



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

**“Efecto hipogliemiante de una dieta de fibra dietética y aceite provenientes del
fruto *Rubus fruticosus* en *Mus musculus*”**

TESIS

Para obtener en título de:
Lic. en Químico Farmacobiología

Presenta:

p. Q.F.B. Itzirherhi Carol Molina Cuadros

Asesor:

D.C. Rafael Ortiz Alvarado

Morelia, Michoacán
Abril 2016



Este trabajo fue realizado en el laboratorio de Neurobiología de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, bajo la asesoría del Doctor en Ciencias Rafael Ortiz Alvarado.



AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo representa la culminación de mis estudios de licenciatura.

Y por ello debo dar gracias de todo corazón, a mi familia, mis hermanos y en especial a mis padres, por ese apoyo infranqueable, infinito e incondicional.

A mi asesor D.C. Rafael Ortiz Alvarado, por su motivación, criterio y aliento, por alentar una visión crítica y realista como estudiante y como profesionista. Ha sido un privilegio contar con su guía y apoyo.

A mis revisores, por las aportaciones que enriquecieron este trabajo.

A todos los buenos profesores que tuve durante la licenciatura.

A mis compañeros y amigos, con quienes comencé y concluí esta etapa por su compañerismo y amistad durante todos estos años,



DEDICATORIA

Con toda mi gratitud, cariño, respeto y sobre todo profunda admiración incommensurable, a las personas que son mis cimientos, mi alfa y mi omega, que me formaron moralmente, a quienes debo mi formación profesional, a mis padres Juan Carlos Molina Martínez y Bertha Cuadros Moreno. Muchos, si no es que todos mis logros se los debo y deberé siempre a ustedes, incluyendo este.



“Si no conozco una cosa, la investigaré.”
- Louis Pasteur (1822-1895)
Químico y microbiólogo francés



ÍNDICE

ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE FIGURA.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ABREVIATURAS.....	viii
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
ANTECEDENTES.....	4

CAPITULO 1. MARCO TEORICO.

1.1 Frutos rojos.....	6
1.2 Generalidades de la Fibra Dietética.....	10
1.3 Generalidades de los Ácidos Grasos.....	12
1.4 Diabetes Mellitus.....	17
1.5 Relación entre Diabetes Mellitus, insulina y Ácidos Grasos Omega-3 y Omega-6.....	20
1.6 Dieta como determinante del proceso de desarrollo de Diabetes Mellitus.....	20
1.7 Contexto social de desarrollo de enfermedades crónico degenerativas a nivel mundial.....	21
1.8 Etiología de la obesidad a nivel mundial.....	22

CAPITULO 2. METODOLOGIA, MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Extracción de aceite de <i>Rubus fruticosus</i>	23
2.2 Caracterización química del aceite de <i>Rubus fruticosus</i>	24
2.3 DISEÑO DE DIETAS.....	24



2.4 EXPERIMENTACIÓN CON ANIMALES.....	25
RESULTADOS.....	28
DISCUSIÓN.....	34
CONCLUSIÓN.....	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
GLOSARIO.....	39



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ácido graso propiónico	5
Figura 2. Ácido graso butírico.....	5
Figura 3. <i>Rubus fruticosus</i> , fruto	6
Figura 4. Fibra dietética	10
Figura 5. Estructura química de los principales ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados.....	12
Figura 6. Ácido graso linolénico	13
Figura 7. Ácido graso linoleico.....	14
Figura 8. Metabolismo de los ácidos grasos poliinsaturados y los productos finales asociados con la salud.....	15
Figura 9. Proceso de biosíntesis de los ácidos grasos araquidónico, eicosapentaenoico y docosahexaenoico mediado, por ciclos de desaturación y elongación.....	17
Figura 10. Índice de desarrollo humano 2012.....	21
Figura 11. Muestras de aceite de semilla de <i>R. fruticosus</i>	28
Figura 12. Espectro de hidrogeno, obtenido de las muestras de aceite de semilla de <i>R. fruticosus</i> ; usando a) Éter etílico, b) Pentano y c) Agua y microondas	29
Figura 13. Pesos diarios.....	32
Figura 14. Curva promedio de la concentración de glucosa sérica.....	33
Figura 15. Concentración de glucosa sérica.....	33



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de zarzamora al año en Michoacán y sus diferentes regiones.....	8
Tabla 2. Principales países productores y exportadores de frambuesa, moras y zarzamora a nivel mundial en el 2012.....	9
Tabla 3. Fórmula de la dieta para roedores experimentales AIN-93M y ajuste de las dietas A, B y C	25
Tabla 4. Porcentaje de rendimiento en la extracción de aceite de la semilla de <i>R. fruticosus</i>	29
Tabla 5. Perfil de ácidos grasos contenidos en el aceite de semilla de <i>R. fruticosus</i> variedad <i>tupy</i> extraída por microondas y agua.....	30
Tabla 6. Pesos y concentración de glucosa en ratones a los 0,7 y 14 días.....	31
Tabla 7. Concentración de glucosa a los 14 días de experimentación.....	32
Tabla 9. Disminución de la glicemia.....	32



RESUMEN.

Las enfermedades crónicas con componente metabólico son problema de salud pública, donde la dieta humana está fundamentada en el consumo de calorías provenientes de ácidos grasos saturados y monosacáridos eliminando de la dieta humana a moléculas funcionales (nutraceúticas) como la fibra dietética, provenientes de fuentes alimenticias diversas. Michoacán es líder en la producción agroalimentaria a nivel mundial, de productos como el aguacate (*Persea americana*) y recientemente el cultivo de especies del género *Rubus spp.* como la zarzamora (*Rubus fruticosus*). Los frutos provenientes de la especie *R. fruticosus*, se comercializan en mercados de exportación, los cuales dictan criterios de calidad originando que cantidades significativas de frutos no se comercialicen, por esta vía siendo una merma en dicha producción. Ocasionando así, problemas de tipo social, económico y de salud, ya que el producto que no se comercializa se convierte en un residuo agroindustrial.

Objetivo general. El presente trabajo describe el proceso de obtención de fibra dietética proveniente de *R. fruticosus* y su incorporación a la dieta para roedores, cuantificando el efecto hipoglucemiante del aceite y fibra dietética proveniente del fruto *R. fruticosus* en *Mus musculus*.

Metodología. Se colectaron frutos de *R. fruticosus*, provenientes de la empresa Zarzamich, los frutos se prensaron y filtraron. Los residuos sólidos se sometieron a secado a 47°C durante 18 horas. Las semillas y la fibra se tamizaron y pulverizaron. Con la fibra se diseñaron dietas para roedores (AIN-93M). Se sometieron los grupos de animales con 5%, 10% y 15% de contenido total de fibra dietética. Los cuatro grupos de ratones de la cepa C57BL/6J se sometieron a un tratamiento dietético por un espacio de 14 días. Se monitorearon los parámetros referentes a peso corporal y glucemia. Los datos se analizaron pro tratamiento estadístico.

Resultados y conclusiones. El análisis cromatográfico del aceite de semilla de *R. fruticosus* mostró un contenido de ácido linoléico 57.34%, ácido oleico 23.71% y linolenico 7.73%. Mediante análisis estadísticos se logró observar y comparar los pesos de los modelos murinos en los diferentes lotes. Los ratones del grupo con el contenido de fibra al 15% mostraron un promedio de glucosa en sangre de 71.25mg/dL y una SD de ± 14.532 al día número 14, lo cual es diferente a las concentraciones de glucosa en sangre del grupo control con 97.3 mg/dL y una SD del ± 10.0661 . También se observó una diferencia entre los animales de los grupos al 5% y 10% de fibra con una concentración promedio de glucosa de 110 mg/dL y una SD de ± 13.86 , para la dieta al 5%, y un promedio del 97.5 mg/dL y una SD de ± 15.085 en la dieta al 10% de contenido de fibra de *R. fruticosus*. Por lo tanto es factible la utilización de la fibra dietética para la disminución de la glucosa sérica en ratones sanos, utilizando concentraciones del 15% y una inducción de 14 días.

PALABRAS CLAVE: fibra dietética, concentración de glucosa, nutraceútico, ácidos grasos, peso corporal.



ABSTRACT.

The chronic diseases with metabolic component is public health problem where the human diet is based on consumption of calories from (saturated fatty acids and monosaccharides) eliminating the human diet to functional molecules (nutraceutical) such as dietary fiber, from various food sources. Michoacan is a leader in global food production, products like avocado (*Persea americana*) and recently growing species of the genus *Rubus spp.* like blackberry. The fruits from the species *R. fruticosus*, sold in export markets. Which dictate quality standards, resulting in significant amounts of fruit are not marketed, in this way. Causing problems of social, economic and health. Because the product is not marketed becomes a waste. It is a decline in production. General purpose in this paper describes the process of obtaining of dietary fiber from *R. fruticosus* and joining the rodent diet, which has an impact on weight and glucose concentration.

Methodology. *R. fruticosus* fruit, from the company Zarzamich were collected, the fruits were pressed and filtered. Solid waste is subjected to drying at 47 ° C for 18 hours. Seeds and fiber sieved and pulverized. With fiber rodent diets (AIN-93G) were designed. Groups of animals with 5%, 10% and 15% total dietary fiber is subjected. The four groups of mice of the C57BL / 6J strain were subjected to a dietetic treatment for a period of 14 days. The parameters relating to weight, and glucose concentration were monitored. Data were analyzed pro statistical treatment.

Results and conclusions: Chromatographic analysis of the seed oil of *R. fruticosus* showed a content of 57.34% linoleic acid, oleic acid 23.71 % and linolenic acid 7.73%. By statistical analysis it was possible to observe and compare the weights of the murine models in different batches. Mice group fiber content 15% showed an average glucose 71.25mg / dL and 14,532 $\pm$ SD of the 14th day, which is significantly different glucose concentrations in the control group to 97.3 mg / dL and 10.0661 $\pm$ SD. A significant difference between the animals of groups 5% and 10% fiber with an average glucose concentration of 110 mg / dl and 13.86 $\pm$ SD, for diet 5%, and an average of 97.5 was also observed mg / dL $\pm$ SD of 15,085 in 10% dietary fiber content of *R. fruticosus*. Therefore the use of dietary fiber for reducing serum glucose in healthy mice, using concentrations of 15% and an induction of 14 days is feasible.

KEYWORDS: dietary fiber, glucose concentration, nutraceutical, fatty acids, weight.



ABREVIATURAS.

DM	Diabetes Mellitus
DM 1	Diabetes mellitus tipo 1
DM2	Diabetes mellitus tipo 2
STZ	Estreptozotocina
ADA	Asociación Americana de Diabetes
OMS	Organización Mundial de la Salud
IP	Intraperitoneal
NOD	Diabético No Obeso
β	Beta
DMG	Diabetes mellitus Gestacional
α	Alfa
δ	Delta
MODY	Maturity-onset diabetes of the Young
ATP	Adenosin trifosfato
K	Potasio
AGE	Aumento de los productos de la glicación avanzada
PKC	Proteína cinasa C
DAG	Diacilglicerol
CV	Cardiovascular
ACV	Accidentes cerebrovasculares
EVP	Enfermedad vascular periférica
FD	Fibra dietética
AGPI	Ácidos grasos poliinsaturados
Ha.	Hectárea
Ton.	Toneladas



PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.

¿El aceite de zarzamora puede ser usado como nutraceutico?

¿La fibra y ácidos grasos poliinsaturados provenientes de la zarzamora tienen un efecto hipoglicemiente en ratones al ser incorporados en su dieta?

¿Existe una diferencia en el efecto terapéutico buscado al variar la concentración de fibra dietética?



OBJETIVO GENERAL.

Cuantificar el efecto hipoglucemiante del aceite y fibra dietética proveniente del fruto *R. fruticosus* en *Mus musculus*.

Objetivos específicos.

- 1.- Determinar el perfil y la concentración de ácidos grasos saturados e insaturados, de la semilla de *R. fruticosus*.
- 2.- Diseñar una dieta para roedores conteniendo fibra dietética y ácidos grasos insaturados provenientes del fruto *R. fruticosus*.
- 3.- Determinar el impacto en el índice glicémico y el peso en los animales sometidos al tratamiento dietético, que contiene aceite y fibra dietética proveniente de *R. fruticosus*.



JUSTIFICACIÓN.

El actual modelo económico de producción y distribución de alimentos ha condicionado el desarrollo de problemas ligados a la pobreza, donde el espectro de salud pública está actualmente comprometido. Este compromiso se debe en buena medida al impacto que tienen los nutrientes en la dieta humana. La cual se caracteriza mayoritariamente, en una dieta que está dirigida a una población que ha tenido una transición a un medio urbano en detrimento del medio rural. Traduciéndose en estilos de vida eminentemente sedentarios.

