lo que equivale a una tasa media de crecimiento anual durante este período del 35%. [39].

Tendencia del valor de la producción nacional de zarzamora. El valor de la producción nacional de zarzamora en términos reales de 1996 a 2007 creció 10.5 veces al pasar de 76.5 millones de pesos en 1997 a 881.5 millones de pesos en 2007, lo que equivale a una Tasa Media de Crecimiento Anual durante este período del 105%.

En el año agrícola 2007, Michoacán concentró el 97% del valor de la producción nacional de zarzamora, el segundo lugar lo ocupó Colima con el 2% del valor nacional. [39]

De esta manera la producción agroindustrial de zarzamora en Michoacán pasó de 312 Ton en 1992 a 116,649 Ton en 2008, convirtiéndose no sólo en el primer productor nacional, sino en uno de los principales exportadores mundiales para esta especie. El proceso inició en 1990 cuando se empezó a cultivar la variedad brazos y el surgimiento de la primera exportadora en 1992, en el Municipio de Los Reyes de Salgado. Después fueron localizándose más exportadoras internacionales, primordialmente con Capital Chileno que son las compañías que poseen los certificados de inocuidad, requisito fundamental que permite la exportación de los productos a los mercados Internacionales, como Estados Unidos y parte de la Comunidad Europea. Estas compañías comenzaron con la introducción de la variedad *Tupy* y el desarrollo de la producción intensiva se logró liderar el mercado de los frutillos rojos para las variedades de Zarzamora en los Estados Unidos.

En el año agrícola 2008 la superficie cosechada de zarzamora en el estado de Michoacán fue de 6,273 hectáreas. El Distrito de Riego (DDR) Zamora contribuyó con el 88% de la superficie total, el DDR Uruapan con el 5%, el DDR Pátzcuaro con el 4% y el resto de los DDR en Michoacán con el 3% restante.[39]

1.12 Producción Municipal o por Distritos de Riego:

En el año agrícola 2008 el DDR Zamora contribuyó con el 93% de la producción y el 98% del valor de la producción total de zarzamora del estado de Michoacán. En volumen destacaron los DDR Uruapan, Pátzcuaro y Zitácuaro con el 4%, 2% y 1% respectivamente.

El rendimiento medio más alto por hectárea de zarzamora en el año agrícola 2008 lo presentó el DDR Zamora con 19.7 Ton/ha, seguido por los DDR Uruapan, Zitácuaro y Morelia con 12.7 Ton/ha, 12.3 Ton/ha y 12.2 Ton/h respectivamente.

El precio medio rural más alto por tonelada de zarzamora en el año agrícola 2008 lo presentó el DDR Zamora con \$20,923, le siguieron los DDR Uruapan y Pátzcuaro con un precio medio equivalente al 72% y 66% respectivamente de lo que recibieron los productores del DDR Zamora. En el resto de los DDR los

precios estuvieron entre el 29% y 39% de los precios medios del DDR Zamora. [39].

Tabla No. 4. Rendimiento económico por tipo de producción y tipo de contrato.

	TRADICIONAL		MACROTUNEL	
	SIN RENTA	CON RENTA	SIN RENTA	CON RENTA
VENTAS	\$393,330	393,330	450,900	450,900
ZARZAMORA EXPORTACION				
Precio promedio (\$/caja)	\$95.52	\$95.52	\$98.20	\$98.20
Rendimiento (Cajas/Ha)	4,000	4,000	4,500	4,500
ZARZAMORA PROCESO				
Precio promedio (%/kg)	\$7.50	\$7.50	\$7.50	\$7.50
Rendimiento (Kg/Ha)	1,500	1,500	1,200	1,200
COSTO POR HECTAREA	\$159,440	\$159,440	\$154,309	\$204,309
Labores Culturales	\$10,130	\$10,130	\$10,130	\$10,130
Control Fitosanitario	\$6,860	\$6,860	\$6,860	\$6,860
Fertilización	\$14,988	\$14,988	\$14,988	\$14,988
Riego	\$4,160	\$4,160	\$4,160	\$4,160
Producción forzada	\$7,702	\$7,704	\$7,704	\$7,704
Cosecha	\$60,500	\$60,500	\$80,667	\$80,667
Gastos Diversos	\$55,100	\$55,100	\$29,800	\$79,800
UTILIDAD DE OPERACIÓN POR HA.	\$233,890	\$233,890	\$296,591	\$246,591

Fuente: Sánchez G. (2008). El clúster de los reyes Michoacán, un ejemplo de reconversión competitiva. Agosto 28, 2015, de Sistema de Información para la Administración del Conocimiento Sitio web: <http://www.siac.org.mx/tecnos/14mich.pdf>

En esta tabla No.4 se presentan los ingresos y costos de producción de zarzamora de cuatro modelos representativos del Valle de los Reyes de Salgado. Los sistemas más comunes son el tradicional a cielo abierto y bajo macro túnel. La

renta de terrenos para producción agrícola es una práctica común en la región, por lo cual se incluyó como una opción en el análisis.

2. Aspectos Nutrimientales de Frutillos Rojos.

El organismo debe consumir moléculas contenidas en los alimentos que son requeridas para realizar sus actividades y tener una vida saludable, desde un punto de vista bioquímico estricto, puede considerarse a la salud como la situación en donde las miles de reacciones intracelulares y extracelulares que tienen lugar en el cuerpo proceden a velocidades adecuadas a su supervivencia máxima en el estado fisiológico. [2]. La salud depende de muchos factores, uno de los más cruciales es el mal hábito en la alimentación que se ha desarrollado a lo largo del tiempo.

2.1 Alimento. Es cualquier producto, natural o transformado, que suministra al organismo que lo ingiere, la energía y las sustancias químicas necesarias para mantenerse en buen estado de salud; y nutrientes son las sustancias químicas contenidas en los alimentos que el organismo utiliza, transforma e incorpora a sus propios tejidos para cumplir tres fines básicos:

- a) aportar la energía necesaria para que se mantenga la integridad y el perfecto funcionamiento de las estructuras corporales.
- b) proporcionar los materiales necesarios para la formación de estas estructuras.
- c) suministrar las sustancias necesarias para regular el metabolismo.

Estos nutrientes incluyen a las Proteínas, Carbohidratos, Lípidos, Minerales, Vitaminas y el Agua. [37]

Existen diferentes tipos de alimentos:

2.2 Alimento funcional. Estos alimentos pueden definirse como cualquier alimento en forma natural o procesada, que además de sus componentes nutritivos contiene componentes adicionales que favorecen a la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona. La idea tradicional de

que para mantener una salud óptima es necesaria una dieta diaria que debe proveer únicamente cantidades adecuadas de nutrientes se ha modificado en los últimos años, ya que los alimentos contienen además, otras sustancias fisiológicamente activas que cumplen, al igual que los nutrientes esenciales, una función benéfica y por lo tanto, necesarias para una vida saludable. Existe de este modo, una fuerte relación entre los alimentos que se consumen y la salud humana. [43].

2.3 Alimento nutraceutico. Sustancias químicas o biológicas activas que pueden encontrarse como componentes naturales de los alimentos o adicionarse a los mismos. Se presenta en una matriz no alimenticia (píldoras, cápsulas, polvo, etc.), y que administrada en dosis superior a la existente en esos alimentos, presume un efecto favorable sobre la salud, mayor al que posee el alimento normal. Por ende, los productos nutraceuticos tienen la capacidad de fortalecer las condiciones saludables, sirviendo como auxiliar en el cuidado y mantenimiento de la salud, así como en la prevención de enfermedades y en la mejora de las funciones fisiológicas del organismo. Los nutraceuticos se diferencian de los medicamentos en que éstos últimos no tienen un origen biológico natural, difieren de los extractos e infusiones de hierbas y similares en la concentración de sus componentes y no tienen por qué tener una acción terapéutica. Los alimentos nutraceuticos previenen las enfermedades crónico degenerativas que son los infartos, embolias, hipertensión, diabetes, cánceres hormonodependientes (glándulas mamarias, próstata, tiroides, etc.).[45].

Al consumir moléculas, en este caso biomoléculas, el organismo las somete a un proceso llamado metabolismo, que es el término que se usa para describir la interconversión de compuestos químicos en el cuerpo, las vías que siguen moléculas individuales, sus interrelaciones, y los mecanismos que regulan el flujo de metabolitos a través de las vías. [1].

3. **Biomoléculas.** Son compuestos de carbono con una diversidad de grupos funcionales. La química de los organismos vivos se organiza alrededor del carbono, que representa más de la mitad del peso seco de las células. El carbono puede formar enlaces simples con átomos de hidrógeno y tanto enlaces simples como dobles con los átomos de oxígeno y de nitrógeno. La capacidad de los átomos de carbono para formar enlaces simples carbono-carbono de gran estabilidad es crucial en la biología. [7].

Las moléculas que forman parte de los seres vivos son sorprendentemente similares entre sí en estructura y función, de hecho todos los organismos que conocemos contienen carbohidratos, proteínas, ácidos nucleicos, lípidos (simples y complejos), y todos dependen de agua para sobrevivir. Nuestro parentesco con plantas se puede verificar si observamos que sus moléculas y las nuestras tienen mucho en común. [19].