Dentro de las enfermedades ligadas al estilo de vida sedentario sobresalen por su alta prevalencia en población a nivel mundial las enfermedades ligadas al metabolismo de lípidos y carbohidratos. En este último grupo de moléculas, el alto consumo de calorías provenientes de carbohidratos simples, condiciona el desarrollo de enfermedades hiperglicémicas las cuales se encuadran dentro de la denominada Diabetes Mellitus (DM). En la actualidad la DM presenta una dinámica de mal pronóstico dentro de la población, sin embargo, existen mecanismos y herramientas encaminadas a la prevención y control de la misma enfermedad. La piedra angular de la prevención y control de la DM se basa en el tratamiento dietético, el cual hace énfasis en la moderación en el consumo de carbohidratos simples y el acceso a una dieta hipoglucemiante. Por lo que el desafío actual se centra en el diseño y análisis de alimentos funcionales (nutracéuticos).

Se debe de recordar que Michoacán es líder mundial en la producción y exportación de productos agroalimentarios de tipo funcional. Donde destacan los casos de éxito de *Persea americana* y *Rubus fruticosus*.

La economía mexicana posee una debilidad, dado a que se produce y exporta materias primas pero tiene un bajo proceso industrial y de innovación. El sector alimentario no es la excepción, donde es necesario ahondar en los procesos de investigación e innovación. El presente trabajo pretende abordar uno de los problemas ligados a la salud, la alimentación y sus posibles soluciones, a través del desarrollo de procesos innovadores dentro del área de nutrición humana.



ANTECEDENTES ANTROPOLOGICOS DE LA DIETA HUMANA.

El ser humano se ha evolucionado de ser una especie nómada (recolectora y cazadora) a una especie sedentaria, en donde este último aspecto ha favorecido el desarrollo de herramientas que le permiten conseguir una seguridad alimentaria, tales como, la agricultura y la ganadería, siendo esto lo cual probablemente permitió o condiciono el desarrollo de los primeros asentamientos humanos, antecedentes de los actuales núcleos urbanos. Los núcleos urbanos condicionaron el desarrollo de estratos sociales y jerárquicos como es el caso de las clase dominantes, (políticos, religiosos y militares); así como el desarrollo de una jerarquía dominada o de servidumbre, como es el caso de los peones y en medio se desarrolla de manera empírica, una clase que es la que permite el desarrollo y evolución de las sociedades humanas.

Desde este punto de aplicación empírica, en los aspectos biotecnológicos, dedicados al aseguramiento de la alimentación humana no se da un salto evolutivo sino hasta después de la Segunda Guerra Mundial, cuando se crean dos bloques económicos (capitalismo y socialismo) que se encargan de asegurar la producción, masiva y diversa a través de la agricultura, la ganadería y recientemente por los aspectos industriales encargados de la manufactura y aseguramiento del almacenamiento y distribución de grandes volúmenes de alimento entre la población mundial.

Así la globalización, a través de las industrias transnacionales como Monsanto, Nestlé, Danone, Unilever, por citar algunas asegura un acceso y un consumo de calorías *per cápita*, diario esto a través de la cadena de producción, almacenamiento y distribución.

Sin embargo, la calidad y diversidad de las calorías consumidas a nivel mundial por la población comienza a hacer estragos en la calidad de vida, la dieta básica occidental está basada en un alto consumo de carbohidratos simples, lípidos saturados, ricos en esteres de ácidos grasos y esteres de colesterol, así como proteínas de origen preferentemente animal, donde el consumo de fibra dietética ha disminuido o empobrecido notablemente en todas las sociedades occidentales, contrastando con el consumo rico de fibra dietética, con el cual nuestra especie tenía acceso hace ya 30 mil años. Se tienen evidencias que desde ese entonces que, la fibra dietética y los ácidos grasos de diversa fuentes alimenticias, han sido un factor importante en la dieta humana, (Revedin y cols., 2010).

Siendo estos partes fundamentales dentro de una alimentación equilibrada, primordial para la salud del organismo humano. En esta última década se han mostrado evidencias sobre la prevalencia de enfermedades y su relación con el estilo de dieta actual (Zimmerman y cols., 2010).



Dentro de las enfermedades con un alto índice de prevalencia a nivel mundial se encuentra la obesidad, cuya presencia requiere de una condición multifactorial, como el medio ambiente, el estilo de vida, la presencia o ausencia de componentes en la dieta, como en este caso el binomio fibra dietética y ácidos grasos, son los que interactúan con los receptores correspondientes en los sistemas biológicos a nivel periférico del tracto digestivo, como los sitios anatómicos del intestino delgado e intestino grueso (Delzenne y cols., 2005; Delmee y cols., 2006).

Los ácidos grasos de cadena corta (ácido propiónico, ácido butírico), Figura 1 y Figura 2, son generados a través de la ingesta de fibra dietética, sin embargo el acceso a los ácidos grasos de cadena corta, insaturados y saturados pero de cadenas de 4 a 20 carbonos tienen una fuente alternativa pudiendo ser provenientes de alimentos lácteos, fermentados o madurados entre otros alimentos.

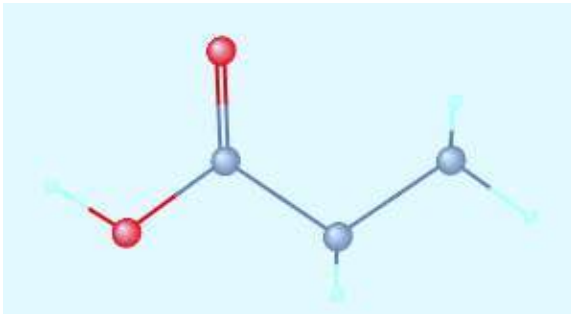


Figura 1. Ácido graso propiónico, modelo generado por el programa Pubchem, para el ácido propiónico. Fórmula: $C_3H_6O_2$. Peso molecular: 74.07854 g/mol.

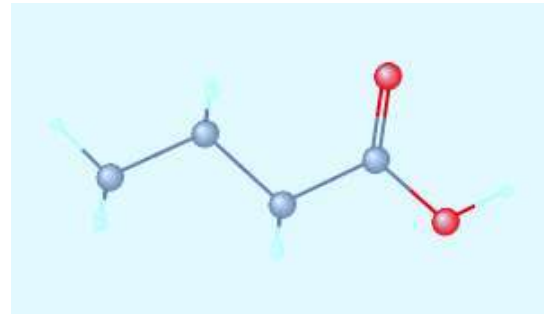


Figura 2. Ácido graso butírico. Modelo generado por el programa Pubchem, para el ácido butírico. Fórmula: $C_4H_8O_2$. Peso molecular: 88.10512 gr/mol.



CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 FRUTOS ROJOS: ZARZAMORA (*Rubus fruticosus*).

Descripción. La zarzamora (*Rubus fruticosus*) es un fruto de pequeño tamaño, redondo o ligeramente alargado, compuesto por pequeños glóbulos que contienen en su interior una semilla diminuta. Tienden a ser de color negro brillante intenso (Andrade Esquivel et al, 2008)

Reino: Vegetal

Clase: Dicotiledónea

Subclase: Arquiclamídea

Orden: Rosales

Familia: Rosáceas

Género: *Rubus*

Especie: *fruticosus*



Figura 3. *Rubus fruticosus*, fruto.

- Variedades con espinas: Himalaya, Tupi, etc.

- Variedades sin espinas o inermes: Smoothstem, Black Satin, Thornfree, Navaho, Loch Ness, Chester, etc.

Pertenece al género *Rubus*, uno de los géneros con mayor número de especies, aproximadamente 750, se encuentran distribuidas en todo el mundo, excepto en la Antártica (Espinosa, 2011; MartínezCruz et al. 2011; Deighton et al., 2000; Moreno et al., 2012; Díaz, 2011; Cancino et al., 2011).

Para México se han descrito 28 especies del género, y algunas de ellas son endémicas. (Cornejo et al., 2006).

PRODUCCIÓN *Rubus fruticosus* EN MÉXICO.

El territorio nacional Mexicano ofrece una gran diversidad biológica, esto debido a múltiples factores entre los que se pueden mencionar y destaca la multiversidad orográfica que condiciona los climas en México, lo que ha permitido el desarrollo de especies nativas como ha sido el caso de productos como el cacao (*Theobroma cacao*), jitomate o tomate (*Solanum lycopersicum*), los cuales son referentes como productos alimenticios y como germoplasma a nivel mundial, pero esta multiversidad de factores ambientales ha favorecido la introducción de otras especies que no son oriundas del actual territorio nacional, en donde se pueden mencionar los casos de la especie del café (*Coffea arábica* y *Coffea robusta*) o de la conocida caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), estos ejemplos nativos y externos de germoplasmas y sus éxitos comerciales nos hablan de que México es una potencia en términos agroalimentarios. La actual organización política y económica de México ha condicionado el desarrollo de



regiones del país con diferentes vocaciones agroalimentarias, a lo largo de la historia de México como nación, de esta forma territorios como el del estado de Michoacán poseen un vocación agrícola inclinada hacia la producción de frutos lo cual ha sido manifiesto en productos como los mencionados anteriormente (aguacate región Uruapan, guayaba región Zitácuaro, por mencionar las más relevantes) regiones que presentan un clima de transición climática. Existen otras regiones como los municipios de la región de Los Reyes (Los Reyes, Periban, Tangancicuaro y Tocumbo) los cuales han tenido una vocación agrícola hacia los sectores de la caña de azúcar, pero desde finales del siglo XX y en los comienzos del presente siglo XXI los productores locales de estos últimos municipios mencionados han cambiado sus sistemas producto por la introducción, con éxito comercial, de variedades de arándanos, frambuesas y zarzamoras. Sumándose en los últimos 15 años, regiones y municipios (por orden importancia en producción) Ziracuaretiro, Tacámbaro y Ario de Rosales (Tabla 1), México es el principal exportador a otros países, cuenta con la ventaja “PRODUCCION CONTRA ESTACION” es decir, que mientras México produce, los demás países no cuentan con ello.



Tabla 1. Producción de zarzamora al año en Michoacán y sus diferentes regiones. Fuente: SAGARPA
<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

PRODUCCIÓN DE ZARZAMORA AL AÑO EN MICHOACÁN Y SUS DIFERENTES REGIONES						
MUNICIPIO	SUP. SEBRADA (Ha)	SUP. COSECHADA (Ha)	PRODUCCION (TON)	RENDIMIENTO (TON/Ha)	PMR (S/TON)	VALOR DE PRODUCCION (MILES DE PESOS)
ARIO	1,292,00	1,292,00	11,628,00	9,00	15,683,05	182,362,51
CHILCHOTA	7,00	7,00	126,00	18,00	41,557,11	5,236,20
CONTEPEC	16,00	16,00	136,00	8,50	16,708,90	1,456,41
EPITACIO HUERTA	4,75	4,75	40,85	8,60	10,255,33	418,93
JACONA	56,00	56,00	728,00	13,60	38,448,62	27,990,60
JIQUILPAN	36,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LOS REYES	5,020,00	5,020,00	50,600,00	10,08	39,130,10	1,979,983,25
MARAVATIO	14,50	14,50	203,00	14,00	9,339,54	1,895,93
MARCOS CASTELLANOS	4,00	4,00	32,00	8,00	25,850,00	827,20
NUEVO URECHO	4,50	4,50	13,05	2,90	12,191,57	159,10
PERIBAN	2,141,50	2,121,50	23,294,00	10,98	41,269,71	961,336,53
SALVADOR ESCALANTE	974,00	974,00	9,740,00	10,00	15,314,27	149,161,02
TACAMBARO	608,00	608,00	7,296,00	12,00	24,228,62	176,772,01
TANGANCICUARO	184,75	184,75	3,695,00	20,00	44,009,71	162,615,88
TARETAN	71,00	71,00	937,20	13,20	14,392,23	13,488,40
TLAZAZALCA	12,00	12,00	240,00	20,00	40,544,80	9,730,75
TOCUMBO	380,00	380,00	5,400,00	15,00	36,168,65	195,310,71
TUXPAN	18,00	18,00	115,20	6,40	8,302,87	956,49
URUAPAN	41,00	41,00	418,00	10,20	14,715,97	6,151,28
VENUSTIANO CARRANZA	8,00	8,00	64,80	8,10	24,850,00	1,610,28
VILLAMAR	12,00	12,00	96,00	8,00	25,850,00	2,481,60
ZAMORA	26,00	26,00	332,80	12,80	38,89,55	12,95,82
ZIRACUARETIRO	510,00	510,00	6,732,00	13,20	14,386,54	96,850,19
ZITACUARO	35,00	35,00	336,00	9,60	12,556,87	4,219,11
	11,456,00	11,400,00	122,203,90	10,72	32,682,51	3,993,930,17



Tabla 2. Principales países productores y exportadores de frambuesa, moras y zarzamoras a nivel mundial en el 2011. Fuente: Datos del Trade Map del Centro de Comercio Internacional, CCI de las Naciones Unidas (UNCTAD/OMC).

PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES Y EXPORTADORES DE FRAMBUESA, MORAS Y ZARZAMORAS A NIVEL MUNDIAL EN EL 2011							
PAISES	VALOR 2011 000USD	SALDO 2011 000USD	CANTIDAD 2011 (TON)	VALOR UNITARIO USD/TON	% AUMENTO 2007-2011 (VALOR)	% AUMENTO 2007-2011 (CANTIDAD)	PARTICIPACION EN EXPORTACION MUNDIAL %
MUNDO	726,852	-255,985	144,602	5,027	3	3	100
MX	131,742	130,922	43,655	3,018	-5	9	18
US	235,539	-89,428	36,102	6,524	20	12	32
ES	159,208	152,623	17,167	9,247	6	4	22
PL	21,092	19,994	17,013	1,240	-23	-14	3
RS	8,494	8,391	6,930	1,226	-25	-11	1
GT	7,693	7,686	3,513	2,190	10	5	1
AT	5,112	-16,353	2,787	1,834	-25	-20	0.7
PO	28,109	26,532	2,672	10,520	38	39	4
NE	32,234	-4,515	2,594	12,426	1	4	4
MO	9,761	9,761	2,078	4,697	20	27	1



1.2 GENERALIDADES DE LA FIBRA DIETÉTICA.

La American Association of Cereal Chemist (2001) define: "la fibra dietética es la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de la planta. Las fibras dietéticas promueven efectos beneficiosos fisiológicos como el laxante, y/o atenúa los niveles de colesterol en sangre y/o atenúa la glucosa en sangre"(Escudero Álvarez y González Sánchez, 2006).

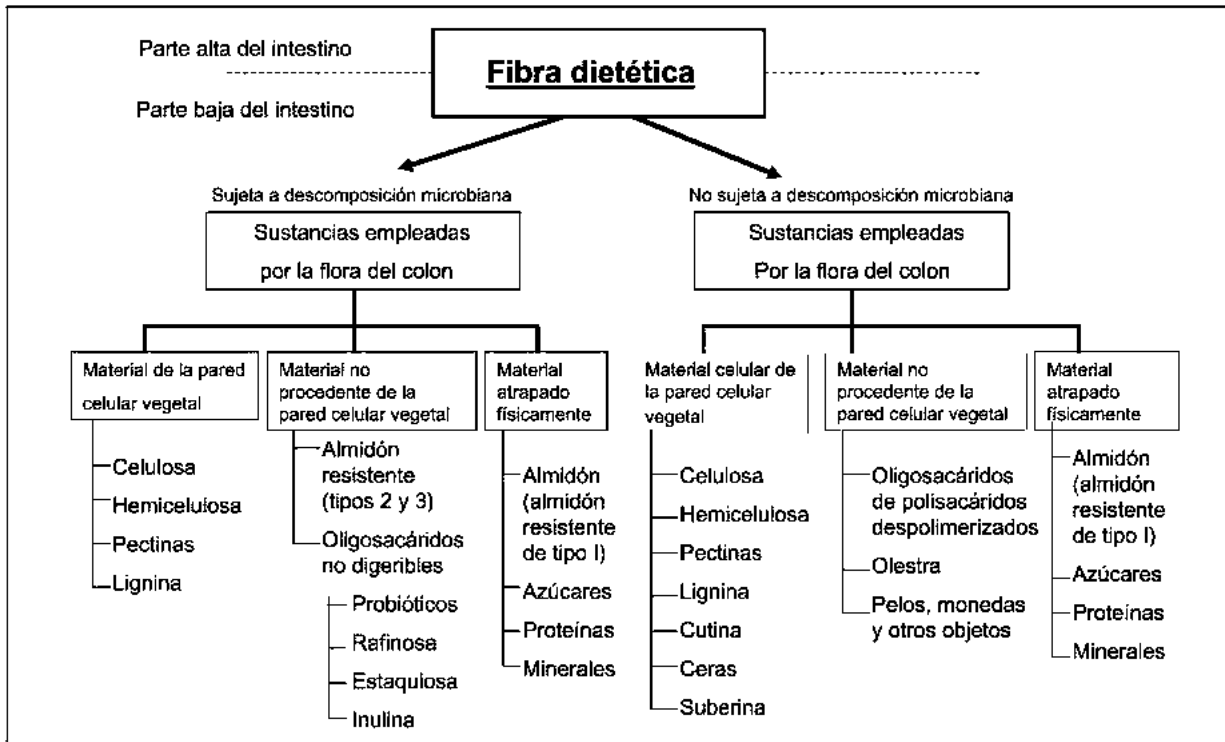


Figura 4. Fibra dietética. Fuente: Ha MA, 2000

La fibra dietética no es considerada un nutriente, más sin embargo, las aportaciones beneficiosas al organismo y la energía que se deriva de la fermentación colonica la convierten en un complemento alimenticio necesario para el buen funcionamiento del colonocito. Sus efectos en el organismo están determinados por sus propiedades químicas, su comportamiento físico y mecánico.



Propiedades químicas y físicas de la fibra dietética.

Solubilidad: Las fibras solubles en contacto con el agua forman un retículo donde queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad. Los efectos derivados de la viscosidad de la fibra son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte su potencial anticarcinogénico.

Las fibras insolubles o poco solubles son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal. Es la base para utilizar la fibra insoluble en el tratamiento y prevención de la constipación crónica. Por otra parte también contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon (Kin Y-I, 2000).

Viscosidad y formación de geles: Uno de los posibles mecanismos por los cuales la FD reduce los factores de riesgo provocado por las enfermedades cardiovasculares (ECV) es que la fracción soluble (FS) se hidrata en el tracto gastrointestinal, formando una matriz gelatinosa que tiene la capacidad de enlazar el colesterol y lípidos, interfiriendo con su absorción (Scheeneman, 1989; Topping, 1991).

Otra explicación es que el incremento en la excreción de esteroides es responsable de bajar los niveles de colesterol. Ciertos tipos de FD pueden enlazar las sales biliares y esteroides neutros (Stark y Madar, 1993), y de esta manera promover su remoción del cuerpo. Para compensar la pérdida de sales biliares excretadas en las heces, el ciclo enterohepático pone disponible pequeñas cantidades de sales biliares, necesarias para la absorción intestinal de sustancias liposolubles, disminuyendo por tanto, la absorción de colesterol de la dieta. Además, para compensar los bajos niveles de sales biliares en el organismo, el colesterol sanguíneo y hepático es usado para la síntesis nueva de ácidos biliares.

Retención de agua y aceite: Este efecto se traduce en la capacidad de las fibras de absorber macronutrientes. La fracción insoluble (FI) y la FS pueden absorber compuestos tóxicos impidiendo que los mismos estén disponibles en el intestino, así como ácidos biliares, reduciendo la formación de micelas y disminuyendo la absorción de colesterol. También influyen en la absorción de glucosa, teniendo entonces, un efecto hipoglucémico (Corte Osorio, 2010).

Tamaño de partícula: El grado de molienda que alcance la FD durante la masticación y digestión puede producir diferentes efectos: fibras menores de 200 μ presentan mayor capacidad de hidratación y fermentabilidad, pues poseen mayor superficie de contacto. Fibras de tamaño de partícula mayor de 800 μ estimulan la defecación, aumentando el volumen fecal y evitando la constipación. El tamaño de partícula se estandarizó en este estudio para que fuera administrado a los ratones en una mezcla homogénea en polvo, siendo de 51 μ (Corte Osorio, 2010).



Interacciones iónicas: Los fitatos y compuestos fenólicos, elementos asociados a las fibras, pueden formar complejos insolubles con minerales promoviendo la reducción de la absorción intestinal de los micronutrientes (Corte Osorio, 2010).

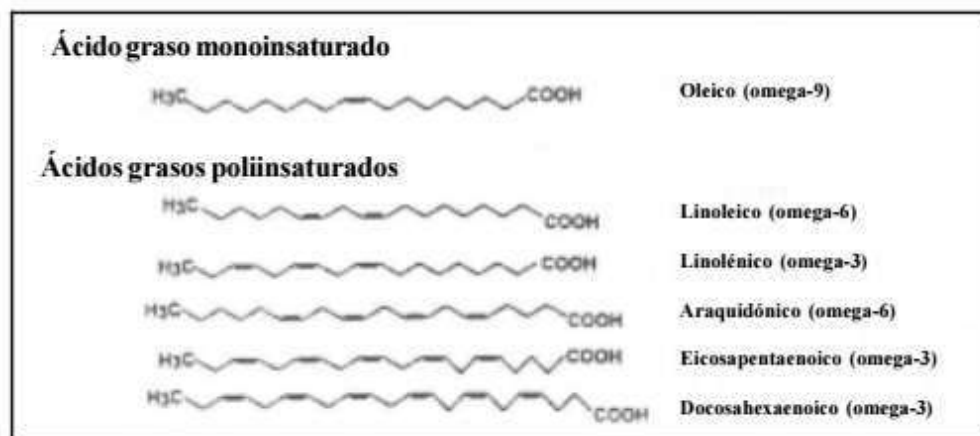
Fermentabilidad: La fermentación colónica tiene importantes repercusiones sobre la salud del huésped. Algunos metabolitos bacterianos son *per se* sustancias tóxicas para el organismo (amoníaco, aminas y nitrosaminas cancerígenas, facapentanos). Otros, pueden reducir la biodisponibilidad de vitaminas y minerales. Sin embargo, el incremento de la masa bacteriana y los Ácidos grasos de cadena corta (AGCC) productos mayoritarios de la fermentación, tiene efectos beneficiosos para el organismo, y se relacionan con la etiología y prevención de diferentes patologías de gran incidencia actualmente, como son el cáncer de colon y Evento Cardiovascular (ECV). La fermentación de la FD de origen vegetal está determinada por sus propiedades fisicoquímicas, el grado de lignificación de la pared celular, su solubilidad en agua, el tamaño de partícula y la presencia de otros componentes vegetales capaces de inhibir la actividad bacteriana. Los almidones resistentes, por otro lado, pueden ser degradados casi completamente por la microflora colónica, las características fisicoquímicas tales como cristalinidad, puentes de hidrógeno, etc., determinan la velocidad de degradación (Corte Osorio, 2010).

1.3 GENERALIDADES DE LOS ÁCIDOS GRASOS.

Los ácidos grasos son moléculas hidrocarbonadas de diferente polaridad, que contienen un grupo metilo (CH_3 -) y un grupo carboxilo ($-\text{COOH}$) terminal. Los ácidos grasos se diferencian según la longitud de la cadena hidrocarbonada y el grado de insaturación de la misma. (Food and Nutrition Board, Institute of Medicine of the National Academies, 2005)

Los ácidos grasos pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- Saturados.
- Monoinsaturados.
- Poliinsaturados.





Ácidos grasos saturados

La mayoría de los ácidos grasos saturados de nuestra dieta provienen de productos de origen animal, tales como la carne o los lácteos y sus derivados. No cuentan con dobles enlaces en su estructura. Son necesarios como aporte energético y también forman parte de las membranas celulares al ser constituyentes necesarios de los fosfolípidos.

Ácidos grasos monoinsaturados

Se caracterizan por poseer un doble enlace. Típicamente, las fuentes vegetales de ácidos grasos monoinsaturados son líquidas a temperatura ambiente (p. ej. aceite de oliva y girasol). Son importantes en la estructura lipídica de las membranas.

Ácidos grasos poliinsaturados omega-3

Los ácidos grasos poliinsaturados omega-3 incluyen los ácidos alfa-linolénico, eicosapentanoico, docosapentanoico y docosahexanoico. El ácido alfa-linolénico no puede ser sintetizado por los humanos y su déficit provoca alteraciones clínicas, incluyendo anomalías neurológicas y déficit de crecimiento. Por lo tanto, el ácido alfa-linolénico es esencial en la dieta. Es el precursor de la síntesis del ácido eicosapentanoico (EPA) y del ácido docosahexanoico (DHA). El EPA es el precursor de los eicosanoides omega-3, que han demostrado tener efectos beneficiosos en la prevención de enfermedad coronaria, en la aparición de arritmias y en la trombosis (Kinsella JE, Lokesh B, Stone RA, 1990).



Figura 6. Ácido graso linolénico, Ácido (9Z,12Z,15Z)-octadeca-9,12,15-trienoico. Modelo generado por el programa Pubchem, para el ácido linolénico. Fórmula molecular: $C_{18}H_{32}O_2$. Peso molecular: 280.4454 g/mol



Ácidos grasos poliinsaturados omega-6

Los ácidos grasos poliinsaturados omega-6 son los ácidos linoleico, gamma-linolénico, ácido araquidónico y ácido adrenico. El ácido linoleico no puede ser sintetizado por los humanos y su déficit provoca alteraciones clínicas diversas, incluyendo eritema escamoso y reducción del crecimiento. Los ácidos grasos poliinsaturados omega-6 tienen un papel fundamental en la función normal de las células epiteliales (Jones y Kubow 1999).