3.1 **Carbohidratos.** Los carbohidratos son los compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza. Casi todas las plantas y animales sintetizan y metabolizan carbohidratos, utilizándolos para almacenar energía y repartirla entre sus células. Las plantas sintetizan carbohidratos mediante la fotosíntesis, una serie de reacciones complejas que utilizan la luz del Sol como fuente de energía para transformar el bióxido de carbono y el agua en glucosa y oxígeno. La unión de muchas moléculas de glucosa da lugar a la formación de almidón, que es la sustancia que la planta utiliza como reserva energética o la celulosa, que es el material de soporte de la planta. Los animales también poseen sustancias de reserva energética, como el glucógeno. [16]

3.2 **Proteínas.** Las proteínas son la clase más dinámica y variada de biomoléculas presentes en células animales y vegetales. Además proporcionan componentes estructurales, las proteínas son en gran medida responsables de promover muchos de los aspectos más dinámicos de los procesos vivos. Las funciones que desempeñan las proteínas en los seres vivos son asombrosas. Además de las increíblemente diversas proteínas

catalíticas, los receptores proteicos intermedian las acciones de un número incontable de moléculas señalizadoras, muchas de las cuales también son proteínas. [12]

3.3 Nucleótidos. Además de servir como una de las biomoléculas precursores de ácidos nucleicos, los nucleótidos purina y pirimidina participan en funciones metabólicas tan diversas como el metabolismo de energía, la síntesis de proteína, la regulación de la actividad enzimática, y la transducción de señal. Cuando se enlazan a vitaminas o derivados de vitaminas, los nucleótidos forman parte de muchas coenzimas. [3]

3.4 Ácidos nucleicos. El descubrimiento de que la información genética está codificada a lo largo de una molécula polimérica compuesta de sólo cuatro tipos de unidades monoméricas fue uno de los principales logros científicos del siglo XX. Esta molécula polimérica, el ácido desoxirribonucleico (DNA), es la base química de la herencia, y está organizada en genes, las unidades fundamentales de la información genética. Se ha dilucidado la vía de información básica es decir, el DNA, que dirige la síntesis de RNA, que a su vez dirige y regula la síntesis de proteína. [4]

3.5 Lípidos. Los lípidos son sustancias orgánicas de naturaleza química muy variada, que se caracterizan por su insolubilidad en agua y su solubilidad en diversos disolventes orgánicos (éter, benceno, cloroformo, etc.). Dependiendo de su composición química, los lípidos se clasifican en dos grupos: lípidos sencillos, formados por esterificación de un ácido graso y un alcohol, y los *lípidos complejos*, formados por un ácido graso, un alcohol y otras funciones químicas.

En el organismo humano los lípidos desempeñan las siguientes funciones biológicas: son componentes estructurales de las membranas celulares, forman depósitos celulares de reserva energética, actúan como precursores de hormonas y vitaminas liposolubles e intervienen en el transporte de la energía metabólica. Los lípidos plasmáticos están constituidos por el colesterol, que se halla en forma libre y esterificada, los triglicéridos, los fosfolípidos, los ácidos grasos libres y otros lípidos de menor importancia. [9]

3.6 Los lípidos pueden clasificarse de muchas formas diferentes. En esta exposición, los lípidos pueden subdividirse en las siguientes clases: [13]

3.6.1 **Colesterol.** El colesterol es quizá el esteroide mejor conocido debido a su relación con la aterosclerosis y las enfermedades cardíacas. También es significativo desde el punto de vista bioquímico porque es el precursor de un gran número de esteroides igual de importantes que comprenden los ácidos biliares, hormonas adrenocorticales, hormonas sexuales, vitaminas D, glucósidos cardíacos, sitoesteroles del reino vegetal y algunos alcaloides. [5]

3.6.2 **Esteroles.** Los esteroles se encuentran ampliamente distribuidos en los reinos animal y vegetal y se les encuentra en forma libre (también llamados agliconas esteroides), como ésteres o como glicósidos. Todos contienen un núcleo ciclopentanoperhidrofenantreno y presentan un grupo hidroxilo en el carbono 3. La mayoría de esteroles naturales poseen una cadena lateral de 8 a 10 átomos de carbono y un enlace doble en el C-5. [31].

3.6.3 **Ceras.** Las ceras son mezclas complejas de lípidos apolares. Son cubiertas protectoras de las hojas, los tallos y las frutas de los vegetales y la piel de los animales. Los ésteres formados por ácidos grasos de cadena larga y alcoholes de cadena larga son constituyentes destacados de la mayoría de las ceras. [14]

3.6.4 **Grasas.** Las grasas son los constituyentes principales de las células almacenadoras de éstas en animales y plantas, y constituyen una de las reservas alimenticias importantes del organismo. [6]

El almacenamiento de los ácidos grasos en el organismo se realiza en gran parte en forma de triacilglicerol o grasas. [10]

3.6.5 **Triacilglicerol.** Los triacilglicerol son ésteres de glicerol con tres moléculas de ácidos grasos. (Los glicéridos con uno o dos grupos ácido graso, que se denominan monoacilglicerol y diacilglicerol, respectivamente, son intermediarios metabólicos. Se encuentran presentes normalmente en cantidades pequeñas.) Debido a que los triacilglicerol no

tienen carga (es decir, el grupo carboxilo de cada ácido graso está unido al glicerol mediante un enlace covalente), se les suele denominar grasas neutras. La mayoría de las moléculas de triacilgliceroles contienen ácidos grasos de diversas longitudes, que pueden ser insaturados, saturados o una combinación de ambos. Dependiendo de sus composiciones de ácidos grasos, las mezclas de triacilgliceroles se denominan grasas o aceites. Las grasas, que son sólidas a temperatura ambiente, contienen una gran proporción de ácidos grasos saturados. Los aceites son líquidos a temperatura ambiente debido a su contenido relativamente elevado de ácidos grasos insaturados. [15]

3.6.6 Ácidos grasos. Los ácidos grasos son constituyentes tanto de los triglicéridos como de los lípidos complejos. Los ácidos grasos de interés biológico son ácidos carboxílicos de número par, fundamentalmente de 4-26.

3.6.6.1 Clasificaciones de ácidos grasos.

Se pueden clasificar en cuatro grupos de acuerdo con la longitud de su cadena:

- a) Ácidos grasos de cadena corta (4-6 carbonos)
- b) Ácidos grasos de cadena media (8-12 carbonos)
- c) Ácidos grasos de cadena larga (14-20 carbonos)
- d) Ácidos grasos de cadena muy larga (22 o más carbonos).

Se pueden clasificar por su grado de insaturación:

Los ácidos grasos pueden ser saturados, tener un doble enlace (mono insaturados o monoenoicos) o más dobles enlaces (poliinsaturados o polienoicos). En los ácidos grasos naturales, la disposición espacial de los hidrógenos en los enlaces simples es “trans” mientras que los dobles enlaces adoptan casi siempre una conformación de tipo “cis”. [11]

Los isómeros *cis-trans* también se conocen como isómeros geométricos porque difieren en la disposición geométrica de los grupos sustituyentes en el doble enlace. El isómero *cis* siempre tiene los grupos iguales en el mismo lado del doble

enlace y el isómero *trans* tiene los grupos iguales en lados opuestos del doble enlace.

Para que haya isomería *cis-trans*, tiene que haber dos grupos diferentes en cada extremo del doble enlace. Si se invierten sus posiciones no se forma un compuesto diferente. [17]

Tabla No. 5. Ácidos grasos de interés biológico.

	Numero de carbonos	Numero de dobles enlaces	Nombre común	Nombre sistemático	Formula
SATURADOS	4	0	Butírico	Butanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
	6	0	Caproico	Hexanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
	8	0	Caprílico	Octanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
	10	0	Cáprico	Decanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
	12	0	Láurico	Dodecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
	14	0	Mirístico	Tetradecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
	16	0	Palmítico	Hexadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
	18	0	Esteárico	Octadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
	20	0	Araquídónico	Eicosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$
	22	0	Behénico	Docosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$
	24	0	Lignocérico	Tetracosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$
MONO INSATURADOS	16	1	Palmitoleico	9cis-hexadecaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	18	1	Oleico	9cis-octadecaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	18	1	Elaidico	9trans-octadecaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	20	1	Gadoleico	9cis-eicosaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	20	1	Gondoico	11cis-eicosaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$

	22	1	Erúxico	13cis-docosaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$
POLIINSATURADOS	20	3	Mead	5c,8c,11c-eicosatrienoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$
	18	2	Linoleico	9cic,12cis-octadecaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	18	3	γ -Linolénico	6c,9c,12c-octadecatrienoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
	20	3	Dihomo- γ -Linolénico	8c,11c,14c-eicosatrienoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
	20	4	Araquidónico	5c,8c,11c,14-eicosatetraenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$
	22	4	Adrenico	7c,10c,13c,16c-docosatetraenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$
	22	5	Osmond	4c,7c,10c,13c,16c-docosapentaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
	18	3	α -linolénico	9c,12c,15c-octadecatrienoico	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
	18	4	Estearidónico	6c,9c,12c,15c-octadecatetraenoico	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_4(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
	20	5	Timnodónico	5c,8c,11c,14c,17c-eicosapentaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_5(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$

				co	
	22	5	Clupanodónico	7c,10c,13c,16c,19c-docosapentaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_5(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$
	22	6	Clupadónico o cervónico	4c,7c,10c,13c,16c,19c-docosahexaenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_6(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$

FUENTE: Mataix, F.J. & Sánchez de Medina, F. (2004). Lípidos. BARCELONA: Ergon Creacion. p.65.

3.6.6.2 Relación estructura función de los ácidos grasos.

En el caso de las moléculas con actividad biológica, como es el caso de los carbohidratos, los aminoácidos, los ácidos nucleicos y particularmente por su extensa complejidad, los lípidos y sus estructuras más complejas (como son sus polímeros correspondientes), guardan una estrecha relación fundamentada en su conformación y funcionalidad dentro de las células, es por ello que es necesario abordar la relación estructura función desde un enfoque que permita visualizar su conformación espacial. Caso muy particular de los ácidos grasos de cadena larga como son los isómeros de tipo C:18, en su conformación saturada, mono-insaturada y poli-insaturada, en donde estos ácidos grasos los encontramos ampliamente diseminados en diferentes tipos de fuentes naturales, que en muchos de los casos son parte fundamental de la dieta humana, pero estos diferentes tipos de isómeros de estos ácidos grasos de tipo C:18, tienen diferente impacto en la salud humana, esto está explicado en buena parte por la relación estructural y funcional de las moléculas.