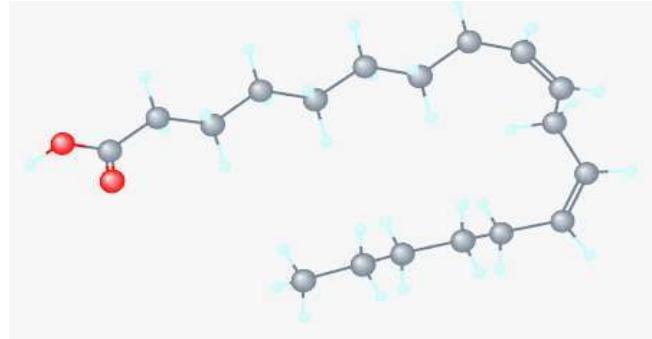


Figura 7. Ácido graso linoleico, Ácido (9Z,12Z)-octadeca-9,12-dienoico. Modelo generado por el programa *Pubchem*, para el ácido linoleico. Fórmula molecular: $C_{18}H_{32}O_2$. Peso molecular: 280.4454 g/mol

Importancia biológica de los ácidos grasos poliinsaturados.

Usando modelos animales se ha podido demostrar que la ausencia de ácidos omega-3 está asociada a procesos inflamatorios diversos y al desarrollo precario de neuronas en pacientes humanos con depresión. Se reconocen también efectos benéficos de los ácidos omega-3 sobre enfermedades cardiovasculares como hipertensión o isquemia (Coronado M. et al, 2006).

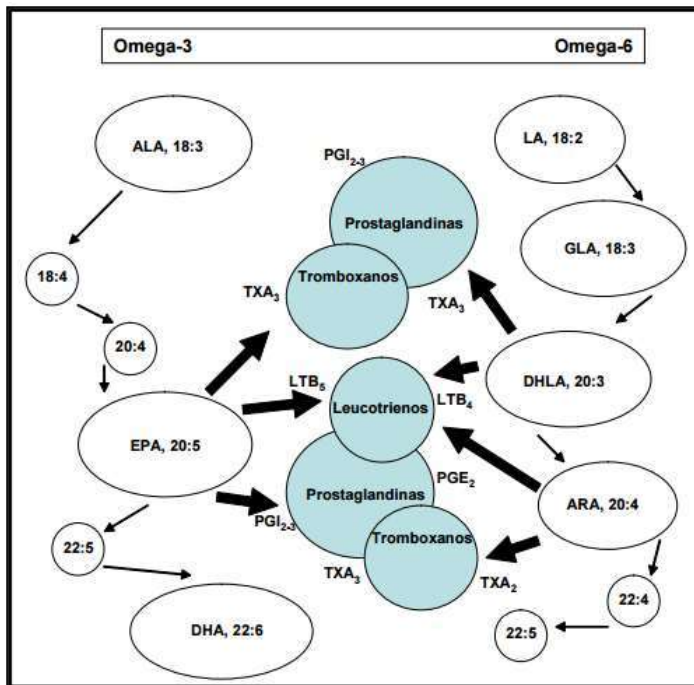
Desde 1929 George y Mildred Burr descubrieron los ácidos grasos indispensables. En principio, experimentaron con animales y más tarde demostraron que la falta de estos ácidos grasos en la dieta produce alteraciones en la salud humana. Además de problemas externos (resequedad de la piel y descamación), también hay daño a los órganos internos y progresión hasta la muerte (Burr y Burr 1929).

Después, en 1956, Hugh Sinclair apuntó otros padecimientos asociados con el metabolismo de los lípidos a los que denominó enfermedades de la civilización (cardiovasculares, cáncer y diabetes, entre otras). En ese momento, surgió la relación con el tipo de dieta consumida en occidente, como indica Simopoulos, las poblaciones actuales, respecto a las de hace unos 10,000 años, han incorporado mayor cantidad de calorías a la dieta y menos gasto de éstas, más ácidos grasos trans, grasas saturadas y más ácidos grasos omega-6, frente a un menor consumo de ácidos grasos omega-3 y menos hidratos de carbono, fibra o frutas y hortalizas. Paralelamente ha habido una disminución en la ingesta de proteínas, antioxidantes y calcio. En este panorama también la relación de ácidos grasos omega-6: omega-3 (2:1) ha perdido su equilibrio



porque el consumo de omega-6 ha aumentado y no corresponde a esta proporción que se recomienda desde el punto de vista nutricional (Coronado M. et al, 2006).

En este marco, si bien el ser humano en la actualidad es un sujeto del siglo XXI, en su conformación biológica particularmente genética y en consecuencia bioquímica, todavía permanece en una época ancestral que se remonta a la era paleolítica. Por ello la interacción entre genética, ambiente, naturaleza y nutrición fundamentan la relación salud: enfermedad que hoy requiere de una revisión cuidadosa de los componentes nutrimentales de la dieta occidental, entre éstos los ácidos grasos omega-3 y omega-6 (Coronado M. et al, 2006).



La identificación de las estructuras de los ácidos grasos omega-3 y omega-6 se denomina de acuerdo con la ubicación de la primera doble ligadura a partir del metilo terminal (CH3). En los primeros, esta doble ligadura se observa en el carbono 3 (C3-C4) y se pueden identificar también como n-3. En los segundos, la doble ligadura se encuentra en el carbono 6 (C6-C7) y se conocen como n-6. De estos ácidos grasos, el linoleico (LA omega-6), α -linolénico (ALA omega-3) y araquidónico (ARA omega-6) son considerados indispensables ya que no pueden ser biosintetizados en el organismo

humano, de ahí la importancia de incluirlos en la dieta. El ácido araquidónico (20:4 n-6) es derivado del linoleico por lo que sólo será indispensable si hay deficiencia de su precursor. El ácido araquidónico da lugar a la llamada serie 2 de prostaglandinas (PGE2), prostaciclina (PGI2), tromboxanos (TXA2) y la serie 4 de leucotrienos (LTB4). Por otra parte, los eicosapentaenoicos (EPA) omega-3, dan lugar a la serie 3 de los prostanoides (prostaglandina I3 (PGI3) y la serie 5 de leucotrienos (LTB5), estos últimos productos son benéficos para la salud (Calvani y Benatti, 2003).

A partir del proceso enzimático los tromboxanos y las prostaglandinas se asocian con la regulación homeostática y la vasomotilidad, por lo que una dieta alta en ácidos grasos omega-3 tiene efectos antihemostáticos y antitrombóticos porque alteran el equilibrio entre los diversos eicosanoides (Hornstra 2000, Simopoulos AP 2002).



Mecanismos de regulación de los ácidos grasos omega-3 y omega-6

El conocimiento sobre la vía biosintética de los ácidos grasos de cadena larga, sean omega-3 u omega-6 es reciente, aunque su importancia tiene largo tiempo de haberse reconocido. Se plantea que en los humanos la biosíntesis de estos ácidos grasos, el eicosapentaenoico (EPA n- 3), docosahexaenoico (DHA n-3) y el araquidónico (ARA n-6), se empieza a partir de los ácidos grasos de 18 carbonos (LA, 18:2) y ALA (18:3). En principio, a partir del LA, una $\Delta 6$ desaturación, después una $\Delta 6$ elongación y al final una $\Delta 5$ desaturación dan lugar al 20:4 (ARA). Las mismas enzimas convierten el ALA en el 20:5 (EPA). Después ocurre una $\Delta 5$ elongación y se produce el 22:5 (DPA docosapentaenoico) el cual por una desaturación se transforma en el 22:6 (DHA



Figura 9. Proceso de biosíntesis de los ácidos grasos araquidónico, eicosapentaenoico y docosahexaenoico mediado por ciclos de desaturación y elongación. Fuente: Coronado M. et al, 2006 modificado de Beaudoin F, 2000 y Drexler H, 2003.

Esta biosíntesis es regulada por cambios en la dieta y por procesos hormonales y por esta razón puede ser limitada. Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga reducen la lipogénesis hepática y en consecuencia reducen la cantidad de enzimas involucradas en la síntesis lipídica, además, los ácidos grasos omega-3 modulan la adipogénesis (Coronado M. et al, 2006).

Otro mecanismo de regulación se refiere a que los triacilgliceroles del tejido adiposo, son el almacén de una amplia gama de ácidos grasos que difieren por su estructura



molecular. La salida de ácidos grasos del tejido adiposo de un sujeto es selectiva de acuerdo con el tamaño de la cadena y el grado de instauración (Raclot 2003).

1.4 DIABETES MELLITUS.

La diabetes mellitus (DM) es una enfermedad de disfunción metabólica que se caracteriza por un aumento anormal en la concentración de glucosa en sangre, debido a un déficit absoluto o relativo de insulina, ocasionando alteraciones en el metabolismo de los carbohidratos, las proteínas y las grasas (Triana, 2001).

La Diabetes Mellitus (DM) es una enfermedad de tipo no infecciosa, la cual es un problema de salud público a nivel mundial. Tiene una alta prevalencia por el número de personas que padecen esta enfermedad o que tienen un riesgo elevado de cursarla enfermedad en los próximos 5 años. Esto plantea desafíos dentro de los esquemas actuales de atención de salud.

La DM, compromete a múltiples sistemas en los pacientes que cursan con este padecimiento, entre los sistemas que se comprometen, figuran particularmente, el sistema vascular, el sistema nervioso periférico y el sistema inmunológico, los cuales son sistemas que regulan el funcionamiento de otros sistemas encargados de la homeostasis del sistema renal, se compromete además el funcionamiento del equilibrio ácido base, el sistema pulmonar y el intercambio de gases, así como la respuesta de celular y humoral del sistema inmunológico, esto determinado a través de las citosinas, como las interleucinas, las cuales modulan la respuesta inmunológica ante procesos infecciosos, como es el caso de los organismos infecciosos oportunistas lo cual es frecuente el caso de las personas que cursan con DM. Además, es una enfermedad que tiene un alto costo económico y social, por lo que las áreas de investigación médica y nutricional deben de implementar herramientas que permitan el desarrollo de estrategias de prevención (Corte Osorio, 2010).

Es una enfermedad relevante desde el punto de vista individual, familiar y comunitario, ya que produce diversos grados de incapacidad e induce cambios en la dinámica social del individuo motivados por las incomodidades de un tratamiento y control de por vida.

Varios procesos patogénicos están involucrados en el desarrollo de la diabetes, como destrucción de las células β del páncreas y otros que resultan en resistencia a la acción de la insulina. La base de las anormalidades en el metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas en la diabetes es la deficiencia de la acción de la insulina en el tejido blanco. La deficiencia de la acción de la insulina es el resultado de una inadecuada secreción de esta y/o una disminuida respuesta de insulina en el tejido.

Los síntomas de una hiperglicemia marcada incluyen poliuria (micción excesiva), polidipsia (sed excesiva), pérdida de peso, algunas veces presentan polifagia (aumento del apetito), y visión borrosa. Aumenta la susceptibilidad a ciertas infecciones y puede



estar acompañado con hiperglucemia crónica. Las consecuencias de una diabetes no controlada son hiperglucemia crónica con cetoacidosis o síndrome hiperosmolar no cetónico (Corte Osorio, 2010).

A largo plazo las complicaciones de la diabetes incluyen retinopatía con pérdida potencial de visión; nefropatía conduciendo a la insuficiencia renal; neuropatía periférica con riesgo de úlceras del pie; amputación, articulaciones de charcot, y neuropatía autonómica gastrointestinal, genitourinaria, cardiovascular y disfunción sexual. Pacientes con diabetes tienen una mayor incidencia de aterosclerosis cardiovascular, enfermedad vascular periférica, enfermedad cerebrovascular, hipertensión arterial y enfermedad periodontal (ADA, 2002; ADA, 2007).

Clasificación de la diabetes mellitus.

En 1997 la asociación Americana de Diabetes (ADA) propuso una nueva clasificación de la diabetes, la cual fue actualizada en el 2003 (ADA, 2007):

Diabetes Mellitus tipo 1.

La Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1), aparece en la infancia y adolescencia con tendencia a cetoacidosis, derivada del aumento de la oxidación de ácidos grasos hacia cuerpos cetónicos, es metabólicamente lábil por lo que para compensarla es imprescindible el tratamiento con insulina. Es habitual el comienzo de esta forma clínica de diabetes entre los 6-14 años, y la mayoría tiene un diagnóstico confirmado antes de los 20 años. El páncreas de estos pacientes, no produce insulina, por lo tanto no hay insulina plasmática. Sin suficiente insulina, la glucosa se acumula en el torrente sanguíneo en lugar de penetrar en las células. El cuerpo a pesar de los altos niveles de glucosa en el torrente sanguíneo, es incapaz de utilizarla como energía, lo que lleva a que aumente el apetito. Además, los altos niveles de glucosa en la sangre hacen que el diabético orine más, lo que a su vez causa sed excesiva.

En la DM1, plenamente establecida, las funciones de las células beta terminan por desaparecer totalmente. Esta forma clínica de diabetes podría también originarse o relacionarse con infecciones virales, con virus como el Coxsackie B y al de la parotiditis y otros virus diabetógenos como el de la encefalomiocarditis N que induce la aparición de una DM1 en roedores (Cabrera y col., 2002; Malgor y Valsecia, 2000).

Existen evidencias de que la DM1 puede depender de una enfermedad autoinmunitaria de las células β del páncreas. Hasta en el 80% de los individuos con diabetes tipo 1 se detectan anticuerpos contra componentes de las células de los islotes, en etapas tempranas, o antes de que comience la enfermedad clínica (Goodman & Gilman, 2003).

Diabetes Mellitus tipo 2.

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es la forma más común de diabetes, principalmente ocurre en individuos obesos, asociados con hipertensión y dislipidemia. Producida por una combinación de factores genéticos y no genéticos cuyas consecuencias son la



resistencia a la insulina y la deficiencia de esta. Algunos de los factores no genéticos son edad avanzada, consumo excesivo de calorías, sobrepeso y vida sedentaria.

Con frecuencia este tipo de diabetes pasa inadvertido durante varios años debido a que la hiperglucemia se desarrolla gradualmente, y en etapas tempranas no es tan severa, de tal forma que el paciente no la asocia con los síntomas clásicos de la diabetes. Por último, la deficiencia de la secreción de insulina origina hiperglucemia descompensada y precipita la expresión clínica de la enfermedad (ADA, 2002).

Al menos inicialmente y a lo largo de su vida, estos individuos no necesitan tratamiento con insulina para sobrevivir. Aunque la etiología específica de esta forma de diabetes aún no se conoce, la destrucción autoinmune de las células β no se produce en este tipo de diabetes. La mayoría de los pacientes con esta forma de diabetes son obesos, y esto causa algún grado de resistencia a la insulina. La resistencia a la insulina puede disminuir al bajar de peso y/o al recibir tratamiento farmacológico por hiperglucemia pero rara vez se restaura a la normalidad (Wing, *et al.*, 1994).

La cetoacidosis rara vez ocurre espontáneamente en este tipo de diabetes; cuando se presenta usualmente está asociada con el estrés (Butkiewicz, *et al.*, 1995; Banerji, *et al.*, 1994). Estos pacientes tienen alto riesgo de desarrollar complicaciones microvasculares y macrovasculares (Kuusisto *et al.*, 1994). El riesgo de desarrollar este tipo de diabetes incrementa con la edad, obesidad y falta de actividad física (Harris MI, 1989).

El otro grupo con una prevalencia relativamente alta dentro de estas enfermedades es la diabetes del adulto de aparición en el joven denominada también en su abreviatura inglesa como tipo MODY (Maturity-onset diabetes of the Young). En la clasificación de la ADA se incluye dentro del grupo “otros tipos de diabetes” en el que se agrupan defectos monogénicos en la función de las células β que se heredan con carácter autosómico dominante. Se caracterizan por una alteración en la secreción de insulina, siendo la acción de la insulina normal o estando mínimamente disminuida. El diagnóstico suele realizarse antes de los 25 años. En la actualidad se conocen varias mutaciones de diferentes genes asociados con esta enfermedad.

Diabetes ideopática

Algunas formas de diabetes tipo 1 no se conoce su etiología. Algunos de estos pacientes tienen insulinopenia permanente y son propensos a la cetoacidosis, aunque no tienen problemas de autoinmunidad. Solo una minoría de pacientes con diabetes tipo 1 se incluyen en esta categoría (Corte Osorio, 2010).

Diabetes Mellitus gestacional (DMG)

La definen simplemente por el hecho de aparecer durante el embarazo; y no establece una vinculación etiológica. La incidencia es de 1 a 5% de mujeres embarazadas (Corte Osorio, 2010).



1.5 RELACIÓN ENTRE DIABETES, INSULINA Y ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 Y OMEGA-6.

En pacientes con diabetes Tipo I se ha observado en el plasma que hay niveles altos de ácido linoleico y bajos de metabolitos que incluyen al ácido araquidónico, lo cual se corrige después del tratamiento con insulina (Kinsella JE, Lokesh B, Stone RA, 1990).

La transformación de los ácidos grasos, linoleico, α -linolénico y oleico a los ácidos grasos de cadena larga poliinsaturados es modulada esencialmente por las enzimas desaturasas $\Delta 5$ y $\Delta 6$ por mecanismos dietéticos y hormonales, la insulina activa ambas enzimas. En pacientes con diabetes Tipo I la disminución de la desaturasa $\Delta 6$ se puede reestablecer con estimulación insulínica, sobre la expresión genética de su mRNA. Otros datos importantes indican que una proporción baja de ácidos grasos indispensables y una alta de ácidos grasos saturados sobre todo el ácido palmítico en el músculo esquelético se asocian con resistencia a la insulina, tanto en humanos como en animales (Coronado M., 2006)

1.6 LA DIETA COMO DETERMINANTE DEL PROCESO DEL DESARROLLO DE DIABETES MELLITUS.

Se ha demostrado a través de diferentes modelos biológicos animales, como ratones (*Mus musculus*), rata (*Rattus norvegicus*), conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y modelos clínicos humanos que la hiperglicemia es un detonante de los procesos de insulino resistencia, lo cual en la mayoría de los casos antecede a la manifestación clínica de la Diabetes Mellitus, por lo que en todos estos modelos biológicos, la dieta rica en carbohidratos y lípidos condiciona la acumulación de tejido adiposo, y por lo tanto el incremento de peso en los individuos de los modelos biológicos antes mencionados, permite la disminución del tejido muscular y la actividad contráctil de mismo se comprometen con el fenómeno de la insulino resistencia.

En modelos biológicos de roedores (ratón, rata y conejo) se ha logrado inducir estados hiperglicémicos a través de la administración de medicamentos como la Estreptozotocina (STZ), en una concentración que varía de los 75 a 200 mg/Kg de peso en una sola dosis, esto por medio del mecanismo de que la STZ elimina a las células beta de los islotes de Langerhans, donde el mecanismo de la inducción del estado hiperglicémico es irreversible, similar a lo que sucede en los seres humanos. Excepto que en el caso de los homínidos se puede conseguir estados hiperglicémicos con el incremento de la ingesta calórica, y por lo tanto del incremento del índice de masa corporal, lo cual conduce en muchos casos a estado hiperglicémicos previos a la manifestación clínica de la DM, por ello en el caso de modelos biológico se logra generalmente a través de fármacos y en el caso de humanos la inducción



hiperglicémica se consigue a través de una dieta rica en carbohidratos simples, en ambos casos biológicos el resultado hiperglicémico es irreversible.

1.7 CONTEXTO SOCIAL EN EL DESARROLLO DE ENFERMEDADES CRÓNICAS DEGENERATIVAS A NIVEL MUNDIAL.

En la actualidad existen diversas patologías que se consideran problemas de Salud Pública, entre las que destacan las enfermedades de tipo infeccioso y no infeccioso. México en la actualidad ha destinado parte de sus recursos a desarrollar infraestructura y recursos humanos que se centren en la prevención de enfermedades de tipo infeccioso en donde, el país ha sido medianamente eficaz. Esto queda demostrado por las campañas de vacunación, así como el Índice de Desarrollo Humano (Tabla No.3), la cual nos coloca en los lugares intermedios para el desarrollo humano, en donde el sector de salud sigue siendo una asignación pendiente

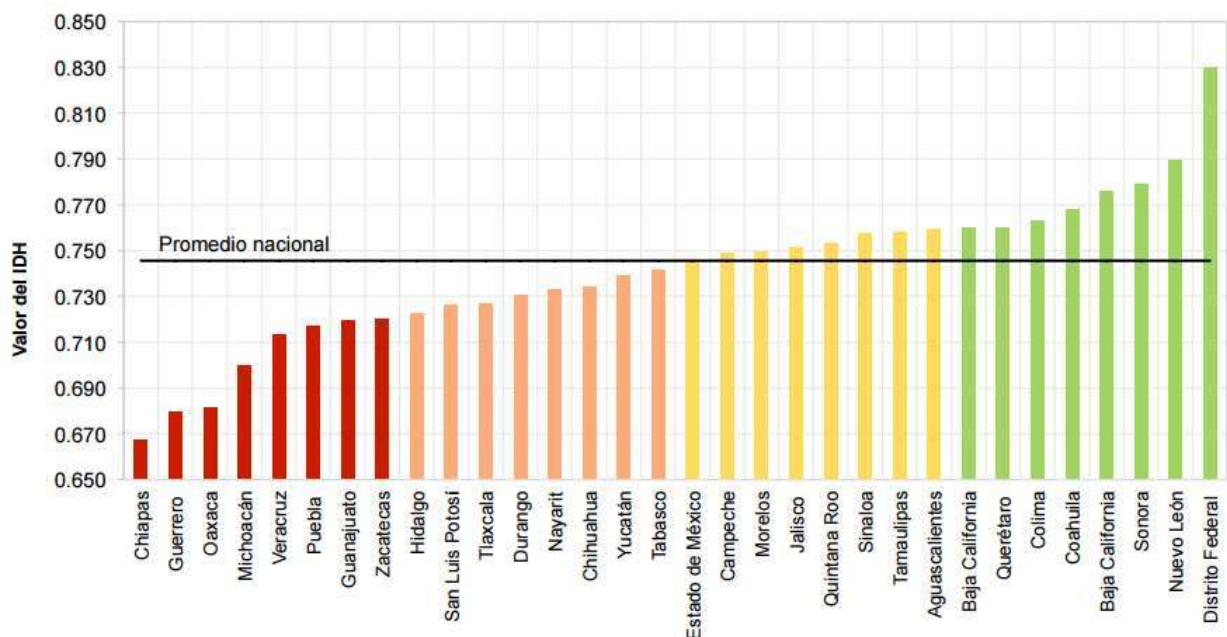


Figura 10. Índice de Desarrollo Humano 2012. Fuente: Oficina de Investigación en Desarrollo Humano, recuperado de <http://www.pued.unam.mx/SUCS/2015/180215RTG.pdf>

Por el contrario en México, su sociedad y su gobierno han sido negligentes en la prevención y contención de enfermedades crónicas degenerativas (de tipo no infecciosas), en donde destacan por su prevalencia la obesidad y el sobrepeso, la cual es considerada por la Organización Mundial de Salud, una enfermedad que condiciona o compromete el desarrollo de otras enfermedades, como por ejemplo las enfermedades ligadas al metabolismo, transporte de lípidos y carbohidratos (dislipidemias y Diabetes Mellitus, respectivamente).



1.9 ETIOLOGÍA DE LA OBESIDAD A NIVEL MUNDIAL.

El patrón de consumo en la alimentación humana, ha cambiado en los últimos 70 años, a partir de la Segunda Guerra Mundial, la cual marcó un hito en la historia humana, el modelo económico de producción de bienes y de alimentos favoreció la efficientización en la producción de alimentos ricos en calorías, a través de la tecnificación de la agricultura y del proceso de distribución de alimentos entre la sociedad. De tal suerte que la población Mundial cambió radicalmente su estilo de producción, distribución y consumo de calorías. Favoreciendo un desarrollo de tipo asimétrico entre las diversas economías a nivel mundial, teniendo un hemisferio en el norte del planeta con un poder económico y un poder político capaz de dictar las normas o criterios de calidad, referentes a las materias primas y alimentos producidos en los países o economías del sur del hemisferio. Originando no solo una asimetría en el desarrollo de las economías sino también una asimetría en rubros del Índices de Desarrollo Humano, entre los que destacan acceso a una alimentación de calidad y diversificada.

Esto ha repercutido en el desarrollo y prevalencia de enfermedades ligadas al perfil de consumo alimenticio, relacionadas al aumento de calorías de origen lipídico y glucídico poco diversificado. A nivel mundial, entre los granos que destacan tenemos arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*) y sorgo (*Sorghum vulgare*), y las especies de animales que sirven para la explotación de proteínas de origen cárnico y proteínas de origen lácteo: res (*Bos taurus*), cerdo (*Sus scrofa domestica*), cabras (*Capra hircus*) y equino (*Equus ferus caballus*). Pero, no todas las personas tienen acceso a una diversidad alimentaria dentro de su dieta, permitiendo el incremento de calorías de un solo origen e, incrementando el aumento de peso entre los seres humanos.



CAPITULO 2. METODOLOGÍA MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 EXTRACCION DE ACEITE DE SEMILLA DE *Rubus fruticosus*

Se obtuvieron 10 kilogramos de zarzamoras de la variedad *Tuppy* 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 2000 g, a temperatura ambiente. Se recuperó el sobrenadante y se guardó a -80°C.

Obtención de sólidos.

El residuo sólido 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.

Extracción por soxhlet.

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

Extracción asistida 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 agregó 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 $\pm 1^\circ\text{C}$.

Proceso de centrifugación.

El residuo se colectó y se transfirió a tubos Eppendorf de polipropileno de 1.5 mL de capacidad 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 colectó por aspiración con punta con filtro y se guardó en viales de rosca de 2 mL

2.2 CARACTERIZACION QUIMICA DEL ACEITE DE SEMILLA DE ZARZAMORA (*Rubus fruticosus*).

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 µm). 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: 2Δ9, 12) y ácido linolénico (C18: 3Δ9, 12,15) fueron adquiridos y utilizados como patrón de referencia, provenientes de SIGMA ALDRICH

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 SP TM-2560 (100 m de longitud 0,25 mm DI y 0,2 µm 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.