Conformación espacial de los isómeros de ácidos grasos de tipo C:18.

3.6.6.3 Ácido esteárico. Es un ácido graso de cadena larga saturada con una cadena principal de 18 carbonos. El ácido esteárico se encuentra en

varias grasas animales y vegetales. El ácido esteárico es un sólido blanco con un olor suave. [35].

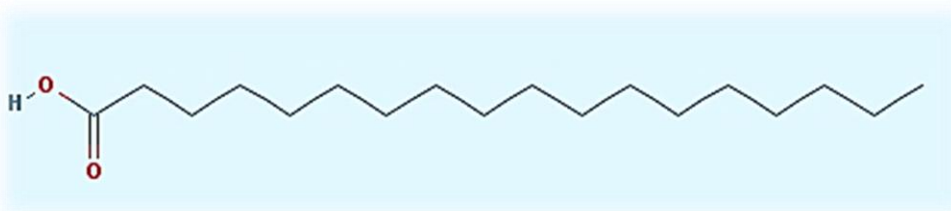


Imagen No.4. Ácido graso esteárico

TABLA No.6. Ácido graso esteárico

Nombre (IUPAC)	Formula molecular	Peso molecular	Punto de ebullición
Ácido octadecanoico	$C_{18}H_{36}O_2$	284.47724 g/mol	360.85°C

FUENTE: National Center for Biotechnology Information. (2004). Stearic acid.

Extraído de PubChem Compound Database; CID=5281, marzo 15, 2016. Sitio

web: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5281#section=Top>.

3.6.6.4 **Ácido oleico.** Es un ácido graso insaturado que es el ácido graso más ampliamente distribuido y abundante en la naturaleza. Se utiliza comercialmente en la preparación de oleato y lociones, y como un disolvente farmacéutica. El ácido oleico es un líquido incoloro a amarillo pálido con un olor suave. [34].

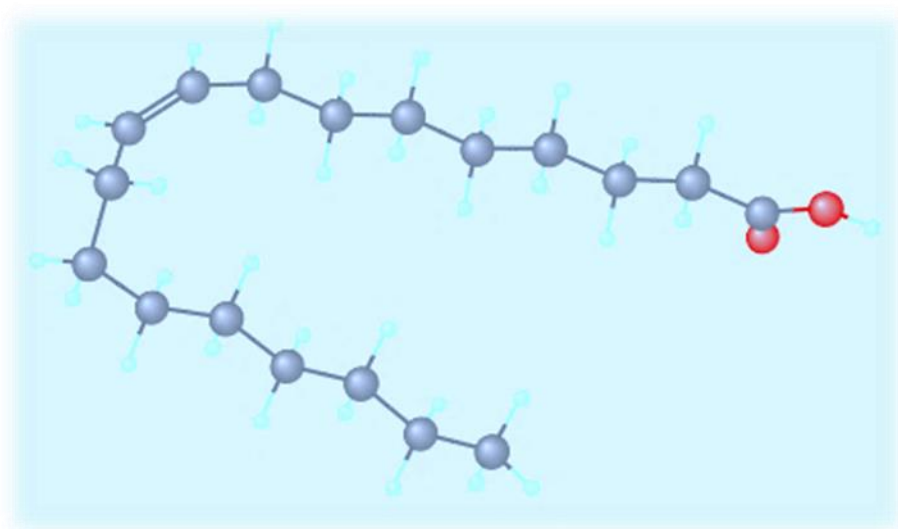


Imagen No. 5. Ácido graso oleico

TABLA No.7. Ácido graso oleico

Nombre (IUPAC)	Formula molecular	Peso molecular	Punto de ebullición
Ácido cis-9-octadecaenoico	$C_{18}H_{34}O_2$	282.46136 g/mol	360°C

FUENTE: National Center for Biotechnology Information. (2004). Oleic acid.

Extraído de PubChem Compound Database; CID=445639, Marzo 15, 2016. Sitio web: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/445639#section=Top>.

3.6.6.5 **Ácido linoléico.** Es un ácido graso doblemente insaturado, que se producen ampliamente en los glucósidos de plantas. Es un ácido graso esencial en la nutrición de los mamíferos y se usa en la biosíntesis de las prostaglandinas y las membranas celulares. [32].

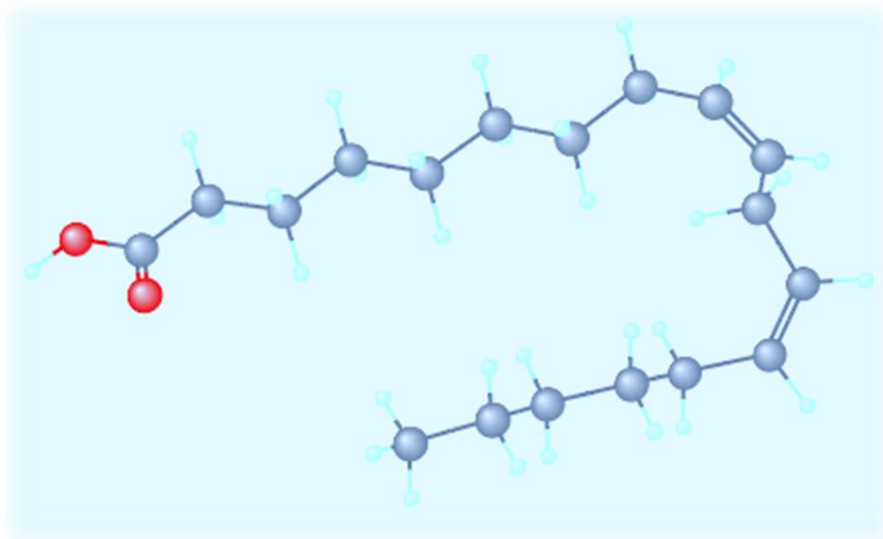


Imagen No. 6. Ácido graso linoleico

TABLA No.8. Ácido graso linoleico

Nombre (IUPAC)	Formula molecular	Peso molecular	Punto de ebullición
Ácido (9Z,12Z)-9,12-Octadecadienónico	$C_{18}H_{32}O_2$	280.44548 g/mol	230°C

FUENTE: National Center for Biotechnology Information. (2004). linoleic acid.

Extraído de PubChem Compound Database; CID=5280450, marzo 15, 2016. Sitio web: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280450#section=Top>.

3.6.6.6 Ácido linolénico o ácido alfa-linolénico. Es un ácido graso esencial que pertenece al grupo omega-3 de los ácidos grasos. Se encuentra altamente concentrado en ciertos aceites de plantas y se ha informado que inhiben la síntesis de prostaglandinas que resulta en la reducción de la inflamación y la prevención de ciertas enfermedades crónicas. El ácido linolénico es un líquido transparente e incoloro. [33].

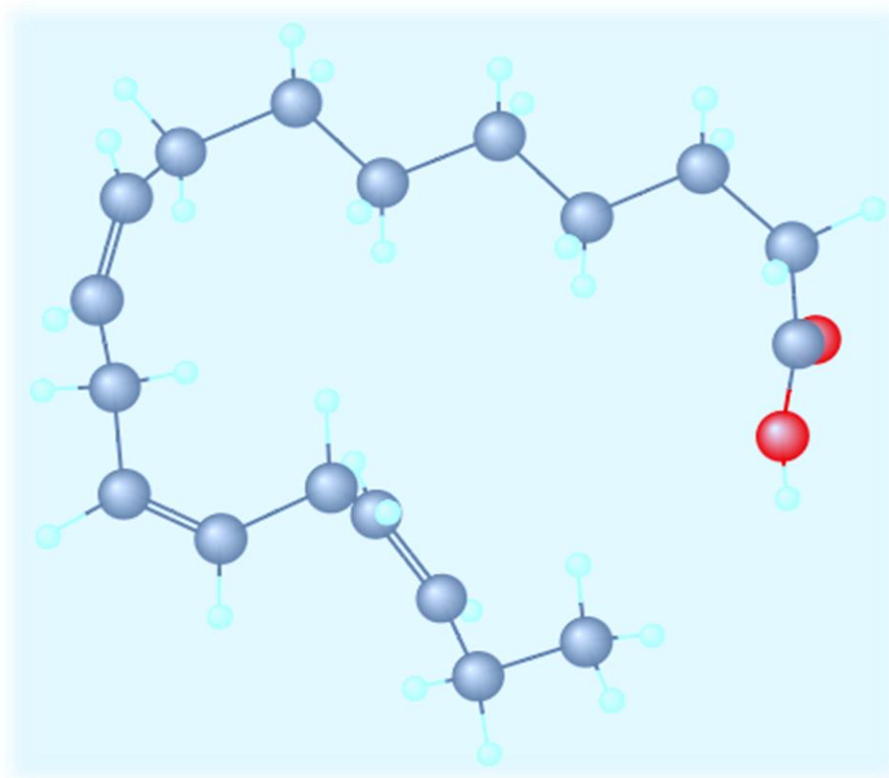


Imagen No. 7. Ácido graso linolénico

TABLA No.9. Ácido graso linolénico

Nombre (IUPAC)	Formula molecular	Peso molecular	Punto de ebullición
Ácido(9Z,12Z,15Z)-octadeca-9,12,15-trienoico	$C_{18}H_{30}O_2$	278.4296 g/mol	230°C

FUENTE: National Center for Biotechnology Information. (2004). Linolenic acid.

Extraído de PubChem Compound Database; CID=5280934, Marzo 15, 2016. Sitio web: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280934#section=Top>.

3.6.6.7 Fuentes de Ácidos Grasos.

La producción de aceites y grasas en el mundo ha tenido tradicionalmente dos grandes fuentes originarias de naturaleza eminentemente agropecuaria: materia prima vegetal oleaginoso el cual, dependiendo de la especie, lo contienen

alternativamente el fruto, la nuez o la semilla y materia prima animal, contenido generalmente en la leche, piel, músculos y otros órganos de bovinos, porcinos, ovinos, caprinos, aves, peces y mamíferos marinos. La canasta de oleaginosas tradicionalmente la componen principalmente trece cultivos: ajonjolí (*Sesamum indicum*); algodón (*Gossypium*); coco (*Cocos nucifera*); colza (*Brassica napus*); girasol (*Helianthus annuus*); linaza (*Linum usitatissimum*); maíz (*Zea mays*); maní (*Arachis hypogaea*); oliva (*Olea europaea*); aceite de palma (*Arecaceae*); alpiste (*Phalaris canariensis*); ricino (*Ricinus communis*); soya (*Glycine max*). La de grasas animales la componen manteca de cerdo (*Sus domesticus*); sebo de res (*Bos taurus*); mantequilla y aceite de pescado. [29].

3.6.6.8 Efectos en la salud de los ácidos grasos poliinsaturados

En mujeres embarazadas y en período de lactancia, ha podido observarse que el complemento con aceites de pescado se relaciona con la capacidad mental y con la agudeza visual de sus hijos, así como con la cantidad de DHA e IgA presentes en la leche materna.

Mediante ensayos clínicos bien diseñados se ha demostrado una clara relación entre el consumo de aceites de pescado y la reducción del riesgo de arritmias fatales tras un infarto agudo de miocardio. En estudios epidemiológicos, la ingesta de ácido alfa-linolénico se ha relacionado así mismo con un riesgo menor de mortalidad por enfermedad cardíaca.

Los aceites de pescado parecen inducir una estabilización de la placa de ateroma, que de esta forma presenta menor riesgo de ruptura y, como consecuencia, una reducida probabilidad de episodios cardiovasculares fatales. Los efectos con ácido alfa-linolénico derivado de plantas no están tan contrastados, pero la evidencia sugiere que podrían ser también relevantes en este sentido.

Sujetos con los niveles más altos de ácido alfa-linolénico en el tejido adiposo tienen el menor riesgo de padecer infarto de miocardio. Así, parece plausible asumir que los ácidos grasos poliinsaturados procedentes de fuentes vegetales

podrían ejercer el mismo papel cardioprotector que los aceites de pescado, pero faltan ensayos clínicos que lo demuestren.

El ácido linoleico parece disminuir la producción de colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (cLDL) y aumentar su aclaramiento.

Un consumo elevado de AGPI n-3 de cualquier tipo se ha asociado a una reducción de la trigliceridemia postprandial. [42].



4. JUSTIFICACIÓN

Justificación.

La población mundial, actualmente, se encuentra inmersa en diferentes procesos de cambio, lo que origina diferentes desafíos que tendrán que ser resueltos en los próximos años del presente siglo XXI, estos cambio han logrado que la población rural se traslade a su establecimiento en medios urbanos, en consecuencia implica una transformación del paradigma de demanda de servicios y bienes, de tal forma que están sometidos al paradigma geopolítico y económico, en donde se han conformados diferentes bloques económicos supranacionales. Por lo que la población tiene que cubrir aspectos fundamentales de acceso a alimentación y repercusión en la salud. Estos bloques económicos dictan normas de diversificación en el tipo y acceso de alimentos, lo cual origina nuevos paradigmas de alimentación, así una mayoría de la población con poder adquisitivo bajo, busca solo cubrir su acceso a fuentes calóricas y por el contrario una minoría de la población que poseen un poder adquisitivo selectivo busca una alimentación con una mayor repercusión en la salud, este panorama, impacta de manera directa a los productores agrícolas de alimentos. México y particularmente Michoacán es una potencia agroalimentaria a nivel mundial, donde se ha colocado como productor de productos como *Persea americana* y *Rubus fruticosus*, los cuales son apreciados por su valor nutrimental, pero en la actualidad los productos alimenticios deben cubrir aspectos de calidad y presentación, por esta razón genera desperdicios, por consiguiente son susceptible de convertirse en materia prima para una incipiente industria extractiva de ácidos grasos mono insaturados y poliinsaturados generados a partir de los residuos de la producción de especies del genero *Rubus* producidos en Michoacán.



5. HIPÓTESIS

Hipótesis:

Los métodos de extracción aseguran la obtención de ácidos grasos poliinsaturados a partir de residuos sólidos de *Rubus fruticosus*.



6. OBJETIVOS

6.1 **Objetivo general:**

Establecer una ruta crítica, que permita la obtención y caracterización de ácidos grasos por medio de procesos alternativos a la obtención de fracciones lipídicas por solventes, en semillas de *Rubus fruticosus* de residuo agroindustrial.

6.2 **Objetivos específicos:**

- a) Obtener aceite de semilla de *Rubus fruticosus*, por métodos extractivos alternativos al uso de solventes orgánicos.
- b) Comparar los rendimientos de aceite de semilla de *Rubus fruticosus* entre los diferentes métodos extractivos.
- c) Establecer el perfil de ácidos grasos provenientes de semilla de *Rubus fruticosus*, a través de herramientas resolutivas.



7. MATERIALES Y MÉTODOS

Material y Métodos:

7.1 Extracciones de ácidos grasos por solvente:

Los lípidos neutros (triacilgliceroles, ceras, pigmentos, etc.) se extraen fácilmente de los tejidos con éter etílico, cloroformo o benceno, disolventes en los que no se produce la agregación de lípidos promovida por las interacciones hidrofóbicas. Los lípidos de membrana se extraen mejor con disolventes orgánicos más polares, tales como etanol o metanol, que reducen las interacciones hidrofóbicas entre las moléculas de lípidos pero que también debilitan los puentes de hidrógeno y las interacciones electrostáticas que unen los lípidos de membrana a las proteínas de membrana. [8]

7.2 Equipo Soxhlet

El equipo Soxhlet tiene como función recircular los vapores condensados con ayuda de un sifón a la fuente de disolvente que se encuentra en evaporación continua, arrastrando consigo los principios activos de la materia prima contenido en los cartuchos desechables. La capacidad aproximada en un equipo de laboratorio es de 500 ml de volumen primario con una recirculación de 100 ml cada cinco minutos aproximadamente en estado estable. La velocidad de reflujo depende directamente de la eficiencia y el tamaño del condensador.

La sustancia sólida se introduce en un cartucho poroso (generalmente hecho con papel de filtro, que permite al solvente entrar y salir reteniendo al sólido) que se coloca dentro del recipiente. Se adosa un balón a dicho recipiente donde se coloca el volumen de solvente que se utilizará en la extracción. Por el extremo superior del recipiente, se coloca un condensador. El solvente se calienta, los vapores ascienden por el tubo, condensan en el refrigerante y caen dentro del recipiente impregnando al sólido que se encuentra en el cartucho. EL recipiente se va llenando lentamente de líquido hasta que llega al tope del tubo y se descarga dentro del balón repite automáticamente hasta que la extracción se completa. El solvente de extracción se evapora, recuperando así a la sustancia deseada. [23].

7.3 Extracción asistida por microondas

La extracción asistida por microondas aprovecha la polaridad de las moléculas que componen la estructura como los lípidos y las proteínas para crear fricción y por consiguiente calor, o cual hace que el agua contenida en la célula escape debilitando la pared celular. La extracción de lípidos asistida por microondas se caracteriza por ser una técnica que disminuye el tiempo y aumenta la eficiencia del proceso. [44].

7.4 Extracción de aceite de semilla de zarzamora.

7.4.1 Obtención de semillas de zarzamora.

Se obtuvieron 10 kilogramos de zarzamoras de la variedad *Tuppi* provenientes de la tenencia de Patúan del Municipio de Ziracuaretiro, Michoacán, de campos de cultivo de la Sociedad Productora Zarzamich. Se transportaron los frutos en cajas con aislamiento térmico a la ciudad Morelia y se almacenaron a una temperatura promedio de 8°C toda la noche. Al día siguiente se procesaron los frutos en centrifuga de canasta, por un espacio de 10 minutos a 2000g a temperatura ambiente. Se recuperó el sobrenadante y se guardó a -80°C.

7.4.2 Tratamiento Sólidos.

El residuo sólidos se recuperó y se sometió por un espacio de 18 horas a un tratamiento térmico, por luz directa de una lámpara incandescente de 150 watts de potencia, sobre una superficie de convección, acero grado alimenticio de 3mm de espesor. Al término se obtuvo un residuo sólido el cual fue tamizado, liberando las semillas del fruto de zarzamora. Las semillas de zarzamora se sometieron a un molido en mortero, para la extracción por solventes en equipo Soxhlet.

7.4.3 Extracción Soxhlet.

Las semillas molidas, en peso seco, se sometieron a extracción por solventes no polares, en equipo Soxhlet, realizando tres extracciones con éter etílico (Meyer), y cinco extracciones con pentano, utilizando 3 gramos del material biológico en cada extracción.

7.4.4 Extracción por Microondas.

Las semillas molidas, en peso seco, se sometieron a un tratamiento térmico por inducción, en horno de microondas bajo el siguiente protocolo: en cada extracción se utilizaron 3 gramos de material molido al cual se le agrego 20 mL de agua bidestilada, y se dejó en reposo por una noche a una temperatura de 8°C, a la mañana siguiente, el vaso de precipitados conteniendo el material molido con el agua se dejó en reposo por un hora a temperatura ambiente y se llevó a cabo el tratamiento en horno de microondas, con una potencia de 0.25-0.33 Kwatts/hrs. Por un espacio de 20 minutos, obteniendo una temperatura de la mezcla de 88-90°C $\pm$ 1°C.