2.3 DISEÑO DE DIETAS.

Con base en el contenido de fibra dietética de la referencia, se elaboraron las dietas experimentales conteniendo fibra dietética de *Rubus fruticosus* como fuente de fibra, además de una dieta control:



1. Dieta sin fibra de *Rubus fruticosus* (Dieta 0, control)

Fórmula de la dieta para roedores experimentales AIN-93M y ajuste de las dietas A, B y C				
Dieta AIN-93M		Dieta A	Dieta B	Dieta C
Ingrediente	g/Kg de Dieta	g/ 4.2 Kg de Fórmula.		
Almidón de maíz	465.692	1,866.326	1,232.5719	512.7
Caseína	140	552.7756	482.186	411.6435
Almidón dextrinizado	155	651	651	651
Sacarosa	100	420	420	420
Aceite de soya	40	164.1052	153.3	
Celulosa	50	5%	10%	15%
Mezcla de minerales	35	86.6	-----	-----
Mezcla de vitaminas	10	42	42	42
L-cistina	1.8	7.56	7.56	7.56
Bitartarato de colina	2.5	10.5	10.5	10.5
TBHQ (mg)	8			

2. Dieta con 5% de fibra dietética (Dieta A)

3. Dieta con 10% de fibra dietética (Dieta B)

4. Dieta con 15% de fibra dietética (Dieta C)

Tabla 3 Fórmula de la dieta para roedores experimentales AIN-93M y ajuste de las dietas A, B y C.

Las dietas se elaboraron siguiendo las recomendaciones de la fórmula para roedores experimentales del American Institute of Nutrition, AIN-93 (Reeves *et al.*, 1993) (Tabla 3), en relación al contenido de proteínas, grasas, vitaminas y minerales. Para cubrir el aporte de 5% de FD para la dieta A, 10% para la dieta B y 15% para la dieta C, a la dieta A se le agrego 5 g por cada 100 g de fórmula, para la dieta B 10 g por cada 100g de formula y 15 g por cada 100g para la dieta C, y se ajustaron los demás componentes.

2.4 EXPERIMENTACIÓN CON ANIMALES.

Se utilizaron como animales de experimentación a ratones (*Mus musculus*) de la cepa CB57/BLJ, los cuales fueron divididos en cuatro grupos de experimentación, grupo control con la dieta estándar para roedores de experimentación AIN-93M (Reeves, et al., 1999) y una modificación tomando como base tres diferentes concentraciones de fibra dietética proveniente de *Rubus fruticosus* A) 5%, B) 10% y C) 15% en donde la concentración de aceite de soya se sustituyó por aceite de semilla de *R. fruticosus*. Se diseñaron las croquetas para los cuatro diferentes grupos de experimentación conteniendo en cada grupo 5 animales. Los cuales se dejaron en un ciclo de 12 horas



luz y 12 horas de obscuridad con una temperatura controlada de 20-25°C y agua y alimento *ad libitum*, durante un período de 14 días de inducción dietética.

Determinación de glucosa capilar.

La determinación de glucosa capilar se determinó por método electroquímico en cada animal de experimentación, a las 9 horas en todas las ocasiones. Tomando lectura de cada individuo de los grupos de experimentación en el día 0, 7 y 14. Al término se sacrificaron a los animales de experimentación, se recuperó la sangre en un tubo sin anticoagulante, recuperando el suero por centrifuga a 1500 G, por 5 minutos, el suero se separó y se preservó en microtubo a temperatura de -20°C por un período de 3 días posterior a la obtención, para su análisis.

Determinación de glucosa sérica, método enzimático.

Se utilizó el sistema enzimático de Spinreact, cuyo principio es el uso de la enzima de la glucosa oxidasa (GOD), la que cataliza la oxidación de glucosa (sérica) a ácido glucónico. El peróxido de hidrógeno (H₂O₂), producido se detecta mediante un aceptor cromogénico de oxígeno, fenol-ampirona en presencia de la enzima peroxidasa (POD):

β -D-Glucosa + O₂ + H₂O $\xrightarrow{\text{GOD}}$ Ácido glucónico + H₂O₂ + Fenol + Ampirona $\xrightarrow{\text{POD}}$ Quinona + H₂O.

La intensidad del color formado es proporcional a la concentración de glucosa presente en la muestra sérica. El espectro utilizado fue el Smart 3000 de Biorad, utilizando celdas de un centímetro de espesor para cada muestra a una longitud de onda de lectura de 505 nanómetros.

Condiciones del ensayo fueron:

Longitud de onda: 505 nm (490-550)

Cubeta: 1 cm paso de luz.

Temperatura. 37°C / 15-25°C

Se Ajustó el espectrofotómetro a cero frente a agua destilada.

Se Pipeteo en cada cubeta la siguiente relación:

	Blanco	Patrón	Muestra
RT (mL)	1,0	1,0	1,0
Patrón (μL)	--	10	--
Muestra (μL)	--	--	10



7.- Se Mezclaron e incubaron 10 minutos a 37°C en baño maría.

8.- Los cálculos realizados fueron en base a la siguiente relación:

$(A) \text{ Muestra} / (A) \text{ Patrón} \times 100 (\text{Conc. Patrón}) = \text{mg/dL de glucosa en la muestra}$

Determinación de peso.

Se determinó el peso en gramos de cada individuo, de cada grupo de experimentación todos los días durante un espacio de 14 días de inducción dietética, con canastilla adaptada para la determinación del peso de roedores de experimentación.

Análisis de datos

Se analizaron los datos correspondientes a cada evento de experimentación, de cada grupo.

RESULTADOS

Las semillas de los frutos de zarzamora provenientes de residuos agroindustriales sólidos, son una fuente de ácidos grasos de tipo, C:18 poliinsaturados, como son el ácido linoleico y linolénico, utilizando tratamiento por microondas en cinco diferentes extracciones, se obtiene un rendimiento del 16.83% y una desviación estándar de ± 1.58 , de cinco extracciones diferentes por éter etílico se obtiene un rendimiento promedio del 15.18% y ± 1.44 de desviación estándar y del 12.40% con una desviación estándar de ± 1.08 con pentano en cinco extracciones diferentes, Ver Tabla 4; siendo el tratamiento por microondas, una alternativa metodológica para la obtención de grasos de alto valor comercial, sin la implicación del uso de solventes químicos de tipo no polar, adicionalmente abre la posibilidad de poder obtener ácidos grasos de tipo poliinsaturados de tipo virgen, con el uso de tecnologías emergentes o alternativas.

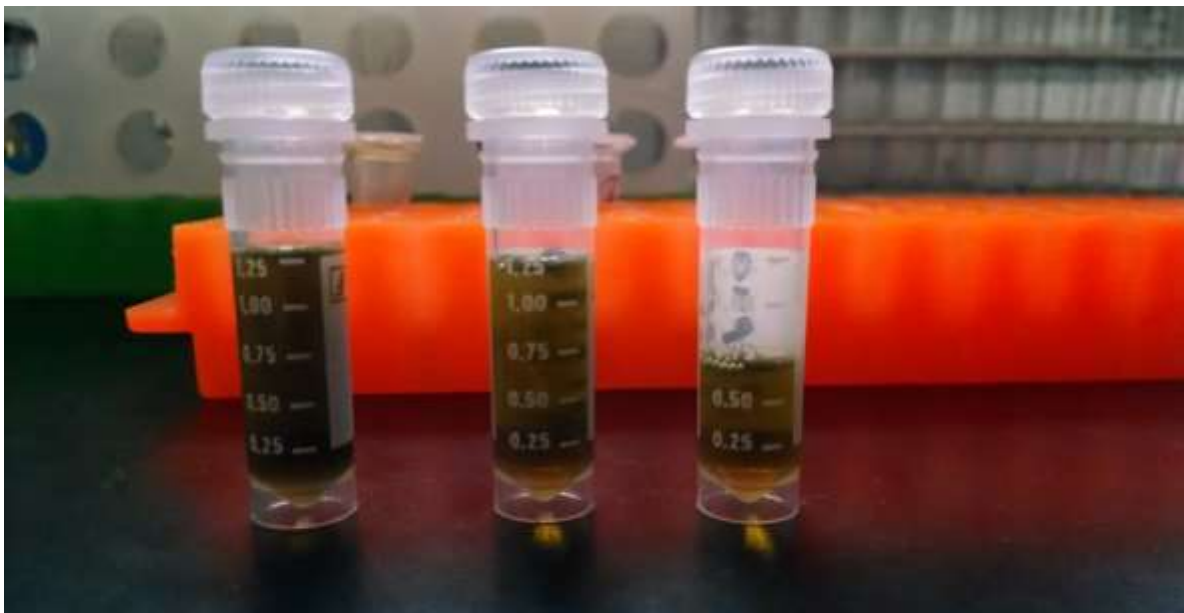


Figura 11. Muestras de aceite de semilla de *R. fruticosus*.

El presente trabajo propone que la semilla del fruto *Rubus fruticosus*, como producto agroalimentario es una materia prima de importancia nutrimental mayor para la



obtención potencial de ácidos grasos poliinsaturados de tipo C: 18 lo que podría dar una alternativa de comercialización a los productores de este sistema producto.

Tabla 4. Porcentaje de rendimiento en la extracción de aceite de la semilla de *Rubus fruticosus*.

PORCENTAJE DE RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LA SEMILLA DE <i>R. fruticosus</i> .			
Tratamiento de extracción	Microondas	Éter etílico	Pentano
Rendimiento en Porcentaje en Peso Seco	16.83 %	15.18%	12.40%
Desviación Estándar	±1.58	±1.44	± 1.08

El perfil de ácidos grasos de tipo C:18 monoinsaturados y poliinsaturados, como son el oleico, linolénico y linoleico, se determinó a través del análisis por resonancia magnética nuclear, evidenciando la presencia de estos ácidos grasos en forma de triacilgliceroles, como queda mostrado en la siguiente Figura 12.

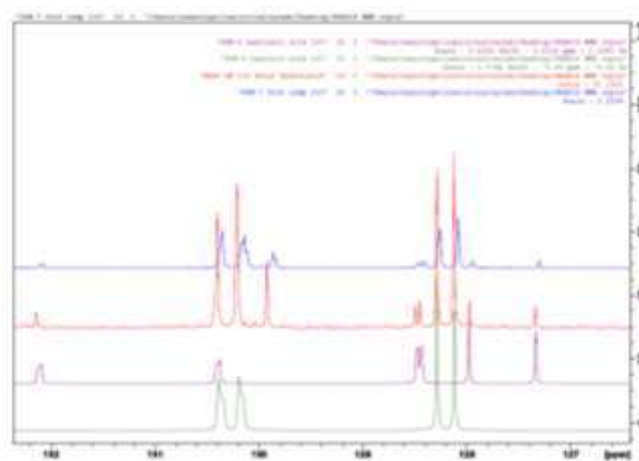


Figura 12. Espectro de Hidrogeno, obtenido de las muestras de aceite de semilla de *R. fruticosus*, usando a) Éter etílico, b) Pentano y c) Agua y microondas. Fuente: Departamento de Química, Universidad de Guanajuato.



Además se realizó el análisis químico completo, referente a la composición de ácidos grasos del aceite de semilla de zarzamora, mostrando una composición del 57.94 % de ácido linoleico (C18:2n6c), un 23.71 % para el *cis*-oleico (C18:1n9c), un 7.73 % para el linolénico (C18:3n3), estos ácidos grasos se encuentran en su conformación *cis*, adicionalmente se encontró una concentración del 3.04 %, para el ácido esteárico, el cual es también un C:18 como el caso de los otros tres ácidos grasos poliinsaturados anteriormente mencionados.

El análisis de ácidos grasos se puede observar en la siguiente Tabla 5 estos resultados analíticos, arrojados por cromatografía de gases revelan que la composición mayoritaria relativa corresponde a ácidos grasos de tipo poliinsaturados en su forma *cis* y como acilgliceroles (ésteres). Permitiendo plantear la posibilidad no solo de tener una alternativa de fuente de ácidos grasos poliinsaturados sino también huella química referente a aceite de semilla de zarzamora, proveniente de la región Michoacana de producción.

Tabla 5. Perfil de ácidos grasos contenidos en el aceite de semilla de *R. fruticosus* variedad *tupy* extraída por microondas y agua. Fuente: Departamento de Química, Universidad de Guanajuato

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS CONTENIDOS EN EL ACEITE DE SEMILLA DE <i>R. Fruticosus</i> VARIEDAD <i>Tupy</i> EXTRAÍDA POR MICROONDAS Y AGUA			
Entrada y tipo de muestra	Tipo de Ácido Graso	Tiempo de Retención en la columna (min)	% Relativo
1	Linoleic (C18:2n6c)	33.428	57.94
2	<i>cis</i> -oleic (C18:1n9c)	31.413	23.71
3	Linolenic (C18:3n3)	35.643	7.73
4	Palmitic (C16:0)	26.410	5.15
5	Stearic (C18:0)	29.995	3.04
6	Arachidonic (C20:0)	33.636	1.23
7	<i>Cis</i> -11-Eicosenoic (C20:1)	35.061	0.58
8	Miristic (C14:0)	22.727	0.22
9	Behenic (C22:0)	37.456	0.14
10	Palmitoleic (C16:1)	27.812	0.10
11	Lauric (C12:0)	19.507	0.07



12	Heptedecanoic (C17:0)	28.149	0.07

RESULTADOS DEL EFECTO DE LA DIETA HIPOGLICEMIANTE EN MODELO DE RATON.