7.4.5 Centrifugación.

El residuo se colecto y se transfirió a tubos de polipropileno de 1.5 mL (Eppendorf) y sometieron a centrifugación por espacio de 15 minutos a 6000g a una temperatura de 4°C. Se recuperó el sobrenadante y se transfirió a tubos limpios de polipropileno de 1.5 mL de capacidad. El sobrenadante se sometió a refrigeración durante 18 horas a una temperatura de 4 a 8°C, los tubos se sometieron a centrifugación a temperatura ambiente por un espacio de 10 minutos y 3000 g. El contenido oleoso se colecto por aspiración con punta con filtro y se guardó en viales de rosca de 2 mL.

7.5 Análisis químico del aceite de semilla de zarzamora (*Rubus fruticosus*).

7.5.1 Análisis de RMN. El espectro de RMN fue realizado a 23°C en equipos Bruker Avance 400 MHz Ultrashield y Bruker Avance 500 MHz Ultrashield.

Se realizó cromatografía de capa fina usando láminas de aluminio TLC con 0.2mm de sílice gel (MerckGf234). Las purificaciones cromatográficas se llevaron a cabo usando gel de sílice de calidad rápida (SDS Chromatogel 60 ACC, 40-60 μ m).

La reacción de hidrólisis del extracto de semilla de zarzamora se realizó sin atmósfera de argón, disolvente anhidro no era necesario.

Muestras disponibles en el mercado del ácido linoleico (C18: 2 Δ 9, 12) y ácido linolénico (C18: 3 Δ 9, 12,15) fueron adquiridos y utilizados como patrón de referencia, provenientes de SIGMA ALDRISH.

7.5.2 Análisis de cromatografía de gases con detección de ionización de flama.

La determinación de los ácidos grasos vegetales que contienen 4 a 24 átomos de carbono se llevó a cabo por saponificación y esterificación de los ácidos grasos utilizando trifluoruro de boro como catalizador, seguido de la separación y cuantificación por cromatografía de gases. El análisis se llevó a cabo en un equipo de cromatografía de gases con detector de flama de ionización (Perkin Elmer, número de serie 610N8072701 MODELO AUTOSYSTEM XL). La columna capilar utilizada fue SPTM-2560 (100 m de longitud 0,25 mm DI y 0,2 μ m de espesor de película, 100 % bis- cianopropilo clave: E3CG -112). El volumen de inyección fue de 1 mL. Las condiciones de funcionamiento fueron las siguientes: dilución 100:1, temperatura de entrada: 260 ° C, gas portador fue hidrógeno (grado cromatográfico 4.5 T Praxair) 16 psi, gradiente de temperatura: 140°C 2,5 minutos de retención; 240°C 25 min rampa (4°C min⁻¹); retención 240°C 25 min; tiempo de funcionamiento total fue 52,5 minutos. La temperatura del detector fue puesta a 260°C usando hidrogeno 16 psi y aire 1.6 psi como gas detector. La identificación de ácidos grasos en el extracto de semilla de zarzamora fue realizada basándose en la comparación de los tiempos de retención con 37 componentes estándar FAMES que contienen metil esteres de ácidos grasos C4-C24 (referencia Aldrich CRM47885). La cuantificación de los componentes fue determinada por estandarización.

7.5.3 Ventajas y desventajas de cromatografía de gases con detector de ionización de llama.

En cromatografía de gases, el detector de ionización de llama (FID) es uno de los detectores más extensamente utilizado y, por lo general, uno de los más aplicables. En un quemador, el efluente de la columna se mezcla con hidrógeno y con aire para luego encenderse eléctricamente. La mayoría de los compuestos

orgánicos, cuando se pirolizan a la temperatura de una llama de hidrógeno/aire, producen iones y electrones que pueden conducir la electricidad a través de la llama. Entre el extremo del quemador y un electrodo colector situado por encima de la llama, se aplica una diferencia de potencial de unos pocos cientos de voltios, y para la medición de la corriente que resulta (de unos 10-12A) se utiliza un amplificador operacional de alta impedancia. La ionización en la llama de los compuestos que contienen carbono no es un proceso bien establecido, aunque se observa que el número de iones que se produce es aproximadamente igual al de átomos de carbono transformados en la llama. El detector de ionización de llama debido a que es un detector que responde al número de átomos de carbono que entra en el detector por unidad de tiempo, es un detector sensible a la masa, más que un sistema sensible a la concentración. En consecuencia, este detector tiene la ventaja de que los cambios en el caudal de la fase móvil tienen poco efecto sobre la respuesta del detector. Grupos funcionales, tales como carbonilo, alcohol, halógeno y amina, originan en la llama pocos iones o prácticamente ninguno. Además, el detector es insensible a los gases no combustibles como H_2O , CO_2 , SO_2 , y NO_x . Esas propiedades hacen del detector de ionización de llama uno de los detectores generales más utilizado para el análisis de la mayoría de compuestos orgánicos, incluyendo aquellos que están contaminados con agua y con óxidos de nitrógeno y de azufre. El detector de ionización de llama posee una elevada sensibilidad (del orden de 10-13 g/s), un gran intervalo lineal de respuesta (de 10⁷), y un bajo ruido. Por lo general, es resistente y fácil de utilizar. Una desventaja del detector de ionización de llama es que se trata de un detector destructivo de la muestra. [40].

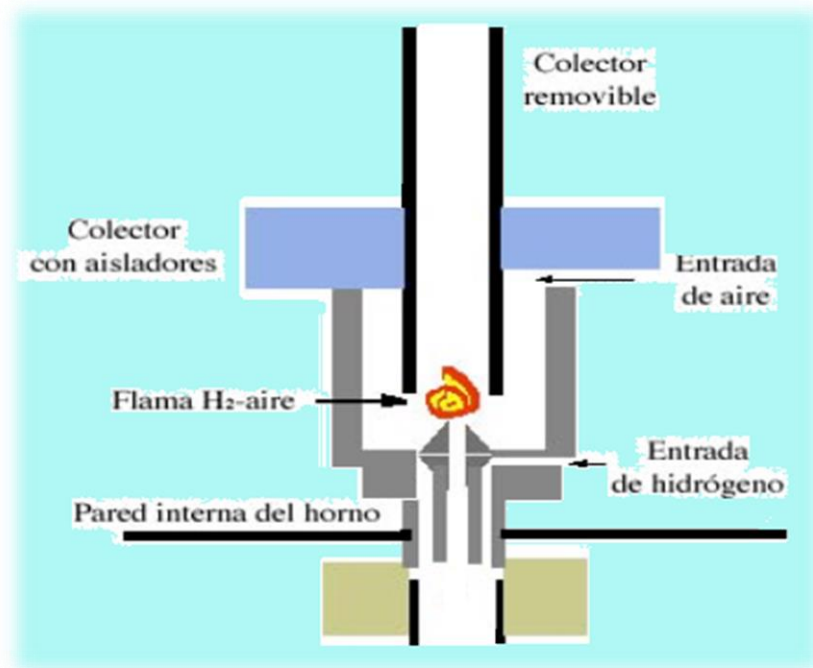


Imagen No.8. Detector de ionización de flama.

FUENTE: Olguín L.P. (JULIO 8, 2004). Cromatografía de gases. Extraído de Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biotecnología, enero 12, 2016.

Sitio web:
http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/cromatografia_de_gases.pdf.



8. RESULTADOS

Resultados:

Como primer parte de los resultados, se establecieron los puntos críticos para la obtención, de ácidos grasos provenientes de la semilla de los frutos de *R. fruticosus* (zarzamora). Lo cual queda ejemplificado en la Imagen. N.8. Los puntos clave del proceso son los referidos a procesos de prensado, centrifugado con refrigeración, secado a 47°C, extracción de lípidos y determinación de los ácidos grasos, por el análisis del perfil de ácidos grasos.

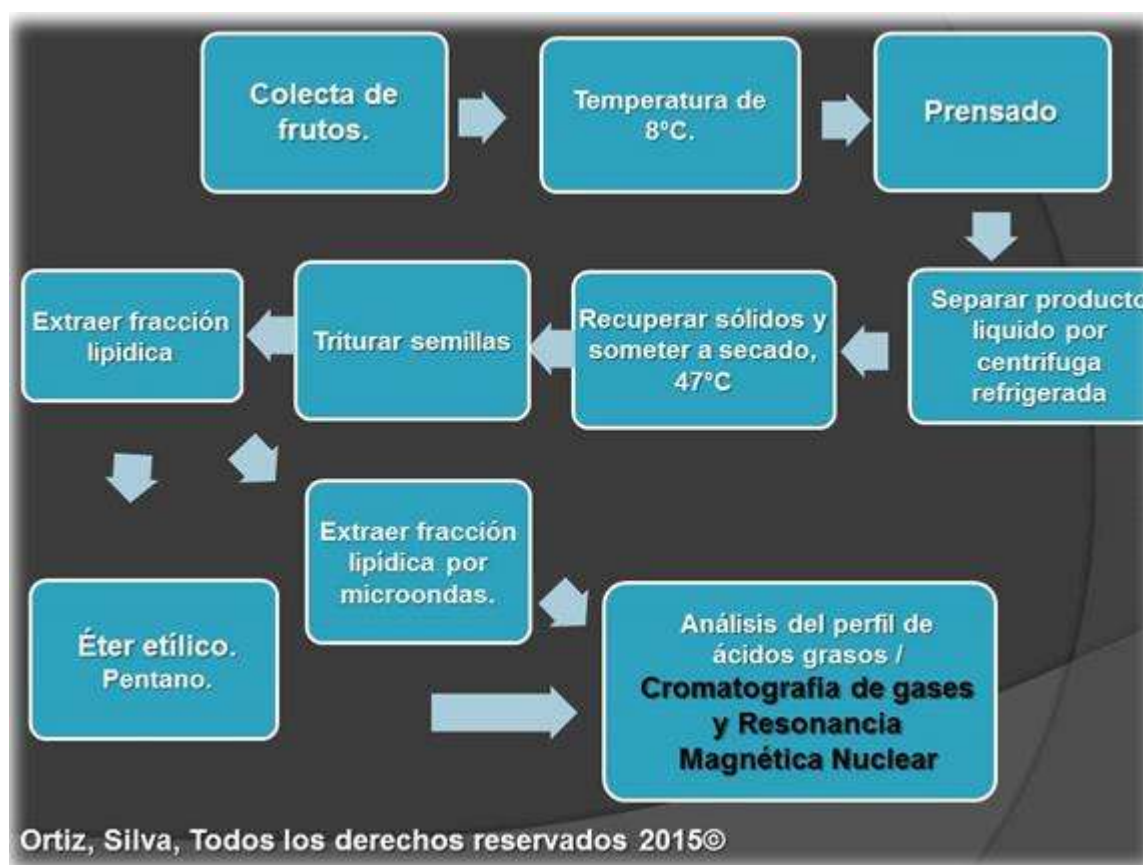


Imagen No. 9. Propuesta de procesamiento de *Rubus fruticosus*, realizada en el presente proyecto.

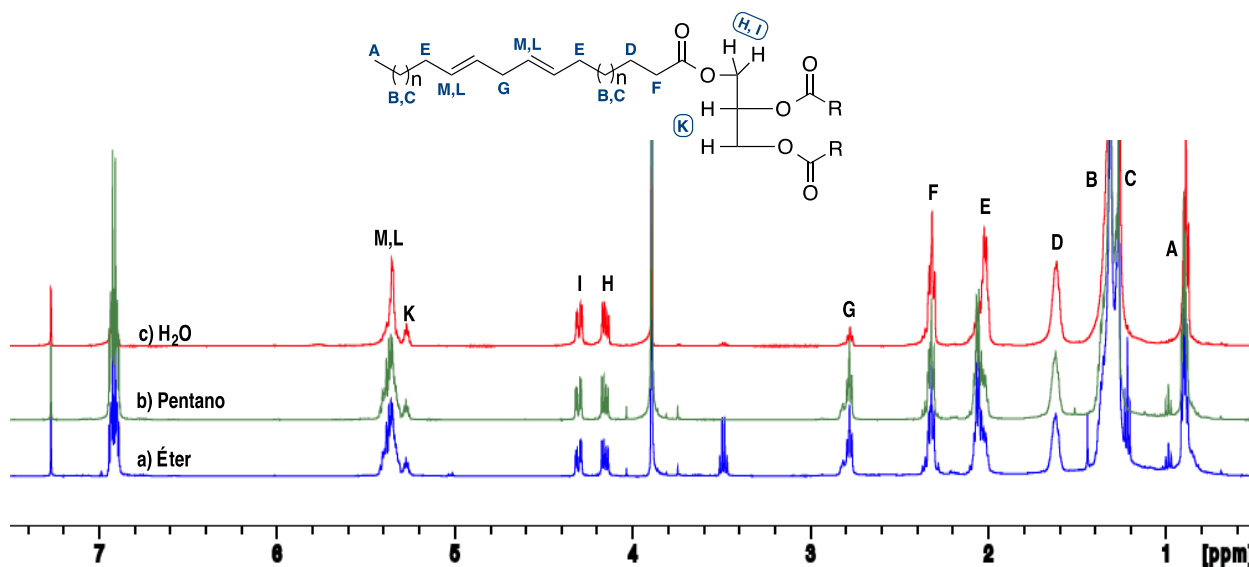


Imagen No. 10. Espectro de ^1H , obtenido de las muestras de aceite proveniente de las semillas de *Rubus fruticosus* (zarzamora), por **a)** Éter etílico, **b)** Pentano y **c)** Extracción por Microondas y Centrifugación.

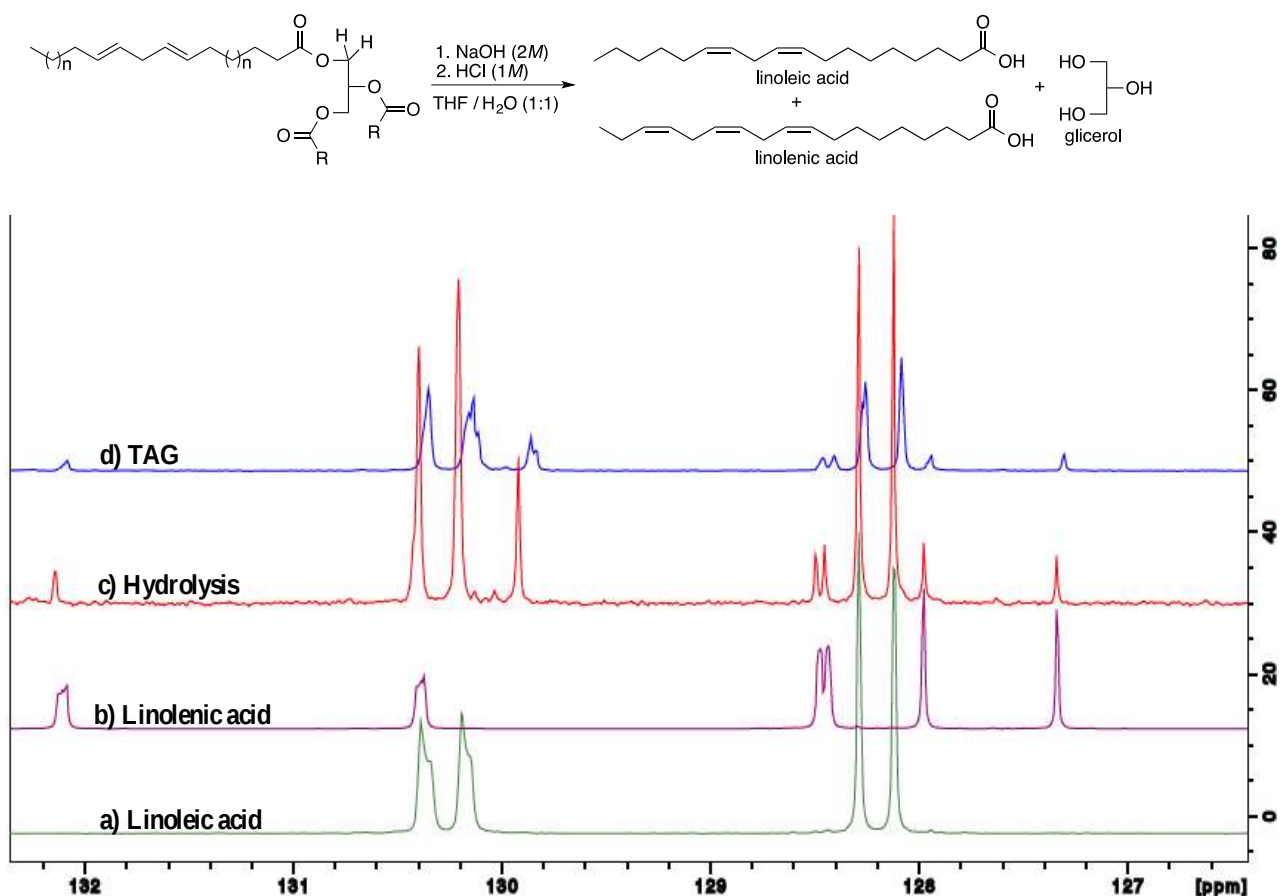


Imagen No. 11. Espectro proveniente del ^{13}C , donde se muestra la comparación entre los ácidos grasos, contenidos en el aceite obtenido de las semillas de *Rubus fruticosus*, **a)** Ácido linoléico, **b)** Ácido linolénico, **c)** Mezcla de los ácidos linoléico y linolénico provenientes de la hidrólisis de las muestras de aceite obtenidas y **d)** Extracto total antes de la hidrólisis de los triacilglicérols (TAG).

Tabla No. 10. Perfil de ácidos grasos provenientes de las muestras de aceite obtenido por la extracción asistida de microondas y centrifugación.

Entrada	Ácido Graso	Tiempo de Retención en columna (minutos)	% de Concentración
1	Linoleico (C18:2n6c)	33.428	57.94
2	cis-oleico (C18:1n9c)	31.413	23.71
3	Linolénico (C18:3n3)	35.643	7.73
4	Palmítico (C16:0)	26.410	5.15
5	Esteárico (C18:0)	29.995	3.04
6	Araquídónico (C20:0)	33.636	1.23
7	<i>Cis</i> -11- Eicosenoico (C:20:1)	35.061	0.58
8	Mirístico (C14:0)	22.727	0.22
9	Behénico (C22:0)	37.456	0.14
10	Palmitoleico (C16:1)	27.812	0.10
11	Láurico (C12:0)	19.507	0.07
12	Heptadecanoico (C17:0)	28.149	0.07