	GRUPO CONTROL			GRUPO A 5%			GRUPO B 10%			GRUPO C 15%		
	Individuo	Peso (g)	Glucosa capilar mg/dl	Individuo	Peso (g)	Glucosa capilar mg/dL	Individuo	Peso (g)	Glucosa capilar mg/dL	Individuo	Peso (g)	Glucosa capilar mg/dL
DÍA 0	0.1	19.6	136	A.1	13.8	117	B.1	19.2	148	C.1	16.8	166
	0.2	25.4	148	A.2	24.2	108	B.2	18.1	137	C.2	16.5	154
	0.3	19.5	152	A.3	18.6	125	B.3	18.9	134	C.3	16.9	163
	0.4	12.8	132	A.4	22.1	116	B.4	16.8	141	C.4	14.8	157
Día 7	Grupo control			Grupo 5%			Grupo 10%			Grupo 15%		
	Individuo	Peso (g)	Glucosa capilar mg/dl	Individuo	Peso (g)	Glucosa capilar mg/dL	Individuo	Peso (g)	Glucosa capilar mg/dL	Individuo	Peso (g)	Glucosa capilar mg/dL
	0.1	22.6	132	A.1	14.8	112	B.1	19.1	110	C.1	20.3	100
	0.2	28.7	119	A.2	23.3	105	B.2	18.1	124	C.2	17.8	88
	0.3	23.5	124	A.3	17.8	121	B.3	19.1	104	C.3	18.3	94
	0.4	17.9	136	A.4	22.3	98	B.4	17.1	102	C.4	16.8	82
Día 14	Grupo control			Grupo 5%			Grupo 10%			Grupo 15%		
	Individuo	Peso (g)	Glucosa capilar mg/dl	Individuo	Peso (g)	Glucosa capilar mg/dL	Individuo	Peso (g)	Glucosa capilar mg/dL	Individuo	Peso (g)	Glucosa capilar mg/dL
	0.1	24.2	96	A.1	14.3	99	B.1	18.2	112.5	C.1	19.8	86
	0.2	31.8	104	A.2	22.3	119	B.2	18.0	98.5	C.2	16.8	53
	0.3	25.8	84	A.3	16.8	99	B.3	18.3	82.5	C.3	17.3	85



0.4	21.8	104	A.4	21.5	126	B.4	16.4	96.5	C.4	15.3	61
-----	------	-----	-----	------	-----	-----	------	------	-----	------	----

Tabla 6. Pesos y concentración de glucosa capilar en ratones a los días 0, 7 y 14.

Los ratones del grupo con el contenido de fibra al 15% al día número 14, mostraron una diferencia a las concentraciones de glucosa sérica del grupo control (Tabla 6).

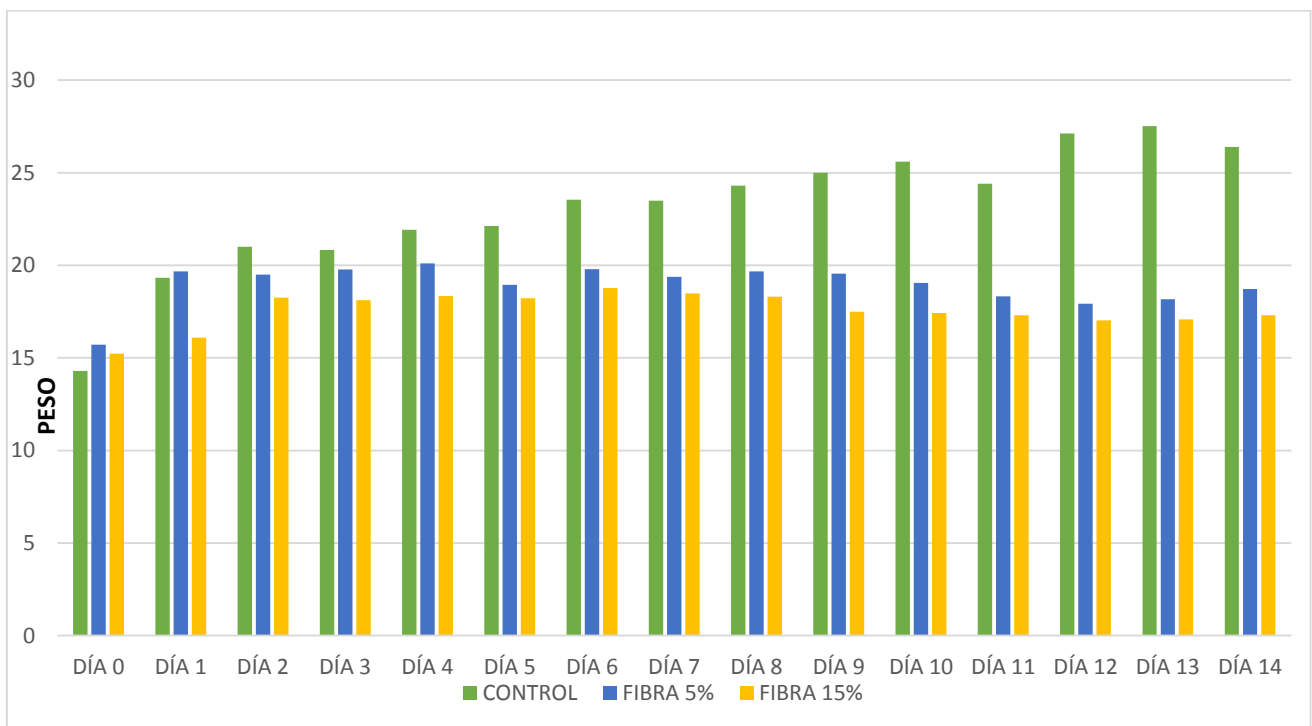


Figura 13. Pesos diarios

Tabla 7. Concentración de glucosa sérica a los 14 días de experimentación.

[] DE FIBRA Y ACEITE	[] GLUCOSA
Control	97.3 mg/dL
[] 5%	110 mg/dL
[] 10%	97.5
[] 15%	71.25

Tabla 8. Disminución de glicemia



DISMINUCIÓN DE GLICEMIA	
[] de fibra y aceite	% de descenso glicémico
[] 5%	34.8%
[] 10%	49.28%
[] 15%	55.4%

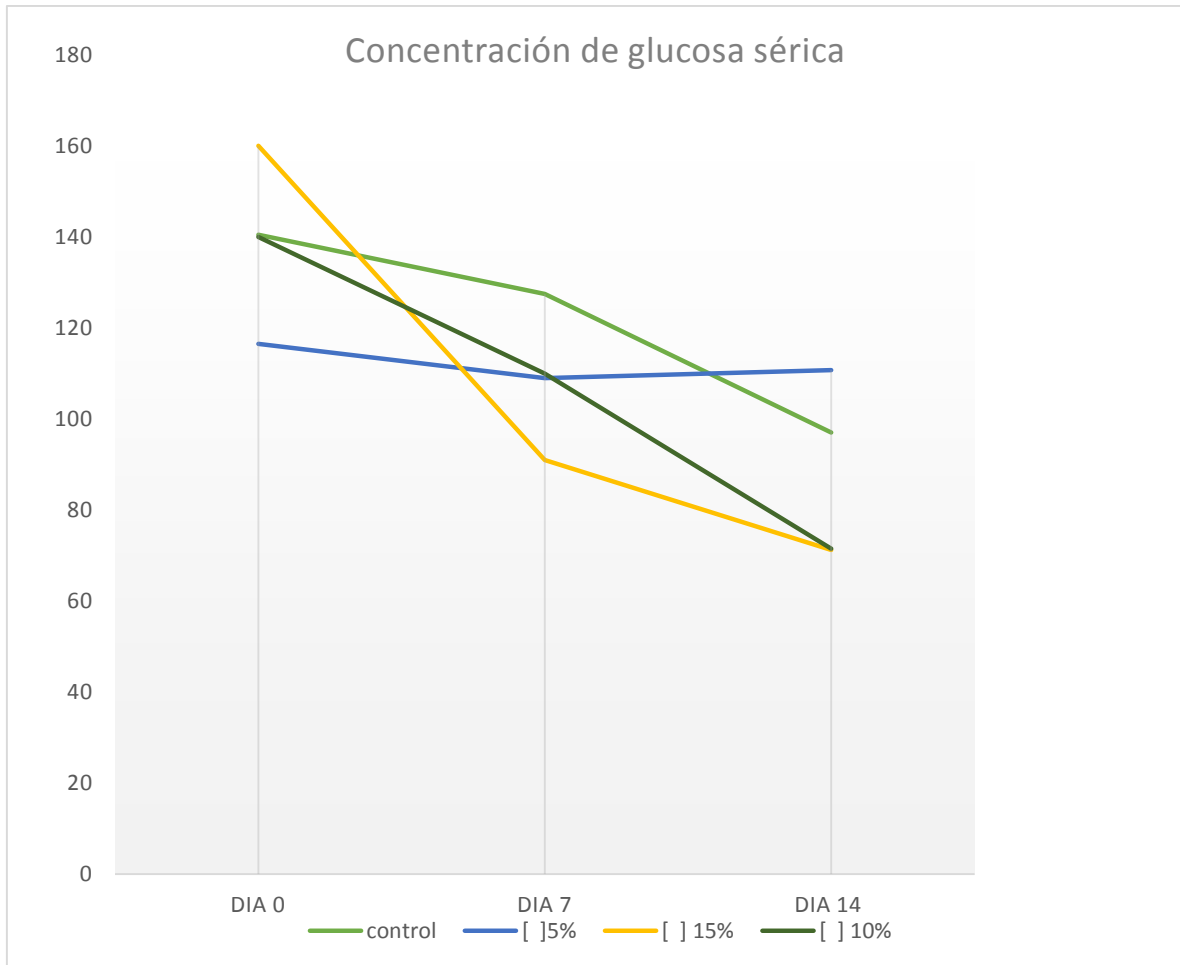


Figura 14. Curva promedio de la concentración de glucosa sérica

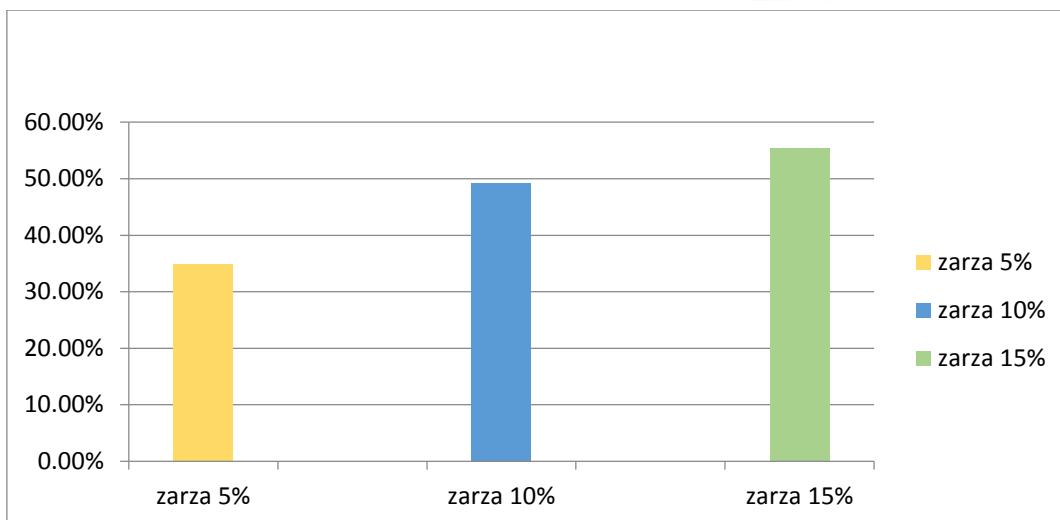


Figura 15. Concentración de glucosa sérica.

DISCUSIÓN

La propuesta de la nueva tecnología del aceite y pasta de zarzamora está fundamentada en dos efectos de las ondas electromagnéticas sobre el residuo agroalimentario del fruto zarzamora:

Rompimiento de membranas y paredes de las células que contienen el aceite.

La inactivación de enzimas que catalizan el oscurecimiento y otras reacciones oxidativas. Al ser el aceite transparente a las microondas conservan las propiedades nutraceuticas de estos productos, al no contener restos de solventes químicos (Moreno, et al., 2003, Reddy et al., 2012, Zia et al., 2014). Esto es un efecto específico que se determinó en la aplicación de microondas, que minimiza el deterioro de los nutraceuticos y ácidos grasos esenciales de la semilla de zarzamora, obteniendo dos productos: el aceite extra virgen y una pasta reducida en calorías que puede utilizarse para composteo (Schott, et al., 2013).