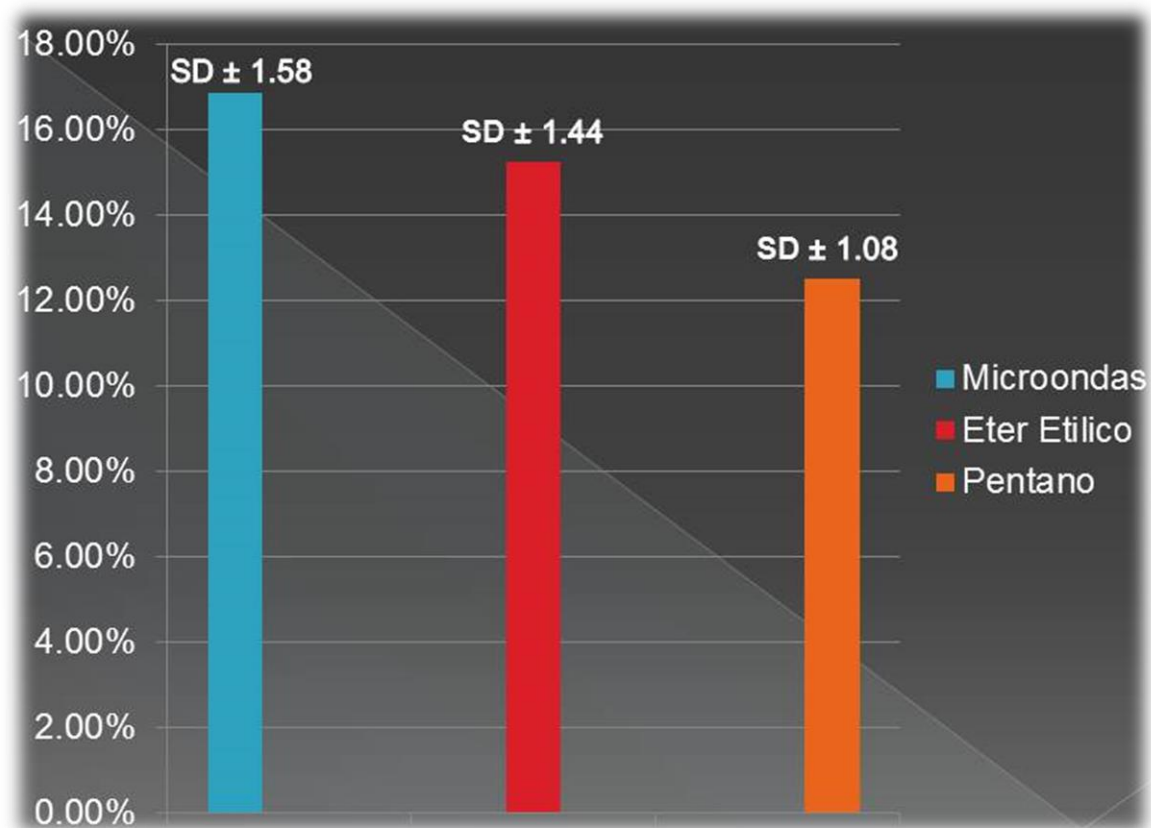


Imagen No. 12. Porcentajes de rendimiento de aceite obtenido de las semillas de *Rubus fruticosus*, a través de los métodos por Microondas, Éter etílico y Pentano.

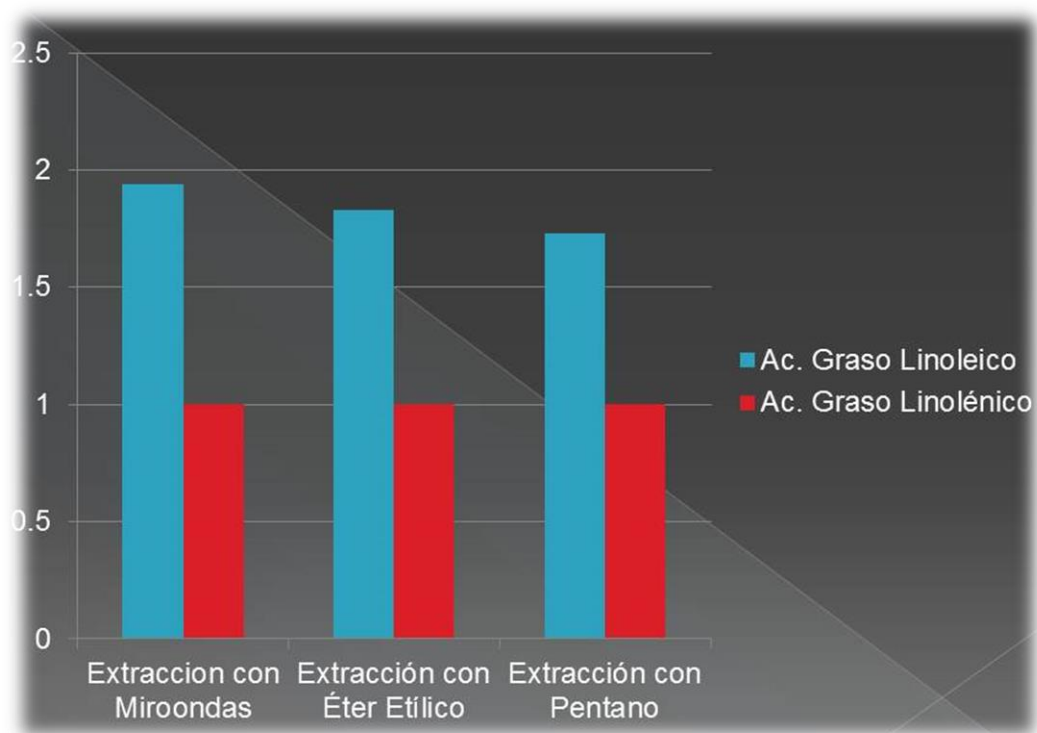


Imagen No. 12. Concentración relativa de los ácidos grasos de tipo poliinsaturados de tipo C: 18, provenientes de la semilla de *Rubus fruticosus*, por los diferentes métodos extractivos.



9. DISCUSIÓN

Discusión:

La extracción de los ácidos grasos de 18 carbonos por métodos alternativo al uso de solventes orgánicos a partir de muestras de otros productos alimenticios, como es el caso de la aceituna (*Olea europea*) se han utilizado metodologías por prensado y que ha generado productos como el aceite de olivo virgen, de tal manera que es un producto alimenticio que está exento de solventes orgánicos, en fechas recientes el auge de la diversidad alimenticia, ha generado la exportación de otros productos como es el caso del aguacate (*Persea americana*), por lo que generalmente se exporta en fresco, pero las exigencias económicas han generado subproductos como es el caso de alimentos preparados a partir de este último fruto (aguacate liofilizado, guacamole) y el alto contenido de aceite en este fruto lo ha colocado como una fuente para la extracción de ácidos grasos comestibles, en donde México se ha colocado como una potencia agroalimentaria en este sector, lo que genera un industria extractiva, para este tipo de aceites provenientes de *Persea americana*, más sin embargo, las metodologías usadas en la extracción de ácidos grasos del aguacate siguen implicando el uso de solventes orgánicos. Es hasta el año de 2003, en el que Moreno y colaboradores verifican un proceso extractivo que utiliza microondas, el cual permitió así mismo una patente (WO 2006004388 A1), a favor de este proceso extractivo libre de solventes, debido a esto fue publicada el 12 de enero del año 2006. Este método extractivo de aceite parte de la pulpa del aguacate, se debe mencionar que la pulpa contiene aproximadamente un 33% de aceite, dicho aceite es rico en ácidos grasos monoinsaturados y posee propiedades nutricionales semejantes al aceite de oliva (Ortiz et al., 2004). Sin embargo, esta metodología aplicada a este producto agrícola, es una respuesta a la sobre producción que se llega a generar en algunas épocas de la temporada de producción. La normatividad referente a la calidad de este tipo de aceite tiene como antecedente a la normatividad aplicable para el aceite de oliva, de acuerdo a la norma NMX-F-109-1982, la que establece las especificaciones del aceite de oliva en sus tres tipos y tres grados de calidad, en consiguiente afecta su mercado, etiquetado, envasado y embalaje, lo cual debe estar acorde la Norma Internacional recomendada para los aceites de oliva,

vírgenes, refinados y los aceites refinados de orujo aceituna. Recientemente la demanda de aceites (ácidos grasos) ha permitido generar una norma mexicana que regule las especificaciones del aceite y grasas del aguacate, las especificaciones mínimas de calidad que debe de cumplir el producto denominado aceite comestible puro de aguacate se establecen en NMX-F-052-SCFI-2008. Ambos aceites derivados de *Olea europea* y *Persea americana*, y regulados por las normas correspondientes (NMX-F-109-1982 y NMX-F-052-SCFI-2008) aseguran una concentración de ácidos grasos monoinsaturados como el ácido oleico el que ronda en los límites del orden del 56% al 74% como máximo, y de ácidos grasos saturados como el esteárico en el orden 0.4% al 1.0%, estos antecedentes, químicos, comerciales y de normatividad permiten regular estos productos, evitando la adulteración. En el caso de *Rubus fruticosus*, el mercado no se encuentra de manera general con sobreproducción, esto debido a que el producto se comercializa de manera general como producto fresco y es más bien durante el proceso de producción que se generan desperdicios, de modo que genera diferentes problemas desde contaminación ambiental, pérdidas, encarecimiento del producto, vida de anaquel corto y especulación de mercado para *Rubus fruticosus*. Ahora bien la presente investigación da una solución integral, puesto que se utilizan solo los frutos que no cumplen con los estándares de calidad para ser exportados dejando grandes volúmenes de zarzamora sin comercializar originando de esta manera residuos sólidos agroindustriales, como son las semillas de este fruto, se debe mencionar que existe ya una industria y un mercado específico que extrae y refina el aceite proveniente de la producción de *Vitis vinífera*, se debe recordar que la uva generalmente se utiliza para la elaboración de vinos, en todas sus variedades a nivel mundial, y el residuo sólido como es la semilla se está explotando de esta manera, en donde no existe hasta el momento un tope para que el mercado cosmético, farmacéutico y biotecnológico no absorba la producción de ácidos grasos poliinsaturados los cuales se encuentran en las semillas de *Vitis vinífera* y desde luego en las semillas de *Rubus fruticosus*, se debe citar que el presente estudio químico revela la presencia mayoritaria de ácido Linoleico (C18:2n6c) con una concentración

aproximada del 57% (ver Tabla No. 10), estos datos pueden ser parte de una huella química que identifique al aceite proveniente de la semilla de zarzamora, rico en ácidos grasos poliinsaturados los cuales han cobrado recientemente interés dentro del área de la prevención de enfermedades inflamatorias que conducen a patologías degenerativas como por ejemplo, procesos reumáticos, procesos aterogénicos y algunos procesos autoinmunes. De esta manera la semilla de zarzamora, el proceso de extracción y caracterización química aquí mostrada revelan la amplia capacidad de producción de compuestos nutraceuticos en México y específicamente en el estado de Michoacán de Ocampo.