De esta forma, esta tecnología tiene tres ventajas:

Es menos contaminante al no emplear disolventes orgánicos o soluciones acuosas que producen aguas residuales.

Conserva las propiedades nutraceuticas, como son los ácidos grasos poliinsaturados, linoleico y linolenico, (Reddy et al., 2012)

Como se puede observar el uso de microondas y centrifugación permite obtener un rendimiento superior a los métodos de extracción por solventes orgánicos, como se aprecia y se compara respecto al porcentaje de aceite obtenido por el método por microondas respecto a los otros métodos químicos observado en la Tabla No.5



CONCLUSIÓN

De esta manera y con relación a lo anteriormente presentado podemos decir que es factible la utilización de la dieta diseñada con fibra y aceite de *R. fruticosus* para la disminución de la glucosa sérica en ratones sanos, utilizando concentraciones del 10% y 15% y una inducción de 14 días.

Las semillas de los frutos de zarzamora provenientes de residuos agroindustriales sólidos, son una fuente de ácidos grasos de tipo, C:18 poliinsaturados, como son el ácido linoleico y linolénico, utilizando tratamiento por microondas en cinco diferentes extracciones, se obtiene un rendimiento del 16.83% y una desviación estándar de ± 1.58 , de cinco extracciones diferentes por éter etílico se obtiene un rendimiento promedio del 15.18% y ± 1.44 de desviación estándar y del 12.40% con una desviación estándar de ± 1.08 con pentano en cinco extracciones diferentes, Ver Tabla 4; siendo el tratamiento por microondas, una alternativa metodológica para la obtención de grasos de alto valor comercial, sin la implicación del uso de solventes químicos de tipo no polar, adicionalmente abre la posibilidad de poder obtener ácidos grasos de tipo poliinsaturados de tipo virgen, con el uso de tecnologías emergentes o alternativas.

Además se realizó el análisis químico completo, referente a la composición de ácidos grasos del aceite de semilla de zarzamora, mostrando una composición del 57.94 % de ácido linoleico (C18:2n6c), un 23.71 % para el *cis*-oleico (C18:1n9c), un 7.73 % para el linolénico (C18:3n3), estos ácidos grasos se encuentran en su conformación *cis*, adicionalmente se encontró una concentración del 3.04 %, para el ácido esteárico, el cual es también un C:18 como el caso de los otros tres ácidos grasos poliinsaturados anteriormente mencionados.

De esta forma, esta tecnología tiene tres ventajas: Es menos contaminante al no emplear disolventes orgánicos o soluciones acuosas que producen aguas residuales.



Conserva las propiedades nutraceuticas, como son los ácidos grasos poliinsaturados, linoleico y linolenico, (Reddy et al., 2012)

Como se puede observar el uso de microondas y centrifugación permite obtener un rendimiento superior a los métodos de extracción por solventes orgánicos, como se aprecia y se compara respecto al porcentaje de aceite obtenido por el método por microondas respecto a los otros métodos químicos. Ruptura de membranas y paredes de las células que contienen el aceite. La inactivación de enzimas que catalizan el oscurecimiento y otras reacciones oxidativas. Al ser el aceite transparente a las microondas conservan las propiedades nutraceuticas de estos productos, al no contener restos de solventes químicos (Moreno, et al., 2003, Reddy et al., 2012, Zia et al., 2014). Esto es un efecto específico que se determinó en la aplicación de microondas, que minimiza el deterioro de los nutraceuticos y ácidos grasos esenciales de la semilla de zarzamora, obteniendo dos productos: el aceite extra virgen y una pasta reducida en calorías que puede utilizarse para composteo (Schott, et al., 2013).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Alanis-Guzmán, M.G. 2003. Alimentos Funcionales. De Ciencia de Alimentos.

Antunes, L. E. C., Duarte Filho, J., Souza, C. M. 2003. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. Vol. 38. (3):413-419.

Andrade Esquivel, E. J. Morales Guzmán, A.L. Ortiz Calderón, M.V. Rodríguez García, A. Ronquillo Vázquez, A.C. Sánchez Serrano. A. R. Rodríguez Damián, S. H. Guzmán. Maldonado, M. R. Mendoza López, D. Hernández López. 2008. Análisis de las Propiedades Fisicoquímicas de la Zarzamora en las Variedades Brazos, Cherokee y Tupy de la Zona Alta de Michoacán. www.respyn.uanl.mx/especiales/2008/ee-08-2008/documentos/A027.pdf

Ariel, R. V. 2004. Efecto de tratamientos térmicos de alta temperatura sobre calidad y fisiología Postcosecha de frutillas (*Fragaria x ananassa Duch*). Trabajo de tesis doctoral Centrox de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA). Facultad de Ciencias Exactas. UNLP-CONICET, Buenos Aires, Argentina. 168-175.

Astiasarán, I. y Martínez, A. 1995. Alimentos Ecológicos y Transgénicos. 1ª. Ed. en Alimentos, composición y propiedades Cap16: 357-364.

Badui- Dergal, S. 1981. Química de los alimentos, Alhambra, México. pp. 43 a 122, 388 a 392, 553 a 502.

Cajuste, B.J., López, L., Rodríguez A.J., Reyes M.I. 2000. Caracterización fisicoquímica de tres cultivares introducidos de zarzamora erecta (*Rubus sp*) Fruticultura, Colegio de Post-graduados. U. A. Chapingo. México.

Calvani M, Benatti P (2003) Polyunsaturated fatty acids (PUFA). Sigma-Tou S.P.A. 43pp.



Cornejo-Garrido J., Jimenez-Arellanes A., Meckes-Fischer M., Rojas-Bibriesca G., Nicasio-Torres P., Tortoriello-García J., Said-Fernandez S. y MataCardenas B., 2006. Pharmacological potential from *Rubus liebmanii* micro-propagated and the callus biomass. *Pharmacologyonline* 3:454-461

Corte Osorio L.Y., 2010. Efecto del consumo de fibra dietética en la expresión cuantitativa de receptores de butirato en ratas. pp 5 y 6. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo.

Deighton N., Brennan R., Finn C. y Davies H. V., 2000. Antioxidant properties of domesticated and wild *Rubus* species. *Journal of the Science of the Food and Agriculture* 80(9):1307-1313.

Díaz Diez C. A., 2011. Categorización de la latencia en semillas de mora (*Rubus glaucus* Benth.), para el apoyo a programas de mejoramiento y conservación de la especie. Tesis de Maestría en la Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients) (2005). Food and Nutrition Board.

Espinosa Bayer N., 2011. Evaluación morfoagronómica y caracterización molecular de la colección de mora de Corpoica y materiales del agricultor. Tesis de Maestría en la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Facultad de Ciencias Biológicas UANL. RESPYN (Revista de Salud Pública y Nutrición).

G. O. Burr, M. M. Burr A New Deficiency Disease Produced by the Rigid Exclusion of Fat from the Diet *J. Biol. Chem.* 1929 82, 345–367

Hassimotto, N.M.A., Da Mota, R.V., Cordenunsi, B.R., Lajolo, F.M. 2008. Physicochemical characterization and bioactive compounds of blackberry fruits (*Rubus* sp.) grown in Brazil. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28(3): 702-708.

Hornstra G (2000) Omega-3 long chain and health benefits. Maastricht University Traducción del original: Anselmino Catherine Centre d'Etude et d'information sur les vitamines Roche Vitamines France Nevilly-Sur-Seine 56pp

Ha MA, Jarvis MC, Mann JL: A definition for dietary fibre. *Eur J Clin Nutr* 2000; 54:861-864.

Jones PJH, Kubow S. Lipids, sterols, and their metabolites. In: Shils ME, Olson JA, Shike M, Ross AC, eds. *Modern Nutrition in Health and Disease*, 9th ed. Baltimore, MD: Williams and Wilkins; 1999. pp. 67–94.

Kin Y-I: A technical review: Impact of dietary fiber on colon cancer occurrence. *Gastroenterology* 2000; 118:1235- 1257.



Kinsella JE, Lokesh B, Stone RA. Dietary omega-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. *Am J Clin Nutr* 1990;52:1–28.

Montes, G. 2006. Secretaría de Desarrollo Rural de Colima (SDRC). Dirección de Comercialización y Planeación. Zanzamora: Perfil Comercial. Pp. 2-28.

Moreno M., Villarreal D., Lagos T. C., Ordoñez H. y Criollo H., 2012. Caracterización “in situ” de genotipos silvestres y cultivados de la mora *Rubus spp.* en el municipio de Pasto. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28(2):109-128.

Cancino-Escalante G. O., Sánchez-Montaña L. R., Quevedo-García E., y Díaz-Carvajal C., 2011. Caracterización fenotípica de accesiones de especies de *Rubus L.* de los municipios de Pamplona y Chitagá, región Nororiental de Colombia. *Universitas Scientiarum* 16(3):219- 233.

NMX-FF-15-1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano -fruta fresca - determinación de sólidos solubles totales. Dirección General De Normas.

Raclot T (2003) Selective mobilization of fatty acids from adipose tissue triacylglycerols. *Prog Lipid Res* 42:257-288.

Rieger, M. 2006. Blackberries and Raspberries (*Rubus spp.*). Introduction to Fruit Crop. University of Georgia (UGA). Pp. 89-103.

SAGARPA. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Sistema de Información Agrícola y Pecuaria. Consulta agosto 2009. Disponible en: [URL:http://siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp?](http://siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp?)

Salazar-Preciado, C., Arredondo-Gómez, O., Bernal-Astorga, A., Vázquez-

Sánchez-Rodríguez, G. 2008. La red de Valor de la Zanzamora: *El Cluster de Los Reyes Michoacán, un Ejemplo de Reconversión Competitiva*. “Sistema de Inteligencia de Mercados”. Fundación Produce Michoacán, A.C. 1ra ed. Morelia, Michoacán, México. Pp. 1-106.

Santamaría, O, González, N., Ibáñez, J. 2000. Lo mejor de lo mejor en frutas y hortalizas de México. México calidad suprema. <http://www.mexicocalidadsuprema.com>

Simopoulos AP (2002) The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother* 56:365-379.

USDA (United States Department of Agriculture). 2004. National Nutrients Database for Standard Reference, Publication 17.

Wrolstad, E. R.; Calbertson, D. J.; Nagaki, A. D. and Madero, F. C. 1980. Sugars and Volatile acids of blackberries. *J. Agric. Food Chem.* pp 553-558.

CONSULTAS DE INTERNET



Acido linoleico

<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/vw3d/vw3d.cgi?cmd=crtvw®id=870825567748362042>

Acido linolénico:

<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/vw3d/vw3d.cgi?cmd=submit&type=conf&reqi=1898077875155043078&expo=high>

Cis - oleico

<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/vw3d/vw3d.cgi?cid=445639>

Rubus

https://www.larioja.org/npRioja/cache/documents/717186_3_1_Ficha_mora.pdf;jsessionid=10C8F655DA340E6A755CAD7572A8827A.jvm1

Producción de zarzamora al año en Michoacán y sus diferentes regiones.
<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

GLOSARIO

Acidez: Se refiere a su capacidad para reaccionar con una base fuerte hasta un determinado valor de pH. Al obtener su medida, se permite cuantificar las sustancias acidas presentes en un cuerpo de aguas o un residuo líquido, con el fin de neutralizar y adecuar el agua para un determinado fin.

Alimento funcional: Alimento es todo producto, natural o transformado, que le suministra a todo organismo que lo ingiere, la energía y las sustancias químicas necesarias para mantenerse en buen estado de salud.

Antioxidante: Los antioxidantes son compuestos químicos que el cuerpo humano utiliza para eliminar radicales libres, que son sustancias químicas muy reactivas que introducen oxígeno en las células y producen la oxidación de sus diferentes partes, alteraciones en el ADN y cambios diversos.

FAO: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (*food and agriculture organization*)

Fitoquímico: (fito=planta) es el nombre genérico con el que se conoce a una serie de sustancias que se encuentran en las plantas, aunque, principalmente, se utiliza para hacer referencia a sus compuestos bioactivos que no tienen valor nutricional.

Fotosensible: materiales o sustancias *químicas* que cambian en presencia de luz

Germoplasma: la [variabilidad genética](#) intraespecífica o los materiales genéticos que pueden perpetuar una [especie](#) o una [población](#) de organismos.



Grados brix: Los grados Brix (símbolo °Bx) miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido.

Isómero: Los isómeros son compuestos que tienen la misma composición atómica pero diferente fórmula estructural.

Nutraceutico: se puede definir como un suplemento dietético, presentado en una matriz no alimenticia (píldoras, cápsulas, polvo, etc.), de una sustancia natural bioactiva concentrada presente usualmente en los alimentos y que, tomada en dosis superior a la existente en esos alimentos, presumiblemente, tiene un efecto favorable sobre la salud, mayor que el que podría tener el alimento normal.

OMS: organización mundial de la salud <http://www.who.int/about/es/>

Radicales libres: Los radicales libres son moléculas inestables (perdieron un electrón) y altamente reactivas. Su misión es la de remover el electrón que les hace falta, de las moléculas que están a su alrededor para obtener su estabilidad