Tenemos otra alternativa para extraer los ácidos grasos, conocida como extracción en estados súper críticos.

Un fluido supercrítico es cualquier sustancia a una temperatura y presión por encima de su punto crítico termodinámico. Tiene la propiedad de difundirse a través de los sólidos como un gas, y de disolver los materiales como un líquido. Adicionalmente, puede cambiar rápidamente la densidad con pequeños cambios en la temperatura o presión. Estas propiedades lo hacen conveniente como un sustituto de los solventes orgánicos en los procesos de extracción.

Los fluidos supercríticos (FSC) tienen la capacidad de extraer ciertos compuestos químicos con el uso de determinados solventes específicos bajo la combinación de temperatura y presión. [41]

Este proceso consiste en la presurización del gas a utilizar como solvente, elevando la presión por encima de su presión crítica (P_c), esta operación se realiza por medio de una bomba. El ajuste de temperatura se lo efectúa adicionando energía térmica mediante un intercambiador de calor (resistencias eléctricas), para llevar el solvente comprimido a la temperatura de extracción requerida, estado que está por encima de su T_c . El FSC es conducido al extractor donde se encuentra la muestra o materia prima que contiene los compuestos de interés a extraer, luego estos son llevados al separador donde el gas se descomprime a una presión inferior a la presión crítica, liberando el soluto en el separador. [24].



10. CONCLUSIÓN

Conclusión:

En el presente documento se mostró una ruta crítica, que permite obtener ácidos grasos de tipo monoinsaturado y poliinsaturados de tipo C: 18, a partir de residuos agroalimentarios de la producción comercial de *R. fruticosus*, como son las semillas. De esta forma el presente documento muestra la utilización de metodologías como el uso de solventes o microondas que permiten la obtención de ácidos grasos indispensables en la dieta humana y plantea la posibilidad de utilizar productos de desecho agroindustrial y así diversificar la oferta de productos agroalimentarios con potencial nutracéutico, producidos en Michoacán.



11. PERSPECTIVAS

Perspectivas:

Los datos mostrados permiten plantear la utilización del aceite de semilla de *Rubus fruticosus*, dentro de una industria extractiva, como fuente alternativa a la obtención de recursos bióticos con valor agregado en industrias alimenticias y cosméticas con impacto a nivel mundial.

La población mundial va en aumento con el paso del tiempo y debido a ello los productos alimenticios como lo son los alimentos funcionales tendrán una mayor demanda por su aporte calórico y su contribución con la salud humana.



12. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía:

1. Bender, D. A., Botham, K. M., Kennelly, P. J., Murray, R. K., Rodwell, V. W. & Weil, P. A. (2013). *Harper. Bioquímica ilustrada*. México: mcgraw-hill interamericana editores, S.A. de C.V. p.151.
2. *Ibíd.* pp.2-3.
3. *Ibíd.* p.323.
4. *Ibíd.* p.343.
5. *Ibíd.* p.146.
6. Boyd, R. N. & Morrison, R. T. (1998). *Química orgánica*. México: Addison wesley longman de México. p.1243.
7. Cox, M. M., Lehninger, A. L. & Nelson, D. L. (1996). *Principios de bioquímica*. Barcelona: omega, S.A. p.13.
8. *Ibíd.* p.364.
9. Fernández del Barrio, M. T., Paredes, F. & Portillo, J. (1997). Aspectos básicos de bioquímica clínica. España: Díaz de santos. p.63.
10. Holde, K. E. & Mathews, C. K. (1998). *Bioquímica*. Madrid: Edigrafos. p. 352.
11. Mataix, F.J. & Sánchez de Medina, F. (2004). Lípidos. Barcelona: Ergon Creacion. p.64
12. Mckee, J. R. & Mckee, T. (2003). *Bioquímica la base molecular de la vida*. España: Mcgraw-Hill. p.661.
13. *Ibíd.* p.332.
14. *Ibíd.* p.337.
15. *Ibíd.* p.335.
16. Wade, L. G. (2004). *Química orgánica*. España: Isabel capella. p.1057.
17. *Ibíd.* p.56.

Sitios web

18. Bañados, M. P., Clark, J.R., Finn, C.E. & Strik, B.C. (2008). worldwide production of blackberries. Extraído de International Society for Horticultural Science, junio 24, 2015. Sitio web: http://www.actahort.org/books/777/777_31.htm.
19. Biología 1. (2016). Biomoléculas orgánicas. Extraído de Ciencias naturales y experimentales, mayo 02, 2016. Sitio web: http://cienciasnaturalesyexperimentales.mex.tl/787908_BIOMOL-CULAS-ORGNICAS.html
20. Botanical. (2000). Arandanos. Extraído de botanical-online S.L., diciembre 11, 2015. Sitio web: <http://www.botanical-online.com/arandano.htm#>

21. Botanical. (2000). Zarzamoras. Extraído de botanical-online S.L., diciembre 11, 2015. Sitio web: <http://www.botanical-online.com/zarzamoras.htm#>.
22. Caballero, M. (2008). Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para mediano y largo plazo a nivel nacional. Extraído de SAGARPA, diciembre 18, 2015. Sitio web: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documents/estudios_promercado/granos.pdf
23. Caldas, A. P. (2012). Optimización escalamiento y diseño de una planta piloto de extracción sólido líquido. Extraído de Universidad de Cuenca, agosto 28, 2015. Sitio web: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2468>.
24. Carpio, J.M. (2014). Subproductos de cacao como fuente de compuestos antioxidantes. Extraído de Universidad Técnica Particular de Loja, diciembre 20, 2015. Sitio web: http://200.0.29.126/bitstream/123456789/10808/1/Carpio_Jimenez_Johana_Mariuxi.pdf.
25. Debayas. (2008). Frambuesa. Extraído de debayas.es, enero 12, 2016. Sitio web: <http://www.debayas.es/frambuesa.html>.
26. Debayas. (2008). Fresa. Extraído de debayas.es, enero 12, 2016. Sitio web: <http://www.debayas.es/fresa.html>.
27. Debayas. (2008). La grosella. Extraído de debayas.es, enero 12, 2016. Sitio web: <http://www.debayas.es/grosella.html>.
28. FAO, FIDA & PMA. (2010). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2010. Extraído de Food and Agriculture Organization of the United Nations, enero 12, 2016. Sitio web: <http://www.fao.org/3/aa5ef7f6-edc8-4423-aae3-88bf73b3c77c/i4646s.pdf>.
29. Justiniano, J.G. (2001). Cadena de oleaginosas en la comunidad Andina. Extraído de Sistema de Información Ambiental Mineroenergético, septiembre 18, 2015. Sitio web: http://www.siame.gov.co/siame/documentos/documentacion/mdl/03_VF_Bibliografia/Biodiesel/Aceites%20de%20palma.Col_0203.pdf.
30. Liberman, D & Zink K. (2014). Procesamiento de alimentos. Extraído de bbc mundo, enero 12, 2016. Sitio web: <http://www.nature.com/news/food-processing-1.19513>.
31. Martínez A. (2002). Esteroles. Extraído de Universidad de Antioquia, diciembre 19, 2015. Sitio web: <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/esteroles2001.pdf>.
32. National Center for Biotechnology Information. (2004). Linoleic acid. Extraído de PubChem Compound Database; CID=5280450, marzo 15,

- 2016 Sitio web:
https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280450#section=Top.
33. National Center for Biotechnology Information. (2004). linolenic acid.
Extraído de PubChem Compound Database; CID=5280934, marzo 15,
2016, Sitio web:
https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280934#section=Top.
34. National Center for Biotechnology Information. (2004). oleic acid. Extraído
de PubChem Compound Database; CID=445639, marzo 15, 2016. Sitio
web: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/445639#section=Top.
35. National Center for Biotechnology Information. (2004). stearic acid. Extraído
de PubChem Compound Database; CID=5281, marzo 15, 2016. Sitio web:
https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5281#section=Top.
36. OECD. (2010). México y el modelo económico. Extraído de Organisation for
Economic Co-operation and Development, agosto 13, 2012. Sitio web:
https://data.oecd.org/oda/food-aigo34d.htm.
37. Palencia, Y. (2013). qué son los alimentos funcionales. Extraído de
Universidad Zaragoza, diciembre 19, 2015. Sitio web:
http://www.unizar.es/med_naturista/Alimentos%20funcionales.pdf.
38. SAGARPA. (2012). frutillos rojos. Extraído de SAGARPA, enero 26, 2016.
Sitio web: http://www.gob.mx/sagarpa/articulos/bayes-frutillas-que-son .
39. Sánchez, G. (2008). El Clúster de Los Reyes Michoacán, un ejemplo de
reconversión competitiva. Extraído de Sistema de Información para la
Administración del Conocimiento, agosto 28, 2015. Sitio web:
http://www.siac.org.mx/tecno/14mich.pdf.
40. Universidad de Alicante. (2010). Cromatografía de gases. Extraído de
Universidad de Alicante, enero 12, 2016. Sitio web:
http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8247/4/T3gascromat.pdf.

Revistas:

41. Carrera, J. E., Velasco, R. J. & Villada, H. S. (2007). Aplicaciones de los Fluidos Supercríticos en la Agroindustria. Información Tecnológica, 18, pp.53-65.
42. Charro, A. & Matía, P. (2006). Ácidos grasos esenciales. Bienestar y salud. JANO ON-LINE, 1590, pp.29-34.
43. Codoñer, P. (2008). Los cítricos como fuente de ingredientes funcionales. Nutrición clínica y dietética hospitalaria, 6, 36-37.
44. González, A.D., Guzmán, A. & Kafarov, V. (2009). Development of methods of extraction of oil in the production line of biodiesel from microalgae. PROSPECT, 7, pp.53-60.

45. Pérez, H. (2006). Nutraceuticos: componente emergente para el beneficio de la salud. ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar, XL, pp.20-28.